

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

УДК 630*182+581.55+582.475(571.16)

ОПЫТ И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ ЮГА ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. Г. Дюкарев, С. Г. Копысов, С. А. Кривец, Е. Н. Пац, Н. А. Чернова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, Томск, просп. Академический, 10/3

E-mail: dag@imces.ru, wosypok@mail.ru, krivec_sa@mail.ru, patz_imces@mail.ru, naitina79@mail.ru

Поступила в редакцию 26.02.2024 г.

Исследование древостоев, подроста, подлеска, крупных древесных остатков, напочвенного покрова, почв и их вклад в депонирование углерода проводилось в коренных южно-таежных папоротниково-снытево-мелкотравных пихтарниках на Томь-Яйском междуречье (Томская область). Запас древесины в среднем для типа биогеоценоза составил 315.8 ± 56.1 м³/га, у пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в разных насаждениях он варьировал от 99.2 до 201.4 м³/га. По санитарному состоянию древостои в разной степени ослаблены, пихтовые элементы древостоев – сильнее, что в значительной степени обусловлено их повреждением инвазионным короедом – уссурийским полиграфом (*Polygraphus proximus* Blandford). Подлесок редкий или средней густоты (880–2720 шт./га), образован преимущественно малиной обыкновенной (*Rubus idaeus* L.) и рябиной сибирской (*Sorbus sibirica* Hedl.). Подрост с абсолютным преобладанием пихты, его численность (800–920 шт./га) характеризует неудовлетворительное возобновление во всех изученных насаждениях. Средний объем валежа для типа биогеоценоза составил 2.1 ± 0.5 м³/га, пней – 3.3 ± 0.8 м³/га, хвороста – 9.2 ± 5.3 м³/га. К особенностям фитоценоза относятся высокие значения флористического разнообразия (131 вид), видового богатства травяного покрова (105 видов) и видовой насыщенности растительных сообществ (57 видов на 400 м²). Повышенное участие папоротника в составе травостоя обусловлено наличием окон, занимающих от 5 до 30 % площади фитоценоза, сформировавшихся в насаждениях на месте вывалов и погибших деревьев, в основном из-за усыхания пихты, поврежденной уссурийским полиграфом. Впервые получены данные о фитомассе напочвенного покрова южно-таежных пихтарников Западной Сибири, в среднем оцененной в 0.88 т/га, с широким варьированием данного показателя в связи с особенностями горизонтальной структуры напочвенного покрова и разной освещенностью в подкروновых парцеллах и окнах. Показаны особенности состава, структуры и термического режима почв изученных биогеоценозов. Приведены данные об изменении продуктивности фитоценозов, гумуса почв и запасов углерода в различных компонентах изученных лесов.

Ключевые слова: папоротниково-снытево-разнотравные пихтовые леса, состав, структура, продуктивность фитоценоза, запасы углерода, Томская область.

DOI: 10.15372/SJFS20240303

ВВЕДЕНИЕ

Лес как многокомпонентная, многофункциональная и динамичная система требует комплексного подхода к исследованиям с учетом всех абиотических и биотических составляющих, их структуры, взаимосвязи, взаимодей-

ствий и реакций на внешние возмущения (Сукачев, 1964; Дылис, 1969). Главным требованием разработанной методологии биогеоценологических исследований (Программа..., 1974) было обеспечение многоаспектности стационарных исследований при работе на одной и той же пробной площади представителей разных науч-

ных направлений и синтеза результатов наблюдений для интегральной характеристики биогеоценотического процесса.

Потребность в комплексных исследованиях лесных экосистем в последнее время резко возросла в связи с реализацией важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) по созданию национальной системы мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации. Создаваемая сеть мониторинга (пробных площадей) призвана обеспечить получение актуальной региональной информации о видовом составе растительных сообществ, их продуктивности, параметрах горизонтальной и вертикальной структуры, характеристиках напочвенного покрова и почв.

Одна из частей проекта выполнялась на территории Томской области сотрудниками Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (ИМКЭС СО РАН). Целью работы было создание на основе стандартизированной методологии и инфраструктуры системы мониторинга южно-таежных лесов Западной Сибири, рассчитанной на длительные циклы комплексных исследований, выявление закономерностей накопления и баланса углерода в лесных экосистемах с учетом пространственно-временной неоднородности, возрастной структуры, особенностей фитоценозов и почв.

Для изучения состояния и организации мониторинга лесных экосистем южной тайги Западной Сибири были выбраны пихтовые леса Томь-Яйского междуречья, формирующиеся в простых сукцессионных циклах со сменой эдификаторов в ряду пихта – осина – пихта (Дюкарев и др., 2022; Dyukarev et al., 2022). Для этих биогеоценозов характерно достаточно быстрое протекание восстановительных сукцессий, что связано в первую очередь с биологическими особенностями слагающих древостой древесных пород – предельный возраст пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) для исследуемых лесов составляет 80–120 лет, осины (*Populus tremula* L.) – 50–60 лет. Общая продолжительность сукцессионного цикла в естественных условиях немногим более 200 лет. Отличительная черта пихтовых лесов Томь-Яйского междуречья – постоянное изменение структуры фитоценозов: образование более или менее крупных окон с высокотравным покровом на месте выпавших деревьев (одного или группы) и их быстрое зарастание с формированием преимущественно разнотравных осинников. Это

обуславливает высокую пространственную неоднородность в лесных экосистемах подобного типа, проявляющуюся во всех ярусах фитоценозов и в гумусовом профиле почв (Дюкарев и др., 2022; Dyukarev et al., 2022). Новым фактором сукцессии пихтовых биогеоценозов района исследований стала недавняя вспышка массового размножения инвазионного короеда – уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandford), вызвавшая изменения не только в структуре и состоянии поврежденных древостоев, но и в характеристиках естественного возобновления, живого напочвенного покрова, почвы, стволового энтомокомплекса (Кривец и др., 2015; Krivets et al., 2015). Процессы, происходящие в этих лесах, отражаются на продуктивности растительных сообществ и биоты в целом, активности процессов почвообразования, изменениях микроклимата. Все это приводит к существенным трансформациям углеродного пула и требует уже на первом этапе при организации мониторинга проведения комплексных исследований с привлечением специалистов из разных областей знания.

В состав исследовательского коллектива входят штатные сотрудники института – географы (геоморфологи и гидрологи), лесоведы, ботаники, физиологи растений, почвоведы и зоологи, что обеспечивает комплексность исследований. Сотрудничеству специалистов разного профиля способствует накопленный опыт в рамках ранее проведенных совместных исследований в лесах Томской области (Пологова и др., 2013; Технология..., 2018; Дюкарев и др., 2022; Dyukarev et al., 2022).

В данном сообщении приведены первые результаты этой работы, цель которой – дать современную комплексную характеристику структуры, продуктивности и вклада в запасы углерода изученных пихтовых лесов юго-восточной части Западно-Сибирской равнины с учетом их особенностей.

РАЙОН, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Натурные исследования проведены в июле-августе 2023 г. в окрестностях дер. Аркашево Томского района Томской области (56.442° с. ш., 85.265° в. д.) на территории Корниловского участкового лесничества Томского лесничества. В соответствии с лесорастительным районированием Российской Федерации (Приказ..., 2014) она относится к Западно-Сибирскому южно-та-

ежному равнинному району таежной зоны, согласно природно-ресурсному районированию Томской области (Дюкарев и др., 1997) – к Томскому природно-ресурсному району Томского округа вторично-мелкотравных и высокопродуктивных хвойных лесов, высоко- и среднебонитетных почв Западно-Сибирской таежной зоны, а по целевому назначению – к эксплуатационным лесам.

В геоморфологическом плане территория исследований приурочена к западному макросклону Томь-Яйского междуречья. Рельеф холмисто-увалистый, с пологими склонами, переходящий на юге в умеренно заболоченную плоскую долину р. Ушайка. Климат континентально-циклонический, переходный от европейского умеренно-континентального к сибирскому резко континентальному, в целом может быть определен как влажный с умеренно-теплым летом и суровой многоснежной зимой. Продолжительность вегетационного периода 120 дней. Средняя температура воздуха в январе составляет -19.6°C , минимальная в отдельные годы может достигать -45°C . Средняя температура воздуха в июле 18.3°C , максимальная достигает 28.5°C . Осадков за год выпадает 550–600 мм, из них 30 % – в виде снега. Средняя продолжительность залегания снежного покрова 178 дней. Средняя мощность снега на открытых участках 56 см, наибольшая – 79 см, наименьшая – 30 см. Глубина промерзания почв в значительной степени определяется толщиной «снежного покрова» и редко превышает 40 см (Дюкарев, 1985).

Лесная растительность района исследований представлена в основном разреженными березово-осиновыми, осиново-березовыми, сосново-березовыми травяными лесами с островами темнохвойной тайги на водоразделах. Почвенный покров не отличается большим разнообразием и отражает условия района. Почвы относятся к типу серых сверхглубоко осветленных, мало- и среднегумусированных, малопрмерзающих (Классификация..., 2004), согласно международной классификации (WRB, 2022) – к типу Greyic Phaeozem. Формируясь в теле относительно рыхлых лессовидных суглинков, подстилаемых плотными тайгинскими глинами, почвы имеют специфический профиль, характеризующийся высокой степенью текстурной дифференциации и глубокой, до 70–80 см, «оподзоленностью».

Исследования проведены на 5 пробных площадях (пп), заложенных по результатам оценки снимков Google Earth Pro и рекогносцировочных

натурных обследований в наиболее типичных для территории участках коренных темнохвойных насаждений – папоротниково-снытево-мелкотравных пихтарниках (рис. 1).

Пробные площади размером 0.25 га (50×50 м) заложены как постоянные, в относительно однородных позициях мезорельефа – на автоморфных участках юго-западной и западной экспозиции с уклоном $2-4^{\circ}$, на высоте 180–190 м н. у. м., с минимальными признаками антропогенного воздействия на лесные сообщества.

Координаты углов пробных площадей зафиксированы с помощью GPS-навигатора, деревья с диаметром на высоте груди 6 см и выше пронумерованы длительно сохраняющейся белой масляной краской, что позволяет легко ориентироваться на территории и в структуре фитоценоза.

На каждой пробной площади проведены исследования древесных компонентов (древостоя, подлеска, подроста, крупных древесных остатков), напочвенного покрова, почвы и получены их характеристики, необходимые для оценки запаса углерода. Основой исследований приняты методики, разработанные в рамках «консорциума» по ВИП ГЗ, адаптированные к условиям района в соответствии с многолетним опытом работы и региональными особенностями территории.

Методика исследования древесных компонентов. Для определения характеристик древесных компонентов применяли стандартные методы лесной таксации (Верхунов, 2009). При перечете деревьев одновременно с определением биометрических показателей оценивали их жизненное (санитарное) состояние с использованием балльной шкалы категорий по комплексу визуальных признаков, применяемой в лесопатологических исследованиях. Состояние древостоя оценивали на основе расчета средне-взвешенной категории состояния по сумме площадей поперечного сечения каждого элемента и древостоя в целом (Правила..., 2020). Для пихты применялась специально разработанная нами шкала категорий для оценки состояния деревьев в очагах размножения уссурийского полиграфа (Технология..., 2018). Запас древостоя рассчитывали для каждого элемента леса по сортиментным таблицам для района исследования (Сортиментные и товарные таблицы..., 2005).

Подрост и подлесок учитывали по породам на круговых площадках постоянного радиуса 1.78 м (размер площадки 10 м^2), по 5 шт. на пробную площадь (пп): 4 площадки были заложены по углам пп, 1 площадка – в центре пп. Измеря-



Рис. 1. Папоротниково-снытево-мелкотравные пихтовые леса района исследований.

ли высоту и диаметр растений. Из-за небольшого количества подроста на пробных площадях диаметр и высота измерены у всех экземпляров. Учетное количество подроста пересчитывали на 1 га. По количеству подроста на 1 га определяли состояние возобновления, по количеству подлеска оценивали его густоту.

Крупные древесные остатки (КДО) учитывали по отдельным компонентам (валежник, пни и хворост) на круговой учетной площади радиусом 9,8 м, заложенной в центре каждой пробной площади. У валежника и пней измеряли диаметр и длину (высоту), определяли в баллах степень разложения (от 0 – отсутствие разложения до 3 баллов – полное разложение). Для хвороста определяли проективное покрытие. Для всех КДО рассчитывали объем (в м³/га).

Оценку депонирования углерода древесным ярусом биогеоценоза проводили на основе

данных полевых исследований, в соответствии с «Методическими указаниями по количественному определению объема поглощения парниковых газов» (2017). В работе использовали конверсионные коэффициенты для лесообразующих пород зоны южной тайги (Замолотчиков и др., 2003). Для оценки запаса углерода сухостойными деревьями применяли аллометрическую модель уравнения (Усольцев и др., 2022), с помощью которой был проведен пофракционный расчёт фитомассы каждого учетного дерева на всех пробных площадях.

Методика изучения напочвенного покрова. Для выявления флористического состава живого напочвенного покрова, количественных и качественных соотношений видов, определяемых ценотической значимостью разных видов и варьированием их обилия, на пробных площадях выполнено 20 полных геоботанических

описаний (площадь описания 400 м²) по общепринятой методике (Корчагин, 1976). При оценке надземной фитомассы напочвенного покрова учитывали особенности структуры древостоя, выделяя подкроновые и межкroновые парцеллы и окна. В типичных элементах горизонтальной структуры лесных фитоценозов были заложены 80 учетных площадок размером 50 × 50 см (Методы..., 2002). Надземную часть травянистых растений срезали на уровне земли, разбирали по видам и взвешивали. Фитомасса приведена в расчете на абсолютно сухую массу.

Методика изучения почв. Исследование почв на пробных площадях проводили также с учетом структуры древесного яруса: в межкroновой части или окне закладывали основной разрез, в подкroновой части – прикопки до иллювиального горизонта. Образцы почвы отбирали через 10 см с учетом границ горизонтов в элювиальной части профиля (до 1 м) и по горизонтам глубже (до почвообразующей породы). Объемный вес определяли методом режущего кольца (50 см³) в трехкратной повторности. Углерод в почвах и растительности определяли на CHN-анализаторе TVF502, в жидких средах – на анализаторе элементного состава «Топаз». Запас углерода рассчитывали послойно с учетом плотности почв.

Результаты наблюдений, измерений и расчетов по всем вышеуказанным компонентам обрабатывали в программе Excel Word.

Наряду с определением характеристик древесно-кустарниковой растительности, крупных древесных остатков, живого напочвенного покрова и почв в рамках комплексного мониторинга исследовали абиотические компоненты изучаемых биогеоценозов, в том числе в сравнении с другими стадиями сукцессионного ряда. Наблюдения за термическим режимом почв проводили с использованием автоматических измерителей почвенной температуры, разработанных в ИМКЭС СО РАН (Кураков, 2012; Копысов и др., 2022). Температуру измеряли на глубине 0, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 и 240 см, с периодичностью 1 ч. Для наблюдений за поступлением углерода с атмосферными осадками и его выносом с внутрипочвенным стоком использовали осадкомеры и лизиметры, установленные на пробных площадях с учетом горизонтальной структуры древостоя (в межкroновом и в подкroновом пространстве). Зимние осадки оценивали по данным снегомерной съемки в конце периода снегонакопления. Для изучения латерального стока, на

ручье, являющимся коллектором стока углерода с поверхностными и грунтовыми водами из исследуемых экосистем, установлена система автоматического мониторинга уровня воды САМУВ. Показатели передавались по каналам сотовой связи и служили для определения сроков сбора атмосферных вод и стока воды. Воды отбирали для определения углерода и других химических параметров. Данные по абиотическим компонентам находятся в стадии обработки и в полном объеме будут опубликованы позднее.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Древесные компоненты насаждений. Породный состав древостоев в изученных насаждениях представлен пихтой сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), елью сибирской, сосной сибирской кедровой (кедром) (*Pinus sibirica* Du Tour), лиственницей сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березой повислой (*Betula pendula* Roth), ивой козьей (*Salix caprea* L.) и рябиной сибирской (*Sorbus sibirica* Hedl.) (табл. 1).

Средний запас древесины для типа биогеоценоза – 315.8 ± 56.1 м³/га. В целом биометрические параметры и санитарное состояние древостоев на пробных площадях определяются пихтой – господствующей лесообразующей породой (табл. 2). Древостои пихты по диаметру стволов – среднеразмерные (4-й ступени толщины), по возрасту – одновозрастные, на пп 02 – V класса возраста (спелые), на остальных пробных площадях – IV класса возраста (приспевающие).

По санитарному состоянию древостои на всех пробных площадях относятся к ослабленным в той или иной степени (средневзвешенная категория состояния более 1.5). Пихтовый элемент древостоев на пп 01 и пп 03 оценен как сильно ослабленный (средневзвешенная категория состояния более 2.5).

Ослабление пихтовых древостоев обусловлено развитием грибных инфекций, в частности ржавчинного рака пихты, вызванного *Melampsorella caryophyllacearum* (DC). J. Schröt., трутовика Гартига (*Phellinus hartigii* (Allesch. & Schnabl.) Pat.) и, в большей степени, гибелью деревьев, поврежденных уссурийским полиграфом в период недавней вспышки его массового размножения.

Состояние деревьев других пород по сравнению с пихтой в целом лучше. Доля погибших

Таблица 1. Основные параметры древостоев на пробных площадях

Номер пп	Число стволов	Средний запас древесины, м ³ /га	Породный состав		Полнота	Класс бонитета	Средне-взвешенная категория состояния
			по числу стволов	по запасу древесины			
01	132	353.9 ± 0.7*	8П2Е + Л, ед. С, К	7П2Е1Л, ед. С, К	0.6	II	2.30
02	172	374.7 ± 0.7	8П2Е + К, Л, ед. С, Р	7П2Е1К + Л, ед. С, Р	0.6	II	2.00
03	145	334.6 ± 1.0	9П1Е + К, ед. С	7П2Е1К, ед. С	0.6	II	2.04
04	141	240.7 ± 0.8	10П + К, ед. Е	10П + К, ед. Е	0.6	II	2.30
05	117	275.1 ± 1.1	9П1К + Е, ед. Б, Ив	9П1К + Е, ед. Б, Ив	0.5	II	1.52

Примечание. П – пихта сибирская; Е – ель сибирская; Л – лиственница сибирская; С – сосна обыкновенная; К – кедр; Б – береза повислая; Ив – ива козья; Р – рябина сибирская.

* Здесь и далее – стандартное отклонение.

Таблица 2. Таксационные показатели древостоев основных лесообразующих пород

Номер пп	Элемент леса	Число стволов	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Возраст, лет	Средний запас древесины, м ³ /га	Средневзвешенная категория состояния
01	П	110	28.4 ± 6.8	19.5 ± 2.8	74	99.2 ± 0.4	2.68
	Е	12	52.2 ± 13.9	22.0 ± 3.0	109	123.5 ± 1.6	1.53
	Л	4	64.0 ± 5.9	25.0 ± 2.0	99	52.0 ± 0.4	1.64
02	П	142	21.6 ± 3.3	17.6 ± 2.7	82	201.4 ± 0.5	2.00
	Е	11	45.6 ± 13.7	21.0 ± 2.0	119	79.7 ± 1.1	1.70
	Л	5	53.2 ± 8.7	23.0 ± 1.0	101	47.2 ± 0.7	1.20
	К	5	39.5 ± 12.0	18.0 ± 3.0	107	23.7 ± 0.7	3.48
03	П	124	29.8 ± 8.4	17.8 ± 5.3	69	185.9 ± 0.7	2.60
	Е	12	41.3 ± 12.3	21.0 ± 2.0	87	72.7 ± 1.0	1.07
	К	6	57.8 ± 20.7	20.0 ± 4.0	96	72.9 ± 1.9	1.18
04	П	135	29.8 ± 10.3	17.9 ± 4.0	64	194.3 ± 0.5	2.36
05	П	106	29.9 ± 7.9	17.8 ± 2.4	62	183.1 ± 0.4	1.56
	К	6	56.7 ± 9.9	20.0 ± 1.0	123	61.3 ± 0.9	1.40

Таблица 3. Характеристика подроста на пробных площадях

Номер пп	Породный состав	Общее количество, шт./га	Средний размер, см			Средняя высота, м			Возраст, лет		
			Пихта	Ель	Кедр	Пихта	Ель	Кедр	Пихта	Ель	Кедр
01	10П, ед. К	800	2.6	–	6.3	1.5	–	1.6	8	–	19
02	9П1Е	920	5.4	0,6	–	0.7	0.4	–	10	8	–
03	6Е2К2П	160	1.5	5,1	1.9	2.3	0.4	0.1	25	13	4
04	9П1К, ед. Е	560	7.8	1,2	10.3	1.1	0.3	2.3	16	11	36
05	9П1Е	760	4.4	6,6	–	0.3	0.6	–	9	13	–

деревьев (свежего и старого сухостоя) в пихтовом элементе древостоя на пробных площадях варьировала от 7.6 % (пп 05) до 33.9 % (пп 01), что отражается на продуктивности насаждения, а также на парцеллярной структуре и флористическом составе напочвенного покрова, как будет показано ниже. Доля деревьев, обработанных уссурийским полиграфом (совместно с черным пихтовым усачом (*Monochamus urussovii* (Fischer

von Waldheim))), составила в сухостое от 44.4 % (пп 04) до 90.5 % (пп 03).

Подрост представлен хвойными породами с абсолютным преобладанием пихты на пробных площадях (кроме пп 03), немногочисленный, растет куртинами, численность его характеризует неудовлетворительное возобновление во всех изученных насаждениях (Побединский, 1966) (табл. 3).

Таблица 4. Характеристика подлеска на пробных площадях

Показатель	Номер пп				
	01	02	03	04	05
Породный состав	4МЗР2С1Ч + См	6С2М1Р1Ж, ед. См	6М2Ж1Р1Ч + С, ед. См	5МЗР2См + С, Ж, Б	7М1Р1Ж1Б
Общее количество, шт./га	2720	1720	2400	880	1280
Густота подлеска	Средней густоты	Редкий	Средней густоты	Редкий	Редкий
Средний диаметр, см:					
малина	0.5	0.4	0.4	0.3	0.5
рябина	0.8	2.1	1.3	8.2	5.5
спирея	1.0	0.3	0.5	0.2	–
жимолюсть	–	0.7	1.8	0.1	4.0
черемуха	0.9	–	0.5	–	–
бузина	–	–	–	0.3	5.8
смородина	0.8	0.1	0.7	0.5	–
Средняя высота, м:					
малина	1.0	1.4	0.9	0.9	1.2
рябина	1.2	4.3	1.9	5.0	3.3
спирея	1.0	1.1	1.1	0.5	–
жимолюсть	–	0.8	1.6	1.3	1.0
черемуха	2.1	–	1.0	–	–
бузина	–	–	–	0.9	1.7
смородина	1.2	1.1	1.3	1.6	–

Примечание. М – малина; Р – рябина; С – спирея; Ж – жимолюсть; Ч – черемуха; Б – бузина; См – смородина.

Таблица 5. Характеристика валежника на пробных площадях

Номер пп	Порода	Число, шт.	Объем, м³/га	Средняя длина, м	Средний диаметр, см	Степень разло- жения, балл
01	П	10	1.3 ± 0.1	7.5 ± 2.8	12.6 ± 6.4	0–3
	Е	3	2.5 ± 0.8	11.2 ± 8.1	24.2 ± 9.4	2–3
	Л	2	0.04 ± 0.0	3.1 ± 2.4	9.0 ± 0.0	0
	Р	3	0.4 ± 0.0	10.4 ± 0.4	10.5 ± 1.2	0–3
02	П	4	0.6 ± 0.1	18.0 ± 2.5	14.6 ± 6.7	0–3
	К	3	6.4 ± 1.3	11.6 ± 3.7	37.3 ± 10.3	2–3
	Е	3	0.9 ± 0.4	4.9 ± 3.1	22.7 ± 19.6	0–3
03	П	12	1.4 ± 0.2	4.8 ± 2.7	14.2 ± 6.4	0–3
	К	4	7.9 ± 1.0	11.3 ± 4.8	45.6 ± 10.5	3
	Е	1	0.3	6.1	22.5	2
04	П	6	2.2 ± 0.1	7.8 ± 2.8	24.5 ± 8.5	3
	К	2	2.0 ± 0.9	6.7 ± 3.8	27.3 ± 18.0	3
	Р	1	0.4	3.5	11.5	1
05	П	7	0.8 ± 0.2	4.6 ± 5.5	13.8 ± 4.1	3

В составе подлеска на пробных площадях в целом отмечено 12 видов кустарников, на учетных площадках выявлено 7 видов, с постоянной встречаемостью малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.) и рябины сибирской. Также в подлеске присутствует спирея средняя (*Spiraea media* Schmidt), жимолюсть обыкновенная (*Lonicera xylosteum* L.), черемуха обыкновенная (*Padus avium* L.), бузина сибирская (*Sambucus sibirica*

Nakai), смородина красная (*Ribes rubrum* L.) (табл. 4).

Крупные древесные остатки на пробных площадях немногочисленны. В составе валежника на всех пробных площадях по количеству преобладает пихта, реже встречаются ель, лиственница, кедр, рябина (табл. 5). Общий объем валежника в насаждениях варьирует от 0.8 м³/га (пп 05) до 9.5 м³/га (пп 03), более высокий на

Таблица 6. Характеристика пней на пробных площадях

Номер пп	Порода	Число, шт.	Объем, м ³ /га	Средняя высота, м	Средний диаметр, см		Степень разложения, балл
					на высоте пня	у шейки корня	
01	П	2	1.4 ± 0.5	0.7 ± 0.2	20.0	26.0	3
	Е	1	1.1	0.9	29.0	34.0	3
02	К	1	2.8	1.2	50.0	70.0	3
03	П	4	3.2 ± 0.4	0.6 ± 0.3	32.3	40.0	3
04	П	1	1.0	1.8	16.0	19.0	3
	К	1	2.2	1.0	40.0	67.0	3
05	П	4	2.9 ± 0.7	0.95 ± 0.5	14.8	20.8	3
	Е	1	0.2	1.0	5.0	5.0	3
	К	1	1.5	0.5	60.0	60.0	2

Таблица 7. Показатели хвороста на пробных площадях

Номер пп	Проективное покрытие, %	Средний объем, м ³ /га
01	60	17.0
02	40	10.3
03	45	10.3
04	15	4.2
05	25	4.2

пробных площадях 02 и 03 обусловлен крупными размерами стволов кедра. Средний объем валежника для типа биогеоценоза 2.1 ± 0.3 м³/га.

Число пней на разных пп – от 1 до 6 шт., их общий объем варьирует от 2.5 м³/га (пп 01) до 4.6 м³/га (пп 05) (табл. 6).

В среднем в папоротниково-снытево-мелкотравных пихтарниках их объем равен 3.3 ± 0.8 м³/га, все они имеют сильную степень разложения.

Проективное покрытие хвороста на разных пробных площадях менялось от 15 до 60 %. Средний объем хвороста на тип леса составил 9.2 ± 5.3 м³/га (табл. 7).

Живой напочвенный покров. Коренные южно-таежные папоротниково-снытево-мелкотравные пихтовые леса в районе исследований характеризуются формированием густого травяного покрова (проективное покрытие около 90 %) и высоким флористическим разнообразием. В напочвенном покрове встречается 105 видов травянистых растений, видовая насыщенность травяного яруса в среднем составляет 57 видов на 400 м². Основу растительного покрова образуют папоротниково-мелкотравные и папоротниково-снытево-мелкотравные подкروновые парцеллы с доминированием щитовника широкого (*Dryopteris expansa* (C. Presl) Fraser-Jenk. & Jermy), сныти обыкновенной

(*Aegopodium podagraria* L.) и кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella* L.). Повышенное участие папоротника в составе травостоя (рис. 1) обусловлено наличием окон (25–50 м²), занимающих от 5 до 30 % площади фитоценоза, сформировавшихся в насаждениях на месте вывалов и погибших деревьев, в основном из-за усыхания пихты, поврежденной уссурийским полиграфом.

Моховой покров слабо развитый (5–15 %), образован рыхлыми дернинами лесных зеленых мхов – сциурогипнума вздутоножкового (*Sciurohypnum oedipodium* (Mitt.) Ignatov & Huttinen) и плагиомниума остроконечного (*Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. J. Kop.), с постоянным участием родобриума розового (*Rhodobryum roseum* (Hedw.) Limpr.). Характерный элемент напочвенной мозаики – крупный старый валеж хвойных, занимающий 1–5 % площади фитоценоза, с мелкотравно-зеленомошной синузией, где сплошной моховой покров образован плеврозиумом Шребера (*Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.) и гилокомиумом блестящим (*Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.).

Надземная фитомасса травяного покрова составляет в среднем 0.88 т/га, на пп 01 и пп 02 выше средней – 1.07 и 1.04 т/га, на остальных изменяется от 0.68 до 0.80 т/га. Вместе с тем наблюдается широкий разброс значений этого параметра – от минимальных – 0.16 т/га до максимальных – 2.33 т/га. Это обусловлено горизонтальной структурой лесных экосистем – в подкроновых парцеллах фитомасса достаточно низкая из-за небольшой освещенности подпологовой растительности, а в характерных для южно-таежных лесов небольших по площади окнах ее значения резко возрастают из-за увеличения освещенности.

Почвы. Почвы исследованных лесов характеризуются небольшим варьированием в строении и морфологии гумусового профиля. Выделяется, как правило, небольшой по мощности (3–7 см) дерновый (AW) горизонт. Нижняя граница серогумусового горизонта (AY) варьирует от 15 до 19 см. Глубже выделяются в различной степени оподзоленные (AEL, Ael) и текстурные горизонты, отличающиеся более тяжелым гранулометрическим составом и плотностью сложения (BT, BM). Условная почвообразующая порода (горизонт C) представлена бурыми, плотными, слабо водопроницаемыми глинами.

Гумусовый профиль в виде серии переходных горизонтов достигает мощности 40–50 см, однако содержание гумуса невелико. Если в верхних 10 см оно достигает 10–12 % (6–8 % по углероду), то уже на глубине 20–30 см не достигает 2 %. Общее накопление гумуса невелико (18–23 кг/м²), так как основная часть обогащенных органикой минеральных частиц выносятся по поверхности плотного иллювиального горизонта с поверхностным и внутрипочвенным стоком в депрессии рельефа и гидрографическую сеть, что также необходимо учитывать в углеродном балансе (рис. 2).

В структуре гранулометрического состава преобладают пылеватые частицы, что характерно для формирующихся на лессовидных отложениях почв (рис. 3). Песчаная фракция невелика и относительно равномерно распределена в почвенном профиле. Распределение пылевой фракции представляет практически зеркальное отражение распределения ила.

Четко выраженное перераспределение илистых частиц отражает элювиально-иллювиальный тип почвообразования, в то же время плавность элювиально-иллювиального перехода объясняется не только подзолообразованием, а участием всей совокупности формирующих

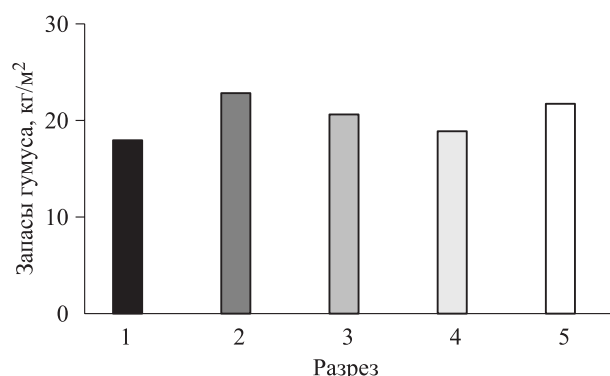


Рис. 2. Запасы гумуса в 0.5-метровом слое. Номера разрезов соответствует номерам пробных площадей.

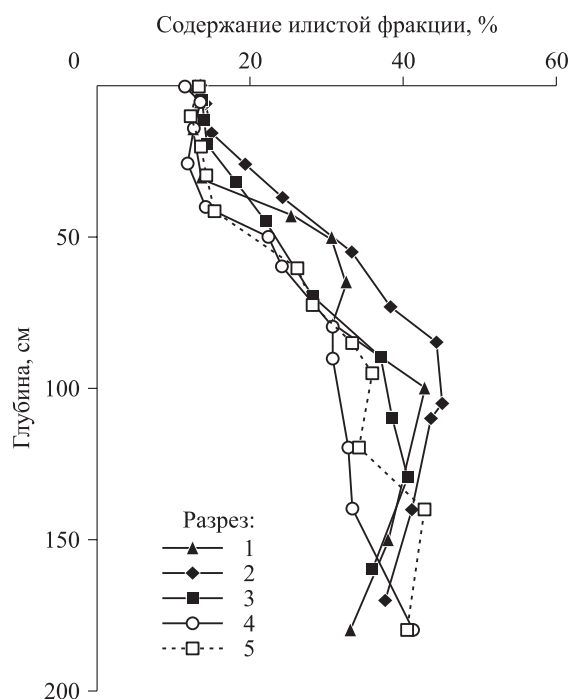


Рис. 3. Содержание илистых частиц.

профиль процессов (лессивирования, оглинивания и др.) (Дюкарев, 2005).

Реакция среды почвенного раствора нейтральная или близкая к нейтральной, минимальные значения отмечены в верхней части гумусового профиля.

Вниз по профилю значения pH возрастают, достигая максимума в почвообразующей породе, что является признаком их остаточной карбонатности.

Проведенные ранее исследования выявили особенности термического режима почв района исследований. В. М. Корсунов (1974) отнес их к группе малопрмерзающих, что обусловлено не столько климатическими факторами, сколько экологическими. Режим замерзания и оттаивания специфичен (Дюкарев, 1985): с осени почвы начинают промерзать с поверхности. Однако при формировании «снежного покрывала», которое к декабрю даже в лесу достигает 40 см и более, почвы в силу накопленного летом тепла в плотных, влажных, термостойких иллювиальных горизонтах полностью оттаивают, что активизирует биологические процессы, поэтому в исследованных лесах практически полностью отсутствуют лесные подстилки, только в приствольной части иногда выделяется небольшой по мощности (2–4 см) слой. Во вторую часть зимнего периода начинается вторичное промерзание почв, достигающее максимума в апреле, когда уже начинается оттаивание почвы с по-

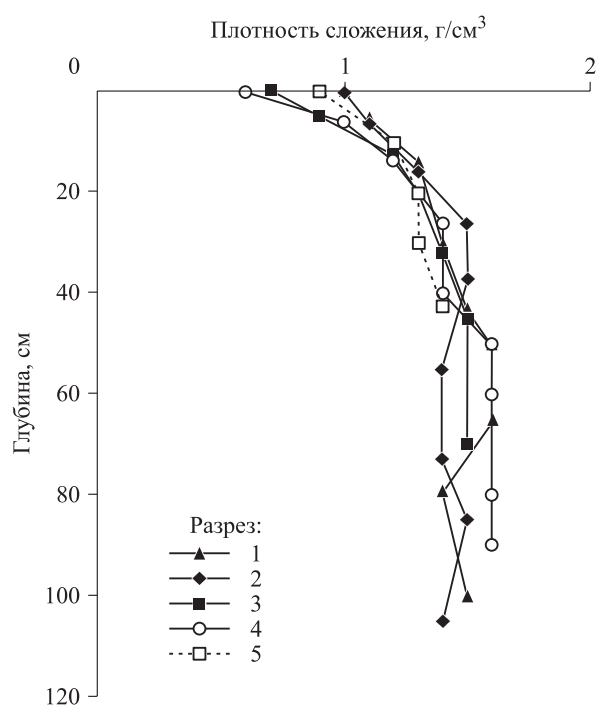


Рис. 4. Плотность сложения почв.

верхности. Для этого же времени характерна максимальная подвижность гумуса почв, как и всей коллоидальной системы. По мерзлотному экрану все это в виде растворов или с илистыми частицами выносятся с внутрипочвенным стоком за пределы ландшафта (лесной экосистемы), снижая потенциальную продуктивность.

Активность биологических процессов в верхних горизонтах лесных почв стимулирует процессы агрегации минеральной массы в структуры разного уровня и рыхлое сложение ($0.9\text{--}1.2\text{ г/см}^3$) почв (рис. 4).

Плотность сложения нижних горизонтов практически достигает предельных значений для пород тяжелого гранулометрического состава ($1.6\text{--}1.7\text{ г/см}^3$) и характеризуется очень низкой фильтрационной способностью.

Рыхлое сложение в корнеобитаемой зоне, высокая подвижность гумуса и других элементов питания, обеспеченность термическими ресурсами и влагой определяют высокую продуктивность и быстрое развитие древесных растений, а при их выпадении — напочвенного покрова. Это же служит причиной ослабленности «жирующих» древостоев, их подверженности инвазиям энтомовредителей, гнилевым и другим грибным болезням.

В термическом режиме почв проявляются микроклиматические различия условий местобитания, вызванные особенностями инсоляции

под древесным пологом. Так, в 2023 г. период с активными температурами ($> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) в почве на глубине 20 см в осиннике разнотравном лишь на 1 сут оказался меньше периода с активными температурами воздуха, отмеченными на ближайшей метеостанции. В темнохвойных лесах это период меньше на 3–5 нед. Самые холодные почвы свойственны пихтово-еловым биогеоценозам, в них сумма активных температур ($> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) на глубине 20 см составила всего $925\text{ }^{\circ}\text{C}$. В осиннике разнотравном сумма активных температур в 1.5 раза больше ($1410\text{ }^{\circ}\text{C}$), что делает почву более продуктивной, влияет на накопление тепла в почве и состояние древостоя. По мере распада темнохвойного полога почвы начинают лучше прогреваться. Например, под кронами здорового кедра сумма температур выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в почве на глубине 20 см составляет $980\text{ }^{\circ}\text{C}$, а под кедром, погибшим в результате поражения вредителями, — на $215\text{ }^{\circ}\text{C}$ больше. На термический режим почвы влияет не только инсоляция, но и особенности пространственно-временного распределения снежного покрова. По результатам снегомерной съемки 2023 г. установлено, что запас воды в снежном покрове на открытых участках составил 104–154 (в среднем 130) мм, в пихтарнике — 78–147 (в среднем 110) мм, а в кедровнике — 54–160 (в среднем 98) мм. Различия объясняются особенностями ветрового переноса и усиленным испарением снега из-за отепляющего воздействия крон и стволов темнохвойных деревьев, более эффективно поглощающих солнечную радиацию, а также увеличением испаряющей поверхности в лесу. Наблюдения показали пространственное распределение атмосферных осадков в структуре древостоя. В период с 02.09 по 19.10.2023 г. в среднем под кронами зарегистрировано 57 % от осадков в межкрупных пространствах. Задержанные кронами осадки пошли на испарение, снизив затраты влаги из корнеобитаемого слоя на транспирацию и прогрев почвы.

Для пихтовых биогеоценозов Томь-Яйского междуречья ранее было показано, что изменение инсоляционного и термического режимов насаждения в связи с распадом и сменой древостоя приводит на разных стадиях сукцессии к значительной изменчивости продуктивности фитоценоза в его наземной и подземной части и активности гумусово-аккумулятивного процесса (Дюкарев и др., 2022; Dyukarev et al., 2022) (табл. 8), что отражается и на варьировании запасов почвенного углерода (табл. 9).

Таблица 8. Динамика продуктивности фитоценоза и гумуса почв, кг/м²

Стадия сукцессии	Фитомасса		Масса под- стилки	Гумус в слое почв 0.5 м
	надземная	подземная		
Пихтарник разнотравный	0.40	0.09	0.30	15.70
Разнотравное окно	3.57	0.12	0.01	21.60
Осинник разнотравный	0.15	0.21	0.14	10.20
Осиново-пихтовый лес	0.58	0.09	0.04	17.30
Пихтовый молодняк мертвопокровный	0.04	0.01	0.40	19.30

Таблица 9. Запасы углерода в почвах на разных стадиях сукцессии, кг/м²

Стадия сукцессии	С		
	органогенный	мнеральный	суммарный
Пихтарник разнотравный	2.38	3.72	5.10
Окно высокотравное	2.31	8.43	10.74
Осинник разнотравный	0.35	7.79	8.84
Осиново-пихтовый лес	1.57	5.64	7.11
Пихтовый молодняк мертвопокровный	3.08	7.85	10.93

Таблица 10. Депонирование углерода в компонентах папоротниково-снытево-мелкотравных пихтарников, т/га

Компонент	Среднее значение	Номер пп				
		01	02	03	04	05
Древостой	205.92	234.10	240.88	232.30	147.27	173.84
Напочвенный покров	0.42	0.50	0.49	0.37	0.37	0.38
Почва (слой 0.5 м)	121.35	124.21	112.24	122.85	123.93	123.34
Общее содержание	327.69	358.84	353.61	355.52	271.54	297.56

Запасы углерода в различных компонентах биогеоценоза папоротниково-снытево-мелкотравных пихтарников. Используемые в настоящем исследовании методики анализа и расчетов позволили получить предварительные данные о вкладе в запасы углерода отдельных компонентов изученных биогеоценозов (табл. 10).

В целом результаты по запасам углерода не выбиваются из уже известных данных (Усольцев, 2007). Основной депонирующей системой для углерода является древостой (50–70 %). Фитоценоз, с его надземной и подземной частями, дает не более 1–2 % углерода. Органическое вещество почв формирует углеродный пул по типу южно-таежных разнотравно-мелкотравных темновойных лесов.

Сами по себе почвы южной тайги не отличаются высоким богатством и, соответственно, в углеродном балансе занимают подчиненное положение.

Внутриландшафтное варьирование содержания углерода обусловлено, прежде всего, неод-

нородностью видовой и возрастной структуры лесной экосистемы. Так, на фоне относительно однородных по возрасту (60–70 лет) и по диаметрам стволов (22–30 см) пихты, внедрение нескольких более старых и толстых деревьев ели или кедра (см. табл. 2) дает существенный прирост как по общей биомассе, так и по углероду в частности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов показал, что, несмотря на принадлежность насаждений на пробных площадях к одному типу леса, они несколько различаются по качественным, количественным и размерным характеристикам древесных компонентов, напочвенного покрова и почвы, что отражается на запасе углерода как в каждом компоненте, так и в целом в биогеоценозе. Прослежена явная взаимосвязь фитомассы напочвенного покрова и пространственной структуры древостоя, когда изменение освещенности в окнах распада, в том числе из-за гибели

деревьев, поврежденных уссурийским полиграфом, приводит к существенному увеличению массы травянистых растений.

Проведенные исследования позволили не только получить характеристики папоротниково-снытево-мелкотравных пихтарников как пространственно-временных реперных участков биогеоценотического покрова модельной территории, но и выявить их особенности – флористическое разнообразие, очень высокое видовое богатство травяного покрова и видовая насыщенность растительных сообществ, специфичность почвенных процессов, что дает основание выделить их в особый тип пихтовых лесов Западно-Сибирской равнины и тем самым расширить представление о типологии лесов региона, опубликованных сведений о которой очень мало (Рысин и др., 2012). Особую важность представляют впервые полученные данные о фитомассе напочвенного покрова южно-таежных пихтарников Западной Сибири.

За ограниченное время, отведенное в рамках проекта на создание сети пунктов мониторинга и получение на них первичной информации об основных характеристиках лесов, выполнен большой объем комплексных исследований – начиная с выбора мест закладки постоянных пробных площадей и заканчивая аналитическими работами и расчетами количественных оценок структуры биогеоценоза, его продуктивности и запаса углерода. В большинстве случаев организации – исполнители проекта (в том числе ИМКЭС СО РАН) не имеют лесных стационаров для оперативного и, что не менее важно, качественного выполнения подобных работ в условиях дефицита времени. Опираясь на собственный опыт работы по проекту и многолетних исследований в лесных экосистемах Западной Сибири, найден оптимальный, по нашему мнению, способ решения этой непростой задачи. Территория Томь-Яйского междуречья была определена в качестве модельной не только из-за типичности для нее выбранных для исследований биогеоценозов и наличия характерных для них сукцессионных рядов, но и с учетом ее транспортной доступности (15 км от Томска), чтобы избежать непродуктивных затрат времени на перемещение. Использование космических снимков территории и оборудования для дистанционного мониторинга состояния природно-климатической системы, в том числе разработанного в ИМКЭС СО РАН, существенно сократило время на определение репрезентативных участков лесного покрова для организации

пунктов мониторинга и наземные обследования. Большое значение имеет близость района полевых исследований к Институту как аналитическому центру, что позволило сохранять качество натурных материалов и оперативно обрабатывать их непосредственно в лабораториях на современном оборудовании. В дальнейшем важным организационным моментом является официальное оформление и регистрация пробных площадей в лесохозяйственных органах региона как полевых научных лабораторий долговременного пользования, фактически выполняющих функции стационаров.

Исследования выполнены при поддержке 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 систем». Регистрационный номер 123030300031-6.

Авторы признательны сотрудникам ИМКЭС СО РАН О. Г. Бендер, А. С. Кузнецову, О. Э. Печень-Песенко, Ю. Г. Райской, А. О. Слабшиц, Т. П. Соловьевой и А. В. Удалому за помощь в сборе и обработке материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Верхунов П. М. Таксация леса: учеб. пособ. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. 396 с.
- Дылис Н. В. Структура лесного биогеоценоза. М.: Наука, 1969. 55 с.
- Дюкарев А. Г. Физические свойства и особенности генезиса текстурно-дифференцированных почв Томь-Яйского междуречья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03. Новосибирск: Ин-т почв. и агрохим. СО РАН, 1985. 20 с.
- Дюкарев А. Г. Ландшафтно-динамические аспекты таежного почвообразования в Западной Сибири. Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 284 с.
- Дюкарев А. Г., Пологова Н. Н., Лапина Е. Д., Березин А. Е., Льготин В. А., Мульдияров Е. Я. Природно-ресурсное районирование Томской области. Томск: Изд-во «Спектр» ИОА СО РАН, 1997. 40 с.
- Дюкарев А. Г., Климова Н. В., Никифоров А. Н., Чернова Н. А., Копысов С. Г. Устойчивость лесных экосистем к изменениям климата // Сиб. экол. журн. 2022. Т. 29. № 3. С. 304–314.
- Замолодчиков Д. Г., Уткин А. Н., Честных О. В. Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу основных лесообразующих пород России // Лесн. таксация и лесоустр. 2003. Вып. 1 (32). С. 119–127.

- Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова, Г. В. Добровольский. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
- Копысов С. Г., Дюкарев А. Г., Никифоров А. Н. Термический режим почв юга таёжной зоны Западной Сибири. Свид-во о гос. рег. базы данных № 2022623086. М.: Роспатент, 2022.
- Корсунов В. М. Генетические особенности глубокооподзоленных почв черневой тайги Салаира и некоторые элементы современного почвообразования в них // Лесные почвы горного окаймления юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1974. С. 133–192.
- Корчагин А. А. Строение растительных сообществ. Полевая геоботаника. М.: Наука, 1976. Т. 5. 320 с.
- Кривец С. А., Бисирова Э. М., Керчев И. А., Пац Е. Н., Чернова Н. А. Трансформация таёжных экосистем в очаге инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западной Сибири // Рос. журн. биол. инваз. 2015. Т. 8. № 1. С. 41–63.
- Кураков С. А. Система автономного мониторинга состояния окружающей среды // Датчики и системы. 2012. № 4 (155). С. 29–32.
- Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов. Утв. распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 № 20-р (ред. от 20.01.2021). М.: Минприроды России, 2017.
- Методы изучения лесных сообществ / Под ред. В. Т. Ярмишко, И. В. Лянгузовой. СПб.: НИИхимии СПбГУ, 2002. 240 с.
- Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.
- Пологова Н. Н., Чернова Н. А., Климова Н. В., Дюкарев А. Г. Разнообразие кедровых лесов в связи с условиями местообитаний // Лесоведение. 2013. № 4. С. 32–42.
- Правила санитарной безопасности в лесах. Утв. Пост. Правительства Российской Федерации от 09.12.2020 г. № 2047. М.: Правительство РФ, 2020.
- Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.08.2014 № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации». М.: Минприроды РФ, 2014.
- Программа и методика биогеоэкологических исследований / Отв. ред. Н. В. Дылис. М.: Наука, 1974. 403 с.
- Рысин Л. П., Манько Ю. И., Бебия С. М. Пихтовые леса России. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2012. 197 с.
- Сортиментные и товарные таблицы для древостоев Западной и Восточной Сибири. Новосибирск, 2005. 176 с.
- Сукачев В. Н. Основные понятия лесной биогеоэкологии // Основы лесной биогеоэкологии. М.: Наука, 1964. С. 5–59.
- Технология мониторинга пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Сибири. Метод. пособие / С. А. Кривец, Э. М. Бисирова, Е. С. Волкова, Н. М. Дебков, И. А. Керчев, М. А. Мельник, А. Н. Никифоров, Н. А. Чернова. Томск: УМИМ, 2018. 74 с.
- Усольцев В. А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 636 с.
- Усольцев В. А., Цепордей И. С., Норицин Д. В. Аллометрические модели биомассы деревьев лесобразующих пород Урала // Леса России и хоз-во в них. 2022. № 1 (80). С. 4–14.
- Dyukarev A. G., Klimova N. V., Nikiforov A. N., Chernova N. A., Kopysov S. G. Resilience of forest ecosystems to climate change // Contemp. Probl. Ecol. 2022. V. 15. Iss. 3. P. 245–252 (Original Russian text © A. G. Dyukarev, N. V. Klimova, A. N. Nikiforov, N. A. Chernova, S. G. Kopysov, 2022, publ. in Sib. ekol. zhurn. 2022. V. 29. N. 3. P. 304–314 (in Russian with English abstract).
- Krivets S. A., Bisirova E. M., Kerchev I. A., Pats E. N., Chernova N. A. Transformation of taiga ecosystems in the Western Siberian invasion focus of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) // Rus. J. Biol. Invas. 2015. V. 6. Iss. 2. P. 94–108 (Original Russian text © S. A. Krivets, E. M. Bisirova, I. A. Kerchev, E. N. Pats, N. A. Chernova, 2015, publ. in Ros. zhurn. biol. invas. 2015. N. 1. P. 41–63).
- WRB IUSS Working Group. World Reference Base for Soil Resources. Int. soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th ed. Int. Union Soil Sci. (IUSS), Vienna, Austria, 2022. 236 p.

AN EXPERIENCE AND FIRST RESULTS OF COMPLEX BIOGEOCENOLOGICAL STUDIES IN DARK CONIFEROUS FORESTS IN THE SOUTH OF THE TAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA

A. G. Dyukarev, S. G. Kopysov, S. A. Krivets, E. N. Pats, N. A. Chernova

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems,
Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Prospekt Akademicheskii, 10/3, Tomsk, 634055 Russian Federation*

E-mail: dag@imces.ru, wosypok@mail.ru, krivec_sa@mail.ru, patz_imces@mail.ru, naitina79@mail.ru

In the indigenous southern taiga fern-forb fir forests on the Tom-Yaya interfluvium (Tomsk Oblast), the characteristics of tree stands, underbrush, undergrowth, coarse woody debris, ground cover, soils and their contribution to carbon sequestration were studied. The average stock of the forest stand for the type of biogeocenosis was $315.8 \pm 56.1 \text{ m}^3/\text{ha}$, the average stock of the Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) in different stands varied from 99.2 to 201.4 m^3/ha . In terms of forest health condition, the forest stands are weakened to varying degrees, the fir elements of the forest stands are stronger, which is largely due to their damage by the invasive four-eyed fir bark beetle (*Polygraphus proximus* Blandford). The underbrush is sparse or of medium density (880–2720 pieces/ha), formed mainly by red raspberry (*Rubus idaeus* L.) and rowan (*Sorbus sibirica* Hedl.). Undergrowth with an absolute predominance of fir, its number (800–920 trees/ha) characterizes unsatisfactory regeneration in all studied stands. The average volume of deadfall for the type of biogeocenosis was $2.1 \pm 0.5 \text{ m}^3/\text{ha}$, stumps $3.3 \pm 0.8 \text{ m}^3/\text{ha}$, brushwood – $9.2 \pm 5.3 \text{ m}^3/\text{ha}$. The features of the phytocenosis include high values of floristic diversity (131 species), species richness of the grass cover (105 species) and species richness of plant communities (57 species per 400 m^2). The increased participation of ferns in the composition of the grass stand is due to the presence of windows occupying from 5 to 30 % of the area of the phytocenosis, formed in stands at the site of fallouts and dead trees, mainly due to the drying out of fir damaged by the four-eyed fir bark beetle. For the first time, data have been obtained on the phytomass of the ground cover of southern taiga fir forests in Western Siberia, estimated on average at 0.88 t/ha, with a wide variation of this indicator due to the peculiarities of the horizontal structure of the ground cover and different illumination in sub-canopy parcels and windows. The features of the composition, structure and thermal regime of the soils of the studied biogeocenoses are shown. Data are presented on changes in the productivity of phytocenoses, soil humus and carbon reserves in various components of the studied forests.

Keywords: fern-snowflake-forb fir forests, composition, structure, productivity of phytocenosis, carbon reserves, Tomsk Oblast.

How to cite: Dyukarev A. G., Kopysov S. G., Krivets S. A., Pats E. N., Chernova N. A. An experience and first results of complex biogeocenological studies in dark coniferous forests in the south of the taiga zone of Western Siberia // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2024. N. 3. P. 11–24 (in Russian with English abstract and references).