



Российская Академия Наук

Научный совет РАН по лесу
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
Институт леса КарНЦ РАН
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН

Всероссийская научная конференция с международным участием

«ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА»,

посвященная 100-летию со дня рождения Н. И. Казимилова,

И

8-е Международное совещание

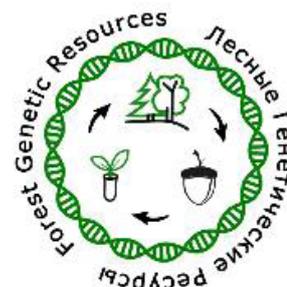
«СОХРАНЕНИЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ»

2–7 сентября 2024 г., Петрозаводск, Россия

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОВ
В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



Научное электронное издание

Петрозаводск
КарНЦ РАН
2024

ISBN 978-5-9274-0993-8

© Коллектив авторов, 2024
© Институт леса КарНЦ РАН, 2024
© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2024

УДК 630*1(063)
ББК 43.4
В85

Редакционная коллегия:

Н. А. Галибина, Р. В. Игнатенко, А. М. Крышень, С. А. Мошников, Н. Н. Николаева

*Издано по решению Ученого совета
Института леса КарНЦ РАН*

КОНФЕРЕНЦИЯ И СОВЕЩАНИЕ ПРОВОДИЛИСЬ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



В85 **Всероссийская** научная конференция с международным участием «Продуктивность лесов в условиях меняющегося климата», посвященная 100-летию со дня рождения Н. И. Казиминова, и 8-е Международное совещание «Сохранение и рациональное использование лесных генетических ресурсов», 2–7 сентября 2024 г., Петрозаводск, Россия : тезисы докладов : научное электронное издание / редакционная коллегия: Н. А. Галибина [и др.] ; Научный совет РАН по лесу, ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук», Институт леса КарНЦ РАН, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2024. – 1 DVD-ROM. – Систем. требования: PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows, MAC OSX; 256 Мб (RAM); видеосистема: разрешение экрана 800×600 и выше, графический ускоритель (опционально); мышь; Adobe Reader; дисковод DVD-ROM. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9274-0993-8

Сборник тезисов докладов состоит из 2-х частей. В первой представлены материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Продуктивность лесов в условиях меняющегося климата», посвященной 100-летию со дня рождения Н. И. Казиминова, во второй – 8-го Международного совещания «Сохранение и рациональное использование лесных генетических ресурсов». Широкий тематический спектр докладов мероприятий объединяется актуальными проблемами, связанными с продуктивностью лесов. Повышение продуктивности лесов в настоящее время не представляется возможным без достижений генетики, молекулярной биологии, физиологии и биохимии растений, ботаники и лесоводства. Тезисы докладов представлены в авторской редакции.

УДК 630*1(063)
ББК 43.4

Текстовое (символьное) электронное издание

Системные требования: PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows, MAC OSX; 256 Мб (RAM); от 500 Мб свободного пространства на жестком диске; видеосистема: разрешение экрана 800×600 и выше, графический ускоритель (опционально); мышь; Adobe Reader; дисковод DVD-ROM

© Коллектив авторов, 2024
© Институт леса КарНЦ РАН, 2024
© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2024

Для создания электронного издания использованы
ПО Adobe InDesign, Adobe Acrobat Pro

Редактор *М. А. Радостина*
Оригинал-макет, электронная версия *М. И. Федорова*
Оформление обложки и этикетки диска *Т. В. Уткина*

Подписано к использованию 22.08.2024. 1 DVD-ROM. 2,56 Мб.
Тираж 100 экз. Заказ № 816

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11
Телефон (8142) 76-60-40. E-mail: krccras@krc.karelia.ru
URL: <http://www.krc.karelia.ru>

Изготовлено в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11
Телефон (8142) 76-60-40. E-mail: krccras@krc.karelia.ru
URL: <http://www.krc.karelia.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	16
-------------------	----

КОНФЕРЕНЦИЯ

■ <i>Алексеев А. Б., Плотникова А. С., Шевченко Н. Е.</i> ОЦЕНКА ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВОЗИСТОСТИ ДРЕВОСТОЯ ПО ДАННЫМ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ	17
■ <i>Алексутин В. Э., Возьмитель Ф. К., Алейников А. А.</i> ДИНАМИКА ЛЕСОВ С УЧАСТИЕМ КЕДРА СИБИРСКОГО НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ В XX ВЕКЕ	18
■ <i>Ананьев В. А., Пеккоев А. Н., Ромашкин И. В.</i> МОНИТОРИНГ КОРЕННЫХ ЛЕСОВ НП «ВОДЛОЗЕРСКИЙ»	19
■ <i>Афошин Н. В., Тарелкина Т. В., Серкова А. А., Семёнова Л. И., Иванова Д. С.</i> СЕЗОННАЯ АКТИВНОСТЬ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ЛСП	20
■ <i>Бобровский М. В., Ханина Л. Г., Зуев К. Ю.</i> ГЕТЕРОГЕННОСТЬ ПЛОТНОСТИ ВАЛЕЖНОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА МАССОВОМ ВЕТРОВАЛЕ ШИРОКОЛИСТВЕННОГО ЛЕСА С ЕЛЬЮ	21
■ <i>Богданов А. П.</i> РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ	22
■ <i>Бондарев А. И., Мухортова Л. В., Кривобоков Л. В.</i> БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ АНАБАРСКОГО ПЛАТО	23
■ <i>Бондаренко А. С.</i> МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ УХОДОВ ЗА ИСПЫТАТЕЛЬНЫМИ КУЛЬТУРАМИ	24
■ <i>Булаткин Г. А.</i> ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БАЛАНС CO ₂ В АТМОСФЕРЕ	25
■ <i>Гаврилюк Е. А.</i> ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА ДЛЯ ЛЕСНЫХ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ В РАМКАХ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	26
■ <i>Галанов А. Э.</i> МЕТОД ПИКсельНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ARGV-ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОМКНУТОСТИ КРОН И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДРЕВОСТОЯ	27
■ <i>Геникова Н. В., Пеккоев А. Н.</i> ВЛИЯНИЕ СПЛОШНОЙ РУБКИ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ И ДОЛЮ ЗАБОЛОНИ ПРИМЫКАЮЩЕГО К ВЫРУБКЕ ЕЛОВОГО ДРЕВОСТОЯ	28
■ <i>Геникова Н. В., Ананьев В. А., Пеккоев А. Н., Обабко Р. П.</i> ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА КОРЕННОГО ЕЛЬНИКА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)	29

■ <i>Гераськина А. П., Морозова Н. Д.</i> ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ В ПОЧВАХ ЛЕСОВ БОГОРОДСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ	30
■ <i>Гичан Д. В., Тебенькова Д. Н., Иванова В. Н.</i> УЧЕТ ВКЛАДА КАРБОНАТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВЕ НА ПРИМЕРЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОСТАГРОГЕННЫХ КАРБОНАТСОДЕРЖАЩИХ ПОЧВ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ	31
■ <i>Грек В. С., Нечаев А. А., Павлов Д. В., Голубев Д. А., Романова Н. В.</i> ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ХЕХЦИРСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ	32
■ <i>Данилов Д. А., Зайцев Д. А., Иванов А. А.</i> ВЛИЯНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ЗЕМЛЯХ НА ПОЧВЕННОЕ ПЛОДОРОДИЕ	33
■ <i>Егоров А. А., Глухова Т. В., Широковская А. А.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ДРЕВОСТОЯ В СОСНЯКЕ АНДРОМЕДО-ПУШИЦЕВО-СФАГНОВОМ ПРИ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСУШЕНИЯ ЗА 50 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ ПОДТАЙГИ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ (ЗАПАДНОДВИНСКИЙ ЛЕСОБОЛОТНЫЙ СТАЦИОНАР)	34
■ <i>Егоров А. Б., Павлюченкова Л. Н., Бубнов А. А., Постников А. М.</i> УХОД ЗА КУЛЬТУРАМИ БЕРЕЗЫ КАРЕЛЬСКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕРБИЦИДОВ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ	35
■ <i>Елисеев А. О., Керчев И. А., Грачев И. Г., Бисирова Е. М.</i> ОЦЕНКА НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ПО ДАННЫМ БПЛА ДЛЯ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	36
■ <i>Ермолов С. А.</i> ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ЛЮМБРИКОФАУНЫ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОСТЕПНОГО ПРИОБЬЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ)	37
■ <i>Ершов Д. В., Сочилова Е. Н., Королева Н. В., Ковганко К. А.</i> РАЗВИТИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПРЯМЫХ ЭМИССИЙ УГЛЕРОДА ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПО СПУТНИКОВЫМ ПРОДУКТАМ	38
■ <i>Железнова О. С., Тобратов С. А.</i> ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОДУКТИВНОСТИ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ЦЕНТРЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ)	39
■ <i>Забродин А. Н., Пономарев Е. И.</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРОВ И СТЕПЕНЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДРЕВОСТОИ СИБИРИ	40
■ <i>Замолодчиков Д. Г., Каганов В. В., Мостовая А. С.</i> ДИНАМИКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА ФИТОМАССЫ И ПОДСТИЛКИ В ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ	41
■ <i>Иванова Н. В., Лебедев А. В., Шаилов М. П., Криницын И. Г., Гостев В. В., Гостева Д. Ю., Лузан М. П.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЪЕМКИ КВАДРОКОПТЕРОМ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ЛЕСНОМ ПОЛОГЕ	42
■ <i>Иванова Ю. Д., Суховольский В. Г.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РОСТА ФИТОМАССЫ В ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ С УЧЕТОМ РУБОК УХОДА	43

■ <i>Ильинцев А. С., Черкасов Н. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА И СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАРУШЕНИЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА СПЛОШНЫХ ВЫРУБКАХ	44
■ <i>Капица Е. А., Шорохова Е. В.</i> ЗАПАСЫ И ВРЕМЯ «ЖИЗНИ» СУХОСТОЯ В НЕНАРУШЕННЫХ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЧИСТЫХ И СМЕШАННЫХ ЕЛЬНИКАХ	45
■ <i>Карминов В. Н., Чумаченко С. И., Киселёва В. В., Митрофанов Е. М.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ	46
■ <i>Катаева М. Н., Беляева А. И.</i> СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКАХ И ОЦЕНКА ИХ БИОМАССЫ В ЛЕСНЫХ И БОЛОТНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ	47
■ <i>Кикеева А. В., Ромашкин И. В., Крышень А. М., Нуколова А. Ю., Фомина Е. В.</i> ВЫСОТНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ПОДРОСТА <i>PICEA ABIES</i> В СРЕДНЕТАЕЖНОМ ЕЛЬНИКЕ: ВЛИЯНИЕ МИКРОМЕСТООБИТАНИЯ	48
■ <i>Климова А. В., Галибина Н. А., Новичонок Е. В., Никерова К. М., Софронова И. Н.</i> РУБКИ УХОДА: ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА <i>PICEA ABIES</i>	49
■ <i>Ковалев А. В., Суховольский В. Г., Иванова Ю. Д.</i> БАЛАНС УГЛЕРОДА В ЛЕСУ НА БОЛЬШИХ ХАРАКТЕРНЫХ ВРЕМЕНАХ ПОСЛЕ ВСПЫШЕК МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ НАСЕКОМЫХ: МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ	50
■ <i>Корнеева Е. А.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЮГЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ	51
■ <i>Коротков В. Н., Барталев С. А., Федоров С. В.</i> ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ БАЛАНСА УГЛЕРОДА В ЛЕСАХ РОССИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ И СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА	52
■ <i>Кравцова В. И.</i> РЕАКЦИЯ ДРЕВОСТОЕВ НА НЕФТЯНЫЕ РАЗЛИВЫ – ИССЛЕДОВАНИЕ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ	53
■ <i>Кудрин А. А., Суцук А. А., Калинин Д. С.</i> ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД В РАМКАХ ПОДХОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СЕТЕЙ	54
■ <i>Кудрявцев А. Ю.</i> ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРА ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	55
■ <i>Кузнецова Н. Ф.</i> ВЛИЯНИЕ ЗАСУХ И ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ РУССКОЙ РАВНИНЫ	56
■ <i>Кулагин Д. В., Кусенкова М. П., Полевикова Е. Н.</i> ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА РЕДКИХ ФОРМ РОДА БЕРЕЗА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЕГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ В УСЛОВИЯХ ПРИШКОЛЬНОГО ОПЫТНОГО УЧАСТКА	57
■ <i>Кулаков Е. Е., Бушуева А. С.</i> ВЛИЯНИЕ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ЛИСТВЕННИЦЫ ОХОТСКОЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	58

■ <i>Лебедев А. В., Гостев В. В.</i> ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКТУАЛИЗАЦИИ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСНЯКОВ УНЖЕНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (КОСТРОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)	59
■ <i>Левин С. В.</i> ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОГО РАЙОНА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	60
■ <i>Лиханова И. А., Кузнецова Е. Г.</i> ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ (РЕСПУБЛИКА КОМИ) И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	61
■ <i>Ломов В. Д.</i> ЮЖНОТАЕЖНЫЕ ЛИСТВЕННИЧНИКИ СИХОТЕ-АЛИНЯ	62
■ <i>Лябзина С. Н., Синкевич О. В.</i> КОНТРОЛЬ ЧИСЛЕННОСТИ КСИЛОФИЛЬНЫХ КАРАНТИННЫХ ВИДОВ В ЛЕСНЫХ БИОЦЕНОЗАХ КАРЕЛИИ	63
■ <i>Мануйлова П. И., Гичан Д. В., Тебенькова Д. Н.</i> ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНОГО ОПАДА БЕРЕЗНЯКОВ НА ЗАБРОШЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ ..	64
■ <i>Махныкина А. В., Полосухина Д. А., Панов А. В., Прокушкин А. С.</i> ВКЛАД ДОЖДЕВЫХ ОСАДКОВ В ЭМИССИОННЫЕ И ОБМЕННЫЕ ПОТОКИ CO ₂ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ В СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ	65
■ <i>Медведева М. В.</i> МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ НА ПОЛИГОНЕ ЗАПОВЕДНИКА «КИВАЧ» (СРЕДНЕТАЕЖНАЯ ПОДЗОНА КАРЕЛИИ)	66
■ <i>Морозова И. В., Чернобровкина Н. П.</i> ПИГМЕНТЫ ВО ФРАГМЕНТАХ ПОЧЕК ПО ФАЗАМ РАСПУСКАНИЯ У РАСТЕНИЙ РОДА <i>BETULA</i>	67
■ <i>Мясникова Н. А.</i> ВОДНЫЙ БАЛАНС ВОДОСБОРА ЛОСОСИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭТАПЫ ИЗМЕНЕНИЯ	68
■ <i>Назимова Д. И., Пономарев Е. И., Карсаков А. А.</i> АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗОНАЛЬНЫХ И ВЫСОТНО-ПОЯСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ГОРНОМ ЮГЕ СИБИРИ ПО НАЗЕМНЫМ И СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ	69
■ <i>Нелаева К. Г., Чернобровкина Н. П., Робонен Е. В., Копосова Е. А.</i> РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ	70
■ <i>Никерова К. М., Галибина Н. А., Софронова И. Н., Синькевич С. М., Бородина М. Н., Мощенская Ю. Л., Климова А. В., Ершова М. А.</i> АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ – БИОХИМИЧЕСКИЙ МАРКЕР КСИЛОГЕНЕЗА	71
■ <i>Никифоров А. Н.</i> СОДЕРЖАНИЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ОРГАНОГЕННЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАХ ПОЧВ КЕДРОВНИКОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ	72
■ <i>Нуколова А. Ю., Кикеева А. В., Ромашкин И. В., Фомина Е. В., Крышень А. М.</i> ВЛИЯНИЕ ВАЛЕЖНЫХ СТВОЛОВ <i>PICEA ABIES</i> НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОСУДИСЫХ РАСТЕНИЙ	73

■ <i>Овчинникова Н. Ф.</i> ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ НА ПОСТОЯННЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ	74
■ <i>Овчинникова Н. Ф., Гриднев А. Н., Живец Т. И.</i> ОПЫТНЫЕ ПОСАДКИ <i>PINUS KORAIENSIS</i> SIEBOLD. ET ZUCC. НА ЮГЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ	75
■ <i>Пац Е. Н.</i> ОЦЕНКА ПОДРОСТА НА ЮГЕ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	76
■ <i>Передриенко А. И., Крючков С. Н.</i> МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ПОЛУПУСТЫННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ ...	77
■ <i>Плотникова А. С., Гопп Н. В., Мешалкина Ю. Л., Нарыкова А. Н., Чернова О. В., Честных О. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО ПОЧВЕННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ПОЧВ	78
■ <i>Подвезенная М. А., Рыжова И. М., Телеснина В. М.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ	79
■ <i>Подольская Е. С., Ершов Д. В., Ковганко К. А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОЖАРНО-ХИМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДОСТУПА К ЛЕСНЫМ ПОЖАРАМ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ (НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ)	80
■ <i>Пономарев Е. И., Забродин А. Н., Швецов Е. Г., Пономарева Т. В.</i> ПРЯМЫЕ ПОЖАРНЫЕ ЭМИССИИ В СИБИРИ ЗА ПЕРИОД СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 2002–2023 гг.	81
■ <i>Постников А. М., Егоров А. Б., Бубнов А. А., Павлюченкова Л. Н.</i> УХОДЫ ЗА ОБЪЕКТАМИ ЕГСК С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕРБИЦИДОВ СПОСОБОМ ИНЪЕКЦИИ	82
■ <i>Придача В. Б., Семин Д. Е., Фокина Е. А., Семенова Л. И., Туманик Н. В., Тарелкина Т. В., Галибина Н. А.</i> ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ CO ₂ /H ₂ O-ГАЗООБМЕНА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СПЕЛЫХ И ПЕРЕСТОЙНЫХ ЛЕСАХ КАРЕЛИИ	83
■ <i>Припутина И. В., Шанин В. Н., Фролов П. В., Чумаченко С. И., Тебенькова Д. Н.</i> УЧЕТ РАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В ОЦЕНКАХ ПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ И СТОКА УГЛЕРОДА НА ТЕРРИТОРИИ ДАНКОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА (ЮЖНОЕ ПОДМОСКОВЬЕ)	84
■ <i>Рогозин М. В.</i> ФАКТОР ГУСТОТЫ И КОРРЕЛЯТИВНАЯ СЕЛЕКЦИЯ В ЛЕСОВЫРАЩИВАНИИ	85
■ <i>Ромашкин И. В., Капица Е. А., Шорохова Е. В.</i> СРАВНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО И ВЕКТОРНОГО МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ РАЗЛОЖЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ВАЛЕЖА	86
■ <i>Рыжкова В. А., Данилова И. В., Корец М. А.</i> ОЦЕНКА СУКЦЕССИОННОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ	87
■ <i>Рыжова И. М., Телеснина В. М., Подвезенная М. А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ	88

■ <i>Рябов Н. С., Исаева Л. Г.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОМАССЫ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	89
■ <i>Сабиров Р. Н.</i> ПРОДУКТИВНОСТЬ ПИХТОВЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО САХАЛИНА	90
■ <i>Сало М. А., Иванов А. В., Бондарчук С. Н.</i> ДИНАМИКА СТАРОВОЗРАСТНОГО КЕДРОВНИКА НА СТАДИИ РАСПАДА ЗА 50-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ В СИХОТЭ-АЛИНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ	91
■ <i>Самбуу А. Д., Дапылдай А. Б.</i> ПОСТПИРОГЕННАЯ СУКЦЕССИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БАЛГАЗЫНСКОГО СОСНОВОГО БОРА В ТЫВЕ	92
■ <i>Серкова А. А., Тарелкина Т. В., Иванова Д. С., Качанова Е. В., Семенова Л. И.</i> ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПРОВОДЯЩИХ ТКАНЕЙ СТВОЛА ПОДРОСТА ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ПОСЛЕ РУБКИ УХОДА	93
■ <i>Синькевич С. М.</i> ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОСТИ ДРЕВОСТОЕВ И ЕЕ ОЦЕНКА	94
■ <i>Смирнова А. С., Ханова А. С., Гераськин С. А.</i> ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ <i>PINUS SYLVÉSTRIS</i> L., ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЗОНЕ ЧАЭС	95
■ <i>Созонтов А. Н., Иванова Н. В., Соколова С. С., Устинова А. Л., Плахина Е. В.</i> ПАУКИ РОССИИ В GBIF: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ДАННЫХ	96
■ <i>Сочилова Е. Н., Ершов Д. В., Королева Н. В., Белова Е. И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ СТВОЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ НАЗЕМНЫХ ДАННЫХ И СПУТНИКОВЫХ ПРОДУКТОВ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОВ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ	97
■ <i>Стороженко В. Г.</i> ГРИБНЫЕ ГЕТЕРОТРОФЫ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУР КОРЕННЫХ ЕЛОВЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ	98
■ <i>Султанова З. Г., Ибрагимова К. К.</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	99
■ <i>Сунгурова Н. Р., Страздаускас С. Е., Стругова Г. Н., Страздаускене С. Р.</i> ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ	100
■ <i>Сухарева Т. А., Живов Д. А., Ершов В. В.</i> ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ПОЧВЕННОГО УГЛЕРОДА В ПРОЦЕССЕ ТЕХНОГЕННОЙ ДИГРЕССИИ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ	101
■ <i>Суховольский В. Г., Иванова Ю. Д.</i> СИНХРОНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РОСТА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В НАСАЖДЕНИЯХ И ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ	102
■ <i>Тарасенко В. В., Раевский Б. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	103
■ <i>Тарелкина Т. В., Серкова А. А., Галибина Н. А., Новичонок Е. В., Теслюк И. А., Софронова И. Н., Семин Д. Е.</i> ТРАНСПОРТ УГЛЕРОДА В КОРНЕВЫЕ СИСТЕМЫ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ: АНАТОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ	104

■ <i>Телеснина В. М., Рыжова И. М., Подвезенная М. А.</i> ОЦЕНКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	105
■ <i>Терещенко Т. В.</i> ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗМНОЖЕНИЯ ВИДОВ <i>LONICERA L.</i> , ПЕРСПЕКТИВНЫХ В АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ И ГОРОДСКОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ	106
■ <i>Тобратов С. А., Железнова О. С.</i> ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОДУКТИВНОСТИ И БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛЕСАХ ЦЕНТРА РУССКОЙ РАВНИНЫ	107
■ <i>Туктамышев И. Р., Федоров Н. И., Широких П. С., Бикбаев И. Г.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ LIDAR-КАМЕРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОДУКТИВНОСТИ И ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА НА ЗАЛЕЖАХ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ	108
■ <i>Фоменко Н. Г., Жолобова О. О.</i> ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МОРФОЛОГИЮ И РАЗВИТИЕ РЕГЕНЕРАНТОВ <i>COTINUS COGGYGRIA SCOP.</i> В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i>	109
■ <i>Фомина Е. В., Кикеева А. В., Ромашкин И. В., Нуколова А. Ю., Крышень А. М.</i> ВЛИЯНИЕ ВАЛЕЖНОЙ ДРЕВЕСИНЫ <i>PICEA ABIES</i> НА СОДЕРЖАНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ	110
■ <i>Фролова Г. Г.</i> ФИТОМАССА 20-ЛЕТНИХ БЕРЕЗОВЫХ ЗАРАСТАНИЙ НА БЫВШЕЙ ПАШНЕ	111
■ <i>Ханина Л. Г., Бобровский М. В., Романов М. С., Фролов П. В., Шанин В. Н.</i> СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ВАЛЕЖА ВОСЬМИ ВИДОВ ДЕРЕВЬЕВ ПО МАТЕРИАЛАМ МАССОВОГО ВЕТРОВАЛА В ШИРОКОЛИСТВЕННОМ ЛЕСУ С ЕЛЬЮ: СРАВНЕНИЕ С МОДЕЛЬНЫМИ РАСЧЕТАМИ	112
■ <i>Холдаенко Ю. А.</i> ПРИРОСТ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ ОТКЛИК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОСАДОК ЕЛИ СИБИРСКОЙ РАЗНОЙ ГУСТОТЫ НАСАЖДЕНИЯ	113
■ <i>Царев А. П., Царева Р. П., Царев В. А.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ СОРТОВ ТОПОЛЕЙ	114
■ <i>Чернобровкина Н. П., Робонен Е. В., Нелаева К. Г., Копосова Е. А.</i> ДУХРОТАЦИОННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД В КАРЕЛИИ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ	115
■ <i>Чернова Н. А., Райская Ю. Г.</i> СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПАПОРОТНИКОВО- РАЗНОТРАВНЫХ ЮЖНОТАЕЖНЫХ ПИХТАРНИКОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ	116
■ <i>Черткова Е. П.</i> АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ АЛТАЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА	117
■ <i>Чжан Сяохун</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ РАДИАЛЬНОГО РОСТА ЛИСТВЕННИЦЫ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ В РАЙОНЕ ЯКУТСКА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)	118
■ <i>Шашков М. П., Ермолов С. А., Иванова Н. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GBIF VASCPLANT TAXONOMY ДЛЯ УНИФИКАЦИИ ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ	119

■ <i>Шешнищан С. С., Литовченко Д. А., Кулакова Е. Н., Подрезова Ю. А.</i> КЛИМАТИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ РУССКОЙ РАВНИНЫ	120
■ <i>Шшикина А. А., Карпун Н. Н.</i> ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ЕДИНОГО ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА (ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ) МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ	121
■ <i>Sheller M. A., Tatarintsev A. I.</i> MOLECULAR GENETIC IDENTIFICATION OF <i>HETEROBASIDION ANNOSUM</i> (FR.) BREF. IN SCOTS PINE STANDS ON THE TERRITORY OF THE NATIONAL PARK “SHUSHENSKIY BOR”	122
■ <i>Юзбеков А. К.</i> ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЕЛИ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ ЛЕСОБОЛОТНОМ КОМПЛЕКСЕ ВАЛДАЙСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	123

СОВЕЩАНИЕ

■ <i>Бажина Е. В.</i> МАССА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА СЕМЯН	124
■ <i>Бородинцева Л. И., Тараканов В. В., Федорков А. Л.</i> ДИНАМИКА РОСТА И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКОГО ВИДА <i>PINUS CONTORTA</i> DOUGL. НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	125
■ <i>Боронникова С. В., Жуланов А. А., Сбоева Я. В., Чертов Н. В.</i> ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ХВОЙНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА УРАЛЕ И В ПРЕДУРАЛЬЕ	126
■ <i>Bauer E. E., Novikova S. V., Bondar E. I., Sharov V. V., Oreshkova N. V., Zhuk E. A., Vasilyeva G. V., Goroshkevich S. N., Krutovsky K. V.</i> STUDY OF GENETIC MECHANISMS OF APICAL GROWTH DOMINANCE IN TREES BY COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENTIAL GENE EXPRESSION IN “WITCHES’ BROOM” AND NORMAL CROWN OF SCOTS PINE (<i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.) AND SIBERIAN STONE PINE (<i>P. SIBIRICA</i> DU TOUR)	127
■ <i>Вариводина И. Н.</i> РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ	128
■ <i>Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПЛАНТОСИМБИОНТОВ РАЗНЫХ ВИДОВ БЕРЕЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ МАРКЕРОВ	129
■ <i>Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф.</i> ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ РОДА <i>BETULA</i> L. И ВОПРОСЫ ТАКСОНОМИИ	130
■ <i>Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф.</i> ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ КАРЕЛЬСКАЯ БЕРЕЗА САМОСТОЯТЕЛЬНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ ВИДОМ?	131
■ <i>Внукова Н. И.</i> МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ <i>SALIX MATSUDANA</i> В УСЛОВИЯХ <i>IN VITRO</i>	132
■ <i>Гераськин С. А., Битаршивили С. В., Васильев Д. В.</i> АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ХРОНИЧЕСКОЕ ОБЛУЧЕНИЕ	133

■ <i>Горошкевич С. Н.</i> ПОЧТИ ВСЕ ОБЩЕПРИЗНАННЫЕ ВИДЫ ХВОЙНЫХ НЕ ЯВЛЯЮТСЯ ВИДАМИ В ОБЩЕПРИЗНАННОМ ЗНАЧЕНИИ ТЕРМИНА: КТО ВИНОВАТ И ЧТО ДЕЛАТЬ?	134
■ <i>Горошкевич С. Н., Велисевич С. Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ У ВЕГЕТАТИВНОГО ПОТОМСТВА ДЕРЕВЬЕВ КЕДРА СИБИРСКОГО РАЗЛИЧНОГО ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ	135
■ <i>Гричик Е. Л., Жолобова О. О., Крючков С. Н.</i> ВЛИЯНИЕ АУКСИНОВ НА УКОРЕНЕНИЕ МИКРОПОБЕГОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i>	136
■ <i>Егоров С. А., Солонкин А. В., Крючков С. Н., Соломенцева А. С., Горбушова Д. А.</i> СЕЛЕКЦИОННАЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ НАСАЖДЕНИЙ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	137
■ <i>Ершова М. А., Игнатенко Р. В., Чирва О. В., Галибина Н. А.</i> ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СОМАТИЧЕСКИЙ ЭМБРИОГЕНЕЗ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)	138
■ <i>Жолобова О. О.</i> СЕЛЕКЦИЯ УСТОЙЧИВЫХ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕСС-ФАКТОРАМ ГЕНОТИПОВ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ВИДОВ В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i>	139
■ <i>Жук Е. А., Горошкевич С. Н.</i> РАЗЛИЧИЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ КАК ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА ВНУТРИВИДОВОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ КЕДРА СИБИРСКОГО <i>EX SITU</i>	140
■ <i>Игнатенко Р. В., Никерова К. М.</i> ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ	141
■ <i>Ильинов А. А., Раевский Б. В.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОБЪЕКТОВ ЕГСК ХВОЙНЫХ КАРЕЛИИ	142
■ <i>Калько Г. В.</i> ГЕНЫ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ АДАПТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ СОСНЫ И ЕЛИ	143
■ <i>Каржаев Д. С., Губаев Р. Ф., Сафронычева Е. Д., Волков В. А., Ветчинникова Л. В., Потоккина Е. К., Жигунов А. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНОМНОГО УЧАСТКА, СВЯЗАННОГО С «КАРЕЛЬСКИМ» ФЕНОТИПОМ БЕРЕЗЫ	144
■ <i>Кирьянов П. С., Баранов О. Ю.</i> ТРАНСКРИПТОМНЫЙ АНАЛИЗ КАМБИАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ И БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ	145
■ <i>Комарова О. В., Шитилова В. Ф.</i> КОЛЛЕКЦИИ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ И АВТОХТОННЫХ ВИДОВ СОСЕН В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	146
■ <i>Константинов А. В., Кулагин Д. В., Богинская Л. А., Падутов В. Е.</i> ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ РЕГЕНЕРАНТОВ БЕРЕЗЫ НА АБИОТИЧЕСКИЕ СТРЕССЫ, МОДЕЛИРОВАННЫЕ В КУЛЬТУРЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ТКАНЕЙ	147
■ <i>Корженевский М. А., Мощенская Ю. Л., Галибина Н. А., Тарелкина Т. В., Никерова К. М., Серкова А. А., Софронова И. Н., Семенова Л. И.</i> ПРОФИЛИ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ ТРАНСПОРТЕРОВ САХАРОВ ПРИ НАРУШЕНИИ ПРОВОДИМОСТИ ФЛОЭМЫ У БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ	148
■ <i>Кузнецова Г. В., Астраханцева Н. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСОВМЕСТИМОСТИ У ПРИВИВОК КЕДРОВЫХ СОСЕН В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ	149

■ Кузьмин С. Р., Кузьмина Н. А. ДИНАМИКА РОСТА В ВЫСОТУ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КЛИМАТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ В СИБИРИ	150
■ Кулагин Д. В., Осипенко Н. В., Емельянова О. В., Падутов В. Е. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТА «БИОПАГ-Д» ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СУБСТРАТОВ ДЛЯ АДАПТАЦИИ МИКРОКЛОНАЛЬНО РАЗМНОЖЕННЫХ РАСТЕНИЙ	151
■ Кусенкова М. П., Падутов А. В., Можаровская Л. В., Кулагин Д. В., Падутов В. Е. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭМБРИОГЕННЫХ КЛЕТОЧНЫХ ЛИНИЙ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ	152
■ Куфко И. Э., Комарова В. А., Шевко В. Н., Пантелеев С. В., Кирьянов П. С. ПОЛУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕНОМОВ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ РОДА <i>POPULUS</i>	153
■ Krutovsky K. V., Novikova S. V., Sharov V. V., Oreshkova N. V., Zhirnova D. F., Belokopytova L. V. STUDY OF THE GENETIC MECHANISMS OF ADAPTATION OF SIBERIAN LARCH AND SIBERIAN PINE TO BIOTIC AND ABIOTIC STRESSES USING DENDROGENOMICS ...	154
■ Лаур Н. В., Царев А. П. ГИБРИДНЫЕ КУЛЬТУРЫ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ В КАРЕЛИИ	155
■ Лукина А. В. ПРОЯВЛЕНИЯ ПРЕЗИГОТИЧЕСКОЙ НЕСОВМЕСТИМОСТИ У <i>P. SIBIRICA</i> ПРИ МЕЖВИДОВЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ	156
■ Махнева С. Г., Мохначев П. Е., Менщиков С. Л. РЕПРОДУКЦИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ	157
■ Машикина О. С., Табацкая Т. М. КОЛЛЕКЦИЯ <i>IN VITRO</i> КАК ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ ЦЕННОГО ГЕНОФОНДА ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, ЕГО ВОСПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	158
■ Медведева М. В., Раевский Б. В. ПОЧВЫ ПЛЮСОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ	159
■ Могилевская И. В. ПОДБОР УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ <i>IN VITRO</i> ДЛЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЮГА РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ	160
■ Можаровская Л. В., Сачек А. П. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С КСИЛОГЕНЕЗОМ, НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА РАННЕЙ ДРЕВЕСИНЫ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.	161
■ Мощенская Ю. Л., Галибина Н. А., Тарелкина Т. В., Корженевский М. А., Никерова К. М. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТРАНСКРИПТОМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ УНИКАЛЬНОЙ ДРЕВЕСИНЫ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ	162
■ Осипенко Н. В., Константинов А. В., Кулагин Д. В., Острикова М. Я. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИБИОТИКОВ ШИРОКОГО СПЕКТРА ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ КОНТАМИНИРУЮЩЕЙ МИКРОФЛОРЫ КУЛЬТУР <i>IN VITRO</i>	163
■ Падутов В. Е., Баранов О. Ю., Ковалевич А. И., Каган Д. И., Пантелеев С. В., Сидор А. И., Острикова М. Я., Ивановская С. И., Можаровская Л. В., Разумова О. А., Маркевич Т. С., Кончиц А. П. ГЕНЕТИКА И БИОТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ В БЕЛАРУСИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ	164

■ Пак М. Э., Третьякова И. Н., Орешкова Н. В., Горячкина О. В. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ЭМБРИОГЕННЫХ КЛЕТОЧНЫХ ЛИНИЙ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ	165
■ Паленова М. М., Кинигопуло П. С. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПОВЕСТКИ В ОБЛАСТИ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	166
■ Политов Д. В., Белоконь М. М., Белоконь Ю. С. МЕЖВИДОВАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ И ИНТРОГРЕССИЯ У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ – МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ, РОЛЬ В ЭВОЛЮЦИИ И ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ОХРАНЫ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	167
■ Раевский Б. В., Ильинов А. А. ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПЛЮСОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ	168
■ Ромашикина И. В., Раздайводин А. Н., Слипцев А. А. МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОКОЛЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.) В ЗОНАХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	169
■ Ryabukhina M. V., Krutovsky K. V. SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACHES FOR THE APPLICATION OF MOLECULAR GENETIC ANALYSIS IN THE DNA FORENSIC EXPERTISE OF ILLEGAL HARVESTING AND USE OF FOREST TREES AND PLANT MATERIAL	170
■ Сапронова Д. В. МОНИТОРИНГ ЗА СОСТОЯНИЕМ ТАКСОНОВ РОДА <i>PSEUDOTSUGA</i> CARR В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	171
■ Сбоева Я. В. ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ХОРОЛОГИЧЕСКИ СМЕЖНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. НА РУССКОЙ РАВНИНЕ	172
■ Семериков В. Л., Семерикова С. А. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ДЕМОГРАФИЯ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ И ПИХТЫ СЕМЕНОВА	173
■ Семерикова С. А., Семериков В. Л. ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СИСТЕМАТИКА ДУБОВ (<i>QUERCUS</i> L. СЕКЦИЯ <i>QUERCUS</i> , FAGACEAE) КРЫМСКО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА	174
■ Тараканов В. В. УСКОРЕННОЕ ВЫВЕДЕНИЕ СОРТОВ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД РОССИИ ТРАДИЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ	175
■ Теслюк И. А., Галибина Н. А., Игнатенко Р. В., Чирва О. В., Еришова М. А., Мощенская Ю. Л. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ СОМАТИЧЕСКОГО ЭМБРИОГЕНЕЗА ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ <i>PICEA ABIES</i> (L.) H. KARST	176
■ Тихонова И. В., Анискина А. А., Лоскутов С. Р., Тараканов В. В., Тихонова Н. А. ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛСП В АЛТАЙСКОМ КРАЕ ПО НЕКОТОРЫМ ФИЗИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ХВОИ	177
■ Хомутова К. Г., Тараканов В. В., Федорков А. Л. ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКОГО ВИДА <i>PINUS CONTORTA</i> DOUGL. НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	178

■ <i>Хужахметова А. Ш.</i> СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ФНЦ АГРОЭКОЛОГИИ РАН ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АГРОЛЕСОВОДСТВА	179
■ <i>Чеботько Н. К., Крекова Я. А., Ивановская С. И., Падутов А. В.</i> МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛУСИБСОВ И КЛОНОВ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА	180
■ <i>Чертов Н. В.</i> ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. НА СРЕДНЕМ И СЕВЕРНОМ УРАЛЕ	181
■ <i>Чирва О. В., Еришова М. А., Игнатенко Р. В., Теслюк И. А., Галибина Н. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОМАТИЧЕСКОГО ЭМБРИОГЕНЕЗА ДЛЯ ТИРАЖИРОВАНИЯ ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В КАРЕЛИИ	182
■ <i>Чугреев М. Ю.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МУЖСКОЙ ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ СОСНЫ РУМЕЛИЙСКОЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	183
■ <i>Шабанова Е. А.</i> ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА РЕГЕНЕРАЦИЮ <i>IN VITRO</i> КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО	184
■ <i>Шевко В. Н., Пантелеев С. В., Падутов А. В., Константинов А. В., Комарова В. А., Куфко И. Э.</i> МОЛЕКУЛЯРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ БЕЛАРУСИ	185
■ <i>Шейкина О. В., Прыгунова А. И., Шаранов Е. С., Демаков Ю. П.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ГЕНОВ У КЛОНОВ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ПО ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ	186
■ <i>Shuvaev D. N., Krutovsky K. V.</i> GENETIC STATISTICS FOR TIMBER ORIGIN IDENTIFICATION IN THE CASE STUDIES OF THREE SIBERIAN CONIFER SPECIES: PROSPECTS AND LIMITATIONS	187
■ <i>Янбаев Ю. А., Бахтина С. Ю., Янбаев Р. Ю., Кулагин А. Ю.</i> КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ПРИРОСТА МОЛОДНЯКА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ	188
ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ	189

ПРЕДИСЛОВИЕ

В сборнике представлены тезисы Всероссийской научной конференции с международным участием «**Продуктивность лесов в условиях меняющегося климата**», посвященной 100-летию со дня рождения Н. И. Казимилова, и 8-го Международного совещания «**Сохранение и рациональное использование лесных генетических ресурсов**». Объединение мероприятий неслучайно. В настоящее время уже невозможно представить способы повышения продуктивности лесов без учета современных достижений генетики, молекулярной биологии, физиологии и биохимии растений, которые раскрывают механизмы формирования и устойчивого существования высокопродуктивных насаждений. Много внимания на конференции уделялось глобальной проблеме изменения климата и связанной с ней проблеме углеродного баланса лесных экосистем.

Конференция приурочена к 100-летию юбилею члена-корреспондента ВАСХНИИЛ Николая Ивановича Казимилова, который работал в Институте леса КарНЦ РАН с 1954 по 1995 годы. Он инициировал комплексные исследования биомассы и продуктивности лесных насаждений. Основное внимание уделял изучению структуры органического вещества и определению первичной продукции компонентов лесных биогеоценозов. Исследованиями были охвачены ельники, сосняки и березняки различных типов и возраста. Важной особенностью работы Н. И. Казимилова можно считать и то, что исследования проводились не только в Карелии, им были организованы экспедиции по исследованию продуктивности лесов по меридиану от Крыма до Мурманской области, т. е. была заложена основа рассмотрения климатического аспекта биологической продуктивности лесов. Николай Иванович с коллегами разработали таблицы хода роста насаждений в различных экологических условиях и модели расчетов компонентов фитомассы лесных биогеоценозов, которые не потеряли актуальности по сей день.

Более подробную информацию о Н. И. Казимилове можно найти в статье «Лесовод, опередивший время» в книге «Карельский научный центр РАН: история в лицах» (http://elibrary.krc.karelia.ru/940/1/Карельский%20научный%20центр_2021.pdf).

ОЦЕНКА ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВОЗИСТОСТИ ДРЕВОСТОЯ ПО ДАННЫМ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Алексеев А. Б., Плотникова А. С., Шевченко Н. Е.

ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия

E-mail: poxrox@mail.ru, plotnikova-as-cepl@yandex.ru, neshevchenko@gmail.com

Древесный ярус – основной компонент, формирующий фитоклимат в лесу, – интенсивность светового потока, температуру и проникновение осадков к нижним ярусам. Одним из факторов, характеризующих лесной фитоклимат, является сквозистость древостоя. Настоящее исследование посвящено разработке методики оценки вертикальной сквозистости древостоя по данным воздушного лазерного сканирования. Территория исследования расположена в подзоне хвойно-широколиственных лесов Тверской области в 77 км к северо-западу от г. Твери.

Под сквозистостью понимается суммарная проекция любых просветов в древостое на мысленную плоскость над пологом леса – вертикальная сквозистость; мысленную полу-сферу, ограниченную горизонтом в любой точке под пологом леса – сквозистость на полу-сферу. Сквозистость полога древостоя зависит как от сомкнутости крон – просветов между кронами, так и от просветов внутри крон (ажурности).

Известны два методических подхода к определению сквозистости полога древостоя: аналоговым прибором сквозистометром и посредством обработки фотографических снимков широкоугольной фотокамерой. Указанные методы весьма трудоемки и позволяют получать только точечные оценки сквозистости.

Воздушное лазерное сканирование (ВЛС), являясь высокотехнологичным методом сбора пространственных данных о наземных объектах и рельефе, позволяет оперативно получать трехмерные данные о лесных экосистемах большого пространственного охвата, в том числе в труднодоступных районах с высокой степенью детальности и точности. Получаемая информация о верхнем пологе и структуре растительности под ним, а также о рельефе позволяет определять количественные и качественные характеристики древостоя.

Разработана методика оценки вертикальной сквозистости, состоящая из следующих этапов: 1) Обработка исходного облака точек ВЛС, классификация облака точек на классы «почва» и «растительность»; 2) Сегментация класса «растительность» на три яруса по высоте: травянистый, подрост/подлесок, древесный; 3) Формирование регулярных бинарных растровых моделей (ячейка 0,2 м) по каждому ярусу, определенных содержанием в ячейке минимум одного лазерного отражения от растительности; 4) Агрегация и построение карт сквозистости различного пространственного разрешения (1, 5, 10 м): отношение площади ортогональных проекций просветов на горизонтальную поверхность на единицу площади – площадь агрегируемой ячейки.

Верификацию получаемых оценок сквозистости древостоя планируется выполнять посредством отклика растительности на факторы среды: световой режим и степень увлажнения. В пятикратной повторности подобраны три группы пробных площадей по проценту сквозистости древостоя: максимальный, средний и минимальный. На пробных площадях выполнены геоботанические описания и проведена оценка соотношения разных экологических групп растений по отношению к свету и влажности с применением индикационной экологической шкалы Э. Ландольта, содержащей балловые оценки экологических свойств видов по указанным факторам среды.

ДИНАМИКА ЛЕСОВ С УЧАСТИЕМ КЕДРА СИБИРСКОГО НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ В XX ВЕКЕ

Алексутин В. Э.¹, Возьмитель Ф. К.^{2,3}, Алейников А. А.⁴

¹ Институт географии РАН, Москва, Россия

² Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

³ ФГБУ «Государственный заповедник „Денежкин Камень“»

⁴ ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия

E-mail: aleksutin96@gmail.com

Прошрое природопользование существенно повлияло не только на структурно-функциональную организацию лесных экосистем, но и на распространение некоторых долгоживущих древесных видов. Сведения о прошлом видовом составе лесов, его динамике и отличиях от современного должны приниматься во внимание при поиске и сохранении ценных лесных экосистем, а также восстановлении ранее нарушенных.

В работе проанализирована динамика лесов с участием кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в лесах Северного Предуралья (Пермский край) по материалам лесоустройства 1938 г. и современным данным. В 1938 г. на модельном полигоне леса с участием кедра занимали 16,6% площади, но за следующие 85 лет их площадь сократилась в 2,5 раза в результате сплошных рубок и пожаров. В настоящее время кедр сохранился только в ненарушенных темнохвойных лесах, спонтанно развивающихся в течение нескольких столетий. В древостоях, сформировавшихся за последние 100–150 лет, кедр отсутствует. Это связано с невысокой приживаемостью подроста кедра и медленным ростом в первые десятилетия.

Действующие федеральные ограничения, связанные с лесопользованием, направлены на сохранение лесов с долей кедра не менее 30%, однако, они эффективны не на всем ареале кедра, поскольку в европейской части России преобладают леса с меньшей долей его участия. На наш взгляд, требуется разработка единой системы мер по сохранению существующих и восстановлению утраченных ценопопуляций в Пермском крае и Республике Коми, которые включали бы запрет на рубку лесов с любым участием кедра, а также создание лесных культур.

Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда № 23-24-00294 «Леса Северного Предуралья в первой трети XX века как отражение исторического традиционного и промышленного природопользования».

МОНИТОРИНГ КОРЕННЫХ ЛЕСОВ НП «ВОДЛОЗЕРСКИЙ»

Ананьев В. А., Пеккоев А. Н., Ромашкин И. В.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: ananyev@krc.karelia.ru

Площадь коренных таежных лесов на Европейском Севере России постоянно сокращается в результате интенсивной рубки. Массивы спонтанной тайги сохранились на особо охраняемых природных территориях. Эти леса нуждаются в постоянных наблюдениях за формированием естественной структуры и динамики лесных массивов, не затронутых хозяйственной деятельностью для оценки и прогнозирования влияния глобальных изменений (например, климата) на лесные экосистемы.

Институтом леса Карельского научного центра РАН на протяжении последних 20 лет проводится мониторинг состояния, породной и возрастной структуры коренных лесов НП «Водлозерский» с использованием материалов лесоустройства и данных, полученных на постоянных пробных площадях. Объектом наших исследований явились разновозрастные ельники III–IV класса бонитета. Общий запас древостоев на момент закладки пробных площадей (1999–2001 гг.) составлял 231–319 м³/га, в том числе ели – 202–249 м³/га. Установлено, что в течение 20-летнего периода у половины исследуемых насаждений наблюдается снижение общего запаса на 6–11%, а еловой части древостоя – на 9–16%. В отдельных древостоях эти величины доходили до 30%. Максимальный отпад отмечен в разновозрастном ельнике, расположенном рядом со сплошным ветровалом, где отпад составил 50% наличного древостоя. Здесь преобладает сухостой, образовавшийся после повреждения короедом-типографом. Запасы крупных древесных остатков (КДО) за 20 лет варьируют от 46 до 177 м³/га. При этом доля ели составляет 75–99% от общего количества отпада. Ежегодное образование КДО в среднетаежных разновозрастных ельниках в зависимости от степени нарушений варьирует от 2,2 до 9,8 м³/га, что в переводе на углерод составляет 0,52–1,60 т/га.

Важным фактором формирования разновозрастных древостоев является непрерывный процесс естественного возобновления под пологом леса. В ельниках черничных насчитывается 5,4–8,9, чернично-сфагновых – 0,5–1,0, в кисличных – 1,0 тыс. шт./га подростов ели. Интенсивность пополнения подростом за 20-летний период наблюдений на исследуемых участках составила от 30 до 232 шт./га.

В целом мониторинг коренных лесов парка показал устойчивое сохранение возрастной структуры и постоянство породного состава лесов, а также незначительное изменение общего запаса древостоя.

СЕЗОННАЯ АКТИВНОСТЬ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ЛСП

Афошин Н. В., Тарелкина Т. В., Серкова А. А., Семёнова Л. И., Иванова Д. С.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: afosh.nik843@gmail.com

Камбий является основной вторичной меристемой, участвующей в формировании древесины и коры ствола. На территориях с выраженной сезонностью климата активность камбия носит сезонный характер. Продолжительность периода камбиальной активности и сроки прохождения ее основных фаз определяются условиями произрастания. Сосна обыкновенная является одним из основных лесообразующих видов на территории Республики Карелия. Цель работы – изучение сезонной активности камбия у деревьев сосны в условиях южной Карелии.

Работу проводили на территории Петрозаводской лесосеменной плантации I порядка (15 км от г. Петрозаводска, Республика Карелия). Возраст деревьев составлял 45 лет. Отборы тканей проводили с 5 мая по 5 октября 2022 г. и с 19 апреля по 11 октября 2023 г., в 7-дневной динамике в апреле, мае и июне и в 10-дневной динамике в июле и августе. В сентябре и октябре образцы были отобраны однократно. Фиксацию тканей и микроскопический анализ образцов проводили по общепринятым методикам.

Первые деления камбиальных клеток в 2022–2023 гг. были зафиксированы в первых числах мая. Отложение клеток ранней флоэмы происходило в первой половине мая, в конце мая в образцах уже присутствовали клетки поздней флоэмы. Отложение камбием первых трахеид ксилемы отмечали 16–20 мая в 2022 г. и 11–19 мая в 2023 г. Начало формирования вторичной клеточной стенки трахеид отмечено в начале июня. Первые зрелые трахеиды ксилемы с полностью сформированными клеточными оболочками были зафиксированы в начале третьей декады июня. Завершение камбиальной активности и окончание флоэмогенеза наблюдали в первых числах августа. Необходимо отметить, что у сосны 1–3 клетки, отложенные камбием в сторону флоэмы в конце периода камбиальной активности, зимуют в недифференцированном состоянии и функционируют в начале следующего вегетационного периода. Процесс дифференциации трахеид ксилемы продолжается до начала октября.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН, № госрегистрации 121061500082-2).

ГЕТЕРОГЕННОСТЬ ПЛОТНОСТИ ВАЛЕЖНОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА МАССОВОМ ВЕТРОВАЛЕ ШИРОКОЛИСТВЕННОГО ЛЕСА С ЕЛЬЮ

Бобровский М. В.¹, Ханина Л. Г.², Зувев К. Ю.³

¹ ИФХиБПП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пушкино, Россия

² ИМПБ РАН, филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пушкино, Россия

³ МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: maxim.bobrovsky@gmail.com

В лесных экосистемах валежная древесина имеет разнообразные экологические функции; она определяет режимы многих абиотических факторов и функционирование различных компонентов биоты. Динамика разложения валежа имеет принципиальное значение для характера круговорота углерода и других элементов в лесных ландшафтах. Массовый ветровал, при котором деревья разных видов упали одновременно, представляет уникальный материал для сравнительного изучения особенностей разложения древесины разных видов. Исследования проводили на массовом ветровале 2006 г. в заповеднике «Калужские засеки» (Бобровский, Стаменов, 2020). Ранее нами были получены основные характеристики разложения древесины восьми видов путем анализа поперечных спилов 52 лежащих стволов (Ханина и др., 2022, 2023; Khanina et al., 2023). Была выявлена высокая неоднородность древесины исследованных видов и поставлена задача уточнения характеристик путем детальной оценки плотности спилов, взятых регулярным способом. В 2023 г. было измерено по четыре ствола четырех видов деревьев (вяз шершавый, клен остролистный, ель обыкновенная и ясень обыкновенный); с каждого ствола первый диск извлекался на расстоянии 1 м от комля, последующие через каждые четыре метра. Определялись площади древесины каждой стадии разложения, включая полости, для каждой стадии из диска взяты образцы для точного расчета плотностей, запасов и скоростей разложения. Всего обработано 92 диска и 319 образцов древесины. Результаты показали наличие до пяти стадий разложения на одном спиле. Не отмечено закономерностей изменения степени разложения стволов от комля к вершине. Через 17 лет после ветрвала средневзвешенная на площадь плотность древесины валежа уменьшалась в ряду: ясень – вяз – клен – ель; в лежащих стволах ясеня преобладала древесина 1 и 2 стадии разложения, вяза – 2 стадии, клена – 2 и 3 стадии, ели – 3 стадии. Полости составляли от 2 (для вяза) до 12% у ели. Скорости разложения составили 0,061, 0,047, 0,046 и 0,038 год⁻¹ для клена, вяза, ели и ясеня, соответственно, что ниже скоростей, оцененных ранее (Khanina et al., 2023). Плотность древесины, оцененная с учетом ее гетерогенности, составила от 70 до 95% от плотности, рассчитанной при предположении одной доминирующей стадии у ствола.

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Богданов А. П.

ФБУ «СевНИИЛХ», Архангельск, Россия
E-mail: aleksandr_bogd@mail.ru

Площадь осушаемых земель лесного фонда в Архангельской области составляет 392,4 тыс. га (Тараканов, 2004). Осушительные системы созданы для повышения продуктивности переувлажненных земель. Для принятия решения о целесообразности реконструкции или ремонта осушительных систем, а также проведения других лесохозяйственных мероприятий необходимо создание моделей оценки состояния ее элементов. Эффективность лесоосушения зависит от продолжительности нормального функционирования мелиоративной сети. Сгруппированные данные о состоянии каналов, в зависимости от типа торфяной залежи и давности их функционирования, позволили провести моделирование динамики технического состояния каналов осушительной сети. По результатам проведенных исследований установлено, что процесс уменьшения глубины каналов вследствие их заиления, осадки торфа, оплывания откосов, разрушения бровок, деформации и зарастания русла происходит сравнительно плавно. За двадцатилетний период представленность осушительных каналов хорошего, удовлетворительного и неудовлетворительного состояния практически одинаковая и вероятность нормального функционирования составляет 70%. В дальнейшем она постепенно снижается и к 60 годам составляет 23%.

Имея данные о техническом состоянии осушительной сети, для конкретных лесорастительных условий возможно прогнозирование динамики продуктивности насаждений в течение прогнозируемого периода, как на промежуточных этапах, так и в целом за весь срок осушения. Разработана модель прогнозирования технического состояния гидромелиоративной сети, роста и продуктивности осушаемых сосняков и ельников Европейского Севера.

Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства «Разработка цифровой имитационной модели динамики экологического состояния и продуктивности лесных экосистем на переувлажненных землях под воздействием природных и антропогенных факторов» (регистрационный № 122020300230-5).

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ АНАБАРСКОГО ПЛАТО

Бондарев А. И., Мухортова Л. В., Кривобоков Л. В.

Институт леса СО РАН, Красноярск, Россия
E-mail: abondarev@ksc.krasn.ru

Исследования проводились на ключевом участке «Кындын» (70,87° с. ш., 102,94° в. д.), расположенном на территории Анабарского гипоарктического таежного биома (Биоразнообразие биомов России, 2020). В качестве объекта исследования выбран лиственничный (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) кустарничково-моховой биогеоценоз (БГЦ), сформировавшийся у верхней границы лесной растительности, в котором были заложены пять пробных площадей размером 0,25 га.

Оценку запасов биомассы древесного и кустарникового ярусов проводили в объемных показателях, которые затем были пересчитаны с использованием конверсионных коэффициентов в запасы углерода в весовых показателях согласно утвержденных методик (Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27 мая 2022 г. № 371). Запасы биомассы травяно-кустарничкового, мохово-лишайникового ярусов и почв оценивались в весовых показателях, на основании которых в дальнейшем был рассчитан запас углерода.

Установлено, что общий запас углерода в лиственничном кустарничково-моховом БГЦ составляет в среднем 236 т/га, из которых 5,6% приходится на древесно-кустарниковый ярус, включая надземную и подземную фракции; 1,4% – на фитомассу травяно-кустарникового и мохово-лишайникового ярусов; 6,7% – на лесную подстилку и 57,3% общего пула углерода аккумулировано в органическом веществе почвы. На долю неорганического углерода в активном слое почвы приходится в среднем около 30% общих запасов углерода.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ УХОДОВ ЗА ИСПЫТАТЕЛЬНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Бондаренко А. С.

ФБУ «СПбНИИЛХ», Санкт-Петербург, Россия
E-mail: asbond@mail.ru

При выполнении уходов за испытательными культурами существенной проблемой являются принципы и схема проведения разреживаний, поскольку любое изъятие живых растений нарушает структуру опыта по испытанию генотипов и может приводить к некорректным результатам при последующем сравнении скорости роста генотипов и сопоставлении их с контролем. Нормативные документы по выполнению таких уходов отсутствуют, а применение стандартных лесоводственных методик вызывает нарушение структуры опыта и нивелирует практическую значимость работ по испытанию генотипов. С целью обоснования методики проведения уходов за испытательными культурами основных лесобразующих пород было выполнено моделирование влияния изъятия деревьев основной породы по различным схемам и с различной интенсивностью на значения основных биометрических показателей.

По результатам исследований в испытательных культурах сосны обыкновенной и ели европейской в возрасте от 2 до 45 лет разработана технология проведения в них рубок ухода. Методическая основа работы – моделирование влияния разреживаний, выполняемых методами случайной и регулярной выборки с интенсивностью от 20 до 80%, на результативность опыта по оценке скорости роста и развития семей плюсовых деревьев. Результаты модельного отбора растений показали, что несмотря на высокую интенсивность выборки растений, семьи достаточно устойчиво сохраняют свой средний ранг в совокупности других семей при использовании как регулярного, так и случайного методов отбора растений даже при очень значительной выборке – до 80% от исходного количества. Предложены варианты удаления растений в испытательных культурах, позволяющие сохранить структуру исходной популяции и выполнять в дальнейшем сравнительную оценку скорости роста семей плюсовых деревьев. Результаты работы могут быть использованы для эффективной эксплуатации объектов единого генетико-селекционного комплекса. Их внедрение в производство позволит повысить эффективность работ по сортоиспытанию и обеспечить переход на элитное семеноводство основных лесобразующих пород в России.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БАЛАНС CO₂ В АТМОСФЕРЕ

Булаткин Г. А.

ИФПБ РАН, Пущино, Россия
E-mail: genbulatkin@yandex.ru

В Парижском соглашении по климату лесным насаждениям отводится основная роль в снижении содержания CO₂ в атмосфере. Общепринятый расчет потоков CO₂ в лесах приводит к выводу, что с увеличением площади посадок и их продуктивности резко возрастает сток углекислого газа из атмосферы. Однако комплексное рассмотрение фотосинтеза лесов и судьбы древесины во времени приводит к иным выводам. Разработанная многоступенчатая методика расчета баланса C–CO₂ включает не только учет поглощения C–CO₂ при вегетации насаждений, но и процессы, происходящие при использовании полученной биомассы лесов.

1) **Биоценотический баланс** (за период 30–120 лет выращивания в зависимости от срока рубки главного пользования). 2) **Хозяйственный баланс** (с момента основной рубки леса до завершения службы деревянных сооружений). 3) **Общий биогеохимический баланс C–CO₂**, связанный с выращиванием древесных насаждений, использованием древесины и завершающийся поступлением остатков органического вещества в земную кору, в аккумулятивные ландшафты. При многолетней вегетации деревьев в процессе фотосинтеза из атмосферы поглощается огромное количество углекислого газа, в десятки раз превосходящее выбросы CO₂ за счет затрат технической энергии при выращивании леса. В дальнейшем, при использовании древесины происходит обратный процесс: разложение древесины и выделение CO₂ в атмосферу. Многолетний круговорот C–CO₂ в системе: атмосфера → зеленые растения → деловая древесина → антропогенные постройки и изделия из древесины → труха → атмосфера – завершается с небольшим стоком, несмотря на большое первоначальное накопление углерода в биомассе лесов, который приводит только к временному изъятию CO₂ (до 100–150 лет) из атмосферы. Только небольшая часть – 0,8–1,0% синтезированного растениями органического вещества поступает в большой геологический круговорот и на миллионы лет консервируется (Ковда, 1973, Алпатьев, 1983). Основным способом влияния леса на сток CO₂ из атмосферы является так называемый «эффект замещения» – замена древесиной части углеводородов при отоплении и энергоемких строительных материалов: бетона, железобетона, кирпича, металла, при изготовлении которых в атмосферу выбрасываются огромные объемы CO₂. Однако дополнительная посадка леса на новых площадях важна, так как способствует поглощению и консервации CO₂ на срок вегетации деревьев (что имеет существенное значение в уменьшении содержания этого парникового газа в атмосфере в краткосрочном плане) и в дальнейшем снижает поступление CO₂ в атмосферу при замещении древесиной энергоемких материалов и ископаемых углеводородов.

ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА ДЛЯ ЛЕСНЫХ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ В РАМКАХ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Гаврилюк Е. А.

ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия

E-mail: egor@ifi.rssi.ru

В докладе представлены результаты геопространственного моделирования запасов углерода древостоев на территории тестовых полигонов (ТП) интенсивного уровня I типа, входящих в формирующуюся в настоящее время сеть мониторинга климатически активных веществ России (РИТМ углерода, 2023).

В качестве опорных данных для обучения моделей использовались наземные измерения структурных и биометрических характеристик древостоев, собранные при закладке рекогносцировочных и постоянных пробных площадей в 2023 году для лесных ТП в республиках Карелия и Коми, а также Московской и Нижегородской областях РФ, площадь каждого из которых составляет около 4 км². Запас углерода для площадок определялся на подеревном уровне с использованием обобщенных аллометрических моделей фитомассы (Усольцев, 2016).

При моделировании использовались несколько базовых методов машинного обучения, включая случайные леса (Breiman, 2001), метод опорных векторов (Cortes, Vapnik, 1995), градиентный бустинг (Dorogush et al., 2018) и многослойный перцептрон (Haykin, 1994), результаты предсказаний которых объединялись посредством взвешенного осреднения.

В качестве геопространственных переменных для моделирования использовались собранные на территорию ТП материалы спутниковой и аэросъемки различных типов (включая данные воздушного лазерного сканирования), а также производные от них тематические продукты.

Коэффициент детерминации полученных моделей варьировал для разных ТП в пределах 0,58–0,71 при величине корня из средней квадратической ошибки в диапазоне 22–34 т/га (18,5–26% от среднего запаса углерода по пробным площадям). Интегральная величина стандартной ошибки моделирования при оценке суммарного запаса углерода для разных ТП составила от 3 до 4,3%.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджета углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

МЕТОД ПИКСЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ARGB-ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОМКНУТОСТИ КРОН И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДРЕВОСТОЯ

Галанов А. Э.

Сибирская ЛОС филиал ФБУ ВНИИЛМ, Тюмень, Россия

E-mail: galanov@vniilm.ru

Проведенные за период 2021–2022 гг. наземные таксационные работы с закладкой 40 ПП в Тюменской области позволили собрать огромное количество фотоматериала с кронами деревьев, которые при смыкании видоизменяют видовой состав живого напочвенного покрова (Уфимцев и др., 2018), жизненное состояние и густоту подроста, преобразуют микроклимат (Мыльникова, Елсаков, 2022), образуя полог древостоя и в дальнейшем его ярусность, что является одним из препятствий в дешифрировании снимков со спутников или БПЛА (Богданов и др., 2019).

Собранный фотоматериал с ПП был обработан в программном обеспечении Adobe Photoshop для приведения фотографии в удобочитаемый вид в зависимости с выделением морфологических особенностей посредством ARGB-дифференцировки.

После этого фотографии обрабатывались посредством языка программирования ImageMagick. Написанный на данном языке код позволяет дифференцировать пиксели по категориям ARGB, разделение которых по морфологическому строению дает возможность оценить сомкнутость крон, густоту стояния стволов, смоделировать ветвистость деревьев. Разделение происходит по гистограммному принципу:

2903766: (0, 0, 0) #000000 black

72425: (1, 1, 1) #010101 srgb (1, 1, 1)

106585: (254, 254, 254) #FEFEFE srgb (254, 254, 254)

9083880: (255, 255, 255) #FFFFFF white.

В дальнейшем из общей сомкнутости полога вычитаются стволы и их ветви на фотоматериале с получением сомкнутости крон от 0 до 100%.

Таким образом, использование метода пиксельно-ориентированной ARGB-дифференцировки позволяет производить оценку древостоя в камеральных условиях в масштабе фотоматериала с учетом сомкнутости крон, густоты стволов и их ветвистости, исключая при этом ошибку «человеческого глаза».

Работа выполнена в рамках государственных заданий Сибирской ЛОС филиала ФБУ ВНИИЛМ № 14 на 2021 г. и № 25 на 2022 г.

ВЛИЯНИЕ СПЛОШНОЙ РУБКИ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ И ДОЛЮ ЗАБОЛОНИ ПРИМЫКАЮЩЕГО К ВЫРУБКЕ ЕЛОВОГО ДРЕВОСТОЯ

Геникова Н. В., Пеккоев А. Н.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: genikova@krc.karelia.ru

Интерес к формирующимся в результате сплошных рубок экотонным комплексам (лес – переходная зона – вырубка) объясняется не только их широким распространением, но и особенностями изменения среды произрастания и процессов функционирования лесного сообщества в переходной зоне.

Исследования проводились в подзоне средней тайги на трех пробных площадях, каждая из которых представляла собой 90-летний ельник черничный, граничащий с 35-летним злаково-разнотравным лиственным насаждением с преобладанием осины и березы, возникшим после рубки. Цель работы – изучить влияние сплошной рубки примыкающего к ельнику участка на радиальный прирост, долю заболони и количество в ней годичных слоев, а также определить расстояние от края леса, на котором проявляются изменения данных показателей макроструктуры древесины ели, и продолжительность периода изменений. Для этого в спелом ельнике у модельных деревьев ели, расположенных на разном расстоянии от границы лиственного леса, по полосам протяженностью 5 м отбирались керны древесины на высоте 1,3 м. Граница заболони на свежееотобранном керне определялась визуально на просвет.

Результаты статистического анализа показали, что у деревьев ели, расположенных на расстоянии до 5 м от границы примыкания с лиственным лесом, радиальный прирост после рубки достоверно выше по сравнению с деревьями, находящимися далее 5 м вглубь ельника. Высокие значения радиального прироста сохраняются в среднем на протяжении 25–30 лет после рубки. Снижение прироста после указанного периода, возможно, связано с началом формирования лиственного молодняка и, следовательно, уменьшением освещенности и доступности почвенных ресурсов. Изменение условий среды после рубки оказало влияние на долю и количество годичных слоев заболонной части ствола ели в примыкающем к вырубленному участку ельнике. Отмечено, что по мере удаления от края вглубь ельника доля заболони у деревьев ели уменьшается, а количество годичных слоев в заболонной части ствола увеличивается.

Таким образом, выявлено, что в полосе ельника шириной 5 м, примыкающей к вырубленному участку, у деревьев ели происходит увеличение радиального прироста и доли заболонной части ствола.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА КОРЕННОГО ЕЛЬНИКА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

Геникова Н. В., Ананьев В. А., Пеккоев А. Н., Обабко Р. П.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: genikova@krc.karelia.ru

Институтом леса Карельского научного центра РАН на протяжении нескольких десятилетий ведется мониторинг состояния растительных сообществ ненарушенных таежных лесов, изучается их строение и структура. Созданная на территории национального парка «Водлозерский» сеть постоянных пробных площадей позволяет в заповедном режиме, гарантирующем отсутствие антропогенного воздействия, проводить наблюдения за естественной динамикой лесных сообществ.

Исследования строения и структуры коренного елового леса проводились на постоянной пробной площади (ПП), заложенной в 1999 г. в юго-восточной части национального парка «Водлозерский» в абсолютно разновозрастном ельнике чернично-сфагновом.

На ПП размером $76 \times 65 \text{ м}^2$ проведена таксация древостоя, которая включала сплошной переучет деревьев (диаметром – 6,1 см и более) по породам, возрастным поколениям и ступеням толщины. Для анализа возрастной структуры лесного сообщества был определен возраст каждого дерева ели путем отбора кернов у шейки корня ствола (более 330 шт. кернов). Для определения горизонтальной структуры выполнено картирование древостоя с определением позиции каждого учетного дерева на ПП в прямоугольной системе координат (X, Y). Для анализа пространственного размещения деревьев применяли парную корреляционную функцию $g(r)$, реализованную в пакете Spatstat в программной среде R (<http://r-project.org>).

При оценке пространственного размещения деревьев было выявлено, что в целом все деревья на ПП и, в частности, ель расположены случайно, модель пространственных точечных процессов соответствует однородному процессу Пуассона. Однако для деревьев ели возрастом менее 80 лет отмечено формирование групп разных размеров, что указывает на характер возобновления ели в данных условиях. Кроме того, в исследуемом сообществе отмечено равномерное распределение деревьев ели 81–120 лет и 161–200 лет относительно друг друга на расстоянии 3–5 м. Это говорит о том, что деревья этих возрастных групп разобцены между собой, т. е. вокруг елей одной возрастной группы достоверно реже встречаются деревья другой группы.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ В ПОЧВАХ ЛЕСОВ БОГОРОДСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Гераськина А. П.¹, Морозова Н. Д.²

¹ ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия

² МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: angersgma@gmail.com

Дождевые черви – крупные почвенные сапрофаги, которые особо выделены среди других почвенных беспозвоночных как группа «экосистемных инженеров» за счет их высокой средообразующей деятельности (Le Bayon et al., 2017). Дождевые черви выступают в качестве предиктора содержания углерода и сопряженных характеристик почвы, за счет процессов гумификации и биотурбации (Lukina et al., 2022).

Исследования проведены в хвойно-широколиственных лесах на правом берегу реки Клязьмы, в Богородском городском округе Московской области. Работы выполнены 3–16 августа 2023 г. на 33-х пробных площадях. Отобрано 126 почвенно-зоологических проб в межкروновых и подкروновых пространствах, также обследован валеж и другие элементы ветровально-почвенных комплексов. Биомасса дождевых червей определена путем взвешивания особей с наполненным кишечником. Выявлены 7 видов сем. Lumbricidae: подстилочные – *Dendrobaena octaedra*; почвенно-подстилочный – *Lumbricus rubellus*; собственно почвенные – *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Octolasion lacteum*; норные – *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa* (единично). Показано, что дождевые черви распределены неравномерно в разных типах леса, а также элементах лесной мозаики. Варьирует численность, биомасса и состав морфо-экологических групп. Наибольшие показатели численности и биомассы выявлены в черноольховых крапивных лесах (104 экз./м²; 35,7 г/м²) и липово-березовых волосисто-осоковых (95 экз./м²; 48,6 г/м²). Как правило, биомасса червей выше в межкروновых пространствах, чем в подкروновых, где отмечена более высокая влажность почвы.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

УЧЕТ ВКЛАДА КАРБОНАТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВЕ НА ПРИМЕРЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОСТАГРОГЕННЫХ КАРБОНАТСОДЕРЖАЩИХ ПОЧВ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Гичан Д. В., Тебенькова Д. Н., Иванова В. Н.

ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия
E-mail: Dmitriigichan@yandex.ru

Для реализации и верификации лесоклиматических проектов важно проводить достоверную оценку всех пулов углерода, поскольку недоучет может приводить к формированию ложных углеродных единиц. Это требует разработки методических рекомендаций с учетом разносторонних факторов, способных оказать влияние на итоговую оценку запасов углерода.

Цель исследования – на примере дерново-подзолистых постагрогенных карбонатсодержащих почв южной тайги оценить вклад карбонатов при оценке запасов углерода почвы.

В качестве объектов исследования были выбраны три типа биогеоценоза (БГЦ): березняк злаковый (Б. зл.), березняк ольхово-ивовый высокотравный (Б. Ол.-Ив. выс.), луг разнотравно-злаковый (Л. р.-зл.), расположенные на заброшенной пашне в Череповецком районе Вологодской области. Тип почв объекта – агродерново-подзолистые остаточнок-карбонатные (Шишов и др., 2004) супесчаные. Было заложено 10 пробных площадей (ПП) в Б. зл., 5 ПП – в Б. Ол.-Ив. выс. и 3 ПП на Л. р.-зл. На каждой ПП закладывали опорный почвенный разрез, а также дополнительно проводили пятикратный отбор подстилки и минеральных горизонтов почвы для учета пространственной вариабельности. Отбор образцов почвы проводится по слоям 0–5, 5–15, 15–30, 30–50, 50–100 см. Массовую долю углерода и азота определяли на элементном анализаторе EA 1110 (CHNS-O). Содержание углерода карбонатов ($C_{\text{карб.}}$) определяли ацидометрически по Козловскому (Руководство ..., 1990). Статистическую обработку данных проводили в пакете STATISTICA.

При определении содержания органического углерода в почве методом газовой хроматографии образцы почвы сжигаются при температуре 1000 °С, при этом также выделяется CO_2 карбонатов (неорганического происхождения). Концентрации $C_{\text{карб.}}$ в пробах почвы варьируют от 0,01 до 0,66%, закономерно увеличиваясь с глубиной почвенного профиля. Общие запасы углерода для метрового профиля почв для Б. зл., Б. Ол.-Ив. выс. и Л. р.-зл. составили: 81,8 т га⁻¹, 91,9 т га⁻¹ и 104,5 т га⁻¹ соответственно и значимо не различались между БГЦ. Недоучет вклада $C_{\text{карб.}}$ завышает общие запасы органического углерода для Б. зл., Б. Ол.-Ив. выс. и Л. р.-зл. на 14, 9 и 3% соответственно. Для слоев 0–30 см завышение запасов органического углерода не превышает 10% во всех типах БГЦ, в то время как для слоя 50–100 см завышение запасов органического углерода для Б. зл., Б. Ол.-Ив. выс. и Л. р.-зл. составляет: 41, 34 и 12% соответственно. Содержание карбонатов увеличивается вниз по профилю почвы и может оказать значительное влияние на оценки запасов органического углерода почвы в особенности для нижних горизонтов.

Работа выполнена в рамках молодежной лаборатории ЦЭПЛ РАН «Климаторегулирующие функции и биоразнообразие лесов» (регистрационный № 122111500023-6).

ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ХЕХЦИРСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

Грек В. С., Нечаев А. А., Павлов Д. В., Голубев Д. А., Романова Н. В.

ДальНИИЛХ, Хабаровск, Россия
E-mail: greckvictor@yandex.ru

Географические культуры сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. созданы в 1952 г. под руководством заслуженного лесовода РСФСР заведующего отделом лесных культур ДальНИИЛХ Г. А. Трегубова. Культуры расположены в Хабаровском крае (Хабаровский район, Хехцирское лесничество, Корфовское участковое лесничество, квартал 40, выдел 20, квартал 51, выдел 1) на площади 3,3 га.

Культуры сосны обыкновенной заложены сеянцами, выращенными из семян, заготовленных в ряде лесничеств Якутской, Бурятской, Читинской, Амурской, Куйбышевской и Иркутской областей. Всего 24 климатипа. Почвы дерновые подзолистые слабogleевые средне-суглинистые на тяжелом делювии. Готовились они по системе зяблевой вспашки. Посадка сеянцев проводилась в гребни, подготовленные конным плугом. Расстояние между сеянцами в ряду 0,75 м, между рядами – 1,5 м (8,9 тыс. шт./га). В первые три года проводили ручной двукратный агрономический уход. Географические культуры сосны в 2007 г. внесены в единый реестр объектов единого генетико-селекционного комплекса Российской Федерации.

В разные годы с момента закладки географических культур сосны обыкновенной многократно производилась инвентаризация объекта. В октябре 2020 г. проведена очередная таксационная, геоботаническая и селекционная оценка основных климатипов сосны в связи с достижением ими 75-летнего возраста. Инвентаризация производилась выборочным методом с использованием малого беспилотного летательного аппарата (МБЛА). По данным выборочного обследования получены статистики показателей деревьев сосны по климатипам: Заиграевский, Шимановский, Куйбышевский, Якутский, Зейский, Амурской области, Шимановский, Иркутский, Якутии. Видовой состав древостоя и подроста: *Betula platyphylla*, *B. Costata*, *B. Lanata*, *Quercus mongolica*, *Picea ajanensis*, *Salix caprea*, *Ulmus laciniata*, *U. Japonica*, *Acer tegmentosum*, *A. Mono*, *Tilia amurensis*, *Larix dahurica*, *Maackia amurensis*, *Alnus hirsute*, *Abies nephrolepis*, *Sorbus amurensis*, *Pinus koraiensis*, *P. Sylvestris*, *Populus tremula*, *Ligustrina amurensis*, *Padus maackii*, *P. Avium*, *Malus baccata*, *Fraxinus mandshurica*. Всего 24 вида.

Подлесок составляют кустарники и лианы кустарниковые, которые размещены по территории неравномерно. Общее их проективное покрытие 40–50 %. Среди них преобладают виды, характерные для хвойно-широколиственных лесов юга Дальнего Востока. В состав подлеска входят 24 вида: акантопанакс сидячецветковый, аралия высокая, барбарис амурский, бересклет малоцветковый, бересклет священный, боярышник даурский, бузина сибирская, виноград амурский, жимолость золотистая, жимолость съедобная, калина Саржента, клен укурунду, княжик охотский, леспедеца двуцветная, лещина маньчжурская, лимонник китайский, рябинник рябинолистный, свидина белая, смородина маньчжурская, смородина печальная, таволга иволистная, таволга средняя, шиповник иглистый, элеутерококк колючий.

Травяно-кустарничковый ярус густой, неравномерный. Общее проективное покрытие 40–50 %, местами до 70 %. В состав травяного покрова входят 53 вида.

Состояние деревьев всех климатипов удовлетворительное. Древостой в целом достиг количественной спелости и находится на грани естественного распада. Признаки семяношения сосны отсутствуют. Состав древостоя второго яруса, подроста, подлеска и травяно-кустарничкового яруса типовой для хвойно-широколиственного леса.

ВЛИЯНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ЗЕМЛЯХ НА ПОЧВЕННОЕ ПЛОДОРОДИЕ

Данилов Д. А.^{1,2}, Зайцев Д. А.², Иванов А. А.²

¹ СПб ГЛТУ им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

² Ленинградский НИИСХ «Белогорка», Ленинградская обл., Россия

E-mail: stown200@mail.ru

Постагrogenные почвы, т. е. почвы бывших пашен, функционирующих в настоящее время под различными, главным образом лесными экосистемами, являются достаточно распространенным компонентом почвенного покрова лесной зоны европейской части страны. Целью проводимых исследований было проанализировать процессы трансформации в постагrogenных почвах на различных стадиях восстановления растительности в условиях юго-запада Ленинградской области. Учет восстановившихся деревьев и почвенно-агрохимические исследования проводились по стандартным общепринятым методам. Для выявления достоверных различий и корреляция данных использовались дисперсионный и корреляционный анализ данных. При рассмотрении влияния агрохимических показателей постагrogenных почв на элементы фитоценозов на различных возрастных этапах возобновления наблюдается различная по силе связь между этими показателями. Так на участке с залежью 10 лет с относительно устойчивым растительным сообществом, которое может существовать определенный временной промежуток, наблюдается наличие значительного количества статистически достоверных корреляционных связей между элементами растительного покрова и агрохимическими показателями почв. Низкое количество значимых корреляционных связей на участке со сроком залежи 25 лет, вероятно, указывает на то, что данный фитоценоз находится на стадии значительных изменений его структур. На данном возрастном этапе происходит смена доминирования луговой растительности на преобладание лесной в живом напочвенном покрове. Сравнительный анализа агрохимического состояния постагrogenных земель за период залежности выявил, что несмотря на предшествующее антропогенное воздействие агроземный горизонт сохраняет высокое содержание органического вещества и общего азота относительно естественных аналогов лесных почв. Неоднородность и пестрота напочвенного покрова исследуемых типов почв и геохимическая миграция является причиной изменения содержания подвижных фосфора и калия. Анализ полученных данных на объектах срока залежности от 5 до 30 лет установил, что содержание гумуса и калийно-фосфатный режим почвы значительно изменяются в зависимости от стадии сукцессии и срока выхода из активного сельскохозяйственного использования. В таких почвах происходит изменение баланса обменных и подвижных форм калия фосфора, в отличие от более сложившегося круговорота данного элемента в естественных экосистемах. Стадия сукцессии напочвенной растительности оказывает более значимое влияние на плодородие верхнего, бывшего пахотного горизонта (0–20 см). К 20–30 годам после вывода земель из оборота содержание гумуса в почве постепенно увеличивается и к данному сроку выравнивается. На участках залежностью 20–30 лет возрастает значимость влияния древесно-кустарниковой растительности на динамику показателей подвижного калия, фосфора и гумуса. В целом содержание данных элементов не ниже средних показателей для окультуренных почв региона. Относительно используемых в активном обороте сельскохозяйственных земель постагrogenные почвы в незначительной степени утратили трансформируемое органическое вещество. Однако на старопахотных землях под древесной растительностью содержание подвижных форм фосфора уменьшается и к сроку 85 лет не отличается от такового на лесных землях. При снятии сельскохозяйственной нагрузки на данных землях формируются постагrogenные растительные сообщества, играющие свою роль в почвообразовательном процессе.

**ИЗМЕНЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ДРЕВОСТОЯ
В СОСНЯКЕ АНДРОМЕДО-ПУШИЦЕВО-СФАГНОВОМ
ПРИ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСУШЕНИЯ ЗА 50 ЛЕТ
В УСЛОВИЯХ ПОДТАЙГИ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ
(ЗАПАДНОДВИНСКИЙ ЛЕСОБОЛОТНЫЙ СТАЦИОНАР)**

Егоров А. А., Глухова Т. В., Широковская А. А.

ИЛАН РАН, Успенское, Московская обл., Россия
E-mail: egorovfta@yanex.ru

В Западнодвинском лесоболотном стационаре Института лесоведения РАН, расположенном в условиях подтайги, в 1973 г. было проведено опытное осушение заболоченных земель (Биогеоценологическое..., 1982), в том числе олиготрофного сосняка. Для изучения эффекта осушения в 1974 г. были заложены две постоянные пробные площади (ПП), одна из которых располагалась в середине межканавья (ПП 5-74), а другая рядом с канавой (ПП 5а-74), что определило интенсивность их осушения: экстенсивное и нормальное соответственно. Мощность торфа выше 4 м (Глухова, 1990). Инвентаризация соснового древостоя на этих ПП проводилась в 1974, 1983, 2023 гг. За 1974 г. имеются данные только по растущему древостою, запас которого составил 14,9 м³/га (Биогеоценологическое..., 1982). При экстенсивном осушении через 10 лет в 1983 г. запас растущего древостоя составил 24,4 м³/га, а сухостоя – 2,2 м³/га (8,3% от всего древостоя), а через 50 лет в 2023 г. растущего – 50,0 м³/га, сухостоя – 2,5 м³/га (4,8%). При увеличении интенсивности осушения (нормальном) через 10 лет в 1983 г. запас растущего древостоя составил 28,3 м³/га, а сухостоя – 1,5 м³/га (5,0%), а через 50 лет в 2023 г. растущего – 50,0 м³/га, сухостоя – 1,4 м³/га (2,0%).

Таким образом, продуктивность стоящего древостоя после осушения увеличивается, например, через 40 лет (за период 1983–2023 гг.) при экстенсивном осушении в 2,0 раза, при нормальном – в 2,4 раза. Доля сухостоя в стоящем древостое после 10 лет осушения составляет менее 8,3% и уменьшается с увеличением периода осушения (более чем в 1,7 раза) и увеличением интенсивности дренажа.

Работа частично выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

УХОД ЗА КУЛЬТУРАМИ БЕРЕЗЫ КАРЕЛЬСКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕРБИЦИДОВ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Егоров А. Б., Павлюченкова Л. Н., Бубнов А. А., Постников А. М.

ФБУ «СПбНИИЛХ», Санкт-Петербург, Россия
E-mail: herb.egorov@yandex.ru

Береза карельская (*Betula pendula* Roth var. *carelica*) – ценная древесная порода, имеющая уникальную декоративную древесину. Создаваемые культуры березы нуждаются в агротехнических уходах. Цель данной работы – поиск и изучение возможности применения современных селективных гербицидов, способных обеспечивать эффективное подавление нежелательной травянистой и древесно-кустарниковой растительности при сохранении сеянцев (саженцев) березы.

Изучали четыре гербицида современной химической группы сульфонилмочевины: магнум (метсульфурон-метил), магнум супер (трибенурон-метил + метсульфурон-метил), мортира (трибенурон-метил) и анкор-85 (сульфометурон-метил). Полевые опыты проводились в Гатчинском районе Ленинградской области в молодняках с участием самосева березы повислой (*Betula pendula* Roth) и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.). При закладке опытов руководствовались общепринятой методикой испытаний гербицидов.

Полученные в 2020–2023 гг. экспериментальные данные показали, что из испытанных гербицидов перспективными для ухода за видами березы оказались два препарата – магнум и магнум супер. Примененные однократно в период вегетации способом опрыскивания в нормах 100–200 г/га они обеспечивают эффективное подавление широкого спектра двудольных видов трав, а также поросли, отпрысков и семенного возобновления нежелательных листовых пород – видов ивы, осины, ольхи серой и рябины обыкновенной. Травянистая растительность подавляется на период не менее двух вегетационных сезонов, а нежелательные листовые древесно-кустарниковые породы – на более длительный срок за счет отмирания корневых систем. Виды березы высокоустойчивы к гербицидам магнум и магнум супер в период всей вегетации. В результате малозатратного (0,7–0,9 чел.-дн./га) однократного химического ухода обеспечивается формирование молодняков с доминированием березы. Гербицид магнум включен в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации для ухода за видами березы в лесных культурах и естественных молодняках.

ОЦЕНКА НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ПО ДАННЫМ БПЛА ДЛЯ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Елисеев А. О., Керчев И. А., Грачев И. Г., Бисирова Е. М.

ИМКЭС СО РАН, Томск, Россия
E-mail: kuzoller@gmail.com

Выполнена оценка надземной фитомассы леса по модельным участкам на основе данных аллометрического моделирования в южно-таежной подзоне Западной Сибири (Томская область). Разработан алгоритм экстраполяции данных с модельных участков по данным о цифровой модели местности (ЦММ), полученной с БПЛА DJI Phantom 4 Multispectral.

Всего к 2023 г. было заложено 15 постоянных пробных площадей (ППП) для южно-таежной подзоны Западной Сибири в результате получены данные о надземной фитомассе и содержании углерода (Kerchev et al., 2024). Данные цифровой модели местности по данным БПЛА охватывали 12 пробных площадей.

Расчет объема древостоя осуществлялся на основе цифровой модели местности с высоким пространственным разрешением (менее 20 см), полученной по данным БПЛА DJI Phantom 4 и реализованной в ГИС SAGA. Верификация данных осуществлялась по фактическим данным с модельных участков.

Изначально были построены цифровые модели рельефа (ЦМР) по данным ЦММ. Высота древостоя определялась по разности между цифровой моделью местности и рельефом (ЦМР) в калькуляторе растров ГИС SAGA. Объем древостоя для заданного участка вычислялся с использованием модуля «Grid Volume». Затем была получена линейная зависимость между данными полевых измерений фитомассы и объемом древостоя, полученного по ЦММ. ($R^2 = 0,89$). На основе линейной зависимости выполнена экстраполяция данных о запасе фитомассы на всю территорию съемки БПЛА. Заметно заниженный объем древостоя характерен для участков с редким и отмирающим лесом.

Благодаря расчету объема древостоя по ЦММ можно с более высокой степенью достоверности оценить объем надземной фитомассы с меньшими трудозатратами. Для более точной оценки объема древостоя предпочтительнее иметь более высокую детализацию модели местности.

Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы № FWRG-2022-0001 «Развитие системы мониторинга и комплексного анализа пулов и потоков парниковых газов болотных и лесных экосистем Западной Сибири».

ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ЛЮМБРИКОФАУНЫ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОСТЕПНОГО ПРИОБЬЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ)

Ермолов С. А.

ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия
E-mail: ermserg96@gmail.com

Дождевые черви (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) – это одни из наиболее многочисленных обитателей лесных почв, которые участвуют как в процессах гумусообразования, так и минерализации органического вещества. Специфика экологических функций дождевых червей определяется их принадлежностью к определенной жизненной форме (Bouche, 1972; Перель, 1975). Поскольку структура и состав комплекса жизненных форм дождевых червей обусловлены факторами биотопа (Жуков, 2004; Гераскина, 2016), цель данной работы – выявление характерных особенностей комплексов дождевых червей в хвойных и мелколиственных лесах.

Исследование было проведено в лесостепном Приобье Новосибирской области, где наиболее распространены сосняки разнотравные и березово-осиновые папоротниковые леса (Таран, 1979). Почвенно-зоологические пробы отбирали по стандартным методикам (Гиляров, 1965). Комплексы дождевых червей изучали методом сравнительного эколого-фаунистического анализа с учетом онтогенетической структуры популяции, вертикального распределения червей в почве и лесной мозаичности, особое внимание уделяя лесному валежнику, как местообитанию для переживания неблагоприятных условий.

Установлено, что в комплексах дождевых червей сосняков преобладают подстилочные и собственно-почвенные среднеярусные формы, преимущественно азиатских видов. В березово-осиновых лесах доминируют почвенно-подстилочные и собственно-почвенные верхнеярусные формы, представленные космополитами. Норные черви в обоих типах леса встречаются единично. В сосняках наибольшие показатели плотности населения и биомассы дождевых червей сосредоточены в слое почвы 0–2 см, в березово-осиновых лесах черви практически равномерно распределены по слоям почвы (0–2, 2–5, 5–10, 10–30 см), при этом у некоторых видов четко прослеживаются закономерности распределения возрастов по глубине. В сосновом валежнике основу комплексов дождевых червей составляют подстилочные формы, в березовом – обнаружен полночленный комплекс жизненных форм. Также березовый валежник является более засухоустойчивым местообитанием для дождевых червей.

Работа выполнена при поддержке проекта «Климаторегулирующие функции и биоразнообразие лесов» (регистрационный № НИОКТР 122111500023-6).

РАЗВИТИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПРЯМЫХ ЭМИССИЙ УГЛЕРОДА ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПО СПУТНИКОВЫМ ПРОДУКТАМ

Ершов Д. В., Соколова Е. Н., Королева Н. В., Ковганко К. А.

ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия

E-mail: ershov@ifi.rssi.ru

ГИС-технология пространственной оценки прямых эмиссий углерода от лесных пожаров базируется на комплексном анализе данных о пройденных огнем площадях, степени повреждения лесной растительности и допожарных запасах лесных горючих материалов (ЛГМ) исследуемой территории (Ершов, Соколова, 2020, 2022).

Оценка пожарных эмиссий углерода включает следующие этапы: (1) формирование пространственно-распределенной базы данных запасов ЛГМ до пожара; (2) определение зон возможного распространения верхового пожара; (3) восстановление характера и интенсивности пожара и (4) оценка расходов ЛГМ и количества углерода, выделяющегося в процессе горения.

Для картографирования допожарных запасов ЛГМ используются многомерные регрессионные модели (Швиденко и др., 2008; Щепаченко и др., 2013; Schepaschenko et al., 2018; Shvidenko, 2023) с такими характеристиками лесов на пиксельном уровне данных MODIS (250м), как преобладающая порода, возраст, полнота, запас древостоя, класс бонитета. С помощью моделей определяется запас лесных проводников горения до пожара (ветви, листва, подрост, подлесок, напочвенный покров, лесная подстилка, крупные древесные остатки) для древесных пород разного возраста, с учетом относительной полноты древостоя и бонитета (Ершов и др., 2023). Карта зон вероятного распространения верхового пожара строится на основе совмещения и анализа спутниковых карт лесных пород, сомкнутости и классов возраста (Ершов и др., 2009). Восстановление характера и интенсивности пожара осуществляется совмещением двух цифровых карт: степень повреждения лесов (Стыценко и др., 2013) и зоны возможного распространения верхового типа горения. Масса сгорающих органических материалов на каждом пройденном огнем участке определяется через запасы ЛГМ до пожара и долю расходуемых горючих материалов, зависящих от типа и интенсивности пожара. Общая масса углерода пожарных эмиссий находится как произведение массы сгоревших органических материалов и доли углерода в их составе.

В докладе приводится ГИС-технология всех перечисленных этапов и результаты оценки прямых эмиссий углерода от пожаров за 2021–2023 гг. по всей территории России.

Работа выполнена за счет средств Важнейшего инновационного проекта государственного значения «Углерод в экосистемах: мониторинг» (Соглашение № 169-15-2023-004 от 1 марта 2023 г. между ЦЭПЛ РАН и Росгидромет).

ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОДУКТИВНОСТИ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ЦЕНТРЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

Железнова О. С., Тобратов С. А.

РГУ им. С. А. Есенина, Рязань, Россия

E-mail: zheleznova_rzn@mail.ru

Изучение реакции роста деревьев на климатические изменения, несмотря на большое количество исследований в этой области, по-прежнему очень актуально. Это связано с климатической динамикой последних десятилетий, следствие которой – повышенная смертность и ухудшение приростов древостоев по всему миру (Van Mantgem et al., 2009; Kasper et al., 2022; Diers et al., 2023).

Настоящая работа резюмирует результаты изучения закономерностей прироста дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в широком спектре зональных и аazonальных условий центра Русской равнины (ландшафты подтайги, широколиственных лесов, лесостепи, поймы Оки в Рязанской области). Средний радиальный прирост дуба в пределах района исследований различается в 2,4 раза (1,08–2,60 мм/год). Минимальные приросты характерны для подтаежных экосистем, приуроченных к песчаным останцам третьей надпойменной террасы московского возраста; максимальные – для дубрав в пойме Оки. Корреляционный анализ показал, что для ряда хронологий характерно нарушение стационарности связей в системе «прирост древостоев – климат». Эти хронологии приурочены к местообитаниям с литогенно и тектонически обусловленным затрудненным водообменом (пойма Оки, Салтыковский прогиб, ландшафты Южной Мещеры с современным тектоническим опусканием). Нестационарность связей обусловлена ростом осадков сентября–марта в последней четверти XX в. и особенно в 1990–2014 гг. (достоверно больше чем в 1891–1948 гг.). Рост увлажнения – причина снижения продуктивности дуба в названных выше ландшафтах. При этом в условиях хорошей дренированности (Среднерусская возвышенность) реакция дуба на рост увлажнения, напротив, была положительной.

Для хронологий дуба выделены отрицательные реперные годы (вторая половина 1930-х гг., 1964, 1975, 1990, 1993 и др.). Их анализ показал, что наряду с реперными годами, специфичными для какого-либо местообитания, есть годы, когда прирост может синхронно снижаться на значительной территории. Неучет ландшафтных факторов прироста позволяет оценить реакцию функционирования сообществ только на наиболее экстремальные климатические аномалии.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРОВ И СТЕПЕНЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДРЕВОСТОИ СИБИРИ

Забродин А. Н.¹, Пономарев Е. И.^{1,2}

¹ ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

² Институт леса СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: azabrodin@ksc.krasn.ru, evg@ksc.krasn.ru

В настоящее время регулярно получаемые дистанционные данные являются важнейшим инструментом сбора сведений о пожарах и проявлениях послепожарных процессов в лесах Сибири. Проведен анализ энергетических характеристик пожаров в различных древостоях Сибири (50–75° с. ш., 60–150° в. д.) на основе спектральных индексов по данным дистанционного зондирования. На основе использования индекса dNBR (Ponomarev et al., 2022) выявлены статистические закономерности соотношения классов нарушенности для различных типов древостоя: в светлохвойных насаждениях соотношение послепожарных площадей с заданной степенью нарушенности составляет в среднем 44, 29 и 27% для низкого, среднего и высокого уровня пожарного воздействия, соответственно. На послепожарных участках в темнохвойных лесах – 63, 14 и 23%, а в случае тундровой растительности – 59, 26 и 15%, соответственно.

Комплексно исследованы пределы вариативности мощности излучения активных зон пожара, вычисляемые по методике Fire Radiative Power (FRP). Выявлен рост интенсивности пожаров в терминах интегральных значений FRP, который пропорционален увеличению степени пожарного воздействия на растительность. Динамика $FRP_{\text{инт}}$ с изменением площади активного горения аппроксимировалась линейной функцией $R^2 = 0,6$ ($p < 0,05$), а пределы интегрального $FRP_{\text{инт}}$ составили $(21–1083) \times 10^3$ МВт. Установлено, что интегральные значения $FRP_{\text{инт}}$ пожаров могут варьировать в широких пределах при средних значениях $\sim (350 \pm 263) \times 10^3$ МВт в светлохвойных насаждениях, до $(70,0 \pm 26) \times 10^3$ МВт – в условиях тундровой растительности и в диапазоне до $(19,0 \pm 2,5) \times 10^3$ МВт – в темнохвойных насаждениях. Выявлен высокий уровень корреляции ($R^2 = 0,77–0,94$) между значениями dNBR и FRP.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-14-20007, <https://rscf.ru/project/23-14-20007/>, Красноярского краевого фонда науки.

ДИНАМИКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА ФИТОМАССЫ И ПОДСТИЛКИ В ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ

Замолодчиков Д. Г., Казанов В. В., Мостовая А. С.

ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия
E-mail: name@domain.com

Современное глобальное изменение климата усиливает свои проявления, воздействуя на антропогенные и природные системы. Биоклиматические модели прогнозируют значительные сдвиги биомов, в том числе сокращение доли лесов на лесостепных территориях. Этот процесс может сказаться и на запасах углерода. Цель работы состояла в оценке воздействия климата и его изменений на запасы углерода в фитомассе древостоя и подстилки по данным повторных обследований постоянных пробных площадей (ПП). В южных областях Европейской территории России были выбраны восемь лесных объектов, в которых устроены ПП. Повторные обследования ПП проведены в 2010–2011, 2014–2015, 2019–2020 гг. Запасы углерода живой и сухостойной части древостоя оценены методом расчета по таксационным характеристикам. Запасы углерода подстилки определены весовым методом. Проведен анализ информации метеостанций, наиболее близких к объектам исследования. Среднегодовая температура за 1991–2020 гг. возросла по сравнению с 1961–1990 г. на 1,13 °С, что в 2,5 раза больше, чем в среднем по планете. Годовые суммы осадков уменьшились с 448,2 до 445,4 мм. Среднее значение гидротермического коэффициента Г. Т. Селянинова (ГТК) за май–сентябрь в 1961–1990 гг. составляло 0,85, а в 1991–2020 гг. – 0,79. Запас углерода фитомассы древостоя в исследованных лесных насаждениях варьировал от $38,5 \pm 7,4$ т С га⁻¹ до $270,6 \pm 52,8$ т С га⁻¹. При повторных обследованиях были выявлены как увеличения, так и уменьшения углерода фитомассы, составлявшие за пятилетний интервал от –23,8 до 31,9 т С га⁻¹. Сравнение запасов углерода фитомассы с климатическими характеристиками выявило статистически достоверную связь с ГТК за май–сентябрь. Однако сравнение изменений фитомассы с изменениями климатических параметров не выявило значимых зависимостей. Отсутствие таких связей может определяться устойчивостью лесных экосистем, обеспечивающей сохранение их функций на временных интервалах в несколько лет.

Доклад поддержан ВИП ГЗ «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЪЕМКИ КВАДРОКОПТЕРОМ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ЛЕСНОМ ПОЛОГЕ

*Иванова Н. В.¹, Лебедев А. В.^{2,3}, Шаиков М. П.^{1,4}, Криницын И. Г.^{3,5},
Гостев В. В.², Гостева Д. Ю.², Лузан М. П.²*

¹ ИМПБ РАН – филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пущино, Россия

² РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, Москва, Россия

³ Государственный природный заповедник «Кологривский лес», Кологрив, Россия

⁴ КарУ, Караганда, Казахстан

⁵ ЦМС Минпросвещения России, Москва, Россия

E-mail: natalya.dryomys@gmail.com

Целью данного исследования является оценка результативности использования ортофотопланов и фотограмметрических моделей высот для изучения малонарушенных лесов с неоднородным древесным пологом. Исследования проводили в заповеднике «Кологривский лес» (Костромская обл.) на постоянной пробной площади (1 га) в малонарушенном ельнике липняковом. Внутри нее наземными методами на двух площадях 25 × 25 м с сомкнутым древостоем картографировали все деревья с диаметром ствола > 5 см; на трех площадях 10 × 10 м с распавшимся древостоем – подрост; на трех трансектах протяженностью 30 м каждая выполняли учет валежа в окнах распада. Аэрофотосъемку выполняли квадрокоптером DJI Phantom 4, фотограмметрическое облако точек, модель высот и ортофотоплан строили в программе Agisoft Metashape v. 1.5. Детектирование деревьев по модели высот выполняли в среде R при помощи пакета rLiDAR (Silva et al., 2018), по ортофотоплану – при помощи нейросетевого алгоритма DeepForest (Weinstein et al., 2020). В среде QGIS по ортофотоплану проводили ручное детектирование деревьев на обследованных наземными методами площадях и в местах закладки трансект.

Результаты исследования показали, что алгоритмы автоматического детектирования позволили выделить большинство деревьев в пологе леса. Для деревьев первого яруса качество детектирования было высоким, значения оценки качества F-score составили 0,88 для алгоритма DeepForest, 0,84 – для модели высот и 0,73 – для ручного детектирования. Все методы показали низкое качество детектирования деревьев нижних ярусов и подроста на участках, где сомкнутый древостой отсутствовал. Результаты анализа данных учетов валежа на трансектах показали, что ручное детектирование ортофотоплана позволяет выявить 14,6–47,4% от общего числа упавших деревьев. Такой низкий процент объясняется наличием в окнах распада нескольких слоев валежа разных стадий разложения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РОСТА ФИТОМАССЫ В ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ С УЧЕТОМ РУБОК УХОДА

Иванова Ю. Д.¹, Суховольский В. Г.²

¹ ИБФ СО РАН, Красноярск, Россия

² Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: lulja@yandex.ru

Лесоводство сосредоточено на создании благоприятных условий для улучшения прироста древостоя. Одним из факторов, способных влиять на рост насаждений, являются рубки ухода как форма ухода за лесом. При планировании рубок ухода необходимо выбрать оптимальные интенсивность и возраст древостоя. Однако для этого необходима математическая модель роста насаждения после рубок на основе достаточно длинных рядов данных о росте деревьев после рубки различной интенсивности в разных возрастах. К сожалению, получение таких данных затруднено в связи с продолжительными (десятилетия) переходными периодами состояния насаждений после рубок и сложностью измерений запасов фитомассы насаждения в целом и по отдельным фракциям в течение длительного времени. Настоящая работа посвящена развитию модели роста насаждения после рубок ухода с использованием как натурных данных о росте насаждений до и после рубок ухода разных интенсивности, так и модельных представлений о росте древесных насаждений.

В настоящей работе в качестве альтернативы «классическим» моделям роста насаждений рассмотрены модели, представляющие собой аналоги экономических моделей производства. В классических экономических моделях интенсивность производства Y зависит от двух независимых переменных – труда L и капитала K . В данной работе в качестве капитала K рассматриваются нефотосинтезирующие составляющие фитомассы – ствол, корни и ветви, а роль рабочей силы L выполняют листья (или хвоя), в которых идет процесс фотосинтеза. Таким образом, используя разные варианты предложенной модели, удастся достаточно хорошо объяснить реакцию деревьев в насаждении на различные внешние воздействия.

Введенная функция зависимости эффективности роста от возраста насаждения и объема изъятых фитомассы описывает немонотонные эффекты изменения фитомассы насаждения после рубок ухода. Данные о росте фитомассы насаждений после рубок ухода качественно хорошо согласуются с предложенной моделью.

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА И СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАРУШЕНИЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА СПЛОШНЫХ ВЫРУБКАХ

Ильинцев А. С.¹, Черкасов Н. С.²

¹ ФБУ «СевНИИЛХ», Архангельск, Россия

² САФУ им. М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия

E-mail: a.ilintsev@narfu.ru

Лесозаготовительная деятельность прямо и косвенно оказывает воздействие на почвы (Cambi et al., 2015; Ilintsev et al., 2021; Дымов, 2022). Хорошо известны многие из этих воздействий, такие как увеличение плотности сложения, снижение пористости и инфильтрации и др. И наоборот, меньше внимания уделяют масштабам нарушений почвенного покрова при заготовке древесины. Важность изучения почвенного покрова определяется несколькими причинами. Во-первых, продуктивность насаждений зависит от свойств почвы. Во-вторых, трассы волоков и дорог существенно влияют на процессы естественного лесовозобновления. В связи с этим целью нашего исследования было определение масштабов нарушений почвенного покрова на сплошных вырубках.

На территории Пинежского лесничества Архангельской области подобрали 27 сплошных вырубок с различным сезоном заготовки древесины. В полевой сезон провели съемку вырубок с помощью БПЛА. Камеральную обработку снимков провели в программе Agisoft Metashape Professional. После получения готовой объемной модели местности вручную обозначили нарушения почвенного покрова на вырубках. Автоматическое обнаружение повреждения поверхности почвы провели на основе сверточных нейронных сетей (Bhatnagar et al., 2022).

Результаты исследования показали, что площадь нарушений почвенного покрова на сплошных вырубках составила от 9,2 до 12,4%. Наличие магистральных волоков и пониженных участков рельефа приводило к увеличению общей площади повреждений. Алгоритм автоматического обнаружения повреждения почвенного покрова (колейности) показал сопоставимые результаты с ручными измерениями. Однако на некоторых площадях отмечаются значительные ошибки и вариации в определении площади повреждения нейросетью. Сходимость оценок между поврежденными площадями, полученными различными методами – слабая ($R^2 = 0,199$), но достоверная ($p = 0,042$).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-01014, <https://rscf.ru/project/23-76-01014/>.

ЗАПАСЫ И ВРЕМЯ «ЖИЗНИ» СУХОСТОЯ В НЕНАРУШЕННЫХ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЧИСТЫХ И СМЕШАННЫХ ЕЛЬНИКАХ

Капица Е. А., Шорохова Е. В.

СПбГЛУ им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: kapitsa@list.ru

В коренных лесах, помимо формирования КДО в ходе естественного отмирания отдельных деревьев и их небольших групп, происходит накопление КДО в связи с нарушениями – пожарами, ветровалами, усыханием древостоя под влиянием абиотических и биотических факторов. Целью работы являлась оценка объемов и времени стояния сухостоя основных лесобразующих пород в коренных таежных ельниках. Исследование проводили по данным 50-летнего наблюдения за древостоем на 11-ти постоянных пробных площадях (ПП) в резервате «Вепсский лес» одноименного природного парка, расположенного в восточной части Ленинградской области, на границе с Вологодской областью. Периодичность подервного перечета древостоя составляла 4–6 лет. Объем каждого сухостойного дерева, а также дерева, погибшего в результате ветровала или бурелома, рассчитан с использованием стандартных методов таксации с разделением на породы.

Объемы отдельных деревьев отпада изменялись от 0,0001 до 5,02 м³, в зависимости от породного состава древостоя, лесорастительных условий и разнообразия сукцессионных процессов в отдельных биогеоценозах. Запас сухостоя на ПП за период с 1971 по 2019 гг. варьировал от 0,4 до 163,7 м³ га⁻¹. Доля различных древесных пород в общем объеме сухостоя зависела от породного состава и стадии сукцессионной динамики древостоя. Время стояния сухостоя варьировало от 2 до 30-ти и более лет. Максимальные величины времени стояния сухостоя не определены из-за ограниченности периода наблюдений. Продолжительность стояния сухостойных деревьев зависела от взаимно сопряженных факторов: породы и размера деревьев, условий увлажнения и породного состава древостоя.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджета углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

ПОЛУЧЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Карминов В. Н., Чумаченко С. И., Киселёва В. В., Митрофанов Е. М.

ФГОУ ВО Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищи, Россия

E-mail: vnk57@yandex.ru

Крупномасштабное и детальное картографирование почв является достаточно трудоемким видом исследований, так как требует достаточно плотной сети почвенных разрезов. Общепринятые методики почвенной картографии, начиная с этапа рекогносцировки, опираются на информацию о рельефе местности. Если для открытой местности получение информации о рельефе с помощью классических геодезических технологий представляет собой достаточно простую задачу, то геодезическая съемка на лесопокрытых территориях сопряжена с очевидными сложностями, так как древостой, подрост и подлесок радикально сокращают видимость для оптических приборов.

При этом с точки зрения процессов почвообразования перепады высот поверхности земли даже на дециметровом уровне вполне способны сформировать неоднородность почвенного покрова до уровня подтипов. Наибольшее влияние оказывают такие формы рельефа, как бессточные западины, блюдца и т. д.

Кардинальным образом увеличить скорость и точность геодезической съемки на лесопокрытых территориях позволяют технологии лазерного сканирования или лидарной съемки. Лидар (от Light Identification, Detection and Ranging) – это устройство, которое сканирует пространство с помощью лазерных лучей. Современные наземные мобильные лидары позволяют выполнять сканирование не только стационарно, а непосредственно во время движения оператора, но это требует получения информации о пространственном положении аппаратуры в режиме реального времени. Технология спутниковой навигации в условиях леса работает ненадежно, поэтому на помощь приходит технология SLAM (англ. simultaneous localization and mapping) – одновременная локализация и построение карты. В зависимости от условий работы за одну съемочную сессию продолжительностью до 30 минут удается охватить площадь 0,5...1 га. Результат представляет из себя 3D модель поверхности земли с плотностью около 3...5 тыс. точек на 1 м². Получение избыточной информации на первый план выводит необходимость поиска наиболее эффективных методов автоматической или полуавтоматической фильтрации такого большого массива данных, а стремление повысить точность съемки обуславливает рекомендации по выполнению съемки в период минимального развития живого напочвенного покрова (весна или поздняя осень).

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКАХ И ОЦЕНКА ИХ БИОМАССЫ В ЛЕСНЫХ И БОЛОТНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Катаева М. Н., Беляева А. И.

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: mkmarikat@gmail.com

В последние годы территории вокруг Ладожского озера испытывают все более возрастающее техногенное воздействие. Эпифитные лишайники в Приладожье менее изучены, по сравнению с Карелией. Определяли содержание тяжелых металлов в эпифитных лишайниках в таежных фитоценозах в южной части Ладожско-Онежского перешейка, северо-запад России. Выявляли изменения концентраций химических элементов в лишайниках в фитоценозах на разных видах форофитов, сравнивали биомассу. Анализировали образцы видов лишайников 2018–2023 гг. сбора.

Проведен анализ особенностей состава лишайников *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf, *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. в Приладожье. По сравнению с сосновыми сообществами, в болотных фитоценозах изменяется биомасса эпифитных лишайников. Содержание тяжелых металлов – Ni, Cu, Cd в лишайниках обнаружено довольно близкое. Особенно низкое содержание металлов в эпифитных лишайниках на стволах сосны. Концентрации Mn, Fe, Zn в лишайниках различаются более значительно в связи с влиянием крон. В кустистом лишайнике *Bryoria fuscescens* концентрации Ni, Cu, Cd, Pb в 1,4–1,9 раза ниже по сравнению с *P. furfuracea*, Zn и Fe – ниже в 2,4 и 1,3 раза. Техногенное загрязнение на химический состав лишайников в Приладожье влияет слабо. Концентрации тяжелых металлов являются фоновыми (Halonen et al., 1993; Дьяконов и др., 1996). В гидроморфных условиях в сообществах выявлена более высокая биомасса эпифитов на стволах молодых деревьев березы пушистой, до 1/5–1/4 сухой биомассы листьев. На состояние эпифитов влияют режим водно-минерального питания, микроклимат сообществ, развитие древесного яруса. По сравнению с Приладожьем, в северной Карелии в 2023 г. в лишайниках *H. physodes* и *B. fuscescens* содержание тяжелых металлов более высокое.

Работа выполнена по госзаданию плановой темы НИР «Растительность Европейской России и северной Азии: разнообразие, динамика, принципы организации».

ВЫСОТНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ПОДРОСТА *PICEA ABIES* В СРЕДНЕТАЕЖНОМ ЕЛЬНИКЕ: ВЛИЯНИЕ МИКРОМЕСТООБИТАНИЯ

Кикеева А. В., Ромашкин И. В., Крышень А. М., Нуколова А. Ю., Фомина Е. В.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: avkikeeva@mail.ru

Процесс естественного возобновления *Picea abies* s. l. зависит от множества факторов (Strohekeretal., 2018), даже одновозрастный подрост характеризуется значительной гетерогенностью размерных показателей, скорости роста и жизненного состояния (Мишко и др., 2019; Романовский, 2001). Цель работы заключалась в изучении высоты надземной части, хода роста и изменения численности подроста *P. abies* в зависимости от условий микроместообитания. Работы проведены в трех коренных малонарушенных ельниках черничного и кислично-черничного типов. Учитывали подрост высотой до 2 м. Измеряли высоту надземной части, определяли возраст по годичным рубцам. Для каждого растения отмечали тип микроместообитания (ровный участок без ксилолитического субстрата (КС) (ненарушенная лесная подстилка); микроповышения, не связанные с ксилолитическим субстратом; микроповышения, образованные КС; скрытый подстилкой разложившийся валеж; зона влияния КС).

Не обнаружено влияния древесного полога и микроместообитания на рост мелкого (< 50 см) подроста. Независимо от условий микроместообитаний и расположения по отношению к пологу подрост *P. abies* достигает 50 см в возрасте 2–23 лет. Влияние полога на рост подроста выше 50 см в разных лесорастительных условиях проявляется по-разному. Подрост выше 50 см проявляет зависимость также и от типа микроместообитания.

Высоты более 50 см достигает не более 26% молодых растений. Выше 1 м вырастет 6–8% подроста в ельнике черничном, 5–25% – в ельниках кислично-черничного типов. Выше 1,5 м достигает не больше 6% подроста от количества мелкого подроста. В целом изменение численности подроста *P. abies* с увеличением его возраста и высоты лучше всего описывается экспоненциальной моделью вне зависимости от зоны проекции полога или от типа микроместообитания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 23-24-00371.

РУБКИ УХОДА: ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА *PICEA ABIES*

Климова А. В., Галибина Н. А., Новичонок Е. В., Никерова К. М., Софронова И. Н.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: anna-uspenskaya96anna@yandex.ru

С целью изучения влияния разного уровня освещения на фотосинтетический аппарат *Picea abies* (L.) Н. Karst. были проведены рубки лиственных пород, образующих полог. На вторые сутки эксперимента изменений в содержании фотосинтетических пигментов и их доле в светособирающем комплексе не было отмечено, что привело к избыточному притоку фотонов в реакционный центр ФС 2. Однако уже через две недели отмечалась перестройка пигментного комплекса: снижение содержания хлорофиллов *a* и *b*, увеличение доли каротиноидов относительно хлорофилла. Большая освещенность привела к ингибированию акцепторной стороны ФС 2 (снижение Ψ_o (вероятность транспорта электронов за пределы QA^-), ФРо (показатель эффективности первичной фотохимической реакции) и ФЕо (квантовая эффективность переноса электронов)). Уже через две недели в хвое первого года (Х1) отметили комплексную индикаторную реакцию ферментов антиоксидантной системы (АОС) (супероксиддисмутазы (СОД), каталазы (КАТ), пероксидазы (ПОД), полифенолоксидазы (ПФО)). Стоит отметить локальное возрастание СОД, с одной стороны, и апопластной инвертазы (АпИнв), с другой стороны, в хвое текущего года (Хт). Активность ПФО в Хт, связанная с СОД и АпИнв посредством буферного перераспределения кислорода и образующегося из него супероксидного радикала, а также фенольных субстратов, образующихся альтернативно из продуктов реакции АпИнв, также возрастала. В целом более чувствительной к изменениям оказалась Х1. Зарегулированную взаимосвязанную работу ферментов АОС можно рассматривать как отклик на изменившиеся условия, что, вероятно, свидетельствует о разграничении первичных и вторичных процессов. Напротив, индикаторная роль Хт незначительна, ввиду одновременно активно протекающих ростовых процессов и реакции на рубку ухода. Данная работа – пионерная в рассмотрении АОС при изменении донорно-акцепторных отношений листового аппарата в условиях рубки осветления.

Работа выполнена за счет средств федерального бюджета по государственному заданию Института леса КарНЦ РАН. Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «КарНЦ РАН».

БАЛАНС УГЛЕРОДА В ЛЕСУ НА БОЛЬШИХ ХАРАКТЕРНЫХ ВРЕМЕНАХ ПОСЛЕ ВСПЫШЕК МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ НАСЕКОМЫХ: МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ

Ковалев А. В.¹, Суховольский В. Г.², Иванова Ю. Д.³

¹ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

² Институт леса СО РАН, Красноярск, Россия

³ ИБФ СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: sunhi.prime@gmail.com

В бореальных лесах России регулярно возникают вспышки массового размножения лесных насекомых, ведущие к приостановке процесса депонирования углерода и выбросам углерода в атмосферу.

Параллельно с изъятием листвы и хвои деревьев идет процесс выбросов экскрементов в почву, что фактически ведет к обогащению почвы удобрениями и росту в зоне очага массового размножения травянистых растений (т. е. к компенсационному депонированию некоторого количества углерода). После гибели особей из текущего поколения насекомых и поступлению биомассы трупов в почву они разлагаются с выделением углекислого газа в атмосферу. В дальнейшем происходит процесс вывола и деструкции стволов деревьев. Все указанные процессы идут с разной скоростью и интенсивностью.

Для количественного анализа изменений в процессах депонирования углерода, связанных с активностью лесных насекомых, рассмотрены методы расчетов направления и интенсивности потоков углерода в лесных экосистемах в ходе вспышек массового размножения основных видов лесных вредителей – ксилофагов и филлофагов.

По характеру сезонной динамики вегетативных показателей насаждения, полученных по данным ДЗЗ, оценивается площадь повреждения и объем изъятых хвои. Основываясь на данных учетов поврежденных участков с помощью БПЛА, оценивается динамика вывала деревьев в очаге. На основе полученных показателей рассчитывается скорость и количество выделенного в атмосферу диоксида углерода.

Представляется, что предложенная схема расчетов выбросов углерода в атмосферу может быть адаптирована для разных региональных условий, древесных пород и видов насекомых-вредителей.

ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЮГЕ РУССКОЙ РАВИНЫ

Корнеева Е. А.

ФГБНУ ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия
E-mail: korneeva.eva@list.ru

Сельскохозяйственное производство и управление землепользованием должны быть сосредоточены на поиске синергизма и оптимального использования ограниченных ресурсов с помощью долговременных технологий, способствующих комплексному управлению природными ресурсами, одной из которых является защитное лесоразведение.

В соответствии со стоящими перед страной задачами современного природопользования, наряду с оценкой противоэрозионной способности защитных лесных насаждений, важна оценка и их древесно-сырьевого потенциала.

На плакорном и склоновом типах местности существуют свои особенности продуктивности древостоев лесонасаждений. Как правило, в расчете на единицу лесомелиорированной площади она определяется природно-хозяйственными факторами. Производительность древостоев ветроломных лесных полос обусловлена в основном качеством лесорастительных условий, уровнем защитной лесистости и функциональной долговечностью главной древесной породы (сроком службы лесных полос). Продуктивность стокорегулирующих лесных полос, кроме того, находится в строгой зависимости и от уклона местности.

В целом древесная производительность 1 га защитных лесных насаждений снижается к юго-востоку региона – пропорционально снижению плодородия зональных почв и ухудшению лесорастительных условий, вследствие уменьшения бонитета древостоя, с 320–400 м³/га в лесостепи до 60–85 м³/га в полупустыне.

Создание лесных полос из долговечных нетребовательных к плодородию почвы древесных пород вызывает повышение эффекта от лесопользования в 1,8–2,0 раза.

Увеличение защитной лесистости землепользования на 1% (путем уменьшения межполосных расстояний до научно-обоснованного оптимума размещения лесонасаждений с 30 до 15 высот древостоя на единицу площади) повышает продуктивность перспективных древостоев, как и ее стоимостного эквивалента, на 32–37% для ветроломных лесных полос и 25–33% для стокорегулирующих лесных полос.

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ БАЛАНСА УГЛЕРОДА В ЛЕСАХ РОССИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ И СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА

Коротков В. Н.¹, Барталев С. А.², Федоров С. В.³

¹ Институт глобального климата и экологии им. акад. Ю. А. Израэля, Москва, Россия

² Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

³ ФГБУ «Рослесинфорг», Москва, Россия

E-mail: korotkovv@igce.ru

Уточнение баланса парниковых газов в лесах России может быть основано на совместном использовании данных первого цикла государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) (Филипчук и др., 2022) и спутникового мониторинга (Барталев, Стыценко, 2021; Барталев, Лукина, 2023; Информационно-аналитическая..., 2023), а также на данных отраслевой отчетности Рослесхоза. Материалы ГИЛ позволяют получить данные по распределению площадей и запасов насаждений по породам, бонитету и возрасту. Такие исходные данные позволяют рассчитать текущий прирост, используя модели хода роста модальных насаждений (Швиденко и др., 2008). С помощью моделей (Shvidenko et al., 2023) оцениваются запасы различных фракций мертвой древесины. Текущий прирост оценивается как разница запасов живой и мертвой древесины по моделям хода роста с разницей в один год. Полученные значения текущего прироста (в м³ год⁻¹) дают возможность преобразовать их в прирост фитомассы с помощью моделей конверсионных коэффициентов – Biomass Expansion Factors (Scherpaschenko et al., 2018).

Балансовый подход также требует оценку потерь углерода, которые рассчитываются на основе фактических данных по запасам вырубаемой древесины, а также по площадям погибших древостоев в результате пожаров и иных причин на основе данных космического мониторинга.

Работа выполнена в рамках научной темы 3.3 Росгидромета (ФГБУ «ИГКЭ»), а также в рамках реализации ВИП ГЗ «Российская система климатического мониторинга» (Углерод в наземных экосистемах) и научно-исследовательской работы на тему «Развитие и апробация методов сбора информации на тестовых полигонах экстенсивного уровня с проработкой предложений по их интеграции в существующую систему лесоучетных работ Российской Федерации, в том числе на основе постоянных пробных площадей» (Соглашение № ВИП ГЗ/24-21 на выполнение научно-исследовательских работ в рамках Соглашения № 169-15-2023-004 от 01.03.2023).

РЕАКЦИЯ ДРЕВОСТОЕВ НА НЕФТЯНЫЕ РАЗЛИВЫ – ИССЛЕДОВАНИЕ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

Кравцова В. И.

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
E-mail: valentinamsu@yandex.ru

Наряду с проблемами продуктивности лесов в условиях меняющегося климата – основными на данной конференции – остаются актуальными многочисленными острыми проблемами оценки состояния и продуктивности древостоев под влиянием антропогенных и техногенных факторов, среди которых воздействие разливов нефти при ее добыче и транспортировке. Значительные экологические и экономические последствия нефтяных разливов (составляющих по данным российских экологов около 1 % годовой добычи) обуславливают необходимость поиска эффективных методов их обнаружения и мониторинга, в первую очередь дистанционных.

В лаборатории аэрокосмических методов кафедры картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова выполняются исследования по разработке методов дешифрирования нефтяных разливов на примере тестового участка в юго-восточной части Самотлорского месторождения в Западной Сибири с болотными и лесными ландшафтами. Используются космические снимки со спутника WorldView-3 свехвысокого пространственного и спектрального разрешения. Предложена методика дешифрирования нефтяных разливов по цвету изображения в варианте цветового синтеза с использованием SWIR-зоны при контроле по разновременным снимкам высокого разрешения в системе GoogleEarth (Кравцова, Зимин, 2023). По снимкам 2019 и 2022 гг. выявлены изменения в состоянии растительности через 2–4 года после разлива по цветовым и спектрометрическим признакам. Сравнение полученных по снимкам кривых спектральной яркости различных типов растительности (включая кустарники и древостои) на территории разливов, с кривыми аналогичной растительности вне зон разливов, показало, что спектральные кривые загрязненных участков теряют характерные для здоровой растительности экстремумы – минимум в красной зоне и максимум в ближней инфракрасной. Но по прошествии 2–3-х лет происходит постепенное восстановление профиля кривой, что подтверждается и цветовыми характеристиками изображения бывших разливов на снимках. Натурные наблюдения западносибирских исследователей также свидетельствуют о самовосстановлении погибшей лесной растительности через 3–5 лет после разлива (Соромотин, 2010).

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД В РАМКАХ ПОДХОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ СЕТЕЙ

Кудрин А. А.¹, Сущук А. А.², Калинкина Д. С.²

¹ Институт биологии КомиНЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

² Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: anna_sushchuk@mail.ru

Численность, разнообразие и структура сообществ нематод являются индикаторами состояния почвенных условий (Ferris et al., 2003). Однако эти параметры не раскрывают функциональную значимость почвенных нематод. Учитывая их значительную биомассу в наземных экосистемах, это критически важно для оценки и прогнозирования циклов углерода и других питательных элементов (van den Hoogen et al., 2019). Использование данных о биомассе нематод, их метаболической активности и трофических взаимодействиях позволяет строить модели пищевых сетей и рассчитывать потоки углерода в них (Ferris, 2010; Wan et al., 2022).

В исследовании предложенный подход использовался для построения модели пищевой сети нематод в хвойных и лиственных лесах. Для сбора данных о разнообразии и численности нематод применялись стандартные методы (Кудрин, Сущук, 2022), а для получения информации о биомассе и метаболизме отдельных таксонов использовалась база данных Nemaplex (Ferris, 2001). В расчеты были включены данные по еловым (Республики Карелия и Коми) и широколиственным лесам (Республика Карелия, Калужская и Московская области).

Установлено, что общий поток углерода (=энергии) через сообщество почвенных нематод в еловых лесах несколько выше, чем в широколиственных (106 vs 78 мкг С / 100 г почвы / сут), однако, различия статистически незначимы (Mann-Whitney U-test, $p = 0,06$). Кроме того, в ельниках (по сравнению с лиственными лесами) показано увеличение доли энергетического потока, проходящего через микотрофов (29% vs 12% соответственно; $p < 0,001$), тогда как для бактериотрофов отмечена обратная тенденция (51% vs 69%; $p = 0,004$). Результат согласуется с концепцией значительного участия грибов в деструкции опада в хвойных лесах по сравнению с лиственными. Энергетические потоки через нематод-фитофагов в изученных типах леса не различались (20% vs 19%).

Несмотря на важность оценки функционального вклада почвенных сообществ в глобальные циклы элементов, многие методические аспекты остаются недостаточно проработанными. Использованный в работе подход моделирования пищевых сетей, хотя и имеет ряд ограничений, позволяет получить новые данные об энергетической структуре сообществ нематод и применять такие данные для оценки их функциональной значимости.

Финансовая поддержка: ГЗ ИБ ФИЦ КомиНЦ УрО РАН (тема № 122040600025-2), ВИП ГЗ (№ 123030300031-6) и ИБ КарНЦ РАН (тема № 122032100130-3).

ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРА ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Кудрявцев А. Ю.

СФ ИПЭЭ им. А. Н. Северцова РАН, Саратов, Россия
ГПЗ «Приволжская лесостепь», Пензенская обл., Россия
E-mail: akdytaks@mail.ru

Исследования динамики лесных экосистем на территории участка «Верховья Суры» заповедника «Приволжская лесостепь» проводятся с 1998 г. Участок расположен в центральной части Приволжской возвышенности неподалеку от истоков р. Суры. Его площадь составляет 6339 га. Преобладают коренные сосновые леса, различные по составу, строению и производительности. Некоторые древостои имеют возраст 200–250 лет, высоту 34–36 м и диаметр ствола 70–80 см, отдельные деревья достигают 40 м высоты и 100 см в диаметре. В борах сохранился комплекс растений, характерных для таежной флоры. Подобные участки высокопродуктивных старовозрастных сосновых лесов встречаются на европейской территории России в настоящее время очень редко.

Ход процесса изучали в возрастном ряду, выделенном в однородных лесорастительных условиях на основе принципов динамической классификации типов леса. В результате обработки данных таксации леса получены средние величины таксационных показателей древостоев для каждого класса возраста. Одновременно проведен анализ изменений всех компонентов насаждений. На его основе возрастной ряд был разделен на отдельные периоды и фазы. Тенденции изменения доли участия каждой лесообразующей породы в составе древостоя на разных возрастных стадиях описаны нелинейными уравнениями. Проведенное исследование показало, что полученный возрастной ряд представляет собой ряд трансформации лесных сообществ. Нарушение хода лесообразовательного процесса привело к масштабной смене коренных насаждений на производные. После начала применения сплошно-лесосечных рубок площадь, занятая лиственными деревьями (прежде всего березой), постоянно росла. Следствием масштабного применения рубок промежуточного пользования, санитарных и добровольно-выборочных стало формирование изреженных сосновых древостоев. Одновременно происходила и трансформация нижних ярусов сообществ. Эти факторы вызвали ухудшение условий естественного возобновления сосны (*Pinus sylvestris* L.). В результате к настоящему времени возможность формирования сосновых древостоев путем естественного возобновления почти полностью исключена.

ВЛИЯНИЕ ЗАСУХ И ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Кузнецова Н. Ф.

ВНИИЛГИСбиотех, Воронеж, Россия

E-mail: nfsenyuk@mail.ru

Обсуждаются проблемы снижения продуктивности сосновых лесов на юге Русской равнины в связи с потеплением климата, увеличением числа и напряженности засух. Цель исследования – изучить состояние лесостепных сосновых лесов и реакцию сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на засуху разной категории. Объектами исследования являются белгородская, воронежская, калужская и рязанская популяции, произрастающие в центре лесостепи, на севере и юге ее переходных зон. Показано, что все насаждения находятся в состоянии равновесия, но в разных его формах: калужское, рязанское и воронежское – устойчивого равновесия, белгородская популяция – неустойчивого равновесия. Анализируется реакция вида на 6 сильных засух (раннюю 2007 и 2012 гг., летнюю 1991 и 2010 гг., позднюю 2014 и 2021 гг.) и 8-летнюю тепловую волну (2007–2014 гг.). Определен предельно допустимый порог устойчивости этапов жизненного цикла сосны. Их устойчивость по нисходящему вектору представляет следующий ряд: онтогенез, спорогенез, эмбриогенез, гаметогенез. Наиболее устойчивы к погодному стрессу первые (заложение генеративных почек) и последние (поздний эмбриогенез) стадии репродуктивного цикла. Засуха 2012 г. не повлияла на жизнеспособность пыльцы и сохранность мегастробилов. Нарушения мейоза связаны с весенними заморозками. Ранний эмбриогенез чувствителен к ранней засухе. В 1991 и 2007 гг. уровень полнозернистости семян сосны снизился в пять и три раза, соответственно. Тепловая волна 2007–2014 гг. вызвала дестабилизацию и переход сосновых лесов в 2015 г. в более низкое жизненное состояние – слабонеравновесной системы. Снижился годовой прирост деревьев, урожайность, качество семян, наблюдались массовые вспышки вредителей. Их возврат в равновесие происходил ступенчато в течение трех оптимальных лет. Засуха 2010 г. нарушила зародыши во время позднего эмбриогенеза по таким важным показателям будущих растений, как быстрота роста, фенотипическая изменчивость, сезонные ритмы развития, химический состав. Это стало причиной массовой гибели сеянцев в начале онтогенеза. Дальнейшее потепление лесостепного климата ведет к сокращению числа оптимальных лет, повышает вероятность повторной дестабилизации сосновых лесов, при темпах потепления климата более 0–5 °C/10 лет она станет неизбежной и необратимой.

ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА РЕДКИХ ФОРМ РОДА БЕРЕЗА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЕГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ В УСЛОВИЯХ ПРИШКОЛЬНОГО ОПЫТНОГО УЧАСТКА

Кулагин Д. В., Кусенкова М. П., Полевикова Е. Н.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь
E-mail: aqua32@mail.ru

Биологическое разнообразие – одна из основ устойчивого существования жизни на Земле. Безвозвратные потери видов и форм живых организмов являются одной из серьезнейших глобальных экологических проблем современности, актуальной и для Республики Беларусь.

В Институте леса НАН Беларуси поддерживается перевиваемая коллекция микроклональных культур древесно-кустарниковых растений. Она включает ряд редких и охраняемых форм и видов рода Береза, посадочный материал которых может быть получен в необходимых для закладки полевых коллекций количествах. Поэтому нами было решено произвести партии саженцев для создания учебных мини-дендропарков на территории школ Гомельской области. Для этой цели нами были выбраны следующие клоны:

- 66–150/10 (клон плюсового дерева Б. повислой);
- Рл 3 (Б. повислая ф. далекарлийская; характеризуется рассеченной формой листовой пластинки);
- Ч1 (Б. повислая ф. чернокорая; характеризуется темно-серой окраской ствола, обусловленной мутацией в одном из генов, отвечающих за синтез бетулина);
- Б.к. № 5 (Б. повислая ф. карельская; короткоствольная);
- К681 (Б. повислая ф. карельская; лироствольная);
- К676 (Б. повислая ф. карельская; высокоствольная);
- Бп3ф1 (Б. пушистая);
- Вп2а1 (Б. карликовая; реликтовый вид, занесенный в Красную книгу Республики Беларусь).

В настоящее время произведены микроклонально размноженные растения названных форм и видов рода Береза в количестве 40–80 шт. на каждый клон. Саженцы прошли адаптацию к почвенным условиям произрастания и перенесены на пришкольный опытный участок ГУО «Лопатинская средняя школа» для доращивания.

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ЛИСТВЕННИЦЫ ОХОТСКОЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Кулаков Е. Е.¹, Бушueva А. С.^{1,2}

¹ ФГБУ ВНИИЛГИСбиотех, Воронеж, Россия

² ФГБУ ВО ВГЛТУ им. Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия

E-mail: evgenyukulakov@yandex.ru

Динамические изменения в окружающей среде связаны с природными и антропогенными процессами. Анализ особенностей радиального прироста древесины позволяет охарактеризовать динамику продуктивности в условиях интродукции с учетом влияния метеорологических параметров. В связи с чем наибольший интерес представляет изучение особенностей формирования ранней и поздней древесины в культурах лиственницы охотской (*Larix ochotensis* В. Kolesn). Объектом исследований послужили культуры, произрастающие в дендрарии ФГБУ ВНИИЛГИСбиотех. В настоящее время это единственный объект лиственницы охотской, сохранившийся в условиях Воронежской области. Культуры заложены в 1976 г. на площади 0,1 га под руководством И. И. Ивановой. Район исследования находится в умеренном климатическом поясе между 52° и 49° с. ш. Климат умеренно-континентальный, формируется под влиянием тропических и арктических воздушных масс. Количество годовых осадков, выпадающих на территории области, изменяется с северо-запада на юго-восток и восток от 550 до 450 мм.

Результаты измерений структуры годичных слоев показали, что в 46-летнем возрасте доля ранней и поздней древесины составляет 75,4 и 24,6% соответственно. Расчет коэффициентов корреляции по среднемесячным температурам и количеству осадков в период роста лиственницы показывает, что увеличение температуры в большинстве случаев сопровождается засухой, которая в свою очередь влияет на прирост древесины. Отмечено, что на формирование древесины лиственницы охотской оказывают влияние положительные температуры мая ($r = 0,43$), августа ($r = 0,60$), а также суммы осадков за март ($r = 0,25$) и апрель ($r = 0,10$). Следует отметить, что такое влияние метеопараметров на прирост годичных слоев обусловлено физиологическими особенностями, сформировавшимися под влиянием биотических факторов в месте естественного произрастания.

Таким образом, повышение сумм температур в течение всего вегетационного периода оказывает значительное влияние на радиальный прирост древесины. Нехватка влаги и недостаточное количество осадков в период засухи также влияет на формирование годичных слоев древесины.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКТУАЛИЗАЦИИ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСНЯКОВ УНЖЕНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (КОСТРОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Лебедев А. В.^{1,2}, Гостев В. В.¹

¹ РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, Москва, Россия

² Государственный заповедник «Кологривский лес», Кологрив, Костромская область, Россия
E-mail: alebedev@rgau-msha.ru

Большинство известных таблиц хода роста древостоев и моделей актуализации таксационных показателей разработано с применением метода указательной кривой в сочетании со статическими уравнениями, в которых для базовой ростовой функции «размер – возраст» подбираются параметры для каждого уровня производительности. Главным недостатком такого подхода является то, что получаемые кривые не являются инвариантными и позволяют описывать относительную динамику изменения таксационных показателей для существующих произвольных наблюдений. Проблемы, присущие статическим моделям, устранены в динамических. В последние десятилетия для моделирования роста древостоев получил обобщенный алгебраический разностный подход, на основе которого получены многочисленные модели роста древостоев и отдельных деревьев для многих лесообразующих пород в разных регионах мира.

По материалам повторных наблюдений на постоянных пробных площадях с использованием обобщенного алгебраического разностного подхода разработана динамическая модель роста сосновых древостоев Унженской низменности, включающая в качестве базовых инвариантные относительно базового возраста уравнения динамики средних высот и диаметров, естественного изреживания и уравнение зависимости видовой высоты от средней высоты древостоя. Модель обеспечивает уверенный прогноз изменения таксационных показателей до 20 лет с нормативной точностью, соответствующей требованиям лесоустроительной инструкции к способу таксации актуализацией.

С использованием данных по модельным деревьям сосны Костромской области получена модель образующей древесного ствола. Вычисленные по модели диаметры ствола на любой его высоте позволяют, не прибегая к валке дерева, проводить анализ сортиментной структуры. В сочетании с моделями роста древостоев и распределения деревьев по толщине получены прогнозные значения сортиментной структуры древесных запасов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-01016, <https://rscf.ru/project/23-76-01016/>.

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОГО РАЙОНА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Левин С. В.

ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех», Воронеж, Россия
E-mail: leslesovik63@yandex.ru

С 2010 по 2020 гг. площадь хвойных лесов в стране уменьшилась на 7,1 млн га, тогда как березняки и осинники разрослись на 3,3 млн га. Учитывая благоприятное взаимовлияние кедра и березы, с целью реконструкции березовых насаждений необходимо вводить в состав таких кедр сибирский. Это не противоречит Правилам лесовосстановления, где в п. 42 отмечено, что при выборе сопутствующих лесных древесных и кустарниковых пород (кедровые сосны) следует учитывать их влияние на основную лесную древесную породу (береза). В Правилах лесоразведения тем более допускается в п. 16 выбирать основную древесную породу из интродуцированных пород при наличии положительного опыта. Исследования 80–90-х годов прошлого столетия на территориях лесостепного района европейской части России (ЕЧР) показали, что для создания насаждений различного назначения с участием кедровых сосен разрабатывалась необходимая база. В «Программе интродукции лесных пород в европейской части СССР до 2000 года и далее», разработанной ВНПО «Союзлеселекция», были указаны объемы первоочередного внедрения ряда орехоносных сосен в округа территории лесостепного района.

К настоящему времени на территории лесостепного района ЕЧР выявленные объекты с участием кедровых сосен по районам субъектов распределены крайне неравномерно, подчеркивая незавершенность этапа интродукции кедровых сосен к девяностым годам прошлого столетия, который зачастую зависел от отношения к данному направлению, исключительно, ряда интересующихся лиц. Большой научный интерес представляют объекты, размещенные на территориях ближе к границе со степной зоной: Оренбургской, Саратовской, Липецкой и Воронежской областей. Так в Липецкой области примером долговечного произрастания кедра сибирского (170 лет) следует считать деревья, произрастающие на территории музея-усадьбы П. П. Семенова-Тян-Шанского.

При этом в целом следует отметить, что проблемы интродукции кедра сибирского вполне разрешимы с учетом селекционных, фитоценологических и других аспектов, что позволит избежать ошибок стихийного процесса интродукции.

ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ (РЕСПУБЛИКА КОМИ) И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Лиханова И. А., Кузнецова Е. Г.

Институт биологии ФИЦ КомиНЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

E-mail: likhanova@ib.komisc.ru

В Республике Коми в связи с активным нарастанием в последние десятилетия темпов добычи минерального сырья неуклонно увеличивается площадь разрушенных природных экосистем. Поскольку основная территория республики занята таежными лесами, в Институте биологии КомиНЦ УрО РАН с 2000 г. начались работы по оптимизации восстановления нарушенных лесных экосистем. Было установлено, что на севере таежной зоны традиционная технология лесной рекультивации, заключающаяся в посадке лесных культур без дополнительных приемов улучшения техногенного субстрата (внесение удобрений, посев трав), малоэффективна. В связи с суровыми климатическими условиями наблюдается высокий отпад высаженных культур, медленный их рост. В рамках концепции «природовосстановления» была разработана и испытана на севере таежной зоны оптимизированная технология восстановления лесных экосистем. В отличие от традиционной лесной рекультивации, сконцентрированной на восстановлении только древесного яруса, она направлена на восстановление лесной экосистемы как единства основных ее компонентов. Эффективность восстановления нарушенной территории достигается сочетанием агроприемов интенсивного этапа (внесение удобрений, посев многолетних трав) с посадкой лесных культур, что обеспечивает высокую приживаемость древесных растений, их активный рост. Использование крупномерного посадочного материала и посев низовых злаков позволяют уменьшить конкурентные отношения между травянистой растительностью и древесными культурами. В качестве посадочного материала на севере таежной зоны предпочтительно использование семян и саженцев с комом земли. Результаты исследований посадок лесных культур в подзоне средней тайги показали в отличие от северных районов достаточную эффективность традиционных приемов лесной рекультивации (посадка древесных растений без улучшения свойств субстрата). Для таежной зоны были разработаны технологические карты восстановительных работ, в которых предусмотрен научно обоснованный алгоритм использования материалов, оборудования и приемов восстановления в зависимости от исходных характеристик посттехногенной территории. Объектом исследований послужили восстановительные сукцессии на техногенно-нарушенных территориях.

ЮЖНОТАЕЖНЫЕ ЛИСТВЕННИЧНИКИ СИХОТЭ-АЛИНЯ

Ломов В. Д.

МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищи, Россия
E-mail: Lomov@mgul.ac.ru

Для лиственничных лесов этой подзоны характерно заметное участие в древостое основных хвойных пород таежной зоны – ели аянской и пихты белокорой. Одновременно в лиственничных древостоях обычны и породы хвойно-широколиственных лесов – кедр корейский, ясень маньчжурский, бархат амурский, дуб монгольский и другие. Кустарниковый покров уже менее развит, он также несколько обеднен и в видовом составе. Изредка, особенно на южных склонах, продолжают встречаться лианы – виноград амурский, лимонник китайский, актинидия коломикта.

Травяной покров получает большее развитие. Из состава выпадают многие теплолюбивые виды трав и общий фон создают немногочисленные, но обильно разросшиеся виды – вейник Лангсдорфа, различные злаки и осоки, нередко папоротники. В самом нижнем ярусе хорошо развивается покров из мхов и лишайников.

Для подзоны южнотаежных лиственничников характерны леса из лиственниц Комарова и амурской. Ареалы этих пород имеют вытянутую в меридиональном направлении форму и не совпадают с границами природных зон. Насаждения из этих двух лиственниц встречаются во всех трех выделенных для Сихотэ-Алиня природных зонах и подзонах – в зоне смешанных лесов и в южных и среднетаежных подзонах хвойных лесов. Однако для большей части лесов из лиственниц Комарова и амурской характерны многие переходные признаки от хвойно-широколиственных к таежным лесам, что дало возможность объединить их в одну подзону южнотаежных лиственничников.

Южнотаежные лиственничники большей частью сформировались на месте двух лесных формаций – кедрово-широколиственной и пихтово-еловой, чему способствовали повальные пожары, свирепствовавшие в центральных частях Сихотэ-Алиня в конце прошлого века. В настоящее время на больших территориях, занятых лиственницами, наблюдаются восстановительные процессы и лиственницы находятся в сложных взаимоотношениях с основными коренными породами этой подзоны – елью аянской, пихтой белокорой и кедром корейским.

КОНТРОЛЬ ЧИСЛЕННОСТИ КСИЛОФИЛЬНЫХ КАРАНТИННЫХ ВИДОВ В ЛЕСНЫХ БИОЦЕНОЗАХ КАРЕЛИИ

Лябзина С. Н.^{1,2}, Синкевич О. В.¹

¹ ФГБУ ВНИИКР Североморский филиал, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

² ФГБУ ВО ПетрГУ, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: Slyabzina@petsu.ru

Ксилобионты регулируют состояние лесных насаждений и их устойчивость. Численность популяции ксилофагов зависит непосредственно от состояния древостоя. Систематическая регистрация их плотности населения является одним из главных шагов в организации мониторинга видового состава. С 2016 г. в Карелии проводится феромониторинг опасных стволовых вредителей хвойных пород (ель и сосна) – черных усачей жуков рода *Monochamus*. Контроль численности имаго жуков проводился с помощью стандартных феромонных ловушек (производства ФГБУ «ВНИИКР») барьерного типа, выставленные в ветровальных участках хвойных и лиственных лесах.

В настоящее время шесть видов жуков рода *Monochamus* включены в Единый перечень карантинных объектов, как карантинные вредные организмы, ограниченно распространенные на территории Евразийского экономического союза. Это обуславливает требование особого мониторинга черных усачей на лесопрокрытых территориях. Выявлено преобладание *Monochamus urussovi* (Fisch., 1806) и *M. sutor* (Linnaeus, 1758) в хвойных насаждениях, а *M. galloprovincialis* (Oliv., 1795) в лиственных лесах. Однако более значим этот род для лесного хозяйства и относится к объектам внутреннего карантина на территории РФ, являясь переносчиками патогенного вида сосновой стволовой нематоды. Кроме сосновой стволовой нематоды черные усачи переносят древесную нематоду (*Bursaphelenchus mucronatus* Mamaeva & Enda, 1979). Это близкородственный вид также может вызывать вилт у хвойных, особенно при совместном заражении с патогенными бактериями. В Карелии случаи встречаемости *B. mucronatus* зарегистрированы в еловых и сосновых биоценозах ООПТ (заповедник «Кивач» и Национальный парк «Водлозерский»).

Возбудители рака стволов и ветвей сосны *Atropelli piniphila* и *A. pinicola* вызывают обширные повреждения, в результате которых происходит деформация ветвей и стеблей. Эти патогены распространены практически по всей Карелии. При поражении количество целлюлозы в древесине значительно снижается. Распространение гриба может происходить жуками – рагием ребрестым (*Rhagium inquisitor* Linnaeus, 1758) и усачом-мутатором (*Monochamus mutator* LeConte 1850).

ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНОГО ОПАДА БЕРЕЗНЯКОВ НА ЗАБРОШЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Мануйлова П. И., Гичан Д. В., Тебенькова Д. Н.

ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия
E-mail: Manuylovapolly@gmail.com

В России площадь заброшенных сельскохозяйственных земель составляют от 30 до 100 млн га. Потенциальное депонирование CO₂ для таких территорий оценивается в 400 млн т год⁻¹ (Гичан, Тебенькова, 2023). Поступление растительного опада является одним из основных механизмов поступления почвенного углерода (Кузнецова, 2021).

Цель исследования – оценить фракционный состав растительного опада березняков, выросших на заброшенных сельскохозяйственных землях южной тайги на примере Вологодской области.

В качестве объектов исследования были выбраны два типа биогеоценоза (БГЦ): березняк злаковый (Б. зл.), березняк ольхово-ивовый высокотравный (Б. Ол.-Ив. выс.), расположенные на заброшенной пашне в Череповецком районе Вологодской области. Таксационные характеристики объекта исследований: Б. зл. представляет собой молодой древостой, состав древостоя 9Б1ОЛС + ИВД, ед. ОС, Е, запас стволовой древесины 103 м³ га⁻¹; Б. Ол.-Ив. выс. – средневозрастной древостой, состав древостоя 6Б2ИВД2ОЛС ед. ОС, Е, запас стволовой древесины 205 м³ га⁻¹. Для проведения исследования было заложено 10 пробных площадей (ПП) в Б. зл., 5 ПП в Б. Ол.-Ив. выс. и 3 ПП на Л. р.-зл. Отбор образцов опада проводился однократно, после опадения листвы, анализируемый период с июня по октябрь 2023 г. В лабораторных условиях опад разбирался на фракции. Каждая из фракций взвешивалась в воздушно-сухом состоянии при комнатной температуре.

Основными фракциями древесного опада в Б. зл. и Б. Ол.-Ив. выс. являются: листья березы, листья ивы, листья осины, листья ольхи, ветки березы, ветки ивы, семена, прицветные чешуйки, почки, кора березы.

В Б. зл. доля участия фракций в общей биомассе опада характеризовалась следующей последовательностью: листья березы (78%), листья ивы (7%), ветки березы (5%), неидентифицированные листья (4%), семена (3%), листья ольхи (2%), прочие фракции (листья осины, почки, кора березы и прицветные чешуйки) суммарно составляли менее 1% от общей биомассы древесного опада. В Б. Ол.-Ив. выс. доля участия фракций характеризовалась следующей последовательностью: листья березы (61%), листья ивы (23%), листья ольхи (13%), ветки березы (6%), неидентифицированные листья (6%), семена (3%), листья осины (2%), прицветные чешуйки (2%), ветки ивы (2%), почки и кора березы составляли менее 1% от общей биомассы растительного опада.

Преобладающей фракцией для обоих типов БГЦ являются березовые листья. В Б. зл. вклад березовых листьев на 17% больше по сравнению с Б. Ол.-Ив. выс. Участие остальных фракций, таких как листья ивы, ветки ольхи, листья березы, листья осины, прицветные чешуйки и ветки ивы, закономерно ниже в Б. зл. по сравнению с Б. Ол.-Ив. выс. Также в Б. Ол.-Ив. выс. встречаются листья осины, не обнаруженные в Б. зл. Состав древостоя является основным предиктором различий в фракционном составе древесного опада.

Работа выполнена в рамках молодежной лаборатории ЦЭПЛ РАН «Климаторегулирующие функции и биоразнообразие лесов» (регистрационный № 122111500023-6).

ВКЛАД ДОЖДЕВЫХ ОСАДКОВ В ЭМИССИОННЫЕ И ОБМЕННЫЕ ПОТОКИ CO₂ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ В СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Махныкина А. В.^{1,2}, Полосухина Д. А.^{1,2}, Панов А. В.¹, Прокушкин А. С.^{1,2}

¹ ИЛ СО РАН, Красноярск, Россия

² СФУ, Красноярск, Россия

E-mail: makhnykina.av@ksc.krasn.ru

Экосистемы бореальной зоны играют существенную роль в регуляции глобального климата (Pan et al., 2011; Harel et al., 2023). В почвах бореальной зоны законсервированы огромные запасы углерода (Mukhortova et al., 2015). **Современные природные климатические изменения и рост антропогенной нагрузки оказывают большое влияние на равновесное состояние этих чувствительных к внешним воздействиям территорий** (Abbot et al., 2015; Bond-Lamberty et al., 2018). Рост температуры, резкие смены режимов увлажнения территории, сокращение межпожарных интервалов и ряд других проявлений способствуют высвобождению дополнительного углерода из толщи почв в атмосферу (Lee et al., 2004; Prudhomme et al., 2014; IPCC, 2021). В нашей работе мы поставили цель оценить вклад дождевых осадков на эмиссионные и обменные потоки CO₂ с поверхности почвы. Исследования проводились на территории среднетаежных экосистем Центральной Сибири, представленных сосновыми насаждениями. Измерения потоков CO₂ проводили камерными методами с помощью газоанализатора LI 8100A (Li-cor Biogeosciences Inc., Lincoln, NE, USA) с использованием двух типов камер: 103 Survey chamber (эмиссионные потоки), 104C Clear Long-Term chamber (обменные потоки). Измерения проводились в течение вегетационных сезонов 2020–2022 гг.

В результате было установлено, что вклад эмиссионных потоков CO₂ после атмосферных осадков (> 5 мм в сутки) в кумулятивный поток CO₂ с поверхности почвы за сезон составляет от 1 до 40 %, в зависимости от условий увлажнения конкретного сезона. Основными условиями формирования крупного пульса CO₂ выступают интенсивность осадков и начальные условия увлажнения. В сезоны без дефицита осадков пульсы CO₂ характеризуются большей продолжительностью и количеством выделяемого CO₂ в атмосферу. Разовый выброс CO₂ после обильных дождевых осадков может в 5–11 раз превышать начальные значения эмиссионного потока CO₂.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-74-00159).

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ НА ПОЛИГОНЕ ЗАПОВЕДНИКА «КИВАЧ» (СРЕДНЕТАЕЖНАЯ ПОДЗОНА КАРЕЛИИ)

Медведева М. В.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: mariamed@mail.ru

Одним из важнейших резервуаров углерода являются почвы, нарушение которых происходит в условиях антропогенного воздействия. Почвенные микроорганизмы являются предикторами эмиссии углерода в атмосферу, поэтому могут быть использованы в мониторинге природной среды. В соответствии с программой научного консорциума «РИТМ углерода» для создания Российской системы климатического мониторинга на территории заповедника «Кивач» было заложено 30 постоянных пробных площадей в различных условиях фитоценотической среды. В мониторинговые исследования были включены пять участков, представленных сосняками черничными. Почвы, подзолы иллювиально-железистые развиты на флювиогляциальных отложениях, имеют следующее морфологическое строение: О-Е-BF-B2-BC. Оценка микробиологических свойств почв проводили на основе данных о биометрических параметрах, эко-физиологических показателях микробиоты, а также эколого-трофической структуре микробного сообщества почв. Полученные данные позволили провести сравнительную оценку профильного распределения микробиологических показателей с морфологическими, физико-химическими свойствами почв, сформировавшихся в различных генетических горизонтах. Результаты показали, что установленные различия микробиологических показателей хорошо отражают генетические факторы образования почв. Выявили, что характерной чертой подзолов иллювиально-железистых является достаточно высокая микробиологическая активность верхнего органогенного горизонта (лесная подстилка). Минеральная толща, где создаются менее благоприятные условия для развития микроорганизмов, в меньшей степени насыщена микроорганизмами, численность и активность их ниже по сравнению с вышележащим горизонтом почв. Общая тенденция увеличения активности микроорганизмов отмечена в иллювиальном горизонте, где происходит аккумуляция не только высокомолекулярных органических кислот, формирования собственно органического вещества почв, а также и экзаметаболитов микроорганизмов. Возрастание численности комплекса целлюлитиков и увеличение их функциональной активности (разрушение целлюлозного фильтра до 50% в течение 20 суток) свидетельствует о благоприятных условиях для биодеструктивного блока микробиоты. В целом полученные данные позволили проследить изменение направленности трансформации органического вещества в различных горизонтах почв, установить роль микроорганизмов в разрушении минеральной части почвы. Полученные данные стали основой для проведения дальнейшего микробиологического мониторинга почв заповедной территории.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6), а также в рамках госзадания КарНЦ РАН (Института леса).

ПИГМЕНТЫ ВО ФРАГМЕНТАХ ПОЧЕК ПО ФАЗАМ РАСПУСКАНИЯ У РАСТЕНИЙ РОДА *BETULA*

Морозова И. В.¹, Чернобровкина Н. П.²

¹ ИВПС КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

² Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: irinamorozova1502@gmail.com

Широкое распространение представителей рода *Betula* в различных широтах, в том числе в условиях Севера, обусловлено их высоким адаптационным потенциалом к условиям среды. Закладка почек у березы происходит задолго до их распускания, в июле–августе. Определяющее значение в адаптационных механизмах почек берез имеет структурно-функциональная организация их фрагментов – почечных чешуй, прилистников и зачаточных листьев (далее – листочков). Пигментный состав фотосинтетического аппарата органов растений характеризует их продукционный и адаптационный потенциал и формируется в зависимости от генотипа, экологических условий, этапа и фенологической фазы развития растений.

Исследовали содержание фотосинтетических пигментов во фрагментах почек – чешуях, прилистниках, листочках и в молодых листьях 30-летних деревьев *Betula pubescens* Ehrh., *Betula pendula* Roth и *Betula pendula* var. *carelica* (Merckl.) Hämet-Ahti в апреле–июне 2010 г. Деревья произрастали в березняках разнотравного типа леса в черте г. Петрозаводска. Отбор растительного материала проводили по фазам развития: I – набухание почек (конец апреля), II – развержение почек (начало мая); III – раскрытие вегетативных почек (вторая декада мая); IV – молодые листья (первая декада июня).

По результатам исследований представлены данные, характеризующие общие закономерности и видовые особенности состава фотосинтетических пигментов во фрагментах почек по фазам распускания и в молодых листьях у трех представителей рода *Betula*. По фазам распускания почек всех исследуемых берез чешуи и прилистники имели идентичную динамику, противоположно направленную по сравнению с листочками – в первых двух фрагментах уровень пигментов снижался, в листочках – увеличивался. Выявленные видовые отличия в пигментном составе листочков исследуемых берез по фазам распускания почек исчезали в молодых листьях. Обсуждается роль фотосинтетических пигментов фрагментов почек и листьев в процессах роста и стрессоустойчивости растений рода *Betula*.

Работа выполнена за счет средств федерального бюджета по государственному заданию КарНЦ РАН (ИЛ КарНЦ РАН).

ВОДНЫЙ БАЛАНС ВОДОСБОРА ЛОСОСИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭТАПЫ ИЗМЕНЕНИЯ

Мясникова Н. А.

ИВПС КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail.: nadezda_myasnikova@mail.ru

Водосбор озера Лососинного расположен в таежной зоне. Особенностью этой зоны является преобладание атмосферного увлажнения над испарением. Большая часть водосбора занята лесом, где основными видами хозяйственной деятельности являются лесохозяйственные работы, включающие различные рубки, поэтому важную задачу составляет оценка их влияния на формирование стока.

Методы определения элементов водного баланса приведены в трудах (Карпечко, Мясникова, 2014; Карпечко, 2016; Карпечко и др., 2019). Данные по характеристикам лесов, используемые в расчетах, взяты из работ (Казимиров, Морозова, 1973; Казимиров и др., 1977, 1988). Расчеты осуществлялись для периода роста древостоя от 20-летних до 140-летних через каждые 10 лет для хвойных пород и от 20 до 90-летнего лиственного леса. Для получения климатических условий на водосборе вдхр. Лососинского 330 лет назад использовалась динамика климата, представленная в работе (Филимонова, Климанов, 2005).

При выделении этапов изменения водного баланса использовались материалы М. С. Богдановой «Антропогенные преобразования ландшафтов водосбора Лососинского водохранилища» по доли лесов и площади рубок (раздел 4.2.1 отчета ИВПС КарНЦ РАН № FMEN-2021-0006, 2023).

В настоящее время древесная растительность представлена в основном хвойными породами (около 80%), и, следовательно, около 20% лесопокрытой территории занимают лиственные породы, представленные преимущественно березняками. На изучаемой территории среди хвойных пород преобладает ель – 60%. Лес отличается сравнительно низкой производительностью в пределах III–IV класса бонитета, а в заболоченных местообитаниях – V–Va класса бонитета.

Для моделирования изменения элементов водного баланса водосбора Лососинского вдхр. за историю водоема было выделено четыре этапа: 1 этап до начала XVIII в. – существование озера и девственного (не тронутого рубками) леса; 2 этап с начала XVIII в. до 1930-х гг. – вдхр. и малоэксплуатируемый лес; 3 этап с 1930–2000 гг. – период активного хозяйственного использования изучаемой территории; 4 этап с 2000–2023 гг. – современный (период стабилизации).

Наибольшие изменения гидрологических процессов наблюдаются после проведения сплошных рубок, когда на обширной территории удаляется спелый и перестойный древостой. При этом радикально изменяется интенсивность гидрологических процессов, происходит резкое снижение испарения и увеличение стока. Для водосбора вдхр. Лососинского в первый год после рубок это увеличение стока в соответствии с расчетами в среднем составляет 212 мм, при этом в объемных единицах приток в вдхр. Лососинское возрастает на 12,8 млн м³. Это характерно для третьего периода (1930–2000 гг.) – активного хозяйственного использования изучаемой территории.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН).

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗОНАЛЬНЫХ И ВЫСОТНО-ПОЯСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ГОРНОМ ЮГЕ СИБИРИ ПО НАЗЕМНЫМ И СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Назимова Д. И.¹, Пономарев Е. И.¹, Карсаков А. А.²

¹ Институт леса СО РАН, Красноярск, Россия

² ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: inpol@mail.ru

На примере горного юга Красноярского края и соседних территорий Хакасии и Республики Тыва исследованы возможности применения спутниковой информации (Landsat, TERRA/Modis и др.) для мониторинга структуры и функционирования лесных экосистем ранга лесорастительных зон и высотных поясов. Их аналогами в иерархической классификации горных лесов служат классы высотно-поясных комплексов (ВПК) типов леса, близкие к высотно-зональным подразделениям ландшафтов (Поликарпов и др., 1986; Исаченко, 1988; Назимова, 1998).

Использованы региональные базы данных по биоразнообразию, климатическим и фенологическим наблюдениям на горном профиле, материалы опытно-производственного лесоустройства (Назимова и др., 2014), а также база данных спутниковой информации на район исследований. По спутниковым данным стандартными процедурами выполнялась классификация спектральных признаков, характерных для изучаемых категорий растительного покрова. В сопряжении с калибровочными данными по наземным обследованиям обобщены диапазоны варьирования спектральных индексов NDVI и температурного поля подстилающей поверхности (LST) в привязке к ВПК. В задаче мониторинга вариативность спектральных индексов NDVI и LST может выступать как признак динамики ВПК при изменении окружающей среды и климатических трендах.

Классификация и картографирование горных лесов – это необходимая основа для экосистемного управления лесными территориями и ресурсами на юге Сибири. На территориях горных лесничеств юга Сибири диагностируется до 3–5 высотных поясов, включая высокогорья. Приводимые примеры по Танзыбейскому, Саяно-Шушенскому и другим полигонам показывают четкие различия ВПК по природным ресурсам, природозащитным и климаторегулирующим функциям, биоразнообразию и ритмике сезонных явлений, а значит и возможным факторам риска для сохранения всех видов лесных ресурсов.

РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ

Нелаева К. Г., Чернобровкина Н. П., Робонен Е. В., Копосова Е. А.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: sunnydragonfly@yandex.ru

При дефиците посадочного материала хвойных пород в условиях северо-западных регионов России актуально совершенствование технологий, позволяющих интенсифицировать выращивание сеянцев в лесных питомниках. Одним из эффективных приемов повышения показателей роста растений и адаптации их к неблагоприятным условиям среды является применение регуляторов роста растений.

Анализ литературных данных показал, что применение регуляторов роста растений, полученных синтетическим путем на базе различных источников, а также биостимуляторов, полученных на основе естественного сырья (кислотные, микробиологические и экстракты древесных, травянистых растений, морских водорослей) является эффективным способом стимуляции всхожести семян и роста сеянцев древесных пород при выращивании их в лесных питомниках.

В перечень эффективных препаратов для обработки семян хвойных пород включены: для сосны – Агат-25К, Вэрва-ель, Крезацин, Новосил, Оберег, Рибав-Экстра, Циркон, Экогель, Экопин, Эмистим-С, Эпин-Экстра; для ели – Гетероауксин, Гумат, Экогель. Для стимуляции роста сеянцев эффективно как отдельное, так и комплексное использование синтетических препаратов и биостимуляторов. Представлены лишь единичные сведения по повышению холодоустойчивости сеянцев хвойных с использованием АБК и ее синтетических аналогов. Для защиты от инфекционных заболеваний сеянцев хорошо зарекомендовали себя препараты на основе древесной зелени хвойных пород. Для улучшения приживаемости сеянцев хвойных при высадке на лесокультурные площади предлагаются Циркон, Эпин, Крезацин, Гетероауксин, для развития корневой системы – экстракты морских водорослей.

Выбор определенных регуляторов роста для конкретных целей при совершенствовании технологий выращивания посадочного материала базируется на экспериментальных исследованиях с учетом вида растений, экономической целесообразности, экологии, климата и сырьевых ресурсов региона.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00192, <https://rscf.ru/project/23-26-00192/>.

АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ – БИОХИМИЧЕСКИЙ МАРКЕР КСИЛОГЕНЕЗА

*Никерова К. М., Галибина Н. А., Софронова И. Н., Синькевич С. М.,
Бородина М. Н., Мощенская Ю. Л., Климова А. В., Ершова М. А.*

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: knikerova@yandex.ru

При необходимости актуализировать информацию об участии ферментов антиоксидантной системы (АОС) в регуляции происходящих в растениях процессах на сайте Академия Google (<https://scholar.google.ru/>) наиболее релевантными работами последних лет оказываются те, что описывают стресс-реакцию ферментов АОС на резкое естественное или экспериментальное изменение абиотических и биотических факторов (Bhaduri, Fulekar, 2012; Caverzan et al., 2016; Gupta et al., 2018 и др.). При попытке сузить запрос до рассмотрения древесных растений суть полученных результатов не изменяется (Chen et al., 2006; Li et al., 2011 и др.), однако, встречаются единичные работы, которые рассматривают роль ферментов АОС при формировании разных по составу клеточных стенок (Ros-Barceló et al., 2006; Nikerova et al., 2022 и др.), а также затрагивают их участие в процессах дифференцировки камбиальных производных (Berta et al., 2005; Sudachkova et al., 2017; Elmongy et al., 2018; Serkova et al., 2022; Moshchenskaya et al., 2022 и др.). Нашим коллективом за последние 10 лет предпринята и успешно решена попытка охарактеризовать биохимический профиль ферментов АОС при альтернативных путях ксилогенеза при формировании узорчатой древесины у *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, косослойной и ядровой древесины у *Pinus sylvestris* L., при проведении рубок осветления у *Picea abies* (L.) H. Karst. Такие уникальные объекты и экспериментальные подходы позволяют изучить протекание донорно-акцепторных отношений между листовым аппаратом и тканями ствола. Это приводит к изменению состава клеточных стенок, что биохимически диагностируется отличиями в соотношении активных форм кислорода и фенольных соединений, регуляция которых во многом находится под контролем ферментов АОС и генов их регулирующих, и на практике приводит к преобладанию ростовых процессов или интенсификации лигнификации.

Работа выполнена за счет средств федерального бюджета по государственному заданию Института леса КарНЦ РАН и грантов РФФИ (№ 21-14-00204, 22-74-00133). Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «КарНЦ РАН».

СОДЕРЖАНИЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ОРГАНОГЕННЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАХ ПОЧВ КЕДРОВНИКОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Никифоров А. Н.

ФГБУН ИМКЭС СО РАН, Томск, Россия

E-mail: a.nik-n@mail.ru

На территории Томской области практически нет естественных монодоминантных кедровых лесов, они здесь представлены, как правило, припоселковыми кедровниками. В последние несколько лет на территории Томской области появился чужеродный союзный короед (*IpsAmitinus*), существенно повлиявший на жизненное состояние кедровников.

Исследования, проведенные в 2021 и 2023 гг. на территории нескольких припоселковых кедровников, показали, что почвы (как правило, темно-серые и черноземовидные) обладают сильной гумусированностью (свыше 5,5%). Вместе с тем даже сильная деградация древесного компонента леса существенно влияет на содержание и запасы углерода в минеральных и органогенных горизонтах почв. Так запасы углерода в органогенных и минеральных горизонтах (в пределах 100 см) одного из выбранных объектов в 2021 г. составляли 114,8 и 16,0 Т/га соответственно, а уже в 2023 г. он увеличился до 141,0 и 17,3 Т/га соответственно.

Последовательная деградация древостоя приводит к все большему накоплению мертвого органического материала на поверхности почв, его последующей минерализации и гумификации, а, следовательно, и к обогащению верхних минеральных горизонтов гумусом. В среднем изменения содержания углерода за два года исследования изменились следующим образом: в органогенных горизонтах, за счет увеличения своего объема и качества материала произошло увеличение на 9,2% (от 30,5 до 39,7%); в верхней части гумусоаккумулятивных горизонтов увеличение составило 3,9% (от 3,9 до 6,0%).

Таким образом, профильное распределение углерода не изменяется и носит радиально-регрессионный характер. Запасы углерода существенно возрастают в органогенных горизонтах и заметно изменяются в минеральных, что может быть связано с образованием лабильных соединений. Содержание углерода последовательно увеличивается.

Работа выполнена в рамках научной темы «Развитие системы мониторинга и комплексного анализа пулов и потоков парниковых газов болотных и лесных экосистем Западной Сибири», код научной темы: FWRG-2022-0001.

ВЛИЯНИЕ ВАЛЕЖНЫХ СТВОЛОВ *PICEA ABIES* НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОСУДИСЫХ РАСТЕНИЙ

Нуколова А. Ю., Кикеева А. В., Ромашкин И. В., Фомина Е. В., Крышень А. М.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: a.nukolova@yandex.ru

Гибель взрослых деревьев в лесах способствует увеличению гетерогенности среды. Валежная древесина в процессе своей физической и химической трансформации оказывает влияние на микроклиматические условия (Сафонов и др., 2017), состав и биологическую активность почвы не только под валежом (Błońska et al., 2017; Minnich et al., 2021), но и распространяется на близлежащее пространство (Gonzalez-Polo et al., 2013).

Цель наших исследований заключалась в изучении влияния валежных стволов *Piceaabies* на структуру напочвенного покрова. Исследование проведено в коренном среднетаежном ельнике на территории Государственного природного заповедника «Кивач» (Республика Карелия) летом 2023 г.

Влияние валежа на окружающую растительность оценено в разнотравной, разнотравно-черничной, вейниково-черничной и черничной микрогруппировках. Показано, что валежный ствол выступает фактором гетерогенности, вызывая обратимые изменения структуры исходного напочвенного покрова, отражаемые в обилии сосудистых растений, главным образом мелкотравья. Влияние его прослеживается на расстоянии до 20 см.

В условиях почвенно и флористически богатых и бедных растительных микрогруппировок отличие покрова сосудистых растений на валежном стволе от окружающего напочвенного покрова проявляется по-разному. Изменение однородности исходного покрова сосудистых растений в богатых и бедных условиях носят противоположно направленный характер. В относительно бедных условиях наблюдается снижение однородности покрова за счет появления новых видов и увеличения густоты их побегов. В богатых условиях, наоборот, уменьшается количество видов и увеличивается густота побегов некоторых видов.

С увеличением степени разложения валежа создаваемая им неоднородность условий сглаживается, различия в распределении сосудистых растений на валеже и окружающем участке постепенно нивелируются, и на 5-й стадии, когда поверхность валежа уже не возвышается над поверхностью почвы, структура напочвенного покрова возвращается к исходному состоянию.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 23-24-00371.

ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ НА ПОСТОЯННЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Овчинникова Н. Ф.

Институт леса им. В. Н. Сукачева, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: nf@ksc.krasn.ru

Еще 50 лет назад в Сибири на неохваченных лесозэксплуатацией территориях повысить продуктивность лесов на 10–15 % предполагалось за счет рационального использования лесосечного фонда без дополнительных капиталовложений на выращивание леса. С сокращением лесов, удовлетворяющих потребность в древесине, помимо рационального использования лесного фонда, на первый план выходит получение большего количества продукции с единицы площади при минимальных затратах средств на ее воспроизводство. При этом важен ассортимент древесных пород, биологические свойства которых сочетают быстроту роста и неприхотливость к условиям роста. Кроме того, естественные леса не всегда имеют оптимальную для конкретных условий структуру, обеспечивающую максимальную продуктивность, что подтверждено рядом исследований. Необходимым, но и наиболее сложным является долговременный мониторинг горных лесов, где из-за особенностей рельефа создаются разные условия формирования климата и на сравнительно небольшом пространстве формируются азональные, интразональные условия для развития растительности. Основным методом оценки экологических факторов в горах является их расчет по теоретическим формулам с учетом региональных коэффициентов, полученных экспериментально. Если экологические параметры крупных горных экосистем ранга высотно-поясных комплексов определены, то недостаточно изучены экологические параметры внутривидовых экосистем ранга геоморфологического комплекса, наличие которых обусловлено влиянием рельефа. Между тем, с понятием «геоморфологический комплекс типов леса» связывалась низшая экологическая ступень для дифференциации хозяйственных мероприятий в размере таксационного выдела. Для понимания насколько отдельными породами использованы лесорастительные возможности экотопов с 60-х гг. XX в. закладывались постоянные пробные площади в древостоях разного происхождения, состава и возраста в Красноярском крае. Сохранившиеся объекты и данные длительного мониторинга позволяют сделать выводы об особенностях лесовосстановления, динамике продуктивности, внутривидовой изменчивости и адаптации отдельных лесобразующих видов в Сибири (Овчинникова, 2005, 2021).

ОПЫТНЫЕ ПОСАДКИ *PINUS KORAIENSIS* SIEBOLD. ET ZUCC. НА ЮГЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Овчинникова Н. Ф.¹, Гриднев А. Н.², Живец Т. И.²

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

² ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, Уссурийск, Россия

E-mail: nf@ksc.krasn.ru, ru, gridnevan1956@mail.ru

Проблема качественного воспроизводства лесных ресурсов на региональных уровнях весьма актуальна. *Pinus koraiensis* Siebold. et Zucc., сосна кедровая корейская или кедр корейский, входит в состав древостоев, которые образуют до 30 и более видов деревьев. Однозначного мнения нет, почему кедр корейский растет как примесь, за исключением небольших участков, в кедрово-широколиственных лесах (Ефремов, 1996), которые на Дальнем Востоке наиболее социально-экономически значимы (Алексеев, 2014). С 1998 г. на кафедре лесных культур Приморской государственной сельскохозяйственной академии (ПГСХА) под руководством ее заведующего И. А. Павленко была начата работа по созданию географических культур из посадочного материала, выращенного на базе питомника Хабаровского селекционно-семеноводческого центра из семян, собранных в 20 лесхозах Хабаровского, Приморского краев и в Еврейской АО (Гриднев, Мамедова, 2014). Около 9 тыс. четырехлетних кедров в мае 2003 г. перевезли и высадили в Уссурийском районе в питомнике бывшего Учебно-опытного лесхоза ПГСХА рядами по схеме 1,5 × 1,0 м, с учетом места сбора семян. В 20-ти вариантах по происхождению семян, среди случайным образом отобранных в 2009 г. более 1700 шт. кедров, лучшим ростом отличалось потомство из семян, собранных в Хабаровском крае (Гриднев, Овчинникова, Мамедова, 2016). Для ослабления внутривидовой конкуренции весной 2007 и 2008 гг. почти 400 кедров, с учетом происхождения, пересадили по схеме 4 × 4 м на участок, расположенный в Баневуровском участковом лесничестве Уссурийского лесничества. Обследования несомкнувшихся посадок в 2015, 2017, 2020 гг. показали лучший рост и развитие потомства кедра из Хабаровского края. Кроме начала семяношения отдельных экземпляров, наблюдался вторичный и даже третичный сезонный рост побегов (Овчинникова, Гриднев, 2020, 2021). В сомкнувшихся посадках весной 2024 г. выражена многоствольность и кустообразная форма растений, что отрицательно сказывается на росте кедра (Гриднев, Овчинникова, Живец, 2024). Для выявления наиболее продуктивных климатипов из Хабаровского и Приморского краев, корректировки лесосеменного районирования кедра корейского, необходимо сохранение опытных посадок и продолжение исследований.

ОЦЕНКА ПОДРОСТА НА ЮГЕ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Пац Е. Н.

ИМКЭС СО РАН, Томск, Россия
E-mail: patz_imces@mail.ru

Роль лесных экосистем в сохранении углеродного баланса на территории России наиболее значима. Однако имеющиеся оценки пула углерода, полученные различными группами исследователей, исключали компоненты (подрост, подлесок), занимающие значительную часть фитоценоза. Целью настоящего исследования являлось выявление закономерностей и региональных особенностей распределения подроста.

В соответствии с заданием исследования проведены на пяти постоянных пробных площадях размером 50 × 50 м по методикам, разработанным в рамках «консорциума» по ВИП ГЗ. Подрост на всех площадях представлен хвойными породами, неравномерный, растет куртинами. Его численность от 160 до 929 шт./га, что характеризуется как неудовлетворительное возобновление. Пихтовый подрост преобладает на всех пробных площадях, кроме 10-11693153-ППП03-23, где больше ели. Его распределение по высоте демонстрирует приуроченность подроста к различным парцеллам: самый высокий растет в межкроновых парцеллах; средний по высоте в густых куртинах подлеска, а самые маленькие высоты у подроста, произрастающего в пихтовых подкроновых парцеллах.

Установлено несоответствие видового состава подлеска и подроста, выявленного в ходе геоботанических исследований (12 видов кустарников и 5 видов деревьев) и определенного по утвержденным методикам для оценки подроста и подлеска (7 видов кустарников и 3 древесные породы), а также средней высоты ярусов.

Исследования, проведенные в «квазиравновесных» пихтовых лесах Томь-Яйского междуречья, позволили выявить основные закономерности распределения и развития естественного возобновления. Ведущим фактором экосистемных трансформаций является изменение инсоляционного режима. При нарушении естественного цикла восстановления затягивается на неопределенно долгое время.

Исследования выполнены при поддержке инновационного проекта «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических систем» (регистрационный № 123030300031-6).

МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ПОЛУПУСТЫННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

Передриенко А. И., Крючков С. Н.

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия
E-mail: peredrienko-a@vfanc.ru

В последнее столетие произошло глобальное ухудшение экологической ситуации, приведшее к деградации почв, ослаблению способности атмосферы к саморегуляции и естественному восстановлению. В связи с этим уделяется большое внимание мероприятиям по борьбе с этим опасным явлением, среди которых важное место отводится агролесомелиорации.

Однако тяжелые природные условия на юге европейской части России обуславливают неудовлетворительное состояние защитных насаждений, которых в настоящее время здесь около 500 тыс. га (Агролесомелиорация, 2006). В связи с этим проблема повышения устойчивости весьма актуальна. Главными приемами в ее решении является селекция наиболее устойчивых видов, форм, гибридов деревьев и кустарников. Целью сохранения и воспроизводства насаждений и деревьев является использование их в генетико-селекционной работе (Технология выращивания..., 2021). Основные задачи аналитической селекции лесных пород – повышение устойчивости насаждений к неблагоприятным факторам среды, вредителям и болезням. Для этого необходимо иметь значительный генофонд для селекционной работы. К группе уникальных деревьев относятся деревья реликтовых форм и редкие, выдающиеся по росту, декоративности и деревья-долгожители, в значительной степени обусловленные биологическими наследственными особенностями. Используя такие деревья как маточники, можно создать более долговечные леса (Научно-методические указания..., 2022). Поэтому перевод лесного семеноводства на селекционно-генетическую основу в районах недостаточного увлажнения имеет особо важное значение, так как это поможет решить коренной вопрос степного лесоразведения в повышении жизнеспособности и долговечности искусственных насаждений.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО ПОЧВЕННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ПОЧВ

*Плотникова А. С.¹, Гопп Н. В.², Мешалкина Ю. Л.³, Нарыкова А. Н.¹,
Чернова О. В.⁴, Честных О. В.⁵*

¹ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия

² Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

³ Факультет почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

⁴ Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия

⁵ Биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: plotnikova-as-cepl@yandex.ru

Цифровое почвенное картографирование (ЦПК) представляет собой создание регрессионной модели пространственной или временной изменчивости почв и их свойств с использованием методов машинного обучения на основе данных полевых обследований и предикторов по факторам почвообразования. ЦПК основано на модели SCORPAN: S – почва, C – климат, O – организмы/растительность, R – рельеф, P – материнская порода, A – возраст, N – пространственное положение. ЦПК включает три этапа: (1) подготовка обучающей, валидационной выборки и предикторов; (2) моделирование факторно-индикаторных связей и пространственных зависимостей; (3) оценка качества моделирования.

В рамках исследований консорциума «РИТМ углерода» выполняется геопространственное моделирование запасов почвенного органического углерода (ПОУ) лесных экосистем на территории четырех пилотных регионов – республик Карелия и Коми, Московской и Новосибирской областей. По каждому региону собраны данные полевых обследований по запасам ПОУ, необходимые для обучения регрессионных моделей. Организации-участники консорциума в 2023 г. получили результаты полевых измерений в пределах тестовых полигонов интенсивного уровня 1 и 2 типа, тестовых полигонов экстенсивного уровня, постоянных пробных площадей в репрезентативных биогеоценозах. Помимо этого, были изучены данные из существующих БД почвенных свойств национального уровня – «Почвенные характеристики Северной Евразии» и Почвенно-географическая БД России.

В рамках первого этапа ЦПК выполнена подготовка предикторов модели SCORPAN, характеризующих почвы, климат и рельеф пилотных регионов. Предикторы с почвенными характеристиками подготовлены по данным *SoilGrids*, климатические характеристики получены из глобальной климатической базы данных *WorldClim-2.1*, для создания морфометрических величин рельефа была использована цифровая модель рельефа *ASTER GDEM V.2*.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ

Подвезенная М. А., Рыжова И. М., Телеснина В. М.

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: podvezennaya@yandex.ru

Сельскохозяйственное освоение почв лесной зоны России происходило волнообразно: земли то распахивались, то забрасывались. В последние десятилетия в лесной зоне площади выведенных из использования угодий постоянно увеличиваются. Восстановление исходной растительности приводит к изменению запасов органического вещества в экосистемах. Происходит увеличение запасов общего углерода, а также меняется его распределение по разным пулам. Естественное лесовосстановление приводит к изменению морфологии и свойств почв.

Скорость изменений содержания органического углерода различных компонентов биогеоценоза может существенно различаться и зависит от множества факторов, таких как исходные свойства освоенных почв, характер сельскохозяйственного воздействия, состояние почвы на момент вывода из хозяйственного использования, скорость лесовосстановления, которое зависит от доступности источника семян деревьев и наличия стадии развития сорно-рудерального высокотравья, затормаживающего развитие древесной растительности.

Изучение пяти сукцессионных рядов, расположенных в Мантуровском и Парфеньевском районах Костромской области, позволило установить, что скорость возобновления древостоя в течение постагрогенной сукцессии и, как следствие, секвестирование углерода многолетними частями древостоя определяется типом сельскохозяйственного использования, а именно внесением дополнительных органических веществ – целенаправленного удобрения навозом или привноса того же навоза в процессе выпаса скота. В рядах восстановления по огороду и выгону запасы $C_{\text{орг}}$ в слое 0–30 см составляют 8,88–12,95 кг/м². Пашни и сенокос накапливают лишь 2,59–5,19 кг/м². На ранних стадиях и в ряду зарастающего огорода ведущую роль играет пул почвенного органического вещества (2–100%). На стадии молодого леса 20–25 лет фитомасса начинает играть существенную роль в структуре запасов органического вещества (39–64%). С возрастом ее доля увеличивается до 70–76%.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121040800321-4).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОЖАРНО-ХИМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДОСТУПА К ЛЕСНЫМ ПОЖАРАМ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ (НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ)

Подольская Е. С., Ершов Д. В., Ковганко К. А.

ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия
E-mail: ekaterina.podolskaia@gmail.com

Пространственное расположение пожарно-химических станций (ПХС) является предметом постоянного исследовательского интереса, однако, можно отметить нехватку работ этого направления на уровне региона в мире и России. Выполнены моделирование и оценка предлагаемого расположения станций Красноярского края. Использовались база данных маршрутов наземного доступа к лесным пожарам (архив 2002–2022 гг. по спектрорадиометру MODIS), данные по ПХС указанного региона, наборы цифровых данных по населенным пунктам проекта Open Street Map (OSM) для возможного переноса ПХС. Результаты моделирования представлены для трех групп маршрутов доступа: продолжительностью три часа и менее, более трех часов и маршрутов любой продолжительности, что определяется методическим документом для лесного хозяйства РФ.

Предложенная схема расположения ПХС позволила улучшить доступность лесных пожаров при помощи размещения станций в населенных пунктах (39 из общего числа в 59 станций). Суммарно региональная наземная доступность мест локализации лесных пожаров изменилась в абсолютных значениях с 47331 в имеющейся до 48905 пожаров в предлагаемой схемах. Полученная схема размещения станций является более оптимальной чем существующая, поскольку обеспечивает доступ к дополнительным 20% лесных пожаров при уменьшении средневзвешенного времени выезда к ним на 30%. Описанная методика позволит повысить эффективность тушения лесных пожаров в пожароопасный период года.

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания ЦЭПЛ РАН 2024–2026 гг. «Биоразнообразие и экосистемные функции лесов» (регистрационный № 124013000750-1).

ПРЯМЫЕ ПОЖАРНЫЕ ЭМИССИИ В СИБИРИ ЗА ПЕРИОД СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ 2002–2023 гг.

Пономарев Е. И.¹, Забродин А. Н.², Швецов Е. Г.¹, Пономарева Т. В.¹

¹ Институт леса СО РАН, Красноярск, Россия

² ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: evg@ksc.krasn.ru

В работе обобщены сведения о характеристиках пожаров на территории Сибири и выполнены оценки вариативности интенсивности пожаров на основе методики Fire Radiative Power (FRP) с привязкой к вариантам растительного покрова Сибири (Сервис «Вега-Про», ИКИ РАН). Для вычислений эмиссий использовалась адаптированная методика Сейлера–Крутцена (1980), где входные параметры рассматривались как функции интенсивности пожара f (FRP) (Пономарев, 2021).

Установлено, что в целом для территории Сибири за период 2002–2023 гг. был характерен тренд роста пожаров высокой интенсивности. Усреднение по двум последним десятилетиям позволяет констатировать рост площади высокоинтенсивных пожаров в три раза с $0,63 \pm 0,31$ млн га/год (за период 2002–2011 гг.) до $2,5 \pm 0,92$ в 2020–2023 гг. (Пономарев et al., 2023). Тенденция характерна для значительной части территории Сибири (~30%), для ареала произрастания лиственничных лесов и редколесий и тундры, что определяет усиление фактора пожарного воздействия и на древостои (Пономарев et al., 2022), и на компоненты напочвенного покрова и на функционирование сезонно-талого слоя (Пономарева и др., 2022).

Показано, что на фоне относительно стабильных значений удельных эмиссий при низкоинтенсивных (9,0–10,0 т/га) и среднеинтенсивных пожарах (12,0–14,5 т/га) пожары высокой интенсивности характеризуются двукратным увеличением с ~15,0 т/га с начала 2000-х гг. до > 30,0 т/га в 2020–2023 гг.

Пожарные эмиссии демонстрируют устойчивый тренд роста от $60,0 \pm 25,8$ Тг/год в 2002–2011 гг. до $296,0 \pm 102,0$ Тг/год в течение сезонов 2020–2022 гг. Прогнозируемые на период до 2027 г. объемы выбросов от пожаров составляют > 300 Тг С/год, что определяет 5–20% нетто эмиссий парниковых газов РФ (Пономарев et al., 2023). При этом пожарные эмиссии части лесов Сибири в перспективе могут превышать сток, определяя положительный баланс углерода.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-14-20007, <https://rscf.ru/project/23-14-20007/>, Красноярского краевого фонда науки.

УХОДЫ ЗА ОБЪЕКТАМИ ЕГСК С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕРБИЦИДОВ СПОСОБОМ ИНЪЕКЦИИ

Постников А. М., Егоров А. Б., Бубнов А. А., Павлюченкова Л. Н.

ФБУ «СПбНИИЛХ», Санкт-Петербург, Россия
E-mail: a.postnikov@spb-niilh.ru

Различные объекты ЕГСК (лесосеменные плантации, постоянные лесосеменные участки, маточные плантации, географические и испытательные культуры и др.) нуждаются в качественных регулярных уходах за ними для устранения конкурирующей древесной растительности с целью обеспечить благоприятные условия роста, высокую сохранность и обильное плодоношение целевых пород. Устранение нежелательных древесных пород механическим способом (рубка, срезание) – достаточно трудоемкая операция, которая требует неоднократного проведения. Наиболее перспективно применение гербицидов способом инъекции в стволы деревьев – при этом многократно сокращаются трудозатраты и обеспечивается безопасность культур.

С целью разработки технологических регламентов изучали гербициды торнадо (360 г/л глифосата кислоты), арбонал (250 г/л имазапира) и их смеси в различных сочетаниях. Полевые опыты проводились в Гатчинском районе Ленинградской области на отдельных деревьях осины и ольхи серой диаметром 8–12 см. При закладке опытов руководствовались общепринятой методикой испытаний гербицидов.

Установлено, что торнадо в дозе 0,20 мл/дерево обеспечивает полное отмирание всех обработанных деревьев осины, в дозе 0,55 мл/дерево – ольхи серой. Арбонал в дозе 0,08 мл/дерево полностью подавляет ольху серую, в дозе 0,16 мл/дерево – осину. Смесь торнадо, 0,25 мл/дерево + арбонал, 0,06 мл/дерево обеспечивает отмирание, как осины, так и ольхи серой. Делается всего одна насечка на дерево глубиной около 1 см в древесине на удобной высоте для обработки. Данные регламенты можно применять также и для борьбы с видами ивы и березы. Уборка обработанных и отмерших деревьев не требуется, полностью предотвращается их вегетативное возобновление.

Гербициды торнадо и арбонал включены в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации в лесном хозяйстве способом инъекции в стволы деревьев нежелательных пород.

Финансирование исследований осуществлялось Федеральным агентством лесного хозяйства по государственному заданию ФБУ «СПбНИИЛХ».

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ СО₂/Н₂О-ГАЗООБМЕНА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СПЕЛЫХ И ПЕРЕСТОЙНЫХ ЛЕСАХ КАРЕЛИИ

Придача В. Б., Семин Д. Е., Фокина Е. А., Семенова Л. И.,
Туманик Н. В., Тарелкина Т. В., Галибина Н. А.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: pridacha@krc.karelia.ru

Реализация важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» требует проведения комплексных исследований по изучению изменчивости эмиссии и поглощения парниковых газов природными экосистемами. Показатели СО₂ и Н₂О-газообмена растений являются надежными индикаторами состояния лесных экосистем, позволяющими оценить не только изменчивость, но и устойчивость сообществ. Анализ составляющих углеродного и водного баланса спелых и перестойных насаждений в контексте проблем углеродной нейтральности представляет особую актуальность. Целью работы была оценка влияния абиотических факторов на параметры СО₂/Н₂О-газообмена высоких деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в спелых и перестойных лесах Карелии. Исследование проводили на тестовом полигоне на территории заповедника «Кивач» в среднетаежной подзоне Карелии в мае–августе 2023–2024 гг. Пробные площади заложены в сосняках черничных и брусничных, различающихся таксационными, геоботаническими и почвенными характеристиками. Средний возраст модельных деревьев сосны составил 170 лет, высота – 23,5–30,3 м, диаметр – 27,3–47,6 см. В ходе исследования проведена межбиогеоценотическая оценка параметров фотосинтеза и транспирации, водного статуса, а также анатомических и гидравлических характеристик ксилемы сосны. Отмечено влияние климатических факторов на структурно-функциональные характеристики деревьев сосны. Полученные показатели могут быть использованы в качестве входных параметров в математических моделях продукционного процесса и водного цикла наземных экосистем для определения возможного отклика СО₂/Н₂О бюджета лесных экосистем Карелии на будущие климатические изменения.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

УЧЕТ РАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В ОЦЕНКАХ ПРОДУКТИВНОСТИ НАСАЖДЕНИЙ И СТОКА УГЛЕРОДА НА ТЕРРИТОРИИ ДАНКОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА (ЮЖНОЕ ПОДМОСКОВЬЕ)

*Припутина И. В.¹, Шанин В. Н.^{1,2}, Фролов П. В.¹,
Чумаченко С. И.^{2,3}, Тебенькова Д. Н.²*

¹ ИФХиБПП РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пушкино, Россия

² ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия

³ Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищи, Россия

E-mail: priputina@pbcra.ru

Влияние лесорастительных условий (ТЛУ) на продуктивность лесных насаждений – общепризнанный факт. Цель данной работы – проанализировать, как разнообразие ТЛУ влияет на полученные методами имитационного моделирования территориальные оценки продукции фитомассы древостоев и нетто-поглощения углерода. Объект исследования – Данковское лесничество (юг Московской обл., подзона хвойно-широколиственных лесов; площадь лесопокрытых земель – 6836 га, количество таксационных выделов – 2302). В древостоях преобладают сосна, береза и осина (> 80 % по запасу); ель и широколиственные виды менее представлены. Средний возраст насаждений – 63 года, средняя полнота – 0,73, средний класс бонитета – 1,4. Разнообразие ТЛУ соответствует девяти типам эдафической сетки Погребняка с преобладанием С2 и С3 по площади и количеству выделов. Расчеты основаны на интеграции имитационных моделей FORRUS-S (древостой), Romul_Hum (почва), SCLISS (почвенный климат). Моделировали 100-летнюю динамику насаждений в лесохозяйственном (добровольно-выборочные рубки в два приема с уборкой порубочных остатков и сухостоя с лесосеки, естественное зарастивание с полным циклом ухода и ориентацией на выращивание хвойной секции) и заповедном (отсутствие любых воздействий) сценариях. Оценки выполнены для «стационарного» климата по данным 1981–2010 гг. Согласно полученным данным, разнообразие ТЛУ, видовое разнообразие и разновозрастность насаждений определяют значительное варьирование показателей продукции и запаса древостоев на уровне таксационных выделов. Рост запасов, показанный для многих выделов, объясняется повышенной продуктивностью молодых и средневозрастных насаждений, доминирующих в начальной структуре лесов. На уровне медианных значений для ТЛУ, высокие оценки запаса древесины получены для ТЛУ А2 и В2, которым соответствуют чистые сосновые древостои, сохраняющие при заповедании высокую продуктивность на всем временном отрезке моделирования, тогда как сценарий с рубками прогнозирует для этих ТЛУ заметное снижение запасов, начиная с 50–60 временного шага. Для более богатых ТЛУ В3, С2 и С3 медианные оценки запасов чуть ниже, но именно эти ТЛУ обеспечивают максимальные величины депонирования углерода в биомассе некоторых выделов и высокие показатели продукции древостоев в целом для лесничества.

Работа выполнена в рамках ВИП ГЗ (регистрационный № 123030300031-6).

ФАКТОР ГУСТОТЫ И КОРРЕЛЯТИВНАЯ СЕЛЕКЦИЯ В ЛЕСОВЫРАЩИВАНИИ

Рогозин М. В.

ПГАТУ, Пермь, Россия
E-mail: rog-mikhail@yandex.ru

В лесовыращивании густота – один из главных факторов. Мы выяснили, что в 55-летних культурах сосны на 24-х пробных площадях их ретрогустота в 30 лет (1153–2207 дер./га) детерминировала диаметр деревьев спустя 25 лет на 73% и их отпад на 22%. Это влияние *на уровне древостоя*. На уровне *микроценоза* рассчитывали обратную густоте величину – площадь питания дерева (ППД) у 2 тыс. отпавших и живых деревьев. На их диаметры ППД как фактор повлияла всего лишь на 1,8 и на 9,4% при корреляциях $0,134 \pm 0,057$ и $0,307 \pm 0,020$ (Рогозин, 2022), а имитация выборки 94 деревьев с ППД в два раза больше средней показала, что в ней все равно погибли 9,6% деревьев (Рогозин, 2022, с. 83). Это согласуется с данными С. Н. Сеннова (2005), когда несмотря на сильные прореживания в 40 лет деревья после них к спелому возрасту погибали точно так же, как и в контроле. Вполне очевидно, что при таком слабом влиянии густоты в микроценозах при уходе за лесом начиная примерно с 30 лет густота уже не может быть главным фактором регуляции в моделях выращивания леса – ее снижение будет запоздалым и поэтому теоретически несостоятельным. Но если ее проводить в 10–15 лет, то древостой будет развиваться по наиболее продуктивным моделям (Разин, 1979; Рябоконь, 1999). В таких моделях, кроме закона естественного изреживания, учитывается еще по меньшей мере пять законов развития древостоев, о которых рассказано в нашем учебном пособии по лесоведению (Рогозин, 2019). Законы эти вполне объясняют обнаруженное слабое влияние густоты на размеры и отпад деревьев в микроценозах, однако, Правила ухода за лесом (2020) эти законы развития леса пока не учитывают.

Генотип влияет на рост дерева примерно на 30% (Тараканов и др., 2008; Царев и др., 2018), т. е. в разы сильнее, чем площади питания дерева, поэтому вклад селекционного материала в продуктивность плантаций будет выше. Если же суммировать влияние ППД (9,4%) и генотипа (~30%), то при прочих равных условиях (почва, увлажнение и проч.) остаются неизвестными еще 60% факторов. Среди них, по-видимому, действует фактор геоактивных зон и их взаимодействие с генотипом дерева. Как следствие, образуются места формирования крупных деревьев, где в почве электрический ток в два раза выше, а там, где таких зон нет, нет и деревьев-лидеров (Марченко, 1995). Существуют и патогенные зоны, вызывающие отпад деревьев в 90,7% случаев (Рогозин, 2023). Эти результаты показывают, что следует приступить к исследованию *энергетической среды* обитания материнских деревьев, а далее коррелировать ее показатели с ростом потомства. Такие корреляции мы уже наблюдали в 6–18-летнем потомстве сосны обыкновенной (Рогозин, 2016).

СРАВНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО И ВЕКТОРНОГО МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ РАЗЛОЖЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ВАЛЕЖА

Ромашкин И. В.¹, Капица Е. А.², Шорохова Е. В.²

¹ Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

² СПбГЛТУ им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: romashkin@krc.karelia.ru

Среди методических подходов, используемых для оценки скорости разложения крупных древесных остатков (КДО), наиболее распространены два метода – временных рядов (*time-series*) (Edmonds, Eglitus, 1989; Harmon et al., 1994; Brown et al., 1996) и пространственных рядов (*chronosequence*) (Harmon et al., 1987; Shorohova et al., 2016, 2019). Значительно реже используют векторный метод (*vector*) (Harmon et al., 2000), представляющий собой комбинацию временного и пространственного подходов и основанный на построении моделей разложения по фактической потере плотности образцов, отображенных с одних и тех же объектов в разное время.

Нами проведено сравнение пространственного и векторного методов оценки скорости разложения КДО на территории ГПЗ «Кивач» в условиях старовозрастного среднетаежного ельника черничного. Объектом исследования выступал валеж основных лесообразующих пород – *Picea abies* Karst., *Pinus sylvestris* L., *Betula* spp. (*Betula pubescens* Ehrh. и *Betula pendula* Roth.) и *Populus tremula* L. Отбор образцов древесины производили в нескольких повторностях в радиальном и тангентальном направлениях с одних и тех же валежных стволов в 2017 и 2021 гг., получив таким образом четырехлетний интервал разложения. Скорость разложения (k , год⁻¹) рассчитывали на основе экспоненциальной модели потери базисной плотности образца.

Средние значения k , полученные с использованием двух методов, были либо равны, либо значимо не отличались для каждой из рассматриваемых древесных пород. Средняя скорость разложения, рассчитанная с использованием пространственного и векторного методов соответственно, составила для *P. sylvestris* –0,013 и –0,017 год⁻¹, для *P. abies* – –0,028 и –0,027 год⁻¹, *Betula* spp. – –0,032 и –0,031 год⁻¹, *P. tremula* – –0,033 и –0,039 год⁻¹. Наибольшие различия между методами отмечены у валежа *P. sylvestris*, что, по нашему мнению, связано с более выраженной неравномерностью разложения ствола в различных направлениях по сравнению с другими породами.

Полученные результаты показали сопоставимость двух методических подходов при условии учета видоспецифичности и неоднородности разложения валежных стволов различных древесных пород. Это допускает возможность комбинирования рассматриваемых методов при изучении процессов разложения КДО.

ОЦЕНКА СУКЦЕССИОННОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Рыжкова В. А., Данилова И. В., Корец М. А.

ФИЦ КНЦ СО РАН ИЛИ СО РАН, Красноярск, Россия
E-mail: vera@ksc.krasn.ru

Разработка автоматизированных подходов к оценке сукцессионной динамики лесов является актуальной задачей в связи с необходимостью мониторинга темпов трансформации лесного покрова в результате антропогенных воздействий.

Цель работы – анализ трендов сукцессионной динамики лесного покрова на примере равнинных и горных участков юга Средней Сибири с использованием ГИС-технологий. Генетические принципы классификации являются методологической основой изучения лесовосстановительных сукцессий (Колесников, 1956; Смолоногов и др., 1972, 1993).

Разработан подход, позволяющий на основе анализа разнородных данных в ГИС (климатических, геоморфологических, орографических, почвенно-гидрологических) выделять участки территории, относительно однородные по комплексу условий среды (климату, топографическому положению, сочетанию элементов или форм мезорельефа, почвам), т. е. по экологическим режимам, создающим определенный лесорастительный эффект.

Для автоматизированной классификации характеристик рельефа (абсолютная высота, экспозиция и уклон склона), определяемых по ЦМР, использовали как пиксельный метод (алгоритм кластеризации ISODATA), так и объектно-ориентированный (сегментация по методу Multiresolution). На основе сопряженного анализа ЦМР, тематических карт, материалов наземных исследований сформированы карты потенциальных условий местопроизрастания в виде слоев разных уровней детализации как основа для оценки направления и скорости сукцессий в разных лесорастительных условиях. С использованием данных лесоустройства сформированы восстановительные и естественные возрастные сукцессионные ряды коренных сосновых, елово-пихтовых, кедровых и лиственничных лесов в разных типах лесорастительных условий.

Показаны особенности формирования запаса коренных насаждений в результате изменения роли разных древесных пород в ходе естественных сукцессий на протяжении 300–350 лет в разных типах лесорастительных условий равнинных и горных участков юга Средней Сибири.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Рыжова И. М., Телеснина В. М., Подвезенная М. А.

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
E-mail: vtelesnina@mail.ru

В докладе обсуждаются результаты моделирования динамики запасов органического углерода в почвах лесных экосистем на основе модели SOCS (Soil Organic Carbon Saturation), отражающей концепцию насыщения почвы органическим углеродом. Модель основана на предположении, что по мере заполнения углерод-протекторной емкости почвы уменьшается ее способность к защите органического вещества от микробного разложения. Она не описывает в явном виде каждый из механизмов стабилизации органического углерода почве, а оценивает их интегральное влияние на поведение системы. В отличие от традиционных моделей, в которых пулы органического вещества являются концептуальными, выделяются по скоростям оборота и в большинстве случаев не имеют экспериментальных аналогов, модель SOCS описывает динамику свободного (незащищенного) и защищенного органического вещества. Эти пулы измеримы, их оценки могут быть получены по результатам гранулометрического или грануло-денсиметрического фракционирования (Georgiou et al., 2022; Семенов и др., 2023). Проведенный анализ показал, что в отличие от традиционных моделей, демонстрирующих линейный рост стационарных запасов органического вещества почв с увеличением поступления углерода в почву, в соответствии с моделью SOCS линейно увеличивается только запас свободного органического вещества, тогда как запас защищенного органического углерода асимптотически приближается к емкости насыщения. Она определяется минералогией и гранулометрическим составом почв, а степень насыщения зависит от климата, растительного покрова и характера землепользования (Когут, Семенов, 2020; Georgiou et al., 2022). Результаты расчетов, выполненные для дерново-подзолистых почв лесных экосистем (Московская, Костромская обл.), согласуются с литературными данными (Артемьева, 2010; Ерохова и др., 2014). Они свидетельствуют о высоком потенциале депонирования углерода этими почвами, так степень насыщения в среднем составляет 35% от емкости насыщения.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджета углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОМАССЫ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Рябов Н. С., Исаева Л. Г.

ИППЭС КНЦ РАН, Апатиты, Россия
E-mail: n.ryabov@ksc.ru; l.isaeva@ksc.ru

На лесные экосистемы Мурманской области значительное негативное воздействие оказывает аэротехногенное загрязнение соединениями Cu, Ni и SO⁴ производственной площадки Кольской ГМК «Североникель» (г. Мончегорск).

В 1990-е гг. заложена мониторинговая сеть площадок постоянного наблюдения (ППН) и определены коэффициенты регрессии, описывающие связи дендрометрических параметров и фитомассу фракций древесных растений (Лукина, Никонов, 1996). Используя эти коэффициенты и результаты таксационных исследований 2009 и 2019 гг., были оценены изменения запасов фитомассы сосновых древостоев в зоне дефолирующих лесов. Таксация на ППН проводилась на четырех площадках площадью 100 м². Деревья диаметром менее шести см относились к подросту.

Сосняк кустарничково-лишайниковый (М1К4) возрастом 80–100 лет (10С) находится в 48 км на ЮЮЗ от комбината. Средний диаметр живых деревьев увеличился на 1,1 см, высота – на 1,6 м. Сумма площадей сечений выросла на 5,8 м²/га.

В сосняке лишайниково-кустарничковом (М1К5), 100–120 лет (9С1Б) в 30 км на ЮЮЗ от источника загрязнения средний диаметр и высота живых деревьев сосны выросли на 1,1 см и 0,4 м соответственно. Диаметры берез на ППН не изменились, средняя высота их уменьшилась на 0,9 м. Сумма площадей сечений всего древостоя выросла на 16,7 м²/га. Количество живых деревьев увеличилось на 425 шт./га.

На ППН М1К4 среднее значение фитомассы древесины сосны на ППН за десять лет увеличилось на 4 кг, коры – на 0,6 кг, отмерших ветвей – на 0,5 кг, ветвей живых тонких – на 0,7 кг, крупных – на 1,2 кг, масса хвои текущего года – на 0,2 кг, многолетней – на 0,7 кг. Фитомасса древостоя в целом увеличилась на 23 т/га.

Древесина деревьев сосны на ППН М1К5 в среднем повысилась в массе на 3,6 кг, кора – на 0,4 кг, ветви отмершие – на 0,3 кг, живые тонкие ветви – на 0,2 кг, крупные живые ветви – на 0,3 кг, хвоя текущего года прибавила в массе на 0,02 кг, а многолетняя – на 0,08 кг. Фитомасса соснового древостоя увеличилась на 30,7 т/га.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПИХТОВЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО САХАЛИНА

Сабиров Р. Н.

ИМГиГ ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: r.sabirov@imgg.ru

Пихтовые леса являются господствующей формацией в южной части Сахалина и в этой связи при геоботаническом районировании острова (Толмачев, 1955) выделены в подзону темнохвойных лесов с преобладанием пихты сахалинской (*Abies sachalinensis*), которые до колонизации юга Сахалина составляли 80% лесопокрытой площади. Однако в результате многолетних промышленных рубок, пожаров, сельскохозяйственного освоения и других антропогенных преобразований природных ландшафтов не только в японский, но и в советский периоды, 87% лесов от общей площади южной части острова оказались нарушенными в средней и сильной степени. Наибольшую трансформацию претерпели темнохвойные леса, которые в настоящее время представлены в основном вторичными сообществами или замещены производными каменноберезняками (Сабиров, 2018, 2021; Sabirov et al., 2021). Небольшие массивы зональных лесов сохранились на удаленных участках и в некоторых ООПТ острова.

На юге Сахалина наиболее продуктивные высокобонитетные пихтовые насаждения формируются в папоротниковых типах леса, на богатых, дренированных почвах и в спелом возрасте нередко достигают 420–510 куб. м на 1 га. Зеленомошные пихтарники занимают небольшие площади, произрастают на горных склонах северных экспозиций, характеризуются II–III (IV) классами бонитета, двух-, иногда трехъярусные, с максимальным запасом до 350–400 куб. м на га. Разнотравные и крупнотравные типы пихтовых лесов фрагментарно встречаются довольно регулярно, приурочены к переувлажненным экотопам, прежде всего к поймам рек и речек, древостой с куртинно-групповым размещением и запасами 230–320 куб. м на га. Кустарниковые типы лесов располагаются на горных склонах узкой полосой, обычно на верхнем пределе распространения темнохвойных лесов, в составе древостоя заметное участие принимает постоянный спутник пихты – ель аянская (*Picea ajanensis*), а также береза каменная (*Betula ermanii*), запасы варьируют в пределах 110–190 куб. м на га. Бамбучниковые типы пихтовых лесов, с учетом вторичных сообществ, в настоящее время распространены очень широко, производительность низкая (IV–V классы бонитета), характерна общая разреженность и групповое размещение древостоев, запасы составляют 70–140 куб. м на га. Бамбучниковые типы леса в нашей стране встречаются только на Сахалине и являются региональной особенностью лесов.

ДИНАМИКА СТАРОВОЗРАСТНОГО КЕДРОВНИКА НА СТАДИИ РАСПАДА ЗА 50-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ В СИХОТЭ-АЛИНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Сало М. А.¹, Иванов А. В.², Бондарчук С. Н.¹

¹ Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный заповедник,
п. Терней, Приморский край, Россия

² ИГИП ДВО РАН, Благовещенск, Россия
E-mail: salo_mihail@mail.ru, aleksandr86@mail.ru

Постоянные пробные площади (ППП) – стационарные объекты лесоводственных исследований, на которых анализируется структура и динамика лесных растительных сообществ. На территории Сихотэ-Алинского заповедника (Приморский край) за последние 70 лет создана сеть из более чем 40 постоянных пробных площадей. Пробные площади охватывают широкий спектр лесных формаций и типов леса и позволяют рассматривать как естественную динамику насаждений, так и влияние на лес нарушающих воздействий (пожары, ветровалы, усыхания).

Цель настоящего исследования – проанализировать динамику старовозрастного кедровника, находящегося на стадии распада старшего поколения кедра. Объект исследования – постоянная пробная площадь № 4, заложенная в 1975 г. И. А. Флягиной на западном макросклоне Сихотэ-Алиня, в бассейне р. Колумбе (приток Серокаменка); размер ППП 100 × 100 м; высота над уровнем моря 630 м, склон западный, крутизна 10°; почва хорошо дренируемая, тип леса – кедровник вальдштейниевый. Ревизии пробной площади проводились в 1975, 1986, 2003 и 2023 гг. К моменту закладки пробной площади древостой имел запас 423 м³/га, кедр корейский занимал в составе насаждения 78%. И. Ф. Флягина дает насаждению следующую характеристику: «древостой перестойного характера, неравномерной сомкнутости». Средний и максимальный диаметр кедра в древостое в 1975 г. составляли соответственно 60,1 и 94 см, а средняя высота – 32 м. Среди модельных деревьев были кедры с возрастом 365, 377, 466 лет. Таким образом, исследуемый кедровник является наиболее старым насаждением среди всех лесов пробных площадей на территории заповедника.

В ревизиях последующих лет наблюдается снижение прироста и увеличение отпада, что связано с достижением древостоем состояния естественного распада. Запас живых деревьев изменялся по годам ревизии следующим образом: 1975 г. – 423, 1986 г. – 441, 2003 г. – 410, 2023 г. – 290 м³/га. За три межревизионных периода общий прирост древостоя характеризуется следующей динамикой: 7,2 (1975–1986 гг.), 3,9 (1987–2003 гг.) и 2,7 м³/(га год) (2004–2023 гг.); соответствующие значения отпада составляют 5,7, 5,8 и 8,7 м³/(га год). Таким образом, начиная с 1986 г. кедровник на пробной площади характеризуется отрицательными значениями чистого прироста. Тонкомерные деревья нижнего яруса древостоя, возникшие в окнах распада, еще не компенсируют своими приростами больших величин отпада крупномерных стволов кедра.

Анализ состояния подроста на пробной площади дает основания предполагать, что в исследуемом насаждении не будет происходить полной смены пород. Подрост кедра, произрастающий в смеси с пихтой и кленами, на пробной площади характеризуется высокой плотностью 2450 шт./га и средней высотой 1,3 м, что является достаточным для формирования кедрового насаждения. Важным фактором, содействующим успешному возобновлению кедра, является невысокое проективное покрытие травянистого яруса.

ПОСТПИРОГЕННАЯ СУКЦЕССИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БАЛГАЗЫНСКОГО СОСНОВОГО БОРА В ТЫВЕ

Самбуу А. Д., Данылдай А. Б.

ГБНУ Республики Тыва «Центр биосферных исследований», Кызыл, Россия
E-mail: sambuu@mail.ru

Естественные лесные пожары, возникающие от молний во время сухой грозы, относятся к природным явлениям экосистем. Такие пожары являются периодически действующим экологическим фактором, которые нередко сохраняют уникальные светлохвойные леса Южного Урала, увеличивают биоразнообразие, играют значимую роль и в формировании лесных экосистем, являясь неотъемлемым элементом лесовозобновления. В связи с увеличением возникновения степных, лесостепных и лесных пожаров, которые имеют антропогенное происхождение, естественные природные экосистемы претерпевают большие изменения. Причиной становятся весенние отжиги и неосторожное обращение с огнем местных жителей.

В зависимости от вида и интенсивности пожара, процесс восстановления подлеска Балгазынского соснового бора в Республике Тыва различен. Во время полевых исследований 2008–2022 гг. установлено, что после низовых пожаров многолетние травы и кустарнички начинают отрастать, т. е. для них наступает этап демуляции. Запас подстилки в послепожарный период уменьшается из-за нарушения баланса между поступлением в подстилку детрита и его разложением. Происходит резкое сокращение видового разнообразия экосистем.

Уничтожение огнем подстилки, растительности, подлеска, подроста и древесного яруса ведет к резкому повышению освещенности, также меняется интенсивность проникновения осадков на ее поверхность, изменяется температурный режим почвы и влажность приземного воздуха, снижается биомасса растительного вещества. В последующие годы это приводит к резкому уменьшению притока питательных веществ в корневище, что замедляет рост придаточных корней и развитие всех вегетативных побегов. Таким образом, пирогенные сукцессии детерминированы и направлены развиваются в сторону исходной экосистемы.

Работа выполнялась в рамках ВИП ГЗ (регистрационный № 1022090600007-9).

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПРОВОДЯЩИХ ТКАНЕЙ СТВОЛА ПОДРОСТА ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ПОСЛЕ РУБКИ УХОДА

Серкова А. А., Тарелкина Т. В., Иванова Д. С., Качанова Е. В., Семенова Л. И.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: aserkova@krc.karelia.ru

Структурные перестройки тканей ствола у подростка хвойных деревьев после сплошных рубок на сегодняшний день практически не исследованы.

Эксперимент был проведен в ельнике черничном. В 2000 г. была проведена проходная рубка, а в 2018 г. – сплошная рубка с сохранением семенной куртины по краям подростка. Тем самым образовалось два пробных участка – вырубка и семенная куртина. На каждом участке были отобраны по десять деревьев подростка ели европейской. Образцы для микроскопического анализа были отобраны в период активного камбиального роста (июль 2020 г.). Фиксацию образцов и изготовление поперечных срезов тканей проводили по общепринятым методикам.

Микроскопический анализ отобранных образцов показал, что через два года после рубки у подростка на вырубке общая ширина вторичной флоэмы была достоверно выше по сравнению с подростом из семенной куртины. Увеличение ширины вторичной флоэмы на вырубке произошло, по-видимому, вследствие увеличения ширины годичных приростов проводящей флоэмы. При этом увеличение ширины проводящей флоэмы происходило как за счет увеличения количества клеток в ряду, так и за счет увеличения их размеров. В то же время доли различных элементов в составе проводящей флоэмы практически не изменились. Чтобы оценить, как изменяется транспорт ассимилятов у подростка ели на вырубке и в семенной куртине, мы вычислили суммарную проводимость для 100 ситовидных клеток ранней и поздней флоэмы в каждом образце. У подростка на вырубке эти показатели были в 2,3 и 1,75 раза выше, соответственно, по сравнению с подростом из семенной куртины.

Из всего сказанного можно сделать заключение, что в условиях лучшей обеспеченности камбиальной зоны фотосинтатами у подростка на вырубке закладываются более широкие приросты проводящей флоэмы по сравнению с приростами из семенной куртины. В свою очередь увеличение числа и размеров ситовидных клеток в проводящей флоэме создает условия для более интенсивного транспорта ассимилятов из кроны к корневой системе.

Исследование выполнялось в рамках Государственного задания Института леса КарНЦ РАН.

ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОСТИ ДРЕВОСТОЕВ И ЕЕ ОЦЕНКА

Синькевич С. М.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: sergei.sinkevich@krc.karelia.ru

Продуктивность леса – это количество различных ресурсов, произведенных лесом за определенный период времени на единице площади (Энциклопедия..., 2006). Поскольку более 95 % биологической продуктивности составляет древесина (Швиденко и др., 2006), достаточно полным представляется определение общей продуктивности леса как суммарного объема древесины, произведенной лесным насаждением за период его существования (наличный запас + суммарный отпад).

Лес – один из типов растительного покрова Земли, поэтому оценка его продуктивности подразумевает соответствующий территориальный охват – от уровня урочища и выше. Во временном масштабе период оценки продуктивности должен охватывать все этапы развития составляющих лес древостоев с учетом их возрастной структуры (Дыренков, 1983). Для соблюдения этих условий необходимы долговременные наблюдения в стационарах, сохранность которых часто проблематична.

Общепризнанная методика подбора древостоев одного возрастного ряда (Третьяков, 1956; Моисеев и др., 1968) изначально предусматривала наличие объектов с повторными краткосрочными наблюдениями, но практически ограничена разовыми измерениями и анализом модельных деревьев. Полученные сведения о динамике прироста и отпада основываются на закономерностях, свойственных климату позапрошлого века, а время стояния сухостоя на корню не учитывается вовсе. Такие данные о ходе роста, тем не менее, достаточны для планирования экстенсивного лесопользования и будут востребованы до появления новых результатов массовых исследований, методика которых до сих пор является предметом дискуссий.

Большинство краткосрочных массовых наблюдений в большинстве случаев не учитывает цикличности древесного прироста, которая неодинаково проявляется в различных почвенно-гидрологических условиях, асинхронна даже в соседних регионах (Феклистов, Барзут, 1986; Синькевич, 1996) и характеризуется противоположной реакцией хвойных и лиственных пород (Синькевич, 2023). Все перечисленное в особенности касается древостоев, подвергающихся интенсивному хозяйственному воздействию, для которых оценка и прогнозирование продуктивности являются ключевым моментом организации интенсивного лесопользования.

Исследование выполнено в рамках государственных заданий ФИЦ КарНЦ РАН (Институт леса).

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ *PÍNUS SYLVÉSTRIS L.*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЗОНЕ ЧАЭС

Смирнова А. С., Ханова А. С., Гераськин С. А.

НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, Обнинск, Россия
E-mail: sas.smirnova@mail.ru

Оценена активность супероксиддисмутазы (СОД) в хвое сосны обыкновенной, произрастающей в зоне хронического радиационного воздействия в разное время года. Отбор проб проводили в мае и ноябре 2023 г. в Гомельской области Республики Беларусь на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Мощность поглощенной дозы на участках составляла для контрольных участков Руд 1 и Руд 2 0,8 мГр/год и 0,7 мГр/год, соответственно. На участке Гн доза составляла 3,3 мГр/год, на участках Мас – 38 мГр/год, Кул – 87 мГр/год (Переволоцкая и др., 2023). Двухлетнюю хвою отбирали на высоте 12–16 м от земли с 11 деревьев на каждом участке, после чего немедленно фиксировали в жидком азоте.

Анализ ферментативной активности СОД проводили в соответствии с методикой (Kajari et al., 2000) с незначительными модификациями. Анализ результатов был выполнен в MS Office Excel и Statistica 10,0.

Уровни активности СОД в хвое сосен, собранной в ноябре 2023 г., с загрязненных участков Гн и Кул значимо ниже, чем на контрольном участке Руд 1, однако, значимых отличий от второго контроля Руд 2 не наблюдалось. Также значимых отличий от контрольных участков не наблюдалось в хвое сосен, собранной в мае 2023 г. Анализ различий уровня активности СОД в хвое сосен, произрастающих в зоне ЧАЭС, в разные времена года выявил значимые отличия только на одном контрольном участке Руд 1, что может указывать на более глубинные механизмы влияния низкодозового хронического облучения на антиоксидантную систему растений. Требуется дальнейшие исследования для объективной оценки влияния хронического облучения на антиоксидантную систему сосны обыкновенной, произрастающей в Чернобыльской зоне отчуждения.

ПАУКИ РОССИИ В GBIF: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ДАННЫХ

Созонтов А. Н.¹, Иванова Н. В.², Соколова С. С.^{1,3}, Устинова А. Л.⁴, Плахина Е. В.⁴

¹ Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

² ИМПБ РАН – филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пущино, Россия

³ ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, Миасс, Россия

⁴ Пермский национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

E-mail: natalya.dryomys@gmail.com

На конец мая 2024 г. через международный репозиторий о биоразнообразии Global Biodiversity Information Facility (GBIF) доступно 60 998 записей о находках пауков (отряд Araneae). Из этих данных 40,9% записей происходят из системы для сбора любительских наблюдений iNaturalist, 46,9% представляют результаты региональных научных исследований разнообразия пауков Урала (Sozontov, 2022; Nesterkov et al., 2022; Vorobeichik et al., 2022), включая территорию Висимского заповедника (Sozontov et al., 2023) и Русской равнины – Мордовский (Esyunin et al., 2023) и Приокско-Террасный (Seyfulina & Buyvolov, 2019; Rybalov & Tikhomirova, 2020) заповедники. Остальные сведения о пауках России, доступные через портал GBIF, происходят в основном из зарубежных ресурсов.

В отечественной арахнологической литературе накоплен существенный объем данных о пауках. К. Г. Михайлов в своих каталогах (Mikhailov, 1997; Mikhailov, 2013) и библиографической сводке (Михайлов, 2012) указывает для постсоветского пространства порядка 5000 публикаций о пауках, значительная часть источников содержит сведения о распространении этих животных. Интеграция этих данных в GBIF чрезвычайно важна в контексте мониторинга и моделирования динамики биоразнообразия в условиях глобальных климатических изменений.

Для решения этой задачи нами разработано веб-приложение для оцифровки литературных данных о находках пауков, а также интерактивная платформа для доступа к библиографии (<https://github.com/ANSozontov/faunistica>). Оцифровка будет проводиться в рамках волонтерского проекта под контролем профессиональных арахнологов и специалистов в области управления цифровыми данными о биоразнообразии. В результате будет оцифровано около 400 литературных источников о пауках в Уральском регионе, содержащих ~80 000 записей о находках.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-24-00460.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ СТВОЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ НАЗЕМНЫХ ДАННЫХ И СПУТНИКОВЫХ ПРОДУКТОВ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОВ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Сочилова Е. Н., Ершов Д. В., Королева Н. В., Белова Е. И.

ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия
E-mail: elena@ifi.rssi.ru

Определения запаса стволовой древесины лесных пород по данным ДЗЗ имеют большое значение для оценки ресурсного потенциала и продуктивности лесов, их биологического разнообразия, экосистемных функций и услуг. Работа посвящена исследованию возможностей моделирования запасов сырораствующей древесины методом восстановления регрессионных зависимостей между спектральными яркостями на изображениях и таксационными характеристиками по данным лесоустройства с помощью спутниковых изображений высокого пространственного разрешения Landsat-8 на примере лесов Костромской области.

Методика и результаты оценки запасов древесины и фитомассы верхнего полога древостоя по спутниковым разносезонным изображениям высокого пространственного разрешения Landsat-8 (30 м) и выборочным данным лесной таксации на территориях Красноярского края и Ханты-Мансийского АО приведены в работах (Сочилова, Ершов, 2012; Сочилова и др., 2018).

Для количественной оценки запаса древесины лесных пород восстанавливаются регрессионные зависимости между значениями яркости в красном канале зимнего спутникового изображения Landsat-8 с запасом стволовой древесины различных пород на отобранных эталонных выделах. Вид зависимостей, описывающих эту связь, – экспоненциальный, показатель степени имеет отрицательные значения. Коэффициент детерминации (R^2) экспоненциальной связи спектральных яркостей с запасами на примере осины составил 0,85. Контрольная выборка участков леса, сформированная по данным актуальной таксации контрольных выделов, использовалась для оценки точности результата пространственного моделирования запаса по спутниковым данным. Средняя относительная ошибка определения запаса для осины по 60 контрольным участкам составила 21 %. В докладе будут продемонстрированы результаты определения запаса для основных лесообразующих пород тестового региона с оценкой точности модели на основе контрольных выборок.

Работа выполнена за счет средств государственного задания по теме «Биоразнообразие и экосистемные функции лесов» (регистрационный № НИОКТР 124013000750-1).

ГРИБНЫЕ ГЕТЕРОТРОФЫ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУР КОРЕННЫХ ЕЛОВЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ

Стороженко В. Г.

Институт лесоведения РАН, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: lesoved@mail.ru

Качество устойчивости лесов рассматривается как основная парадигма долговременного онтогенеза коренного лесного сообщества, основанного на балансе воспроизводимой и разлагаемой биомассы в его динамике. Коренные разновозрастные ельники эволюционного формирования изучены по разнообразию возрастных структур и древесного отпада в регионах северной, средней и южной тайги Европейской России. Приведена схема участия грибов дереворазрушающего гетеротрофного комплекса лесного сообщества для демонстрации участия его в круговороте биомассы лесных биогеоценозов. Процессы накопления и разложения биомассы согласованы во временных и объемных параметрах и как единое целое являются одним из основных условий формирования устойчивости лесных сообществ. Показана связь между возрастом деревьев в возрастных поколениях древостоев и объемами валежа в этих поколениях с использованием уравнений связи и корреляционных отношений (R^2) при различных распределениях объемов деревьев в поколениях возрастных рядов. Теснота связи возраста деревьев в возрастных поколениях с объемами деревьев в этих поколениях зависит не столько от положения эксцесса объемов деревьев в возрастном ряду биогеоценоза, сколько от равномерности этого распределения в возрастных поколениях возрастного ряда древостоя. При этом величины объемов равномерного распределения могут находиться в любой области возрастного ряда – в области демуляции, климакса или дигрессии. Этот факт распространяется так же на оценку связей любых зависимостей в структурах биогеоценозов и других зависимостей в жизни лесных сообществ. Соотношение объемов стволов древостоев и валежа вычисляли как частное от деления запаса древостоя на объем валежа для каждого биогеоценоза и трактовали как «балл фазового положения» (БФП) биогеоценоза, соответствующего фазе динамики сообщества. Представлено схематическое изображение процесса формирования баланса биомассы коренного ельника северной тайги. Процесс формирования биомассы в 6–7 раз протяженнее, чем процесс разложения биомассы древесного отпада. Различия во временных периодах двух процессов определяет возможность биогеоценозу сохранять баланс биомассы в изменяющейся динамике его развития. Оба процесса согласованы во временных и объемных параметрах и как единое целое являются одним из основных условий формирования устойчивости лесных сообществ.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Султанова З. Г., Ибрагимова К. К.

Казанский (Приволжский) ФУ, Казань, Россия
E-mail: ZGSultanova@stud.kpfu.ru

Леса, являясь самым большим резервуаром углерода на планете, оказывают непосредственное влияние на процессы изменения климата.

Российская Федерация в соответствии с Парижскими соглашениями, планирует поэтапное сокращение количества выбросов парниковых газов в атмосферу к 2050 г.

Одним из вариантов решения поставленной задачи может стать увеличение площади углеродных стоков путем грамотного лесовосстановления и сокращения эмиссии углерода из уже имеющихся лесных площадей.

В своей работе мы хотели бы уделить особое внимание хвойным формациям. По последним данным именно им принадлежит лидирующая роль в депонировании углерода, связанная с увеличенной продолжительностью вегетационного периода и замедленным процессом разложения растительного опада, способствующего аккумуляции органических веществ в почве (Филипчук, 2019).

Объектом нашего исследования стали темнохвойные лесные массивы Республики Татарстан. На данной территории проходит граница между зонами хвойно-широколиственных лесов и лесостепи, что обеспечивает соседство многих европейских и подтаежных видов флоры и фауны.

Из покрытой лесом площади хвойные насаждения занимают 22,1%. Ценные елово-пихтовые фитоценозы, расположенные на севере Татарстана и прежде занимавшие большие площади, на сегодняшний день составляют не более 7% лесов республики. Подобные изменения связаны с процессами развития линейной эрозии, следствием чего стало понижение уровня грунтовых вод и иссушение ландшафтов (Бакин, 2020).

По итогам проведенного анализа мы предлагаем снизить интенсивность воздействия деградации лесов, параллельно увеличивая площади темнохвойных насаждений за счет лесовосстановления на залежных землях. На наш взгляд, это реальная возможность смягчить последствия климатических изменений.

ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ

Сунгурова Н. Р., Страздаускас С. Е., Стругова Г. Н., Страздаускене С. Р.

САФУ им. М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия
E-mail: n.sungurova@narfu.ru

На протяжении длительного периода эксплуатации лесов на Европейском Севере наблюдается повсеместная смена пород: сосна замещается елью и березой, ель – березой и осиной. О. А. Неволным (1969), Г. А. Чибисовым (2010) и другими учеными установлено, что площади сосняков и ельников, представляющих собой коммерчески ценные хвойные породы, постоянно сокращаются. При этом увеличивается период лесовыращивания хвойных пород на недопустимые с экономической точки зрения сроки, вовлекаются в хозяйственный оборот новые лесные массивы, нередко за счет экологически и социально ценных ландшафтов и объектов, в том числе за счет малонарушенных лесных территорий. Для предотвращения негативных последствий следует уделять пристальное внимание созданию и формированию насаждений с целевыми характеристиками на этапе лесовосстановления и формирования хвойных молодняков.

Искусственное лесовосстановление начинает развиваться с введением сплошных рубок, особенно ощутимо в последние два десятилетия, когда лесопользователи активно стали внедрять современную лесозаготовительную технику, после использования которой затрудняются меры содействия естественному возобновлению.

Нами обследована лесная площадь, оставленная на естественное зарастание, на которой после рубки леса не проводились никакие лесохозяйственные мероприятия. Спустя 30 лет на данной площади сформировался лиственный древостой. Состав 10Б, высота 5,9 м, диаметр 4,1 см, запас 49,2 м³/га, плюс подрост ели последующего возобновления (466 шт./га).

На прилегающей к изученной площади территории при создании лесных культур сосны спустя 30 лет сформировалось хвойное насаждение. Состав 9С1Б, высота 12,8 м, диаметр 14,9 см, запас 234 куб. м/га.

Представленная работа посвящена решению одной из актуальных задач лесной науки и практики – создание и выращивание высокоэффективных насаждений хвойных пород искусственного происхождения с целью воспроизводства хвойных лесов, повышения их продуктивности, производства высококачественного сырья для предприятий лесопромышленного комплекса, обеспечения непрерывного и неистощительного лесопользования на Европейском Севере России.

ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ПОЧВЕННОГО УГЛЕРОДА В ПРОЦЕССЕ ТЕХНОГЕННОЙ ДИГРЕССИИ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ

Сухарева Т. А., Живов Д. А., Ершов В. В.

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
Апатиты, Мурманская обл., Россия
E-mail: s.tat.a@mail.ru

Проведена оценка запасов углерода в почвах северотаежных лесов, формирующихся на северном пределе распространения, в фоновых условиях и при воздействии атмосферных выбросов горно-металлургических предприятий в индустриально развитом регионе (Мурманская область). Исследования выполнены на пробных площадях постоянного наблюдения, находящихся на разных стадиях техногенной дигрессии еловых и сосновых лесов (фон, дефолирующие леса, техногенные редколесья). Почвы представлены иллювиально-железистыми и иллювиально-гумусовыми подзолами. Выполнены расчеты запасов углерода в различных почвенных горизонтах, в слое 0–30 см и в слое 0–100 см.

Установлено, что на фоновых территориях и в процессе техногенной дигрессии северотаежных лесов мощность органогенного почвенного горизонта, запасы подстилки, содержание и запасы углерода в почвах характеризуются значительным внутрибиогеоценотическим варьированием. На всех стадиях техногенной дигрессии максимальные запасы подстилки сосредоточены в подкروновых пространствах. В дефолирующих лесах и техногенном редколесье наблюдается увеличение запасов почвенного углерода в межкروновых и подкروновых пространствах.

Проведен сравнительный анализ содержания и запасов углерода в почвах репрезентативных еловых и сосновых лесов Мурманской области за два периода исследований: 2005–2007 и 2018–2019 гг. По данным прямых измерений с использованием данных о плотности минеральных горизонтов установлено, что в почвенном слое 0–30 см и в слое 0–100 см северотаежных лесов произошло увеличение запасов углерода как под кронами деревьев, так и в межкроновом пространстве. В целом за исследуемый период (2005–2019 гг.) в репрезентативных лесных экосистемах Мурманской области запасы почвенного углерода возросли. Максимальными запасами углерода обладают еловые леса, в этих лесах наиболее выражена временная динамика содержания и запасов углерода в почве.

Работа выполнена в рамках реализации ВИП ГЗ «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ». Проект курирует Минэкономразвития РФ.

СИНХРОНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РОСТА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В НАСАЖДЕНИЯХ И ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Суховольский В. Г.¹, Иванова Ю. Д.²

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

² Институт биофизики СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: soukhovolsky@yandex.ru; lulja@yandex.ru

При анализе процессов роста древесных растений обычно рассматривают либо отдельные деревья, либо насаждение в целом. Связь ростовых процессов у различных деревьев в одном насаждении обычно не рассматривается, однако, при оценке восприимчивости деревьев к внешним воздействиям реакция деревьев будет зависеть от их индивидуальных состояний. Если временные ряды динамики роста отдельных деревьев в насаждении известны, то технология оценки синхронности процессов роста может быть основана на спектральном анализе этих временных рядов (Бокс, Дженкинс, 1974). В настоящей работе на данных о ширинах годовичных колец деревьев в однопородных одновозрастных насаждениях рассмотрены возможности анализа устойчивости насаждений к внешним воздействиям синхронности радиального прироста деревьев.

В качестве объекта исследований были рассмотрены временные ряды радиального прироста сосен в насаждениях вблизи Красноярска и в насаждениях на окраине Иркутска, а также деревьев в очагах массового размножения лесных насекомых и в соседних неповрежденных насаждениях на территории Красноярского края. Так как ряды ширин годовичных колец характеризуются возрастными трендами, то для применения методов спектрального анализа производился переход от рядов $\{d(i)\}$ натуральных данных о ширинах годовичных колец к рядам первых разностей ширин годовичных колец $\{dd(i) = d(i+1) - d(i)\}$.

Были изучены спектральные характеристики рядов первых разностей годовичных колец. На основе этих данных оценивалась устойчивость деревьев в насаждении к внешним воздействиям (поллютантам, насекомым-вредителям), исходя из условий флуктуационно-диссипационной теоремы, устанавливающей связь между спектром временного ряда, характеризующего систему до внешнего воздействия, с откликом системы на внешнее воздействие.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Тарасенко В. В., Раевский Б. В.

ОКНИ КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: victor.taeasenko.2208@mail.ru, borisraevsky@gmail.com

Ветровалы наряду с лесными пожарами являются одним из основных факторов природных катастрофических нарушений в лесных экосистемах. Учитывая глобальное изменение климата, исследования, связанные с оценкой влияния ветровалов на лесные биогеоценозы, становятся в настоящее время все более актуальными.

Целью настоящего исследования является оценка катастрофической динамики лесных экосистем, в частности, ветровалов, произошедших в «ядре» территории объекта Всемирного наследия (ОВН) ЮНЕСКО «Петроглифы Онежского озера» и части территории государственного ландшафтного заказника «Муромский» в августе 2010 г., с использованием разносезонных данных ДЗЗ. Исследуемая территория общей площадью 22650 га расположена в юго-восточной области Республики Карелия и охватывает часть Пудожского района по береговой зоне Онежского озера шириной от 6,5 км до 10 км. Для изучения ветровалов были выбраны космические снимки (КС) следующих проектов: Landsat, Sentinel, Gaofen. Комбинации каналов «5–4–3» и «7–5–4» (Landsat-5), «4–3–2» (Gaofen-2), «11–6–4» (Sentinel-2) цветных RGB-композиций удобны для изучения растительного покрова и широко используются для анализа состояния лесных сообществ.

Дешифрирование поврежденных ветровалом лесных экосистем проводилось разными методами («гибридная» классификация, вычисление нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI, «управляемая» классификация, многоканальное обнаружение изменений MAD). Результаты выполненных исследований позволяют достаточно точно выявить катастрофические изменения (общая точность/коэффициент каппа-Коэна – 88,8%/0,87) на территории исследования от воздействия ветровальных явлений и оценить пространственные характеристики, в частности, общую площадь повреждений (метод MAD – 193,474 га). Общая площадь тематического класса «Ветровал» в разрезе методов классификации варьировала весьма существенно – от 117,7 до 231,7 га. Анализ полученной информации позволяет заключить, что ураганный порыв ветра, случившийся 10 августа 2010 г., был направлен под углом 57,52° (географический азимут) и имел ширину основного фронта примерно в 6200 м. Очевидно, что больше всего пострадали прибрежные древостои, расположенные в центральной (ядровой) части ОВН «Петроглифы Онежского озера».

ТРАНСПОРТ УГЛЕРОДА В КОРНЕВЫЕ СИСТЕМЫ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ: АНАТОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

*Тарелкина Т. В., Серкова А. А., Галибина Н. А., Новичонок Е. В.,
Теслюк И. А., Софронова И. Н., Семин Д. Е.*

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: karelina.t.v@gmail.com

В лесах значительная доля углерода, ассимилированного в процессе фотосинтеза, поступает в корневые системы деревьев. Масса углерода, которая может быть транспортирована за единицу времени, определяется анатомическими особенностями проводящей флоэмы, такими как ее площадь и размеры ситовидных элементов. Цель работы – оценить массу углерода, транспортируемого по проводящей флоэме в корневые системы деревьев сосны, произрастающих в ненарушенных бореальных лесах среднетаежной подзоны (Республика Карелия).

Исследование проводили на территории тестового полигона мониторинга бюджета углерода, расположенного на территории ГПЗ «Кивач». Были отобраны образцы флоэмы 170–200-летних деревьев сосны. Отбор образцов проводили в июне (стадия активного камбиального роста) на 17 ПП. Фиксацию и анализ образцов проводили по общепринятым методикам. Проводимость флоэмы вычисляли на основании уравнения Хагена – Пуазёйля.

Ширина проводящей флоэмы старовозрастных деревьев сосны на тестовом полигоне варьировала от 174 до 310 мкм, диаметр ситовидных клеток – от 23,7 до 29,3 мкм. На основании анатомических характеристик флоэмы и измеренных концентраций сахаров во флоэмном экссудате была вычислена гидравлическая проводимость флоэмы деревьев, которая составила от $1,76 \times 10^{-14}$ до $5,48 \times 10^{-14}$ м³ Па⁻¹ с⁻¹. Расчеты показали, что старовозрастные деревья на тестовом полигоне «Кивач» могут транспортировать в корневые системы от 28 до 80 г и от 13 до 30 г углерода в день при благоприятных и неблагоприятных погодных условиях соответственно.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Телеснина В. М., Рыжова И. М., Подвезенная М. А.

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: vtelesnina@mail.ru

Цель работы – оценка запасов углерода и потенциала продуцирования CO_2 почвами подзоны хвойно-широколиственных лесов на примере учебно-опытного центра МГУ «Чашниково». На изучаемой территории встречаются агродерново-подзолистые, дерново-подзолистые, дерново-подзолисто-глеевые, торфяно-подзолисто-глеевые и аллювиальные почвы. Отбор подстилок проводили в соответствии с пространственной структурой фитоценоза. Пересчет запасов подстилки на содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ осуществляли с помощью коэффициента 0,37 (Щепаченко и др., 2013). В минеральной части почв содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ определяли методом Тюрина, содержание биологически активного органического вещества рассчитывали по методу В. М. Семенова (Семенов и др., 2018). Еловые леса на дерново-подзолистых почвах характеризуются значительным накоплением подстилки, особенно в приствольных участках, где подстилки накапливают до 20 т С/га, на подгоризонты F и H приходится 80% общего запаса $\text{C}_{\text{орг}}$. В мелколиственных лесах встречаются деструктивные или ферментативные подстилки накапливают до 2 т С/га. В луговых фитоценозах запасы подстилок, состоящих из травяного опада, составляют 0,8–1,0 т С/га. Наибольшие величины запасов углерода в минеральной части профиля выявлены для почв пойменных лугов (до 290 т С/га в 0–100 см). В дерново-подзолистых почвах ельников запасы $\text{C}_{\text{орг}}$ составляют 86–129 т С/га, в агродерново-подзолистых – 84–97 т С/га. Наибольшим потенциалом продуцирования углекислого газа характеризуются интенсивно разлагающиеся подстилки луговых ценозов и мелколиственных незаболоченных лесов. Ельники характеризуются самым низким потенциалом продуцирования CO_2 подстилками. Запасы углерода биологически активного органического вещества в минеральном профиле для аллювиальных луговых почв оказалось вдвое выше, чем для остальных (2,1 и 1,1 т С/га). На основании полученных данных можно заключить, что максимальных значений потенциал продуцирования CO_2 почвами достигает в луговых экосистемах.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗМНОЖЕНИЯ ВИДОВ *LONICERA L.*, ПЕРСПЕКТИВНЫХ В АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ И ГОРОДСКОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ

Терещенко Т. В.

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия
E-mail: tereschenko@vfanc.ru, zholobova@vfanc.ru

Проведено исследование по изучению особенностей размножения некоторых видов рода *Lonicera L.* (жимолость) различными методами. В качестве объектов исследования были взяты три вида – *L. tatarica* (татарская), *L. korolkowii* (Королькова) и *L. morrowii* (Морроу). Виды *Lonicera* обладают засухо-, морозоустойчивостью, декоративностью, быстротой роста и высокой степенью адаптации (Мальшева, 2010; Семенютина, Костюков, 2011; Чепурной, Максимцов, 2016; Рахимова, Носиров, 2021; Беляев и др., 2023), что делает их перспективными древесно-кустарниковыми породами для использования в защитном лесоразведении и городском озеленении засушливых регионов России.

При вегетативном размножении полуодревесневшими черенками все три вида *Lonicera* показали высокую способность к ризогенезу, и процент укоренившихся черенков составил 87–93%. Среди наиболее эффективных стимуляторов роста и ризогенеза выделены «Циркон», «Корневин» и нафтилукусная кислота (НУК).

Для эффективного семенного размножения выявлено, что всем трем исследуемым видам *Lonicera* необходима предпосевная обработка стимуляторами роста. Высокую эффективность показали препараты «Эпин-экстра» и «Циркон» при замачивании семян на 16 часов.

В апреле–июне 2023 г. на базе лаборатории биотехнологий ФНЦ агроэкологии РАН проводилось исследование по подбору условий *in vitro* культивирования трех видов *Lonicera*. Оптимальным сроком введения эксплантов *Lonicera* в культуру *in vitro* является начало мая. Отмечена высокая эффективность применения 15%-го раствора пероксида водорода (H_2O_2) и 3%-го раствора препарата «Лизоформин 3000» в течение 10 мин в качестве стерилизующих агентов. В результате число стерильных и активно регенерирующих эксплантов *Lonicera* составило 70–89%.

Таким образом, в результате проведенных исследований были выявлены некоторые особенности и оптимальные условия для эффективного размножения видов *Lonicera* разными способами.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122020100427-1).

ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОДУКТИВНОСТИ И БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛЕСАХ ЦЕНТРА РУССКОЙ РАВНИНЫ

Тобратов С. А., Железнова О. С.

РГУ им. С. А. Есенина, Рязань, Россия

E-mail: tobratovsa@mail.ru

При изучении функционирования лесных экосистем биопродуктивность обычно рассматривается как самостоятельная переменная (биоцентрический подход), а вклад литогенетического фактора недооценивается. Это ведет к непониманию причин изменений биопродукционного процесса в пространстве и времени.

Нами исследованы взаимосвязи прироста стволовой древесины и биогенной миграции тяжелых металлов (ТМ) (Cu, Zn, Cd) с неоднородностями литогенной основы в условиях равнинного рельефа. Исследования выполнены в Мещерской природной провинции на основе данных бурения (одна скважина на 16 км²), биогеохимического опробования (собственные исследования, 250 образцов), лесотаксационных данных.

В ходе исследования были выявлены устойчивые пространственные неоднородности прироста древесины, иммобилизации и рецикличной миграции ТМ, приуроченные к структурам погребенного рельефа, которые имеют палеозойско-мезозойский возраст и часто не коррелируют с современным рельефом. Всего выявлено 11 таких местных неоднородностей, важнейшими из которых являются Солотчинский останец I (126–130 м, в основе – погребенный выступ, сложенный юрскими глинами), Переделецкая заболоченная равнина II (112–117 м, в основе – позднепалеозойский эрозионный врез) и Борисковская незаболоченная равнина III (111–116 м, в основе – палеозойский эрозионный останец, сложенный известняком).

Несмотря на сниженное положение, именно в местности III максимально разнообразие породного состава, а продуктивность пород как требовательных, так и нетребовательных к влаге в среднем в 1,7 раза выше, чем в местности II и в 1,1–1,4 раза выше, чем в наименее гидроморфной местности I. Благодаря высокому удельному весу известняка (2600 н/м³, что в 1,33 раза выше чем у юрских глин) его погребенный выступ создает положительную гравитационную аномалию, улучшая дренированность местности III и способствуя росту емкости биокруговоротов (аккумуляция Cd приростом древесины в 1,5–2,0 раза, а Zn – в 2,5–5,0 раза выше, чем в местностях I и II). Минимальная интенсивность продукционных процессов отмечена в местности II. Установленные нами пространственные биогеохимические закономерности характерны и для иных гумидных лесных ландшафтов в условиях малококонтрастного рельефа.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ LIDAR-КАМЕРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОДУКТИВНОСТИ И ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА НА ЗАЛЕЖАХ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Туктамышев И. Р., Федоров Н. И., Широких П. С., Бикбаев И. Г.

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

E-mail: ishatik@yandex.ru

Изучение углеродного баланса лесных экосистем особенно актуально в настоящее время в связи с глобальным увеличением содержания CO₂ в атмосфере. В результате естественного лесовосстановления за последние 25–30 лет на заброшенных сельскохозяйственных землях в Башкирском Предуралье (Республика Башкортостан, Россия) сформировались березовые древостои (*Betula pendula* Roth.). Важным положительным аспектом лесовосстановления на залежных землях является поглощение углерода фитомассой деревьев, особенно на этапе интенсивного роста древостоя. Цель данной работы – отработка методики использования камеры LiDAR, установленной на БПЛА, для оценки фитомассы и запасов углерода в березовых древостоях разного возраста, произрастающих на заброшенных пахотных землях в Башкирском Предуралье.

Методика обрабатывалась на 28 пробных площадях. LiDAR-съемка проводилась с помощью БПЛА DJI Matrice 300 RTK. Одновременно характеристики древостоя и фитомасса стволов и листьев оценивались традиционными лесоводственными методами. По данным LiDAR-съемки были построены уравнения регрессии зависимости фитомассы от характеристик древостоя, оцененных с помощью лидарной съемки на разных этапах лесовосстановления. Показано, что надземная биомасса деревьев может быть точно оценена с помощью индекса, полученного умножением количества деревьев на их среднюю высоту. Сравнение данных, полученных традиционным методом и методом с использованием LiDAR-съемки, показало, что точность последнего возрастает с увеличением плотности древостоя. Точность оценки варьировала от 0,2 до 6,8% в березовых лесах в возрасте 20 лет и старше. Для расчета запасов надземного углерода предлагается использовать региональные коэффициенты пересчета содержания углерода в стволах и листьях. Предложено уравнение для расчета запасов углерода надземной биомассы березовых лесов на заброшенных пахотных землях.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МОРФОЛОГИЮ И РАЗВИТИЕ РЕГЕНЕРАНТОВ *COTINUS COGGYGRIA* SCOP. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Фоменко Н. Г., Жолобова О. О.

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия
E-mail: fomenko-n@vfanc.ru

В настоящее время мировое сообщество все больше обращает внимание на проблему устойчивости и адаптации растений к воздействию тяжелых металлов. Тяжелые металлы (ТМ) в основном вызывают образование активных форм кислорода (АФК) и свободных радикалов, которые приводят к неконтролируемому окислению и цепным радикальным реакциям, в конечном итоге повреждая клеточные биомолекулы, такие как нуклеиновые кислоты, липиды и белки (Phaniendra et al., 2015; Qi et al., 2018; Rahman, Singh, 2020).

Такие металлы как цинк (Zn), кобальт (Co), медь (Cu) и марганец (Mn) являются важными микроэлементами, которые необходимы в небольших количествах для физиологических процессов в растениях. Согласно литературным данным, повышенные концентрации данных металлов приводят к токсическим эффектам (Chaitanya et al., 2023). Токсичность Zn проявляется в уменьшении биомассы растений (Mirshekali et al., 2012), высокие концентрации Co приводят к возникновению дефицита железа в молодых листьях, снижению биомассы, хлорофилла и активности каталазы (Mahey et al., 2020), избыток Cu и Mn отрицательно влияет на рост растений, а также вызывает хлороз и угнетение корневых волосков (Goyal et al., 2020).

На базе Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (ФНЦ агроэкологии РАН) в лаборатории биотехнологий проводятся исследования по влиянию солей тяжелых металлов на морфометрические показатели и содержание фотосинтетических пигментов микропобегов *Cotinus coggygia* Scop. в культуре *in vitro*. В ходе проведенных исследований были установлены концентрации металлов (Co, Zn и Cu), оказывающие положительный эффект на морфо- и ризогенез эксплантов *C. coggygia*, также проводится работа по установлению летальных и сублетальных доз данных тяжелых металлов, и отбор устойчивых генотипов для фиторемедиации почв.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122020100427-1).

ВЛИЯНИЕ ВАЛЕЖНОЙ ДРЕВЕСИНЫ *PICEA ABIES* НА СОДЕРЖАНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

Фомина Е. В., Кикеева А. В., Ромашкин И. В., Нуколова А. Ю., Крышень А. М.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: fomina1995lena@gmail.com

Ранее нами было показано (Ромашкин и др., 2018, 2021), что на поздних классах разложения валеж по содержанию биогенных элементов (С, N, P, K) в коре и древесине представляет собой пригодный субстрат для прорастания семян, роста хвойных видов и является одним из важных аспектов сохранения биологического разнообразия.

Изменения химического состава, биологической активности, физических и химических свойств при разложении валежа оказывают системное влияние на почвы (Stutz et al., 2019). Мы поставили задачу изучить влияние валежных стволов *Picea abies* на прилегающие к ним участки. Было заложено 12 пробных площадок летом 2023 г. в подзоне средней тайги на территории Государственного природного заповедника «Кивач» (Республика Карелия). Содержание биогенных элементов определяли в подподстилочном минеральном горизонте серогумусовой (дерновой) метаморфизованной, элювиально-метаморфической типичной (ЭМТ) почв и подзола грубогумусированного (ПГ). Были отобраны смешанные образцы на расстояниях 0–20, 20–55 и 55–100 см от валежного ствола. Для всех образцов были проведены измерения содержания общих и подвижных форм биогенных элементов.

Отмечено влияние валежного ствола на ПГ и ЭМТ. Содержание N и K выше в валежном стволе по сравнению с подподстилочными минеральными горизонтами. Доля фосфора подвижного выше в валежной древесине. Соотношение долей нитратного и легкогидролизуемого N в валежной древесине самое низкое, доступная форма N здесь представлена в основном N легкогидролизуемым. Содержание K и легкогидролизуемого N ниже на участке 0–20 см от валежа, по сравнению с участком 55–100 см. Ранее было отмечено низкое содержание общего (Nafner, Groffman, 2005) и нитратного (Zalamea et al., 2016) N в почве под валежным стволом. Вероятно, это связано с мицеллиальным переносом N из прилегающей почвы к валежному стволу (Philipiak et al., 2016). Кроме того, на участке 0–20 см соотношение C/N самое низкое, что может свидетельствовать о высокой микробиологической активности, известно, что с увеличением расстояния от ствола биологическая активность почвы снижается (Włońska et al., 2017).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 23-24-00371.

ФИТОМАССА 20-ЛЕТНИХ БЕРЕЗОВЫХ ЗАРАСТАНИЙ НА БЫВШЕЙ ПАШНЕ

Фролова Г. Г.

ИФХиБПП РАН ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, Россия
E-mail: gulfina.frolova@gmail.com

Изучение продукционного процесса в молодняках на обширных территориях заброшенных сельскохозяйственных земель позволяет оценить особенности начальных стадий пост-агрогенной лесной сукцессии и возможности связывания углерода этими фитоценозами.

Цель: оценить продукцию древесной фитомассы и содержание углерода в фитомассе березовых (*Betula* spp.) зарастаний, возникших на бывшей пашне.

Исследования проводились на лесозарастающей территории ЭКС «Пущино». В связи с выявленной высокой мозаичностью зарастания ППП (50 × 50 м) заложена с учетом этой неоднородности и размечена по квадратной сетке с шагом 5 м (100 ячеек). Проведен подеревный пересчет с определением стандартных дендропараметров для деревьев высотой 1,3 м и выше. Спилены и разделены на органы (ствол, ветви, листья) 24 модельных дерева (диаметр на высоте 1,3 м (ДВН) от 1 до 12 см). Все ветви и листья каждого модельного дерева высушены до абсолютно сухого состояния (60 °С) и взвешены. Массу стволов рассчитывали как сумму масс вершинок и метровых секций, масса которых рассчитана по массам 10-сантиметровых дисков, выпиленных из соответствующей секции и высушенных при 60 °С. Содержание углерода в органах определяли при помощи прибора МЕТАВАК – CS30.

Полученные данные о взаимосвязи высоты, ДВН и массы ствола, а также соотношение масс органов модельных деревьев были использованы для подеревного расчета фитомассы на ППП. В качестве предиктора для расчета массы ствола использовали его объем, для расчета доли массы ствола в общей массе дерева – ДВН. Для описания распределения общей массы между органами применен закон ранговых распределений с использованием экспоненциальной зависимости. Данные о фитомассе деревьев были агрегированы поячеечно.

Выявлена пространственная неоднородность распределения надземной древесной фитомассы (диапазон от 0,07 до 19,15 кг/м²) между ячейками, распределение левостороннее. Масса ветвей варьировала в пределах от 0,008 до 1,9 кг/м², масса листьев – от 0,001 до 0,21 кг/м². Содержание углерода составило 0,5 ± 0,01 от массы вне зависимости от органа.

Исследование выполнено по теме государственного задания ИФХиБПП РАН № 122111000095-8.

СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ВАЛЕЖА ВОСЬМИ ВИДОВ ДЕРЕВЬЕВ ПО МАТЕРИАЛАМ МАССОВОГО ВЕТРОВАЛА В ШИРОКОЛИСТВЕННОМ ЛЕСУ С ЕЛЬЮ: СРАВНЕНИЕ С МОДЕЛЬНЫМИ РАСЧЕТАМИ

Ханина Л. Г.¹, Бобровский М. В.^{1,2}, Романов М. С.¹, Фролов П. В.², Шанин В. Н.^{1,2,3}

¹ Институт математических проблем биологии РАН –
филиал ИПМИ им. М. В. Келдыша РАН, Пушкино, Россия

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН –
обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пушкино, Россия

³ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия
E-mail: khanina.larisa@gmail.com

Изучение процесса разложения крупных древесных остатков, к которым относится валеж, необходимо для оценки и прогноза выполнения лесами своих экосистемных функций – обеспечивающей, регулирующей и поддерживающей. Массовые ветровалы в многовидовых лесах являются удобным объектом для изучения процессов разложения древесины вследствие довольно точного понимания времени падения древостоя. Полевые исследования проводили в 2020–2021 гг. в лесах заповедника «Калужские засеки» на участках массового ветровала, прошедшего в 2006 г. (Бобровский, Стаменов, 2020). Для оценки скоростей разложения валежа восьми видов деревьев (*Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*, *Populus tremula*, *Quercus robur*, *Ulmus glabra*) было собрано 247 образцов с поперечных спилов 52 лежащих стволов и торцевой коронкой из 24 живых деревьев (Khanina et al., 2023a). Скорость разложения древесины для каждого вида оценивали с учетом неоднородностей поперечных дисков (Khanina et al., 2023b); для этого измеряли их диаметр и площадь, занимаемую древесиной на разных стадиях разложения, включая площадь участков с полостями. Скорость разложения оценивали по экспоненциальной модели (Olson, 1963) с учетом доли древесины на разных стадиях разложения; стандартные ошибки констант разложения оценивали с использованием дельта-метода (Beets et al., 2008). Деревья с кольцесосудистой древесиной (дуб, вяз, ясень) отличались более низкими скоростями разложения по сравнению с видами с рассеянно-сосудистой древесиной (осина, береза, липа, клен). Ель по скорости разложения находилась между видами этих двух групп лиственных деревьев. Расчеты, основанные на полевых результатах, были сопоставлены с результатами расчетов скоростей разложения, реализованных в модели ROMUL-HUM (Komarov et al., 2017). Сравнение прогнозных и экспериментальных скоростей разложения показало удовлетворительное соответствие для большинства древесных видов, за исключением дуба и ясеня, что может быть связано с неточностями в параметризации содержания азота в древесине.

ПРИРОСТ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ ОТКЛИК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОСАДОК ЕЛИ СИБИРСКОЙ РАЗНОЙ ГУСТОТЫ НАСАЖДЕНИЯ

Холдаенко Ю. А.

СФУ, Красноярский край, Красноярск, Россия

E-mail: kropacheva_yulechka@mail.ru

Изменение фенологии и пространственного распределения древесных пород ввиду потепления климата приводит к изменениям в продуктивности лесов, биоразнообразии, структуре и в итоге функционированию лесных экосистем как таковому (Pederson et al., 2015). Поэтому понимание механизма реакции лесов на изменение климата имеет большое значение для устойчивого управления лесами, защиты окружающей среды и разработки стратегий смягчения последствий потепления климата (Keenan et al., 2015). Целью исследования является оценка влияния густоты насаждения на динамику радиального прироста и его климатический отклик для 40-летних насаждений ели сибирской (*Picea obovata* L.) разной густоты.

Исследование проведено на базе опытных насаждений в южной тайге Средней Сибири с плотностью посадки от 500 до 128 тысяч шт./га (18 вариантов), заложенных ИЛ СО АН СССР в 1982 г. (Бузыкин и др., 2008). Сбор образцов древесины в 2020 г. провели с 10 доминантных деревьев на каждом участке. Сбор и обработку проводили стандартными методиками дендрохронологии (Cook et al., 1990). На установке LINTAB измерили ширину годовичных колец (TRW) ранней и поздней (LWW) древесины, рассчитали долю поздней древесины (LWR) в кольце. Для дендроклиматического анализа (корреляции с ежемесячными температурами и осадками) использовали стандартные хронологии, при этом в приросте возрастные тренды описывали кубическим сглаживающим сплайном, в LWR – возрастающей линейной функцией.

Радиальный прирост (TRW, LWW) уменьшается с густотой насаждения, LWR возрастает. Для TRW характерна наибольшая стабильность климатического отклика при всех плотностях насаждения. Отрицательная реакция на температуру слабо выражена в мае, достигая максимума в июне. Эта реакция наиболее интенсивна в насаждениях средней густоты. Реакция на осадки положительна с августа предыдущего года по март текущего года и с мая по июль. Для наименее густых насаждений корреляции с осадками вегетационного периода выражены в июне–июле, а для наиболее густых – в мае–июне. Временные сдвиги отклика более выражены для показателей поздней древесины, например, отрицательный отклик LWW на температуры колеблется между маем–июнем в насаждениях средней густоты и июнем–июлем в остальных; для LWR характерен сдвиг положительного влияния осадков с августа на июль при увеличении густоты.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ СОРТОВ ТОПОЛЕЙ

Царев А. П., Царева Р. П., Царев В. А.

ВНИИЛГИСбиотех, Воронеж, Россия
E-mail: antsa-55@yandex.ru

Большинство представителей рода *Populus L.* используется для производства древесины, из которой получают пиловочник и другие древесные материалы: композиты и панели, шпон и фанеру, древесноволокнистые и древесностружечные плиты, древесно-цементные и древесно-пластиковые композиты, клееные строительные изделия, ламинированные, параллельно стружечные и ламинированные шпоновые брусья и интегрированные лаги. Кроме того, из древесины изготавливают целлюлозу и бумагу, получают биоэнергию, фуражное сырье и др. В растущем виде тополя используются для озеленения, закрепления оврагов и прочих неудобий.

В нашей стране и мире проводятся селекционные работы по отбору в естественно произрастающих насаждениях или среди гибридов с целью получения более подходящих культиваров для различных потребностей. Известны гибриды тополей, которые широко используются в южно-европейских странах. Однако в северных местопроизрастаниях они не всегда выдерживают морозы. Учитывая это, в нашей стране во времена Советского Союза во многих регионах проводились отборы в естественных насаждениях и искусственная гибридизация. Однако из всех полученных ранее гибридов только один тополь «Пионер» А. С. Яблокова признан сортом и получил патент.

В Центральном НИИ лесной генетики и селекции (в настоящее время «ВНИИЛГИСбиотех») многие десятилетия авторами проводились селекция, гибридизация и сортоиспытание тополей. Было отобрано несколько зимостойких и хозяйственно ценных гибридов. На семь из них Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений к настоящему времени выдала патенты (патентообладатель «ВНИИЛГИСбиотех»), а авторам – авторские свидетельства. К ним относятся сорта «Болид» (патент на селекционное достижение № 8486 от 10.05.2016); «Ведуга» (патент № 8485 от 10.05.2016); «Степная Лада» (патент № 8487 от 10.05.2016); «Бриз» (патент № 9323 от 02.11.2017); «Сюрприз» (патент № 10320 от 24.05.2019); «Белар» (патент № 11217 от 04.09.2020); «Э.с.-38» (патент № 12781 от 26.05.2023). Большинство из них успешно размножено и могут использоваться для создания быстрорастущих лесных плантаций различного целевого назначения.

ДВУХРОТАЦИОННОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД В КАРЕЛИИ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Чернобровкина Н. П., Робонен Е. В., Нелаева К. Г., Копосова Е. А.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: chernobrovkina50@bk.ru

Короткий вегетационный период зоны среднетаежных лесов России затрудняет внедрение двухротационного выращивания в связи с риском неподготовленности сеянцев второй ротации к стрессовым ситуациям осенне-зимне-весеннего периода и при высадке на лесокультурную площадь.

Проведенные исследования показали, что сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) второй ротации при посеве семян 25.06.2023 г. в условиях тепличного комплекса «Вилга» на территории Республики Карелия к осеннему периоду не достигали стандартных размеров по высоте стволика (6 см, по стандарту – 8 см) в отличие от показателя диаметра стволика (2 мм). По интегральным коэффициентам качества сеянцы также отличались пониженным уровнем, за исключением показателя, характеризующего отношение масс надземной части к подземной. Хвоя характеризовалась повышенным уровнем пигментов. Сеянцы второй ротации с пониженной морозоустойчивостью в октябре имели риск повреждаться возможными в этот период низкими температурами.

В целях повышения интенсивности роста и устойчивости к стрессовым ситуациям сеянцев второй ротации в условиях северных широт предлагается использование регуляторов роста растений, хорошо зарекомендовавших себя при обработке семян и сеянцев в лесных питомниках. Инокуляция эндофитными ростостимулирующими PGP-бактериями повышает продуктивность и стрессоустойчивость растений. Проводится испытание высева семян второй ротации в различные сроки по оригинальной схеме для выявления допустимых в условиях данной широты срока и схемы посева, обеспечивающих формирование стандартного посадочного материала.

Научное обоснование и испытание отмеченных приемов в практике лесопитомников будут положены в основу разработки эффективных стратегий максимальной реализации продукционного и адаптационного потенциалов сеянцев хвойных пород при двухротационном выращивании в условиях северных широт.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00192, <https://rscf.ru/project/23-26-00192/>.

СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПАПОРОТНИКОВО-РАЗНОТРАВНЫХ ЮЖНОТАЕЖНЫХ ПИХТАРНИКОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Чернова Н. А.^{1,2}, Райская Ю. Г.¹

¹ ИМКЭС СО РАН, Томск, Россия

² ТГУ, Томск, Россия

E-mail: naitina79@mail.ru, raiskaya.julia@mail.ru

Ключевую роль в регулировании циклов углерода в качестве наиболее распространенных на суше экосистем играют леса. При оценке их углеродного баланса необходимо учитывать фитомассу напочвенного покрова, как неотъемлемую часть лесной экосистемы, являющуюся индикатором лесорастительных условий и одним из регуляторов почвенно-микrokлиматических условий.

В ходе исследования продуктивности южнотаежных папоротниково-разнотравных пихтарников Томской области была проведена оценка фитомассы напочвенного покрова. Надземная фитомасса трав варьирует в широких пределах (16,24–232,62 г/м², средняя 88,07 г/м²) из-за хорошо выраженной парцеллярной структуры насаждений. В подкروновых парцеллах она достаточно низкая, а в окнах – в два раза выше. В пихтарниках встречается 105 видов трав, но видовое разнообразие укосов колеблется от 4 до 18 (в среднем 10) видов на 0,25 м². На два вида – щитовник широкий (38%) и сныть обыкновенную (24%) – приходится 2/3 надземной фитомассы напочвенного покрова пихтовых лесов. В окнах, являющихся характерным структурным элементом этих экосистем, доля их участия возрастает до 69%, а под кронами снижается до 55%. В подкروновых парцеллах выше роль таежного мелкотравья (19% запаса надземной фитомассы).

Подземная фитомасса травяного покрова изменяется от 31,03 до 42,09 г/м².

В целом фитомасса напочвенного покрова в исследуемых экосистемах составляет 1,11–1,44 т/га.

Таким образом прослеживается явная зависимость запаса надземной фитомассы напочвенного покрова от горизонтальной структуры древостоя, обусловленная преимущественно изменением степени освещенности местообитаний.

Исследования выполнены при поддержке ВИП ГЗ (регистрационный № 123030300031-6).

АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ АЛТАЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Черткова Е. П.

ФБГУ «Алтайский государственный заповедник», Горно-Алтайск, Россия
 Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия
 E-mail: tchertkova.elena@yandex.ru

Лесные земли Алтайского государственного природного заповедника (АГПЗ) занимают половину всей его территории (445 703 га, 51,06%), относятся к I группе лесов, к категории «заповедные леса» и являются огромной экосистемой с комплексом функций. В соответствии с материалами лесоустройства 2004 г. общая площадь заповедника вместе с частью акватории Телецкого озера (в том числе 11 844 га) составляет 872 867,6 га.

Цель данной работы – проанализировать динамику лесного фонда территории, оцифровать материалы лесоустройства, создать базу данных таксационного описания. Материалом для работы послужили данные Лесоустройства 1982 и 2004 гг., Проект освоения лесов АГПЗ 2010 г., Лесохозяйственный регламент АГПЗ 2022 г.

За период существования заповедника распределение его территории по категориям земель несколько изменилось. Наблюдается увеличение площади лесных земель к общей площади заповедника с 48,3% в 1982 г. до 51,06% в 2010 г. Лесные земли увеличились на 25 891 га. Общая площадь нелесных земель сократилась на 2,8%. Значительно уменьшилась площадь болот – на 6365 га; прогалин и пустырей – на 848 га.

Породный состав исследуемой территории достаточно разнообразен, основными лесобразующими породами являются кедр (47,8%) и лиственница (9,7%). В совокупности хвойные породы занимают 243 870,1 га (61%); береза кустовая (ерники) – 149 432,1 га (37,3%); мягколиственные – 7360,2 га (1,8%). Наблюдается сокращение площади и запасов лиственницы (на 0,3%), сосны обыкновенной (на 0,1%), пихты (на 1,1%) и березы (1%). Увеличивается площадь и запасы кедра (на 2,6%), ели (на 0,03%) и малоценной породы осины (на 0,2%). Большую часть территории, покрытой лесной растительностью, занимают леса с преобладанием кедра (178 690 га; 45,2%).

Проанализировав многолетнюю динамику лесного фонда АГПЗ, нам удалось оцифровать материалы лесоустройства с помощью программ ЛесИнформ и QGIS, а также создать базу данных таксационного описания в программе Access. В планах – на базу данных получить Свидетельство о государственной регистрации.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ РАДИАЛЬНОГО РОСТА ЛИСТВЕННИЦЫ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ В РАЙОНЕ ЯКУТСКА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)

Чжан Сяохун

Северо-Восточный федеральный университет, Якутск, Россия

E-mail: z461306425@gmail.com

Исследование связи между радиальным ростом деревьев и климатическими параметрами является актуальным при анализе пространственно-временной изменчивости лесных экосистем.

В настоящей работе объектом исследования является лиственница Каяндера (*Larix sajanderi* Maug), доминирующая в районе г. Якутска (Центральная Якутия). Образцы лиственницы собраны в таких районах Якутска, как Табага ($61^{\circ}51'18''$ с. ш., $129^{\circ}36'00''$ в. д.) – северная и Маган ($62^{\circ}6.4476'$ с. ш., $129^{\circ}31.9104'$ в. д.) – южная часть. Центральная Якутия в целом характеризуется засушливым и/или полузасушливым климатом, что приводит к чувствительности роста деревьев на климатические изменения. Проведен анализ связи ширины годичных колец лиственницы с климатическими параметрами.

Основные выводы исследования:

1) Параметры статистических характеристик хронологий лиственницы в районе Якутска указывают на хорошее качество показателя средней чувствительности. Эта информация может быть использована в исследованиях климатической реакции древесных колец.

2) Существуют различия в ответе радиального роста лиственницы на основные климатические параметры (температура воздуха, осадки) в различных районах Якутска. Засуха является определяющим фактором, влияющим на радиальный рост лиственниц исследуемого района.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GBIF BACKBONE TAXONOMY ДЛЯ УНИФИКАЦИИ ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Шашков М. П.¹, Ермолов С. А.^{1,2}, Иванова Н. В.¹

¹ ИМПБ РАН – филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пущино, Россия

² Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия

E-mail: max.carabus@gmail.com

Мировой репозиторий Global Biodiversity Information Facility (GBIF) обобщает и предоставляет в открытом доступе сведения о распространении биологических видов во всем мире. Для унификации таксономии GBIF использует собственный справочник GBIF Backbone Taxonomy, который формируется из мировых таксономических справочников. Тем не менее, в силу глобального охвата и множества используемых источников в Backbone Taxonomy возникают несоответствия, которые необходимо учитывать при работе с данными GBIF. Основным источником данных по систематике малоцетинковых червей (Oligochaeta) является World Register of Marine Species (WoRMS), в котором сведения о таксономии дождевых червей неполные и во многом устаревшие.

В ходе обобщения литературных данных о находках дождевых червей Северной Евразии (Shashkov et al., 2023) нами были оцифрованы находки из 159 русскоязычных научных публикаций. Полученный массив включал 597 оригинальных названий видов. При сопоставлении этих названий с таксономией GBIF было выяснено, что этот справочник не содержит всех названий, указанных в сводках Т. С. Перель (1979, 1997), на которые в основном ориентируются отечественные специалисты. Для того чтобы можно было использовать в наборе данных названия видов согласно первоисточникам, нами подготовлены и опубликованы в GBIF соответствующие списки видов (Shashkov, 2023 a, b, c), которые были включены в Backbone Taxonomy.

Кроме того, были выявлены несоответствия принятых в GBIF названий (accepted names) современной таксономической сводке из работ (Brown et al., 2023; Misirlioğlu et al., 2023). Зачастую общепринятые согласно современной сводке названия в Backbone указаны как синонимы, кроме того, некоторые видовые названия представлены как подвиды, ряд видов вовсе отсутствует. Для решения этой проблемы необходима интеграция современного таксономического списка видов дождевых червей в Backbone Taxonomy.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00112, <https://rscf.ru/project/23-24-00112/>.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Шешницан С. С., Литовченко Д. А., Кулакова Е. Н., Подрезова Ю. А.

ФГБОУ ВО «ВГЛУ им. Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия

E-mail: sheshnitsan@gmail.com

За последние три десятилетия среднегодовая температура воздуха в лесостепной зоне Русской равнины увеличилась на 2,5 °С, а распределение осадков по сезонам стало более неравномерным. Повышение температуры воздуха летом на фоне уменьшения осадков приводит к увеличению засухливости в летний период. Эти тенденции оказывают значительное влияние на устойчивость экосистем лесостепного экотона и их углеродный баланс. Динамика продуктивности старовозрастных насаждений сосны обыкновенной в значительной степени зависела как от климатических, так и от антропогенных факторов. Текущий годовой прирост фитомассы в сосновых насаждениях увеличивался с 1,4 до 2,8 тС/га при уменьшении антропогенного воздействия на экосистему. Обнаружено, что одно 160-летнее дерево сосны, подверженное низкому уровню антропогенного воздействия, в течение последних 10 лет ежегодно накапливало в стволовой древесине 15,2 гС с вариацией от 10,31 до 22,55 гС в разные годы. В то же время деревья, подверженные высокому антропогенному стрессу, в среднем накапливали 2,6 гС/год с вариацией от 0,92 до 6,56 гС/год. Установлено, что годовой прирост сосны в основном зависел от общего количества атмосферных осадков. Однако совокупное ограничивающее влияние климатических факторов всегда было больше, чем влияние каждого фактора в отдельности, что доказывала более тесная связь с гидротермическим коэффициентом. В целом экосистема светлохвойного леса накапливала 2,36 тС/га в год. Надземная первичная продуктивность экосистемы нагорной дубравы достигала 2,05 тС/га в год. Основной продуктивный потенциал в этих лесах обеспечивали липа (0,95 тС/га в год) и клен (0,71 тС/га в год). Порослевое происхождение дуба, его ослабленное состояние и меньшая доля в составе насаждений привели к снижению продуктивности – 0,39 тС/га в год. Напротив, в старовозрастных лесных полосах, где дуб имел семенное происхождение, его продуктивность была в два раза выше (0,78 тС/га в год), но основной вклад все равно обеспечивал клен – 1,60 из 2,83 тС/га в год надземной продукции лесополосы.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023013000012-7 (FZUR-2023-0001).

ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ЕДИНОГО ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА (ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ) МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Шишкина А. А., Карпун Н. Н.

СПбГЛТУ им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: asarum89@yandex.ru

Лесосеменные плантации сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Куровского участкового лесничества Орехово-Зуевского лесничества Московской области (далее – ЛСП) являются важными объектами единого генетико-селекционного комплекса. ЛСП были созданы вегетативным потомством плюсовых деревьев, прошедших генетическую оценку (элитные деревья). Это особая форма насаждений, используемых для получения устойчивых урожаев семян с улучшенными наследственными свойствами и сохранением генетического фонда высокопродуктивных насаждений в России. Однако как в России, так и в некоторых зарубежных странах нередко отмечаются случаи сильного ухудшения состояния молодых посадок сосны и снижения урожайности семян вследствие массового распространения патогенных микромицетов (Harrington, Wingfield, 1998; Sinclair, Lyon, 2005; Жуков и др., 2013; Ильичев, Шуваев, 2016; Drenkhan et al., 2016).

Исследования проведены в период с 2017 по 2023 гг. на территории ЛСП и в прилегающих насаждениях. Оценка санитарного состояния сосновых насаждений осуществлялась рекогносцировочными и детальными методами. Для установления видового состава патогенных микромицетов с усыхающих ветвей отбирали образцы пораженных побегов, хвои и шишек. Микроскопический и молекулярно-генетический анализы были проведены на базе лабораторий ФБУ «Рослесозащита».

Выявлено 19 видов микромицетов, из них наибольшее значение имеют возбудители некроза побегов *Gremmeniella abietina* (побеговый рак), *Sphaeropsis sapinea* (сферопсисовый некроз, или диплодиоз), *Sclerophoma pithya* (склерофомоз) и *Thyronectria cucurbitula* (тиронектриевый некроз), а также возбудители отмирания хвои *Dothistroma septosporum* (красная пятнистость хвои) и *Cyclaneusma minus* (пожелтение хвои). Обнаруженные виды являются новыми для обследованных ЛСП и малоизученными в Московской области. В результате комплексного поражения этими патогенами отмечается ухудшение санитарного состояния сосен на ЛСП, отмирание ветвей в нижней и средней частях крон, преждевременное опадение шишек и снижение выхода семян. Распространение возбудителей этих заболеваний в примыкающих насаждениях способствует высокой вероятности их дальнейшего развития на ЛСП.

**MOLECULAR GENETIC IDENTIFICATION
OF *HETEROBASIDION ANNOSUM* (FR.)
BREF. IN SCOTS PINE STANDS ON THE TERRITORY
OF THE NATIONAL PARK “SHUSHENSKIY BOR”**

Sheller M. A., Tatarintsev A. I.

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: maralexsheller@mail.ru

The results of molecular genetic identification of the root pathogen in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands on the territory of the National Park “Shushenskiy Bor” are presented. Fruit body samples were collected from the affected trees in the Perovsky Forestry of the National Park “Shushenskiy Bor”. Molecular genetic identification of the root pathogen was performed by sequencing the internal transcribed spacer of the fungal ribosomal DNA. The universal primers ITS1 and ITS4 were used to amplify the ITS1–5.8S-ITS2 regions (White et al., 1990). The DNA sequence analysis was performed on an ABI PRISM 310 genetic analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA). For taxonomic identification sequences were submitted to the NCBI Genbank database. The criteria used for identification were: sequence coverage > 80%, identity to species level 98–100%. It was revealed that the causative agent of root rot in Scots pine stands of the Perovsky Forestry is *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. This fungus is considered one of the most dangerous pathogens affecting coniferous trees (Woodward et al., 1998). The pathogenic effect of the root rot, caused by *H. annosum*, leads to a sharp deterioration in the sanitary condition of forest stands and causes damage in the form of a decrease in the productivity of forest stands, timber depreciation, and additional costs for sanitary logging (Negrutskii, 1986). The obtained results can be used in forest pathology monitoring of Siberian forests.

The research was carried out within the framework of the project “Methodological bases for assessment of forest pathology risks in southern Central Siberia” (№ FEFE-2024-0016) under the state order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for implementation by the Scientific Laboratory of Forest Health.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЕЛИ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ ЛЕСОБОЛОТНОМ КОМПЛЕКСЕ ВАЛДАЙСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Юзбеков А. К.

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: uak2003@mail.ru

В связи с актуальностью определения составляющих углеродного баланса нами выполнена оценка фотосинтетической продуктивности ели европейской (*Picea abies* L.), одной из основных пород таежных лесов Валдая, в полуденные часы в течение теплых сезонов 2020–2023 гг. Исследования проводили на экспериментальном полигоне «Таежный лог» Валдайского филиала ГГИ (национальный парк «Валдайский» Новгородской области). Полигон характеризуется мелко-холмистым рельефом, относительное превышение холмов над заболоченными понижениями составляет 6–8 м. Интенсивность фотосинтеза хвои ели определяли газометрическим методом (метод закрытых камер) с использованием портативного полевого анализатора, сконструированного на биофаке МГУ.

Величина рассчитанной фотосинтетической продуктивности старовозрастных елей изменялась в течение теплых сезонов 2020–2022 гг. в соответствии с сезонным ходом интенсивности фотосинтеза: максимум наблюдался в июне–июле; минимум – в октябре. Межгодовое изменение продуктивности зависело от ухудшения состояния старовозрастного древостоя на экспериментальном полигоне. За годы наблюдений суммарное поглощение CO₂ хвоей уменьшилось в пять раз и составило 0,23 т CO₂ га⁻¹год⁻¹, что подтверждает уменьшение значения старовозрастных ельников в углеродном балансе таежных лесов Валдая.

В данных условиях важное место следует отвести изучению фотосинтетических функций у елового подроста. Результаты исследований в 2023 г. показали, что зависимость продуктивности фотосинтеза у подроста ели европейской от температуры воздуха определялась экспонентой (коэффициент детерминации R² = 0,605 (P < 0,001)); зависимость показателя от ФАР имела линейной характер (коэффициент корреляции R = 0,683 (P < 0,001)). Величина годовой потенциальной фотосинтетической продуктивности, равная 0,51 т CO₂ га⁻¹год⁻¹, свидетельствует, что еловый подрост имел существенное значение в поглощении углекислого газа таежными лесами Валдая в течение теплого сезона 2023 г.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджета углерода в лесах и других наземных экологических системах» (регистрационный № 123030300031-6).

МАССА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА СЕМЯН

Бажина Е. В.

Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения РАН –
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия
E-mail: genetics@ksc.krasn.ru

Масса – один из важнейших показателей качества и урожайности семян. Определение массы 1000 семян позволяет дать оценку запасов питательных веществ в семенах, а также рассчитать нормы высева, способы подготовки к посеву и размещения на грядках. На массу семян влияет множество факторов окружающей среды: прежде всего генотип растения и метеорологические условия созревания, а также антропогенные и биотические (повреждения вредителями и фитопатогенами) факторы. Поэтому данный показатель подлежит обязательному контролю, его указывают в сопроводительной документации при приемке партий семян на лесосеменных станциях. Семенной материал лесных древесных видов, обладающий высокими качествами, позволяет обеспечить должный рост растений, повысить устойчивость к болезням и вредителям, снизить затраты на использование удобрений, а также химических препаратов для борьбы с патогенами. Однако определение массы семян у видов хвойных, интенсивно повреждающихся конобионтами-семяедами, например, из родов *Megastigmus*, *Strobilomia* (повреждающие семена пихты, ели, лиственницы) может дать недостоверную характеристику их качества. Настоящие исследования показали, что в выборке семян пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) конобионтами р. *Megastigmus* может быть заселено до 99% семян. Личинка семяеда выедает содержимое семени и зимует в его оболочке, где и окукливается весной. Поскольку прокол от яйцеклада самки в процессе развития семян зарастает и практически не заметен, а выход насекомого из семени происходит не раньше мая, массу семян пихты сибирской в осенне-весенний период нельзя использовать как показатель качества. Достоверные показатели качества на основании массы для таких видов можно получить только после выхода конобионта из семени (в зависимости от биологии и экологических условий – конец мая–июнь). Для определения качества таких семян необходимы дополнительные исследования партий (рентгенографический анализ либо вскрытие семян).

Таким образом, показатель массы семян пихты сибирской (как и некоторых других видов хвойных) нельзя использовать для определения их качества в осенне-весенний период.

Работа выполнена в рамках базового проекта ИЛ № FWES-2021-0009.

ДИНАМИКА РОСТА И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКОГО ВИДА *PINUS CONTORTA* DOUGL. НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Бородинцева Л. И.¹, Тараканов В. В.¹, Федорков А. Л.²

¹ Западно-Сибирский филиал ИЛ СО РАН, Новосибирск, Россия

² Институт биологии КомиНЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

E-mail: altay-lss@yandex.ru; vvtarh@yandex.ru

Приведены результаты исследования динамики роста и семенной продуктивности сосны скрученной (*Pinus contorta* Dougl.), выращиваемой в экспериментальных культурах на территории Озерского лесничества Алтайского края на площади 1,0 га. В эксперименте представлено шесть происхождений этой породы. В качестве контроля использовали сеянцы улучшенного происхождения сосны обыкновенной с Озерского лесничества.

Посадочный материал был выращен в условиях селекционно-семеноводческого центра Алтайского края. Семена с. Скрученной были собраны на лесосеменных плантациях Швеции и переданы в ЗСО ИЛ СО РАН А. Л. Федорковым. Плантации этого ценного интродукта в Швеции заложены по географическому принципу семенным потомством плюсовых деревьев, отобранных в Канаде.

С момента посадки весной 2014 г. и до достижения культурами 10-летнего возраста превосходство по скорости роста в высоту сохраняется за южным происхождением сосны скрученной *Österby*, средняя высота которого достигла 257 см. Лучшие темпы роста по диаметру ствола на уровне 1,3 м выявлены у потомств происхождений *Larslund* и *Österby*, а также сосны обыкновенной местного происхождения ($D_{1,3} = \sim 3,5$ см). По данным учетов 2022–2023 гг. среднее число мужских колосков варьировало в пределах 19–31 и среднее количество шишек 3–11 шт./дер. Выход полнозерных семян в 2023 г. составил 0,22–0,45 %, а масса 1000 шт. полнозернистых семян 4,0–4,7 г.

Для оценки перспектив интродукции в каждом экотипе (происхождении) отобраны по 20 лучших по росту и генеративной активности деревьев.

Работа выполнена при поддержке базового проекта НИОКТР 124012900557-0 «Биоразнообразие лесов Сибири: эколого-динамический, генетико-селекционный, физико-химический и ресурсно-технический аспекты» (2024–2026 гг.).

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ХВОЙНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА УРАЛЕ И В ПРЕДУРАЛЬЕ

Боронникова С. В., Жуланов А. А., Сбоева Я. В., Чертов Н. В.

ФГАОУ ВО ПГНИУ, Пермь, Россия
E-mail: SVBoronnikova@yandex.ru

Для составления программ рационального использования лесных генетических ресурсов необходимы знания о генетическом разнообразии популяций хвойных видов растений (Тараканов et al., 2021). Виды родов *Picea* и *Pinus* играют исключительно важную роль в формировании структуры и функций лесных экосистем. В результате процессов интрогрессивной гибридизации елей европейской (*P. abies*) и ели сибирской (*P. obovata*) сформировался большой комплекс популяций ели гибридного происхождения. Генетическое разнообразие изучено у 12 популяций *Pinus sylvestris* L. на Урале и в Предуралье, в также у шести пермских популяций видов рода *Picea*. На основе изучения литературных данных (Azaiez et al., 2018) разработано 16 пар праймеров к высокополиморфным локусам *Picea abies* (L.) Karst. и отобрано из них пять наиболее информативных. Разработанные праймеры позволили выявить от 10 и более полиморфных позиций для локусов *Picea_02* и *Picea_06* до 30 для *Picea_01*. На основании полиморфизма SNP-маркеров с применением программы DnaSP v6.11.01 (Rozas et al., 2017) установлено, что изученные популяции характеризуются достаточно высоким уровнем генетического разнообразия ($Hd = 0,757$, $\pi = 0,0049$, $\theta_w = 0,0079$). Значения критерия *Tajima's D* отрицательны для всех изученных популяций (от $-0,263$ для популяции *Po_Kc* до $-0,973$ для *Po_Gn*), что свидетельствует об избытке редких аллелей и высокой вероятности продолжения процессов реинтрогрессии ели на Урале и на прилегающих территориях.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания № FSNF-2023-0004 Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» в области науки и Правительства Пермского края, научно-исследовательского проекта МИГ по Соглашению № С-26/776 от 31 марта 2022 г.

**STUDY OF GENETIC MECHANISMS OF APICAL GROWTH DOMINANCE
IN TREES BY COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENTIAL GENE
EXPRESSION IN “WITCHES’ BROOM” AND NORMAL CROWN OF SCOTS PINE
(*PINUS SYLVESTRIS* L.) AND SIBERIAN STONE PINE (*P. SIBIRICA* DU TOUR)**

**Bauer E. E.¹, Novikova S. V.^{1,2}, Bondar E. I.^{1,2}, Sharov V. V.^{1,2}, Oreshkova N. V.^{1,2,3},
Zhuk E. A.⁴, Vasilyeva G. V.⁴, Goroshkevich S. N.⁴, Krutovsky K. V.^{1,5,6,7}**

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

² Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center”, SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

³ V. N. Sukachev Institute of Forest, SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

⁴ Institute for Monitoring of Climatic and Ecological Systems, SB RAS, Tomsk, Russia

⁵ Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany

⁶ N. I. Vavilov Institute of General Genetics, RAS, Moscow

⁷ G. F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

E-mail: eduardb657@gmail.com

Whole transcriptome analysis identified 61 differentially expressed genes (DEGs) for Scots pine and 164 DEGs for Siberian pine associated with the “witches’ broom”(WB) phenotype. These DEGs were annotated by searching for homologs in the NCBI GenBank database using BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), and also by searching for orthologs using the eggNOG-mapper program. For the detected DEGs, 6 gene metabolic networks were built using the STRINGdb online service and database for popular *Populus trichocarpa* as the most studied model species in tree genetics. All of them are represented by proteins that support the anatomical structure of the cell. Some of these proteins are involved in the activation of the pre-replicative complex and the maintenance of minichromosomes, as well as in the processes of de- and ubiquitination. It is important to note that the two clusters representing deubiquitination processes and those associated with DNA replication, respectively, included DEGs from both Scots pine and Siberian pine.

Overexpression of MCM2 (Minichromosome Maintenance Complex Component 2) was detected in the RNA sample isolated from WB. It can be assumed that MCM2 may have an important function in the morphological manifestation of the WB trait. Overexpression of the transcript that encodes the chloroplast enzyme PRORP1 was also observed. This endonuclease function is important for producing usable chloroplast tRNAs and is therefore critical for translation. DEGs with increased expression in the WB were found to be involved in the processes of de- and ubiquitination that shown to rescue proteins from degradation and increase their stability. Additional studies are needed to understand the precise role of the detected DEGs in the formation of the WB phenotype. Knowledge of these mechanisms will make it possible to more effectively breed decorative varieties of pine trees, as well as highly productive dwarf Siberian stone pines that facilitate harvesting valuable pine nuts.

РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ

Вариводина И. Н.

ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех», Воронеж, Россия

E-mail: varivodinna@rambler.ru

Основной предпосылкой постановки научно-исследовательской работы является необходимость борьбы с опустыниванием и рациональное использование аридных ландшафтов, внедрение научных и опытно-конструкторских разработок в практику в интересах устойчивого развития засушливых (аридных) регионов Республики Калмыкия. Разработка такого комплекса мер предусмотрена в рамках поручений Председателя Правительства Российской Федерации М. В. Мишустина по итогам рабочей поездки в Республику Калмыкия по борьбе с опустыниванием, а также в рамках исполнения Указа Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 года № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» и Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 года № 3052-р.

Для повышения устойчивости лесных насаждений планируются исследования, направленные на разработку технологии создания лесных культур лиственных пород с использованием биотехнологических подходов клонального микроразмножения в различных лесорастительных условиях аридного климата Российской Федерации. Исследования будут способствовать наиболее полному и рациональному использованию хозяйственного потенциала лесов, увеличению лесистости, минимизации ущербов и рисков при введении в лесное хозяйство современных технологий, повышению приживаемости посадочного материала.

Для достижения поставленной цели предусматривается решение таких задач, как проведение полевого обследования почвенного покрова на землях лесного фонда Республики Калмыкия; физический, физико-химический и химический анализ почв с целью выявления их особенностей; отбор материала для экспериментов по культивированию в условиях *in vitro*; проведение экспериментов по определению режимов стерилизации эксплантов, а также регенерации из них микропобегов; изучение специфики реакций древесных пород на моделируемый стресс в культуре *in vitro* (на основе проведенного химического анализа почвы на территории Республики Калмыкия); определение возможных путей укоренения *in vitro* микропобегов; получение опытной партии посадочного материала отобранных клонов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПЛАНТОСИМБИОНТОВ РАЗНЫХ ВИДОВ БЕРЕЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ МАРКЕРОВ

Ветчинникова Л. В.¹, Титов А. Ф.²

¹ Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

² Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: vetchin@krc.karelia.ru, titov@krc.karelia.ru

Изучены трансплантосимбионты, полученные путем прививки копулировкой или локальной трансплантации, где в качестве реципиентов были выбраны береза повислая *Betula pendula* Roth и береза пушистая *Betula pubescens* Ehrh., а донора – ткани коры карельской березы *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, узорчатая текстура которой хорошо контрастирует с обычной (прямоволокнистой) древесиной реципиентов. Показано, что даже при локальной кольцевой трансплантации тканей донора, когда по окружности ствола полностью «перерезаются» все нисходящие и восходящие транспортные пути вдоль оси ствола реципиента, происходит успешное срастание генетически разнородных тканей, которые и годы спустя (девять лет) сохраняют свои фенотипические и генотипические особенности. С помощью микросателлитного анализа установлено, что независимо от метода получения трансплантосимбионты характеризуются четко выраженным аллельным разнообразием, хотя в случае кольцевой пересадки по некоторым локусам может проявляться микросателлитная нестабильность и даже генетический химеризм, что коррелирует с концепцией избирательно выгодной нестабильности (Tower, 2024). В частности, дисбаланс аллелей в отдельных хромосомах варьировал от 22,2 до 37,9%, что превышает норму (3–20%), установленную для соматических клеток покрытосеменных древесных растений. При этом в зонах срастания тканей донора и реципиента на поперечном сечении и местах соединения их краевых поверхностей этот показатель достигал 78%, что и в этом случае не сказалось на результатах генотипирования. Из семи изученных микросателлитных маркеров наибольшие различия в тканях привоя (карельская береза) и подвоя (береза повислая) установлены в отношении трех (L1.10, L5.4 и L7.3), а в случае локальной трансплантации – четырех локусов (L2.2, L1.10, L10.1 и L5.4). В целом же следует сказать, что область применения микросателлитных маркеров не ограничивается только задачей проведения генотипирования, а открывает новые возможности для экспериментальной фитобиологии, в том числе в вопросах, связанных с трансплантацией растений.

ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ РОДА *BETULA* L. И ВОПРОСЫ ТАКСОНОМИИ

Ветчинникова Л. В.¹, Титов А. Ф.²

¹ Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

² Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: vetchin@krc.karelia.ru, titov@krc.karelia.ru

Появление и становление популяций основных видов рода *Betula* (береза повислая *Betula pendula* L., береза пушистая *Betula pubescens* Ehrh.) на территории Европы имеет длительную историю, а их численность, генетическая структура и генетическое разнообразие сформировались под влиянием различных природно-климатических и биотических факторов среды, сложившихся здесь в послеледниковый период. Определенная географическая и климатическая приуроченность способствовали возникновению здесь гибридных зон, которые повлияли на дальнейшую эволюцию этого рода. Более подробно в докладе рассматривается роль гибридизации в формировании генетической структуры популяций березы, расположенных на территории северо-западной части континентальной Европы, где в результате интрогрессии могли появиться необычные генотипы и гаплотипы, среди которых предположительно выделилась карельская береза *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, главными отличительными признаками которой являются узорчатая древесина и полиморфизм форм роста. Предполагается, что интрогрессивная гибридизация видов, периодически наблюдаемая в роде *Betula* L., является одной из главных причин, затрудняющих четкую видовую идентификацию березы повислой и березы пушистой. Иная ситуация сложилась с карельской березой, которая хотя и соответствует общепринятым биологическим критериям вида, по-прежнему считается разновидностью березы повислой. На основании анализа популяционно-генетических особенностей представителей рода *Betula* авторы пришли к заключению о целесообразности сохранения видового статуса для березы повислой и березы пушистой (несмотря на определенные трудности с их идентификацией) и желательности выделения карельской березы в качестве самостоятельного биологического вида. Подчеркивается важность и актуальность изучения популяционно-генетических особенностей как широко распространенных, так и редких представителей рода *Betula* с целью разработки эффективных способов их селекции и мер по воспроизводству наиболее ценных генотипов, как надежной научной основы устойчивого лесопользования.

ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ КАРЕЛЬСКАЯ БЕРЕЗА САМОСТОЯТЕЛЬНЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ ВИДОМ?

Ветчинникова Л. В.¹, Титов А. Ф.²

¹ Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

² Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: vetchin@krc.karelia.ru, titov@krc.karelia.ru

Карельская береза (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti) в настоящее время считается разновидностью березы повислой. Но в разные годы неоднократно поднимался вопрос о ее таксономическом статусе и окончательная точка здесь, как нам представляется, не поставлена. В наших работах он также обсуждался и привел нас к выводу, что имеются достаточные основания, чтобы рассматривать карельскую березу в качестве самостоятельного биологического вида. Кратко основные аргументы в пользу этого следующие:

1. Генетическая детерминация и устойчивое наследование основных признаков, характерных для карельской березы, что, в частности, четко проявляется в семенном потомстве при контролируемом опылении (Ветчинникова, Титов, 2019).

2. Соответствие всем общепринятым критериям биологического вида (Ветчинникова, Титов, 2020).

3. Результаты опытов с прививками, в которых карельская береза являлась донором, а береза повислая или береза пушистая – реципиентом (Ермаков и др., 1991). Результаты генотипирования полученных таким образом трансплантосимбионтов с помощью микросателлитных маркеров (Ветчинникова, Титов, 2024).

4. Выявление на основе высокопроизводительной технологии генотипирования путем секвенирования (Genotyping-by-sequencing) гена (ов), участвующего (их) в контроле процесса формирования «узорчатой» древесины (Gubaev et al., 2024).

Добавим, что поскольку карельская береза является для Республики Карелия краснокнижным видом, ее признание в качестве самостоятельного биологического вида важно не только с научной точки зрения, но и имеет природоохранное значение, так как существующие международные и национальные (федеральные) природоохранные документы и нормативно-правовые акты ориентированы на животные и растительные организмы, имеющие видовой статус.

МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ *SALIX MATSUDANA* В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

Внукова Н. И.

ФГБУ «ВНИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии», Воронеж, Россия
E-mail: natalya.vnuckova@yandex.ru

Ива вавилонская (*Salix babylonica*) – вид растений рода ива семейства ивовых. Мало-требовательна к почве (переносит даже известковые), морозостойка, в городских условиях демонстрирует отличную устойчивость к загазованности, задерживает загрязнения и пыль, переносит засуху. Поскольку вавилонская ива хорошо закрепляет почвы, ее часто высаживают для борьбы с эрозией на склонах и откосах. *Salix babylonica* считается одним из самых красивых деревьев, которое нередко выбирают для украшения скверов и парков. Имеет декоративную форму *Salix matsudana* (змеевидная) с причудливо изогнутыми ветками и закрученными листьями.

Одним из способов, позволяющих быстро получить качественный однородный посадочный материал ивы, является микроклональное размножение.

Для получения асептических побегов ивы Матсуды стерилизация эксплантов проводилась в два этапа: в нестерильных условиях обрабатывались мыльным раствором, далее 2% раствором «Domestos» в течение 10–12 минут с последующим многократным ополаскиванием водопроводной водой, а затем в стерильных условиях (в ламинаре) выдерживанием в растворе, содержащем мертиолят (0,025%), «Белизну» (7%) и твин-80 (0,02%) с экспозицией 10 минут и отмыванием эксплантов в стерильной воде три раза по 10 минут. После стерилизации экспланты помещали на среду MS, содержащую цитокинин 6-Бап в концентрации 1 мг/л, и переносили в условия биотехнологической нормы ($t = 25 \pm 2$ °C, фотопериод 16 ч., интенсивность освещения 2,0 клк).

В конце апреля со срезанных веток ивы вавилонской было получено два вида эксплантов – нераспустившиеся почки и побеги, полученные выгонкой в лабораторных условиях. К сожалению, контаминация была настолько сильной, что не удалось получить ни одного пригодного для дальнейшего использования побега. Взятые в следующей серии опытов экспланты нарезали из зеленых активно растущих молодых веток (середина мая). Удалось получить 100% жизнеспособных культур, из них 85% были асептическими. Дальнейшая мультипликация побегов осуществлялась на среде MS с концентрацией 6-Бап 0,5–0,7 мг/л. Укоренение побегов ивы происходило на средах с половинным содержанием макроэлементов ($\frac{1}{2}$ MS), дополненных ауксином ИМК (0,01–0,02 мг/л) или активированным углем (10–15 г/л). Коэффициент размножения через четыре месяца культивирования в среднем составил 10–12.

АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ХРОНИЧЕСКОЕ ОБЛУЧЕНИЕ

Гераськин С. А., Битаршвили С. В., Васильев Д. В.

НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, Обнинск, Россия
E-mail: stgeraskin@gmail.com

Комплексные исследования эффектов хронического радиационного воздействия в естественной среде обитания растений предпринимаются крайне редко в силу сложности постановки такого рода экспериментов и интерпретации полученных результатов. Тем не менее, именно такие исследования создают реальную основу для прогноза отдаленных последствий хронического облучения. В сообщении представлены основные результаты многолетних наблюдений за популяциями сосны обыкновенной в разных радиэкологических ситуациях и климатических зонах (30-км зоны Чернобыльской и Фукусимской АЭС, участки с повышенным уровнем естественной радиоактивности в Республике Коми). Развивающиеся в условиях хронического облучения популяции характеризуются повышенными уровнями мутагенеза и полногеномного метилирования, изменениями экспрессии генов, генетической структуры популяции и временной динамики цитогенетических нарушений. В условиях экологического стресса в популяциях растений происходит отбор на повышение устойчивости к действующему фактору. Но скорость и сама возможность осуществления этого процесса может существенно различаться в разных радиэкологических условиях. Анализ транскриптома показал, что высокие мощности дозы хронического облучения ведут к отбору на эффективность систем репарации, а низкие – к поддержанию оксидативного баланса, экспрессии шаперонов и гистонов, а также контролю транспозиции МГЭ. Из представленных в докладе данных следует, что хроническое радиационное воздействие можно рассматривать как экологический фактор, способный дестабилизировать временную динамику популяционных показателей, менять генетическую структуру популяций и модифицировать их гормональный статус. Причем в адаптивных реакциях растений на хроническое радиационное воздействие важную роль играют эпигенетические механизмы.

ПОЧТИ ВСЕ ОБЩЕПРИЗНАННЫЕ ВИДЫ ХВОЙНЫХ НЕ ЯВЛЯЮТСЯ ВИДАМИ В ОБЩЕПРИЗНАННОМ ЗНАЧЕНИИ ТЕРМИНА: КТО ВИНОВАТ И ЧТО ДЕЛАТЬ?

Горошкевич С. Н.

ИМКЭС СО РАН, Томск, Россия
E-mail: pearldiver@yandex.ru

Обычно считается, что генетическое взаимодействие между особями осуществляется лишь внутри вида как основной систематической категории, ибо основным критерием биологического вида является его нескрещиваемость с другими видами. Однако среди лесных древесных растений трудно найти даже несколько таких видов. Добрая половина видов (если не 2/3) имеют современные гибридные зоны. Остальные либо имели их в прошлом (сетчатая эволюция), либо могут иметь их в будущем (так как репродуктивно совместимы). Иными словами, большинство общепризнанных ныне видов не являются видами в общепризнанном значении этого термина. Как можно решить эту проблему? Возможны два варианта. (1) Пользуясь основным критерием вида, объединить все репродуктивно совместимые отдельности в один вид. (2) Не рассматривать больше вид как основную систематическую категорию, основной продукт и основную единицу и эволюционного процесса, а считать таковыми совокупность репродуктивно совместимых видов.

Мы выступаем за второй вариант и приглашаем ученое сообщество присоединиться к этой идее. Почему? Потому что главным условием появления перспективных эволюционных новообразований является репродуктивная несовместимость новой филогенетической ветви с другими такими же ветвями. Из этой новой ветви при благоприятном стечении обстоятельств развивается новая система ветвления: совокупность существенно разных, но генетически совместимых отдельностей. Такая система ветвления и является главной единицей эволюции живой материи: внутри ее «работают» популяционные процессы, а вне ее происходит дальнейшее расхождение репродуктивно несовместимых ветвей филогенетического древа. От Линнея и доныне ботанические таксоны выделяются по произволу ботаников. Раньше для этого использовались нейтральные морфологические признаки, в настоящее время – нейтральные молекулярные маркеры разнообразия. Это правильно, если относится к «таксономическим» уровням разнообразия, где нет репродуктивной совместимости, соответственно, нет основанных на ней популяционно-адаптационных процессов. Перед биологией в целом стоит двудеяная цель: (1) сохранить максимально устойчивыми природные экосистемы; (2) разработать максимально эффективные схемы селекции и технологии культивирования ее продуктов.

Решение этих задач затруднено, когда нижние этажи системы основаны на преимущественно нейтральных элементах разнообразия, слабо связанных с популяционными процессами и адаптацией, с возможностью межвидового взаимодействия. На генетическом уровне организации ботаническую систему следует построить на эколого-генетической основе. Как назвать совокупность репродуктивно совместимых видов – центральную единицу биоразнообразия? В истории науки ее называли по-разному: компариум, сингамеон и т. д. Ни один из этих терминов не прижился как общеупотребительный потому, что они находились за пределами кодекса ботанической номенклатуры (род – вид – подвид), были узкоспециальными и, действительно, использовались лишь очень узкими специалистами. Сделать это важнейшее центральное понятие общеупотребительным можно только назвав его РОДОМ! Тогда на генетическом уровне биологического разнообразия два центральных таксономических подразделения – вид и род – наполнятся конкретным строго объективным содержанием. Мы предлагаем ученому сообществу сделать этот последний и решительный шаг к естественной системе природы.

Работа выполнена при поддержке РФФ, проект № 23-26-00077.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ У ВЕГЕТАТИВНОГО ПОТОМСТВА ДЕРЕВЬЕВ КЕДРА СИБИРСКОГО РАЗЛИЧНОГО ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Горошкевич С. Н., Велисевич С. Н.

ИМКЭС СО РАН, Томск, Россия
E-mail: pearldiver@yandex.ru; s_n_velisevich@mail.ru

Современная концепция онтогенеза многолетних растений основывается на двух основных факторах – изменениях в физиологии целого растения и дифференциальной экспрессии генов (Greenwood et al., 2010; Day, Greenwood, 2011). В интактном дереве невозможно разграничить их влияние на морфогенез и рост. Этот вопрос решается путем прививки, когда ткани с известным состоянием генома помещаются в новую физиологическую среду. Если тот или иной признак изменяется при перемещении ткани привоя в новую физиологическую среду подвоя, это свидетельствует о доминирующем влиянии макрофизиологических факторов, действующих со стороны подвоя. Если признак материнского растения устойчиво сохраняется при вегетативном размножении, то это означает, что произошли необратимые изменения в экспрессии генов. В таких случаях возможна эпигенетическая селекция с использованием возрастных состояний. Это особенно актуально для видов, которые вводятся в культуру методом клонирования, в том числе для кедра сибирского.

На Научном стационаре «Кедр» ИМКЭС СО РАН (Обь-Томское междуречье) в 2013 г. заложен опыт с реципрокными прививками 7-летнего вегетативного потомства имматурных и 180–200-летних генеративных деревьев кедра сибирского для исследования явления эпигенетической памяти о возрастных состояниях. В настоящем исследовании обобщены многолетние наблюдения за этими опытами. Выявлены преобладающие тенденции в формировании кроны привоев: черенки от имматурных деревьев активно росли и ветвились, черенки генеративных деревьев хуже росли и по характеру ветвления имели большое сходство с ветвями верхней части кроны материнского дерева. Показано, что все без исключения признаки, характеризующие морфогенез и рост, зависят и от возраста привоя, и от возраста подвоя, но соотношение этих двух факторов для разных признаков разное. Преобладание эпигенетического компонента характерно для радиального роста побегов и специфики ветвления, которая является частным проявлением коррелятивного взаимодействия между формирующимися органами и тканями у деревьев различных возрастных состояний. Еще ярче эти различия проявляются в эпигенетическом наследовании уровня апикального доминирования, которое характеризует отношения между порядками ветвления. Этот признак целиком определяется онтогенетическим состоянием привоя. Возможность эпигенетического наследования вегетативным потомством многих важнейших возраст-специфических признаков, характеризующих общий уровень роста и характер морфогенеза, открывает широкие перспективы для эпигенетической селекции у лесных древесных растений на основе их возрастных состояний.

ВЛИЯНИЕ АУКСИНОВ НА УКОРЕНЕНИЕ МИКРОПОБЕГОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Гричик Е. Л., Жолобова О. О., Крючков С. Н.

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия
E-mail: grichik-e@vfanc.ru

Гормональный состав питательной среды является решающим фактором для успешного роста и развития растений в условиях *in vitro*. Гормоны выступают регуляторами физиологических процессов растений, влияя на различные аспекты их развития. Укоренение микропобегов является важным этапом микроразмножения древесно-кустарниковых растений. Ауксины, такие как индолилмасляная кислота (ИМК), нафтилуксусная кислота (НУК) и 3-индолилуксусная кислота (ИУК) играют решающую роль в процессе укоренения (Corchete, Diez, Valle, 1993; Макаров, 2019).

Данное исследование направлено на изучение влияния ауксинов на укоренение микропобегов двух видов древесно-кустарниковых растений: *Cotinus coggigria* Scop. и *Ulmus parvifolia* Jacq. Целью данного исследования была оценка влияния концентрации ауксинов на ризогенез некоторых древесных и кустарниковых растений *in vitro*. Микрочеренки *Cotinus coggigria* и *Ulmus parvifolia* культивировали на питательной среде Мурасиге-Скуга (MS) с добавлением ауксинов ИМК, ИУК, НУК в концентрации 0,2; 0,5; 0,7; 1,0; 1,5; 2,0 мг/л в течение 6 недель при фотопериоде 16/8 и температуре 23 °С с освещением 70 мкмоль/с/м². За контроль брали питательную среду MS без содержания фитогормонов (Бутенко, 1999; Гричик, Жолобова, 2023).

На экспериментальных питательных средах, содержащих ИМК 0,5 и 0,7 мг/л, частота ризогенеза увеличивалась в 2–3 раза, также наблюдалось увеличение количества корней по сравнению с контрольной группой и другими опытными вариантами сред. Обильная корневая система развивалась в основном в течение четырех недель. Отмечалась видоспецифичность реакции на средах, содержащих НУК и ИУК: для *C. coggigria* самым неэффективным оказалось применение ИУК, в то время как для *U. parvifolia* добавление в состав среды ИУК 0,5 мг/л положительно влияло на процессы укоренения и роста побегов. Применение НУК 0,5 и 0,7 мг/л оказало благоприятное действие на ризогенез *C. coggigria*, однако, показатели длины и числа корней были ниже, чем на средах с ИМК, а для *Ulmus* НУК оказался неэффективным. При повышении концентраций регуляторов роста до 1,0–2,0 мг/л на всех вариантах отмечалась низкая регенерация микропобегов и ингибирование развития корней или их полное отсутствие.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122020100427-1).

СЕЛЕКЦИОННАЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ НАСАЖДЕНИЙ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Егоров С. А., Солонкин А. В., Крючков С. Н., Соломенцева А. С., Горбушова Д. А.

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия

E-mail: alexis2425@mail.ru

В доле повышения долговечности, жизненности и продуктивности защитных лесных насаждений ведущая роль отводится генетике и лесной селекции. Использование семян сортового отбора (селекции) позволит увеличить количество гибридов первого поколения и создать из них жизнеустойчивые насаждения в безлесных районах. В ходе инвентаризации насаждений Волгоградской области было установлено, что большинство лесных полос находятся в расстроенном (усыхающем) состоянии. Влияние географического происхождения семян при создании посадок на различия в наследственных особенностях растений сохранилось в последующих поколениях. Так, например, на севере области сосны южного или западного происхождения подмерзали или вымерзали полностью, образуя кривоствольные древостои. На юге области сосны северного происхождения создали более редкостойные древостои, отличаясь медленным ростом. Производительность таких насаждений меньше, чем у посадок из местных семян. В ходе исследований также установлено наличие наследственных различий у дубов, происходящих из разных климатических районов. Если в Волгоградской области дубы отличаются пониженной энергией роста, то образцы из северного Новоаннинского района имеют лучшее развитие по высоте, диаметру и проекции кроны. Установлено, что плодоношение древесных растений находится в связи с климатическими и световыми условиями, а также каждый биотип имеет свои индивидуальные генетические особенности репродуктивного развития. У клонов и семей не выявлены какие-либо закономерности между интенсивностью плодоношения и их ростом (r_s составляет от 0,39 до $-0,27$). Более тесная связь отмечена между шириной кроны и урожайностью ЛСП дуба и сосны, но у большинства потомств показатели недостоверны (от $-0,10$ до $+0,54$). При создании лесосеменных объектов высших уровней необходимо использовать только вегетативное размножение. При оценке маточных деревьев в результате инвентаризации по репродуктивным признакам в клоновых архивах и ЛСП выделены клоны с высокими показателями урожайности, качества, составлен их реестр. Создание ЛСП из этих потомств позволит увеличить семенную продуктивность в перспективе в несколько раз.

Работа выполнена в рамках задания № 122020100448-6 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СОМАТИЧЕСКИЙ ЭМБРИОГЕНЕЗ *PINUS SYLVESTRIS* L. (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)

Ершова М. А., Игнатенко Р. В., Чирва О. В., Галибина Н. А.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: maria_ershova_karnc@mail.ru

Одним из способов массового тиражирования высокопродуктивных генотипов хвойных растений является соматический эмбриогенез. Однако имеется ряд трудностей при использовании такого метода клонального микроразмножения для *Pinus sylvestris* L. В данном исследовании представлена оценка факторов, влияющих на соматический эмбриогенез *P. sylvestris*, произрастающих на территории южной Карелии.

В 2022 г. шишки собирали в трех местах произрастания *P. sylvestris*: на Петрозаводской ЛСП с клонов плюсовых деревьев (45 лет), на плантации испытательных культур с их семенного потомства (10 лет), в парке г. Петрозаводска (20 лет), а в 2023 г. на Петрозаводской ЛСП. Мегагаметофиты, содержащие зародыш от кливажной до предсемядольной стадии развития, культивировали в 2022 г. на средах DCR, MSG и 1/2LV с разным содержанием фитогормонов: 4,5 μ M 2,4-Д и 2,2 μ M 6-БАП; 9 μ M 2,4-Д и 4,5 μ M 6-БАП; 18 μ M 2,4-Д и 9 μ M 6-БАП. В 2023 г. использовали питательные среды на основе MSG, отличающиеся разным содержанием фитогормонов: 13,6 μ M 2,4-Д и 2,2 μ M 6-БАП; 18 μ M 2,4-Д и 9 μ M 6-БАП; 2,7 μ M НУК и 9 μ M 6-БАП. Вызревание соматических зародышей осуществляли на субстрате с 60 μ M АБК.

На первом этапе исследования было установлено, что формирование масс клеток из эксплантов *P. sylvestris* наиболее активно (5%) происходило на питательной среде MSG с повышенным содержанием фитогормонов. При этом 29% из них являлись эмбрионально-суспензорными массами (ЭСМ). Оценка различных генотипов *P. sylvestris* показала, что более отзывчивы к условиям культивирования экспланты, собранные с клонов плюсовых деревьев на Петрозаводской ЛСП. На втором этапе исследования ЭСМ, иницирующие на субстратах с 18 μ M 2,4-Д, 2,7 μ M НУК и 9 μ M 6-БАП, после 7-месячной пролиферации помещали на среду с АБК. Соматические зародыши формировались, однако, полного вызревания достичь не удалось.

Таким образом, были подобраны оптимальные условия для инициации и пролиферации ЭСМ *P. sylvestris*, а также выявлены генотипы деревьев-доноров эксплантов на Петрозаводской ЛСП, обладающие способностью формировать как ЭСМ, так и соматические зародыши.

СЕЛЕКЦИЯ УСТОЙЧИВЫХ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕСС-ФАКТОРАМ ГЕНОТИПОВ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ВИДОВ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Жолобова О. О.

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия
E-mail: zholobova-o@vfanc.ru

Культура изолированных тканей является ценным инструментом для скрининга стрессоустойчивости растений и выяснения физиологических и биохимических изменений во время стресса. Селекция *in vitro*, проводимая в строго контролируемых лабораторных условиях, высокоэффективна по сравнению с традиционными методами, требующими продолжительных полевых исследований, большого количества ресурсов и невозможностью обеспечения стабильных условий окружающей среды для эффективного воспроизведения результатов (Maleki et al., 2019; Wijerathna-Yapa, Hiti-Bandaralage, 2023). В естественных условиях произрастания лесные древесные виды подвержены негативному влиянию постоянно меняющимся климатическим условиям, поэтому реализация селекционных программ, направленных на получение толерантных к абиотическим стресс-факторам генотипам, остается весьма актуальной (Рахмангулов и др., 2022; Внукова, 2023).

В лаборатории биотехнологий ФНЦ агроэкологии РАН создана и ежегодно пополняется коллекция *in vitro* ценных генотипов древесно-кустарниковых видов, перспективных в защитном лесоразведении и борьбе с опустыниванием. Разработка селективных систем *in vitro* для получения толерантных к абиотическим стресс-факторам генотипов является одним из приоритетных направлений деятельности лаборатории. Работа по моделированию условий засухи проводилась с использованием неионного осмотика полиэтиленгликоля 6000 в питательной среде для культивирования четырех видов: *Cotinus coggygia* Scop., *Caragana pygmaea* (L.) DC, *Cerasus fruticose* Pall. × *louiseania* VSL-2, частично адаптированный вид *C. pygmaea*, в зависимости от генотипа и его способности к укоренению, и чувствительный к водному дефициту кустарник *Spartium junceum*. В условиях осмотического стресса отмечалось угнетение ростовых процессов, уменьшение листовых пластин при увеличении плотности устьичных клеток и постепенное смыкание устьичных щелей у всех исследуемых образцов.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122020100427-1).

НАЗВАНИЕ ТЕЗИСОВ РАЗЛИЧИЯ ПО УСТОЙЧИВОСТИ КАК ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА ВНУТРИВИДОВОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ КЕДРА СИБИРСКОГО *EX SITU*

Жук Е. А., Горошкевич С. Н.

ИМКЭС СО РАН, Томск, Россия

E-mail: eazhuk@yandex.ru

Жизнь дерева – это постоянный компромисс между устойчивостью, ростом и репродукцией, который обеспечивается перераспределением ресурсов в нужном направлении. Кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour) – не исключение. Мы установили диапазон его внутривидовой изменчивости как по отдельным признакам, характеризующим продуктивность и устойчивость, так и по соотношению этих признаков у клонов из широтных, долготных и высотных экотипов, выращенных в однородных условиях. Деревья из южного и низкогорного экотипов были почти в три раза продуктивнее деревьев из северных и высокогорного экотипов и примерно на четверть продуктивнее деревьев из местного экотипа, а деревья из западного экотипа были продуктивнее восточного примерно в 1,5 раза. Далеко не вся дифференциация по продуктивности объяснялась фенологическими различиями и разными темпами роста деревьев. Уже в возрасте 10 лет деревья из разных экотипов имели разную устойчивость к воздействию биотических факторов и существенно различались по числу и глубине биотических повреждений. К 23-летнему возрасту эти повреждения привели к кардинальным различиям в жизненном состоянии деревьев из разных экотипов. Все деревья были заселены сибирским кедровым хермесом (*Pinus cembrae* Chol.) в разной степени, особенно сильно заселялись северные, восточные и высокогорный экотипы. За время жизни клонов они дважды подвергались заражению микромицетами, что приводило к пожелтению хвои, усыханию побегов, вплоть до отмирания части кроны. Данные повреждения были обнаружены только у северных (90%) и высокогорного (100%) экотипа, а также у восточного экотипа (15%). Так как вредители и патогены чаще повреждают деревья, уже ослабленные другими факторами, хуже «вписанные» в местный климат, менее продуктивные северные, высокогорные и восточный экотипы с возрастом все больше заселялись вредителями и поражались грибными болезнями, что, с одной стороны, говорит об их изначально более низкой устойчивости, а с другой, способствует еще большему снижению их продуктивности. Внутривидовая дифференциация по этому признаку реально влияла на дифференциацию по продуктивности и, возможно, вносила в нее наибольший вклад.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА *PINUS SYLVESTRIS* L. НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ

Игнатенко Р. В., Никерова К. М.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: ocean-9@mail.ru

Сбор семян *Pinus sylvestris* L. для цитогенетического анализа проводился в 2018 г. в средневозрастных сосновых фитоценозах Республики Карелия (Амбарнское и Пяозерское участковые лесничества) и Мурманской области (Зеленоборское, Ковдорское, Кандалакшское, Зашейковское и Умбское участковые лесничества). Районы исследования отличались по почвенно-климатическим условиям и удаленности от медно-никелевого комбината «Североникель». Кончики корней проросших семян предварительно фиксировали в спиртово-уксусной смеси в течение суток. Для подсчета числа хромосом перед фиксацией растительный материал обрабатывали 1% раствором колхицина в течение 5 ч. Кончики корешков окрашивали 1% ацетогематоксилином, предварительно материал выдерживали в 4% растворе железоммонийных квасцов.

Исследование корневой меристемы семенного потомства *P. sylvestris* показало, что в диплоидном наборе содержится 24 хромосомы. В зависимости от места сбора семенного материала доля проростков с полиплоидными и анеуплоидными клетками различалась – 38–100% и 17–62%, соответственно. Также регистрировали метафазные пластинки с кольцевыми и полицентрическими хромосомами.

Цитогенетическим показателем, отражающим степень повреждения ДНК, является частота патологий митоза. Ее минимальный уровень (4–9%) был обнаружен в корневой меристеме проростков из Пяозерского участкового лесничества, а максимальный (9,4%) – у растений из Зашейковского участкового лесничества. У последних также зарегистрирована максимальная (0,9%) доля клеток с микроядрами. Выявлен широкий спектр цитогенетических аномалий у исследованного семенного потомства *P. sylvestris*. Преобладающими типами нарушений на стадии анателофазы митоза являлись забегание хромосом и мосты.

Сделан вывод, что почвенно-климатические условия, характерные для районов исследования, а также наличие аэротехногенного загрязнения от медно-никелевого комбината оказывают существенное влияние на генетический материал растений. Показано, что цитогенетические параметры *P. sylvestris* являются эффективным диагностическим маркером, позволяющим оценить различное воздействие факторов окружающей среды на живые организмы.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОБЪЕКТОВ ЕГСК ХВОЙНЫХ КАРЕЛИИ

Ильинов А. А., Раевский Б. В.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: ialex33@yandex.ru

Воздействие селекции на генетические ресурсы древесных видов остается все еще недостаточно изученным. Поэтому управление генетическим разнообразием при создании искусственных насаждений является до настоящего времени актуальной темой для исследования. Цель исследования – сравнительная оценка с помощью микросателлитных локусов уровня генетического разнообразия природных популяций и объектов единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК) хвойных Карелии на примере сосны обыкновенной и ели финской. В результате исследования дана характеристика генетической структуры и уровня генетической изменчивости различных селекционных групп деревьев в четырех плюсовых насаждениях (ПН) сосны обыкновенной. Сравнительный анализ по изученным показателям аллельного и генотипического разнообразия (среднее число аллелей, N_a и среднее эффективное число аллелей, N_e на локус, наблюдаемая, H_o и ожидаемая, H_e , гетерозиготность, индекс фиксации Райта, F) не выявил статистически значимых отличий между деревьями различных селекционных категорий в пределах одних и тех же ПН, что указывает на их генетическую однородность. Проведено сравнительное исследование обычных (нормальных) насаждений (НН) и различных объектов ЕГСК (плюсовые насаждения, лесосеменные плантации, ЛСП, испытательные культуры, ИК) сосны обыкновенной и ели финской, дана оценка уровня их генетического разнообразия. Анализ данных показал, что ПН как сосны обыкновенной, так и ели финской отличаются лучшими условиями произрастания по сравнению с НН. В то же время НН как сосны обыкновенной, так и ели финской не уступают плюсовым насаждениям по уровню аллельного разнообразия, а НН ели – и по уровню генетической изменчивости. ЛСП и ИК по уровню генетического полиморфизма не уступают ни НН, ни ПН. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии снижения уровня генетического разнообразия у объектов ЕГСК на начальных этапах плюсовой селекции. В практическом плане использованные в исследовании микросателлитные локусы сосны можно применять при генетической идентификации выборок плюсовых деревьев и оценки генетических параметров их семенного потомства для оптимизации перехода к селекционным объектам повышенной генетической ценности.

ГЕНЫ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ АДАПТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ СОСНЫ И ЕЛИ

Калько Г. В.

ФБУ «СПбНИИЛХ», Санкт-Петербург, Россия
E-mail: gkalko@spb-niilh.ru

Важным аспектом в оценке генетического разнообразия хвойных пород должно быть добавление к широко используемым нейтральным маркерам сайтов в генах, определяющих адаптацию деревьев к факторам окружающей среды.

На ряде видов хвойных деревьев полногеномные ассоциативные исследования (GWAS) выявили корреляции значимых SNP и трендов в адаптации к климатическим факторам. Было обнаружено большое число (сотни) генов, вовлеченных в локальную адаптацию: гены путей гормонов, акклиматизации к холоду, ремодуляции клеточной стенки, реакции на голодание, иммунный ответ, транскрипционные факторы, ферменты и др. (Parchman et al., 2012; De La Torre et al., 2021; Carra et al., 2022; Carblancq et al., 2023 и др.). У хвойных пород генетическая основа адаптации к климату сложна и, по-видимому, включает в себя множество независимых и взаимодействующих генов из различных биохимических путей (Hornou et al., 2015). Значимые для адаптации гены-кандидаты и SNP в них у хвойных одного вида могут быть совпадающими и (или) уникальными в популяциях из различных географических местообитаний (Namroud et al., 2008).

Учитывая то, что изменение климата нарушает адаптацию растений (Mcgraw et al., 2015; Wilczek et al., 2014), при мониторинге ЛГР ели и сосны важно проводить оценку полиморфизма в генах, для которых хотя бы в некоторых популяциях была выявлена широтная клинальность в распределении частот аллелей. Наиболее перспективными для включения в системы мониторинга являются гены, влияющие на большое число других генов (фитохромы, гены циркадных часов, путей гормонов, дегидрины). Полученная при таком мониторинге информация может быть ценной как для сохранения лесных генетических ресурсов ели и сосны в условиях изменения климата, так и для селекции.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Федерального агентства лесного хозяйства от 15.01.2024 № 053-00012-24-00 по теме «Молекулярное маркирование генов, контролирующих адаптивные признаки ели и сосны, для использования при планировании лесных культур в условиях меняющегося климата».

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНОМНОГО УЧАСТКА, СВЯЗАННОГО С «КАРЕЛЬСКИМ» ФЕНОТИПОМ БЕРЕЗЫ

*Каржаев Д. С.^{1,2}, Губаев Р. Ф.¹, Сафронычева Е. Д.^{1,2}, Волков В. А.^{1,2},
Ветчинникова Л. В.^{1,3}, Поточкина Е. К.^{1,2,4}, Жигунов А. В.¹*

¹ СПбГЛТУ им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

² СПбНИИЛХ, Санкт-Петербург, Россия

³ Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

⁴ Сколтех, Москва, Россия

E-mail: karzhaed@gmail.com

До недавнего времени причина формирования свилеватой древесины у березы повислой оставалась не выясненной. Береза с необычным фенотипом была названа «карельской».

Мы сообщаем о первых результатах исследования, направленного на выявление генетической основы формирования карелистости у березы. Используя метод высокопроизводительного генотипирования ddRADseq, мы проанализировали 196 образцов из двух популяций, полученных от скрещивания двух карельских берез. Полученные данные позволили определить интервал на 10-й хромосоме, в котором находятся SNP сцепленные с данным признаком. Также рядом с одним из значимых SNP мы обнаружили делецию, имеющую значимую корреляцию с признаком карелистости, на основе которой был разработан маркер для выявления деревьев, обладающих потенциальным карельским фенотипом.

Мы предполагаем, что ген-кандидат, отвечающий за формирование свилеватой древесины у березы, локализуется в найденном интервале на 10-й хромосоме. Разработанный в ходе исследования маркер может быть использован для отбора карельской березы на ранних стадиях развития растения и в дальнейших экспериментах по скрещиванию карельских берез.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-16-00096, <https://rscf.ru/project/22-16-00096/>.

ТРАНСКРИПТОМНЫЙ АНАЛИЗ КАМБИАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ И БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ

Кирьянов П. С.¹, Баранов О. Ю.²

¹ Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь

² Отделение биологических наук НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

E-mail: PKirjanov@yandex.ru

Карельская береза – это реликтовый вид дендрофлоры Республики Беларусь, имеющий выраженную хозяйственную значимость как источник получения продукции деревообработки с уникальными декоративными качествами. Узорчатость текстуры древесины карельской березы представляет собой особый фенотипический признак и является результатом аномального ксилогенеза, что также может отражаться на форме габитуса, морфологии ствола и скелетных ветвей – наличие утолщений в междоузлиях. Несмотря на фундаментальную и практическую важность изучения молекулярно-генетических основ процессов аномального ксилогенеза, до настоящего времени геномные исследования карельской березы были выполнены в ограниченном объеме. Задачей текущей работы являлось проведение транскриптомного анализа камбиальных тканей карельской березы и березы повислой с целью оценки уровня активности генов, ассоциированных с процессами деления клеток и пролиферации тканей, а также дифференциации элементов ксилемы. Сбор экспериментального материала (образцы камбия) карельской березы и березы повислой осуществлялся в период активного ксилогенеза (первая декада июня). Биологический материал замораживали в жидком азоте и в течение 4–5 часов после сбора доставляли в лабораторию для выделения мРНК с последующим ее переводом в двуцепочечную кДНК. кДНК-библиотеки и последующее секвенирование осуществляли на основе платформы Ion Torrent™. Для картирования транскриптома на геном березы использовали программное обеспечение RNA STAR. Дифференциальную экспрессию генов определяли с помощью DESeq2. В среднем для каждого транскриптома было картировано ≈170 тыс. прочтений. По результатам анализа идентифицировано 12661 ORF, транскрибируемых одновременно во всех проанализированных образцах, из них 168 имели различия в количестве прочтений ($p \leq 0,05$). Последующая аннотация позволила установить функциональную их принадлежность, включая участие в процессах деления, роста и развития клеток ксилемы, а также модификации клеточной стенки. Среди них отмечены следующие гены-кандидаты: NAC, ATHB8, PH1, EXO, CDKN1, PEL1, PEL5, CBP60, NTM1A, NTM1B, MYB44, UGT, CESA, SAC3, bHLH62.

Указанные ДНК-маркеры после их верификации будут использованы для разработки метода молекулярно-генетической диагностики узорчатых генотипов.

КОЛЛЕКЦИИ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ И АВТОХТОННЫХ ВИДОВ СОСЕН В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Комарова О. В., Шпилова В. Ф.

ФГБУ «ВНИИЛГИСБиотех», Воронеж, Россия

E-mail: Olya34@mail.ru

В данной работе представлены результаты исследования биологических особенностей восьми интродуцированных видов сосен: *Pinus flexilis* James, *P. Koraiensis* Sieb. et Zucc, *P. mugo* Turra, *P. pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *P. ponderosa* Douglas, *P. sibirica* Mayr, *P. strobus* L., *P. peuce* Gris., а также одного автохтонного вида – *P. silvestris* L. Изучаемые виды произрастают в лесопарковом участке ФГБУ «ВНИИЛГИСБиотех» Воронежской области.

В процессе исследования отмечались рост и развитие растений, измерялись текущие биометрические показатели, отмечались фенофазы, особенности репродуктивной деятельности, отношение к засушливым периодам, холодоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям и др. По данным показателям интродуцированные виды сосен сопоставлялись с автохтонным видом – сосной обыкновенной.

Установлены ключевые для роста и развития растений климатические факторы (температура воздуха в первой половине вегетационного периода, сумма эффективных температур). Отмечены сроки набухания и распускания почек, обособления хвои, роста побегов, опыления, образования завязи и созревания семян.

Оценивалась успешность семенного размножения изучаемых видов. Учитывалась жизнеспособность семян, наличие самосева, давался прогноз возможности их естественного возобновления в условиях Воронежской области.

По результатам исследования можно сделать вывод об успешной адаптации интродуцированных видов сосен к местным условиям. Изученные виды сохраняют присущую им в природе форму роста, цветут и плодоносят, т. е. проходят полный цикл развития, таким образом, можно утверждать, что они полностью приспособились к условиям Воронежской области. Это имеет большое практическое значение для лесного хозяйства области, так как эти сосны могут использоваться в качестве маточников для дальнейшего размножения.

ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ РЕГЕНЕРАНТОВ БЕРЕЗЫ НА АБИОТИЧЕСКИЕ СТРЕССЫ, МОДЕЛИРОВАННЫЕ В КУЛЬТУРЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ТКАНЕЙ

Константинов А. В., Кулагин Д. В., Богинская Л. А., Падутов В. Е.

ГНУ «ИЛ НАН Беларуси», Гомель, Республика Беларусь

E-mail: avkonstantinof@mail.ru

В связи с глобальными климатическими изменениями в ходе совершенствования селекционно-семеноводческой базы основных лесообразующих пород наряду с количественными показателями актуальность приобретает изучение различных аспектов фенологии и дендрологии, связанные с устойчивостью к неблагоприятным факторам среды. Одним из путей ускорения селекционной работы выступает использование возможностей лесной биотехнологии, в том числе для сохранения воспроизводства хозяйственно-ценных генотипов и разработки методик оценки морфогенетического потенциала коллекционных образцов в условиях стрессов *in vitro*.

Влияния абиотических факторов на клоны березы различных таксонов в контролируемых условиях *in vitro* проводили путем микрочеренкования двухмесячных микрорастений на среды MS без регуляторов роста, дополненные селективными агентами в различных концентрациях: хлорида натрия (0,25, 0,5, 0,75%) и полиэтиленгликоля-6000 (4,0 и 6,0%) для создания солевого стресса и дефицита воды соответственно. Контролем служила среда без добавок. Продолжительность пассажа составляла 28 суток.

Полученные в условиях моделированных стрессов микрорастения характеризовались светло-зеленой окраской, формированием мелких листовых пластинок, каллусогенезом в базальной части или витрификацией ряда растений. На фоне засоления в присутствии изученных концентраций NaCl установлено подавление роста и ризогенеза уже при 0,25%: снижение интенсивности развития как побегов (в 1,1–1,7 раза), так и корней (в 2,0–2,7 раза) по сравнению с контролем.

В конце пассажа на средах с полиэтиленгликолем-6000 выявлено существенное снижение ростовых показателей в 1,2–1,4 раза, наблюдали у регенерантов клонов карельской березы и межвидовых гибридов. Наибольшее угнетение развития отмечали для растений березы повислой, так высота стволиков регенерантов клона 171-б снижалась до $1,2 \pm 0,3$ см в сравнении с $2,4 \pm 0,4$ в контроле. В условиях осмотического стресса на средах с 4% ПЭГ ризогенез микрорастений отмечали лишь у отдельных эксплантов на 6–14 сутки. Указанный селективный агент при повышении концентрации до 6% приводил к некрозу более 45% материала.

ПРОФИЛИ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ ТРАНСПОРТЕРОВ САХАРОВ ПРИ НАРУШЕНИИ ПРОВОДИМОСТИ ФЛОЭМЫ У БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ

*Корженевский М. А., Мощенская Ю. Л., Галибина Н. А., Тарелкина Т. В.,
Никерова К. М., Серкова А. А., Софронова И. Н., Семенова Л. И.*

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: maksim.korjan@gmail.com

Целью нашего исследования было выявление роли апопластного транспорта в формировании тканей ствола у деревьев карельской березы, для которой характерно нарушение соотношения и пространственной ориентации структурных элементов проводящих тканей ствола. Вследствие этого мы наблюдаем и изменение распределения углерода в растениях с аномальным сценарием ксилогенеза. В качестве объекта изучения мы выбрали 16-летние растения обычной *Betula pendula* и *Betula pendula* var. *carelica* с проявившимися признаками аномальной древесины. Для выявления роли апопластного транспорта сахарозы в формировании тканей ствола у растений карельской березы с проявившимися признаками древесины мы изучили профили экспрессии генов, кодирующих переносчики сахарозы. Для анализа мы брали узорчатые и неузорчатые участки ствола деревьев карельской березы. Мы показали резкое снижение проводимости флоэмы у растений карельской березы (в 2,3 раза) по сравнению с обычной березой повислой. Помимо угнетения дальнего транспорта у деревьев карельской березы наблюдалось также нарушение градиента концентрации сахарозы между флоэмой и ксилемой, что, вероятно, способствует нарушению симпластного радиального переноса сахаров к формирующейся древесине. Изменения в системе симпластного транспорта у карельской березы приводили к усилению роли апопластного транспорта, которое выражалось в увеличении экспрессии генов семейств SUT, SWEET, кодирующих транспортеры сахарозы осуществляющие трансмембранный обмен сахарозы между клетками и апопластом.

Работа выполнена за счет средств федерального бюджета по государственному заданию Института леса КарНЦ РАН (Минобрнауки России, FMEN-2021-0018, № госрегистрации – 121061500082-2). Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСОВМЕСТИМОСТИ У ПРИВИВОК КЕДРОВЫХ СОСЕН В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Кузнецова Г. В., Астраханцева Н. В.

ИЛ СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: galva@ksc.krasn.ru

Селекция и сортовое семеноводство лесных древесных видов основаны на получении и массовом размножении высокопродуктивных улучшенных форм, устойчивых к факторам внешней среды. Особый интерес представляют гетеропластические прививки древесных растений. Достоинством такой прививки как метода размножения является то, что она дает возможность адаптировать растения к различным почвенным и климатическим условиям и повысить устойчивость к фитопатогенным заболеваниям. Тем не менее, у гетеропластических прививок часто отмечается явление несовместимости. Срастание привитых деревьев в первые дни и годы более-менее изучено (Фурст, Богданов, 1978; Кръстев, Протас, 2012; Кръстев и др., 2014; Свирчинский и др., 2019 и др.), однако, процессы, происходящие у средневозрастных привитых деревьев, остаются слабоизученными. Проведены анатомо-гистохимические исследования возрастных гетеропластических прививок. В нашем исследовании использованы прививки сосны сибирской (*P. sibirica* Du Tour) и прививки сосны европейской (*P. cembra* L.). Оба вида кедровых сосен привиты на сосну обыкновенную (*P. sylvestris*) на территории экспериментального опытного хозяйства «Погорельской бор» (Кузнецова, 2007). На начальном этапе исследований выявлено, что одной из причин несовместимости привоя и подвоя является разница в скоростях их радиального роста, что приводит к разрушению зоны контакта и гибели деревьев (Савва, Кузнецова, 2004). Далее было показано, что сезонная динамика радиального диаметра трахеид и толщины клеточной стенки привитых деревьев сохраняет свою видовую особенность, что свидетельствует о стабильности генетической программы дифференциации ксилемы (Ваганов и др., 2010; Дарикова и др., 2013). В исследованиях (Астраханцева, 2020; Кузнецова, Астраханцева, 2020) выявлена разная динамика роста и развития прикамбиальных тканей в зоне срастания и на незначительном удалении от нее (на 1 см). Сходство некоторых параметров анатомического строения, синхронизация развития годичного кольца у привоя сосны европейской с подвоем сосны обыкновенной выявили более высокую совместимость компонентов прививки по сравнению с сосной сибирской.

Исследования проведены в рамках базового проекта ФИЦ КНЦ СО РАН FWES-2024-0028, № 124012900557-0.

ДИНАМИКА РОСТА В ВЫСОТУ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КЛИМАТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ В СИБИРИ

Кузьмин С. Р., Кузьмина Н. А.

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН –
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия
E-mail: skr_7@mail.ru, kuz@ksc.krasn.ru

Анализ динамики роста у сосны обыкновенной разного происхождения в географических культурах демонстрирует разную успешность роста. По средней высоте выделены три группы климатических экотипов (климатипов): с максимальной высотой относительно контроля, средней и низкой. Между тремя выделенными группами по средней высоте отмечаются значимые различия ($p < 0,001$). С увеличением возраста географических культур различие между группами с высоким и низким ростом возрастает, достоверность различий подтверждается дисперсионным анализом, проведенным на климатипах с одинаковой густотой древостоев ($F = 43,6; p < 0,01$). До 37-летнего возраста у климатипов сосны отмечается ранговая нестабильность по высоте в разных лесорастительных условиях. Процесс формирования структуры насаждения каждого климатипа сосны имеет специфические особенности, обусловленные наследственными свойствами, поэтому ранговое положение определенной части исследуемых климатипов меняется в течение онтогенеза в связи с разной адаптивной реакцией на внешнюю среду. Относительно стабильный рост в высоту, после 20-летнего возраста, отмечается у перспективных климатипов, кандидатов в сорта-популяции, а также у большей части климатипов из группы медленнорастущих, значительно отстающих по средней высоте от контроля. В условиях песчаной и суглинистой почв у климатипов сосны отмечаются разные закономерности в изменчивости средней высоты и других показателей стволовой продуктивности, связанные с климатическими характеристиками мест происхождения климатипов и их адаптивной реакцией в пункте испытания. Одни и те же климатические экотипы, произрастающие в условиях темно-серой лесной суглинистой и дерново-подзолистой песчаной почв, имеют двукратные различия по высоте деревьев и трехкратные по запасу стволовой древесины. Перспективность климатипов, выделенных кандидатами в сорта-популяции по успешности роста в высоту, подтверждается показателями стволовой продуктивности и устойчивостью к болезням, вызываемым грибными патогенами.

Исследования поддержаны базовым проектом ФИЦ КНЦ СО РАН «Биоразнообразие лесов Сибири: эколого-динамический, генетико-селекционный, физико-химический и ресурсно-технологический аспекты» (FWES-2024-0028).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТА «БИОПАГ-Д» ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СУБСТРАТОВ ДЛЯ АДАПТАЦИИ МИКРОКЛОНАЛЬНО РАЗМНОЖЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Кулагин Д. В., Осипенко Н. В., Емельянова О. В., Падутов В. Е.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь

E-mail: aqua32@mail.ru

В настоящее время метод микроклонального размножения широко применяется для получения вегетативного потомства растений в промышленных масштабах. В соответствующем технологическом процессе выделяют этапы непосредственно размножения в условиях *in vitro*, укоренения микропобегов и их дальнейшую адаптацию к почвенным условиям (*ex vitro*), а также доращивания посадочного материала. Большое количество растений может быть потеряно после их переноса из асептических условий. Одна из причин гибели материала в этом случае – негативное воздействие микроорганизмов. Для минимизации влияния названного фактора могут применяться такие приемы, как стерилизация и обеззараживание почвенного субстрата. Для этого может быть использован препарат «Биопаг-Д».

Исследование было выполнено на микроклонально размноженных растениях осины клона V22. Для их переноса в почвенные условия использовался субстрат на основе верхового раскисленного торфа с добавлением перлита, вермикулита и комплексного удобрения. В опытном варианте для смачивания почвенной смеси использовался 0,1 % раствор (по действующему веществу) препарат «Биопаг-Д». Для сравнения использовалась группа растений, выращиваемых на субстрате, обработанном препаратом «Фитоспорин-М» согласно инструкции по применению. Продолжительность выращивания – один месяц, количество опытных растений на вариант – 75 шт.

По истечении месяца выращивания микроклональных растений осины *ex vitro* приживаемость в обеих группах была близкой и составляла 84–86%. В то же время их внешний вид и морфометрические параметры в значительной степени отличались. Измерение средней высоты надземной части показало, что в опытной группе «Биопаг-Д» этот показатель составил $12,4 \pm 2,8$ см, а во втором варианте – $8,7 \pm 2,5$ см. При использовании антимикробного препарата растения имели более толстые стебли и широкие листовые пластинки. Мы предполагаем, что наблюдаемый эффект объясняется снятием негативного воздействия почвенной микрофлоры на микроклональные растения, перенесенные из условий *in vitro*.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭМБРИОГЕННЫХ КЛЕТОЧНЫХ ЛИНИЙ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ

Кусенкова М. П., Падутов А. В., Можаровская Л. В., Кулагин Д. В., Падутов В. Е.

Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь
E-mail: marinaggu@mail.ru

В настоящее время актуальной является разработка новых высокоэффективных методов вегетативного размножения ели европейской, поскольку эта порода имеет важное хозяйственное и средообразующее значение. К таким подходам относится соматический эмбриогенез – биотехнологический способ клонирования растений. Его суть состоит в выращивании клеточной массы, внутри которой формируется большое количество эмбриоидов, каждый из которых может дать начало новому растению-клону. Эмбриогенные линии часто содержат в своем составе субпопуляции клеток, отличающиеся генетически. Для того чтобы определить влияние этого феномена на процесс микроклонального размножения, мы выполнили наше исследование. В ходе него шесть эмбриогенных клеточных линий оценивались по интенсивности образования эмбриоидов, уровню и качеству их конверсии в растения-регенеранты. Генетический анализ выполнялся посредством использования пяти микросателлитных (SSR) маркеров (локусы *Pa28*, *Pa33*, *Pa56*, *Pa47* и *Pa52* (из работы Fluch S. et al., 2011).

В ходе микросателлитного анализа было показано, что эмбриогенные линии с номерами 1, 2 и 3, по-видимому, диплоидны. В то же время образцы 4, 5 и 6 демонстрировали наличие трех- и четырехаллельных вариантов, что может говорить об их более высоком уровне плоидности. Исходя из этих результатов, мы можем предположить, что на этапе получения эмбриогенных культур в условиях *in vitro* конкурентное преимущество получают клеточные варианты с более высоким уровнем генетического разнообразия (три- и тетраплоиды). В материале всех эмбриогенных линий за исключением образца № 1 наблюдался аллельный дисбаланс, который свидетельствует о химеризме их клеточного состава.

Сопоставление генетических особенностей эмбриогенных культур с их характеристиками, существенными для микроклонального размножения, показало, что степень наблюдаемого аллельного дисбаланса не имеет явной взаимосвязи с ростовыми процессами и особенностями морфогенеза регенерантов. В то же время линии, демонстрирующие более высокий уровень плоидности (образцы с номерами 4, 5, 6) в целом дают несколько большее количество регенерантов с нормальной морфологией в расчете на единицу массы исходной каллусной ткани.

ПОЛУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕНОМОВ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *POPULUS*

Куфко И. Э., Комарова В. А., Шевко В. Н., Пантелеев С. В., Кирьянов П. С.

ГНУ «ИЛ НАН Беларуси», Гомель, Республика Беларусь
E-mail: icufko@mail.ru

Род *Populus* широко используется во всем мире в экологических, агролесомелиоративных и промышленных целях. В последние годы для работы с родом *Populus* были применены различные передовые биотехнологические методы, в том числе с использованием системы CRISPR/Cas9, для генетического и геномного улучшения таких характеристик, как увеличение скорости роста и изменения количественного индивидуального состава лигнина (An Y. et al., 2020).

Целью работы является разработка системы CRISPR/Cas9 для редактирования генов ферментов биосинтеза лигнина у рода *Populus*: конструирование гидРНК, клонирование плазмидных векторов со встроенными гидРНК, а также получение бактериальных культур, трансформированных плазмидной ДНК.

В качестве целевых генов для последующего редактирования были выбраны CCoAOMT1 (кофеил-КоА О-метилтрансфераза 1) и CSE1 (кофеил шикимат эстераза 1), которые играют определяющую роль в биосинтезе лигнина.

Так как конечной целью эксперимента является нокаут, а не нокдаун генов, поиск протоспейсеров осуществлялся в кодирующей части. При создании гидРНК мы руководствовались такими параметрами протоспейсера, как его удаленность от точки начала транскрипции и расположение содержащего его экзона.

Таким образом, на базе онлайн-инструмента CRISPOR.org были сконструированы последовательности гидРНК, соответствующие фрагментам первых экзонов, включенных в открытые рамки считывания исследуемых генов.

Расчетная эффективность первой гидРНК (ATGCATGAAGGAGCTCAGGG для гена CCoAOMT1) составляет 73%, второй (GCCGTGGGTTCATATATACCG для гена CSE1) – 74%. Их нецелевое воздействие незначительно. В качестве плазмидного вектора для проведения исследований был выбран pART27, представляющий собой модифицированную t1-плазмиду *Rhizobium radiobacter*. Данная конструкция была клонирована в компетентных клетках *Escherichia coli*.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ в рамках проекта № Б24МП-033.

STUDY OF THE GENETIC MECHANISMS OF ADAPTATION OF SIBERIAN LARCH AND SIBERIAN PINE TO BIOTIC AND ABIOTIC STRESSES USING DENDROGENOMICS

*Krutovsky K. V.^{1, 2, 3, 4, 5}, Novikova S. V.^{3, 6}, Sharov V. V.^{6, 7, 8}, Oreshkova N. V.^{3, 4, 6, 9},
Zhirnova D. F.¹⁰, Belokopytova L. V.¹⁰*

- ¹ Department of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen, 37077 Göttingen, Germany
- ² Laboratory of Population Genetics, N. I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, 119333 Moscow, Russia
- ³ Laboratory of Forest Genomics, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, 660041 Krasnoyarsk, Russia
- ⁴ Department of Genomics and Bioinformatics, Institute of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, 660041 Krasnoyarsk, Russia
- ⁵ Scientific and Methodological Center, G. F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, 394087 Voronezh, Russia
- ⁶ Laboratory of Genomic Research and Biotechnology, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, 660036 Krasnoyarsk, Russia
- ⁷ Department of High-Performance Computing, Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, 660074 Krasnoyarsk, Russia
- ⁸ Tauber Bioinformatics Research Center, University of Haifa, 3498838 Haifa, Israel
- ⁹ Laboratory of Forest Genetics and Selection, V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 660036 Krasnoyarsk, Russia
- ¹⁰ Laboratory of Dendroecology and Ecological Monitoring, Khakass Technical Institute, Siberian Federal University, 655017 Abakan, Russia
E-mail: kkrutovsky@gmail.com

Dendrogenomics is a new interdisciplinary field of research that integrates dendrochronology, dendroecology, dendroclimatology, genetics and genomics (Krutovsky, 2022). This new approach allows joint analysis of dendrological and genomic data and opens up new ways to study the temporal dynamics of forest boundaries, determine the spatial and temporal structure of populations and, mostly important, study the individual response of trees to abiotic and biotic stresses and assess the adaptive genetic potential of forest populations. These data are essential and very much needed, especially for accurately predicting and mitigating the impacts of climate change. Using as example our study of Siberian larch and Siberian stone pine populations, recent data will be presented on associative analysis of the relationships between variations of individual dendrophenotypes that reflect the individual adaptive response of a tree to stress with variation of a large number of genetic markers identified by modern methods of genome sequencing, the so-called “genotyping-by-sequencing” (GBS), which made it possible to identify genomic regions and genes whose variation is associated with variation of important adaptive traits (Novikova et al., 2023).

The study was supported by the Russian Science Foundation grant 22-14-00083.

ГИБРИДНЫЕ КУЛЬТУРЫ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ В КАРЕЛИИ

Лаур Н. В.¹, Царев А. П.²

¹ ПетрГУ, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

² ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех», Воронеж, Россия

E-mail: laur@petrsu.ru antsa-55@yandex.ru

В 1986 г. сотрудниками Петрозаводской лесосеменной станции МЛХ КАССР проведено контролируемое опыление плюсовых деревьев карельской березы I-высокоствольной и II-короткоствольной форм (22 варианта скрещивания). В 1987 г. на Заонежской плантации ими посажены саженцами I-й фракции гибридные культуры карельской березы. Площадь участка – 3,61 га. Схема посадки 5 × 8 м, по два саженца в одно посадочное место. Количество посадочных мест на 1 га – 250 шт., высаженных саженцев – 500 шт. Всего на участке – 903 посадочных места, высажено 1806 шт. саженцев. Селекционная инвентаризация участка проведена в 2014 г. (Лаур Н. В., Илюхина Е.) и в 2023 г. (Лаур Н. В., Устинов М., Губарев И.). При этом у деревьев определяли: форму (по А. Я. Любавской), высоту, диаметр (у корневой шейки, на высоте 1 м, 1,3 м, 2 м и выше), протяженность узорчатой и деловой части, балл по узорчатости (5 баллов), состояние дерева. Площадь участка приведена по факту, данные в таблице.

Данные инвентаризации 2014 и 2023 гг.

№	Наименование	Ед. изм.	2014 г.	2023 г.
1.	Площадь участка	га	3,55	3,55
2.	Количество посадочных мест	шт.	887	887
3.	Всего деревьев березы	шт.	941	964
4.	В т. ч. с признаками узорчатости	шт./%	817/100	830/100
	Высокоствольная форма	«	28/3,4	30/3,6
	I ^A – высокоствольная крупноузорчатая	«	10/1,2	21/2,5
	I ^B – шаровидно-утолщенная	«	18/2,2	9/1,1
	Короткоствольная форма	«	329/40,2	427/51,4
	II (один ствол)	«	не выделяли	249/30,0
	II ^A – короткоствольная	«	108/13,2	31/3,7
	II ^B – лироствольная	«	221/27,0	147/17,7
	III – кустовидная	«	460/56,4	372/44,9
	IV – кустарниковая	«	–	1/0,1
	V – безузорчатая	шт.	124	134
5.	Приживаемость березы с узорчатостью (от числа посаженных на 3,55 га саженцев)	%	46,0	46,8

Из данных, приведенных в таблице, видно, что в основном деревья с признаками узорчатости относятся к короткоствольной и кустовидной формам. Прослеживается, что жизненная форма у карельской березы с возрастом несколько меняется. Культуры в удовлетворительном состоянии, уход выполняется, дополнение не проводили. Маркировка вариантов опыления отсутствует, так как ее не возобновляли (Карельский селекционный центр расформирован в 2008 г.).

ПРОЯВЛЕНИЯ ПРЕЗИГОТИЧЕСКОЙ НЕСОВМЕСТИМОСТИ У *P. SIBIRICA* ПРИ МЕЖВИДОВЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ

Лукина А. В.

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия
E-mail: anastassiyalukina@yandex.ru

Были проведены цитоэмбриологические исследования семян, полученных в результате искусственного контролируемого опыления кедр сибирского (*Pinus sibirica*) пыльцой нескольких видов сосен подсекции *Strobi*. (*P. hokkaidensis*, *P. parviflora*, *P. strobus*, *P. wallichiana*, *P. Armandi*), а также пыльцой сосен подсекции *Cembra* (*P. koraiensis* и *P. Cembra*).

В варианте опыления *P. sibirica* x *P. cembra* обнаружено формирование нормальных зародышей, что свидетельствует об отсутствии жестких репродуктивных барьеров между этими видами.

В остальных рассмотренных вариантах искусственного опыления оплодотворения обнаружить не удалось. Установлено, что на второй год происходит остановка развития мужского гаметофита. К периоду созревания архегониев мужской гаметофит деградирует, и пыльцевые трубки на нуцеллусе не просматриваются. В отсутствие микрогаметофита мегагаметофит способен развиваться автономно до стадии вакуолизированных архегониев. Формирование коррозионной полости (зародышевого канала) происходит независимо от оплодотворения и, по-видимому, генетически детерминировано. Выявленные особенности развития репродуктивных структур при межвидовых опылениях у кедр сибирского позволяют говорить о проявлении презиготической несовместимости, проявляющейся в ингибировании мужского гаметофита.

Автор выражает благодарность д.б.н., доценту ИМКЭС СО РАН Сергею Николаевичу Горошкевичу за предоставленные для исследования образцы мегастробилы кедр сибирского.

РЕПРОДУКЦИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ

Махнева С. Г.^{1,2}, Мохначев П. Е.¹, Менищikov С. Л.¹

¹ ФГБУН Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

² ФГАОУ ВО РГППУ, Екатеринбург, Россия

E-mail: makhniovasg@mail.ru

Исследования репродукции проводили в культурах сосны обыкновенной 2–3 класса возраста, произрастающих в окрестностях промышленных центров Среднего и Южного Урала (г. Ревда, пгт. Рефтинский, г. Карабаш, г. Сатка) в условиях разных типов техногенного загрязнения.

Изучение репродукции проводили на пробных площадях (ПП) исследуемых древостоев, в которых отбирали и маркировали модельные деревья. Оценивали таксационные параметры древостоев и их санитарное состояние. Уровень техногенного загрязнения ПП определяли по накоплению аэрополлютантов в снеговом покрове. На выделенных трансектах для отдельных компонентов аэрополлютантов и их суммы были установлены градиенты.

Репродуктивные возможности древостоев оценивали по параметрам состояния женской и мужской генеративных систем (мужской гаметофит, семяпочки), количественным и качественным показателям семян, проростков семян и сеянцев. Учет всех параметров проводили отдельно для каждого дерева.

Были установлены изменения значений показателей мужской и женской генеративных систем в градиенте техногенного загрязнения – в условиях высоких уровней техногенного загрязнения наблюдали уменьшение числа деревьев, формирующих генеративные структуры; уменьшение числа стробилов и их размеров; уменьшение размеров шишек и семян. Было показано влияние техногенного загрязнения на показатели, характеризующие качество пыльцы (фертильность и жизнеспособность), семян и сеянцев (масса, всхожесть и жизнеспособность). Для мужской генеративной системы была установлена зависимость между уровнем накопления металлов в пыльце и ее жизнеспособностью.

КОЛЛЕКЦИЯ *IN VITRO* КАК ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ ЦЕННОГО ГЕНОФОНДА ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, ЕГО ВОСПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Машкина О. С.^{1,2}, Табацкая Т. М.¹

¹ ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех», Воронеж, Россия

² ВГУ, Воронеж, Россия

E-mail: mashkinaos@mail.ru

Коллекция *in vitro* клонов лиственных древесных растений ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» (<http://ckp-rf.ru/usu/569228/>) – одна из самых долгосрочных в России (начала формироваться с 1991 г.). В ее составе более 80 клонов, которые представлены ценными гибридами, полиплоидами, сортами, линиями, видами и разновидностями березы, тополя, осины и ивы, хранящимися в виде микрорастений от года до 33 лет. Коллекция развивается путем пополнения новыми образцами с расширением видового и породного (дуб, клен, липа и др.) состава. Показано, что применение питательных сред без гормонов при многолетнем хранении обеспечивает сохранение жизне- и регенерационной способности образцов, полноценное развитие растений *in vitro* и *ex vitro* (в полевых условиях), сохранение генетических и селекционных особенностей материнских деревьев. Выращивание посадочного материала на основе коллекции *in vitro* позволяет снизить сроки и себестоимость его получения (за счет упрощения и исключения отдельных этапов клонального микроразмножения), повысить эффективность выращивания качественных саженцев (путем селективного тиражирования генотипов с заданными характеристиками) для создания лесных культур различного целевого назначения. Многолетние полевые испытания клонов разной длительности хранения *in vitro* показали их хорошее состояние и высокую сохранность (75–97 %), идентичность материнским деревьям по особенностям роста, качеству древесины, плоидности и молекулярно-генетическим особенностям. Представлены данные по использованию коллекции *in vitro* как генетический ресурс для проведения исследований по тканевой и клеточной селекции *in vitro* для отбора солеустойчивых клонов березы и тополя, изучения генетики морфогенеза (в частности, рассеченного листа березы). В заключение обсуждаются проблемы взаимодействия между институтами, имеющими подобные коллекции. Их успешное решение будет способствовать повышению доступности и востребованности имеющихся в России лесных коллекций *in vitro*, расширению их функций, более быстрому внедрению полученных результатов в практику лесного хозяйства.

ПОЧВЫ ПЛЮСОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ

Медведева М. В., Раевский Б. В.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: mariamed@mail.ru

Плюсовые насаждения представляют собой высокопродуктивные насаждения, которые отличаются высокой устойчивостью к определенным эдафифитоценоотическим условиям (Царев, Лаур, 2019). Данные насаждения представляют собой резерваты генофонда основных лесобразующих пород, поэтому изучение их можно рассматривать как одно из важнейших направлений селекционной деятельности (Раевский и др., 2023). Почва как важнейшая часть лесного сообщества создает условия для формирования плюсовых насаждений, определяет их продукционную способность. Возросший в последнее время интерес к изучению почв плюсовых насаждений связан с увеличением антропогенного воздействия на лесные экосистемы, глобальными изменениями климата (Прутова, Орехова, Киселева, 2020). Отсутствие информации о физико-химических и микробиологических свойствах почв плюсовых насаждений северотаежной подзоны Карелии определили актуальность проводимых исследований. В этой связи цель работы – изучение эдафических условий произрастания плюсовых насаждений сосновых древостоев. Комплексные исследования проводили на севере Карелии в сосновых лесах, которые широко распространены на данной территории. Особенность проводимых исследований – однотипность выполняемых работ, как в полевых условиях, так и в лаборатории. Проведенные исследования показали, что почвы, которые формируются под плюсовыми деревьями, альфе-гумусового генезиса. Для них является характерным укороченность профиля, развитие хорошо дифференцируемой на отдельные подгоризонты лесной подстилки, выраженного подзолистого горизонта, иллювиальный горизонт чаще всего ярких, оранжево-охристых тонов. Физико-химические и микробиологические свойства почв в целом отражают особенности почв данного генезиса. При изменении условий почвообразования (увеличении гидроморфизма, изменении температуры воздуха и пр.) меняется направленность трансформации органического вещества, которая хорошо диагностируется микробиологическими показателями. Последние могут быть использованы в качестве индикатора экологического состояния почв ненарушенных лесных экосистем.

Работа выполнена в рамках госзадания КарНЦ РАН (Института леса).

ПОДБОР УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ *IN VITRO* ДЛЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЮГА РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Могилевская И. В.

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия
E-mail: mogilevskaya-i@vifanc.ru

Проведено исследование влияния светодиодных источников, широко применяемых в настоящее время в климатических камерах, на рост перспективных видов древесных растений, используемых в агролесомелиорации. В качестве модельных объектов для исследования были выбраны: скумпия кожевенная *Cotinus coggygria* Scop. (семейство Anacardiaceae) гибридные формы тополя *Populus L.* (семейство Salicaceae) и вяза *Ulmus sp.* (Ulmaceae) спирея березолистная *Spiraea betulifolia* Pall. (семейство Rosaceae) и робиния лжеакация *Robinia pseudoacacia L.* (семейство Fabaceae). Эти виды используют в агролесомелиорации степных и полупустынных зон. Кроме того, *Cotinus coggygria* и *Spiraea betulifolia* являются ценным лекарственным сырьем (Goncagül, Güceyü, Günaydin, 2020; Gospodinova, Nikolova, Antov, 2021; Nizharadze et al., 2022; Сунгурова, Лебедева, Страздаускене, 2024). Все модельные объекты исследования используются в декоративном и городском озеленении.

В исследовании проведено изучение ответной реакции регенерантов модельных объектов на количественный и качественный состав света в двух климатических камерах с разным спектральным составом. В климатической камере Ve Farm Clima 2 (Россия) соотношение между красной и синей составляющей спектра составило КС : СС = 2,5 : 1 (70, 125, 170 и 225 мкмоль м⁻² с⁻¹) и КС : СС = 1 : 2 для TPL 500 (Россия) (интенсивность освещения 125 мкмоль м⁻² с⁻¹). Культивирование в искусственных условиях до шести недель в климатических камерах TPL 500 и Ve Farm Clima 2 показало разную реакцию регенерантов исследуемых объектов на искусственные условия освещения. Анализ таких параметров, как длина корня и побега, свежая масса побега и корня, число укорененных образцов и наличие у них корней второго порядка, а также пигментного состава листьев (общего хлорофилла, каротиноидов, флавоноидов и индекса азотного баланса) позволил выбрать оптимальное соотношение спектров и значения фотосинтетической плотности потока фотонов PPFD для исследуемых модельных объектов.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122020100427-1).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С КСИЛОГЕНЕЗОМ, НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА РАННЕЙ ДРЕВЕСИНЫ *PINUS SYLVESTRIS* L.

Можаровская Л. В., Сачек А. П.

ГНУ «ИЛ НАН Беларуси», Гомель, Республика Беларусь

E-mail: milamozh@yandex.ru

Ксилогенез древесины представляет собой сложный и динамичный биологический процесс, влияние на который оказывают как внешние, так и внутренние факторы – гормональные изменения и генетический контроль.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния экспрессии генов *TUA*, *TUB*, *MIP* и *SUS* на проявление характеристик радиального прироста ранней древесины *Pinus sylvestris*. Объектом исследования являлись плюсовые насаждения *P. sylvestris*, произрастающие в Ченковском лесничестве ГЛХУ «Корневская экспериментальная лесная база ИЛ НАН Беларуси».

На первом этапе исследования, в первой декаде мая (период наибольшей камбиальной активности) из тканей камбиальных зон стволов деревьев получали препараты мРНК. На основе анализа ОТ-ПЦР-РВ, с расчетом относительной экспрессионной активности генов (методом $2^{-\Delta\Delta Ct}$) установили, что функциональная активность *MIP* (ассоциирован с процессами водного транспорта) и *SUS* (сахаросинтаза, фермент углеводного метаболизма растений) находилась на близких уровнях значений, с небольшим преобладанием *MIP*, уровень экспрессии генов компонентов цитоскелета (тубулины – *TUA* и *TUB*) в целом был наибольшим, с превалированием *TUA*. Второй этап проводился в ноябре того же года и заключался в исследовании радиального прироста ранней древесины. Для этого отбирались керны древесины исследуемых деревьев, и в лабораторных условиях изучались характеристики радиального прироста ранней древесины: количество клеточных элементов, ширина прироста, плотность клеточных элементов. Выявление корреляции между экспрессией генов и характеристиками радиального прироста ранней древесины *P. sylvestris* выполняли на основе вычисления коэффициента корреляции Пирсона. Наибольшие значения корреляции установлены для взаимосвязи: экспрессионной активности генов *TUA*, *MIP* и количества клеточных элементов в ранней древесине ($r = 0,43$ при $p < 0,05$ и $0,36$ при $p < 0,05$, соответственно); экспрессионной активности гена *TUA* и шириной прироста ранней древесины ($r = 0,44$ при $p < 0,05$). Полученные результаты будут использованы в дальнейшей работе по изучению молекулярно-генетических механизмов формирования ранней и поздней древесины *P. sylvestris*.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТРАНСКРИПТОМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ УНИКАЛЬНОЙ ДРЕВЕСИНЫ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

Мощенская Ю. Л., Галибина Н. А., Тарелкина Т. В., Корженевский М., Никерова К. М.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: tselishcheva.yulia@mail.ru

Карельскую березу характеризуют узорчатая древесина и достаточно большое разнообразие форм роста, при этом в пределах одного ствола может образовываться древесина с различной степенью узорчатости. В связи с этим анализ генома сложно применим для характеристики фенотипа карельской березы, а наиболее оправданным является изучение транскриптомных профилей. Анализ транскриптомных данных позволяет дать персонализированную оценку работы генов у деревьев карельской березы с разными вариантами проявления узорчатости древесины. В данной работе мы получили и проанализировали транскриптомные профили секвенирования РНК (RNA-Seq) для фракции, включающей камбий, проводящую и непроводящую флоэму у узорчатых растений карельской березы в период активности камбия. Мы выявили гены, дифференциально экспрессирующиеся (ДЭГ) в камбиальной зоне и флоэме при разных вариантах программы дифференцировки производных камбия. Показано, что 933 гена имели повышенную, а 166 генов – пониженную экспрессию при изменении программы дифференцировки производных камбия у карельской березы. Анализ обогащения терминов генной онтологии (GO) показал, что среди ДЭГ наиболее представлены термины «Клеточный ответ на гипоксию», «Этилен-активируемый сигнальный путь», «Реакция на поранение», «Связывание полисахаридов», «Активность трансмембранного рецептора протеинкиназы», «Активность сигнального рецептора». Мы также провели анализ обогащения метаболических путей (KEGG) и показали, что наиболее обогащенными путями являются: «Метаболизм триптофана», «МАРК-сигнальный путь растений», «Биосинтез фенилпропаноидов», «Взаимодействие растение-патоген», а также «Биосинтез вторичных метаболитов».

Работа выполнена за счет средств федерального бюджета по государственному заданию Института леса КарНЦ РАН (Минобрнауки России, FMEN-2021-0018, госрегистрационный № 121061500082-2). Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «КарНЦ РАН».

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИБИОТИКОВ ШИРОКОГО СПЕКТРА ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ КОНТАМИНИРУЮЩЕЙ МИКРОФЛОРЫ КУЛЬТУР *IN VITRO*

Осипенко Н. В., Константинов А. В., Кулагин Д. В., Острикова М. Я.

ГНУ «ИЛ НАН Беларуси», Гомель, Республика Беларусь

E-mail: nadja-osipenko@mail.ru

Одной из существенных проблем микрклонального размножения растений является высокая вероятность появления контаминации при культивировании растений *in vitro*. Обработка растительного материала стерилизующими агентами зачастую не приводит к полному освобождению тканей от микрофлоры. Скрытая инфекция, в первую очередь эндофитными микроорганизмами, может проявляться в виде формирующихся колоний вокруг экспланта или непосредственно в питательной среде.

Оценку влияния растворов (в концентрациях 300–900 мг/л) цефалоспориновых («Ceftriaxone», «Cefotaxime», «Amoxicillin») и гликопептидного («Vancomycin») антибиотиков проводили на микрочеренках осины обыкновенной, инокулированных суточными культурами бактерий и субкультивированных на модифицированную питательную среду WPM. В опытах использовали чистые культуры генетически верифицированных бактерий различной таксономической принадлежности: *Paenibacillus* sp., *Methylobacterium* sp., *Pseudomonas* sp., *Rhizobium pusense*, *Ralstonia pickettii*. Указанные изоляты были выделены из перевиваемых культур древесных растений на этапах введения в культуру и депонирования в коллекции культур тканей.

Эффективность бактерицидного и бактериостатического действия антибиотиков различных фармакологических групп завесила как от восприимчивости микроорганизмов к препаратам, так и от концентрации действующего вещества. Было установлено, что бактерии *Methylobacterium* sp., *Rhizobium pusense* и *Ralstonia pickettii* чувствительны к цефалоспориновым антибиотикам, однако, наибольшее бактерицидное действие в их отношении проявили «Ceftriaxone» и «Cefotaxime» в концентрации 900 мг/л, которая между тем негативно сказывалась на ростовых параметрах регенерантов. Для изолята *Pseudomonas* sp. чувствительность (бактериостатическое действие) отмечена к препаратам «Ceftriaxone» и «Cefotaxime». Рост колоний *Paenibacillus* sp. подавляли все апробированные антибиотики. Следует отметить токсическое действие на микрорастения препарата «Vancomycin» уже при концентрации (300 мг/л), в то время как «Amoxicillin» при введении в среду оказывал некоторый ростостимулирующий эффект на растения-регенеранты *in vitro*.

ГЕНЕТИКА И БИОТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ В БЕЛАРУСИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Падутов В. Е.¹, Баранов О. Ю.², Ковалевич А. И.¹, Каган Д. И.¹, Пантелеев С. В.¹,
Сидор А. И.¹, Острикова М. Я.¹, Ивановская С. И.¹, Можаровская Л. В.¹,
Разумова О. А.¹, Маркевич Т. С.¹, Кончиц А. П.¹

¹ ГНУ «ИЛ НАН Беларуси», Гомель, Республика Беларусь

² Президиум НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

E-mail: forestgen@mail.ru

Основная цель указанных в названии направлений научной деятельности – создание высокопродуктивных и устойчивых к стрессовым факторам лесных насаждений в ходе неистощительного лесопользования. Работа по решению этих задач в Беларуси ведется на разных уровнях организации живой материи, в основном на молекулярном, организменном и популяционно-видовом. На молекулярном уровне по повышению продуктивности лесов проведено секвенирование части геномов древесных видов Беларуси и определены ДНК-маркеры хозяйственно-ценных признаков. На организменном уровне осуществляется отбор плюсовых деревьев и создание лесосеменных плантаций (ежегодно около 50 га). Кроме отбора используются и другие методы селекции: межвидовая гибридизация и мутагенез. Создание культур *in vitro* плюсовых деревьев, гибридов и соматклонов позволяет получать микрореклонально размноженный селекционный лесной посадочный материал. На популяционном уровне повышение продуктивности связано с отбором плюсовых лесных насаждений (около 2 тыс. га) и хозяйственных семенных насаждений (около 23 тыс. га). Работа в области повышения биологической устойчивости лесов ведется как с древесными видами, так и с возбудителями заболеваний. На молекулярном уровне разрабатываются ДНК-маркеры устойчивости растений к засухе, холоду и грибным заболеваниям. На организменном уровне отбор растений, устойчивых к засолению (с использованием методов клеточной селекции). Для возбудителей различных заболеваний проведено секвенирование части геномов. Это позволило разработать технологию молекулярно-генетической диагностики для 120 видов болезнетворных грибов, 21 вида бактерий, 11 вирусов и фитоплазмы. Исследования по сохранению лесных генетических ресурсов (неистощительное лесопользование) на популяционном уровне связаны с изучением популяционно-генетической структуры всех лесобразующих видов Беларуси, влиянием на них различных видов рубок главного пользования, разработкой лесосеменного районирования для различных пород.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ЭМБРИОГЕННЫХ КЛЕТОЧНЫХ ЛИНИЙ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

Пак М. Э., Третьякова И. Н., Орешкова Н. В., Горячкина О. В.

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: sibtaiga@bk.ru

Коллекция пролиферирующих эмбриогенных культур лиственницы сибирской и ее гибридов, созданная в Институте леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, состоит из 54 клеточных линий (КЛ). Нами была проведена оценка генетической стабильности эмбриогенных культур с помощью цитогенетического анализа и *генотипирования* по ядерным микросателлитным локусам. Молодые КЛ в возрасте от одного года до трех лет могут сохранять цитогенетическую стабильность и содержать в кариотипе нормальное для данного вида диплоидное число хромосом ($2n = 24$). Длительно пролиферирующие КЛ накапливают мутации, в них происходит изменение числа хромосом ($2n = 25$; $2n = 26$), однако, они сохраняют способность формировать глобулярные и зрелые соматические зародыши. Отдельно стоит отметить КЛ 6, которая в возрасте 11 лет являлась цитогенетически стабильной с диплоидными с числом хромосом $2n = 24$. Проведенное генотипирование по ядерным микросателлитным локусам дерева-донора и КЛ 6 показало частичную идентичность выявленных аллелей по 9 из 11 исследованных локусов. Из КЛ 6 были получены клоны, генотипы которых полностью идентичны генотипам данной КЛ. У другой КЛ (КЛ 22.27.1, опыление клона пыльцой дерева-донора) выявлена нестабильность генома. Мутации проявлялись в изменении аллелей по ряду локусов и числа хромосом. Не исключено, что в данном случае проявился эффект близкородственного скрещивания. Следовательно, проведение регулярного цитогенетического и молекулярно-генетического контроля очень важно при клонировании растений через соматический эмбриогенез. Выявление клеточных линий с измененным хромосомным набором представляет большой интерес для генетики хвойных растений, а также вносит вклад в развитие теоретических аспектов репродуктивной биологии и в целом биологии развития растений. Таким образом, соматический эмбриогенез является важной биотехнологией в размножении хвойных видов, в том числе для разработки и производства сортов деревьев с желательными селекционными признаками. Данная технология может быть успешно реализована в крупномасштабном коммерческом производстве.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках научного проекта № 22-14-20008.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПОВЕСТКИ В ОБЛАСТИ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Паленова М. М., Киниготуло П. С.

ВНИИЛМ, Пушкино, Московская обл., Россия
E-mail: mvvp@mail.ru

Международная работа в сфере лесных генетических ресурсов (ЛГР) началась в 1950-х годах, и с тех пор ФАО¹ оказывает поддержку странам в их усилиях по повышению эффективности управления ЛГР и содействует продвижению регионального и международного сотрудничества. Работа ФАО в сфере ЛГР является неотъемлемой частью мер по выполнению Программы ФАО в области лесного хозяйства.

В 2013 г. на 38-й сессии Конференция ФАО определила приоритеты в отношении ЛГР и приняла Глобальный план действий по сохранению, устойчивому использованию и развитию лесных генетических ресурсов (ГПД). В ГПД включено 27 приоритетов, сгруппированных по четырем стратегическим направлениям: 1) расширение информации о ЛГР и облегчение доступа к ней; 2) сохранение ЛГР (*in situ* и *ex-situ*); 3) рациональное использование, развитие и управление ЛГР; 4) меры политики, организации и создание потенциала. Осуществление ГПД нацелено на укрепление и развитие процессов управления ЛГР, достижение Целей устойчивого развития Повестки дня 2030 и Куньминско-Монреальской глобальной рамочной программы в области биоразнообразия Конвенции о биологическом разнообразии ООН.

В 2017 г. Комиссия по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства ФАО (Комиссия) утвердила целевые показатели и индикаторы для использования в качестве инструментов оценки мониторинга осуществления ГПД. Они были разработаны ФАО по согласованию с Национальными координаторами по ЛГР и Межправительственной технической рабочей группой по ЛГР. Отчеты о работе ФАО в поддержку осуществления странами ГПД представляются на каждой сессии Комиссии.

В июле 2023 г. Комиссии был представлен первый проект Второго доклада о состоянии лесных генетических ресурсов мира. 1 июля 2024 г. на сайте Комиссии для ознакомления и комментариев был представлен пересмотренный проект Второго доклада о состоянии лесных генетических ресурсов мира². Второй доклад основан на первой глобальной оценке, опубликованной ФАО в 2014 г., и анализирует прогресс, достигнутый в реализации ГПД. Ожидается, что на основе выводов Второго доклада в марте 2025 г. на 20-й сессии Комиссии будет представлен пересмотр ГПД.

¹ Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО).

² <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c9a0da3d-f50f-4dd3-a000-f916c2e54707/content>

МЕЖВИДОВАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ И ИНТРОГРЕССИЯ У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ – МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ, РОЛЬ В ЭВОЛЮЦИИ И ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ОХРАНЫ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Политов Д. В., Белоконь М. М., Белоконь Ю. С.

ИОГен РАН, Москва, Россия
E-mail: dvp@vigg.ru, dmitri_p@inbox.ru

Наблюдения о появлении в природных или искусственных популяциях нетипичных для «чистых» видов особей и популяций, представители которых имеют промежуточную морфологию, известны на протяжении всей истории ботанической систематики, и древесные растения здесь не только не исключение, но наоборот, демонстрируют массу соответствующих примеров. Однако только с развитием молекулярных технологий появилась возможность с необходимой степенью доказательности идентифицировать подобных особей как гибридов между конкретными родительскими видами, определять поколение (F_1 , F_2 , ... F_N), направление гибридизации, наличие интрогрессии (не только репродукция гибридов внутри себя, но и возвратные скрещивания на одного или оба родительских вида). В геномную эру, когда стало возможным анализировать тысячи геномных последовательностей ядерной и оргanelлярной (митогеном, геном хлоропластов) локализации свидетельств гибридизации, сетчатой (ретикулярной) эволюции стало столько, что учитывать эти масштабные процессы интеграции разных видовых генофондов как при анализе фундаментальных вопросов видообразования и в целом эволюции, так и при планировании и мониторинге мероприятий по сохранению генетических ресурсов совершенно необходимо. Данное сообщение посвящено вопросам распространенности межвидовой гибридизации во флоре древесных растений России в целом, по регионам и среди различных таксономических групп древесных растений. Рассматриваются теоретические вопросы связи наблюдаемых явлений с адаптивностью видов и отдельных популяций в условиях глобальных климатических изменений и возрастающего антропогенного воздействия на лесные экосистемы, практические аспекты инвентаризации и сохранения биологического разнообразия и лесных генетических ресурсов.

Работа поддержана темой госзадания ИОГен РАН.

ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПЛЮСОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Раевский Б. В., Ильинов А. А.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: borisraevsky@gmail.com

Установлен ряд общих закономерностей формирования плюсовых насаждений (ПН) сосны обыкновенной. Подавляющее большинство ПН представляют собой условно-одно-возрастные древостои сосны, возникшие после пожаров. В структуре естественного возобновления сосны формируются группы деревьев-лидеров из числа особей, поселившихся на площади в первой фазе (0–15 лет) возобновительного периода (поколения). Некоторые из них в последующем отбираются в качестве лучших (плюсовых) деревьев. Активное возобновление ели, как правило, начинается с 20-летним запозданием. Таким образом, в возникновении плюсовых насаждений и самого феномена «плюсовых» деревьев сосны ведущей является группа экологических факторов, главным образом пирогенный. Имеющиеся данные позволяют предположить, что для северной подзоны тайги Карелии величина растущего запаса в районе 650 м³/га, по всей видимости, может рассматриваться как верхний предел продуктивности сосновых насаждений.

С использованием ядерных микросателлитных праймеров была дана сравнительная оценка генетической изменчивости деревьев сосны обыкновенной различных селекционных категорий (плюсовые, нормальные и минусовые), отобранных в четырех плюсовых насаждениях среднетаежной подзоны Карелии. Анализ генетической структуры селекционных групп обнаружил высокую долю (до 87%) в генотипах большинства деревьев наиболее типичных для данной части ареала сосны аллелей. Плюсовые деревья характеризовались меньшим уровнем генетической изменчивости ($H_o = 0,8 - 0,59$; $H_e = 0,47 - 0,59$) по сравнению с минусовыми ($H_o = 0,46 - 0,64$; $H_e = 0,49 - 0,65$) и нормальными ($H_o = 0,50 - 0,69$; $H_e = 0,49 - 0,65$). Однако выявленные различия между селекционными группами оказались статистически не значимы, что можно объяснить генетической близостью деревьев разных селекционных групп, произрастающих в пределах одного и того же насаждения (одной локальной популяции).

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОКОЛЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ЗОНАХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ромашкина И. В.¹, Раздайводин А. Н.¹, Слипец А. А.²

¹ ФБУ ВНИИЛМ, Пушкино, Московская обл., Россия

² ФБУ «Рослесозащита», Пушкино, Московская обл., Россия

E-mail: densiflora@mail.ru

Цель данной работы – изучение молекулярно-генетических особенностей в двух поколениях сосны обыкновенной при хроническом радиоактивном загрязнении в Брянской области по сравнению с контрольным участком с невысоким уровнем загрязнения Cs137. Родительское поколение (P) сосен на обоих участках представляют собой 50–60-летние деревья, произрастающие в искусственно созданных культурах и переживших радиационную аварию на ЧАЭС в 1986 г. Второе поколение (F1) представляет собой самосев родительского поколения, средний возраст 20–30 лет. Для проведения анализа отбирали образцы луба ствола или хвои с 50 деревьев с каждого из четырех исследуемых участков.

Был проведен ПЦР-анализ по 7 ядерным микросателлитным локусам, с последующим проведением фрагментного анализа на генетическом анализаторе Applied Biosystems серии 3500 (ABI PRISM 3500).

В ходе анализа полученных данных было отмечено снижение общего числа аллелей (Na) и эффективного числа аллелей (Ne) у поколения F1, испытывающих хроническое радиационное воздействие. У потомства также наблюдали более высокий, по сравнению с родительскими формами, процент гетерозиготных особей, при изначально невысоком уровне генетического разнообразия в культурах сосны обыкновенной родительского поколения.

Наиболее интересным оказалось обнаружение полиплоидных аллельных вариантов в образцах поколения F1, при полном отсутствии таковых в родительском поколении. Так, количество таких образцов составило 10% на участке с невысоким уровнем радиоактивного загрязнения и 24% – в растениях на участке с более высоким уровнем загрязнения.

Таким образом, при переходе наследственного материала в культурах сосны обыкновенной дочернему поколению при хроническом радиоактивном загрязнении выявлена потеря аллельного разнообразия, вымывание редких аллелей, появление полиплоидии и мутаций.

**SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACHES
FOR THE APPLICATION OF MOLECULAR GENETIC ANALYSIS
IN THE DNA FORENSIC EXPERTISE OF ILLEGAL HARVESTING
AND USE OF FOREST TREES AND PLANT MATERIAL**

Ryabukhina M. V.¹, Krutovsky K. V.²

¹ Forensic Expertize Center of the Ministry of Internal Affairs, Moscow, Russia

² Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany

² N. I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² Siberian Federal University, 660041 Krasnoyarsk, Russia

² G. F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

E-mail: Marija-rjabuhina@mail.ru

Knowledge of population structure and genetic diversity is a prerequisite for identifying the origin of wood and plant material when conducting molecular genetic forensics related to illegal forest use. The primary task is to form a population database of allele frequencies used for the examination of molecular genetic DNA markers. For this, various types of markers are used – specific genes or certain nucleotide sequences, the choice of which depends on the problem being solved, laboratory equipment and financial support. The most popular are still highly polymorphic microsatellite loci. However, due to modern next-generation sequencing (NGS) technologies, single nucleotide polymorphisms (SNPs) are becoming popular DNA markers using genotyping via various high-throughput massively parallel sequencing platforms or high density SNP microarrays.

Unfortunately, the lack of uniform methodological approaches does not make it possible to compare results, identify the most informative markers for the populations of the entire species, and form a unified database of allele frequencies of genetic markers for each specific plant species. The experience of a number of forestry organizations is not fully applicable in forensic work due to the fact that their studies usually take into account only forest lands, have been done in a limited number of populations of a few species, and the limited logistics and budgets of laboratories do not allow large-scale research.

In our opinion, the development of a unified and mandatory set of diagnostic loci for each economically valuable species of woody plant is a prerequisite for the creation of a unified population database of allele frequencies. It is also necessary to develop uniform methods for collecting plant material, determine the most important logging areas, sample sizes, etc., and use the practical international experience of the forest tree DNA forensic experts.

МОНИТОРИНГ ЗА СОСТОЯНИЕМ ТАКСОНОВ РОДА *PSEUDOTSUGA* CARR В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Сапронова Д. В.

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия
E-mail: sapronova.darya@mail.ru

Установлена незначительная доля участия в насаждениях (Волгоградской области) представителей родов *Pseudotsuga Pinus*, *Piceae*, *Juniperus*. Процент участия хвойных таксонов в искусственных насаждениях необходимо увеличить до 15–20%.

Установлено полное прохождение всех фенофаз с учетом температурных профилей в период исследований. Увеличение среднемесячных температур воздуха и дефицита осадков удлинил период вегетации на 15–20 дней. Выявлена незначительная изменчивость прохождения фенофаз у разновидностей *P. menziesii*. Длительное нахождение *P. menziesii* (более 80 лет) в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН и сохранение моноподиального типа ветвления свидетельствует о зимостойкости интродуцента и об отсутствии повреждений побегов критическими зимними температурами (–37 °С) в условиях каштановых почв.

Анализ годовых приростов в условиях каштановых почв указывает на кульминацию роста в семь лет, на погребенных каштановых – девять лет. В других возрастных группах отмечены незначительные колебания приростов, что свидетельствует о засухоустойчивости вида. Исследования ростовых процессов показали длительность периода сезонного роста побегов (до 90 дней в возрасте 7–10 лет; 30–38 дней – в 30–50-летнем возрасте). Максимальные значения прироста зафиксированы в июне–июле, когда у большинства других видов рост уже закончен.

Опыт культивирования *P. menziesii* в смешении с лиственными видами (*Cerasus mahaleb*, *Betula populifolia*, *Acer negundo*) показал лучшую сохранность хвойного интродуцента в посадках. Чередувание ряда *P. menziesii* с чистыми рядами *Pinus ponderosa* и *Larix sibirica* по состоянию и таксационным показателям не уступают чистым насаждениям *P. menziesii*. Установлено, что у *P. menziesii* с 12–15-летнего возраста при схеме посадки 1,0 × 1,0 м; 1,0 × 2,0 м ухудшается состояние растений, наблюдается суховершинность.

Работа выполнена по Государственному заданию № FNFE-2020-0004 (регистрационный № 121041200195-4) ФНЦ агроэкологии РАН.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ХОРОЛОГИЧЕСКИ СМЕЖНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. НА РУССКОЙ РАВНИНЕ

Сбоева Я. В.

ФГАОУ ВО ПГНИУ, Пермский край, Пермь, Россия

E-mail: yana_prishnivskaya@mail.ru

Изучение генетического разнообразия хорологически смежных популяций и пространственное распределение генетической изменчивости играет важную роль в сохранении генетических ресурсов лесообразующих видов растений (Vidyakin et al., 2015; Тараканов и др., 2021). На основе морфологических показателей шишек *P. sylvestris* на востоке Русской равнины были выделены восемь хорологически смежных популяций (Видякин, 2004). В каждой из этих популяций для определения их генетического сходства отобрано по две популяционных выборки, в которых хвоя была собрана индивидуально с каждого дерева. Для определения генетического разнообразия был избран межмикросателлитный метод выявления полиморфизма ДНК. На основании полученной матрицы был проведен кластерный анализ невзвешенным парно-групповым методом (UPGMA) и построена дендрограмма, отражающая степень родства исследуемых популяций. Изученные 16 выборок образовали восемь кластеров, которые строго соответствовали популяциям, выделенным А. И. Видякиным (2004) по морфологическим признакам шишек. Анализ популяционной структуры в программе STRUCTURE 2.3.4 также показал, что наиболее вероятным оказывается разделение исследуемой выборки на восемь генетических популяций. На основании полученных данных можно сказать, что шестнадцать выборок *P. sylvestris*, расположенных на Русской равнине, распределены на восемь генетических популяций, ранее выделенных на основе морфологических показателей шишек.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ДЕМОГРАФИЯ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ И ПИХТЫ СЕМЕНОВА

Семериков В. Л., Семерикова С. А.

ИЭРиЖ УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: semerikov@ipae.uran.ru

С помощью 17 ядерных микросателлитных локусов изучена генетическая изменчивость пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) – одного из важнейших представителей сибирских таежных лесов, и близкородственного ему эндемичного центральноазиатского вида пихты Семенова (*A. semenovii* B. Fedtsch.) (Semerikov, Semerikova, 2023). Байесовская кластеризация генотипов, выполненная с помощью программы STRUCTURE, выявила группы популяций пихты сибирской, предположительно, соответствующие зонам расселения из нескольких изолированных источников – ледниковых рефугиумов таежной растительности эпохи позднего плейстоцена, располагавшихся в основных горных системах Сибири и Урала: (1) Алтай, (2) Прибайкалье, (3) Южный и Средний Урал. Полученные данные существенно дополнили результаты предыдущих исследований, основанных на маркерах ядерной, хлоропластной и митохондриальной ДНК. С учетом выявленного кластера, соответствующего популяциям вдоль р. Енисей, предполагается наличие в этом районе вторичного рефугиума, относящегося к последнему ледниковому максимуму. Также анализ STRUCTURE выявил группу популяций на Северном Урале и в прилегающей части Западной Сибири. Анализ демографической истории с помощью аппроксимирующих байесовских вычислений (ABC) предполагает недавнее происхождение североуральских популяций пихты сибирской в результате миграции из Прибайкалья и смешения с южноуральскими популяциями около 36 000 л. н. (принимая длительность поколения 100 лет). Происхождение южноуральских популяций пихты сибирской, согласно ABC, вероятно, имело место в результате миграций с юга Сибири около 65 000 л. н. Также с помощью метода ABC время дивергенции пихты сибирской и пихты Семенова оценено примерно 1 240 000 л.н. Эффективная численность *A. semenovii* оценена примерно в 30 раз меньше, чем у пихты сибирской, что согласуется с имевшем место в четвертичную эпоху трендом усиления аридизации Центральной Азии.

Работа выполнена при поддержке Госзадания Института экологии растений и животных УрО РАН, № 122021000090-5.

ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СИСТЕМАТИКА ДУБОВ (*QUERCUS* L. СЕКЦИЯ *QUERCUS*, FAGACEAE) КРЫМСКО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА

Семерикова С. А., Семериков В. Л.

ИЭРиЖ УрО РАН, Екатеринбург, Россия

E-mail: s. a.semerikova@ipae.uran.ru

Европейские робуроидные дубы представляют собой молодую, эволюционно успешную и экологически важную группу. Для робуроидных дубов характерны недостаток надежных таксономических диагностических признаков, а также наличие межвидового генетического потока благодаря отсутствию эффективных репродуктивных барьеров и перекрыванию ареалов. На Кавказе и в Крыму, где дуб является наиболее распространенной лесной породой, наблюдается высокое разнообразие видов и внутривидовых таксонов (Govaerts, Frodin, 1998; Schmidt, 2004; Меницкий, 2012; Semerikova et al., 2023). С помощью 18 ядерных микросателлитных локусов (nSSR) было впервые исследовано генетическое разнообразие семи наиболее распространенных таксонов робуроидных дубов Северного Кавказа, Закавказья, Крыма (Семерикова и др., 2024) и соседних регионов Северо-Восточной Европы и Балкан. Была показана высокая эффективность использования nSSR локусов для идентификации таксонов и исследования процессов гибридизации. На основании выявленных генетических кластеров, при сопоставлении с морфологическими данными, предложено новое таксономическое решение спорных вопросов классификации, с пересмотром системы дуба скального *Q. petraea* s. l. и с утверждением в ранге вида дуба известнякового (*Q. calcarea* Troitsky), который является основной лесобразующей породой во многих районах Северного Кавказа и Крыма. В районах совместного произрастания нескольких видов выявлена определенная степень межвидовой гибридизации, наибольший процент гибридов был отмечен для дуба пушистого *Q. pubescens*. Однако четкая дифференциация видов по ядерным маркерам даже в симпатрических популяциях показывает ограниченность интрогрессии близких видов дуба на Кавказе и в Крыму. У большинства исследованных видов наблюдается внутривидовая географическая структура.

Авторы благодарят Х. У. Алиева и А. Н. Ташева за помощь в сборе образцов дуба. Работа выполнена в рамках Госзадания ИЭРиЖ УрО РАН, № 122021000090-5. Сбор материала в 2022–2023 гг. проведен за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-00667, <https://rscf.ru/project/22-24-00667/>.

УСКОРЕННОЕ ВЫВЕДЕНИЕ СОРТОВ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД РОССИИ ТРАДИЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Тараканов В. В.

ЗСО ИЛ СО РАН – филиал ФИЦ КНЦ СО РАН, Новосибирск, Россия
E-mail: tarh012@mail.ru

Несмотря на бурное развитие методов молекулярной генетики и биотехнологии, все сорта лесобразующих пород в России получены традиционными методами отбора и гибридизации (Царёв, 2016). Общепринятая схема селекции хвойных пород на скорость роста и качество стволовой древесины включает этапы: 1) отбор плюс-деревьев (ПД); 2) генетическая оценка ПД в испытательных культурах (ИК) по семенному потомству, полученному от свободного скрещивания в естественных условиях, с выделением лучших/элитных деревьев; 3) создание клоновых лесосеменных плантаций второго порядка из элитных деревьев (ЛСП-2, или «сорта-популяции»); 4) дальнейшая селекция на основе элитных деревьев. При выделении «элиты» учитываются также особенности их развития в архивах клонов.

Скорость селекции лесобразующих пород ограничивается длительностью их онтогенеза и поздним вступлением в плодоношение. В связи с недостаточной изученностью закономерностей онтогенеза и сложностью прогноза развития признаков ствола по данным ранних оценок (проблема «ранней диагностики»), в нормативных документах по лесной селекции (лесному семеноводству) рекомендуется отбор ПД осуществлять в приспевающем и спелом возрасте, а окончательный отбор лучших семей в ИК осуществлять в половине возраста технической спелости.

В первую очередь это, а также громоздкость методики испытаний ПД замедляют скорость выведения сортов лесных пород. Например, при селекции сосны обыкновенной в лучших лесорастительных условиях возраст технической спелости составляет обычно около 120 лет. С учетом других требований устаревших методик и времени на создание генетико-селекционных объектов среднее расчетное время от отбора плюс-деревьев до начала плодоношения ЛСП-2 на юге Западной Сибири составит около 140–210 лет.

Основываясь на мировом опыте и современных достижениях лесной селекции, возможно ускорить выведение сортов лесобразующих пород традиционными методами в России в 2–3 раза. Для этого необходимо ориентировать применение сортовых семян на создание быстрорастущих лесосырьевых плантаций и модернизировать методики и схемы селекции, что подробно рассматривается в соответствующих публикациях и будет обобщено в предстоящем докладе.

**МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ СОМАТИЧЕСКОГО
ЭМБРИОГЕНЕЗА ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ
PICEA ABIES (L.) H. KARST**

**Теслюк И. А., Галибина Н. А., Игнатенко Р. В.,
Чирва О. В., Еришова М. А., Мощенская Ю. Л.**

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия
E-mail: iritslk@yandex.ru

Процесс соматического эмбриогенеза (СЭ) регулируется сложной сетью транскрипционных факторов (ТФ), изменяющих генетическую программу соматической ткани, приводя в конечном итоге к формированию соматического эмбриона. Роль генов, участвующих в инициации и регуляции СЭ, хорошо охарактеризована у модельного растения *A. thaliana*, однако, молекулярные механизмы регуляции СЭ у хвойных растений все еще изучены слабо. Впервые для клонов плюсовых деревьев *P. abies*, произрастающих на Петрозаводской ЛСПП, проведено комплексное исследование активности ТФ, активирующих (ANT, EMK, BBM, FUS3, LEC1, VP1) и подавляющих (PKL, VAL) СЭ, а также участвующих в развитии зародышей (WOX2, WOX8/9 и WUS). В качестве объектов исследования были выбраны (1) незрелые зиготические эмбрионы на начальном этапе инициации и в фазе активного формирования клеточной массы; (3) эмбрионально-суспензорная масса клеточных линий, отличающихся длительностью культивирования и активностью пролиферации; (4) соматические зародыши на разной стадии развития.

На основании проведенного исследования предложены молекулярные маркеры стадий СЭ (инициация, пролиферация, созревание соматических зародышей) для ели европейской, выявлены особенности длительно пролиферирующих клеточных линий. Поскольку исследованные ТФ имеют общую сложную связь с сигнальными путями ауксина и цитокинина, в том числе ряд регуляторных сетей с различными петлями обратной связи, представляется актуальным дальнейшее их изучение в свете подбора питательных сред для стимуляции переходов между стадиями СЭ у хвойных растений.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛСП В АЛТАЙСКОМ КРАЕ ПО НЕКОТОРЫМ ФИЗИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ХВОИ

Тихонова И. В., Анискина А. А., Лоскутов С. Р., Тараканов В. В., Тихонова Н. А.

ЗСО ИЛ СО РАН, ИЛ СО РАН (ФИЦ КНЦ СО РАН), Новосибирск, Красноярск, Россия

E-mail: selection@ksc.krasn.ru

Изложены результаты сравнительного исследования 38-летнего вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на лесосеменной плантации методами термического анализа (ТА) – дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГ/ДТГ). Проведен сравнительный ДСК-анализ параметров фазового перехода тканевой воды (экзотерм кристаллизации и эндотерм плавления) при охлаждении до -80 °С, с последующим нагреванием хвои со скоростью 10 °С/мин до $+20$ °С; ТГ/ДТГ: нагреванием образцов хвои от 20 до 700 °С в окислительной среде (воздух) со скоростью 10 °С/мин. Насколько нам известно, использование методов ТА в подобных исследованиях осуществлено впервые. Всего проанализировано 130 образцов 1, 2, 3-летней хвои 15 клонов (по 4 раметы в каждом).

Клоны сосны обыкновенной достоверно различались по некоторым параметрам ДТГ образцов хвои: температурам начала первого пика, связанного с началом испарения воды, $T_{1н}$ ($66-79$ °С), второго, третьего, четвертого пиков термодеструкции целлюлозы и лигнина, окисления угля T_2 , T_3 , T_4 (соответственно, $330-357$ °С и $400-461$ °С, $462-505$ °С), а также по температуре стабилизации массы образца после горения T_5 ($462-517$ °С), по относительной массе золы M_z ($2,0-7,7$ %), количеству выделившейся при горении энергии Q на единицу сухой массы образца ($9,8-22,5$ кДж/г). Достоверные различия получены также по температуре начала (предположительно) расстеклования, наступающего при $-13,4 \dots -28,0$ °С. Для других процессов (кристаллизации, стеклования) достоверных различий между клонами с помощью данных методов не выявлено. Доля влияния генотипа на исследуемые показатели составила $16,2-54$ %. Наибольшие (более 30 %) значения коэффициента наследуемости в широком смысле получены для следующих величин: $T_{1н}$, $T_{2к}$, T_3 , T_4 , T_5 , M_z . Наследственные различия по количеству выделенной при сгорании хвои энергии составили $17,4$ %.

Проведенное исследование показало возможность использования методов термического анализа для целей селекции, а также необходимость более глубокого анализа данных для выявления химических компонентов и более определенной интерпретации полученных данных.

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКОГО ВИДА *PINUS CONTORTA* DOUGL. НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Хомутова К. Г.¹, Тараканов В. В.¹, Федорков А. Л.²

¹ ЗАО Института леса СО РАН, Новосибирск, Россия

² Институт биологии КомиНЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

E-mail: kseniya-zacepina@yandex.ru; vvtarh@yandex.ru

В работе приведены результаты оценки генетического разнообразия сосны скрученной (*Pinus contorta* Dougl.), выращиваемой в экспериментальных культурах на территории Озерского лесничества Алтайского края на площади 1,0 га. В эксперименте представлено шесть происхождений этой породы (Närlinge, Oppala, Skörserum, Larslund, Rumhult, Österby). Семена для создания культур сосны скрученной были собраны на лесосеменных плантациях Швеции и переданы в ЗСО ИЛ СО РАН А. Л. Федорковым. Плантации этого ценного интродуцента в Швеции заложены по географическому принципу семенным потомством плюсовых деревьев, отобранных в Канаде. Большой интерес представляет в этой связи вопрос о влиянии такой «ступенчатой интродукции» на параметры генетической изменчивости культур сосны скрученной в Сибири и сопоставление этих данных с результатами исследований культур этого вида на северо-западе России (Федорков, Гутый, 2017), что планируется в будущем.

Цель данной работы – оценить уровень генетической изменчивости культур данного вида, созданных на юге Сибири.

В качестве генетических маркеров были подобраны восемь полиморфных микросателлитных локусов ядерной ДНК (PtTX2146, PtTX2123, PtTX3052, PtTX2128, PtTX3025, PtTX3127, PICO26, PICO1). Материал для исследования – хвоя, собранная с 180 деревьев в шести происхождениях.

В результате работы получены данные о внутри- и межпопуляционной изменчивости и степени дифференциации происхождений сосны скрученной.

Работа выполнена при поддержке базового проекта НИОКТР 124012900557-0 «Биоразнообразие лесов Сибири: эколого-динамический, генетико-селекционный, физико-химический и ресурсно-технический аспекты» (2024–2026 гг.).

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ФНЦ АГРОЭКОЛОГИИ РАН ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АГРОЛЕСОВОДСТВА

Хужахметова А. Ш.

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия
E-mail: avfanc@yandex.ru

Дендрологические ресурсы ФНЦ агроэкологии РАН (Алтайский край, Волгоградская, Самарская области) сформированы в результате многолетней работы по интродукции экономически важных растений для целей агролесоводства. Длительный период культивирования древесных растений (около 600 таксонов) в коллекциях, их естественная убыль, а также антропогенное воздействие определяют актуальность сохранения генофонда деревьев и кустарников. Разработана методологическая основа мониторинга состояния и динамики дендрофлоры лесомелиоративных комплексов, которая позволяет: прогнозировать их долговечность, эффективность; определять риски для биоразнообразия (Семенютина и др., 2024). На основе реализации биологического потенциала древесных растений проведено их ранжирование по перспективности культивирования в жестких лесорастительных условиях. Выявлены и рекомендованы для применения в агролесомелиоративном обустройстве территорий 168 видов деревьев и кустарников с высокой степенью адаптации, 356 перспективных видов для озеленения урболандшафтов. По практическому использованию виды, обладающие хорошей жизненностью, распределены следующим образом: декоративные – 57,4%, лекарственные – 19,1%, плодовые – 20,1%, медоносные – 31,1%, лесомелиоративные – 44,5%. Для агролесомелиорации и озеленения представляют виды родов: *Pinus*, *Picea*, *Larix*, *Juniperus*; из лиственных растений – виды родов: *Acer*, *Betula*, *Populus*, *Fraxinus*, *Salix*, *Ulmus*, *Tilia*, *Celtis*, *Lonicera*, *Sambucus*, *Spiraea*, *Viburnum*. К группе ценных плодовых и ягодных растений относятся виды родов: *Malus*, *Pyrus*, *Prunus*, *Sorbus*, *Cerasus*, *Padus*, *Berberis*, *Aronia*, *Crataegus*, *Amelanchier* и др. (Хужахметова, 2023). Для актуализации таксономической структуры дендрофлоры объектов и эффективного управления составлены реестры хозяйственно ценных растений, подвергшихся неблагоприятному воздействию антропогенных факторов и требующих восстановления и сохранения (свидетельства о регистрации базы данных: № 2022622363; 2022622375; 2022622314), сформированы фонды посадочного материала адаптированного генофонда (около 100 таксонов).

Работа выполнена по Государственному заданию № FNFE-2020-0004 (регистрационный № 121041200195-4) ФНЦ агроэкологии РАН.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛУСИБСОВ И КЛОНОВ *PINUS SYLVESTRIS* L. СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Чеботько Н. К.¹, Крекова Я. А.¹, Ивановская С. И.², Падутов А. В.²

¹ Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. А. Н. Букейхана, Акмолинская обл., Щучинск, Республика Казахстан

² Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь
E-mail: chebotkon@mail.ru; yana24.ru@mail.ru; isozyme@mail.ru

Исследование посвящено молекулярно-генетической характеристике 15 семей полусибсов трех генераций и 36 клонов плюсовых деревьев *Pinus sylvestris* L. в возрасте 36–38 лет, произрастающих в Акмолинской области (Северный Казахстан). Работа выполнена в период 2021–2023 гг. в рамках мероприятия «Создание базы данных ценных генотипов сосны обыкновенной с применением технологии экспресс-оценки для получения сортовых и улучшенных семян» (ИРН BR10263776). Молекулярно-генетический анализ проводился на базе лаборатории лесных генетических ресурсов НАН Беларуси.

По установленным критериям отбора к наиболее перспективным для использования в селекционных и лесовосстановительных программах отнесены семьи, характеризующиеся стабильным воспроизводством генетического полиморфизма, средние значения гетерозиготностей которых превышали таковые, установленные для всей совокупности проанализированных деревьев ($H_e = 24,7\%$, $H_o = 26,0\%$). Высокими значениями по обоим гетерозиготностям характеризовались семьи 6, 22, 27, 44, 45, что позволило отнести их к наиболее перспективным.

Предложен способ экспресс-оценки и отбора плюсовых деревьев сосны обыкновенной по уровню наблюдаемой гетерозиготности (H_o). По результатам проведения молекулярно-генетического анализа на стадии отбора кандидатов в плюсовые деревья рекомендовано включать в состав постоянной лесосеменной базы Казахстана генотипы, у которых значение H_o попадает в диапазон « $0,300 \leq H_o < 0,400$ » и более. На основании комплексных результатов исследования были составлены генетические паспорта на изученные деревья. Разработана база данных ценных генотипов плюсовых деревьев сосны обыкновенной для Северного Казахстана и внедрена в РГКП «Республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр». База данных содержит информацию, накопленную в процессе исследовательских работ по селекционно-генетическим и молекулярно-генетическим направлениям.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. НА СРЕДНЕМ И СЕВЕРНОМ УРАЛЕ

Чертов Н. В.

ФГАОУ ВО ПГНИУ, Пермь, Россия
E-mail: nikita.chertov22@gmail.com

Знания о генетическом разнообразии и структуре популяций важны для сохранения и рационального использования генетических ресурсов, особенно в условиях глобального изменения климата (Тараканов и др., 2021). Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) широко распространена в мире и, в частности, в Северном полушарии, что делает ее одной из важнейших лесобразующих пород. Сосна широко используется в хозяйственной деятельности, ее древесина активно заготавливается. Для составления программ рационального использования лесных ресурсов необходимы знания о генетическом разнообразии и структуре популяций этого вида.

Проведен молекулярно-генетический анализ 12 популяций *P. sylvestris* с использованием ISSR (Inter Simple Sequence Repeats)-метода анализа полиморфизма ДНК (Zietkiewicz et al., 1994). Изучены генетическое разнообразие и генетическая структура популяций на Северном, Среднем, Южном Урале и в Предуралье. С использованием макроса GenAlEx и пакета AMOVA установлено, что изученные популяции характеризуются средним уровнем генетического разнообразия ($P_{95} = 0,886$; $I = 0,224$; $H_E = 0,141$; $n_e = 1,301$). Выявлена средняя степень дифференциации популяций. Популяции сосны обыкновенной в регионе исследования образуют четыре кластера, в целом соответствующих их географическому расположению и отражающих их расселение из Южноуральского рефугиума. При изучении популяций *P. sylvestris* их пространственная и генетическая структура проверялась на соответствие модели «изоляция на расстоянии» с помощью теста Мантелла. Таким образом, попарное сравнение всех исследованных популяций выявило наличие средней положительной корреляции между географическим и генетическим расстоянием ($R^2 = 0,358$).

Исследование выполнено при финансовой поддержке государственного задания № FSNF-2023-0004 Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» в области науки и Правительства Пермского края, научно-исследовательского проекта МИГ по Соглашению № С-26/776 от 31 марта 2022 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОМАТИЧЕСКОГО ЭМБРИОГЕНЕЗА ДЛЯ ТИРАЖИРОВАНИЯ ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В КАРЕЛИИ

Чирва О. В., Ершова М. А., Игнатенко Р. В., Теслюк И. А., Галибина Н. А.

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: tchirva.olga@yandex.ru

В эпоху резкого сокращения площади лесных массивов применение соматического эмбриогенеза (СЭ) для массового тиражирования ценных генотипов плюсовых деревьев является перспективным и позволяет получать большое количество качественного посадочного материала для целей лесовосстановления.

Сбор незрелых шишек производили с клонов плюсовых деревьев *Picea abies* (L.) H. Karst., произрастающих на Петрозаводской лесосеменной плантации I порядка. Эксплантами служили зиготические зародыши, помещенные на питательную среду LM. Всего за период исследований в культуру *in vitro* был введен в 2022 г. – 291 эксплант, в 2023 г. – 770 эксплантов. Дальнейшее культивирование соматических зародышей проводили на среде созревания с добавлением 30 мкМ АБК. Затем сформированные семядольные зародыши перемещали на безгормональную среду прорастания до формирования корня.

Выявлено, что сбор эксплантов в среднетаежной подзоне Карелии необходимо проводить при сумме эффективных температур от 728 до 1126 градусо-дней, при которой зиготические зародыши находятся на оптимальных для инициации СЭ стадиях развития – от глобулярной до семядольной. В рамках исследования установлено, что питательная среда LM с 9.0 мкМ 2,4-Д и 4,5 мкМ 6-БАП является подходящей для запуска СЭ. В 2022 г. частота образования эмбрионально-суспензорной массы (ЭСМ) составляла 36%, было получено 26 клеточных линий от 10 деревьев-доноров, спустя 18 месяцев культивирования сохранилось 6 шт. (23%). На среде прорастания 20% растений-регенерантов формировали корень. На следующий год исследования 35% эксплантов, собранных с 21 дерева-донора, сформировали ЭСМ и дали начало 129 клеточным линиям, из которых спустя семь месяцев в культуре выжило 20 шт. (15%). Было установлено, что частота инициации СЭ варьировала от 0 до 100% в зависимости от генотипа дерева, а также от стадии развития зиготического зародыша.

Таким образом, в результате двух лет исследований были выявлены генотипы *P. abies*, обладающие высоким потенциалом к мультипликации методом СЭ, которые впоследствии могут быть использованы как качественный посадочный материал.

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МУЖСКОЙ ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ СОСНЫ РУМЕЛИЙСКОЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Чугреев М. Ю.

ФГБУ «ВНИИЛГИСБиотех», Воронеж, Россия

E-mail: michael.yurievich@yandex.ru

Сосна румелийская (*Pinus peuce* Griseb.) – один из часто встречающихся в городском озеленении видов хвойных интродуцентов. Важным показателем приспособленности вида к новым условиям произрастания является оценка влияния метеоусловий и техногенного загрязнения на состояние его генеративной сферы.

Проведено обобщение методами описательной статистики результатов проращивания пыльцы сосны румелийской из контрастных по уровню техногенного загрязнения мест произрастания за 2015–2022 гг. исследования.

Анализ обобщенных значений жизнеспособности деревьев при стандартной температуре проращивания по годам исследования показал широкий их разброс. Значения качества пыльцы подразделились на три группы: низкие (2018, 2020 гг.), высокие (2017, 2019, 2021 гг.) и средние (2015, 2016, 2022 гг.). Низкие значения достоверно отличаются от остальных. Между высокими и средними значениями различия менее значимы. При повышении температуры культивирования статистически значимые различия в числе проросших пыльцевых зерен отсутствуют – метеоусловия года не оказывали существенного влияния на уровень адаптационного потенциала.

Ни год исследования, ни уровень техногенного загрязнения не оказывали заметного влияния на спектр аномалий пыльцы. На протяжении всего срока исследований встречались единичные оптически пустые, имеющие редуцированное тело зерна; единичные пыльцевые трубки, образующие ветвления или вздутия. Повышение температуры проращивания приводило к возрастанию числа пыльцевых трубок со вздутиями и ветвлениями.

Изменения качества пыльцы и уровня адаптационного потенциала наблюдались сильнее под воздействием метеоусловий года исследования, чем техногенного загрязнения места. Это подтверждает предположение, что метеоусловия места произрастания оказывают ведущее влияние на состояние мужской генеративной сферы изучаемых деревьев. Если метеоусловия будут благоприятными, интродуцированный вид может противостоять не только интродукционному стрессу, но и техногенному.

На основании этого можно сделать вывод, что сосна румелийская хорошо приспособлена к метеоусловиям Воронежской области.

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА РЕГЕНЕРАЦИЮ *IN VITRO* КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО

Шабанова Е. А.

ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех», Воронеж, Россия
E-mail: katy-green2009@yandex.ru

Создание новых сортов древесных растений с улучшенными характеристиками и выращивание посадочного материала с заданными признаками – перспективные направления лесной биотехнологии. В ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» с 2022 г. ведутся исследования по отбору и размножению *in vitro* продуктивных и устойчивых деревьев клена.

Для введения в культуру *in vitro* использовали изолированные в весенний период побеги отобранных по показателям роста и качества ствола взрослых (30–70 лет) деревьев клена остролистного. Регенерацию побегов проводили на модифицированных питательных средах Мурасиге и Скуга (MS), Woody Plant Medium (WPM) и Driver & Kuniyuki (DKW), содержащих регуляторы роста 6-бензиламинопурин (БАП), тидиазурон (TDZ), гибберелловую кислоту (ГК), α -нафтилуксусную кислоту (НУК), индоллил-3-масляную кислоту (ИМК) в различных концентрациях и соотношениях. Для снижения негативного действия окисленных фенольных соединений, выделяющихся в питательную среду из тканей эксплантов, фрагменты побегов перед введением в культуру были погружены на один час в раствор антиоксиданта аскорбиновой кислоты в концентрации 100 мг/л.

Доля эксплантов, сформировавших основные побеги, в среднем варьировала от 24,5% на средах WPM + 1 мг/л БАП до 41,4% на средах DKW + 1 мг/л БАП. В основании побегов формировался плотный морфогенный каллус. Лучшие результаты по инициации развития побегов на повторно культивируемых фрагментах первичных эксплантов получены при последовательном применении сред DKW или MS, дополненных 0,5 мг/л TDZ, а затем 1 мг/л БАП. Дополнительные побеги размером 0,3–1,2 см сформировались на 20–40% культур. Микропобеги отдельных генотипов удалось укоренить на питательных средах MS и WPM с сокращенным содержанием макроэлементов с добавлением ИМК в концентрациях 0,1–0,5-мг/л.

Полученные результаты позволили в течение 8–12 месяцев поддерживать микропобеги и каллусные культуры в коллекции *in vitro* для дальнейших работ по тиражированию отобранных хозяйственно-ценных экземпляров клена.

МОЛЕКУЛЯРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ БЕЛАРУСИ

*Шевко В. Н., Пантелеев С. В., Падутов А. В.,
Константинов А. В., Комарова В. А., Куфко И. Э.*

ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», Гомель, Республика Беларусь
E-mail: verona.shevko@mail.ru

В настоящее время наиболее высокоточным и оперативным методом диагностики инфекционных заболеваний является молекулярно-генетическая идентификация, которая позволяет определить возбудителя на начальных этапах развития болезни в короткие сроки (Пантелеев и др., 2011).

Цель исследования заключалась в проведении молекулярно-фитопатологического мониторинга посадочного материала в лесных питомниках Беларуси. В ходе проведенных обследований основными изучаемыми породами являлись: сосна, ель, пихта, лиственница, туя, ясень, дуб. Наиболее подверженными различным заболеваниям оказались хвойные породы деревьев.

В результате проведенного анализа с 2021 по 2023 гг. было диагностировано 24 вида фитопатогенов, вызывающих порядка 18 заболеваний, включая чужеродную инвазию – инфекционный некроз ветвей ясеня (*Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al.). В открытом грунте наиболее распространенными заболеваниями являлись: инфекционное полегание (фузариоз), фомоз и заболевания типа «шютте» (в основном обыкновенное шютте сосны). В защищенном – инфекционное полегание (фузариоз) и фомоз. Следует отметить, что возбудители обыкновенного шютте сосны *Lophodermium pinastri*, *L. seditiosum* и *L. conigenum* не редко встречались в виде полиинфекции в пределах одного растения.

С использованием генетических методов идентификации выявляются заболевания, ранее не описанные в лесном хозяйстве Беларуси, и, в частности, на сеянцах хвойных пород. Примеры некоторых представителей: *Dactylonectria* sp., *Dactylonectria torrenensis*, *Ilyonectria radiculicola*, *Ilyonectria* sp., *Ramularia* sp. и *Rhizoctonia solani*. Представители родов *Dactylonectria* и *Ilyonectria* являются эндофитами корней и переходят к паразитизму в случае ослабления растений, вызывая гниль корней. *R. solani* также вызывает загнивание корней (ризоктониоз), а в случае интенсивного развития – и стволиков (Комарова и др., 2024). Ризоктониоз и нектриевая гниль корней мало изучены на хвойных. Полученные данные используются для назначения профилактических и защитных мероприятий.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ГЕНОВ У КЛОНОВ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ПО ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Шейкина О. В., Прыгунова А. И., Шарапов Е. С., Демаков Ю. П.

ПовГТУ, Йошкар-Ола, Россия
E-mail: ShejkinaOV@volgatech.net

Плотность древесины является одним из основных критериев, характеризующих качество древесины, поэтому поиск молекулярных маркеров для ген-ассоциированной селекции представляется весьма актуальной задачей. С целью отработки методики и получения предварительных данных выполнено сравнительное исследование 12-ти генов у двух клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной, существенно отличающихся по значениям базисной плотности древесины. Базисная плотность оценена стереометрическим способом по кернам согласно ГОСТ 16483.1–84 у 15-ти рамет каждого клона плюсовых деревьев № 156 и 255, которые достоверно различаются по среднему значению этого параметра древесины ($X_{156} = 391,6 \pm 6,34$; $X_{255} = 329,3 \pm 4,05$; $t_{\text{факт.}} = 7,53$; $t_{\text{табл.}} = 3,06$ при $P = 0,01$). Достоверность влияния клоновой принадлежности на плотность древесины также подтверждена статистически ($F_{\text{факт.}} = 73,9$; $F_{\text{табл.}} = 4,24$). Образцы для выделения ДНК заготовлены с одной из рамет клонов № 156 и 255 с базисной плотностью 404,8 и 306,5 кг×м⁻³ соответственно. Для секвенирования методом Сенгера разработаны ген-специфические праймеры к 12-ти генам, вовлеченным в биосинтез лигнина и целлюлозы. Праймеры подобраны к нуклеотидным последовательностям соответствующих генов сосны обыкновенной, представленным в GenBank NCBI на момент планирования эксперимента (*tuba*, *CesA3*, *sams2*, *aqua-MIP*, *ccoamt*, *pal1*) или к близким видам сосен в случае их отсутствия у исследуемого вида (*glyhmt*, *kor1*, *ccr-1*, *cad*, *c3h*, *c4l*). Общая длина прочтения ДНК составила 11861 пар нуклеотидов. Полученные нуклеотидные последовательности фрагментов генов аннотированы в генетический банк GenBank NCBI под номерами OR900765–OR900788. Нуклеотидные последовательности генов *glyht*, *kor1*, *ccr-1*, *cad*, *c3h* и *c4l* для сосны обыкновенной аннотированы в GenBank впервые. Всего в кодирующей части генов (экзонах) обнаружены восемь синонимичных и четыре несинонимичных мутации. Планируются дальнейшие исследования на большем числе клонов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-16-00220, <https://rscf.ru/project/23-16-00220/>.

GENETIC STATISTICS FOR TIMBER ORIGIN IDENTIFICATION IN THE CASE STUDIES OF THREE SIBERIAN CONIFER SPECIES: PROSPECTS AND LIMITATIONS

Shuvaev D. N.¹, Krutovsky K. V.²

¹ Institute of Plant and Animal Ecology,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

² Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany

² N. I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

² G. F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

E-mail: denis.shuvaev@gmail.com

Russia has the most extensive forest resources among all countries in the world. It is obvious that the forests are the national wealth that is equally significant to minerals. Sustainability and renewability of forests require a long-term strategic planning to ensure their protection and enhancement. Forest management should be based on this planning to facilitate the stable economic development.

The conifer species have the great economic and ecological value in Russia. They mostly grow on the vast areas and play important environmental role providing ecosystem service to many other species. Among conifer species, *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica*, *Pinus korainensis*, *Picea abies*, *Picea obovata*, *Abies sibirica*, and *Larix sibirica* are especially important. However, their high economic value and insufficient harvesting and trade control promote illegal logging and timber trade. It causes large economic and ecological losses.

The modern genetic approaches may help counteracting the illegal logging and timber trade through geographical identification of timber using genetic markers. There are a number statistical approaches and genetic indices that are used for the geographic assignments of individuals and populations in many species. Nevertheless, genetic differentiation among Siberian populations of conifers is relatively low. It may limit the use of genetic and statistical methods for geographic assignments of wood. However, applicability, usefulness and limits of these approaches for Siberian conifers have not been studied yet. We will demonstrate how different statistical approaches can be integrated in the analysis of a geographical origin using nuclear microsatellite loci (*nSSRs*) and the case studies of three Siberian conifer species: Scots pine, Siberian stone pine, and Siberian fir.

This study was performed within the frameworks of state contract with the Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences № 122021000090-5.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ПРИРОСТА МОЛОДНЯКА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Янбаев Ю. А.^{1,2}, Бахтина С. Ю.¹, Янбаев Р. Ю.¹, Кулагин А. Ю.²

¹ Башкирский ГАУ, Уфа, Республика Башкортостан, Россия

² Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Республика Башкортостан, Россия

E-mail: Yanbaev_ua@mail.ru

Лесам принадлежит важная роль в уменьшении многих негативных последствий изменения климата. При этом из-за данного глобального процесса происходят неблагоприятные качественные и количественные изменения лесных насаждений, особенно выраженные на южных границах ареалов лесообразующих видов. Существует риск того, что изменения условий окружающей среды происходят быстрее потенциальной и наблюдаемой скорости естественной миграции древесных растений в более благоприятные климатические условия из-за длительности жизненного цикла и смены поколений. По этой причине данная группа организмов будет вынуждена противодействовать процессам дезадаптации в условиях изменения климата, используя свою высокую фенотипическую и генетическую изменчивость. Экологическая экстремальность локальных лесорастительных условий создает для них дополнительный стресс, что усложняет реакцию древесных растений на условия окружающей среды.

В работе приведены результаты изучения климатического сигнала в динамике линейного прироста подроста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) из техногенной зоны Учалинского горно-обогатительного комбината (Республика Башкортостан), более 80 лет разрабатывающего месторождения медно-колчеданных руд. Исследования проведены на семи частях промышленных отвалов, различающихся по содержанию цинка и меди, а также по почвенно-грунтовым условиям. Полученные результаты сравнены с данными для 27 выборок подроста из природных условий, произрастающего на нелесных землях. Показано, что в техногенной среде корреляция между приростом и климатическими показателями менее выражена, снижаясь параллельно уменьшению прироста. Корреляционные связи показателя с месячным количеством осадков и температурами воздуха подроста из склонов отвалов отсутствуют или разнонаправлены, они чаще статистически не достоверны. В отличие от природных условий, температура на техногенно измененных ландшафтах проявляет себя как более критический экологический фактор. Результаты обсуждаются в связи с использованием вида для естественной рекультивации промышленных отвалов.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Алейников А. А. 18
Алексеев А. Б. 17
Алексутин В. Э. 18
Ананьев В. А. 19, 29
Анискина А. А. 177
Астраханцева Н. В. 149
Афошин Н. В. 20

Б

Бажина Е. В. 124
Баранов О. Ю. 145, 164
Барталев С. А. 52
Бахтина С. Ю. 188
Белова Е. И. 97
Белоконь М. М. 167
Белоконь Ю. С. 167
Беляева А. И. 47
Бикбаев И. Г. 108
Бисирова Е. М. 36
Битаришвили С. В. 133
Бобровский М. В. 21, 112
Богданов А. П. 22
Богинская Л. А. 147
Бондарев А. И. 23
Бондаренко А. С. 24
Бондарчук С. Н. 91
Бородин М. Н. 71
Бородинцева Л. И. 125
Боронникова С. В. 126
Бубнов А. А. 35, 82
Булаткин Г. А. 25
Бушуева А. С. 58

В

Вариводина И. Н. 128
Васильев Д. В. 133
Велисевич С. Н. 135
Ветчинникова Л. В. 129, 130, 131, 144
Внукова Н. И. 132
Возьмитель Ф. К. 18
Волков В. А. 144

Г

Гаврилюк Е. А. 26
Галанов А. Э. 27
Галибина Н. А. 49, 71, 83, 104, 138, 148, 162, 176, 182
Геникова Н. В. 28, 29
Гераськин С. А. 95, 133
Гераськина А. П. 30

Гичан Д. В. 31, 64
Глухова Т. В. 34
Голубев Д. А. 32
Гопп Н. В. 78
Горбушова Д. А. 137
Горошкевич С. Н. 134, 135, 140
Горячкина О. В. 165
Гостев В. В. 42, 59
Гостева Д. Ю. 42
Грачев И. Г. 36
Грек В. С. 32
Гриднев А. Н. 75
Гричик Е. Л. 136
Губаев Р. Ф. 144

Д

Данилов Д. А. 33
Данилова И. В. 87
Дапылдай А. Б. 92
Демаков Ю. П. 186

Е

Егоров А. А. 34
Егоров А. Б. 35, 82
Егоров С. А. 137
Елисеев А. О. 36
Емельянова О. В. 151
Ермолов С. А. 37, 119
Ершов В. В. 101
Ершов Д. В. 38, 80, 97
Ершова М. А. 71, 138, 176, 182

Ж

Железнова О. С. 39, 107
Живец Т. И. 75
Живов Д. А. 101
Жигунов А. В. 144
Жолобова О. О. 109, 136, 139
Жук Е. А. 140
Жуланов А. А. 126

З

Забродин А. Н. 40, 81
Зайцев Д. А. 33
Замолодчиков Д. Г. 41
Зув К. Ю. 21

И

Ибрагимова К. К. 99
Иванов А. А. 33
Иванов А. В. 91

Иванова В. Н. 31
 Иванова Д. С. 20, 93
 Иванова Н. В. 42, 96, 119
 Иванова Ю. Д. 43, 50, 102
 Ивановская С. И. 164, 180
 Игнатенко Р. В. 138, 141, 176, 182
 Ильинов А. А. 142, 168
 Ильинцев А. С. 44
 Исаева Л. Г. 89

К

Каган Д. И. 164
 Каганов В. В. 41
 Калинин Д. С. 54
 Калько Г. В. 143
 Капица Е. А. 45, 86
 Каржаев Д. С. 144
 Карминов В. Н. 46
 Карпун Н. Н. 121
 Карсаков А. А. 69
 Катаева М. Н. 47
 Качанова Е. В. 93
 Керчев И. А. 36
 Кикеева А. В. 48, 73, 110
 Кинигопуло П. С. 166
 Кирьянов П. С. 145, 153
 Киселёва В. В. 46
 Комарова В. А. 153, 185
 Комарова О. В. 146
 Крышень А. М. 48, 73, 110
 Климова А. В. 49, 71
 Ковалев А. В. 50
 Ковалевич А. И. 164
 Ковганко К. А. 38, 80
 Константинов А. В. 147, 163, 185
 Кончиц А. П. 164
 Копосова Е. А. 70, 115
 Корец М. А. 87
 Корженевский М. А. 148, 162
 Королева Н. В. 38, 97
 Корнеева Е. А. 51
 Коротков В. Н. 52
 Кравцова В. И. 53
 Крекова Я. А. 180
 Кривобоков Л. В. 23
 Криницын И. Г. 42
 Крючков С. Н. 77, 136, 137
 Кудрин А. А. 54
 Кудрявцев А. Ю. 55
 Кузнецова Г. В. 149
 Кузнецова Е. Г. 61
 Кузнецова Н. Ф. 56
 Кузьмин С. Р. 150

Кузьмина Н. А. 150
 Кулагин А. Ю. 188
 Кулагин Д. В. 57, 147, 151, 152, 163
 Кулаков Е. Е. 58
 Кулакова Е. Н. 120
 Кусенкова М. П. 57, 152
 Куфко И. Э. 153, 185

Л

Лаур Н. В. 155
 Лебедев А. В. 42, 59
 Левин С. В. 60
 Литовченко Д. А. 120
 Лиханова И. А. 61
 Ломов В. Д. 62
 Лоскутов С. Р. 177
 Лузан М. П. 42
 Лукина А. В. 156
 Лябзина С. Н. 63

М

Маркевич Т. С. 164
 Мануйлова П. И. 64
 Махнева С. Г. 157
 Махныкина А. В. 65
 Машкина О. С. 158
 Медведева М. В. 66, 159
 Менщиков С. Л. 157
 Мешалкина Ю. Л. 78
 Митрофанов Е. М. 46
 Могилевская И. В. 160
 Можаровская Л. В. 152, 161, 164
 Морозова И. В. 67
 Морозова Н. Д. 30
 Мостовая А. С. 41
 Мохначев П. Е. 157
 Мощенская Ю. Л. 71, 148, 162, 176
 Мухортова Л. В. 23
 Мясникова Н. А. 68

Н

Назимова Д. И. 69
 Нарыкова А. Н. 78
 Нелаева К. Г. 70, 115
 Нечаев А. А. 32
 Никерова К. М. 49, 71, 141, 148, 162
 Никифоров А. Н. 72
 Новичонок Е. В. 49, 104
 Нуколова А. Ю. 48, 73, 110

О

Обабко Р. П. 29
 Овчинникова Н. Ф. 74, 75

Орешкова Н. В. 165
Осипенко Н. В. 151, 163
Острикова М. Я. 163, 164

П

Павлов Д. В. 32
Павлюченкова Л. Н. 35, 82
Падутов А. В. 152, 180, 185
Падутов В. Е. 147, 151, 152, 164
Паленова М. М. 166
Панов А. В. 65
Пантелеев С. В. 153, 164, 185
Пак М. Э. 165
Пац Е. Н. 76
Пеккоев А. Н. 19, 28, 29
Передриенко А. И. 77
Плахина Е. В. 96
Плотникова А. С. 17, 78
Полосухина Д. А. 65
Подвезенная М. А. 79, 88, 105
Подольская Е. С. 80
Подрезова Ю. А. 120
Полевинова Е. Н. 57
Полизов Д. В. 167
Пономарев Е. И. 40, 69, 81
Пономарева Т. В. 81
Постников А. М. 35, 82
Потокина Е. К. 144
Придача В. Б. 83
Припутина И. В. 84
Прокушкин А. С. 65
Прыгунова А. И. 186

Р

Раевский Б. В. 103, 142, 159, 168
Раздайводин А. Н. 169
Разумова О. А. 164
Райская Ю. Г. 116
Робонен Е. В. 70, 115
Рогозин М. В. 85
Романов М. С. 112
Романова Н. В. 32
Ромашкин И. В. 19, 48, 73, 86, 110
Ромашкина И. В. 169
Рыжкова В. А. 87
Рыжова И. М. 79, 88, 105
Рябов Н. С. 89

С

Сабилов Р. Н. 90
Самбуу А. Д. 92
Сапронова Д. В. 171
Сало М. А. 91

Сафронычева Е. Д. 144
Сачек А. П. 161
Сбоева Я. В. 126, 172
Семёнова Л. И. 20, 83, 93, 148
Семериков В. Л. 173, 174
Семерикова С. А. 173, 174
Серкова А. А. 20, 93, 104, 148
Семин Д. Е. 83, 104
Сидор А. И. 164
Синкевич О. В. 63
Синькевич С. М. 71, 94
Слипец А. А. 169
Смирнова А. С. 95
Созонтов А. Н. 96
Соколова С. С. 96
Соломенцева А. С. 137
Солонкин А. В. 137
Софронова И. Н. 49, 71, 104, 148
Сочилова Е. Н. 38, 97
Стороженко В. Г. 98
Страздаускас С. Е. 100
Страздаускене С. Р. 100
Стругова Г. Н. 100
Султанова З. Г. 99
Сунгурова Н. Р. 100
Суховольский В. Г. 43, 50, 102
Сухарева Т. А. 101
Суховольский В. Г. 43, 50, 102
Сушук А. А. 54

Т

Табацкая Т. М. 158
Тараканов В. В. 125, 175, 177, 178
Тарасенко В. В. 103
Тарелкина Т. В. 20, 83, 93, 104, 148, 162
Тебенькова Д. Н. 31, 64, 84
Телеснина В. М. 79, 88, 105
Терещенко Т. В. 106
Теслюк И. А. 104, 176, 182
Титов А. Ф. 129, 130, 131
Тихонова И. В. 177
Тихонова Н. А. 177
Тобратов С. А. 39, 107
Третьякова И. Н. 165
Туманик Н. В. 83
Туктамышев И. Р. 108

У

Устинова А. Л. 96

Ф

Федорков А. Л. 125, 178
Федоров Н. И. 108

Федоров С. В. 52
 Фокина Е. А. 83
 Фоменко Н. Г. 109
 Фомина Е. В. 48, 73, 110
 Фролов П. В. 84, 112
 Фролова Г. Г. 111

Х

Ханина Л. Г. 21, 112
 Ханова А. С. 95
 Холдаенко Ю. А. 113
 Хомутова К. Г. 178
 Хужахметова А. Ш. 179

Ц

Царев А. П. 114, 155
 Царев В. А. 114
 Царева Р. П. 114

Ч

Чеботько Н. К. 180
 Черкасов Н. С. 44
 Чернобровкина Н. П. 67, 70, 115
 Чернова Н. А. 116
 Чернова О. В. 78
 Черткова Е. П. 117
 Чертов Н. В. 126, 181
 Честных О. В. 78
 Чирва О. В. 138, 176, 182
 Чжан Сяохун 118
 Чугреев М. Ю. 183
 Чумаченко С. И. 46, 84

Ш

Шабанова Е. А. 184
 Шанин В. Н. 84, 112
 Шарапов Е. С. 186
 Шашков М. П. 42, 119
 Швецов Е. Г. 81
 Шевко В. Н. 153, 185
 Шевченко Н. Е. 17
 Шейкина О. В. 186
 Шешницан С. С. 120
 Шипилова В. Ф. 146
 Широких П. С. 108

Широковская А. А. 34
 Шишкина А. А. 121
 Шорохова Е. В. 45, 86

Ю

Юзбеков А. К. 123

Я

Янбаев Ю. А. 188
 Янбаев Р. Ю. 188

В

Bauer E. E. 127
 Belokopytova L. V. 154
 Bondar E. I. 127

G

Goroshkevich S. N. 127

K

Krutovsky K. V. 127, 154, 170, 187

N

Novikova S. V. 127, 154

O

Oreshkova N. V. 127, 154

R

Ryabukhina M. V. 170

S

Sharov V. V. 127, 154
 Sheller M. A. 122
 Shuvaev D. N. 187

T

Tatarintsev A. I. 122

V

Vasilyeva G. V. 127

Z

Zhirnova D. F. 154
 Zhuk E. A. 127



Компания ЛАБИНСТРУМЕНТЫ работает с 2006-го года и прочно занимает лидирующие позиции на рынке лабораторного оборудования России и дружественных стран.

Компания ЛАБИНСТРУМЕНТЫ занимается поставками высококачественного лабораторного оборудования, аналитических приборов, расходных материалов и реагентов из США и Европы, а теперь также и из Китая.

Компания ЛАБИНСТРУМЕНТЫ специализируется на поставках в РФ и страны СНГ оборудования для изучения и выращивания растений, а также для изучения окружающей среды (почва, атмосфера, вода, освещенность).

Компания ЛАБИНСТРУМЕНТЫ поставляет оборудование для ботаники и физиологии растений, для измерения газообмена растений и почв, для изучения фотосинтеза и измерения респирации, для измерения морфологических параметров растений, для оснащения карбоновых полигонов, для мониторинга параметров окружающей среды (атмосфера, почва, вода, освещенность) и многое другое!

Компания ЛАБИНСТРУМЕНТЫ эксклюзивно представляет в России большинство ведущих производителей оборудования из США и Европы и Китая.

Компания ЛАБИНСТРУМЕНТЫ имеет прямые связи с производителями, что дает возможность обеспечить официальную техническую поддержку от производителей и самые лучшие цены.

Компания ЛАБИНСТРУМЕНТЫ обеспечивает высококвалифицированную поддержку благодаря наличию в нашем штате специалистов, обученных у производителей за рубежом.

Компания ЛАБИНСТРУМЕНТЫ гарантирует индивидуальный подход к каждому клиенту и полный комплекс услуг по поставкам и последующему сопровождению оборудования.





Цель Компании ЛАБИНСТРУМЕНТЫ — предложить Вам максимально разнообразный ассортимент высококачественной продукции и профессиональный сервис. Накопленный нами опыт сделают Ваше сотрудничество с нами максимально продуктивным и комфортным для Вас!

В ассортименте компании ЛАБИНСТРУМЕНТЫ:

- ✓ Оборудование для оснащения карбоновых полигонов
- ✓ Станции анализа атмосферы методом eddy covariance
- ✓ Газоанализаторы парниковых газов
- ✓ Системы измерения газообмена растений
- ✓ Системы измерения газообмена почв
- ✓ Флуориметры для измерения флуоресценции хлорофилла
- ✓ Измерители респирации кислорода
- ✓ Анализаторы площади листьев
- ✓ Анализаторы листового индекса
- ✓ Анализаторы корней
- ✓ Анализаторы морфологических параметров растений
- ✓ Анализаторы устьичной проводимости (порометры)
- ✓ Анализаторы вегетационных индексов
- ✓ Анализаторы уровня содержания хлорофилла
- ✓ Анализаторы водного стресса растений
- ✓ Анализаторы качества плодов
- ✓ Дендрометры
- ✓ Оборудование для выращивания растений
- ✓ Станции фенотипирования и сканеры для них
- ✓ Датчики освещенности и регистраторы сигнала
- ✓ И многое другое!



Компания ЛАБИНСТРУМЕНТЫ сотрудничает со всеми ведущими мировыми производителями из США, Европы и Китая:

AROSEE, CAMPBELL, CID BIO-SCIENCE, DELTA-T, DYNAMAX, FELIX, FT GREEN LLC, HANSATECH, HEALTHY PHOTON, HUKSEFLUX, LICA, LI-COR, PHOTON SYSTEMS, PMS INSTRUMENT, PP SYSTEMS, PRI-ECO, QUBIT SYSTEMS, REGENT INSTRUMENTS, STEVENS WATER, WALZ и многими другими!

LI-COR®

