

УДК 581.93(571.51)

СТРУКТУРА ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОД ПОЛОГОМ РАЗЛИЧНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В ДЕНДРАРИИ ИНСТИТУТА ЛЕСА им. В. Н. СУКАЧЕВА СО РАН

И. А. Гончарова, М. А. Кириенко

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28*

E-mail: iagoncharova007@mail.ru, lma7878@mail.ru

Поступила в редакцию 25.05.2023 г.

Изучены видовой состав, структура и фитомасса живого напочвенного покрова в биогруппах 13 различных древесных видов на территории дендрария Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН в г. Красноярске. Исследования проводили в 2020–2022 гг. На основе анализа флористических данных рассчитаны индексы биоразнообразия, определены таксономическая, поясно-зональная, экологическая, биоморфологическая особенности структуры флоры. Установлено, что в изученных биогруппах древесных растений зафиксировано 12 видов кустарникового яруса и 47 видов живого напочвенного покрова (44 вида травяно-кустарничкового яруса и 3 вида мха). Рассчитаны индексы видового разнообразия для каждой биогруппы. Определены экологическая и эколого-ценотическая структуры напочвенного покрова, выявлены их особенности, установлены группы, вносящие основной вклад. Установлены факторы, влияющие на характеристики живого напочвенного покрова. Доказано, что в дендрарии через 46 лет после его создания на флористический состав живого напочвенного покрова оказывают влияние как биотические (фитогенное поле), так и абиотические факторы. У 6 древесных видов показано видоспецифичное влияние фитогенного поля на видовой состав живого напочвенного покрова. К основным факторам, влияющим на проективное покрытие живого напочвенного покрова и встречаемость видов, относятся абиотические, в частности освещенность.

Ключевые слова: *видовой состав, фитогенное поле, структура флоры, абиотические и биотические факторы*

DOI: 10.15372/SJFS20230510

ВВЕДЕНИЕ

Во многих крупных населенных пунктах есть дендрарий – ботанический сад (или часть его), в котором с научно-экспериментальными целями выращиваются различные деревья и кустарники (Ожегов, Шведова, 1999; Golding et al., 2010). Публикаций по растительному покрову дендрариев довольно много, но большая часть из них приводит лишь список древесной флоры (Аксанова и др., 2009; Дубовицкая и др., 2015; Мананкова, 2017; Емельянова, Цой, 2020). Гораздо меньше работ, рассматривающих живой напочвенный покров на территории дендрариев и дендропарков (Малышева, Горохова, 2017; Молганова, Овеснов, 2019; Курганов, Рыбалко, 2021). Поскольку структура напочвенного по-

крова определяется комплексом экотопических и биотопических факторов, и в первую очередь фитогенными – эдификаторным воздействием древесных видов, изучение видового состава и структуры травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, находящихся под пологом различных древесных видов, приобретает актуальность. Уникальность данной работы заключается в возможности анализа видового состава и структуры напочвенного покрова в моно-видовых биогруппах различных древесных видов при одинаковых климатических и почвенно-гидрологических условиях. Под биогруппой мы понимаем близко растущие деревья, образующие непрерывный древесный полог (Маркова, 2005).

Цель данной работы – изучить видовой состав и структуру живого напочвенного покрова

в моновидовых биогруппах различных древесных видов и выявить видоспецифическое влияние древесных видов на особенности формирования и состав живого напочвенного покрова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В связи с тем, что в конце 60-х годов прошлого века для озеленения улиц г. Красноярска использовали довольно ограниченный ассортимент древесных растений: тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и б. повислая (*B. pendula* Roth), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.), Институт леса и древесины имени В. Н. Сукачева СО АН СССР обратился к городской администрации с инициативой создания дендропарка с целью испытания древесных растений из различных ботанико-географических областей для широкого внедрения в зеленое строительство города. В 1977 г. Постановлением Бюро городского комитета КПСС и Исполкома горсовета Красноярска Институту леса был выделен участок земли площадью 8 га (рис. 1).

Почва на участке, предназначенном для создания дендрария, дерново-карбонатная, слабощелочная, с невысоким содержанием гумуса.

Исходный материал древесных декоративных растений для интродукции начали собирать с 1977 г. одновременно с созданием дендрария. К 1991 г. коллекция насчитывала 406 видов, разновидностей и форм, представленных 90 родами и 32 семействами (Лоскутов, 1991). Часть растений коллекции не прошла испытания по

морозоустойчивости либо была уничтожена вследствие воздействия антропогенных факторов (пожары и прокладка коммуникаций по территории дендрария). В настоящее время дендрарий является единственным в Красноярском крае объектом, где на территории 4.17 га произрастают 203 вида древесных растений в том числе 11 форм из разных ботанико-географических областей Северной Америки, Восточной Азии, Европы и Средней Азии.

Исследования проводили в 2020–2022 гг. в биогруппах 13 древесных видов, произрастающих на территории дендрария. Для изучения были выбраны виды деревьев, которые образуют моновидовые биогруппы размером не менее 20 м²: пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench), ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.), орех маньчжурский (*Juglans mandshurica* Maxim.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.), черемуха Маака (*Padus maackii* (Rupr.)), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), тополь белый (*Populus alba* L.), груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* Maxim. ex Rupr.), дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) и д. черешчатый (*Q. robur* L.). В каждую биогруппу входило не менее 10 взрослых деревьев.

Для изучения напочвенного покрова оценивали видовой состав, проективное покрытие и встречаемость видов по общепринятым методикам (Полевая геоботаника, 1964; Программа..., 1974) на 20 учетных площадках размером 1 м² в пределах биогруппы каждого из 13 древесных видов (всего 260 учетных площадок). Названия видов растений даны согласно Плантариуму

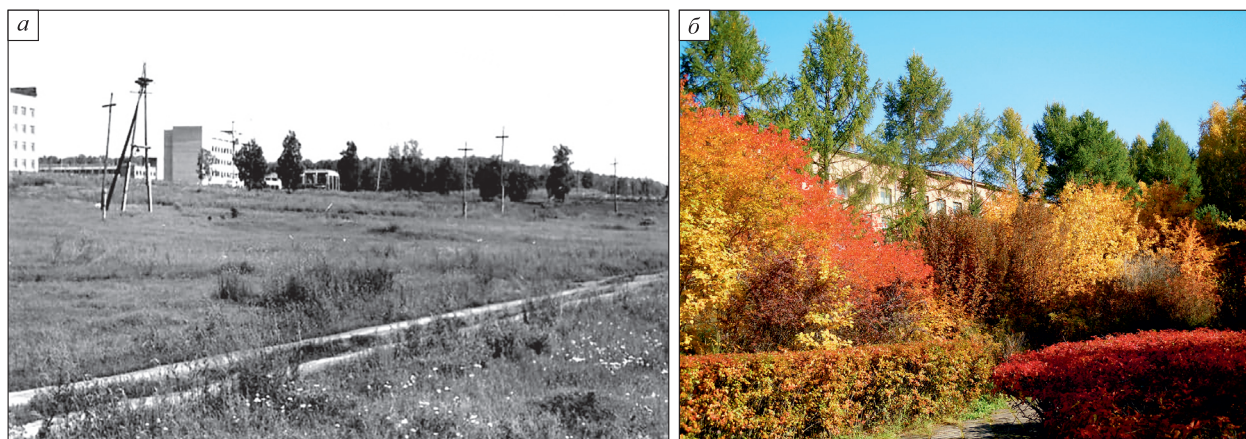


Рис. 1. Дендрарий ИЛ СО РАН.

а – участок, выделенный для создания дендрария (1977 г.); б – современное состояние (2023 г.) (фото Р. И. Лоскутова).

(2023). Для сравнительной оценки флористических списков применен коэффициент Серенсена – Чекановского (Ksc) (Шмидт, 1984). Видовое богатство определяли путем расчета показателей биоразнообразия (индексы Маргалефа, Шеннона, Симпсона) с помощью программного обеспечения PAST (Hammer et al., 2001). Для учета запаса фитомассы живого напочвенного покрова в каждой биогруппе взяты укусы с 10 учетных площадок размером 20 × 25 см. Освещенность измеряли люксметром «Ю 116» в каждой древесной биогруппе в 10-кратной повторности. Для определения значимых факторов, влияющих на проективное покрытие и видовую насыщенность живого напочвенного покрова, проведен двухфакторный дисперсионный анализ. Статистический анализ данных проведен в программе Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В изученных биогруппах древесных растений зафиксировано 12 видов кустарникового яруса и 47 видов живого напочвенного покрова (44 вида травяно-кустарничкового яруса и 3 вида мха). Коэффициент сходства Серенсена – Чекановского между флористическими списками в биогруппах варьировал от 0.20 до 0.68 (табл. 1). Высоким уровнем сходства живого напочвенного покрова характеризовались биогруппы дуба монгольского, клена остролистного, черемухи Маака и ясеня пенсильванского.

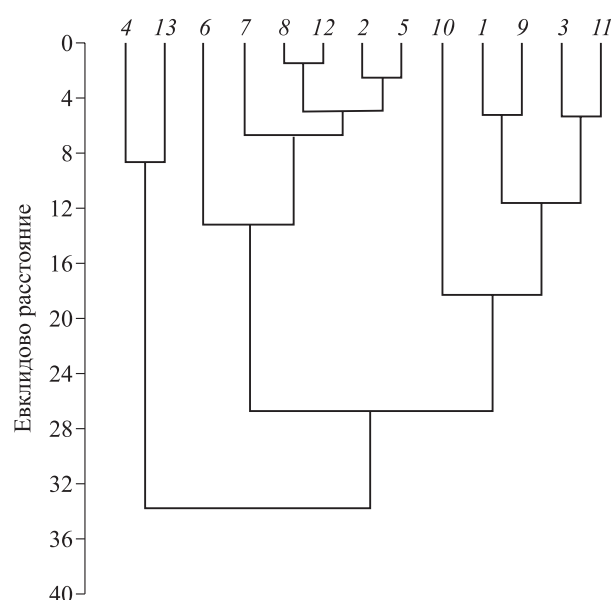


Рис. 2. Дендрограмма сходства древесных биогрупп по геоботаническим характеристикам.

Древесные виды: 1 – тополь белый; 2 – клен остролистный; 3 – дуб монгольский; 4 – дуб черешчатый; 5 – липа сердцевидная; 6 – орех маньчжурский; 7 – пихта сибирская; 8 – ольха серая; 9 – черемуха Маака; 10 – груша уссурийская; 11 – сосна обыкновенная; 12 – ель сибирская; 13 – ясень пенсильванский.

На основе геоботанических показателей (видовой состав, проективное покрытие и встречаемость видов) проведен кластерный анализ (рис. 2).

Перед вычислением евклидова расстояния была проведена трансформация данных, имеющих разную размерность через нормированное

Таблица 1. Коэффициенты сходства флористических списков

Вид	Клен остролистный	Дуб монгольский	Дуб черешчатый	Липа сердцевидная	Орех маньчжурский	Пихта сибирская	Ольха серая	Черемуха Маака	Груша уссурийская	Сосна обыкновенная	Ель сибирская	Ясень пенсильванский
Тополь белый	0.49	0.51	0.29	0.21	0.53	0.51	0.34	0.55	0.34	0.5	0.29	0.44
Клен остролистный	–	–	0.47	0.38	0.5	0.38	0.25	0.65	0.47	0.47	0.45	0.57
Дуб монгольский	–	–	0.67	0.40	0.52	0.40	0.20	0.68	0.39	0.49	0.48	0.61
Д. черешчатый	–	–	–	0.46	0.48	0.28	0.23	0.43	0.31	0.44	0.64	0.62
Липа сердцевидная	–	–	–	–	–	0.33	0.40	0.32	0.46	0.23	0.32	0.35
Орех маньчжурский	–	–	–	–	–	0.44	0.39	0.55	0.48	0.55	0.4	0.46
Пихта сибирская	–	–	–	–	–	–	0.27	0.44	0.44	0.49	0.34	0.48
Ольха серая	–	–	–	–	–	–	–	–	0.38	0.29	0.21	0.26
Черемуха Маака	–	–	–	–	–	–	–	–	0.49	0.57	0.4	0.59
Груша уссурийская	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.39	0.32	0.41
Сосна обыкновенная	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.41	0.47
Ель сибирская	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

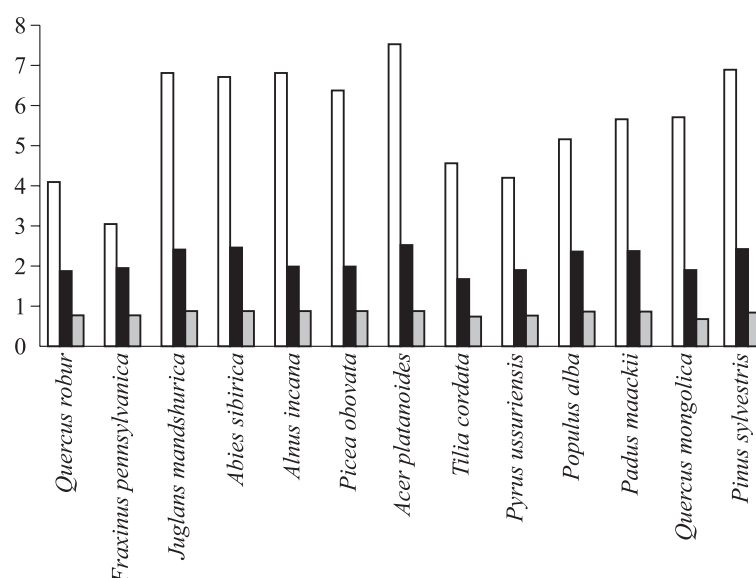


Рис. 3. Индексы видового разнообразия.

отклонение (t). Анализ показал разделение всех биогрупп древесных видов на три кластера.

Внутри каждого из трех кластеров видовой состав характеризуется довольно высоким сходством (K_{sc} не ниже 0.3).

Общими для биогрупп всех древесных видов являются только 2 вида травяно-кустарничкового яруса: мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) и горошек заборный (*Vicia sepium* L.), относящиеся к аazonальной луговой поясно-зональной группе. Семь видов травяно-кустарничкового яруса и 2 вида мха относятся к видоспецифичным (встречаются в биогруппе только одного древесного вида): василистник малый (*Thalictrum minus* L.) и змееголовник поникший (*Dracocephalum nutans* L.) произрастают только в биогруппе сосны обыкновенной, ветреница енисейская (*Anemone jenseiensis* (Korsh.) Krylov) и ритидиладельфус трехгранный (*Rhytidadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst.) – в биогруппе пихты сибирской, водосбор сибирский (*Aquilegia sibirica* Lam.) – клена остролистного, крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) и плевроциум Шребера (*Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.) – ольхи серой, хрен обыкновенный (*Armoracia rusticana* G. Gaertn. B. Mey. & Scherb.) – ясеня пенсильванского, чина приземистая (*Lathyrus humilis* (Ser.) Fisch. ex Spreng.) – тополя белого.

Вычисленные индексы видового разнообразия растительного покрова для каждой из биогрупп представлены на рис. 3.

Индекс видового богатства Маргалефа (принимающий наибольшее значение, если все особи относятся к разным видам) изменяется от

3.06 (биогруппа ясеня пенсильванского) до 7.51 (биогруппа клена остролистного). Внутри каждого из трех кластеров индекс видового богатства варьирует в меньшей степени, чем между кластерами.

Наибольшие значения индекса Шеннона (основанного на однородности видового состава) отмечены в биогруппах клена остролистного (2.47), пихты сибирской (2.44) и сосны обыкновенной (2.41), минимальные (1.66) – в биогруппе липы сердцевидной.

Индекс Симпсона, который тем выше, чем сильнее доминирование одного или нескольких видов, имеет максимальное значение в биогруппах пихты сибирской (0.88). В биогруппах клена остролистного, тополя белого, ореха маньчжурского, черемухи Маака индекс Симпсона составляет 0.87, в остальных биогруппах он колеблется в интервале 0.71–0.82.

Максимальные значения видового богатства отмечены в биогруппе ореха маньчжурского – 26 видов и сосны обыкновенной – 25, наименьшее – в биогруппе ели сибирской – 9 видов.

Месторасположение дендрария в зоне Красноярской лесостепи определило поясно-зональный элемент флоры (рис. 4).

В большинстве биогрупп основная часть видов относится к светлохвойной (33.3–63.6 %) и лесостепной (6.7–24.0 %) поясно-зональным группам. Исключение составляет биогруппа ольхи серой, где преобладает неморальный элемент (33.3 %).

Вклад аazonальных луговых видов во всех биогруппах постоянен (2 вида), тогда как адвен-

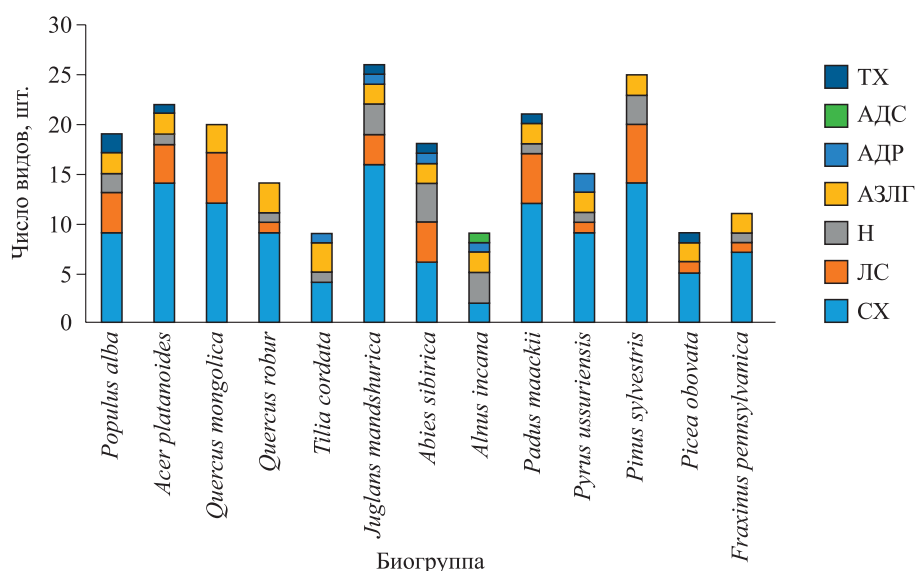


Рис. 4. Поясно-зональная структура флоры в биогруппах.

CX – светлохвойная; Н – неморальная; TX – темнохвойная; ЛС – лесостепная; АЗЛГ – аazonальная луговая; АДС – адвентивная сегетальная; АДР – адвентивная рудеральная.

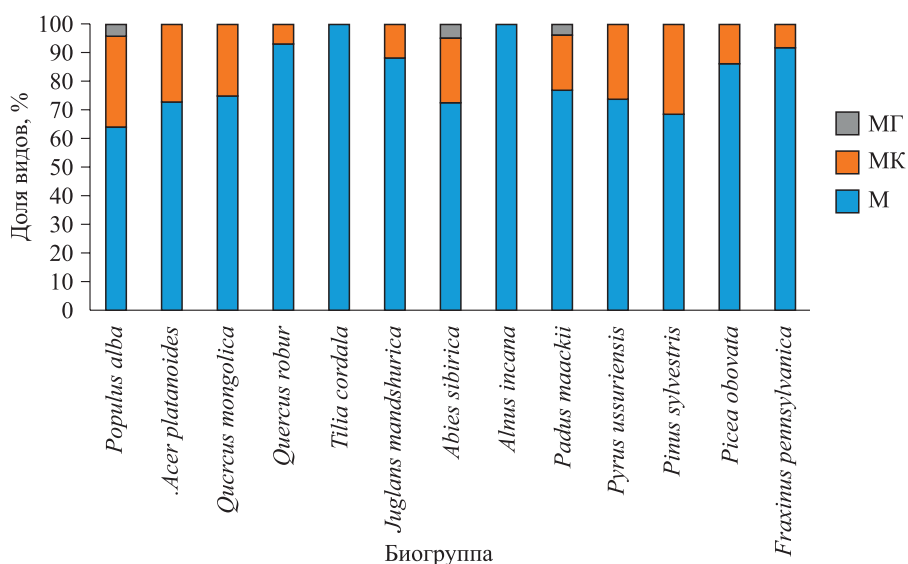


Рис. 5. Экологическая структура флоры в биогруппах.

М – мезофиты; МК – мезоксерофиты; МГ – мезогигрофиты.

тивны (рудеральные и сегетальные) виды представлены незначительно и лишь в некоторых исследованных биогруппах.

Проведенный экологический анализ флоры (по отношению к влажности) выявил, что во всех изученных биогруппах доминирующую роль играют мезофиты (63–100 %) (рис. 5).

В меньшей степени присутствуют мезоксерофиты (0–31.8 %). Мезогигрофиты, составляя 0–5.5 %, значительного веса не имеют.

В эколого-ценотической структуре флоры доминирует группа лугового и лугово-лесного разнотравья и злаков, составляя от 50 % (в био-

группе ольхи серой) до 84 % (в биогруппе дуба черешчатого) (рис. 6).

Зависимость доли эколого-ценотических групп от древесных видов, т. е., влияния фитогенного поля, не выявлена.

Сравнительный анализ фитомассы живого напочвенного покрова показал, что наибольшее значение фитомассы отмечено в биогруппе тополя белого (95.2 г/м²). Это можно объяснить довольно редким размещением древесных стволов и ажурной кроной, обуславливающим высокую освещенность нижних ярусов растительного покрова (3.3 lx) (рис. 7).

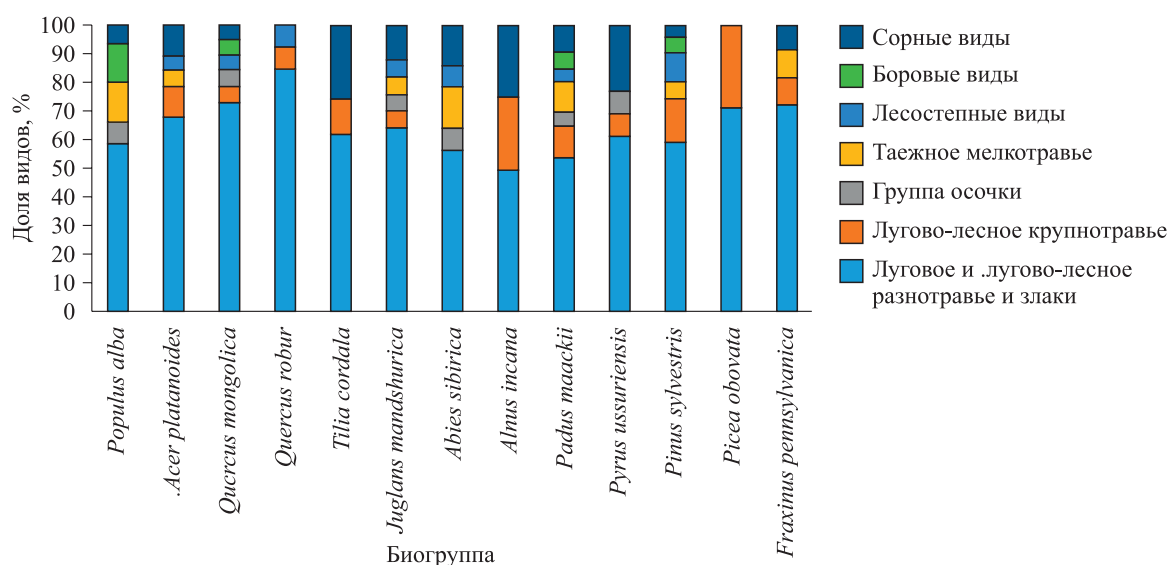


Рис. 6. Эколого-ценотическая структура флоры в биогруппах.

Наименьшая фитомасса живого напочвенного покрова зафиксирована в биогруппе ели сибирской (14.5 г/м²), где наблюдаются наиболее затененные условия (1.19 lx).

Для изучения степени влияния на структуру живого напочвенного покрова основных факторов (фитогенного поля и уровня освещенности) проведен двухфакторный дисперсионный анализ, показавший, что на видовую насыщенность значимо влияние обоих факторов ($p < 0.05$).

В то же время влияния фитогенного поля ни на проективное покрытие живого напочвенного покрова и на встречаемость видов не установлено ($p > 0.05$), тогда как воздействие уровня освещенности на вышеуказанные показатели статистически значимо.

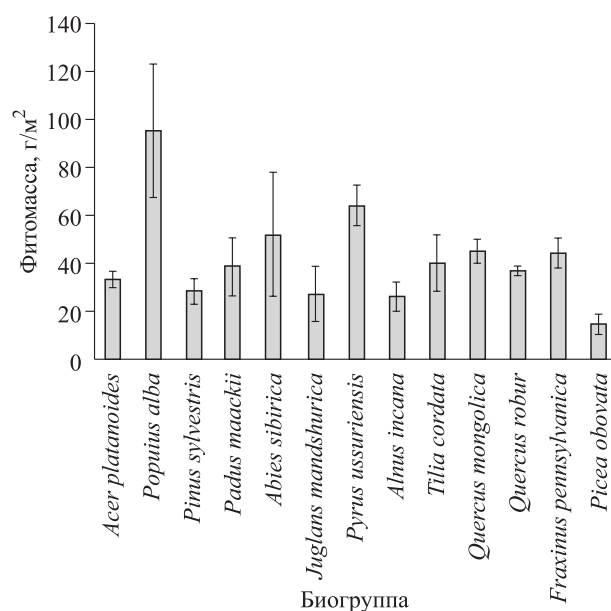


Рис. 7. Фитомасса живого напочвенного покрова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изученных биогруппах древесных растений зафиксировано 12 видов кустарникового яруса и 47 видов живого напочвенного покрова (44 вида травяно-кустарничкового яруса и 3 вида мха).

В искусственно созданном фитоценозе (дендрарий) на флористический состав живого напочвенного покрова оказывают влияние как биотические факторы (фитогенное поле), так и абиотические. Семь видов травяно-кустарничкового яруса и 2 вида мха являются видоспецифичными (встречаются в биогруппе только одного древесного вида): василистник малый и змееголовник поникший произрастают только в биогруппе сосны обыкновенной, ветреница енисейская и ритидиадельфус трехгранный – в биогруппе пихты сибирской, водосбор сибирский – клена остролистного, крапива двудомная и плевроциум Шребера – ольхи серой, хрен обыкновенный – ясеня пенсильванского, чина приземистая – тополя белого. У остальных древесных видов видоспецифичного влияния на особенности формирования и состав напочвенного покрова не выявлено. На проективное покрытие живого напочвенного покрова и встречаемость видов в основном влияют абиотические факторы, в частности освещенность.

Работа выполнена в рамках базового проекта фундаментальных исследований Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (№ FWES-2021-0009) «Функционально-динамическая индикация биоразнообразия лесов Сибири».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аксанова Г. Ф., Рябина З. Н., Линерова Л. Г. Дендрарий Аветисяна – лесокультурный памятник природы // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2009. № 6 (100). С. 25–27.
- Дубовицкая О. Ю., Цой М. Ф., Павленкова Г. А., Масалова Л. И., Фирсов А. И. Дендрарий ФГБНУ ВНИИСПК – центр интродукции древесных растений // Садоводство и виноградарство. 2015. № 3. С. 46–50.
- Емельянова О. Ю., Цой М. Ф. Дендрарий ВНИИСПК: прошлое, настоящее, будущее // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. Т. 7. № 1–2. С. 70–73.
- Курганов А. А., Рыбалко А. Н. Редкие виды флоры в дендрарии ИГСХА // Актуальные вопросы охраны биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Иваново, 2021. С. 68–74.
- Лоскутов С. Р. Интродукция древесных растений в южной части Средней Сибири. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1991. 189 с.
- Малышева С. К., Горохова С. В. Дендрарий горнотаежной станции как объект сохранения биоразнообразия // Агр. вестн. Приморья. 2017. № 4 (8). С. 54–57.
- Мананкова Т. И. Дендрарий Горно-Алтайского государственного университета как уникальная природно-антропогенная система // Изв. Алтай. респ. отд. Рус. геогр. об-ва: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Горно-Алтайск, 2017. Вып. 5. С. 114–116.
- Маркова И. С. Лесоведение: Курс лекций. Новочеркасск: НГМА, 2005. 90 с.
- Молганова Н. А., Овеснов С. А. Мотовилихинский дендрарий. Видовой состав растений // Вестн. Перм. гос. ун-та. 2019. Вып. 1. С. 42–47.
- Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка: 80000 слов и фразеологических выражений. М.: Азбуковник, 1999. 944 с.
- Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений, 2023. <https://www.plantarium.ru/>
- Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. 527 с.
- Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. 403 с.
- Шмидт В. М. Математические методы в ботанике: Учеб. пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.
- Golding J., Gusewell S., Kreft H., Kuzevanov V. Y., Lehvavirta S., Parmentier I., Pautasso M. Species-richness patterns of the living collections of the world's botanic gardens: a matter of socio-economics // Ann. Bot. 2010. V. 105. N. 5. P. 689–696.
- Hammer Ø., Harper D. A., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontol. Electr. 2001. V. 4. N. 1. P. 9.

THE STRUCTURE OF LIVING GROUND COVER UNDER THE VARIOUS TREE SPECIES CANOPY IN THE ARBORETUM OF V. N. SUKACHEV INSTITUTE OF FOREST, SIBERIAN BRANCH, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

I. A. Goncharova, M. A. Kirienko

*V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Federal Research
Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

E-mail: iagoncharova007@mail.ru, lma7878@mail.ru

The living ground cover species composition under the various tree species canopy in the Arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, in the city of Krasnoyarsk was studied. The purpose of the work is to determine the ground cover species composition, structure and phytomass in the various tree species biogroups. The studies were carried out in 2020–2022 at the 13 tree species biogroups growing on the Arboretum territory. The floristic composition, projective cover and occurrence of species growing in the studied biogroups were determined. Based on the analysis of floristic data, biodiversity indices were calculated. The taxonomic, belt-zonal, ecological, biomorphological features of the flora structure were determined. It was established that 12 shrub layer species and 47 living ground cover species (44 – the grass-shrub layer and 3 moss taxons) were recorded in the studied woody plant biogroups. Species diversity indices were calculated for each biogroup. The ground cover ecological and ecological-coenotic structures have been determined. The most important groups have been identified. The factors influencing the ground cover characteristics were identified. It has been established that the living ground cover floristic composition is influenced by both biotic (phytogenic field) and abiotic factors in the arboretum 46 years after its creation. The phytogenic field species-specific influence on the living ground cover species composition was revealed in six tree species. The ground projective cover and phytomass as well as the species occurrence are significantly affected by abiotic factors, in particular, illumination.

Keywords: *species composition, phytogenic field, flora structure, abiotic and biotic factors.*

How to cite: *Goncharova I. A., Kirienko M. A. The structure of living ground cover under the various tree species canopy in the arboretum of V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2023. N. 5. P. 75–82 (in Russian with English abstract and references).*