



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

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

**Флора и растительность ландшафтного ботанического памятника
природы «Аландский бор» (Оренбургская область)**

**Выпускная квалификационная работа по направлению
05.03.06 Экология и природопользование**

Направленность программы бакалавриата

«Природопользование»

Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:
_____ % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

« 06 » июня 2022г.

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

_____ Сутягин А.А.

Выполнил:

Студент группы ОФ-401/058-4-1
Исмухамбетов Артур Амерович

Научный руководитель:
проф., д.р биол. наук

_____ Назаренко Назар Николаевич

Челябинск
2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ЛЕСА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	5
1.1 Общая характеристика лесов Оренбургской области	5
1.2 Физико-географическая характеристика Аландского бора	9
Вывод по первой главе	14
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ЛЕСНЫХ БИОТОПОВ	15
2.1 Методика геоботанических описаний лесных экосистем.....	15
2.2 Методы фитоиндикации лесных биотопов.....	19
2.3 Методы классификации и ординации лесных сообществ	26
ГЛАВА 3. ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ АЛАНДСКОГО БОРА	31
3.1 Характеристика исследования Аландского бора.....	31
3.2 Экоморфы Аландского бора	36
3.3 Эколого-ценотическая структура растительности Аландский бора.....	39
Выводы по третьей главе.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

Оренбургская область характеризуется уникальным флористическим разнообразием в силу своего географического положения на стыке нескольких природных зон. Леса в области являются природным достоянием и при низкой лесистости территории Оренбургской области имеют большое значение для выполнения климаторегулирующих, почвополезащитных, оздоровительных, водоохраных, санитарно-гигиенических, рекреационных и других функций. Они являются каркасом в стабилизации экологической обстановки в регионе [14].

На северо-востоке Кваркенского района выделяется участок своеобразной «лесостепи», где расположены островные массивы сосновых, березово-сосновых и сосново-лиственничных лесов. Эта лесостепь является «ложной», поскольку лесная растительность здесь соседствует с типично степными и полупустынными ландшафтами и не является зональным явлением, а сами островные леса являются остатками сосново-лиственничных боров и березняков, дошедших до нас со времен ледниковой эпохи [23].

Примером таких лесов служит памятник природы «Аландский бор», находящийся возле с. Аландского в 2,3 км к северо-востоку. Такой лес относится к типу степных боров. Подобные боры являются уникальными экосистемами, для которых составление современной инвентаризации и экологической паспортизации флоры является актуальной задачей. Памятник природы «Аландский бор» относится к особо охраняемой природной территории.

Для сохранения и развития ООПТ необходимо знать о ее текущем состоянии. С момента организации данного памятника природы в 1998 г. новые исследования по растительности не проводились, поскольку нами данные о каких-либо исследованиях на его территории после организации

памятника природы обнаружены не были. Необходима актуализация данных о состоянии флоры и растительности.

Цель работы: оценка растительности и биотопов регионального ландшафтно-ботанического памятника природы «Аландский бор» (Кваркенский район Оренбургской области).

Задачи:

1) провести полевые геоботанические обследования памятника природы «Аландский бор»;

2) составить флористический список по материалам полевых исследований;

3) провести экологическую паспортизацию флоры памятника природы «Аландский бор»;

4) дать оценку современного состояния растительности и биотопов памятника природы «Аландский бор».

Объект: лесные насаждения ботанического памятника природы «Аландский бор».

Предмет: флора, растительность и биотопы памятника природы «Аландский бор».

ГЛАВА 1. ЛЕСА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

1.1 Общая характеристика лесов Оренбургской области

Оренбургская область входит в состав Приволжского федерального округа, которая расположена на юго-восточной окраине Восточно-Европейской равнины, на Южном Урале и в Южном Зауралье. По ее территории проходит граница двух частей света – Европы и Азии.

Территория области простирается с запада на восток на 750 км, с севера на юг в западной части на 350 км, в центральной – на 60 и в восточной – на 220 км. Ее площадь равна 124 тыс. км² [24].

Общая площадь земель, на которых располагаются леса на территории Оренбургской области, по состоянию на 01.01.2018 составляет 721,6 тыс. га (5,8 % от общей площади области), в том числе леса:

- 1) на землях лесного фонда 631,2 тыс. га (87,5 %);
- 2) на землях обороны и безопасности – 17,6 тыс. га (2,4 %);
- 3) на землях населенных пунктов – 10,6 тыс. га (1,5 %);
- 4) на землях особо охраняемых природных территорий – 62,2 тыс. га (8,6 %) [11].

Современные лесопокрываемые площади и их распределение по районам обусловлено, главным образом, ландшафтно-типологической структурой.

Естественные леса Оренбургской области подразделяются на:

- 1) пойменные,
- 2) надпойменно-террасовые (аренные),
- 3) байрачные,
- 4) водораздельные.

Леса на территории области расположены неравномерно. Довольно крупные массивы и колки сосредоточены в северной и северо-западной части области, в лесостепной и степной зонах. По мере продвижения с

севера на юг и с запада на восток, леса приобретают колочный характер и представлены чаще всего значительным количеством разрозненных между собой участков и колков площадью от 0,5 до 100 га, разбросанных на большой территории среди полей, степей, по оврагам и балкам.

В настоящее время Оренбуржье как один из староосвоенных степных регионов России и относится к наименее лесистым в стране, меньшую лесистость имеют только некоторые южные регионы Приволжского федерального округа [13]. В силу естественных условий и исторических причин, лесопокрытая площадь и процент лесистости территории в Оренбургской области распределяется неравномерно.

На рисунке 1 представлена карта лесных массивов Оренбургской области, где наиболее лесистые – это группа северо-западных районов: Бузулукский (22,8 %), Северный (18,8 %), Бугурусланский (12,9 %), Предуралья: Тюльганский (17,3 %), районы сосредоточены: Илекский (10,5 %), центральная часть области представлена районами с лесистостью от 1 до 5 % (за исключением Александровского района). Самые малолесные районы (0,5–1 %) расположены на юге и юго-востоке области.

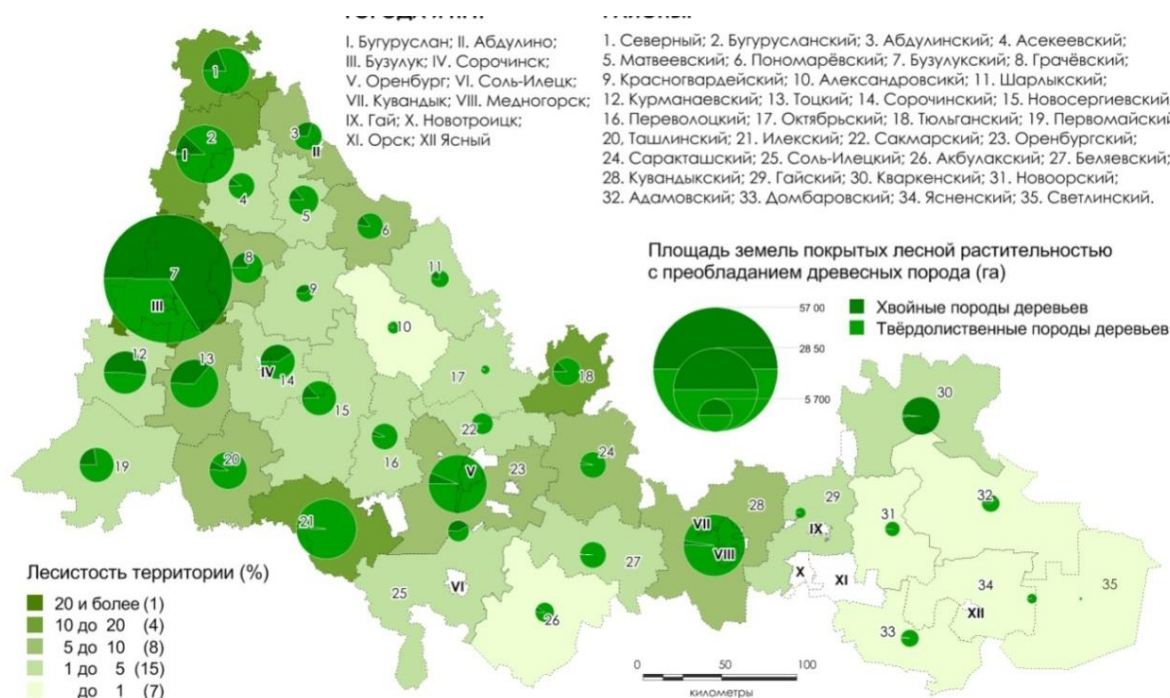


Рисунок 1 – Карта лесных массивов Оренбургской области [13]

Хвойные насаждения составляют 8,5 % покрытой лесной растительностью площади, твердолиственные – 35,4 %, мягколиственные – 50,1 %. На прочие древесные породы и кустарники приходится 6,0 % земель, покрытых лесной растительностью.

Общий запас древесины по состоянию составляет 51,56 млн. м³. Запас древесины в спелых и перестойных насаждениях составляет 34,0 % от общего запаса. Общий средний прирост древесины равен 1,3 млн. м³.

Фонд лесовосстановления составляет 28,1 тыс. га, из них 21 тыс. га занимают земли, на которых восстановление возможно только путем создания лесных культур. На площади 5,4 тыс. га обеспечивается естественное возобновление твердолиственными древесными породами. Также путем содействия естественному возобновлению может быть восстановлено 1,7 тыс. га земель.

В таблице 1 приведена информация по площади земель лесного фонда по лесничествам в Оренбургской области.

Таблица 1 – Площадь земель лесного фонда по лесничествам в Оренбургской области

Лесничество	Площадь земель лесного фонда тыс. га
<i>1</i>	<i>2</i>
Абдулинское	21,8
Адамовское	11,0
Акбулакское	7,9
Асекеевское	7,5
Беяевское	19,2
Бугурусланское	39,4
Бузулукское	41,8
Грачевское	19,9
Домбаровское	14,9
Илекское	33,7
Кваркенское	19,9

Окончание таблицы 1

<i>1</i>	<i>2</i>
Краснохолмское	26,6
Кувандыкское	61,7
Новосергиевское	17,2
Оренбургское	27,2
Орское	14,9
Первомайское	21,9
Пономаревское	13,0
Сакмарское	15,9
Саракташское	27,2
Северное	43,5
Соль-Илецкое	11,4
Сорочинское	33,1
Ташлинское	27,1
Тюльганское	35,8
Чернореченское	14,6
Шарлыкское	15,8

На территории Оренбургской области к ООПТ регионального значения также относятся памятники природы – это уникальные, невозполнимые, ценные в экологическом, научном, культурном и эстетическом отношении природные комплексы, а также объекты естественного и искусственного происхождения.

На землях лесного фонда располагается 86 памятников природы областного значения, общей площадью 12059,6 га, в том числе в составе отдельной категории защитных лесов «Леса, расположенные на землях особо охраняемых природных территорий» – 6020 га.

На основании и с учетом положений постановления, а также информации, полученной от муниципальных образований, министерством

природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области подготовлены новые паспорта и охранные обязательства на памятники природы Оренбургской области.

Сведения о зонах с особыми условиями использования территорий, занятых памятниками природы, внесены в государственный кадастр недвижимости.

Несмотря на свою относительно небольшую площадь, при условии должной охраны памятники природы могут играть важную роль в сохранении биоразнообразия региона [11].

1.2. Физико-географическая характеристика Аландского бора

Аландский бор – ландшафтно-ботанический памятник природы регионального значения, созданный в 1998 г. Текущий статус его является действующим. Общая площадь его составляет 44 га.

Расположен он на северо-востоке Кваркенского района Оренбургской области (рисунок 2), в 2,3 км к северо-востоку от с. Аландского, кв. 59 (рисунок 3). Координаты: 52°14'34.1"N 59°49'36.5"E



Рисунок 2 – Картосхема Кваркенского района [25]



Рисунок 3 – Местоположения памятника природы «Аландский бор» [8]

Геология и рельеф

Территория Аландского соснового бора находится в восточной части Кваркенского района, входящей в Восточно-Уральское поднятие, большие площади заняты выходами гранитов Суундукского массива. Этот массив обрамляется метаморфическими сланцами верхнего протерозоя, метаморфизованными терригенно-вулканическими отложениями ордовика, а также мраморами и мраморизованными известняками нижнего карбона.

В геологическом строении преобладают интрузивные породы, представленные преимущественно гранитами, местами перидотитами и серпентинитами [25].

Рельеф Аландского бора представлен почти равнинным, только в некоторых местах встречаются небольшие перепады возвышенностей в виде холмов высотой 2–4 м, а также небольших оврагов.

Почвы

Аландский бор растет на песчаных почвах, развитых по гранитам и продуктах их разрушения [8].

Разрушение гранитов привело к формированию песчаных и супесчаных почв, служащих благоприятным субстратом для произрастания лесной растительности. Благодаря тому, что плотные породы гранитов не пропускают влагу, талые и дождевые воды скапливаются в трещинах и понижениях, заполненных рыхлыми отложениями.

По содержанию гумуса почвы средне- и малогумусные (3,7–5,2 %) [25].

Климат

Для Аландского бора, как и для всего Кваркенского района характерен резкоконтинентальный климат с резкими температурными контрастами, холодной, малоснежной зимой и жарким летом, быстрым переходом от зимы к лету, неустойчивым количеством атмосферных осадков, значительным преобладанием испарения над увлажнением и обилием солнечной радиации.

Самым теплым месяцем является июль + 18,1 °С, самым холодным – январь –16,5 °С. Продолжительность безморозного периода составляет 130 дней. Для климата района характерна неустойчивость увлажнения: максимум осадков в отдельные годы достигает 478 мм, минимум – 137 мм. В летний период ливневый характер осадков в сочетании с высокими температурами (до +36,7 °С) является причиной низкой относительной влажности (39–46 %).

Устойчивый снежный покров устанавливается в последней декаде ноября и сохраняется 148–156 дней. Зимой снега выпадает немного. Мощность снежного покрова в марте достигает 20–30 см. Снеготаяние начинается во второй декаде апреля.

Средняя скорость ветра каждого месяца не менее 4 м/сек. Ветры с абсолютной скоростью 11–15 м/сек и более свойственны зиме, вызывая сильные бураны. Для лета характерны суховеи и пыльные бури [25].

Растительность

В древесном ярусе Аландского бора больше всего составляет сосна обыкновенная, частично встречается береза и единично осина. Возраст сосны 45–75 лет, высота – 12–20 м.

В кустарниковом ярусе представляют типичные степняки: кизильник черноплодный, шиповник коричный, вишня степная, карагана кустарниковая.

В травянистом ярусе, в ходе исследования, были обнаружены такие виды растений как: земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), мордовник скруголовый (*Echinops sphaerocephalus* L.), таволга обыкновенная (*Filipendula vulgaris* M.), спаржа обыкновенная (*Asparagus officinalis* L.), девясил ивовый (*Inula salicina* L.), кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt), зопник клубненосный (*Phlomooides tuberosa* (L.) Moench), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), шиповник коричный (*Rosa cinnamomea* Herrm.), подорожник средний (*Plantago media* L.), подорожник ланцетный (*Plantago lanceolata* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), карагана кустарниковая (*Caragana frutex* (L.) K. Koch), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.), латук компасный (*Lactuca serriola* L.), колокольчик крапиволистный (*Campanula trachelium* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.), ковыль волосовидный (*Stipa capillata* L.), ковыль узколистный (*Stipa tirsia* Steven), подмаренник русский (*Galium ruthenicum* Willd.), люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.), люцерна посевная (*Medicago sativa* L.), астра степная (*Aster amellus* L.), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), очиток гибридный (*Sedum hybridum* (L.) Grulich), кровохлебка обыкновенная (*Sanguisorba officinalis* L.), василисник малый (*Thalictrum minus* L.), гвоздика Анджейовского (*Dianthus andrzejowskianus* (Zapał.) Kulcz.), типчак валисский (*Festuca valesiaca* Gaudin), тонконог сизый (*Koeleria glauca* (Spreng.) DC), вероника седая (*Veronica incana* L.), клевер средний (*Trifolium medium* L.), воробейник лекарственный

(*Lithospermum officinale* L.), вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris* L.), герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.), герань Роберта (*Geranium robertianum* L.), истод сибирский (*Polygalaceae sibirica* L.), оносма простейшая (*Onosma simplicissima* L.), солонечник мохнатый (*Galatella villosa* (L.) Rchb. f.), тимьян губерлинский (*Thymus guberlinensis* Пjin), лапчатка песчанная (*Potentilla arenaria* (Turcz.) Juz.), бутень Прескотта (*Chaerophyllum prescottii* DC.), серпуха зюзниколистная (*Serratula lycopifolia* (Vill.) Á. Löve & D. Löve), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), чина лесная (*Lathyrus sylvestris* L.), ястребинка зонтичная (*Hieracium umbellatum* L.), короставник полевой (*Knautia arvensis* (L.) J.M. Coult.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), люпинастер белый (*Trifolium lupinaster* L.), скерда кровельная (*Crepis tectorum* L.), морковник обыкновенный (*Silaum silaus* (L.) Schinz & Thell.), шалфей степной (*Salvia stepposa* Des.-Shost.), вероника длиннолистная (*Veronica longifolia* L.), полынь австрийская (*Artemisia austriaca* Jacq.), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), кермек прямоцветковый (*Limonium erectiflorum* (B. Fedtsch. & Gontsch.) A.V. Grebenjuk), кипрей холмовой (*Epilobium collinum* C.C. Gmel.), раkitник днепровский (*Chamaecytisus borysthenticus* (Gruner) Klask.), смолевка многоцветковая (*Silene multiflora* (Ehrh.) Pers.), чистец прямой (*Stachys recta* L.), козелец мечелистный (*Scorzonera ensifolia* M. Bieb.), кошачья лапка двудомная (*Antennaria dioica* Gaertn G.), спирея городчатая (*Spiraea crenata* L.), соссюрея Горькая (*Saussurea amara* (L.) DC.), икотник серый (*Berteroa incana* (L.) DC.), чертополох колючий (*Carduus acanthoides* L.), василек шероховатый (*Centaurea aspera*).

Животный мир

Из животных, повсеместно могут встречаться – байбак, заяц-беляк, заяц-русак, заяц-беляк, барсук. Из млекопитающих можно встретить ежа.

Птицы – самая многочисленная группа позвоночных животных, населяющих степные равнины и водоёмы Кваркенского района. На

весенних и осенних миграциях обычны мородунка, круглоносый плавунчик, плосконосый плавунчик, тулес, золотистая ржанка, галстучник, хрустан, большой улит, турухан, белохвостый песочник, чернозобик, дупель, гаршнеп, малый веретенник, большой кроншнеп. лесная мышь

Рептилии представлены обыкновенным ужом, степной гадюкой, живородящей ящерицей, реже встречается ящерица прыткая [25].

Вывод по первой главе

Леса играют очень важную роль в формировании экосистемы, они препятствуют размыванию почвы, создают условия для жизни сотен видов животных и растений.

Оренбургская область относится к лесодефицитным районам России и обладает незначительными лесосырьевыми ресурсами. Но создание особо охраняемых природных территорий в виде ботанических памятников природы и других видов ООПТ образуют каркас площадей, которые обладают ресурсным потенциалом, а развитие этого каркаса направлено на сохранение окружающей среды, биоразнообразия Оренбургской области.

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ЛЕСНЫХ БИОТОПОВ

2.1 Методика геоботанических описаний лесных экосистем

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

Исследование фитоценозов осуществляется при использовании методики полевых геоботанических описаний. На первоначальном этапе выполняется выбор места и заложение пробной площади, размер которой зависит от выделенного однородного сообщества. Так, площадь лесного сообщества закладывается размеров в 400–500 м² (20×20 м; 25×25 м), площадь луговых и болотных сообществ закладывается размеров в 100 м² (10×10 м). Описание выполняется при помощи бланков геоботанических описаний, которые отражают условия формирования фитоценоза (характеристика области или района исследования – географическое положение, рельеф, микрорельеф, характер почвы, особенности антропогенной трансформации и т. п.) и подробную характеристику флористического состава (видовой список, ассоциации, ярусность, аспект, обилие и т. п.) [9].

Для описания фитоценозы классифицируются на различные таксономические единицы для учета всех параметров и всестороннего анализа.

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 Серебрякову):

– ярус А – древостой (главные и второстепенные древесные породы древостоя);

- ярус В – подлесок (кустарники);
- ярус С – травяно-кустарничковый (травы, кустарнички и полукустарники);
- ярус D – мохово-лишайниковый (напочвенный покров).

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 за свет, влагу, питательные вещества и пространство.

Сомкнутость крон – показатель древесного и кустарникового ярусов, который отражает площадь проекций крон деревьев. Этот показатель принято выражать в долях от единицы или в процентах путём глазомерного оценивания небосвода относительно к закрытой части неба кронами деревьев. Например: кроны закрывают $1/2$ часть неба, где степень сомкнутости равна 0,5, то есть составляет процентное отношение равно 50 %.

Аспект – внешний вид фитоценоза, который зависит от флористического состава, индивидуального фенологического состояния растений и их количественного соотношения. Наименование физиономической характеристики дается по преобладающему аспектному виду с последовательным присоединением существующих аспектов [9].

Признак обилия используется при описании фитоценоза для определения количественного соотношения в нём. Обилие – суммарная оценка числа особей каждого вида в пределах пробной площади. Объективный подсчет ведется по учёту обилия пород деревьев, где название пород представляют по первой букве в сокращении и цифрами отражают соотношение пород по числу особей. Субъективный подсчет ведется по шкале О. Друде для травянистых растений с помощью условных обозначений и определяется визуально на глаз для каждого вида на заложенной площадке.

Градации шкалы О. Друде для понимания и удобства использования с наглядным объяснением основных лексических обозначений (сокращений) отражена на рисунке 4.

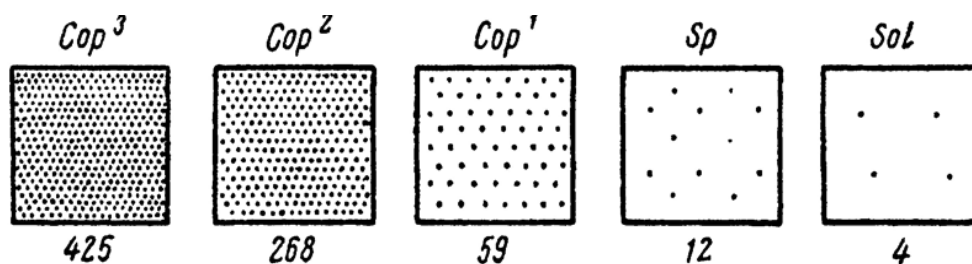


Рисунок 4 – Сопоставление ступеней обилия в градациях шкалы О. Друде на площади в 100 м² (точками обозначены экземпляры растений, цифрами под квадратами – число экземпляров) [15]

Таблица 2 отражает комбинированный подход к оценке признака обилия для точных геоботанических описаний, что повышает точность геоботанических исследований. Это 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. Для удобства описаний рекомендуется использовать знаковые обозначения, которые отражены в таблице 3.

Таблица 2 – Шкалы обилия (численности) видов растений [15]

Характеристика 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 3 (copiosus)	0–20	90–70	5
Обильно	Cop 2 (copiosus)	20–40	70–50	4
Довольно обильно	Cop 1 (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)			

Таблица 3 – Фенологическое состояние растений [16]

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.	~

Ассоциация – совокупность растительных сообществ, которая имеет однородный видовой состав и обладает сходными экологическими условиями и фитоценотическими взаимосвязями.

Название ассоциации отражает доминантные виды (эдификаторы сообщества), наименование которых дается от верхних ярусов к нижним, а внутри каждого яруса – по возрастанию преобладания в фитоценозе. Полидоминантные ассоциации соединяются знаком «+» и сохраняют преобладание в наименовании в последовательном порядке.

Доминантами (господствующие) называют виды растений, которые численно по фитомассе или проективному покрытию преобладают в фитоценозе и отдельных его ярусах, независимо от роли этих растений в сложении 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 [9].

2.2 Методы фитоиндикации лесных биотопов

Методы фитоиндикации выполняются в полевых или лабораторных условиях. Основными являются: метод эталонов и метод экологических профилей. К числу методов, используемых в фитоиндикации, относят также статистические методы, методы экологических групп и метод экологических шкал.

Метод эталонов или эталонных участков

Для выявления в полевых условиях видов-индикаторов и растительных сообществ-индикаторов применяют метод эталонов или эталонных участков. Эталонный участок – это участок с естественной растительностью, являющийся образцом (эталонном) определенных условий и сопряженных с ними растительных сообществ [2].

Существуют два пути выбора эталонных участков. Первый путь выбора эталонных участков, это когда участок выбирается на месте, если заранее известны условия, для которых надо установить растительные индикаторы. Это участки с хорошо изученным геологическим строением, типами почв, или участки буровых скважин, родников, колодцев и др.

Второй путь, когда участок выбирается по характеру растительности, т.е. выбирается участок какого-либо растительного сообщества и устанавливается индикационное значение. После описания растительности производится выявление индицируемых условий. Второй путь необходим для установления почв по характеру растительности, т.к. почвенный покров развит повсеместно, то остается установить, к каким типам, подтипам и разностям почв тяготеют растительные сообщества.

Размеры эталонных участков устанавливаются по естественным границам или описывают площадку стандартного размера. Площадки должны быть по возможности однородными в отношении внешних условий, а сообщество должно выглядеть гомогенным. Так же величина площади зависит от типа растительности: для травянистых сообществ - 25–100 м², для лесных – 400–2000 м².

После того как эталонный участок выбран, указывают его местоположение и описывают растительное сообщество. Для лесных сообществ указывают их распределение по ярусам. Для каждого вида указывается степень обилия (проективного покрытия в процентах). Обычно используют шкалу Ж. Браун-Бланке или Л.Г. Раменского. Учитывают жизненность видов, характер произрастания и др. Таким образом, на участке осуществляется полное геоботаническое описание растительного сообщества. Более подробно методика геоботанических описаний дана в литературе по геоботанике и фитоценологии [3].

Метод эталонов позволяет установить наличие связей между индикаторами и определенным объектом индикации, но эти связи остаются изолированными, и не отражают внутриландшафтные связи.

Метод экологического профилирования

Метод экологического профилирования используют для выявления индикационных зависимостей в общей системе внутриландшафтных связей. По определению Д. Д. Вышивкина, ключевой участок – это участок, характеризующий типичное, постоянно повторяющееся в данном районе сочетание нескольких растительных сообществ с типичными условиями рельефа, почв и других компонентов физико-географической среды [2].

Существует несколько способов определения ключевых участков. Наиболее эффективным способом является выделение ключевого участка путем дешифрирования аэрофотоснимков. Первым этапом, производится предварительное камеральное дешифрирование. Исследователь просматривает аэрофотоснимки с изображением территории, и обводит тушью границы всех видимых контуров, различающихся по характеру аэрофоторисунка. На этом этапе определяется количество типов аэрофоторисунков на территории будущих работ, при этом каждый тип аэрофоторисунка изображает собой определенное сообщество или комплекс сообществ.

Выбор ключевых участков производится с расчетом, чтобы типы были представлены в 3–5 кратной повторности. Обычно избирают несколько участков. Выбор ключевых участков по аэрофотоснимку обеспечивает их наибольшую типичность.

Второй способ выбора ключевых участков при помощи крупно- или среднемасштабных топографических карт, используя указанные на них типы территорий (лесные насаждения, кустарниковые заросли, луга, болота, солончаки и др.). В каждом из типов следует выбирать от пяти до десяти участков – длинных полос, пересекающих контуры, внутри которых они выбираются. Однако выбор ключевых участков по топографическим картам очень неточен и его можно использовать только тогда, когда отсутствуют аэрофотоснимки [7].

На ключевых участках производятся геоботанические описания.

Пробными площадями должен характеризоваться каждый фитоценоз, находящийся на ключевом участке. Возле пробной площади составляется почвенный разрез. Кроме пробных площадей описывается профиль, который прокладывается вкrest рельефу участка. Цель профиля – отразить распределение сообществ по рельефу.

Чтобы уменьшить число пропусков растительных сообществ и выявить экологические ряды фитоценозов изучаемая территория пересекается несколькими профилями. При работе участки растительных сообществ, которые были уже встречены на ключевых участках, описываются только в геоботаническом отношении, а те сообщества, которые ранее не встречались, описываются с той же степенью детальности, как и на ключевом участке (с почвенным разрезом или скважиной ручного бурения).

При профилировании особое внимание обращается на границы между сообществами, на присутствие между ними промежуточных переходных полос (эктонов). В конечном счете, на профиле отображаются рельеф (в определенном масштабе), растительность (обычно внесмаштабными значками), почвы и подстилающие их породы, первый от поверхности горизонт подземных вод (при неглубоком их залегании). Ниже линии профиля под отрезками, отвечающими определенным растительным сообществам, вычерчиваются после получения результатов почвенных и гидрохимических анализов диаграммы, отражающие свойства почв, горных пород и подземных вод [2].

Заключительным этапом является обработка всех результатов исследования. Геоботанические описания группируются по сообществам, а также группируются данные анализов почв, горных пород и подземных вод.

Для каждого сообщества вычисляются характеристики значения как индикатора – достоверность, значимость в отношении к определенному

индикату. Затем составляется сводная таблица (индикационная схема). В ней растительные сообщества располагаются в определенном порядке. Против каждого сообщества в соответствующих графах указываются характеризующие показатели, и его итоговая оценка.

Метод экологических групп

Провести индикацию местообитаний растительных сообществ можно с помощью экологических групп видов, которые более или менее четко определяют факторы местообитания. Понятие —экологическая группа было предложено Е. Вармингом. Термин «экологическая группа» используется для обозначения группы видов по отношению к одному ведущему фактору среды. Это экологические типы растений: мезофит, ксерофит, гигрофит и др. [3].

Экологическая группа объединяет виды, поведение которых в значительной мере однородно по отношению к комбинации факторов среды, или только к одному из них. В таком понимании термин был предложен Г. Элленбергом и Г. Шленкером.

В настоящее время используют понятие — эколого-фитоценотическая группа. Это понятие отличается от экологической группы тем, что виды группы, не только сходны по отношению к комплексным факторам среды, но и «верны» синтаксонам определенного ранга, т. е. определенным типам сообществ или экологически близким группам сообществ.

Существует три основных метода установления экологических и эколого-фитоценологических групп: корреляционный анализ межвидовых сопряженностей, прямой градиентный анализ и классификационный. При установлении экоценогрупп на основе классификационного метода учитывается положительная сопряженность между видами группы, при этом основным критерием сопряженности является встречаемость видов. Виды группы имеют встречаемость от 41 до 100 %, т.е. не ниже III–V класса постоянства в соответствующих типах сообществ. Они не

отличаются от экологических групп, установленных на основе корреляционного анализа межвидовых сопряженностей [3].

Виды, входящие в состав экологической или эколого-фитоценотической группы, предъявляют сходные требования к комплексным градиентам, что позволяет получить достоверную информацию о местообитании сообщества и по ним проводить индикацию местообитаний. Поэтому их называют и индикаторными [4].

Метод экологических шкал

Широкое распространение в фитоиндикации получили экологические шкалы растений, которые используют для индикации комплексных климатических факторов и местообитаний растительных сообществ. Используя эти шкалы можно определить влажность, кислотность, богатство или обеспеченность азотом почвы, степень пастбищной дигрессии и другие факторы среды.

В настоящее время разработано большое число экологических шкал для разных регионов Европы. В России широкое распространение получили амплитудные шкалы, детально разработанные Л. Г. Раменским. По этим шкалам указывается экологическая амплитуда вида, а индикаторное значение оценивается интервалом – «от-до». Л. Г. Раменским были разработаны экологические шкалы для 140 видов растений, произрастающих в лесной и лесостепной зоне европейской части России. Аналогичные шкалы для фитоиндикации экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов разработаны [21, 22].

В странах Западной Европы (Австрии, Венгрии, Дании, Голландии, Германии, Швейцарии) широкое распространение получили оптимумные экологические шкалы. По ним указывается оптимум вида на шкале фактора, т.е. оптимальные условия произрастания. По этому принципу построены экологические шкалы Г. Элленберга. Шкалы Г. Элленберга разработаны для 2770 видов и внутривидовых таксонов. Экологическая характеристика вида выявляет его отношения к освещенности, тепловому

режиму, континентальности климата, увлажнению, реакции почвы, обеспеченности ее доступным азотом. Отношение видов к соответствующим факторам среды характеризуется цифрами по двенадцатибалльной шкале (фактор влажнения) и по десятибалльной шкале для всех остальных факторов.

Особую ценность этим шкалам придают данные об отношении растений к одному из важнейших экологических факторов – обеспеченности доступным азотом. Это стало возможным в связи с тем, что Элленберг придавал большое значение проблеме «азот как экологический фактор». В последней сводной работе Г. Элленберга приведены оптимумные шкалы по мхам и лишайникам. В экологических шкалах лишайников В. Вирта особый интерес представляет шкала токсикотолерантности, используя которую можно определять степень загрязненности воздуха [15].

По сходному принципу созданы шкалы и другими западноевропейскими исследователями. С помощью экологических шкал можно определять не только экологические условия местообитания растительных сообществ, но и оценивать составленную классификацию и типологию лесной и луговой растительности; учитывать характеристику изменений условий местообитания при динамике растительности — флуктуациях и сукцессиях, а также вести учет средообразующего воздействия растительности.

Метод экологических шкал приобретает большую популярность. Индикационные экологические шкалы хотя и не заменяют полностью прямые инструментальные измерения различных условий среды, но альтернативным. Они дают сравнимые и стабильные, хотя и относительные экологические характеристики местообитаниям растительных сообществ [12].

2.3 Методы классификации и ординации лесных сообществ

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 (по формуле $r = (1 - K)^2$) 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:

- «метод ближайшего соседа» определяется последовательным присоединением описаний в зависимости от увеличения расстояния в многофакторном пространстве от пары наиболее «близких» описаний;
- «метод дальнего соседа» определяется формированием групп на основе максимальной разницы;
- «центроидный метод» определяется формированием групп от опорных «центральных» координат кластеров;
- «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 структурирует описание взаиморасположенных объектов (описаний, классов) в пространстве градиентов среды.

Выделяют две группы методов ординации – прямая и непрямая. Метод прямой ординации базируется 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 основан на анализе матрицы видов описаний. При этом в ходе анализа матрицы выделяются условные оси (факторы), которые задают градиенты вариации растительности, и вдоль которых возможна группировка и ранжирование описаний. Полученные оси сопоставляются с режимами экологических факторов. Соответственно, 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. В основе алгоритма лежат аппроксимации 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.

ГЛАВА 3. ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ АЛАНДСКОГО БОРА

3.1 Характеристика исследования Аландского бора

Геоботанические исследования на территории Аландского бора проводились в летние периоды 2020–2021 гг. с закладкой пробных площадок и их описанием, согласно общепринятой методике. Пробные площадки в количестве 47 располагались в пределах всех лесохозяйственных выделов, полностью охватывая территорию бора (Рисунок 5, 6). По материалам геоботанических описаний была сформирована база данных.



Рисунок 5 – Расположения пробных площадок 1–30 на территории памятника природы «Аландский бор»

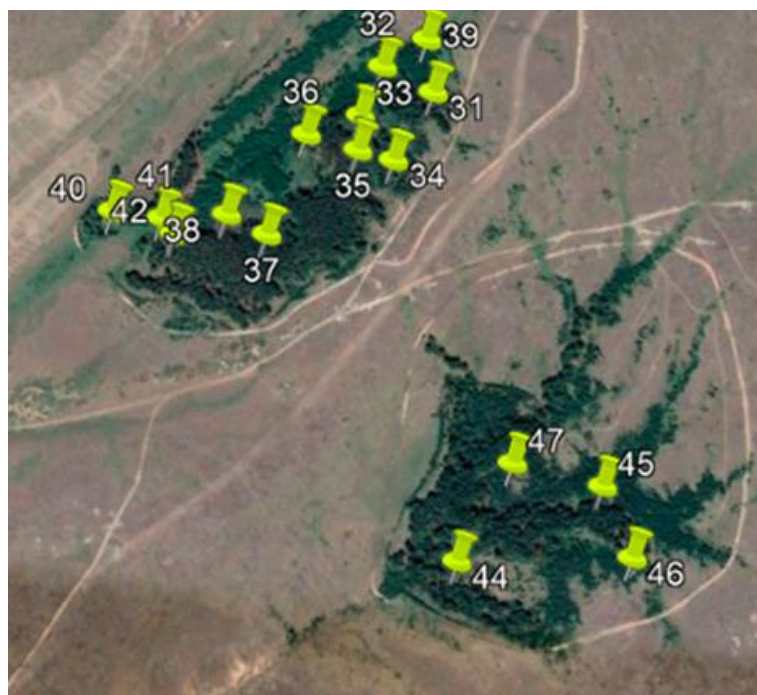


Рисунок 6 – Расположения пробных площадок 31–47 на территории памятника природы «Аландский бор»

В ходе исследований было обнаружено 71 вид растений.

1. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.).
2. Берёза повислая (*Betula pendula* Roth.).
3. Вишня степная (*Cerasus fruticosa* Pall.).
4. Земляника лесная (*Fragaria vesca* L.).
5. Мордовник скруголовый (*Echinops sphaerocephalus* L.).
6. Таволга обыкновенная (*Filipendula vulgaris* M.).
7. Спаржа обыкновенная (*Asparagus officinalis* L.).
8. Девясил ивовый (*Inula salicina* L.).
9. Кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt).
10. Зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa* (L.) Moench).
11. Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.).
12. Шиповник коричный (*Rosa cinnamomea* Herrm.).
13. Подорожник средний (*Plantago media* L.).
14. Подорожник ланцетный (*Plantago lanceolata* L.).
15. Пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski).

16. Карагана кустарниковая (*Caragana frutex* (L.) K. Koch).
17. Цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.).
18. Латук компасный (*Lactuca serriola* L.).
19. Колокольчик крапиволистный (*Campanula trachelium* L.).
20. Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.).
21. Ковыль волосовидный (*Stipa capillata* L.).
22. Ковыль узколистый (*Stipa Tirsa* Steven).
23. Подмаренник русский (*Galium ruthenicum* Willd.).
24. Люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.).
25. Люцерна посевная (*Medicago sativa* L.).
26. Астра степная (*Aster amellus* L.).
27. Зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.).
28. Очиток гибридный (*Sedum hybridum* (L.) Grulich).
29. Кровохлебка обыкновенная (*Sanguisorba officinalis* L.).
30. Василисник малый (*Thalictrum minus* L.).
31. Гвоздика Андржейовского (*Dianthus andrzejowskianus* (Zapał.) Kulcz.).
32. Типчак валисский (*Festuca valesiaca* Gaudin).
33. Тонконог сизый (*Koeleria glauca* (Spreng.) DC).
34. Вероника седая (*Veronica incana* L.).
35. Клевер средний (*Trifolium medium* L.).
36. Воробейник лекарственный (*Lithospermum officinale* L.).
37. Вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris* L.).
38. Герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.).
39. Герань Роберта (*Geranium robertianum* L.).
40. Истод сибирский (*Polygalaceae sibirica* L.).
41. Оносма простейшая (*Onosma simplicissima* L.).
42. Солонечник мохнатый (*Galatella villosa* (L.) Rchb. f.).
43. Тимьян губерлинский (*Thymus guberlinensis* Iljin).
44. Лапчатка песчанная (*Potentilla arenaria* (Turcz.) Juz.).

45. Бутень Прескотта (*Chaerophyllum prescottii* DC.).
46. Тополь дрожащий (*Populus tremula* L.).
47. Серпуха зюзниколистная (*Serratula lycopifolia* (Vill.) Á. Löve & D. Löve).
48. Вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth).
49. Чина лесная (*Lathyrus sylvestris* L.).
50. Ястребинка зонтичная (*Hieracium umbellatum* L.).
51. Короставник полевой (*Knautia arvensis* (L.) J.M. Coult.).
52. Осот полевой (*Sonchus arvensis* L.).
53. Люпинастер белый (*Trifolium lupinaster* L.).
54. Скерда кровельная (*Crepis tectorum* L.).
55. Морковник обыкновенный (*Silaum silaus* (L.) Schinz & Thell.).
56. Шалфей степной (*Salvia stepposa* Des.-Shost.).
57. Вероника длиннолистная (*Veronica longifolia* L.).
58. Полынь австрийская (*Artemisia austriaca* Jacq.).
59. Полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.).
60. Полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.).
61. Кермек прямоцветковый (*Limonium erectiflorum* (B. Fedtsch. & Gontsch.) A.V. Grebenjuk).
62. Кипрей холмовой (*Epilobium collinum* C.C. Gmel.).
63. Раakitник днепровский (*Chamaecytisus borysthenticus* (Gruner) Klask.).
64. Смолевка многоцветковая (*Silene multiflora* (Ehrh.) Pers.).
65. Чистец прямой (*Stachys recta* L.).
66. Козелец мечелистный (*Scorzonera ensifolia* M. Bieb.).
67. Кошачья лапка двудомная (*Antennaria dioica* Gaertn G.).
68. Спирея городчатая (*Spiraea crenata* L.).
69. Соссюрея Горькая (*Saussurea amara* (L.) DC.).
70. Икотник серый (*Berteroa incana* (L.) DC.).
71. Чертополох колючий (*Carduus acanthoides* L.).

В ходе исследования было выявлено три вида растений входящих в Красную книгу Оренбургской области:

1. Истод сибирский (*Polygalaceae sibirica*).
2. Кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus*).
3. Очиток гибридный (*Sedum hybridum*).

По систематическому разнообразию из отдела составляет 70 видов цветковых и 1 вид голосеменных (сосна обыкновенная).

Количество семейств – 26:

1. Астровые (*Asteraceae*).
2. Розовые (*Rosaceae*).
3. Бобовые (*Fabaceae*).
4. Мятликовые (*Poaceae*).
5. Яснотковые (*Lamiaceae*).
6. Подорожниковые (*Plantaginaceae*).
7. Гвоздичные (*Caryophyllaceae*).
8. Норичниковые (*Scrophulariaceae*).
9. Бурачниковые (*Boraginaceae*).
10. Гераниевые (*Geraniaceae*).
11. Сельдерейные (*Apiaceae*).
12. Сосновые (*Pinaceae*).
13. Берёзовые (*Betulaceae*).
14. Спаржевые (*Asparagaceae*).
15. Колокольчиковые (*Campanulaceae*).
16. Мареновые (*Rubiaceae*).
17. Зверобойные (*Hypericaceae*).
18. Толстянковые (*Crassulaceae*).
19. Лютиковые (*Ranunculaceae*).
20. Первоцветные (*Primulaceae*).
21. Истодовые (*Polygalaceae*).
22. Ивовые (*Salicaceae*).

23. Ворсянковые (Dipsacaceae).
24. Свинчатковые (Plumbaginaceae).
25. Онагровые, (Onagraceae).
26. Капустные (Brassicaceae).

Пятерка ведущих семейств:

1. Астровые (Asteraceae).
2. Розовые (Rosaceae).
3. Бобовые (Fabaceae).
4. Мятликовые (Poaceae).
5. Яснотковые (Lamiaceae).

3.2 Экоморфы Аландского бора

Экоморфический анализ является способом оценки биотопического и ценотического фиторазнообразия. Такая оценка рассматривается как система адаптаций видов к лесорастительным условиям по соотношению экологических групп – климаморф (климат), трофоморф (трофность почв), гигроморф (увлажнение), гелиоморф (освещенность) и ценоморф (ценоз) [16].

На основании изучения экоморфического состава определенной растительной группировки приведены диаграммы, где указаны жизненные формы растений в их отношении к условиям внешней среды.

По климаморфам (жизненным формам Раункиера) отношение к условиям климата) большую часть видов составляет гемикриптофиты 65 % (растения, которые несут почки возобновления на поверхности почвы) (рисунок 7, слева), что характерно для экосистем умеренного климата.

Среди трофоморф (отношение к почвенным условиям) 35 % составляют мезотрофы (виды, обитающие на почвах среднего плодородия), 25 % составляют мегатрофы (растения, тяготеющие почвам большого почвенного плодородия), 17 % составляют олиготрофы (виды,

обитающие на бедных почвах) и 15 % олиготрофы и мегатрофы вместе (рисунок 7, справа), что указывает на комплексный характер почв Аландского бора, где бедные песчаные почвы перемежаются богатыми черноземами.

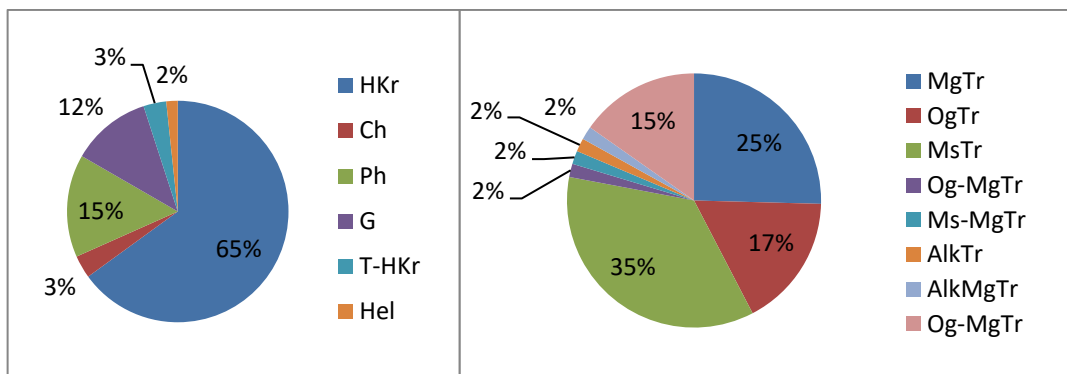


Рисунок 7 – Климаторфы (слева) и трофоморфы (справа) памятника природы «Аландский бор»

По отношению к условиям увлажнения большую часть видов составляют промежуточные формы – мезоксерофиты и ксеромезофиты (34 % и 29 %, соответственно) – что характерно для классических степных лесов (рисунок 8, слева). При этом также наблюдается наличие ксерофильной группы (12 %), преобладающей на опушках и вклинивающихся в бор степных участках.

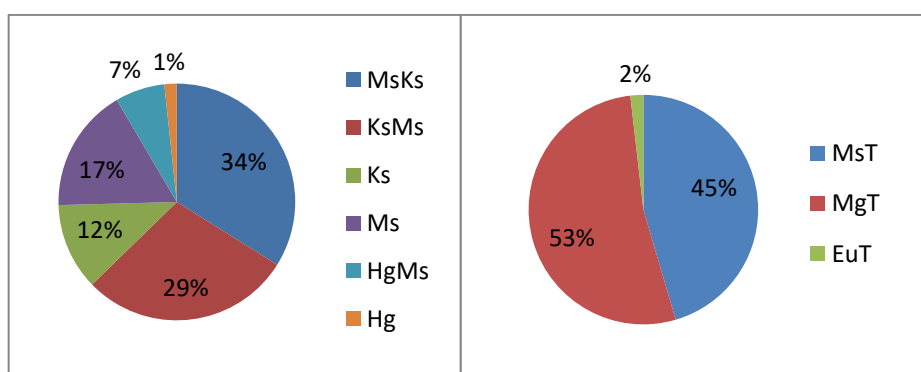


Рисунок 8 – Гигроморфы (слева) и термоморфы (справа) памятника природы «Аландский бор»

По отношению к температурным условиям большую часть видов составляют мегатермофиты – 53 % (теплолюбивые растения степей и пустынь) и мезотермофиты – 45 % (умеренно-холодостойкие виды зоны

широколиственных лесов) (рисунок 8, справа), что также характерно для экосистем степных лесов.

Среди гелиоморф (освещение) большую часть видов составляют гелиофиты – 50 % (облигатные световые растения), 47 % составляют сциогелиофиты (факультативные световые растения) (рисунок 9), что указывает на формирование осветленной структуры древостоя, характерной для светлых сухих боров.

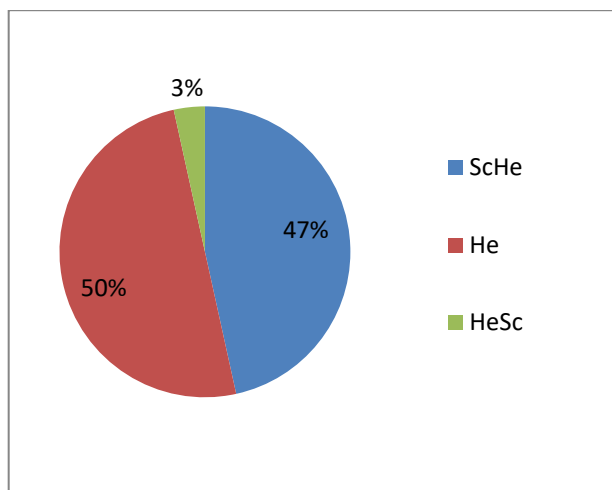


Рисунок 9 – Гелиоморфы памятника природы «Аландский бор»

Структура ценоморф (отношение к фитоценозу в целом) флоры Аландского бора имеет сложный и комплексный характер, характерный для классических степных амфиценотических лесов и, даже, степных стеноценозов (в понимании Л.Г. Раменского) – рисунок 10. Среди ценоморф преобладают степные и луговые виды (10 % и 9 %, соответственно), что указывает именно на амфиценотический характер формирования бора. Классические сільванты сравнительно немногочисленны (9 %), а в целом, среди сільвантов преобладают переходные лесные группы (в первую очередь лесо-степные и лесо-луговые виды). При этом 7 % флоры являются рудерально (сорной), что указывает на нарушенность лесных экосистем бора в результате умеренного антропогенного воздействия.

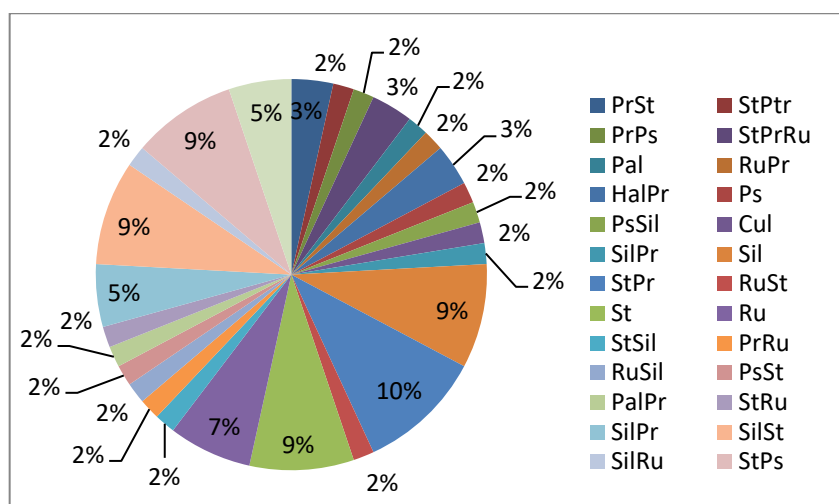


Рисунок 10 – Ценотипы памятника природы «Аландский бор»

3.3 Эколого-ценотическая структура растительности Аландского бора

Предварительная классификация описаний выполнялась с использованием кластерного анализа по матрице коэффициента Серенсена-Чекановского с группировкой в кластеры по бета-гибкой стратегии Ланса [20]. Независимо от классификации проводилась ординация описаний методом неметрического многомерного шкалирования. По описаниям рассчитывались индексы фиторазнообразия растительности бора – общая оценка числа видов, индексы Шеннона, Симпсона (доминирования) и Пилу (выровненность) [10].

Оценка биотопов бора выполнялась фитоиндикационными методами по унифицированным экологическим шкалам. Проверка классификации растительности и оценка выделенных биотопов проводилась методами дискриминантного анализа по алгоритму General Discriminant Analysis (GDA). Ведущие абиотические факторы определялись сопоставлением осей дискриминантного анализа и многомерного шкалирования методами непараметрической корреляции с использованием коэффициента тау-Кэндалла.

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

Изученные растительные сообщества по материалам описаний характеризуются сравнительно высоким видовым разнообразием (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристика фиторазнообразия растительности Аландского бора

Показатель	Число видов	Индекс Шеннона	Индекс Пилу	Индекс Симпсона
Среднее	15	2,55	0,96	0,06
Медиана	15	2,62	0,96	0,06
Мода	15	2,80	0,97	0,05
Экссесс	-0,03	0,54	17,45	4,93
Асимметрия	-0,07	-0,52	2,41	1,90
Минимум	7	1,77	0,85	0,03
Максимум	23	3,25	1,00	0,17

Для растительности бора характерны преимущественно 15-видовые растительные сообщества при индексе Шеннона 2,55 с невысокими колебаниями показателей видового обилия (выровненность по Индексу Пилу высокая). Колебания величин самих показателей фиторазнообразия также незначительные. Для бора отмечаются высокие показатели доминирования (небольшие величины индекса Симпсона), что указывает на сообщества с небольшим числом доминантов и содоминантов и их резким преобладанием при небольшом числе полидоминантных растительных группировок (на что указывают показатели асимметрии и эксцесса). Это дает возможность при классификации растительности использовать доминантный подход.

Кластеризация геоботанических описаний позволила выделить 13 фитоценозов, которые могут рассматриваться как лесные растительные ассоциации:

- 1) березо-сосняки иволистодевясилово-обыкновеннолабазниковые (*Pinus sylvestris* + *Betula pendula* – *Inula salicina* + *Filipendula vulgaris*);

2) сосняки типчаковые (*Pinus sylvestris* – *Festuca valesiaca*.), для ценохоры видами с высокой встречаемостью и обилием также являются *Aster amellus*, *Veronica incana*, *Artemisia vulgaris*;

3) сосняки кустарниковокараганово-землянично-типчаковые (*Pinus sylvestris* – *Caragana frutex* – *Fragaria vesca* + *Festuca valesiaca*), видами с высокой встречаемостью также являются *Inula salicina*, *Aster amellus*, *Galatella villosa*;

4) березо-сосняки шиповниково-типчаковые (*Pinus sylvestris* + *Betula pendula* – *Rosa majalis* – *Festuca valesiaca*);

5) березо-сосняки землянично-пырейные (*Pinus sylvestris* + *Betula pendula* – *Fragaria vesca* – *Elytrigia repens*), видами, характерными для ценохоры, также являются *Achillea millefolium*, *Aster amellus*, *Artemisia absinthium*;

6) сосняки ковыльные (*Pinus sylvestris* – *Stipa tirsia*), видами с высокой встречаемостью и обилием также являются *Asparagus officinalis*, *Inula salicina*, *Achillea millefolium*, *Galium ruthenicum*, *Artemisia absinthium*;

7) сосняки степновишнево-землянично-пырейные (*Pinus sylvestris* – *Cerasus fruticosa* – *Fragaria vesca* + *Elytrigia repens*), видом с высокой встречаемостью в сообществах также является *Filipendula vulgaris*;

8) сосняки кизильниково-степновишнево-типчаково-пырейные (*Pinus sylvestris* – *Cerasus fruticosa* + *Cotoneaster melanocarpus* – *Festuca valesiaca* + *Elytrigia repens*);

9) березо-сосняки кизильниково-степновишнево обыкновенно-лабазниковые (*Pinus sylvestris* + *Betula pendula* – *Cerasus fruticosa* + *Cotoneaster melanocarpus* – *Filipendula vulgaris*);

10) сосняки кизильниково-пырейные (*Pinus sylvestris* – *Cotoneaster melanocarpus* – *Elytrigia repens*);

11) сосняки полынно-пырейные (*Pinus sylvestris* – *Artemisia vulgaris* – *Elytrigia repens*);

12) сосняки пырейные (*Pinus sylvestris*. – *Elytrigia repens*);

13) сосняки землянично-пырейные (*Pinus sylvestris* – *Fragaria vesca* – *Elytrigia repens*).

Как видно по составу доминантных и содоминантных видов, а также видов с наиболее высокой встречаемостью, растительные ассоциации сосняков Аландского бора являются классическими степо-лесными амфиценозами в понимании А. Л. Бельгарда [1]. Разреженный (ажурный) сосновый лесной полог создает осветленный тип экологической структуры, позволяющий классическим степным видам проникать в лесной ценоз и формировать устойчивый травостой.

Для выделенных ассоциаций бора экологическая оценка биотопов по режимам ведущих абиотических факторов: 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) показала абсолютную их специфичность. Правильность классификации составила 97,9 %, только для березо-сосняков иволистодевясилово-обыкновеннолабазниковых (1) она была 83.3 %, а для остальных ценохор– 100 % точность. По результатам дискриминантного анализа ведущими факторами дискриминации биотопов являются первые три функции неметрического шкалирования (ценотические факторы), два ведущих степных климатических режима – термоклимат и криоклимат (суровость зим или отрицательные зимние температуры), режим освещенности и солевой режим, являющийся одним из определяющих для боровых лесов. Для самих биотопов сосняков Аландского бора каких-либо значимых колебаний режимов ведущих абиотических факторов индикационными методами не определяется (таблица 5) – максимальная вариабельность режимов находится в пределах 1 балла соответствующих шкал, что не показывает даже смену типа режима фактора.

Таблица 5 – Фитоиндикационная характеристика биотопов сосняков Аландского бора, балл

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

В целом, биотопы бора характеризуются следующими режимами ведущих абиотических факторов:

– почвенное увлажнение лугово-степного (суховатого) типа с умеренным весенним промачиванием атмосферными осадками и дефицитом влаги второй половины лета, наименьшие величины характерны для кустарниковокараганово-землянично-типчачковых, а наибольшие – кизильниково-пырейных сосняков, необходимо отметить, что величины увлажнения по типу лесорастительных условий в материалах лесоустройства бора (2 – свежие) являются завышенными;

– переменность почвенного увлажнения неравномерного (суховатого) типа с незначительным и умеренным промачиванием корнеобитаемого горизонта осадками и талыми водами, наименьшие величины (более глубокое промачивание и меньшая переменность)

отмечаются для степновишнево-землянично-пырейных и кизильниково-пырейных сосняков, а наибольшие – сосняков пырейных;

– кислотность почв близка к нейтральной, наибольшие (нейтральные) показатели характерны для сосняков кизильниково-степновишнево-типчаково-пырейных, а наименьшие (смещение к слабокислым) – березо-сосняков шиповниково-типчаковых и землянично-пырейных и сосняков землянично-пырейных;

– солевой режим соответствует режиму достаточно богатых (150–200 мг/л) солями выщелоченных черноземных почв, минимум отмечается в березо-сосняках шиповниково-типчаковых, а максимум – сосняках пырейных;

– для биотопов характерно незначительное содержание почвенного кальция (до 1,5 %), наименьшие показатели отмечены для березо-сосняков шиповниково-типчаковых, наибольшие – сосняков пырейных;

– почвы биотопов характеризуются как бедные минеральным азотом (0,2 – 0,3%), наименьшие величины характерны для сосняков землянично-пырейных и типчаковых, а наибольшие – полынно-пырейных сосняков;

– почвы биотопов определяются как достаточно аэрированные с незначительным промачиванием и высоким содержанием физического песка, колебание режима настолько незначительное, что выделение индикаторных ассоциаций для максимального и минимального типов не целесообразно;

– терморезим близкий к субмезотермному типу, омброрезим (атмосферные осадки) субаридного типа (400–200 мм осадков в год), климат субконтинентальный при умеренно холодных зимах (около – 10 °С);

– режим освещенности – лесные биотопы осветленного типа экологической структуры по А. Л. Бельгарду [1].

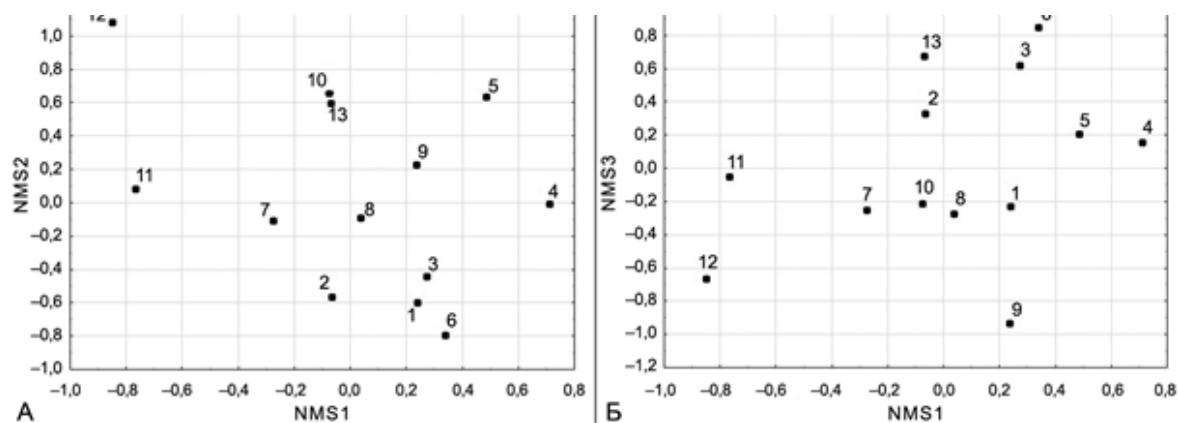
Неметрического многомерное шкалирование биотопов по показателям стресса определяет три оси ординации. Первая ось связана со

снижением режима почвенного кальция и азота при росте режима атмосферного увлажнения (таблица 6). Это так называемый амфиценотический ординационный ряд, который определяется формированием разреженно-лесных сосновых сообществ переходных к сообществам полей и опушек. Вторая ось ординации связана с ростом почвенного увлажнения и кислотности почв, уменьшением термо- и криорежима (уменьшение радиационного баланса и зимних температур) и снижением освещенности. Это ось сylvатизации, связанная с формированием лесных сообществ борового типа со сплошным сосновым пологом. Для третьей оси шкалирования характерны рост кислотности, уменьшение почвенного кальция и азота, нарастание порозности (аэрированности) почв при уменьшении минимальных зимних температур и росте освещенности. В данном случае это ось перехода лесных амфиценозов к открытым степным ассоциациям.

Таблица 6 – Идентификация осей многомерного шкалирования сосняков Аландского бора

Оси	Режим биотопа											
	hd	fh	rc	sl	Ca	nt	ae	tm	om	Kn	Cr	lc
NMS_1	0,13	-0,03	-0,07	-0,14	-0,27	-0,20	0,02	0,20	0,28	0,00	0,18	-0,07
NMS_2	0,36	0,15	-0,38	-0,17	0,13	0,18	0,14	-0,47	-0,01	-0,06	-0,41	-0,20
NMS_3	-0,14	0,19	-0,24	-0,04	-0,35	-0,25	-0,40	0,05	0,16	0,07	0,30	0,25
Примечание – полужирным выделены статистически значимые величины тау-Кендалла												

На рисунке 11 представлена ценотическая ординация, которая выполнялась в трех осях неметрического многомерного шкалирования (NMS).



А – ось связана со снижением режима почвенного кальция и азота при росте режима атмосферного увлажнения; Б – ординации связана с ростом почвенного увлажнения и кислотности почв

Рисунок 11 – Ординация ассоциаций сосняков Аландского бора в осях неметрического многомерного шкалирования (NMS_1, NMS_2, NMS_3)

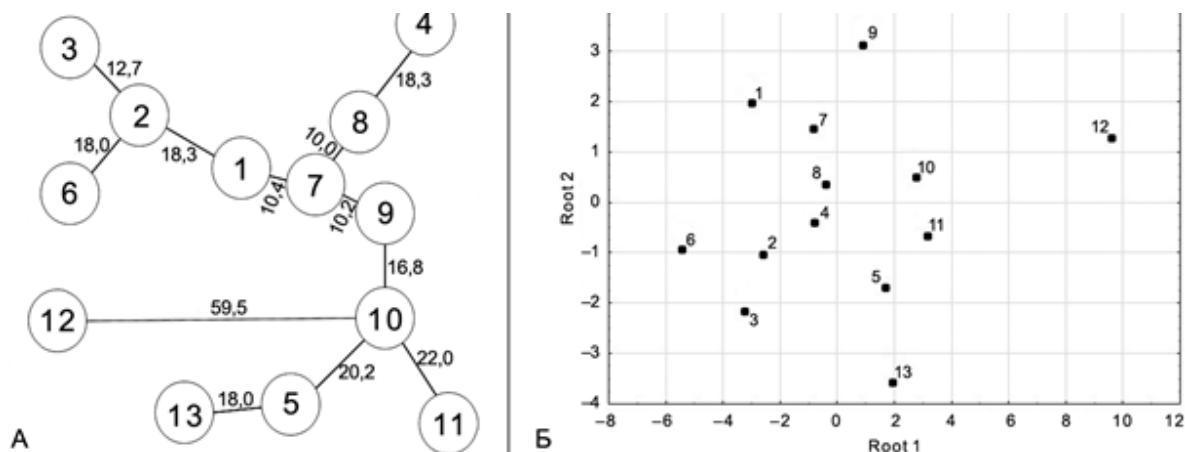
В первых двух осях ассоциации сосняков Аландского бора формируют два параллельных ряда ценотического замещения (слева-направо сверху-вниз):

1) «верхний ряд» сосняки пырейные (12) – кизильниково-пырейные (10) и землянично-пырейные (13) – березо-сосняки кизильниково-степновишнево-обыкновеннолабазниковые (9) – землянично-пырейные (5) – шиповниково-типчаковые (4);

2) «нижний ряд» сосняки полынно-пырейные (11) – степновишнево-землянично-пырейные (7) – кизильниково-степновишнево-типчаково пырейные (8) – типчаковые (2) – кустарниковокараганово-землянично-типчаковые (3) – березо-сосняки иволистодевясилово-обыкновеннолабазниковые (1) – ковыльные (6).

Первый ценотический ряд – это, по сути, сукцессионный силвантный ряд степных сосняков до смешанных березо-сосняков амфиценотической структуры. Второй ценотический ряд – также сукцессионный, но амфиценотический. По первой и третьей оси данные ряды не выражены, определяются только группы ассоциаций, входящих в вышеуказанные ряды замещения.

В эколого-ценотическом пространстве ординация биотопов ассоциаций растительности выполнялись по матрице квадрата расстояния Махаланобиса методом максимального корреляционного пути [18] (рисунок 12: А) и в пространстве первых двух дискриминантных функций (рисунок 12: Б).



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

Рисунок 12 – Ординация биотопов ассоциаций сосняков Аландского бора

Ординация в пространстве Махаланобиса показала наличие трех биотопических центров, образующий единый ряд замещения (рисунок 12: А). Условный биотопический «центр» лесных сообществ Аландского бора формируют березо-сосняки обыкновеннолабазниковые (1, 9) с сосняками степновишнево-пырейными (7, 8). От них в одну сторону идет ряд остепнения и нарастания амфиценотичности и образуется второй амфиценотичный степной «центр» биотопов сосняков типчаковых (2, 3) и ковыльных. В другую сторону через сосняки кизильниково-пырейные (10) идет ряд сylvатизации с «центром» биотопов землянично-пырейных сосняков и березо-сосняков (5, 13). Наиболее специфическими в эколого-ценотическом отношении являются сосняки пырейные (12), резко отличающиеся по эколого-ценотической структуре от прочих лесных сообществ.

Ординация в эколого-ценотическом пространстве (первых двух дискриминантных функций) позволяет уточнить, что определенный в

пространстве Махаланобиса ряд эколого-ценотического замещения является двумя связанными рядами (рисунок 12: Б): 1) сильвантным степных сосновых и березово-сосновых пырейных боров (5, 13, 11, 10, 12) и 2) амфиценотическим степных сосняков и березо-сосняков.

Выводы по третьей главе

Таким образом, проведено детальное современное геоботаническое обследование территории регионального ландшафтно-ботанического памятника природы Аландский бор. Установлено наличие 71 вида сосудистых растений, три из которых включены в «Красную книгу Оренбургской области».

Сосняки Аландского бора представляют собой степные леса амфиценотического типа (по А.Л. Бельгарду), характеризующиеся преимущественно 15-видовыми ценозами с высокими показателями фиторазнообразия и небольшим количеством доминант.

Для Аландского бора с использованием методов многомерной статистики определено 13 сосновых и березово-сосновых растительных ассоциаций. Амфиценотичность растительности бора подтверждается тем, что под сосновым и березово-сосновым ажурным пологом формируются кустарниковый покров и травостой преимущественно из классических степных видов травянистых и кустарниковых растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены ведущие абиотические факторы биотопов выделенных ассоциаций растительности Аландского бора. Установлено, что показатели режимов абиотических факторов крайне слабо варьируют, лесорастительные условия бора сравнительно однообразные, а различия биотопов определяются в первую очередь ценотическими особенностями растительного покрова.

Определены ведущие факторы дискриминации лесных биотопов Аландского бора – это ценотические факторы, определяющие процессы сивлатизации и формирования боровой ценотической структуры, с одной стороны и, с другой – формирование степо-лесных и лесо-степных амфиценозов сосновых степных боров. Среди климатических факторов ведущими являются термоклимат (радиационный баланс), криоклимат (суровость зим или отрицательные зимние температуры) и режим освещенности, среди эдафических – солевой режим. Факторами, определяющими ценотическую структуру лесной растительности бора, являются также режим почвенного кальция и азота, почвенное увлажнение, кислотность почв и порозность (аэрированность) почв. Под влиянием этих факторов формируются ряды биотопического и ценотического замещения (сукцессионные ряды) боров: амфиценотический степных сосняков с травостоем из классических степантов и сивлантный степных пырейных сосновых боров.

Для флоры Аландского бора характерно преобладание видов пяти ведущих семейств: Астровые (Asteraceae), Розовые (Rosaceae), Бобовые (Fabaceae), Мятликовые (Poaceae), Яснотковые (Lamiaceae), что характерно для экосистем местообитаний Степной зоны, а не для классических боров. Флора Аландского бора имеет сложный и комплексный характер формирования.

Травостой бора формирует преимущественно степное разнотравье и виды сухих лугов, а подлесок – классические степные кустарники. Это указывает на флористическую и ценотическую уникальность Аландского бора как представителя классических степных лесных амфиценозов.

Амфиценотическая структура бора подтверждается экоморфическим анализом флоры, указывающим на его комплексность с преобладанием переходных экоморф степного и сухо-лугового вида.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бельгард А. Л. Степное лесоведение. / А. Л. Бельгард. – Москва : Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
2. Булохов А. Д. Основы фитоценологии / А. Д. Булохов – Брянск : Изд-во БГПИ, 1991. – 123 с. – ISBN 5-88543-032-2.
3. Булохов А. Д. Травяная растительность Юго-Западного Нечерноземья России / А. Д. Булохов. – Брянск : Изд-во БГУ, 2001. – 296 с. – ISBN 5-88543-121-3.
4. Булохов А. Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации / А. Д. Булохов. – Брянск : Изд-во БГПУ, 1996 – ISBN 5-88543-032-2.
5. Викторов С. В. Индикационная геоботаника : учебное пособие. / С. В. Викторов, Г. Л. Ремезова. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 168 с.
6. Горышина Т. К. Экология растений / Т. К. Горышина. – Москва : Высшая школа, 1979. – 368 с.
7. Докучаев В. В. К учению о зонах природы / В. В. Докучаев // Докучаев В. В. Сочинения. – Москва : Изд-во АН, 1899. – 28 с. – URL: <https://www.studmed.ru> (дата обращения 10.05.2022).
8. Информационно-аналитическая система «Особо охраняемые природные территории России» (ИАС «ООПТ РФ»). – URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/Аландский-бор> (дата обращения 10.05.2022).
9. Куликов Г. Г. Основные геоботанические методы изучения растительности / Г. Г. Куликов. – Москва : Изд. Каф. Высших растений биол. ф-та Моск. ун-та, 2006. – 152 с. – ISBN 5-8125-0779-1.
10. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение (пер. с англ. Н. В. Матвеевой) / Э. Мэгарран. – Москва : Мир, 1992. – 184 с.

11. Постановление Губернатора Оренбургской области от 29.12.2018 N 773-ук «О лесном плане Оренбургской области» // Электронный фонд правовых и нормативн-технических документов : [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/553240579> (дата обращения 10.05.2022).

12. Раменский Л. Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л. Г. Раменский, А. И. Цаценкин, О. Н. Чижиков и др. – Москва : Сельхоз. издательство, 1956. – 472 с.

13. Регионы России. Лесные ресурсы // Федеральная служба государственной статистики. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2020 г. : [сайт]. – URL: https://www.gks.ru/bgd/regl/b20_14p/IssWWW.exe/Stg/d02/14-39.docx (дата обращения 10.05.2022).

14. Рябухина М. В. Анализ распределения площадей покрытия и видового разнообразия древесно-кустарниковой растительности в лесничествах Оренбургской области / М. В. Рябухина, З. Н. Рябина // Агрономия и лесное дело. – 2018. – № 1 (69). – С. 77–79.

15. Самойлов Ю. И. Экологические шкалы Л.Г. Раменского и аспекты их применения / Ю. И. Самойлов. // Ботанический журнал. – 1986. – Т 71. – № 2. – С. 137–147.

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

17. Сукачев В. Н. Некоторые общие теоретические вопросы фитоценологии / В. Н. Сукачев // Вопросы ботаники. –1954. – Т 1, № К. – С. 291–309.

18. Терентьев П. В. Метод корреляционных плеяд / П. В. Терентьев // Вестник Ленинградского государственного университета. – 1959. – № 9. – С. 137–141.

19. Тихомиров В. Н. Методы анализа биологического разнообразия / В. Н. Тихомиров. – Минск : БГУ, 2009. – 87 с.

20. Ханина Л. Г. Новый метод анализа лесной растительности с использованием многомерной статистики / Л. Г. Ханина, В. Э. Смирнов, М. В. Бобровский // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2002. – Т. 107, № 1. – С. 40–48.

21. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – Москва : Наука, 1983. – 196 с.

22. Цыганов Д. Н. Проблемы и методы изучения растительного покрова / Д. Н. Цыганов, Л. Г. Раменский. – Ленинград : Наука, 1973. – 334 с.

23. Чибилёв А. А. Природное наследие Оренбургской области : учебное пособие / А. А. Чибилёв. – Оренбург : Оренбургское книжное издательство, 1996. – 384 с. – ISBN 5-88788-015-5.

24. Чибилёв А. А. Атлас природного наследия Оренбургской области / А. А. Чибилёв – Оренбург : Институт степи УрО РАН, 2003. – 60 с. – ISBN 5-94397-049-5.

25. Чибилёв А. А. Кваркенский район Оренбургской области. Краеведческий атлас / А. А. Чибилёв, Т. В. Краснова, П. В. Вельмовский. – Оренбург : Институт степи УрО РАН, 2009. – 48 с. – ISBN 5-7689-0168-X.