



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

Флора и растительность Каштакского бора
Выпускная квалификационная работа по направлению
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Направленность программы бакалавриата

«Биология. Экология»

Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:

74,5 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

«24» мая 2022г.

Зав. кафедрой Химии, экологии и
методики обучения химии
(название кафедры)

Ср Сутягин А.А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/230-5-1
Гудкова Антонина Сергеевна

А.И. Гудкова

Научный руководитель:

д-р биол. наук, канд. с/х наук, профессор
Назаренко Назар Николаевич

Челябинск

2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. СОСНОВЫЕ БОРЫ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ	5
Выводы по первой главе.....	12
ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКИ ЕГО ОЦЕНКИ	13
2.1 Общая характеристика Каштакского бора	13
2.2 Методы исследования лесных биотопов	18
Выводы по второй главе.....	28
ГЛАВА 3. БИОТОПЫ КАШТАКСКОГО БОРА	29
3.1 Экоморфы Каштакского бора	29
3.2 Эколого-ценотическая структура растительности памятника природы "Каштакский бор"	33
3.3 Биоразнообразие Каштакского бора	40
Выводы по третьей главе	43
ГЛАВА 4. ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРОЕКТНУЮ И ВНЕУРОЧНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ШКОЛЕ	44
4.1 Реализация этапа проектной деятельности	44
4.2 Организация внеурочного мероприятия на основе исследования.....	47
Выводы по четвёртой главе	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

Сосновые насаждения Челябинской области являются одним из важнейших элементов экологического комплекса региона. На фоне напряжённой экологической обстановки на Южном Урале, сосновые боры вносят значительный вклад в регуляцию климата, сохранение баланса воды и кислорода, поддержании состава атмосферы, очистки воздуха от загрязняющих веществ, позволяют поддерживать физическое и психологическое здоровье населения области. Поэтому их охрана и сохранение являются актуальными задачами в современных реалиях.

Рассматриваемый в данной работе Каштакский бор является уникальным островным бором, реликтом плейстоценовой перигляциальной лесостепи, имеет особо важное средозащитное, санитарно-гигиеническое, водоохранное, оздоровительное и рекреационное значение для населения города Челябинск. Так же он имеет статус особо охраняемой природной территории.

Экосистемы Каштакского бора формируют разнообразие биотопов по ценотическим и внутриценотическим особенностям лесных сообществ. Изучение этих особенностей позволяет вывить степень влияния антропогенных факторов на территории памятника природы. Памятник природы "Каштакский бор" является одним из ключевых природно-территориальных комплексов города Челябинск, поэтому исследование состава флоры и взаимоотношений растительных сообществ на территории бора является актуальным.

Цель исследования – изучения современного состояния растительности и биотопов ботанического памятника природы "Каштакский бор".

Объект исследования – растительность и биотопы Каштакского бора.

Предмет исследования – эколого-ценотическая структура и режимы ведущих экологических факторов Каштакского бора.

Задачи исследования:

1. Выполнить ретроспективный анализ проблемы изученности сосновых боров Челябинской области и их современного состояния.

2. Провести полевые геоботанические исследования ботанического памятника природы "Каштакский бор", выполнить классификацию растительности и дать оценку фиторазнообразия по материалам полевых исследований.

3. Дать оценку современного состояния экофлоры и биотопов Каштакского бора по материалам полевых исследований.

4. Использовать результаты исследования при организации проектной и внеурочной деятельности в школе.

Практическая значимость – полученные материалы работы могут быть использованы специалистами экологами для оценки текущего состояния Каштакского бора и специалистами педагогами для разработки сопровождение проектной деятельности обучающихся по ботанике и экологии экосистем.

Новизна работы впервые проведена классификация растительности и оценка биотопов Каштакского бора с использованием современных методов исследований на основе фитоиндикации и многомерной статистики.

ГЛАВА 1. СОСНОВЫЕ БОРЫ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Челябинская область обусловлена большим разнообразием сосновых боров на своей территории. Преимущественно, они расположены на востоке региона, в лесостепной и степной зонах. Сюда относится территория Зауральяского пенеplена и частично Западно-Сибирской низменности. Боры представляют собой либо своеобразные вечнозеленые острова, либо имеют вытянутую форму и протяжены вдоль лугов, болот, озёр, степей и рек. Такие формы обусловлены их произрастанием на горных породах кислого состава и песчаным, осадочным почво-грунтом. Поэтому такие боры называют ленточными, или островными. Главной особенностью данной группы боров является их происхождение. Они представляют собой реликты перигляциальной лесостепи ледникового периода [10].

Большая часть сосновых боров произрастают в местах выхода гранитов и продуктов их разрушения. Эту закономерность можно отследить на геологической карте Челябинской области. Всего в данном регионе произрастает 17 островных боров, имеющих статус ООПТ.

Площади боров в настоящее время самые разные – они колеблются от 2,2 (Ужовский бор) до 601,5 (Джабык-Карагайский бор) км². Однако, площади большинства боров составляют, как правило, 10–14 км² (Еткульский, Каштакский, Кичигинский, Травниковский, Дуванкульский, Хомутининский и Челябинский боры) [15].

Доминирующей лесообразующей породой в сосновых борах является сосна обыкновенная, в некоторых участках встречаются отдельные деревья и куртины лиственницы сибирской. На опушках могут располагаться осины, на берегах водоёмов ольха, берёза заселяет места гари. Сосновый лес создаёт хорошие условия для формирования подлеска. В борах лесостепной зоны его образуют боярышник кроваво-красный, вишня степная, ива кустарниковая, кизильник черноплодный, малина,

раakitник, рябина обыкновенная, спирея городчатая, шиповник коричный. В борах степной зоны – карагана, спирея зверобоелистная, а также боярышник, вишня, кизильник, раakitник, шиповник. Травяной покров включает в себя более ста видов растений, в том числе редких и исчезающих видов, занесённых в Красную книгу. Животный мир представлен типичными обитателями фауны степной и лесостепной зон. Многие сосновые боры Челябинской области объявлены памятниками природы, являются общенациональным достоянием. Охрана данных объектов имеет государственное значение и предусмотрена природоохранным законодательством [5].

Брединский бор. Является самым южным бором Челябинской области. Находится в степной зоне восточной части Зауральского пенеplена Уральской горной страны. Бор является равнинным лесом из-за небольших абсолютных высот и их очень незначительных перепадов. Площадь бора составляет 0,38326 тыс. га.

Бор включает в свой состав разрозненные лесные массивы колючного типа, которые окружены степью. Доминирующие лесообразующие породы: сосна, берёза, осина, лиственница. Особенность Брединского бора, это его малые размеры, не смотря на это, в нём представлены различные растительные сообщества: сообщества сосновых лесов, сообщества настоящих дерновиннозлаково-разнотравных, петрофитных и солонцеватых степей и солонцеватых лугов.

На территории охраняется 14 видов насекомых, 1 вид рептилий и 5 видов млекопитающих, а так же множество представителей флоры.

Джабык-Карагайский бор. Площадь бора составляет 60,1388 тыс. га. Этот бор является островным реликтом плейстоценовой перигляциальной лесостепи, расположен на юге области, в Карталинском районе.

Основная часть бора находится между населенными пунктами Новочерниговский, Париж, Великопетровка, Анненское, Кизилчилик, Еленинка и небольшой его участок – севернее посёлка Каменный.

Некоторые поляны и прогалины бора, расположенные на его окраинах, используются как земли сельскохозяйственного назначения, эксплуатируются в качестве пастбищ.

Это один из самых больших боров Челябинской области. Особенностью его являются следующие уникальные группы редких природных сообществ: четвертичные реликтовые сообщества, сообщества на выходах останцевых гранитогнейсовых пород, экстразональные сообщества в местах контактов зональных типов растительности.

Основная часть бора это лесные массивы, с вкраплениями пастбищ и небольшими болотами в низинах. Сосна обыкновенная составляет лишь одну треть бора и чередуется с насаждениями берёзы и осины, изредка встречается лиственница, ольха чёрная. Отличительной чертой соснового бора является парковый характер и возрастная неоднородность древостоя, образованного рассеянно расположенными деревьями, имеющими округлые низкоопущенные кроны и сучья, начинающиеся нередко с 1-1,5 м. от земли. На это повлияла активная антропогенная деятельность, ввиду длительного, стабильного выпаса скота, рубок деревьев и систематических пожаров. В подлеске встречаются вишня, ива кустарниковая, акация желтая, черемуха, шиповник, смородина, можжевельник. Травяной ярус представлен растениями преимущественно степной зоны, что выражается в доминировании злаков и его густоте. В его составе наиболее обычны: овес Шелля, тимофеевка Бемерова, вейник лесной, мятлик луговой, полыни, ястребинки, кошачья лапка, шалфей степной, лапчатка распростертая и некоторые другие виды.

Чёрный бор. Этот островной сосновый бор, занимающий площадь 2,0189 тыс. га и пролегающий в северной части Чесменского района, является реликтом плейстоценовой перигляциальной лесостепи.

Особо охраняемая природная территория Чёрный бор расположена в степной части Зауральской равнины. Эта территория, расчлененная низкими холмами и долинами небольших рек, пролегает на

кристаллическом основании древней платформы, покрытой позднейшими отложениями.

Бор расположен на возвышенности, на северной и западной сторонах которой находятся выступающие сопки, скалистые горные породы, плиты и останцы. Две самых крупных сопки носят название Пугачевой и Змеиной горы.

Челябинский городской бор. Располагается в черте города Челябинска, граничит с Центральным и Советским районами. Бор проходит по правому берегу реки Миасс. Протяженность бора с северо-востока на юго-запад составляет около 5,5 километров, а средняя ширина около 2 километров.

Около 90 % древостоя представлено доминирующим видом – сосной обыкновенной. В низинах встречаются единичные представители берёзы пушистой и осины. В состав древостоя памятника природы так же включены рябина, липа, вяз, яблоня, ольха, ива. Присутствуют искусственные насаждения клёна ясенелистного, татарского, остролистного, дуба черешчатого, тополя бальзамического. Подлесок включает в себя кустарники кизильника черноплодного, бузины, жимолости, малины и другие, типичные для сосновых боров Челябинского региона виды. Травяной покров многоярусный, в меру обильный.

На территории охранной зоны Памятника природы располагается выявленный объект архитектурного наследия "Памятник академику И. В. Курчатову" и выявленный объект археологического наследия "Стоянка Шершни 1".

Еткульский бор. Находится в Еткульском районе Челябинской области. Площадь 1,25023 тыс. га. Пролегает на территории восточного берега озера Еткуль.

Для данного бора типичны болота, самое большое из них протягивается вдоль южного берега озера и имеет площадь 7 га. В чаще

бора находится оз. Боровушка, берега которого поросли сосной. Озеро имеет небольшие размеры.

Господствующей древесной породой является сосна обыкновенная, возраст которой варьирует и достигает 200 лет и более. В состав древостоя входят также береза и осина, изредка встречаются вяз, ель, клен, ива.

Фауна бора довольно разнообразна. Типичные представители млекопитающих бора это: лось, косуля сибирская, заяц-беляк, лисица, крот, барсук, мышевидные грызуны и летучие. Интерес для промысла здесь представляют глухари и тетерева, из хищных птиц можно выделить дербника. Большим разнообразием отличается орнитологический состав озёрных птиц. Это цапля серая, кряква, чирки, поганки, чайки, крачки, кулики.

Сосновый бор "Золотая сопка". Площадь: 1,53468 тыс. га. Находится это островной сосновый бор в Троицком районе Челябинской области. Является реликтом плейстоценовой перигляциальной лесостепи.

Сосновый бор "Золотая сопка" отличается специфичностью древостоя и подлеска, поскольку расположен на границе степи и лесостепи. Основные лесообразующие породы – сосна, береза, осина. Очень слабый, изредка совсем отсутствующий подлесок. На каменистых обнажениях сформированы сухие сообщества боров с разряженным травяным покровом. В понижениях, где ровные и влажные участки рельефа, сформирован более густой, разнообразный и сложный травяной покров. Произрастает вид, занесенный в Красную книгу Челябинской области – ковыль перистый.

Обитают следующие виды насекомых, занесенные в Красную книгу Челябинской области – обыкновенный богомол, дыбка степная, сенница амариллис, сенница тулия, голубянка лиана.

Расположение вблизи города способствует мощной антропогенной нагрузке и влияет на экосистемы бора.

Васильевский бор. Этот островной сосновый бор, расположенный в Красноармейском районе Челябинской области, восточнее поселка Боровое является реликтом плейстоценовой перигляциальной лесостепи, играет важную средозащитную, санитарно-гигиеническую, оздоровительную и рекреационную роль.

Васильевский бор расположен в лесостепной части Зауральской равнины. География бора отличается расчленёнными невысокими холмами и долинами небольших рек. Территория бора имеет мягко-увалистый характер поверхности с пологими склонами отдельных холмов, на которых выступают типичные останцевые формы в виде отдельных каменных глыб. Животный мир типичен для лесостепной зоны, в бору постоянно обитает куница.

Ужовский бор. Входит в список островных сосновых боров Челябинской области. Находится в Сосновском районе, в нижнем течении реки Зюзелка, вблизи деревни Ужовка и посёлками Рощино и Светлый. Является реликтом плейстоценовой перигляциальной лесостепи. Выполняет рекреационные, оздоровительные, природоохранные функции.

Окружает бор невысокая, слаборасчленённая равнина, являющаяся частью Зауральского пенеплена. На территории развита овражно-балочная система. Данный памятник представляет собой неординарный объект, поскольку характеризуется ландшафтами северной осиново-берёзовой колючей лесостепи.

Кичигинский бор. Островной сосновый бор, расположенный в Увельском районе у села Кичигино. является реликтом плейстоценовой перигляциальной лесостепи, играет важную средозащитную, санитарно-гигиеническую, водоохранную, оздоровительную и рекреационную роль.

Ларинский бор. Уникальный сосновый бор, находящийся Уйском районе Челябинской области. Является комплексом участков ценных лесных насаждений. Часть бора не покрыта лесом, и представленная суходольными лугами. Основная лесообразующая порода – сосна,

присутствуют также береза бородавчатая, осина, лиственница. На территории памятника природы Ларинский бор обитают редкие виды животных и растений, занесенные в Красную книгу Челябинской области.

Булатовский бор. Памятник природы Булатовский бор расположен в лесостепной зоне Челябинской области и представляет собой комплекс, состоящий из участков ценных лесных насаждений (островного бора). Основная лесобразующая порода – сосна. Также присутствуют береза бородавчатая, осина. На территории памятника природы Булатовский бор обитают редкие виды животных и растений, занесенные в Красную книгу Челябинской области.

Демаринский бор. Памятник природы Демаринский бор расположен в центральной части Челябинской области у подножия восточных склонов Уральских гор. Поверхностные воды на территории памятника природы отсутствуют.

Основу растительного покрова составляют сосновые леса, в составе древесного яруса которых имеется примесь березы повислой и осины. На территории Демаринского бора обнаружено 3 вида растений, внесенных в Красную книгу Челябинской области и Красную книгу Российской Федерации.

На территории бора зарегистрировано 40 видов птиц и 2 вида муравьев, включенных в Красную книгу Челябинской области

Хомутининский бор. Площадь: 0,7194 тыс. га. Относится к группе островных сосновых боров. Располагается на супесчаных почвах с увало-котловинным рельефом. На западе граничит с озером Подборное, которое также относится к особо охраняемой природной территории. Большая часть бора заболочена, болота образуют вкрапления по всей территории бора, самое большое болото Боровое находится в центре.

В лесных массивах ярко выражена сосна обыкновенная, единично встречается береза бородавчатая, береза пушистая, осина. Ярко выражен

травяной покров, большое количество влаголюбивых и болотных видов растений, особенно в пониженных участках бора.

Травниковский бор. Площадь: 1628,5 га. Памятник природы Травниковский бор находится в лесостепной зоне Челябинской области. В состав входят два чернополосых участка. Относится к группе островных сосновых боров. В лесных массивах доминирующим видом является сосна обыкновенная, иногда встречается береза повислая, осина, лиственница сибирская. В самом центре бора находятся заросли сибирского кедра.

Памятник природы находится в местах выхода или рядом с местом залегания гранитов и продуктов их разложения. На территории бора встречаются виды растений, занесенные в Красную книгу Челябинской области.

Чебаркульский бор. Памятник природы Чебаркульский бор располагается в предгорной лесостепной зоне Челябинской области, представляет собой островной сосновый бор. В лесных массивах преобладают сосна обыкновенная, береза бородавчатая, осина, липа, ольха черная и серая. Памятник природы Чебаркульский бор располагается в предгорной лесостепной зоне Челябинской области, представляет собой островной сосновый бор. В лесных массивах преобладают сосна обыкновенная, береза бородавчатая, осина, липа, ольха черная и серая.

Выводы по первой главе

В Челябинской области располагается большое количество сосновых боров, имеющих статус особо охраняемых природных территорий. Охрана данных объектов имеет государственное значение и предусмотрена природоохранным законодательством. Сосновые боры выполняют важное рекреационное, природоохранное, водоохранное, санитарно-гигиеническое и оздоровительное значение.

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКИ ЕГО ОЦЕНКИ

2.1 Общая характеристика Каштакского бора

Каштакский бор отнесен к памятникам природы областного значения решением Исполнительного комитета Челябинского областного Совета народных депутатов от 21 января 1969 г. "Об охране памятников природы в области" [16].

Каштакский бор имеет особо важное средозащитное, санитарно-гигиеническое, водоохранное, оздоровительное и рекреационное значение для населения Челябинской области и других субъектов Российской Федерации, является уникальным островным бором, реликтом плейстоценовой перигляциальной лесостепи, расположенным в черте города Челябинска и в границах Сосновского района [15].

Административное и географическое положение. Каштакский бор относится к лесостепной зоне Челябинской области, прилегает к Metallургическому району города Челябинск, находящемуся на северо-востоке. Так же захватывает границы Сосновского района. По правой стороне бора протягивается река Миасс. Площадь особо охраняемой природной территории 3,28877 тыс. га. Площадь охранной зоны памятника природы составляет 516,8 га, в том числе в черте города Челябинска 306,07 га, в границах Сосновского района 210,7 га. Общая протяженность границ ООПТ составляет 64 км, в том числе по территории города Челябинска 41,5 км и по территории Сосновского района 22,5 км. Главным культурным центром Каштакского бора является база отдыха "Каштакский бор". База отдыха "Каштакский бор" представляет собой центр загородного отдыха, расположившийся в сосновом бору, всего в 6 км от города Челябинск в поселке Каштак, и в 500 м от р. Миасс. Территория центра отдыха занимает 14 га [16].

Рельеф. Территория располагается на холмисто-увалистом рельефе. Структура рельефа разряженная, мозаичная. Наблюдаются небольшие возвышения в виде холмов и понижения в форме оврагов, котловин. По западному и северному краю Каштакский бор огибает р. Миасс. Грунтовые воды заложены на большой глубине. Долина р. Миасс нарушает равнинный рельеф на западной границе соснового бора, что обуславливает развитие мокролуговых пространств вблизи водоёма.

На территории Каштакского бора находятся несколько старых гранитных карьеров, а так же гора Соколинка, расположенная на месте выхода гранитных скал. Бывшие выработанные карьеры на западе территории бора свидетельствуют о мощности залегания гранита в глубину. Граниты состоят из зерен кварца, полевого шпата и слюды. Горные породы имеют слабокислый состав, фундамент которых представлен плитами, каменными глыбами и продуктами их разрушения.

Климат района, в котором находится сосновый бор, резко континентальный. Для такого типа характерна долгая холодная, иногда заснеженная зима и теплое лето с частыми грозами и ливневыми дождями, некоторые годы летний период отличается засушливостью, высокими температурами. Преобладают ветры южного и юго-западного направлений со скоростью 3,4 м/с. Продолжительность вегетационного периода составляет в среднем 164 дня, безморозного – 125 дней.

Среднемесячное значение атмосферного давления в течение года колеблется от 737 до 745 мм рт. ст. Постоянный снежный покров закрепляется, как правило, 15–18 ноября и сохраняется 145–150 дней. Высота снежного покрова составляет 30–40 см, но в малоснежные зимы бывает на 10–15 см меньше. Метели наблюдаются в течение 30–35 дней, общей продолжительностью 220–270 часов. Глубина промерзания почвы колеблется от 90 до 130 см.

Количество и распределение осадков в течении года устанавливается прохождением циклонов над территорией области. Среднегодовое

количество осадков равняется 410–450 мм, наибольшее количество из которых выпадает в июле [17].

Сосновые боры создают особые микроклиматические условия. Массивные лесные насаждения меняют основные климатические параметры, такие как влажность, температуру, распределение и количество осадков, ветровой режим. В таких условиях уменьшается скорость ветра, повышается влажность и интенсивность испарения, таяние снега происходит медленнее и неравномерно, снижается скорость теплообмена и турбулентность [15].

Почва. На коре выветривания повсеместно лежат дерново-подзолистые, комковатые и древеснистые оподзоленные почвы. Встречаются и заболоченные места, с болотно-луговыми почвами. Для сухих окраин типичны выщелоченные чернозёмы. Увлажнение почвы обеспечивается осадками и прилегающим водоёмом. Содержание питательных веществ в почве оценивается как среднее, близкое к низким показателям. Снабжение почвы гумусом обеспечивается за счёт опада деревьев нижнего яруса [16].

Растительность. Господствующей породой в древостое является сосна обыкновенная, к ней примешивается береза повислая, часто образующая значительные по площади самостоятельные насаждения, а в пониженных участках рельефа – осина и единично береза пушистая. За счет искусственных посадок в состав древостоя на отдельных территориях введены лиственница сибирская, дуб черешчатый, тополь бальзамический, ель сибирская, клены – ясенелистный и платановидный. Посадки некоторых деревьев появились благодаря местным природоохранным организациям [4].

Под пологом сосны, отличающейся большим светолюбием, создаются благоприятные условия для произрастания подлеска. В Каштакском бору его составляют: жимолость татарская, кизильник черноплодный, ракитник русский, шиповник коричный, спирея

городчатая, вишня степная, боярышник кроваво-красный, рябина обыкновенная.

В травостое виды из различных семейств, в числе которых целый ряд ценных, редких и исчезающих растений. Можно встретить горицвет весенний, виды башмачков, василек сибирский, которые занесены в Красные книги России и Челябинской области.

Многоярусный травяной покров отличается высоким видовым богатством. Наиболее часто можно встретить: борщевик, вейник тростниковый, колокольчик сборный, василистник малый, костяника, купена многоцветковая и другие виды растений [8].

Лишайники и мхи встречаются довольно редко. Из мхов здесь наиболее обычны виды дикранума и плевроциума, редок – кукушкин лен.

Фауна Каштакского бора довольно разнообразна. Из млекопитающих в борах обитают все виды, свойственные фауне лесостепной и степной зон области, за исключением медведя, сурка и бобра. Обычны заяц-беляк, лисица, белка, косуля сибирская, еж и мышевидные грызуны. Заходят в боры и обитатели горно-лесной зоны: лось, рысь, колонок и куница.

Птицы представлены примерно 60 видами. Наиболее интересной представляется группа певчих птиц. Это зяблики, синицы, гаички, иволга, щегол, конек, пеночки, дрозды, славки, скворец. Часто встречаются ворон, сорока, воробьи, дятлы, кукушка, из хищников – ястреб-перепелятник, черный коршун, малый канюк, пустельга, филин, соколы и даже орлы.

Крайне бедна фауна пресмыкающихся и земноводных. Она представлена змеей медянкой, ящерицами прыткой и живородящей, лягушкой остромордой и тритоном [10].

Наиболее внушителен класс насекомых. В бору можно увидеть самых разнообразных бабочек (чешуекрылых): махаона, голубянку, крапивницу, репницу, сенницу, капустницу, пестрянку, чернушку и других. Обычны муравьи, стрекозы, жуки, шмели, осы, кузнечики, комары, пауки, божьи коровки. Иногда встречается непарный шелкопряд,

наносающий значительный ущерб листовым породам, особенно березе. Из насекомых, включённых в список Красной книги Челябинской области отмечается бабочки большая переливница и сенница геро [6].

Бор находится вблизи г. Челябинск и является важным рекреационным ресурсом, выполняя соответствующие функции. Вблизи бора находятся предприятия металлургического производства, которые оказывают негативное антропогенное влияние на жизнедеятельность Каштакского бора.

Изменение и деградация лесных сообществ происходят преимущественно вблизи г. Челябинска, п. Каштак и по берегам р. Миасс (в южной и юго-западной части бора).

Максимальному антропогенному влиянию подвержены деревья южных территорий, где посещаемость леса чаще. Это проявляется во внешних, морфологических признаках растений, таких как: высота деревьев, крупность листьев, диаметр и объем стволов [9].

Наиболее нарушенные локации – это площадки вдоль р. Миасс и вблизи жилых массивов, которые характеризуются наличием бытового мусора, рекреационной дигрессией и следами низового пожара. На этих участках: тропы занимают 10–15 % площади, мощность подстилки уменьшена, увеличена освещенность, верхний полог леса изрежен, внедряются синантропные виды. Следы низового пожара встречаются на трети территории бора. Здоровые и незначительно ослабленные деревья расположены в центре и на северо-востоке бора, вдали от жилых массивов [9].

Общий уровень загрязнения почвы тяжелыми металлами подвижной формы находится в допустимой категории загрязнения. Высокие показатели уровня загрязнения выявлены лишь на территории вблизи города и в центре бора возле п. Каштак.

Однако если смотреть на отдельные показатели, то средние содержание по некоторым металлам превышает ПДК. Так, цинк в 3,5 раза, свинец в 4 раза, марганец в 2 раза. Такое превышения цинка и свинца

обуславливается влиянием промышленных комплексов: "Мечел", "Челябинский металлургический комбинат". Свинец и цинк являются метаболическими ядами, действующие на фотосинтез и регуляторные процессы. Наличие такого количества марганца объясняется тем, что он накапливается в верхних слоях почв как составляющая органических веществ, а также из-за промышленного загрязнения.

Основные антропогенные факторы, угнетающие природу: загрязнение бытовым мусором, рекреационная нагрузка (вытаптывание, организация тропиной сети), дорожная инфраструктура и низовые пожары. Ландшафты Каштакского бора относят к малоизменённым антропогенной деятельностью [4].

2.2 Методы исследования лесных биотопов

Геоботанические исследования – это изучение фитоценозов, их классификационных систем и закономерностей географического распространения, которые связаны с особенностями условий среды и фитоценологических отношений.

Изучение фитоценозов осуществлено при помощи использования методики полевых геоботанических описаний. На первом этапе выполняется выбор места и заложение пробной площадки, размеры которой зависят от однородности выделенного сообщества. Для лесных сообществ размер площадки составляет 400 – 500 м². Для луговых и болотных сообществ площадка закладывается размеров в 100 м². Необходимые сведения вносятся в бланк геоботанических описаний. В бланке отражены показатели формирования фитоценоза (характеристика области или района исследования – географическое положение, рельеф, микрорельеф, характер почвы, особенности антропогенной трансформации и т.п.) и подробная характеристика флористического состава (видовой список, ассоциации, ярусность, аспект, обилие и т.п.) [7].

Для проведения всестороннего анализа и учёта всех параметров, фитоценозы классифицируются на различные таксономические единицы.

Ярусность (вертикальное расчленение фитоценоза) – вертикальное строение сообществ, которое структурно разграничено на горизонты надземных и подземных функциональных частей флористического состава.

Лесной фитоценоз полно отражает ярусность. Обычно выделяют ярусы (по И.Г. Серябрякову): древостой, подлесок, травяно-кустарничковый, мохово-лишайниковый.

Высота деревьев и кустарников дается в метрах, травянистых растений и кустарничков в сантиметрах.

Мозаичность – горизонтальная неоднородность фитоценоза, которая характеризует неравномерное распределение растений в пространстве в зависимости от орографии, сложения почвенного покрова, фитоценологических взаимосвязей и индивидуальных фенологических особенностей.

Общее проективное покрытие (для травянистых растений) – величина проекции надземных органов растений на поверхности почвы, которая выражается в процентах и может определяться глазомерно. Этот показатель отражает конкуренцию растений различные абиотические факторы среды, среди которых свет, влажность, питательные вещества и пространство.

Сомкнутость крон – показатель древесного и кустарникового ярусов, характеризующий площадь проекций крон деревьев. Данный показатель выражается либо в долях от единицы, либо с помощью глазомерного оценивания сомкнутости крон относительно небосвода.

Аспект – внешний вид фитоценоза, который зависит от флористического состава, индивидуального фенологического состояния растений и их количественного соотношения. Наименование физиономической характеристики дается по преобладающему

аспективному виду с последовательным присоединением существующих аспектов [7].

Обилие – количественное соотношение видов в биоценозе. Объективный подсчет ведется с использованием учёта обилия пород деревьев. Название пород представляют по первой букве в сокращении, цифрами отражено число особей на исследуемой площадке. Субъективный подсчет осуществляется глазомерно для каждого отдельного вида на заложенной площадке, при помощи условных обозначений по школе О. Друде.

Градации шкалы О. Друде показана на рисунке 1 для более удобного и понятного использования с наглядным объяснением основных лексических обозначений (сокращений).

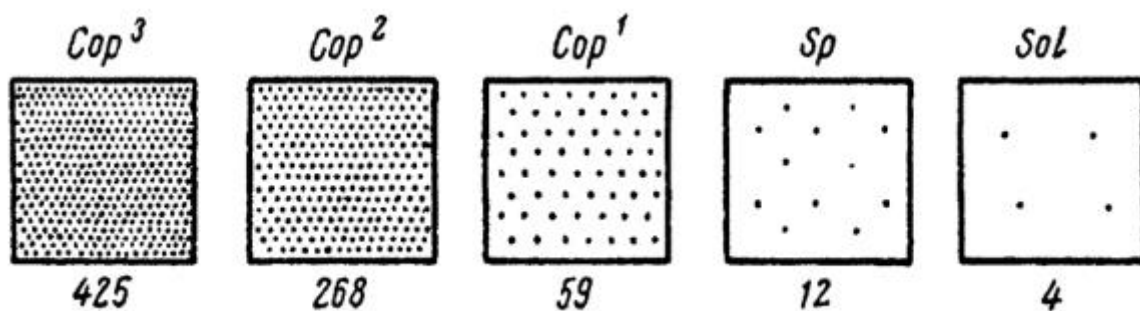


Рисунок 1 – Сопоставление ступеней обилия в градациях шкалы О. Друде на площади в 100 м² (точками обозначены экземпляры растений, цифрами под квадратами – число экземпляров) [7]

Комбинированный подход к оценке признака обилия показан в таблице 1. При геоботанических описаниях такой подход повышает точность исследований и даёт возможность использовать системно-сравнительный анализ.

Признак фенологического состояния растений (периодичность) определяет фенофазу каждого исследуемого вида и отражает закономерности интенсивного цветения и плодоношения, выясняет состояние растительных сообществ и их условия произрастания.

Таблица 1 – Шкалы обилия (численности) видов растений

Характер обилия	Шкала О. Друде	Интерпретация А.А. Уранова (среднее наименьшее расстояние между особями, см на 100 м ²)	Проективное покрытие данного вида, % (Ярошенко, 1961)	Балл обилия (Быков, 1973)
Сплошь (растения смыкаются надземными частями)	Soc (sociales)	–	90	6
Очень обильно	Cop (copiosus)	0–20	90–70	5
Обильно	Cop (copiosus)	20–40	70–50	4
Довольно обильно	Cop (copiosus)	40–100	50–30	3
Рассеяно	Sp (sparsus)	100–150	30–10	2
Единично	Sol (solitarius)	–	Менее 10	1
Чрезвычайно редко	Rr (rarissimo)	–	–	–
Единственный экземпляр	Un (unicum)	–	–	–

Признак фенологического состояния растений (периодичность) определяет ежегодно повторяющееся явление в жизненном цикле – фенологическую фазу каждого исследуемого вида.

Для удобства описаний исследуемых периодов развития, рекомендуется использовать знаковые обозначения, которые отражены в таблице 2.

Ассоциация – совокупность растительных сообществ, произрастающих в сходных экологических условиях и отличающаяся сходным видовым составом и фитоценоотическими взаимосвязями между элементами сообщества.

Эдификаторами сообщества выступают доминантные виды. Наименование ассоциации от верхних ярусов к нижним, по возрастанию преобладания внутри каждого яруса [7].

Название ассоциации отражает доминантные виды. Полидоминантные ассоциации соединяются знаком "+" и сохраняют преобладание в наименовании в последовательном порядке.

Таблица 2 – Фенологическое состояние растений

Фенофаза	Обозначение	
	буквенное	знаковое
Вегетация до цветения	Вег.	-
Бутонизация (колошение у злаковых и осок)	Бут., кшн.	^
Начало цветения и спороношение	Зацв., сп.)
Полное цветение и спороношение	Цв., сп.	0
Отцветание и конец спороношения	Отцв., ксп.	(
Созревание семян (плодов) и спор	Пл., сп.	+
Семена (плоды) и споры созрели и высыплются (оппадают)	Осып.	#
Вторичная вегетация после цветения и спороношения	Вт. вег.	~

Доминантами (господствующими) это виды растений, преобладающие в фитоценозе. Преобладание может выражаться в объеме фитомассы или степени проективного покрытия в ярусах фитоценоза. Растения, доминирующие в подчиненных ярусах, называют содоминантами. Растения, которым принадлежит ведущая определяющая роль в сложении фитоценоза, в создании условий местообитания сообщества, его фитолимата и почвы, независимо от их количества, называют эдификаторами.

Метод экологических шкал. В ходе геоботанических индикационных исследований накоплен большой материал о значении различных сообществ и видов растений как показателей экологических условий. Это послужило основой для создания различных типов индикационных справочников и определителей [2].

Одной из форм индикационных справочников являются экологические шкалы. Л. Г. Раменским были детально разработаны амплитудные шкалы получившие широкое распространение в России. Они являются классификацией местообитаний по отдельным факторам, а именно по увлажнению, богатству и засолению почв, переменности увлажнения, аллювиальности, пастбищной дигрессии. Амплитудные шкалы используются при анализе данных описаний геоэкологических площадок, сделанных с учетом проективного обилия отдельных видов растений, произрастающих на площадках, описанных в пределах данной местности. Шкалы разработаны для 140 видов растений лесостепной и степной зонах европейской части России. Основной их недостаток – это невозможность перехода от качественных к количественным градациям.

Экологические шкалы позволяют определить экологические условия исследуемых биотопов, а так же дать оценку составленной классификации и типологии растительности леса и луга. Так же, с их помощью учитываются процессы изменений условий местообитания при флуктуациях и сукцессиях, обуславливающих динамику флоры [2].

Применение индикации и использование индикационных справочников в качестве вспомогательного метода практикуют при исследованиях в основных направлениях индикационной геоботаники (педоиндикация, литоиндикация, гидроиндикация, индикация полезных ископаемых, индикация естественных процессов и индикация антропогенных процессов), так как являются лишь альтернативой прямым инструментальных измерений геоботанических исследований. Они дают сравнимые и стабильные, хотя и относительные экологические характеристики местообитаниям растительных сообществ [2].

Многомерная классификация. Методы многомерной статистики используются для анализа скрытых взаимосвязей и взаимодействий между объектами, где возможно отражение их структурной композиции в графическом сопровождении результатов.

Исследование растительного покрова можно рассмотреть как систему в многомерном пространстве, метрика которой определяется количеством описаний и числом видов в них, а признаками являются количественные (либо качественные) характеристики видов из описаний. Анализ матрицы сводится к двум процедурам – разбивки всей совокупности на относительно однородные группы и поиск факторов (градиентов), которые объясняют эту разбивку, определяют структуру объектов и особенности варьирования объектов и признаков в пределах обследованной территории.

Формальная разбивка описаний на группы выполняется на основе кластерного анализа с использованием коэффициентов сходства, которые представляют собой расстояния, связывающие признаки между объектами в многофакторном пространстве. Группировка в кластеры производится в соответствии с критериями сопряженности для редукции переменных, которые большое количество данных сводят к небольшому количеству классов, что облегчает интерпретацию результатов. Традиционно в геоботанических и экологических исследованиях используют классификации описаний по матрицам коэффициентов Жаккара, Сьеренсена-Чекановского (Брея-Кертиса), Эвклидово расстояние, корреляции Пирсона.

Нормированные коэффициенты позволяют искусственным путем избавиться от отрицательных коэффициентов и "сблизить" наиболее тесно сопряженные виды. Визуально они могут быть представлены дендрограммами, в которых главная связь отражается в критерии максимальной сопряженности (минимального коэффициента). Длина связи определяется величиной видовой сопряженности: чем она выше, тем длина меньше. По дендрограммам выделяются плеяды сопряженных видов. Границы плеяд чаще всего определяются переходом коэффициента видовой сопряженности от увеличения к уменьшению.

Для построения восходящей иерархической классификационной схемы рекомендуется использовать агломеративные методы группировки в кластеры:

1) метод ближайшего соседа. Определяется последовательным присоединением описаний в зависимости от увеличения расстояния в многофакторном пространстве от пары наиболее близких описаний;

2) метод дальнего соседа. Определяется формированием групп на основе максимальной разницы;

3) центроидный метод. Определяется формированием групп от опорных центральных координат кластеров;

4) метод Уорда. Определяется формированием групп с наименьшей дисперсией в них.

Существует бета-гибкая стратегия Ланса – обобщающая формула совокупности алгоритмов группировки объектов в кластеры, которая позволяет построить точную классификационную схему на основе формальной разбивки.

Проверка точности разработанных классификационных схем и выделенных гомогенных групп (классов) выполняется методами кластерного, многомерного и дискриминантного анализа. Алгоритмы дискриминантного анализа, который в основном используется для геоботанических описаний, максимизируют разницу между известными группами объектов в многомерном пространстве признаков. Для его выполнения должны соблюдаться условия – признаки должны иметь минимальную корреляцию и многомерное нормальное распределение, внутригрупповые дисперсии должны быть гомогенны и модель нужно строить на линейных зависимостях. В ходе дискриминантного анализа выделяются однозначные факторы, определяющие основные классы по признакам и значимые группы для дискриминации.

Многомерная ординация. Метод ординационного анализа позволяет структурировать описание объектов (описаний, классов) взаимно расположенных в пространстве градиентов среды.

Существуют прямой и непрямой методы ординации. Метод прямой ординации основан на линейной зависимости между фактором и численностью вида (сопряженный анализ двух матриц – видов, описаний и факторов среды, описаний), а так же на одномодальных колоколообразных кривых толерантностей видов. Анализ выявляет факторы, определяющие изменения видового состава и численности (проективного покрытия, встречаемости и т.д.) видов, а также выявление того, каким образом происходит ранжирование описаний по этим ведущим факторам среды.

Прямой градиентный анализ выполняется с использованием формальных статистических процедур, в частности, многомерного регрессионного анализа, канонического анализа соответствия (Canonical Correspondence Analysis), анализа избыточности (Redundancy Analysis) и его модификации, основанной на определении меры расстояния (Distance-based Redundancy Analysis).

Непрямой градиентный анализ базируется на изучении матрицы видов, описаний. В ходе расшифровки матрицы выделяются условные оси (факторы), которые задают градиенты вариации растительности. Вдоль этих фракций возможно обособление и ранжирование описаний. Полученные оси сравниваются с различными режимами экологических факторов. Поэтому, априорного определения факторов среды не требуется – модель предполагает формальное выделение таких градиентов.

Метод многомерного шкалирования (Multidimensional Scaling) и, особенно, его непараметрический алгоритм – неметрическое многомерное шкалирование (Non-metric Multidimensional Scaling) являются возможным способом непрямого градиентного анализа почти без погрешностей. Основу алгоритма составляет аппроксимация реальных значений расстояний между объектами линейной монотонной функцией при

фиксированном количестве координат. При этом в алгоритме неметрического шкалирования во внимание принимаются не фактические числовые значения расстояния между объектами, а их ранг относительно друг друга. Процедура шкалирования итерационная, при этом качество «подгонки» расположения объектов в пространстве осей шкалирования тем выше, чем большее число итераций. Качество аппроксимации оценивается согласно значению показателя "стресса", который отображает квадрат разницы между истинными значениями расстояния между объектами и значениями аппроксимирующей функции.

Главным преимуществом многомерного шкалирования является отсутствие любых априорных предположений о данных, возможность использования любой меры расстояния (коэффициента сопряженности) между объектами и решение проблемы нулевой численности видов – в алгоритме задействованы не сами расстояния, а их ранги. Также процедура позволяет, исходя из величины показателя стресса, определять оптимальную метрику многофакторного пространства.

Единственной существенной проблемой непрямой ординации является идентификация осей. В отличие от прямого градиентного анализа, оси непрямой ординации не являются факторами в прямом смысле слова. В связи с этим предлагаются различные методы интерпретации осей.

Во-первых, одновременное проведение двух не прямых ординаций – по факторам среды и признакам растительности, после чего конечные результаты сопоставляются между собой. Недостатком данного метода является наличие данных о факторах среды для всех описаний без исключений, что возможно только при исследованиях небольшого количества описаний или длительных мониторинговых исследованиях.

Во-вторых, проводятся две ординации, но если для части описаний нет данных о факторах среды, то сопоставление производится по видам путем расчета средневзвешенных напряженностей факторов и сравнением ординаций между собой.

В-третьих, составляются видовые списки, приуроченные к противоположным полюсам градиентов факторов; и интерпретация факторов выполняется по наличию (отсутствию) и соотношению таких видов.

Наконец, одним из методов интерпретации осей является проведение корреляционного анализа между нагрузками на оси ("координатами" описаний в факторном пространстве) и фитоиндикационными характеристиками видов (R-методика) или рассчитанными фитоиндикационными показателями описаний (Q-методика). Наилучшие результаты дает использование непараметрических коэффициентов корреляции, например, Спирмена или тау-Кэндалла.

Выводы по второй главе

Каштакский бор имеет особо важное средозащитное, санитарно-гигиеническое, водоохранное, оздоровительное и рекреационное значение для населения Челябинской области и других субъектов Российской Федерации, является уникальным островным бором, реликтом плейстоценовой перигляциальной лесостепи, расположенным в черте города Челябинска и в границах Сосновского района. Изучение флоры данного бора с использованием различных методов исследования биотопов представляет практический и научный интерес.

ГЛАВА 3. БИОТОПЫ КАШТАКСКОГО БОРА

3.1 Экоморфы Каштакского бора

Анализ экоморфов является способом оценки биотопического и ценотического фиторазнообразия. Эта оценка показывает систему адаптации видов к условиям произрастания лесных сообществ по соотношению различных экологических групп, среди которых: экобиоморфы, климоморфы (климат), трофоморфы (трофность почв), гигроморфы (увлажнение), гелиоморфы (освещенность) и ценоморфы (ценоз) [12].

Общий характер фиторазнообразия по отношению к климатическим факторам исследуемой территории оценивался соотношением экобиоморф (жизненных форм) Серебрякова и климаморф (жизненных форм Раункиера). Было выделено 4 экобиоморфа (рисунок 2) во флоре растений, большинство видов относятся к травянистым многолетникам (мн.трав.), древесных форм составило 10 %, древесно-кустарниковой и кустарничковой флоры 13 %.

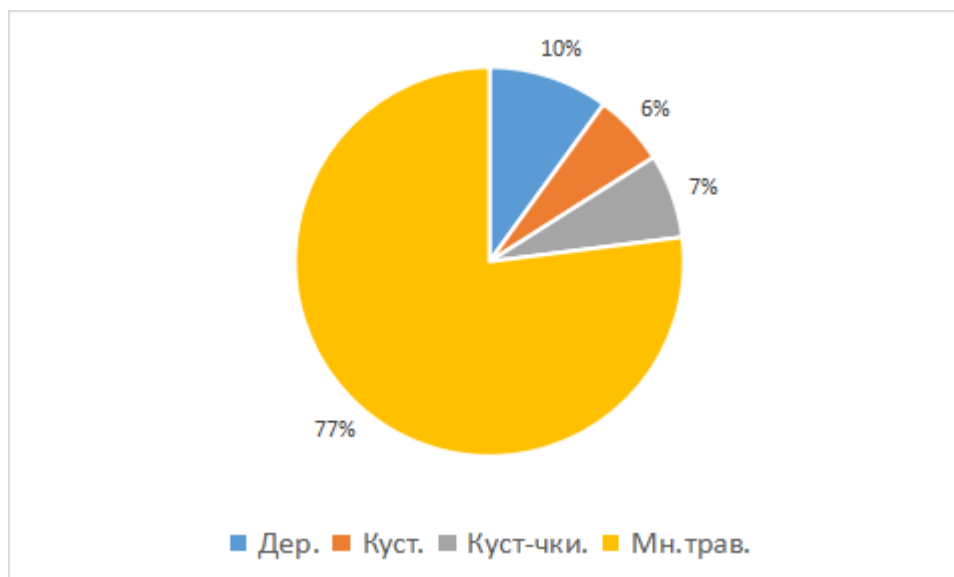


Рисунок 2 – Экобиоморфы флоры Каштакского бора по Серебрякову

Анализ климаморф (рисунок 3) показывает разнообразие в отношении факторов климата данного региона. Основная часть это

гемикриптофиты (HKr), их соотношение составляет 62 %. Доля фанерофитов (Ph) составила 15 %, геофитов (G) – 12 %. Так же были выделены ещё два подтипа – криптофиты (Cr), содержание которого составило 6 % и хамефиты (Ch), доля которых 5 %.

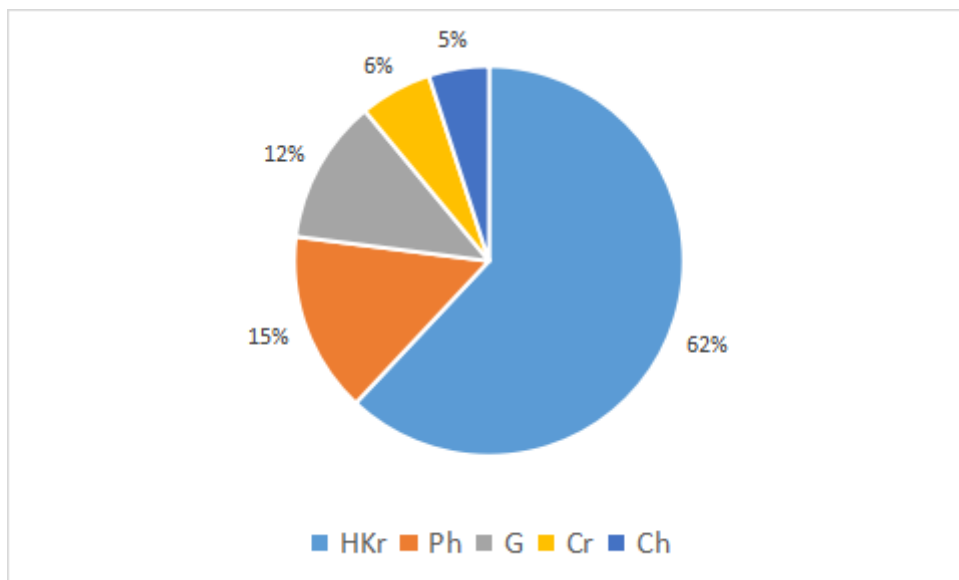


Рисунок 3 – Климаторфы флоры Каштакского бора по Раункиеру

Различия в величинах долей экобиоморф и климаторф связаны с разными подходами при отнесении видов к экологическим группам. Полученные распределения являются классическими для флоры лесостепных и горных лесных территорий Челябинской области. В данном случае подобное разнообразие объясняется особыми условиями соснового бора. Сосна обыкновенная создаёт минимальную сомкнутость крон, что образует достаточную освещённость для активного произрастания многолетних травянистых видов. Такие климатические условия как сильно жаркий летний период и холодная, снежная зима, обуславливают доминантность гемиокриптофитов. Данные растения несут почки возобновления на верхних слоях почвы, прикрываясь подстилкой.

Для наиболее полного изучения лесных сообществ важна оценка ценотического разнообразия (рисунок 4). Для флоры Каштакского бора характерно преобладание лесных видов растений – силвантов (Sil). Так же характерно наличие рудеральных видов (Ru), что естественно для

биотопов расположенных в черте города, поскольку произрастание данных растений указывает на наличие антропогенной трансформации. В равных долях находятся луговая (Pr) и лесо-луговая (SilPr) растительность. Небольшим видовым составом выражена степная (St) флора. Такой спектр ценозов связан с географическими особенностями формирования исследуемой территории, а так же влиянием Уральских гор и деятельности человека вблизи.

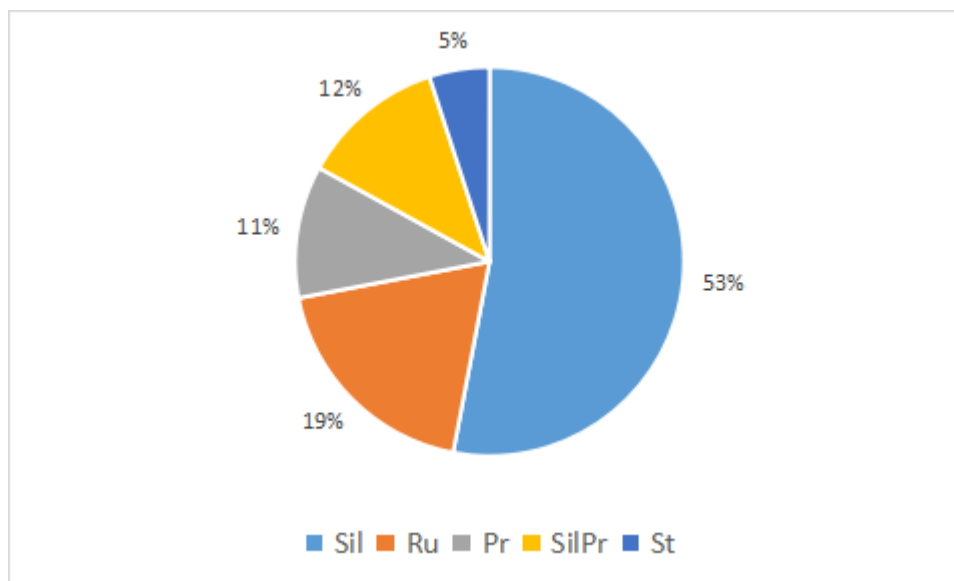


Рисунок 4 – Ценоморфы флоры Каштакского бора

Общие закономерности растительного покрова характеризуются низким содержанием гумуса, биогенных элементов, относительно невысокой влажностью. По правому краю соснового бора проходит река Миасс, что даёт возможность формированию умеренного и высокого увлажнения почвы в ближайших к ней местообитаниях. Анализ тропо-и гигроморф (рисунок 5) указывает на достаточную увлажнённость почв Каштакского бора, поскольку преобладают ксеромезофиты (KsMs) и мезофиты (Ms). Такой спектр характерен для исследуемой местности, обеспечивается приходом влажных горных воздушных масс и расположением вблизи водоёма. Высокая доля мезотрофов (MsTr) указывает на преобладание почв с умеренным содержанием минерального питания. Сосновые боры обеспечивают обильный опад, снабжающий

почву органическим веществом. Такое господство ксеромизофитно-мезотрофных эдафтопов типично для лесостепной растительности.

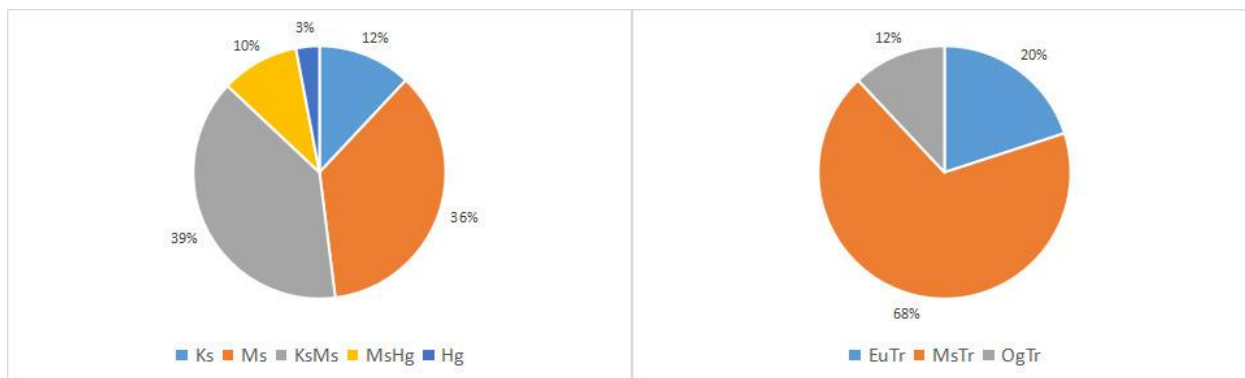


Рисунок 5 – Гигроморфы(слева) и тропоморфы(справа) Каштакского бора

Оценка разнообразия фитоклимата была выполнена в ходе оценки соотношения видов флоры по режимам освещенности (гелиоморфы) и термоклимата (термоморфы) (рисунок 6). В сосновых лесах создается своеобразный световой режим, поскольку кроны деревьев не образуют сильную сомкнутость, поэтому растительность получает обильное количество света.

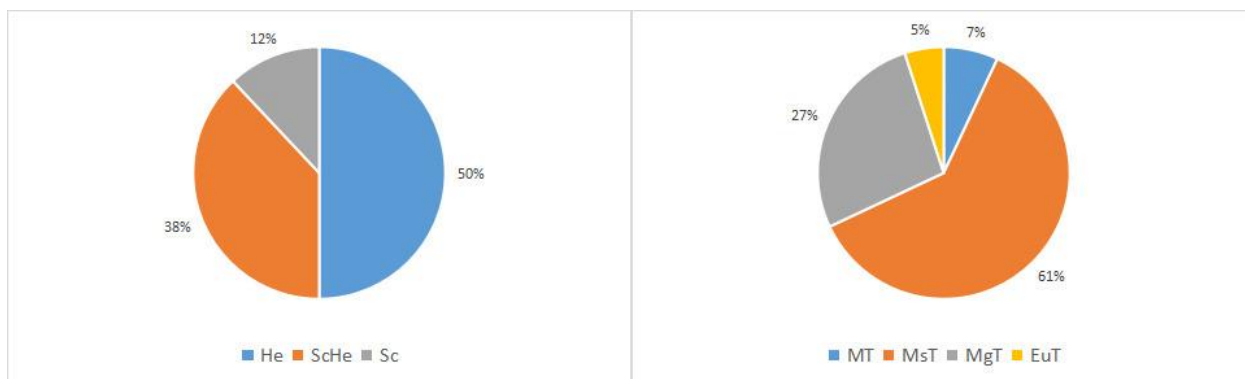


Рисунок 6 – Гелиоморфы (слева) и термоморфы (справа) Каштакского бора

Подавляющее большинство видов адаптировано к изменяющимся условиям освещения, т.е. относятся к сциогелиофитам (ScHe). Высокая доля светолюбивых растений (He), при низкой доле тенелюбов (Sc), так же говорит о высокой степени освещенности биотопов. Большинство этих видов относятся к мезотермам (MsT), это связано с тем, что средние температуры в летний период находятся в пределах 15–20 °С.

3.2 Эколого-ценотическая структура растительности памятника природы "Каштакский бор"

Геоботанические исследования на территории Каштакского бора проводились в летний период 2021 года с закладкой пробных площадок и их описанием, согласно общепринятой методике. Пробные площадки в количестве 50 располагались с учетом максимально возможного охвата территории бора. По описаниям была сформирована база данных. Предварительная классификация описаний выполнялась с использованием кластерного анализа по матрице коэффициента Серенсена-Чекановского с группировкой в кластеры по бета-гибкой стратегии Ланса [13;19].

Также проводилась ординация описаний методом неметрического многомерного шкалирования [19;18]. Оценка биотопов выполнялась фитоиндикационными методами по унифицированным экологическим шкалам почвенного увлажнения (hd) и его переменности (fh), солевого (sl), азотного (nt) и кислотного (rc), режимов, режима кальция (Ca) и почвенной аэрации (ae), термо- (tm) омбро- (om) и криоклимата (Cr), континентальности (Kn) и освещенности (lc) [17]. Проверка классификации растительности и оценка выделенных биотопов в режимах экологических факторов и осях ординации проводилась методами дискриминантного анализа [19] по алгоритму General Discriminant Analysis (GDA). Оси дискриминантного анализа и многомерного шкалирования сопоставлялись с показателями режимов ведущих экологических факторов методом непараметрической корреляции [20] с использованием коэффициента тау-Кэндалла.

Все расчеты выполнялись в пакетах прикладных программ MS Excel, Statistica и PC-ORD.

Всего в описаниях было определен 94 вид сосудистых растений. Изученные растительные сообщества Каштакского бора по материалам описаний характеризуются достаточно высоким видовым разнообразием –

характерны преимущественно 14-видовые растительные сообщества с колебаниями от 5-видовых до 25 видовых. При этом сообщества менее 10 видов встречаются достаточно редко.

Кластеризация геоботанических описаний позволила выделить 13 фитоценохор, но анализ доминант растительного покрова показал, что большинство ценохор представляют собой сосняки, в которых *Fragaria vesca* L. является доминантным либо содоминантом видом с доминантами кустарникового яруса, преимущественно, *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt и *Rubus idaeus* L. Соответственно, для Каштакского бора характерны следующие ценохоры:

1) березо-сосняки кизильниково-малиново-мужскопапоротниково-земляничные (*Pinus sylvestris* L. – *Betula pendula* Roth. – *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt – *Rubus idaeus* L. – *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott – *Fragaria vesca* L.), ценохора характеризуется двумя доминантами кустарникового яруса и травостоя с близкими показателями обилия;

2) сосняки земляничные (*Pinus sylvestris* L. – *Fragaria vesca* L.), для древесного яруса характерно внедрение адвентивного вида *Acer negundo* L.;

3) сосняки шиповниково-земляничные (*Pinus sylvestris* L. – *Rosa acicularis* Lindl. – *Fragaria vesca* L.), второй древесный ярус формирует *Sorbus aucuparia* L., а в кустарниковом достаточно обильно встречается *Frangula alnus* Mill.;

4) сосняки кизильниково-малиново-земляничные (*Pinus sylvestris* L. – *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt – *Rubus idaeus* L. – *Fragaria vesca* L.), для второго древесного яруса характерна *Sorbus aucuparia*, а травостоя – *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce;

5) сосняки брусничные (*Pinus sylvestris* L. – *Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avrorin), во втором ярусе представлена *Sorbus aucuparia*, а в травостое высокими показателями обилия и проективного покрытия

характеризуются *Fragaria vesca*, *Vaccinium myrtillus* L., *Galium boreale* L., *Polygonatum odoratum* и *Rubus saxatilis* L.;

б) сосняки костяничные (*Pinus sylvestris* L. – *Rubus saxatilis* L.), второй ярус представлен *Sorbus aucuparia*, а в травостое высокими величинами обилия характеризуются *Fragaria vesca* и *Polygonatum odoratum*;

7) березо-сосняки малиново-кизильниково-костянично-земляничные (*Pinus sylvestris* L. – *Betula pendula* Roth. – *Rubus idaeus* L. – *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt – *Rubus saxatilis* L. – *Fragaria vesca* L.);

8) сосняки малиново-костянично-земляничные (*Pinus sylvestris* L. – *Rubus idaeus* L. – *Rubus saxatilis* L. – *Fragaria vesca* L.);

9) сосняки малиново-костянично-земляничные (*Pinus sylvestris* L. – *Rubus idaeus* L. – *Rubus saxatilis* L. – *Fragaria vesca* L.) с *Acer negundo* в первом и *Sorbus aucuparia* во втором древесных ярусах, в травостое обильным является *Polygonatum odoratum*;

10) сосняки караганово-костянично-земляничные (*Pinus sylvestris* L. – *Caragana frutex* (L.) K. Koch – *Rubus saxatilis* L. – *Fragaria vesca* L.), в травостое обильным является *Polygonatum odoratum*;

11) сосняки караганово-малиново-костянично-земляничные (*Pinus sylvestris* L. – *Caragana frutex* (L.) K. Koch – *Rubus idaeus* L. – *Rubus saxatilis* L. – *Fragaria vesca* L.), в травостое обильным является *Polygonatum odoratum*;

12) березо-сосняки малиново-земляничные (*Pinus sylvestris* L. – *Betula pendula* Roth. – *Rubus idaeus* L. – *Fragaria vesca* L.), также характеризуются широким внедрением *Acer negundo* в первый древесный ярус и *Sorbus aucuparia* во втором ярусе, в травостое обильным является *Polygonatum odoratum*;

13) березо-сосняки кизильниково-малиново-черничные (*Pinus sylvestris* L. – *Betula pendula* Roth. – *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt – *Rubus idaeus* L. – *Vaccinium myrtillus* L.).

Биотопическая специфичность выделенных ценохор подтверждается методом GDA в рассчитанных по унифицированным фитоиндикационным шкалам режимах ведущих экологических факторах – правильность классификации 100 % для всех ценохор. При этом ведущими факторами их дискриминации являлись функции неметрического шкалирования (ценотические факторы), а также режимы кислотности почв и содержания в почве азота. В целом для биотопов Каштакского бора большинство режимов ведущих абиотических факторов колеблются незначительно (таблица 3), преимущественно в пределах одного типа режима фактора.

Таблица 3 – Характеристика биотопов сосняков Каштакского бора, балл

Ассоциация	Режим биотопа											
	hd	fh	rc	sl	Ca	nt	ae	tm	om	Kn	Cr	lc
1	11,5	5,6	7,2	6,4	6,8	5,5	6,5	8,4	13,3	8,8	7,9	6,5
2	11,7	6,3	7,3	6,3	7,0	5,6	6,4	8,2	13,5	8,7	7,8	7,0
3	11,3	5,7	7,5	6,2	7,1	5,7	6,4	8,2	13,2	9,2	7,7	6,4
4	11,5	5,9	7,3	6,3	7,3	5,3	6,6	8,1	13,2	9,0	7,6	6,5
5	11,3	5,9	7,0	6,1	6,5	5,0	6,3	7,8	13,5	8,8	7,4	6,3
6	11,3	6,1	7,5	6,4	6,6	5,3	6,5	8,0	13,4	8,5	7,7	6,3
7	11,4	6,0	7,7	6,4	6,7	5,4	6,3	8,0	13,3	8,8	7,6	6,5
8	11,3	6,1	7,5	6,6	6,8	5,3	6,2	8,0	13,2	8,9	7,5	6,6
9	11,4	6,2	7,6	6,7	6,9	5,4	6,3	8,0	13,3	8,8	7,7	6,6
10	10,7	6,4	7,6	6,8	7,2	5,2	6,1	8,3	13,0	9,3	7,7	6,9
11	11,6	6,1	7,3	6,5	6,6	5,8	6,4	8,1	13,3	9,0	7,6	6,4
12	11,1	6,3	7,6	6,6	7,2	5,7	6,4	8,3	13,3	8,7	7,9	6,7
13	11,6	5,6	6,9	6,2	6,3	5,3	6,7	7,9	13,6	8,7	7,4	5,8

Фитоиндикацией определяются следующие режимы ведущих абиотических факторов Каштакского бора:

– почвенное увлажнение свежего мезофильного типа с полным промачиванием корнеобитаемого слоя почвы атмосферными осадками и

талыми водами, наименьшие величины (переходные к свежеватому типу) характерны для сосняков караганово-костянично-земляничных;

– переменность почвенного увлажнения умеренно равномерная;

– кислотность почв от среднекислых (березо-сосняки черничные) к слабокислым (большинство биотопов) и близким к нейтральным (березо-сосняки малиново-кизильниково-костянично-земляничные);

– солевой режим соответствует режиму небогатых солями (большинство биотопов) и переходных к достаточно богатым (сосняки караганово-костянично-земляничные) солями почв;

– для биотопов характерно отсутствие либо незначительное (сосняки кизильниково-малиново-земляничные) содержание почвенного кальция;

– почвы биотопов характеризуются как бедные минеральным азотом (0,2–0,3 %);

– почвы биотопов определяются как умеренно аэрированные с полным промачиванием корнеобитаемого слоя почвы;

– терморегим близкий к субмезотермному типу, омброрегим (атмосферные осадки) пергумидного типа, климат гемиконтинентальный при умеренно холодных зимах (-14– -10 °С);

– режим освещенности – от полутеневого (березо-сосняки черничные) до полуосветленного (сосняки земляничные) типа экологической структуры (по А. Л. Бельгарду [1]).

Неметрического многомерное шкалирование биотопов по показателям стресса определяет три оси ординации, при этом наблюдается сложный характер взаимосвязи первых двух осей с режимами ведущих абиотических факторов (таблица 4). Первая ось по эдафическим режимам определяется снижением режима почвенного кальция и азота и снижением аэрации почв (нарастании содержания физической глины и снижения порозности) и ростом переменности увлажнения почв, а по климатическим – с падением терморегима и уменьшением амплитуды колебаний температур (континентальности). Это ценотический ряд сосновых боров

бореальной Лесной зоны по оси трофности почв. Вторая ось характеризуется более сложными взаимосвязями с эдафическими факторами – нарастание сухости, переменности увлажнения и кислотности почв с ростом содержания в почве кальция и снижением аэрации почв. С учетом того, что по климатическим режимам вторая ось связана с увеличением термоклиматических характеристик и снижением показателей омброклимата (нарастание сухости), то ее можно охарактеризовать как ценотический ряд боров (сосняков и березо-сосняков) умеренной Лесной и Лесостепной зоны по оси трофности почв. Третья ось – рост почвенного увлажнения и криорежима.

Таблица 4 – Идентификация осей многомерного шкалирования биотопов сосняков Каштакского бора

Оси	Режим биотопа											
	hd	fh	rc	sl	Ca	nt	ae	tm	om	Kn	Cr	lc
NMS_1	-0,15	0,24	0,03	0,16	-0,34	-0,29	-0,19	-0,40	0,17	-0,25	-0,19	-0,15
NMS_2	-0,22	0,25	0,23	0,15	0,48	-0,06	-0,23	0,23	-0,27	0,19	0,16	0,40
NMS_3	0,22	0,04	0,11	0,16	0,02	-0,02	-0,02	0,12	-0,05	-0,08	0,20	0,17
Примечание – Полужирным выделены статистически значимые величины тау-Кендалла.												

Ценотическая ординация выполнялась в трех осях неметрического многомерного шкалирования (NMS) показала наличие трех ценотических рядов. Первый ряд (рисунок 7: *a–б*, слева) – гидросерия земляничников без участия костяники. Второй ряд ценотического замещения (рисунок 7: *a* – в центре сверху вниз; рисунок 7: *б* – в центре слева направо) – бореальная трофосерия малиновых костянично-земляничников к соснякам черничным, связанная в первую очередь с режимами кислотности и азотным почв. Третий ряд (рисунок 7: *a–б*, справа) – бореальная трофосерия и гидросерия костянично-земляничников к соснякам брусничным. Вторая и третья серии – классические сукцессионные ряды бореальных сосняков.

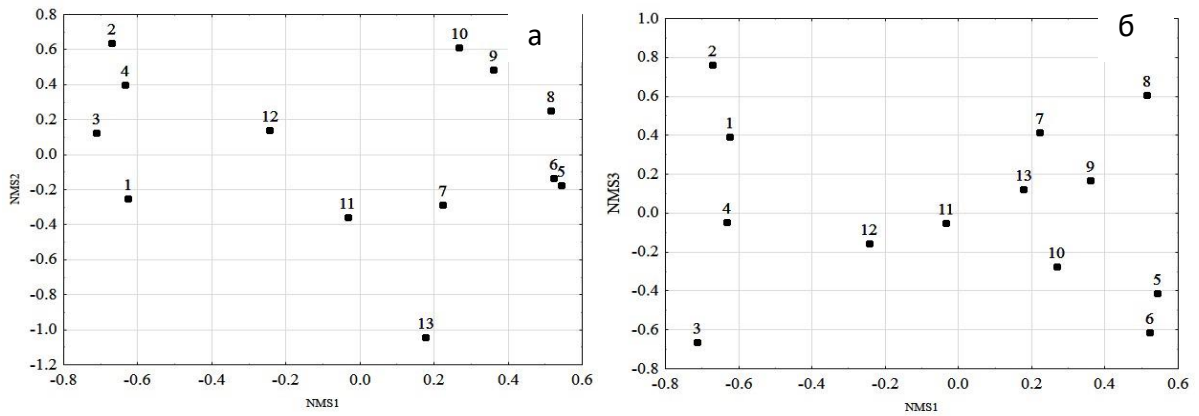
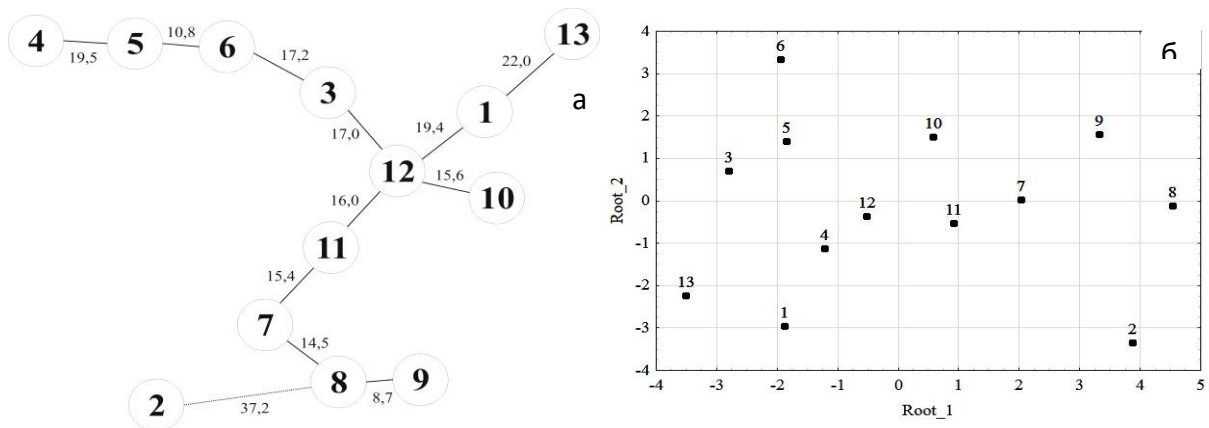


Рисунок 7 – Ординация растительности сосняков Каштакского бора в осях неметрического многомерного шкалирования (NMS_1, NMS_2, NMS_3)

В эколого-ценотическом пространстве ординация биотопов ассоциаций растительности выполнялись по матрице квадрата расстояния Махаланобиса методом максимального корреляционного пути [12] (рисунок 8: а) и в пространстве первых двух дискриминантных функций (рисунок 8: б).



а – методом максимального корреляционного пути (цифрами указан квадрат расстояния Махаланобиса); б – в первых осях дискриминантных функций (Root_1, Root_2)

Рисунок 8 – Ординация биотопов ассоциаций сосняков Каштакского бора

Ординация в эколого-ценотическом пространстве показала единый ряд биотопического и ценотического замещения сосняков Каштакского бора с тремя биотопическими «центрами» (рисунок 8: а). С одной стороны ряда находятся мезофильные сосняки земляничные (2) полуосветленной экологической структуры, являющиеся, вероятно, типичными для лесостепных сосновых боров Южного Урала. Следующей стадии являются

сосняки малиново-костянично-земляничные (8) и их антропогенно нарушенный вариант с *Acer negundo*, формирующие первый биотопический центр ряда замещения. Далее через кизильниковые (7) и карагановые малиново-костянично-земляничные ценозы боры ряд переходит ко второму, слабо выраженному, биотопическому «центру» малиново-земляничных березо-сосняков (12) и сосняков караганово-костянично-земляничных (10). От него прослеживаются два варианта ряда замещения:

1) через мужскопапоротниково-земляничных (1) к черничным березо-соснякам (13);

2) к третьему биотопическому "центру" сосняков костяничных (6) и брусничных (5). Последний «центр», судя по всему, является типичным для боров Южного Урала бореального типа.

В пространстве первых двух дискриминантных функций (рисунок 8 : б) этот единый ряд также хорошо прослеживается, в том числе видно, как выделенные ранее ценотические ряды входят в единую систему ряда биотопического замещения. Таким образом, полученный ряд биотопического и ценотического замещения, состоящий из трех ценотических рядов и трех "биотопических" центров является и одним из сукцессионных рядов южно-уральских сосновых боров от сосняков лесостепных умеренного климата к бореальным соснякам Лесной зоны.

3.3 Биоразнообразие Каштакского бора

Любое лесное сообщество представляет собой не только сумму определённых видов, но и характер взаимоотношений между ними, степень распределения в биотопе.

Оценка биологического разнообразия флоры позволяет оценить показатель сложности и структурированности биологической системы, разнокачественность её компонентов.

Для изучения биологического разнообразия в Каштакском бору было заложено 50 геоботанических площадок. Компонентами оценки стали относительные обилия видов на каждой площадке.

Индекс Шеннона (H) позволяет измерить разнообразие видов, при учёте их однородности.

Преимущество его использования состоит в охвате доминирующих видов и видов, находящихся в малых количествах. Рассчитывается по формуле (1):

$$H = - \sum p_i \ln(p_i), \quad (1)$$

где, p_i – показатель доли вида в сообществе.

Индекс Симпсона (C) позволяет определить меру разнообразия видов в сообществе, учитывая меру относительной численности каждого вида, рассчитывается по формуле (2):

$$C = \sum p_i^2, \quad (2)$$

где, p_i – показатель доли вида в сообществе.

Для исследования выравненности видов в сообществе использовался индекс Пиелу (P), который рассчитывается по формуле (3).

$$E = \frac{H}{\log S}, \quad (3)$$

где, H – Индекс Шеннона;

S – количество видов.

Оценка относительного обилия проводилась глазомерно, с использованием шкалы Друде. Поскольку данное сообщество гомогенное, была использована статистика индексов α -разнообразия, которая отражена в таблице 5.

При оценке степени биоразнообразия принимались во внимание факторы видового богатства и выравненности обилий видов.

На исследуемой территории наблюдается высокий средний показатель индекса Шеннона и низкие значения индекса Симпсона, что говорит о высоком уровне биоразнообразия. В отношении сосновых боров это состояние обеспечивает стабильность экосистемы, поскольку

устойчивость в стрессовых ситуациях поддерживается дублированием видов. Относительно большой интервал между минимумом и максимумом указывает на наличие биотопов с небольшим количеством видов. Статистика индексов Симпсона определяет незначительную доминантность видов в сообществе. Показатели положительного эксцесса и асимметрии показывают неравномерность распределения флоры в исследуемом лесном сообществе, где биоразнообразие распределяется в соответствии с изменениями градиента среды обитания.

Таблица 5 – Статистика индексов биоразнообразия Каштакского бора

	Индекс Шеннона	Индекс Пиелу	Индекс Симпсона
Среднее	2,52	0,98	0,09
Стандартная ошибка	0,04	0,00	0,004
Медиана	2,52	0,98	0,08
Стандартное отклонение	0,27	0,02	0,03
Дисперсия выборки	0,07	0,00	0,001
Эксцесс	2,18	17,28	10,33
Асимметричность	-0,56	-2,65	2,39
Интервал	1,62	0,17	0,18
Минимум	1,57	0,86	0,04
Максимум	3,18	1,03	0,22

Каштакский бор характеризуется пространственной гетерогенностью. Это связано с эколого-климатическими характеристиками территории, проявляющими свою прерывистость и формирующими мозаичность системы. Для данного биоценоза характерен выровненный видовой состав, на что указывают данные индекса Пиелу, поскольку большая доля обычных и малочисленных видов. Основными факторами, обеспечивающими высокое разнообразие флоры, являются наличие различных деревьев и отсутствие на некоторых территориях значительного антропогенного влияния.

Выводы по третьей главе

Разнообразие типов сосновых боров, к которым относится исследуемая территория, исходит из сформировавшихся экологических условий. Важные закономерные адаптации к лесорастительным условиям выявлены с помощью экоморфического анализа.

В результате исследования было выделено 13 сосновых и березово-сосновых растительных сообществ. При этом ведущими факторами их дискриминации являлись функции неметрического шкалирования (ценотические факторы), а также режимы кислотности почв и содержания в почве азота.

Лесорастительные условия Каштакского бора однообразные, показатели режимов абиотических факторов варьируют в пределах одного типа режима, а различия между сообществами определяются в первую очередь ценотическими особенностями растительного покрова.

Флора Каштакского бора отличается высоким биологическим разнообразием и неравномерным распределением количества видов на территории биотопа.

ГЛАВА 4. ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРОЕКТНУЮ И ВНЕУРОЧНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ШКОЛЕ

4.1 Реализация этапа проектной деятельности

Тема проекта: Влияние факторов абиотической среды на состав флоры Каштакского бора.

Цель: Изучить влияние факторов абиотической среды на состав флоры Каштакского бора.

Задачи:

1. Изучить видовой состав растений Каштакского бора по экоморфам.

2. Провести анализ почвы на количественное содержание органического вещества.

3. Сделать выводы об особенностях морфологии, физиологии и анатомии растений.

Объект исследования: пробы почв Каштакского бора

Предмет исследования: влияние содержания органического вещества почвы на видовой состав растений.

Методы: Обще-исследовательский, лабораторная работа.

Ход работы: Изучение взаимоотношений отдельных организмов с факторами их жизненной среды очень актуально, поскольку эти связи – основное условие жизни организмов и их сообществ. Через эти связи реализуются механизмы круговорота биогенных веществ, механизмы передачи энергии, механизмы устойчивости экосистем. Эти связи настолько отточены ходом эволюционного процесса, что нарушение хотя бы одной из них может повлечь за собой цепь необратимых последствий вплоть до гибели экосистемы или перестройки её структуры. Это обязательно должен помнить человек, вмешиваясь в природу своей производственной деятельностью.

Исследование включает изучение абиотических факторов, взаимодействующих с изучаемыми видами растений на протяжении всего их жизненного цикла. По результатам исследования делается вывод об особенностях анатомии, морфологии и физиологии растений. Любой организм должен быть определенным образом приспособлен к воздействию специфических экологических факторов. Разнообразные приспособления организмов называются адаптации. Благодаря разнообразию адаптаций возможно распределение выживаемости организмов в зависимости от интенсивности действия экологического фактора.

Первым этапом проектной деятельности стало определение учеником основных целей, задач, объектов и методов исследования, а так же выбор подходящих методик [3].

Для определения количественного содержания углерода почвы был выбран метод сухого озоления. Он основан на нагревании органических веществ до высокой температуры при доступе воздуха. Были отобраны три пробы почв с разных участков территории Каштакского бора и с разным флористическим составом. Репрезентативная часть почвенной пробы предварительно обработана (высушенная и просеянная до 2 мм.) и порфиризована (мелко и однородно измельчена). При разрушении органических веществ с помощью этого метода на исследование взяли относительно небольшие навески (40 грамм) исследуемого объекта. Данные навески поместили в фарфоровые тигли. Тигли с пробой поместили в муфельную печь и постепенно нагрели до температуры 450–500 °С. После полного сгорания и остужения взвесили образовавшийся остаток. В результате были получены результаты и сделаны следующие выводы: содержание органического вещества во всех трёх пробах почв умеренное, не высокое, что типично для соснового леса. Это обусловлено неблагоприятными, мозаичными условиями увлажнения почвы. Для такого типа почв типичны мезотрофные растения.

Затем был проведён анализ флористического состава биотопов Каштакского бора. Флора оценивалась по системе адаптаций видов к условиям произрастания лесных сообществ по соотношению трофности почв. Для исследования были взяты три пробные площадки, наиболее разнообразные по видовому составу. Состав флоры типичный для лесов соснового бора и определяется присутствием доминантного вида – сосны обыкновенной, которая является типичным ксерофитом и создаёт условия высокой освещённости. В древостое так же встречается берёза повислая, в последние годы высажен клён ясенелистный. Подлесок представлен кустарниками малины, караганы кустарниковой, кизильник черноплодный. Травяной ярус разреженный. Доминантным видом в травостое является земляника обыкновенная. Из-за особых экологических условий, в травостое преобладают мезотрофные растения, имеющие соответствующие адаптации. Это кошачья лапка двудомная, ястребинка волосистая, брусника. В некоторых местах обильно встречается купена душистая.

Учащимся был сделан вывод об экологических адаптациях данных видов к почвенным факторам среды, а и именно содержанию органических веществ. Содержание органических веществ распределяется по Каштакскому бору равномерно, что обуславливает не разнообразный состав флоры в разных его участках. Большинство произрастающих растений относятся к олиготрофам или мезотрофам. Адаптировались к подобным условиям благодаря механизмам эффективного поглощения и накопления питательных веществ, низким темпам роста. Некоторые растения могут справиться с дефицитом питательных веществ в бедных почвах за счет модификации морфологии корней, поглощения питательных веществ и метаболизма. Поскольку на содержание органического вещества влияет засушливость почвы, то активно преобладают растения ксерофиты, которым свойственны особые адаптации. Это адаптивные признаки листьев: мелкие, суккулентные, кожистые, сильно опушенные.

4.2 Организация внеурочного мероприятия на основе исследования

Тема: Виртуальная экскурсия "Памятник природы Каштакский бор".

Класс: 10

Цель: Познакомить учащихся с памятником природы областного значения "Каштакский бор" и его природой.

Задачи:

Образовательные:

- изучить основной видовой состав растений Каштакского бора;
- ознакомиться с экологическими особенностями растительности Каштакского бора;
- сделать более доступными сведения о памятнике природе "Каштакский бор";

Развивающая:

- расширять и углублять знания о растениях, встречающихся на территории Челябинской области;

Воспитательные:

- воспитывать бережное отношение к природе;
- привлечь внимание к проблемам сохранения и восстановления лесных ресурсов и охраны окружающей среды;

Виртуальная экскурсия – это организационная форма образовательной деятельности, отличающаяся от реальной экскурсии виртуальным отображением реально существующих объектов.

Виртуальная экскурсия в работе со школьниками позволяет получить визуальные сведения о местах недоступных для реального посещения, экономить время и средства. Достоинства данных экскурсий в том, что учитель сам отбирает нужный ему материал, составляет необходимый маршрут, изменяет содержание согласно поставленным целям и интересам детей.

Материалами для создания экскурсии послужили собранные во время геоботанических описаний фотографии, а так же результаты исследования.

В ходе внеурочного мероприятия учащиеся ознакомились с географическим и административным положением памятника природы, узнали об основных лесообразующих породах, наиболее распространённых травянистых видах растений, уделили внимание растениям из Красной книги. Так же изучили экологические особенности флоры, влияние абиотических факторов на формирование Каштакского бора. Особая значимость в ходе экскурсии придавалась формированию бережного отношения к природным ресурсам, мерам её охраны и сохранения биоразнообразия, как важной экологической задачей.

Выводы по четвёртой главе

Проектная деятельность по предмету экология в школе актуальна, поскольку программа ФГОС второго поколения предъявляет очень высокие требования к освоению учащимися метапредметных навыков. Реализация проектной деятельности позволяет ученикам овладеть исследовательскими навыками, которые включают в себя умение видеть проблему, выдвигать соответствующие гипотезы, проводить практические работы и уметь анализировать полученные результаты, делая соответствующие выводы. Проведение виртуальной экскурсии позволило детям получить объективные знания о особенностях флоры при помощи доступных средств, повысить интерес в познании окружающего мира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сохранение состояния современных сосновых боров является одним из приоритетных направлений природоохранной деятельности. Сосновые боры способны обеспечить рекреационную и оздоровительную функции, обеспечивая чистый воздух, регуляцию климата, баланс воды и кислорода.

Флористический состав и ценотическая структура памятника природы Каштакский бор характеризуются незначительной антропогенной трансформацией, о чём говорит высокая степень биоразнообразия видов растений на обследованной территории.

С использованием методов многомерной статистики определено 13 сосновых и березово-сосновых растительных ассоциаций. Значительное большинство из них являются вариантами земляничников, отличающихся доминантами кустарникового яруса и содоминантами травостоя, либо ассоциациями с содоминированием земляники. При этом выделенные сообщества связаны со специфичными по режимам экологических факторов и ценотической структуре биотопами.

Определены режимы ведущих эдафических и климатических режимов биотопов Каштакского бора. Лесорастительные условия бора однообразные, показатели режимов абиотических факторов варьируют в пределах одного типа режима, а различия между сообществами определяются в первую очередь ценотическими особенностями растительного покрова. Ведущими факторами дискриминации лесных биотопов являются режимы кислотности почв и содержания в почве азота.

Методами многомерной статистики с корреляционной оценкой ведущих абиотических факторов установлено наличие трех рядов: ценотического замещения растительности Каштакского бора: сосновых боров, соответствующих растительности бореальной Лесной зоны, сосняков и березо-сосняков, соответствующих растительности умеренной

Лесной и Лесостепной зоны, и ряд биотопического замещения, определяемый ростом почвенного увлажнения и криорежима.

Наблюдается сложный характер взаимосвязи ценотической структуры лесных сообществ с режимами ведущих абиотических факторов, который определяет три сукцессионные серии: гидросерия земляничников без участия костяники, бореальная трофосерия малиновых костянично-земляничников к соснякам черничным и бореальная трофосерия и гидросерия костянично-земляничников к соснякам брусничным. Выделенные серии формируют единый ряд биотопического и ценотического замещения сосняков Каштакского бора с тремя биотопическими "центрами". Два крайних в серии "центра" идентифицируются как сосняки земляничные и сосняки костяничные и брусничные, образуя между собой сукцессионный ряд южно-уральских сосновых боров от сосняков лесостепных умеренного климата к бореальным соснякам Лесной зоны.

Результаты исследования были успешно использованы в реализации школьного проекта и внеурочного мероприятия. Реализация этапа проектной деятельности позволила ученику овладеть исследовательскими навыками, которые включают в себя умение видеть проблему, выдвигать соответствующие гипотезы, проводить практические работы и уметь анализировать полученные результаты, делая соответствующие выводы. При этом школьник использовал навыки самостоятельного поиска информации, учатся размышлять, опираясь на определённые факты. Проведение виртуальной экскурсии позволило детям получить объективные знания о особенностях флоры при помощи доступных средств, повысить интерес в познании окружающего мира

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – Москва : Лесная промышленность, 1971. – 321 с.
2. Викторов С. В. Индикационная геоботаника : учебное пособие / С. В. Викторов, Г. Л. Ремезова. – Москва : Издательство МГУ, 1988. – 168 с.
3. Елизарова И. А. Сущностный анализ проектной деятельности / И. А. Елизарова // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. – 2012. – №12. – С. 111–113.
4. Ищенко А. И. Оценка экологического состояния Каштакского бора на основе комплексного физико-географического описания с применением данных дистанционного зондирования / А. И. Ищенко // Степи Северной Евразии: материалы IX международного симпозиума. – 2021. – №2. – С. 32.
5. Коваленко Е. И. Правовой статус и режим охраны и использования особо охраняемых природных территорий: постановка проблемы / Е. И. Коваленко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Право. – 2021. – №8. – С. 45–47.
6. Красуцкий Б. В. Первые данные по фауне булавоусых чешуекрылых памятника природы "Каштакский бор" (Челябинская область) / Б. В. Красуцкий // Фауна Урала и Сибири. – 2020. – №10. – С. 28–31.
7. Куликов Г. Г. Основные геоботанические методы изучения растительности. Летняя учебно-производственная практика. Часть 2. / Г. Г. Куликов. – Москва : Издательство МГУ, 2006. – 152 с.

8. Левченко А. И. Оценка экологической валентности видов основных эколого-ценотических групп сообществ Каштакского бора – памятника природы Челябинской области / А. И Левченко, И. А. Гетманец // Вестник Пензенского государственного университета. – 2016. – №9. – С. 21–26.

9. Манторова Г. Ф. Каштакский бор – памятник природы г. Челябинска. Древесная флора Каштакского бора и ее трансформация под влиянием естественной и антропогенной деятельности / Г. Ф Манторова // Актуальные вопросы естественных и математических наук в современных условиях развития страны: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – 2015. – № 2. – С. 88 –94.

10. Мейлах Э. В. Рекреационная устойчивость островных боров Южного Урала / Э. В. Мейлах. – Челябинск, [б.и.], 2003. – 130 с.

11. Моисеев А. П. Островные боры – памятники природы / А. П. Моисеев, М. Е. Николаева // Памятники природы Челябинской области. – Челябинск : Южно-Уральское книжное издательство, 1987. – С. 117–120.

12. Серебряков И Г. Экологическая морфология растений / И. Г. Серебряков. – Москва : Высшая школа, 1962. – 379 с.

13. Терентьев П. В. Метод корреляционных плеяд / П. В. Терентьев // Вестник Ленинградского государственного университета. – 1959. – № 9. – С. 137–14.

14. Ханина Л. Г. Новый метод анализа лесной растительности с использованием многомерной статистики (на примере заповедника Калужские засеки): / Л. Г. Ханина, В. Э. Смирнов, М. В. Бобровский // Бюллетень МОИП. Серия Биологическая. – Москва : Издательство Московского университета, – 2002. – Т. 107, вып. 1. – С. 40–47.

15. Особо охраняемые природные территории России : официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течении суток. – URL: <http://oopt.aari.ru> (дата обращения 12.04.2022). – Текст : электронный.

16. Постановление Правительства Челябинской области от 15 февраля 2007 г. N 27-П "Об утверждении положений о памятниках природы Челябинской области Челябинский (городской) и Каштакский боры" / Гарант: информационно-правовое обеспечение : официальный сайт. – Москва. – 2007. – URL: <http://base.garant.ru/8701294/687e7228665f12eebad8dac3120bf4ed> (дата обращения 15.03.2022). – Текст : электронный.

17. Южно-Уральская погода : официальный сайт. – Челябинск : Челябинский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Уральское УГМС», 2006. – URL: <http://chelrogoda.ru> (дата обращения 18.04.2022). – Текст : электронный.

18. Didukh Ya. P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication / Ya. P. Didukh. – Kyiv : Phytosociocentre, 2011. – 176 p.

19. Legendre L. Numerical ecology / L. Legendre, P. Legendre. – Amsterdam : Elsevier Science B.V, 1998. – 853 p.

20. McCune B. Analysis of Ecological Communities. MjM SoftWare Design / B. McCune, J. B. Grace, 2002. – 300 p.

21. Persson S. Ecological indicator values as an aid in the interpretation of ordination diagrams / S. Persson // Journal of Ecology, 1981. – Vol. 69. – № 1. – P. 71–84.