



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
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

БИОТОПЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ ОЗЕРА АЙ-СОРТЫНГ ЛОР

Выпускная квалификационная работа
по направлению 05.03.06 – Экология и природопользование

Направленность программы бакалавриата
«Природопользование»

Проверка на объем заимствований:
74,06 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована
«04» 06 2019г.
зав. кафедрой химии, экологии и МОХ
С Сутягин А.А.

Выполнила:
Студентка группы ОФ-401/058-4-1
Пасечнюк Елена Юрьевна

Научный руководитель:
д.б.н., профессор кафедры химии,
экологии и МОХ
Н Назаренко Н.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И БИОТОПОВ	6
1.1. Методы геоботанических исследований растительности	6
1.2. Методы многомерного анализа.....	11
1.3. Методы фитоиндикации	19
1.4. Методы интерполяции	20
Глава 2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	22
2.1. Общая характеристика Ханты-Мансийского автономного округа- Югра	22
2.2. Экоморфы флоры Ханты-Мансийского автономного округа Югра .	23
2.3. Характеристика озера Ай-Сортынглор	31
Выводы по второй главе.....	32
Глава 3 БИОТОПЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ ОЗЕРА АЙ-СОРТЫНГЛОР	34
3.1. Растительность окрестностей озера Ай-Сортынглор.....	34
3.2 Картографирование биотопов озера Ай-Сортынглор	44
Выводы по третьей главе	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

Биотоп (от гр. *bios* – жизнь и *topos* – место) – участок земной поверхности (суши или водоёма) с однотипными условиями среды, занятый определённым биоценозом. Термин «биотоп» часто ассоциируют с понятием «местообитание». В случае употребления «местообитание сообщества» трактовка совпадает, но «местообитание вида» это подразумевает конкретный «адрес» местонахождения в природе, ограниченная в пространстве совокупность условий биотической и абиотической среды, обеспечивающей развитие вида или популяции, то есть речь о локальных, имеющих границы участках земной поверхности.

Концепцию биотопа выдвинул немецкий учёный-зоолог Геккель Эрнст в 1866 году в своей книге «Общая морфология организмов». В книге он отметил значимость понятия среды обитания в качестве основы для существования организмов, объясняя, что в определённой экосистеме её биота формируется факторами окружающей среды и взаимодействием между живыми организмами. В 1908 году профессор Берлинского зоологического музея Даль Ф. ввёл само понятие *biotop* для обозначения концепции.

Изучение биотопов подразумевает выявление видов подлежащих в последствие возможной охране. Это невозможно без сохранения среды обитания представителей. Предотвращать истребление только отдельных экземпляров бессмысленно без применения мер по сохранению соответствующего биотопа.

Отображение информации на картах один из наиболее понятных и доступных способов. Геоботаническое картографирование как способ изучения растительного покрова появилось практически одновременно с геоботаникой. Первые карты растительности России появились на рубеже XIX - XX веков. Они были схематичные и отражали зональные типы рас-

тельности. Современные работы отличаются большим разнообразием. Сейчас написано много программ облегчающих работу картографов. Один из наиболее популярных пакетов ArcGis.

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра отличается суровыми условиями климата, расчленённостью рельефа, наличием вечной мерзлоты, что оказывает влияние на характер растительности северных районов. Болота называют «лёгкими планеты», дело в том, что они уменьшают количество углекислого газа в атмосфере. Хозяйственное использование плодово-ягодных ресурсов и способность к очистке вод являются важными факторами сохранения данных биоценозов. Большая часть изучаемой территории сильно заболоченная тайга, что подтверждает необходимость отслеживания динамики изменения видового разнообразия.

Территория ХМАО-Югра изучена во флористическом плане, но исследования проводятся преимущественно на базе существующих ООПТ. Белоярский район относится к малоизученным [17], окрестности районного центра г. Белоярский так же остаются недостаточно изученными. Противоположная ситуация наблюдается в Сургутском районе.

В процессе поиска литературы, связанной с изучением растительности района выяснилось, что первые и на данный момент последние исследования проводились 10 лет назад. Данная работа представляет научный интерес для обновления существующих сведений.

Цель: эколого-геоботаническая оценка растительности и биотопов окрестностей озера Ай-Сортынглор Белоярского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югра.

Объект: биотопы и растительность окрестностей озера Ай-Сортынглор Белоярского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югра.

Предмет: Режимы ведущих экологических факторов и их влияние на формирование биотопов и растительности окрестностей озера Ай-Сортынглор.

Задачи:

1. Экоморфический и эколого-ценотический анализ флоры ХМАО-Югра.
2. Эколого-геоботаническая оценка растительности в окрестностях озера Ай-Сортынглор.
3. Оценка биотопов и характера пространственного распределения режимов ведущих экологических факторов в окрестностях озера Ай-Сортынглор.

Глава 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И БИОТОПОВ

1.1. Методы геоботанических исследований растительности

Изучение фитоценозов обычно проводится путем их подробного описания по специально разработанной методике. Геоботаническое описание проводится на пробной площади, которая в зависимости от цели и задач исследования закладывается в наиболее типичном участке сообщества, или в произвольном месте, или по регулярной сетке на определенном расстоянии одна от другой. Описываемая площадку должна быть расположена в однородном местообитании, в пределах которого не происходит смены доминантов и существенного изменения флористического состава, в одном растительном сообществе. Форма пробной площади может быть квадратной, прямоугольной или круглой, а в небольших сообществах описание проводится по всей его площади.

Характеристика древесного яруса

Для учебных целей (исключительно для освоения методики и обеспечения сохранности растительного покрова) закладывается площадку в 100 - 400 м² (10 x 10-20 x 20). Степень сомкнутости крон оценивается глазомерно и выражается в десятых долях единицы. Этот показатель соответствует части неба в поле зрения над головой исследователя, закрытой кронами деревьев верхнего яруса, без учета просветов внутри крон. Сплошной полог древостоя соответствует сомкнутости 1,0, занятость кронами половины (или одной трети) поля зрения соответствует степени сомкнутости крон 0,5 (или 0,3). Показатель определяется как среднее арифметическое из 5 и более замеров: по четырем сторонам и в центре площадки, при этом исследователь не должен стоять вблизи деревьев. Эта характеристика по-

казывает, какая часть солнечного света проникает под верхний полог деревьев.

Формула состава древостоя характеризует количественное соотношение между породами, составляющим древесный ярус. Всё число деревьев (результат прямого перерасчёта) условно принимается за 10, и от него определяется доля каждой породы, при этом название породы записывается 1-3 буквами: 4Е+2С+3Б+1Ос, т.е. 40% древостоя составляет ель, 20% сосна, 30% берёза, 10% осина.

Бонитет характеризует продуктивность древостоя, зависящую от условий места произрастания, определяется по соотношению среднего возраста деревьев и их высоты в метрах. Может быть определен по шкале распределения насаждений по классам бонитета проф. М.М. Орлова. Следует помнить, что интервал класса возраста для хвойных насаждений составляет 20 лет, а для лиственных пород – 10 лет.

Ярусность древостоя показывает сложность вертикальной расчленённости древостоя. В каждом подъярусе перечисляются составляющие его породы, одинаковые по высоте: A_1 – ель, сосна; A_2 – берёза, осина; A_3 ольха серая, ива козья (*Salix caprea*). Разница по высоте между деревьями одного подъяруса составляет 1-3 м.

Прямого подсчета определяется число стволов на площадке, для каждой породы указывается средний возраст, средняя и максимальная высота в м, и средний и максимальный диаметр в см. Возраст деревьев определяется по годичным кольцам на спиле (пне) или на керне (цилиндре древесины), извлеченном с помощью бурава Плеслера, или по материалам лесотаксационных работ. Высота деревьев определяется с помощью эклиметра, высотомера или мерной геоботанической вилки (или другими способами).

Диаметр стволов замеряется на уровне груди исследователя (приблизительно 1,3 м от поверхности земли) с помощью сантиметровой ленты (результат делится на 3,14) или мерной вилки.

Подростом называют молодое поколение деревьев, начиная со второго года жизни и до возраста (иногда значительного), когда деревья достигнут половины высоты верхнего яруса древостоя, или образуют сомкнутое самостоятельное насаждение. К всходам относятся растения первого года жизни. В таблице перечисляются все виды, возобновляющиеся в данном фитоценозе, их численность, проективное покрытие, средняя высота в м, возраст и усредненное число всходов на 1 м^2 . Численность (обилие) подраста определяется прямым подсчетом экземпляров на пробной площади или по шкале Друде. Численность всходов определяется как среднее из прямых подсчетов на нескольких (не менее трёх для описываемой площади) пробных площадках в 1 м^2 . Проективное покрытие показывает площадь проекций надземных частей растений на поверхность почвы, выраженное в % от общей площади. Определяется проективное покрытие с помощью сеточки Раменского и таблицы эталонов градаций проективного покрытия и др.

Возраст молодых лиственных деревьев (5-15 лет) определяется по годичным рубцам на коре, возраст молодых хвойных деревьев (до 30 лет) определяется по числу мутовок, образованных ветвями. Если ветви дерева расположены достаточно низко, можно определять возраст по числу мутовок на одной из крупных нижних ветвей. К полученному возрасту следует добавить 2 года (период младенчества).

Характеристика кустарникового яруса

Размер пробной площади в зависимости от характера размещения кустов может изменяться. Для учебных целей обычно он составляет 100 м^2 . Сомкнутость полога определяется так же, как и сомкнутость крон у древесного яруса. Для низкорослых и более или менее равномерно растущих кустов (малина) характеризуется численность по шкале Друде О. Строение яруса характеризуется перечнем подъярусов с указанием высоты и доминантов. Разница высот подъярусов составляет 1-3 м. Жизненность характеризует степень развития растений в данном фитоценозе, она показывает

приспособленность вида к данной обстановке. Отмечают 3 основные степени жизненности:

1. Растения проходят в данном сообществе полный нормальный цикл развития (рост, цветение, плодоношение, возобновление), в ценопопуляции присутствуют особи всех возрастных групп;
2. Растения угнетены, отстают в росте, редко и мало цветут, но семенное размножение все же возможно;
3. Растения сильно угнетены (наблюдаются отклонения в морфологическом облике: росте, ветвлении, форме листьев и т.п.), они не только не цветут, но и слабо вегетируют, находятся в неблагоприятных условиях существования.

Характеристика травяно-кустарничкового яруса

Размер пробной площади для характеристики этого яруса может быть различным в зависимости от составляющих его растений и характера их распределения, от 1 до 100 м², или несколько меньших площадок на пробной площади большего размера (3х1 м² на 100 м²). Для яруса в целом определяется общее проективное покрытие, показывающее (в %), какую часть площади занимают проекции травянистых и кустарничковых растений по отношению ко всей пробной площади, и доминирующие виды. Обязательно указывается аспект – цветовая характеристика внешности, физиономичности ассоциации, определяемая окраской цветущих (или плодоносящих) доминирующих растений. Ярусность травяно-кустарничкового покрова показывает вертикальное его расчленение. Для выделенных подъярусов указываются доминанты и общая высота в см. Во флористический список фитоценоза включают не только растения, цветущие в момент описания, но и находящиеся в вегетативном состоянии или в состоянии проростков. Неизвестные растения заносят в список под условными названиями или номерами. Их обязательно собирают в гербарий для последующего определения. Для определения используют «Флоры», «Оп-

ределители», монографические работы, а также атласы и определители проростков, определители растений по вегетативным органам и т.п.

Для выявления флористического состава фитоценоза сначала переписывают все растения, стоя на одном месте на границе описываемого участка. После того, как будут отмечены все растения, видимые из точки наблюдения, медленно передвигаются вдоль границы, записывая вновь встретившиеся виды, еще не попавшие в список. Обойдя весь участок, пересекают его по диагонали, продолжая вписывать растения. Такой способ записи обеспечивает полноту списка и сохраняет пробную площадку от вытаптывания исследователями. Для полного выявления видового состава изучаемого сообщества необходимо посещать его и составлять описания неоднократно в течение вегетационного периода (весной, летом, осенью). Иначе в список не попадут виды с коротким вегетационным периодом - эфемеры и эфемероиды - и позднеразвивающиеся виды. Для каждого вида обязательно указывается средняя высота в см, обилие (численность), проективное покрытие, фенофаза в данном сообществе. Обилие – количественная характеристика растений данного вида на пробной площади определяется по шкале оценок обилия О. Друде (с дополнениями и уточнениями), выражается в процентах или в баллах.

Проективное покрытие определяется по сеточке Раменского и эталонам, оно показывает, какую часть площади занимают проекции надземных частей растений каждого вида, выражается в % по отношению ко всей пробной площади. Фенофаза характеризует стадию развития растений. Фенофазы при описании фитоценоза указывают словами или условными значками.

Характеристика болотной растительности

Использование метода пробных площадок не всегда возможно при изучении болотной растительности. В этом случае более целесообразно закладывать несколько трансект – полос определенной ширины (1–2–3 м), пересекающих все болото или расположенных радиально. Ширина трансект

сект определяется характером растительности: если на болоте имеется древесно-кустарниковая растительность, то трансекты закладываются шириной 2 м; если болото с травянистой растительностью или сплошь покрыто сфагновыми мхами, то достаточно ширины в 1 м. Трансекты закладываются на одинаковом расстоянии друг от друга (20–50 м) перпендикулярно краю болота. Количество и расстояние между ними определяются размерами болота и необходимой подробностью описания. На каждой трансекте закладывается несколько учетных площадок размером 1×1 м или 2×2 м. Описание растительности выполняется на специальных бланках. Сначала заполняется стандартная для всех типов растительности адресная часть с общими сведениями, затем последовательно описывают учетные площади с характеристиками видов растений: размерами, фенофазой и основными количественными показателями. Если какой-то компонент растительности болота образует аспект, то указывается название аспектирующего вида (или видов) и сам аспект [1, 2].

1.2. Методы многомерного анализа

Многомерная классификация

Использование методов многомерного статистического анализа данных в геоботанике и экологии базируется на рассмотрении природного объекта как системы в многомерном пространстве признаков, каждый из которых может быть описан количественно либо качественно. Например, исследование растительного покрова базируется на геоботанических описаниях пробных площадок, в которых указаны количественные характеристики видов, присутствующих на площадках. Оставляя в стороне методы самих описаний, изучаемую растительность можно представить как многомерную систему, метрика которой определяется количеством описаний и числом видов в описании, а признаками являются количественные характеристики видов, присутствующих в описании. Такой подход позволяет описания сводить в многомерные матрицы. В простейшем случае обраба-

тывается трехмерная матрица, где первые два измерения – коды площадок и видов, а третье – количественные показатели (число особей, проективное покрытие, обилие и т.д.) видов.

В наиболее распространенных случаях анализ такой 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.

Разбивка совокупности на однородные группы определяется как многомерная классификация. Выделяются две группы методов классификации. Во-первых, формальная разбивка описаний на группы в соответствии с критериями сопряженности, близости, схожести или, наоборот, критериями отдаленности, несхожести. Такая разбивка не предполагает априорного предположения о количестве выделяемых групп и представления об их иерархии. Подобная разбивка может также использоваться для редукции переменных, когда большое количество данных сводится к небольшому количеству классов, что облегчает интерпретацию результатов. Во-вторых, классификация при известном числе групп, которое задается исследователем. Эти методы также могут предполагать наличие базовых характеристик этих групп (типичных объектов, шаблонов или сигнатур). Упрощая, можно указать, что первая группа представляет собой разбивку всей совокупности на неизвестное число классов с неизвестной характеристикой. Вторая группа представляет собой разнесение отдельных объектов совокупности в «свой» класс. Отдельно следует отметить, что методы многомерной статистики используются для анализа скрытых взаимодействий и взаимосвязей между объектами и их структурной композиции с графическим представлением результатов. Проверка статистических гипотез не является главной задачей многомерного анализа.

Многомерную классификацию можно представить как определение системы «скоплений» объектов или «ядер», отвечающих встречающимся

на данной территории группам взаимосвязанных видов и условий их местопроизрастания. Такое сочетание достаточно легко определяется при одновременном использовании двух групп методов – формальной разбивке описаний на группы (классы), в зависимости от количественной характеристики и встречаемости в описаниях видов, и разнесение описаний в полученные в результате формально разбивки классы на основе характеристик условий местопроизрастания. Формальная разбивка описаний на группы чаще всего выполняется с использованием иерархических агрегативных методов кластерного анализа. Выделение кластеров выполняется на основе расчета коэффициентов сходства, которые при необходимости могут нормироваться, представляемых в виде матриц расстояний между объектами в многофакторном пространстве. Расчет матрицы расстояния сводится к следующему. Каждый вид в описании представляет собой отдельное измерение, а количественная характеристика вида – его «координату» в этом измерении. Метрика описания зависит от количества видов. Таким образом, группировка площадок в кластеры зависит от того, совпадают ли метрики и на сколько совпадают (какое количество общих видов в описаниях), а степень близости описаний в группах определяется, исходя из рассчитанного расстояния по «координатам» видов.

Коэффициенты сходства здесь представляют собой расстояния, связывающие признаки в многофакторном пространстве. На сегодняшний день выделяется до сотни коэффициентов сходства (показателей сопряженности). Традиционно в геоботанике и экологии используются коэффициенты Жаккара, Сьеренсена-Чекановского (Брея-Кертисса) и Эвклидово расстояние, также возможно использование нормированного коэффициента корреляции Пирсона. Следует помнить, что использование разных коэффициентов при выделении кластеров для одинаковых описаний может привести к несопоставимым результатам. Поэтому выбор коэффициента сопряженности определяется чаще возможностью последующей интерпретации полученной классификационной схемы. Также используются раз-

личные алгоритмы объединения описаний в кластеры на основе мер сходства (расстояний); на сегодняшний день таких алгоритмов выделения гомогенных групп насчитывается несколько десятков. Если кластерный анализ используется не столько для выделения относительно однородных групп, сколько для построения классификационной схемы, то рекомендуется использование именно агломеративных методов группировки в кластеры. Последние позволяют строить иерархическую древообразную структуру, которая может служить основой для построения восходящей иерархической классификационной схемы.

Вся совокупность алгоритмов группировки объектов в кластеры может быть задана обобщающей формулой, в которой конкретный алгоритм определяется величиной коэффициента «бета» – т.н. бета-гибкая стратегия Ланса.

Часто кластеризация не дает возможности выявить экологические особенности объектов, особенно в том случае, если исследуются не столько особенности растительности, сколько самих видов флоры территории. В этом случае выполняется анализ видовых списков с использованием коэффициентов видовой сопряженности напрямую (R-техника). В данном случае используются не расстояния в факторном пространстве, а сами коэффициенты. В связи с этим определяющим является выбор коэффициента. Последние бывают центрированные (изменяются от -1 до $+1$) и нецентрированные (возрастают от 0 до 1 и выше), симметричные (не зависят от порядка сопоставления видов X с Y или Y с X) и несимметричные, абсолютные (при расчете учитывается отсутствие обоих видов) и полные (случаи, когда оба вида отсутствуют, не учитываются).

Для визуализации данных коэффициенты видовой сопряженности нормируются согласно следующей формуле $r = (1 - K)^2$. Такая нормировка позволяет, во-первых, избавиться от отрицательных коэффициентов сопряженности, во-вторых, искусственно «сблизить» наиболее тесно сопряженные виды. Графически нормированные коэффициенты сопряженности

представляют в виде дендрограмм, построенных методом максимального корреляционного пути. Метод, по сути, является аналогом метода ближайшего соседа – выбирается пара видов с наименьшим нормированным коэффициентом сопряженности и к ним последовательно присоединяются остальные виды, по критерию максимальной сопряженности (минимального коэффициента), а прочие связи отбрасываются. Длина связи определяется величиной видовой сопряженности: чем она выше, тем длина меньше. Впоследствии по данным дендрограммам выделяются плеяды сопряженных видов. Границы плеяд чаще всего определяются переходом коэффициента видовой сопряженности от увеличения к уменьшению.

Разнесение описаний в уже имеющиеся группы базируется на количественном определении критериев, по которым можно разделить данные на имеющиеся классы. Например, мы знаем, что на данной территории описано 10 видов, у нас есть морфологические описания растений. Вопрос состоит в том, можем ли мы на основании описанных морфологических признаков различать эти виды, и какие признаки лучше всего подходят. Такая же проблема решается при диагностике и оценке разработанной классификационной схемы. Например, у нас выделено 10 ассоциаций на основе количественных соотношений между видами и их встречаемости. Вопрос состоит в том, различаются ли эти ассоциации по особенностям экотопов и биотопов и какие экологические факторы являются наилучшими для выделения этих ассоциаций.

Чаще всего для проверки таких предположений предлагают использовать методы кластерного, многомерного дисперсионного и дискриминантного анализа. Для анализа геоботанических описаний чаще всего используют дискриминантный анализ. Алгоритмы дискриминантного анализа максимизируют разницу между известными группами объектов в многомерном пространстве признаков. В ходе анализа определяются:

- факторы, наиболее значимые для дискриминации групп объектов;

- насколько однозначно объект может быть отнесен к определенному классу на основе имеющихся признаков. Одним из результатов анализа является расчет модели, по которой можно проводить дальнейшую классификацию новых объектов на основе определенных признаков.

При этом необходимо помнить о следующих ограничениях:

- признаки должны характеризоваться многомерным нормальным распределением;
- в анализе не рекомендуется использовать значимо коррелирующие признаки;
- модель основана на линейных зависимостях;
- внутригрупповые дисперсии должны быть гомогенными.

Многомерная ординация

Поиск градиентов, по которым структурируются описания, относится к группе методов ординационного анализа. Методы ординации используются, прежде всего, для оценки взаиморасположения объектов (описаний, классов) в пространстве градиентов среды. Поскольку градиенты можно представить в виде осей, вдоль которых величина воздействия фактора меняется определенным образом, то в экологии ординация – любое упорядочение объектов вдоль некоторой или некоторых осей.

Выделяют две группы методов ординации – прямая и непрямая. Прямой градиентный анализ впервые был предложен Раменским, а его методика сводится к размещению описаний (или видов) в осях экологических факторов при известных количественных характеристиках фактора для каждого описания. На сегодняшний день в геоботанике и экологии 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).

Суть метода состоит в сопряжённом анализе двух матриц – видов × описаний и факторов среды × описаний, ранжированных по кодам пробных площадей. Определяется сила связи между изменениями количественных показателей видов и режимами экологических факторов. Целью анализа является выявление факторов, определяющих 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.

Канонический анализ соответствий базируется на расчете критерия χ^2 . При этом его использование приводит к тому, что виды с низкой численностью получают больший «вес» в описаниях. Данный недостаток исправлен в методе анализа избыточности на основе определения меры расстояния. Однако все группы метода прямой ординации базируются на гипотезе линейной зависимости между фактором и численностью вида, а также на одномодальных колоколообразных кривых толерантностей видов.

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.

Еще одной альтернативой является многомерное шкалирование (Multidimensional Scaling) и, особенно, его непараметрический алгоритм – неметрическое многомерное шкалирование (Non-metric Multidimensional Scaling). 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. Про-

цедура шкалирования итерационная, при этом качество «подгонки» расположения объектов в пространстве осей шкалирования тем выше, чем большее число итераций. Качество аппроксимации оценивается согласно значения 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.

Существуют различные методы интерпретации осей. Во-первых, одновременное проведение двух непрямых 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 характери-

ками видов (R-методика) или рассчитанными фитоиндикационными показателями описаний (Q-методика). Наилучшие результаты дает использование непараметрических коэффициентов корреляции, например, Спирмена или тау-Кэндалла.

1.3. Методы фитоиндикации

Все живые системы в процессе своего развития приспосабливаются к факторам местообитания. Метод оценки абиотических и биотических факторов местообитания с помощью биологических систем называется биоиндикацией. Часто используются ботанические или растительные индикаторы. Из всех элементов экосистемы наибольшее значение имеет растительный покров как наиболее открытый и доступный для наблюдений, а так же чувствительно реагирующий на любые изменения окружающей среды. Применение растительного покрова как индикатора условий среды отводят в отдельное направление называемое фитоиндикацией. Так как это направление не имеет своего объекта исследования, оно не является самостоятельной наукой. При фитоиндикации используют не только внешний вид растения, но и его внутреннее строение, биохимический состав и физиологические процессы. Для анализа этих процессов используют методы морфологии, анатомии, физиологии и биохимии растений. А.А. Корчагин в 1971 году предложил термин фитоиндикация – одно из практических использований различных признаков и свойств отдельных растений или растительных сообществ и их комплексов для получения качественной, а иногда и количественной характеристики среды, например, влажности и кислотности, обеспеченности почвы биогенными элементами и т.д. [4].

Методы фитоиндикации складываются из приёмов, выполняемых в лабораторных и полевых условиях. В данной работе использовался метод экологических шкал. Он получил широкое распространение в фитоиндикации, с его помощью можно провести индикацию комплексных климатических факторов и местообитаний растительных сообществ. Для проведе-

ния экологического анализа видов или сообществ необходимо понять экологические ряды местообитаний для отдельных растений или сообществ в целом. Экологический ряд [11] – это ряд видов или сообществ, последовательно расположенных вдоль градиентов среды. Они расположены по возрастанию либо убыванию ведущего фактора. Названия жизненных форм и экологических типов громоздки, в 1936 г. Иверсен И. упростил работу, предложив заменить на числовые ряды. Для экологов и геоботаников это были новые возможности. Представляя числовыми баллами, отношение видов растений к отдельным экологическим факторам получаем в результате экологические шкалы. Положения видов на шкалах соответствуют их экологическому оптимуму – условиям, где виды часто встречаются с высоким обилием (проективным покрытием) или показывают экологическую амплитуду. Обилие определяют пользуясь этими шкалами можно определить кислотность, влажность, богатство азотом почвы, режим почвенного увлажнения, освещённость местообитаний и другие факторы [20].

1.4. Методы интерполяции

Интерполяция решает задачи, если возникает потребность предсказать значение в точке, где наблюдения не было или оценить точность предсказания; вычислить среднее значение свойства. Впервые термин интерполяция употребил Джон Валлис в своей книге «Арифметика бесконечных» в 1656 году. Интерполяция – способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений. Графическая задача интерполирования заключается в том, чтобы построить такую интерполирующую функцию, которая бы проходила через все узлы интерполирования. Для создания интерполированной карты необходим набор точек с данными об их пространственном положении и количественное значение параметра в этих точках – высота, давление, концентрация, температура и др. Таким методом строятся климатические кар-

ты, карты растительности, животного мира (можно отразить ареал их распространения, обитания) и многие другие.

Один из самых простых и понятных методов интерполяции является метод ближайшего соседа. Интерполяция методом ближайшего соседа (ступенчатая интерполяция) – метод интерполяции, при котором в качестве промежуточного значения выбирается ближайшее известное значение функции. Проведение анализа этим методом не занимает много времени, что ускоряет работу.

Сейчас существует много программных обеспечений для создания карт, работающих по методам интерполяции. Платформа ArcGis одна из них. ArcGIS помогает использовать географическую информацию для проведения анализа, лучшего понимания данных и принятия более информированных решений.

Глава 2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика Ханты-Мансийского автономного округа-Югра

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО-Югра) расположен в центральной части Западно-Сибирской равнины. Округ граничит на севере с Ямало-Ненецким автономным округом, на востоке и юго-востоке с Красноярским краем и Томской областью, на юге с Тобольским и Уватским районами Тюменской области, на юго-западе со Свердловской областью и северо-западе с Республикой Коми. Площадь округа около 535 тыс. км².

Климат округа формируется под воздействием азиатского материка и Атлантического океана. По классификации Алисова Б.П. территория относится к умеренному поясу с континентальным климатом [11]. Для климата ХМАО характерна суровая продолжительная зима с высотой снежного покрова от 50-80 см. Средняя температура самого холодного месяца – января от -18.2°С до -24.2°С. Самые сильные морозы наблюдаются на северо-востоке, понижение до -50°С. Лето короткое и тёплое. Средняя температура самого тёплого месяца – июля от +15.9°С до +18.4°С. Переходные сезоны непродолжительные: осень до 9 недель, весна до 4 недель. Характерны поздние весенние и ранние осенние заморозки. Среднее годовое количество осадков составляет от 460 до 620 мм. В основном осадки выпадают в тёплое время года. Остальная часть во второй половине зимы. Скорость ветра по округу 4-6 м/сек. Рельеф разнообразный и представлен сменой равнин, предгорий и гор. Наблюдаются возвышенные и низинные равнины, а так же низины. Для западноуральской части округа характерен среднегорный рельеф.

Почвенный покров отличается разнородностью. На приречных участках развивается подзолистый почвообразовательный процесс. На водоразделах со слабыми стоками преобладают заболоченные почвы, к центральной части сменяющиеся болотными. На породах тяжёлого механического состава есть глеезёмы и глееподзолистые почвы, на песчаных – разные иллювиальные. Для поймы реки Оби характерно сочетание аллювиальных, дерновых, болотных и луговых почв. В горах распространены тундровые, фрагментарные, грубогумусовые и горные органогенно-щербнистые почвы.

Речная сеть округа формируется одной из крупнейших рек страны р. Оби с её многоводным притоком р. Иртыш, и 12 их притоками с множеством мелких речек. Общее количество рек около 30 тыс., озёр около 300 тыс.

Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО-Югра) расположен в пределах двух ботанико-географических областей: Уральской горной и Западно-Сибирской равнинной. Для последней, к которой относится основная часть территории, отчетливо выделяются подзоны северной, средней и южной тайги, а преобладающим зональным типом растительности являются леса таежного типа, часто – заболоченные. В северных районах на характер флоры и растительности значительное влияние оказывает вечная мерзлота.

В настоящий момент территория ХМАО-Югра изучена во флористическом плане [13, 14], но исследования особенностей растительного покрова проводятся преимущественно на базе существующих особо охраняемых территорий [5, 7, 10, 15].

2.2 Экоморфы флоры Ханты-Мансийского автономного округа Югра

Характеристика флор по соотношению различных экологических групп растений является традиционной в геоботанике и фитоцено

логии [12]. При этом анализ выделенных экологических групп флоры конкретного региона является важной предпосылкой оценки биоразнообразия, прежде всего биотопического и ценотического. Как правило, экологические группы видов растений выделяются по ведущим факторам среды или группе взаимосвязанных факторов. В качестве примера таких экологических групп можно привести классификацию Бельгарда А.Л., который для региональных флор предлагает выделять так называемые экоморфы [3, 12].

Под экоморфами понимаются системы адаптаций видов к экологическим факторам местообитаний или биотопов, в частности, к таким биотопическим факторам, как освещенность (гелиоморфы), трофность (в широком смысле) почв (трофоморфы), условиям увлажнения (гигроморфы) и климату в целом (климаморфы). Система климаморф Бельгарда А.Л. соответствует жизненным формам в понимании Раункиера К. и рассматривается как система адаптаций растений к факторам неблагоприятного периода. Помимо этого Бельгардом [3] рассматривается система адаптаций не только к абиотическим факторам биотопа, но и к фитоценозу в целом. Эта система адаптаций названа им ценоморфами. В случае наших исследований, поскольку система Бельгарда разрабатывалась для южных регионов, при анализе флоры Ханты-Мансийского автономного округа отдельные ценоморфы нами была разбита на подгруппы, выделенные на основе системы эколого-ценологических групп, разработанной для хвойно-широколиственных лесов России [6].

Помимо этого, ценную информацию о биоразнообразии флоры дает биоморфологический анализ, показывающий характер распределения видов в зависимости от комплекса абиотических факторов, характерных для региона в целом. В данной работе использовались жизненные формы (экобиоморфы) и их классификация в понимании Серебрякова И.Г. [16].

Изученная флора Ханты-Мансийского автономного округа насчитывает 1175 видов сосудистых растений, из 112 семейств [13]. Предварительный анализ флоры ХМАО-Югра по видовому составу биоморфологиче-

ским особенностям и типам местообитаний показал ее недостаточную изученность по этим показателям. На основе флористического списка была разработана база данных, в которой для конкретных видов были определены группы экобиоморф и экоморф. В ходе экоморфического анализа флоры ХМАО-Югра были выделены следующие группы:

- гелиоморфы: He – гелиофиты (светолюбивая), ScHe – сциогелиофиты (теневыносливая), Sc – сциофиты (тенелюбивая);
- климаморфы: Ph – фанерофиты, НКг – гемикриптофиты, Ch – хамефиты, Cr – криптофиты, Т – терофиты;
- гигроморфы: Ks – ксерофиты, Ms – мезофиты, Hgr – гигрофиты, Hd – гидрофиты;
- трофоморфы: OgTr – олиготрофы, MsTr – мезотрофы, MgTr – мегатрофы.

Для ценоморф ХМАО-Югра по встречаемости видов в конкретных биотопах в результате экоморфического анализа флоры выделены следующие группы:

- сильвантная – группа лесных видов с выделением бореальной подгруппы (виды темнохвойных лесов), боровой (светлохвойных лиственных и сосновых лесов), а также отдельно выделена подгруппа смешанных лесов;
- пратантная – группа луговых видов с выделением подгруппы свежелогуговой (виды пойменных, низинных, заливных и заболоченных лугов) и сухо-луговой (виды водораздельных лугов);
- палюдантная – группа болотных видов с выделением подгрупп олиготрофной (виды верховых, сфагновых, торфяных болот преимущественно атмосферного питания) и мезотрофной (виды низинных и переходных болот преимущественно грунтового питания);
- прибрежно-водная – гигрофильные и гидрофильные виды берегов водоемов и внутриводные виды;

- тундровая – виды тундровых и лесотундровых местообитаний;
- монтанная – виды, ареалы которых приурочены к горным и высокогорным местообитаниям;
- петрофильная – виды скалистых обнажений, осыпей и курумников;
- рудеральная – группа сорных и синантропных видов растений;
- псаммофильная – виды открытых песчаных местообитаний, прибрежного песчаного аллювия и песчаных опушек боров;
- культивируемая – сельскохозяйственные, огородные и декоративные выращиваемые и дичающие виды растений.

Представленная классификация является предварительной. На основе определенных видов и их экоморф была сформирована база данных экофлоры Ханты-Мансийского автономного округа.

В результате биоморфологического анализе флоры ХМАО выделено четыре группы экобиоморф – древесные растения (деревья и кустарники), полудревесные растения (полукустарники и полукустарнички), наземные травы и водные травы. Результаты биоморфологического анализа (рис. 1) показывают, что подавляющее большинство видов относится к наземным травянистым растениям (преимущественно травянистым поликарпикам) – 88%, что указывает на достаточно жесткие экологические условия формирования биотопов ХМАО-Югра прежде всего по температурным условиям. Древесная и полудревесная экобиоморфы насчитывают, соответственно, только 8% и 1% флоры исследованного региона.

Подтверждает достаточно жесткие условия формирования биотопического разнообразия и анализ климаморф (рис. 2). При этом в разработанной нами базе данных флоры ХМАО однозначно определены климаморфы только для 45% видов сосудистых растений, что указывает на сравнительную малоизученность как самого региона, так и его флоры в целом. Анализ изученных климаморф показал, что большая их часть (44 %) относится к гемикриптофитам, также значительна доля криптофитов – 23% (преиму-

щественно корневищных и луковичных) и терофитов (20%). Это указывает на наличие стабильно жесткого неблагоприятного периода не только по температурным условиям, но и по условиям увлажнения.

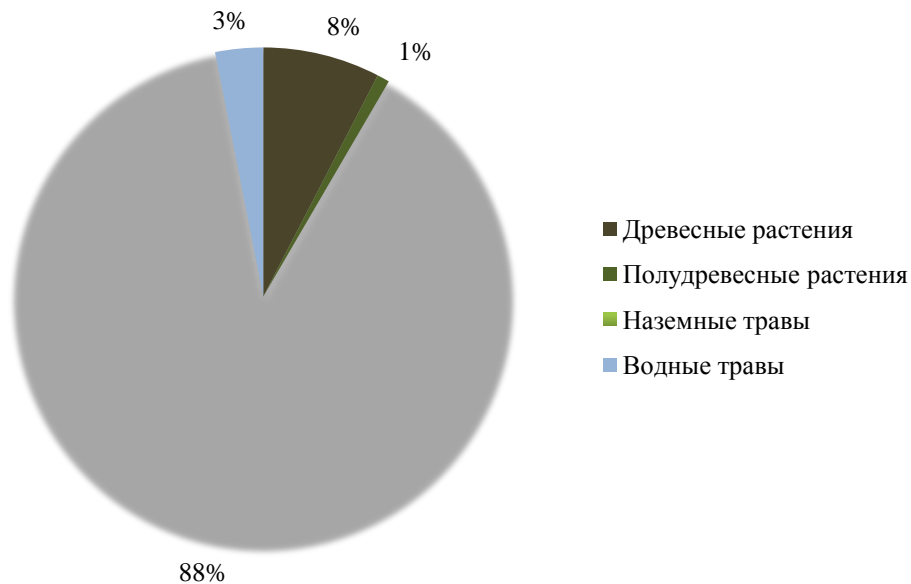


Рис. 1 Биоморфологическое разнообразие флоры ХМАО-Югра

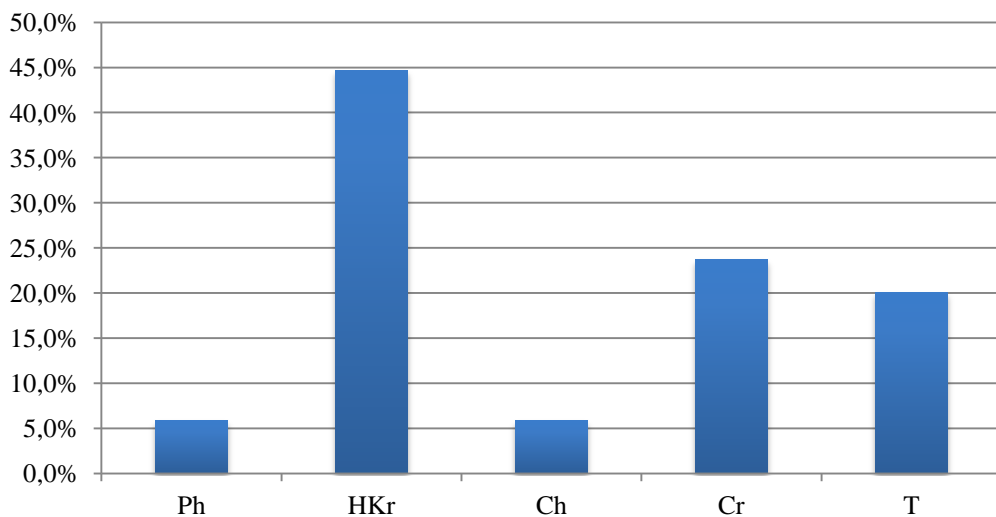


Рис. 2 Климатоморфы флоры ХМАО-Югра

Анализ гелиоморф флоры ХМАО-Югра (рис. 3) дал следующий результат: все виды сосудистых растений практически в равной степени распределяются между сциогелиофитами, сциофитами и гелиофитами. При

этом растения открытых, хорошо освещённых пространств, несколько преобладают во флоре – 40%, затем идут виды затенённых местообитаний и на последнем месте – теневыносливые. Такой характер распределения гелиоморф указывает, что, несмотря на небольшой удельный вес во флоре, древесные экобиоморфы определяют высокое биотопическое разнообразие на территории исследованного региона, формируя преимущественно теневые и теневыносливые условия местообитания. Соответственно, именно условия освещенности, прежде всего, будут определять характер ценотического разнообразия флоры региона.

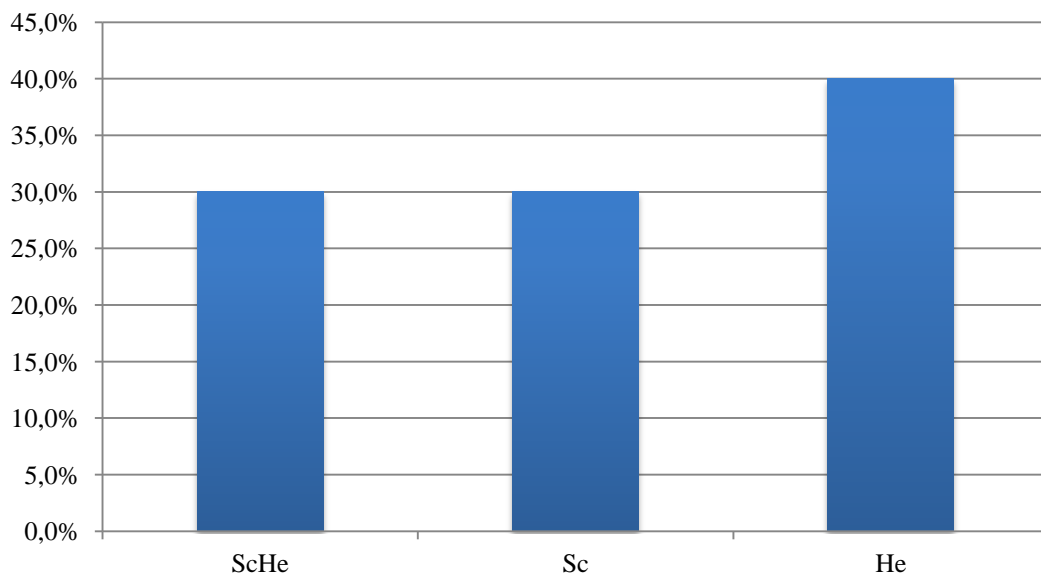


Рис. 3 Гелиоморфы флоры ХМАО-Югра

Спектр гигроморф флоры ХМАО-Югра (рис. 4) указывает на преобладание мезофильной группы (58%), что свидетельствует об оптимальных условиях увлажнения, но указывает на достаточно низкое биотопическое разнообразие территории по этому фактору. При этом второй по значимости группой является гигрофильная, что свидетельствует о широком распространении и разнообразии водно-болотных местообитаний.

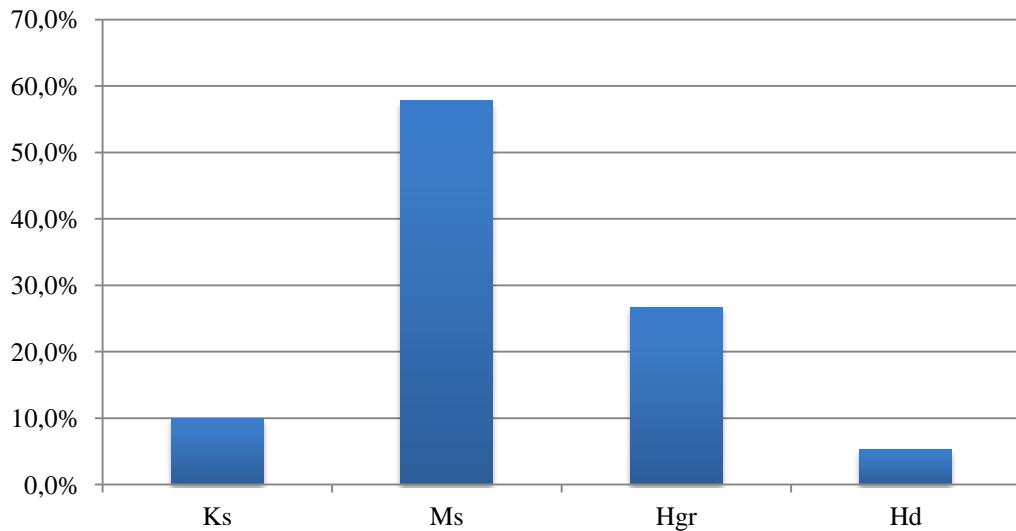


Рис. 4 Гигроморфы флоры ХМАО-Югра.

Подтверждает вышеизложенное анализ ценоморф – адаптаций к условиям фитоценоза (таблица 1). В анализе представлено 1029 видов сосудистых растений флоры (87,6 %), что указывает на недостаточную изученность ценотического разнообразия региона. В анализе, как было указано выше, представлено 10 базовых ценоморф, три из которых были детализированы на подгруппы. В ценотическом разнообразии региона преобладает растительность лесных биотопов (24,4%) при этом детальный анализ сивантной ценоморфы указывает на высокое ценотическое и видовое разнообразие смешанных лесов (13 % изученной флоры). Обычно, виды смешанных лесов не выделяют отдельно, относя их к неморальным, боровым, опушечным или луговым эколого-ценотическим группам [6]. Однако в наших исследованиях именно виды этих биотопов образовали наибольшую группу по встречаемости и были не всегда характерны для темнохвойных или светлохвойных лесов. При этом один из авторов системы отдельно выделял так называемую «бетулярную» группу [9]. Соответственно, данный вопрос требует отдельного изучения с целью уточнения ценотического статуса этих видов.

Ценоморфы флоры ХМАО-Югра

Ценоморфа	Число видов	Доля во флоре, %
Сильвантная	289	24,4
бореальная	36	3,0
боровая	99	8,4
смешанная	154	13,0
Пратантная:	27	2,4
сухо-луговая	16	1,4
свеже-луговая	11	1,0
Палюдантная	71	6,0
олиготрофная	13	1,1
мезотрофная	58	4,9
Прибрежно-водная	276	23,5
Тундровая	95	8,1
Монтанная	10	1,0
Петрофильная	91	7,7
Рудеральная	130	11,1
Культивируемая	13	1,1
Псаммофильная	27	2,3

Также на территории исследованного региона наблюдается высокий удельный вес прибрежно-водных биотопов, виды которых вероятнее всего и составляют большую часть гелиофитной флоры региона.

Болотный ценофитический элемент флоры выражен очень слабо и характеризуется низким видовым разнообразием. Традиционно подтверждается низкое видовое разнообразие флоры олиготрофных болот. Также крайне низкое видовое разнообразие характерно для луговых, петрофильных и псаммофильных биотопов.

Достаточно широко представлены во флоре виды тундровых сообществ (8,1 % изученной флоры).

Особо необходимо отметить высокую долю видов рудеральной ценоморфы (11,1 % изученной флоры), что указывает на высокое разнообразие нарушенных антропогенной деятельностью биотопов и появление во флоре сорных и синантропных видов. Наличие этой ценоморфы свиде-

тельствует о том, что для территории ХМАО-Югра необходима разработка природоохранных мероприятий с целью сохранения природного биоразнообразия и препятствования развития нарушенных местообитаний.

Наконец, анализ трофоморф (рис. 5) указывает на преобладание в изученном регионе достаточно плодородных почв: 56 % флоры относится к мезотрофам и 30% – мегатрофам. Следует отметить, что только 4% видов изученной флоры относится к нитрофилам, что указывает на низкое разнообразие биотопов с почвами, богатыми азотом. Соответственно, нитрофильная подгруппа в сивлантной ценоморфе нами не выделялась. Также для изученной флоры характерны трофоморфы паразитная, и насекомоядных растений.

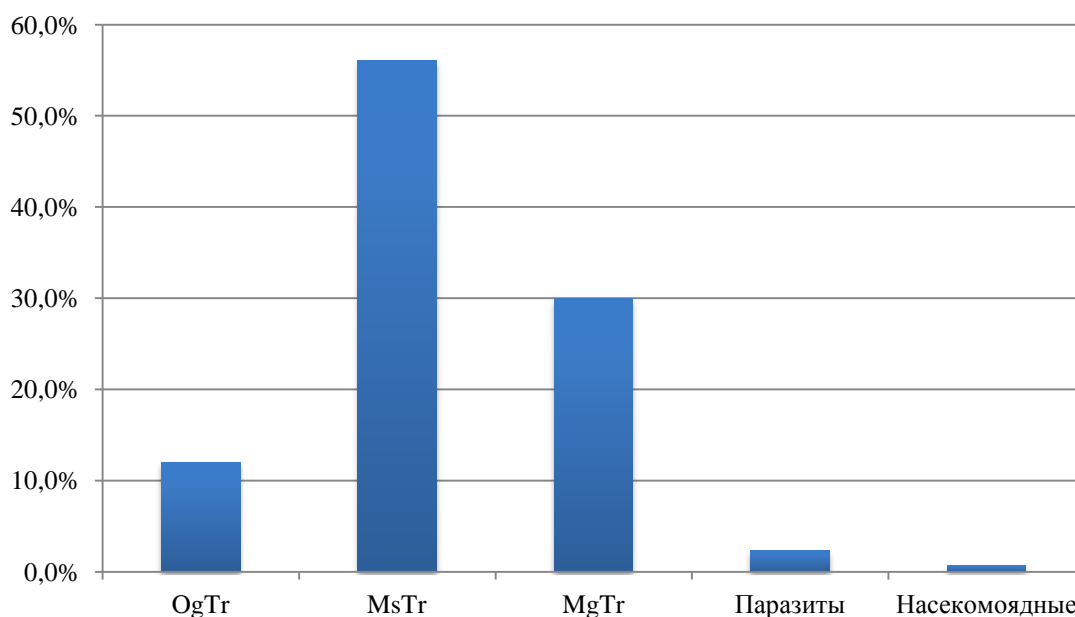


Рис. 5 Трофоморфы флоры ХМАО-Югра

2.3. Характеристика озера Ай-Сортынглор

Озеро Ай-Сортынглор расположено в черте г. Белоярский, непосредственно от городской черты удалено на 7 км (у спецгородка Озёрный) и относится к Западно-Сибирскому артезианскому бассейну границы северо-таёжной и лесотундровой эколого-ландшафтных зон (Обско-Казымский водораздел). Во время весеннего паводка озеро соединяется с соседним

озером Сортынглор. Северный берег затопляется ежегодно, в результате чего формируются биотопы на переувлажненных глинистых почвах. Западный берег озера переходит в непроходимое болото. Растительность восточного берега представляет собой ивняки кустарникового типа, часто заболоченные и переходящие в сфагново-мочажинные болотистые биотопы. Лесная растительность характерна для южного берега озера.

Озеро относится к практически не используемому человеком, отсутствуют объекты рекреации, рыболовный промысел не востребован. Вода имеет буро-коричневую окраску, вероятно из-за сложения дна гниющей органикой. Глубина небольшая, примерно 1,5–2 метра. В озере есть живучины – места, где никогда не бывает зимнего замора рыбы из-за постоянного притока свежей воды, т е это один из источников питания озера. Зимой полностью не промерзает. В северо-восточной стороне озера есть ручей, через него озеро соединяется с р. Казым.

Ай-Сортынглор – это нерестовое озеро. Обитают разные виды рыб: щука, язь, окунь, сорога. Заходят: карась, сырок, налим. Можно встретить ондатру, летом гнездится утка.

Для исследования водной растительности и других берегов нужно было пройти через ивняковые заболоченные заросли. В процессе на этой территории были замечены старые гнилые пни деревьев, диаметр которых примерно 25 см. Из этого сделали вывод, что границы озера изменились. Южный берег некоторое время назад начал затопляться, воды стало больше.

Выводы по второй главе

Проведенные исследования показывают, что флора ХМАО-Югра характеризуется высоким биоразнообразием лесных и прибрежно-водных местообитаний. Наличие достаточно высокой доли рудерального компонента флоры указывает на необходимость разработки природоохранных мероприятий с целью сохранения природного биоразнообразия.

Основными представителями среди климаморф являются гемикриптофиты (44%), представленные преимущественно лесными, прибрежно-водными видами. Распределение гелиоморф достаточно равномерное, что указывает на высокое разнообразие биотопов по условиям освещения. Анализ гигроморф флоры указывает на преобладание мезофильной группы (58%). Спектр трофоморф показал преобладание в изученном регионе достаточно плодородных почв: 56 % флоры относится к мезотрофам и 30% – мегатрофам.

Глава 3 БИОТОПЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ ОЗЕРА АЙ-СОРТЫНГЛОР

3.1. Растительность окрестностей озера Ай-Сортынглор

С целью изучения растительности в окрестностях озера закладывались геоботанические площадки по общепринятой методике [1]. Описания сводились в базу, по которой выполнялась классификация по матрице коэффициента Серенсена-Чекановского (Брея-Кертиса) с группировкой в кластеры по бета-гибкой стратегии Ланса [22, 23, 24]. По описаниям проводилась фитоиндикация биотопов с использованием унифицированных индикационных шкал 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 или амплитуды температур (Kn) и освещенности (lc) [21]. На следующем этапе выполнялась непрямая ординация описаний методом неметрического многомерного шкалирования (NMS) [22, 23, 24] с последующей интерпретацией осей [25] с использованием коэффициента тау-Кэндалла и в фитоиндикационных шкалах и ординация в пространстве расстояния Махаланобиса и первых двух дискриминантных функций. Дополнительно описания и показатели шкалирования и фитоиндикации классифицировались методами дискриминантного анализа [22, 24] по алгоритму General Discriminant Analysis. Также проводилась оценка фитообразия выделенных сообществ [19]. Расчеты выполнялись в статистических пакетах Statistica и PC-ORD.

По результатам кластерного анализа было выделено 9 групп, рассматриваемых при структурно-иерархическом подходе [8] как ассоциации растительности:

(1) – ивняк берегоосоковый (*Salix viminalis* L. – *Carex riparia* Curt.) – характерен для прибрежных участков северо-западных районов озера, кустарниковая ассоциация с доминированием ивы прутовидной с участием свидины белой (*Swida alba* (L.) Opiz) и осоки береговой;

(2) – ивняк двулистомайниковый (*Salix viminalis* L. – *Salix lapponum* L. – *Maianthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt) – характерен для северо-западных и северных районов озера, кустарниковая ассоциация с доминированием ивы прутовидной с содоминантной ивой лапландской и участием шиповника иглистого (*Rosa acicularis* Lindl) и доминантным майником двулиственным в травостое;

(3) – рябинник мятликово-костяничный (*Sorbus sibirica* Hedl – *Poa trivialis* L. – *Rubus humulifolius* C. A. Mey) – приурочен к северным районам озера, древостой формирует рябина сибирская с ивами прутовидной и лапландской либо шиповником иглистым в подлеске, в травостое два доминантных вида – мятлик обыкновенный и костяника хмелелистная;

(4) – сосняк шиповниково-брусничный (*Pinus sylvestris* L. – *Rosa acicularis* Lindl – *Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avror.) – характерен для северных, северо-восточных и южных берегов озера, древостой формирует сосна обыкновенная иногда с примесью березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и, изредка, ели (*Picea obovata* Ledeb), в подлеске встречается черемуха (*Radus avium* Mill.) и, реже, рябина сибирская, кустарниковый ярус образует шиповник иглистый и, изредка свидина белая, в травостое доминирует брусника;

(5) – березово-осинник болотносабельниковый (*Populus tremula* L. – *Betula pubescens* Ehrh. – *Comarum palustre* L.) – древостой образуют осина и береза пушистая, в отдельных случаях с примесью ели (*Picea obovata*), сосны (*Pinus sylvestris*) или, изредка, кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour), кустарниковый ярус формирует ива прутовидная, изредка с примесью шиповника иглистого, в травостое доминирует сабельник болотный, содоминантным видом является мятлик обыкновенный;

(6) – березово-сосняк мятликовый (*Pinus sylvestris* L. – *Betula pubescens* Ehrh. – *Poa trivialis* L.) – характерен для юго-восточных окрестностей озера, древостой формируют сосна обыкновенная и береза пушистая, изредка, с примесью кедра сибирского, кустарниковый ярус не выражен, изредка, – из ивы лапландской, в травостое доминирует мятлик обыкновенный;

(7) – кедровник брусничный (*Pinus sibirica* Du Tour – *Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avtor.) – характерен для южных и юго-западных районов озера, древостой формирует кедр сибирский с примесью березы пушистой, осины и ели, в подлеске изредка встречается рябина сибирская, в травостое доминирует брусника;

(8) – ивняк остроосоково-сабельниковый (*Salix lapponum* L. – *Carex acuta* L. – *Comarum palustre* L.) – болотно-кустарниковая ассоциация, характерная для островов озера и прибрежных участков южных районов озера, сплошной кустарниковый полог из ивы лапландской не формируется, в травостое доминирует сабельник болотный при содоминантной осоке острой;

(9) – остроосоковая (*Carex acuta* L.) ассоциация, характерная для островов и заболоченных берегов озера, травостой представлен сплошным покровом осоки острой с *Alisma plantago-aquatica* L. и *Hippuris vulgaris* L. в прибрежно-водной зоне.

Таким образом, растительность района озера Ай-Сортынглор характеризуется низким уровнем ценоотического разнообразия – выделено только 9 ассоциаций, при этом порядка четверти описаний относятся к березово-осиннику болотносабельниковому, и еще треть – кустарниковым ассоциациям (ивняки). Сами растительные сообщества также характеризуются низкими показателями видового разнообразия (табл. 2) – для растительности характерны преимущественно маловидовые сообщества со сходными показателями численности при высокой их вариабельности и наличием небольшого числа доминант.

Таблица 2.

Показатели видового разнообразия растительности окрестностей
озера Ай-Сортынглор

Индекс	Среднее	Дисперсия	Эксцесс	Асимметрия	Минимум	Максимум
Симпсона	0,21	0,01	1,36	1,31	0,08	0,5
Шеннона	0,59	0,02	-0,70	0,16	0,36	0,86
Пилу	0,38	0,05	1,98	1,48	0,14	1,00

Проверка правильности классификации описаний по алгоритму (GDA) показала, что для всех выделенных ассоциаций точность классификации по матрицам описаний составляла 100%. При этом только 12 видов были включены в модель пошагового алгоритма анализа при уровне значимости $p = 0,05$ (табл. 3).

Таблица 3.

Информативность значимых видов растительности окрестностей
озера Ай-Сортынглор*

Вид	F-удаленное	Номер ассоциации								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt	75,6		++	+						
<i>Ranunculus flammula</i> L.	36,9			+						
<i>Paris quadrifolia</i> L.	6,3			+						
<i>Carex acuta</i> L.	63,9			+	+				++	++
<i>Geranium sibiricum</i> L.	37,2		+	+	+					
<i>Mentha arvensis</i> L.	71,5				+					
<i>Carex riparia</i> Curt.	42,5	++			+				+	
<i>Comarum palustre</i> L.	9,9	+		+	+	++			++	
<i>Ribes spicatum</i> Robson	7,2				+					
<i>Salix gmelinii</i> Pall.	13,9		+							
<i>Rhodococcum vitis-idaea</i> (L.) Avror.	10,9				++	+		++		
<i>Salix viminalis</i> L.	3,4	++	++	+		+				

* – виды ранжированы по порядку включения в модель при пошаговом дискриминантном анализе; + – наличие вида; ++ – вид-доминант

Необходимо отметить, что для березово-сосняков мятликовых информативных видов методами дискриминантного анализа не выделяется, и данная ассоциация определяется не по наличию, а по отсутствию информативных для классификации видов. Также некоторые виды-доминанты, например, сосны обыкновенная и сибирская, мятлик обыкновенный и др., не являются информативными, поскольку достаточно широко представлены в других ассоциациях.

Ординация выделенных ассоциаций методами неметрического многомерного шкалирования (NMS) по показателям стресса позволила выделить три статистически значимых оси (рис. 6).

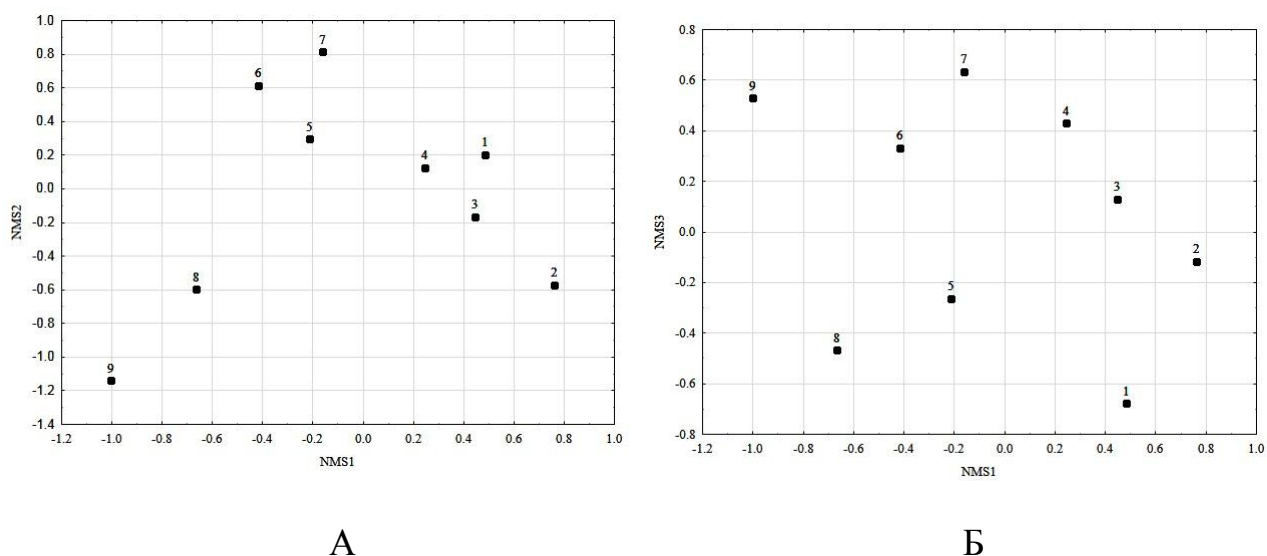


Рис. 6 Ординация растительности окрестностей озера

Ай-Сортынглор в пространстве осей многомерного шкалирования.

(NMS1, NMS2 и NMS3 – оси шкалирования, нумерация сообществ соответствует нумерации в тексте)

В осях NMS для сообществ окрестностей озера Ай-Сортынглор выделяется несколько рядов ценотического замещения. Во-первых (рис. 6 А), связанный с двумя первыми осями ряд от березово-сосняков и кедровников через березово-осинники к соснякам, рябинникам и ивнякам. При этом ассоциации с *Carex acuta* (9 и 8) в этих осях образует отдельный «перпендикулярный» ряд. Во-вторых – два параллельных ряда по первой и третьей

осям NMS: 1) от кедровников (7) и сосняков (4) брусничных к рябинникам и ивнякам двулистомайниковым (рис. 6 Б вверху); 2) менее выраженный ряд от прибрежных остроосоковых ассоциаций (9) через березово-сосняки и болотносабельниковые ассоциации к ивнякам берегоосоковым (1).

Интерпретация осей шкалирования в фитоиндикационных шкалах (табл. 4) позволяет связать выделенные ценоотические ряды с ведущими экологическими факторами.

Таблица 4.

Идентификация осей многомерного шкалирования сообществ окрестностей озера Ай-Сортынглор*

Оси	Режимы факторов											
	hd	fh	rc	sl	Ca	nt	ae	tm	om	Kn	Cr	lc
NMS1	-0,39	0,30	0,32	0,09	0,36	0,52	0,48	0,17	-0,08	0,32	-0,18	0,28
NMS2	-0,24	0,11	-0,33	-0,10	-0,23	-0,20	0,29	-0,17	0,24	0,12	-0,06	0,26
NMS3	-0,42	-0,01	-0,07	0,06	0,29	0,19	0,08	-0,12	-0,07	0,47	-0,43	0,25

*полу жирным выделены статистически значимые величины тау-Кендалла, расшифровка режимов в тексте выше стр. 34.

Так первая ось (определяющая первый ряд замещения) связана со сменой режимов эдафотопов – нарастание сухости, аэрации и переменности увлажнения почв, уменьшение кислотности и рост содержания в почве кальция и азота, а также уменьшением освещенности и роста амплитуды годовых температур. Вторая ось связана с ростом кислотности и аэрации почв и уменьшением освещенности, а третья – нарастанием сухости, ростом почвенного кальция, амплитуды годовых температур, криорежимом (минимальные отрицательные температуры) и уменьшением освещенности. Таким образом, ценоотическая структура растительности в окрестностях озера Ай-Сортынглор определяется преимущественно эдафическими факторами, связанными с кислотностью, увлажнением и гранулометрическим составом почв, а также наличием и характером древесного и (или)

кустарникового полога, определяющего световой и температурный режим биотопов.

Ординация в пространстве фитоиндикационных шкал (табл. 5) показала, что биотопы окрестностей озера Ай-Сортынглор характеризуются достаточно высокой вариабельностью режимов ведущих абиотических факторов:

Таблица 5.

Фитоиндикация биотопов окрестностей озера Ай-Сортынглор (баллы)*

Ассоциация	Режимы факторов											
	hd	fh	rc	sl	Ca	nt	ae	tm	om	Kn	Cr	lc
1	14,8	5,8	8,0	6,6	5,0	5,6	8,3	8,5	12,9	9,3	6,7	6,8
2	13,6	6,0	7,1	5,4	5,2	5,5	7,2	7,1	13,4	9,8	5,9	6,2
3	13,6	6,1	6,9	5,8	5,4	5,8	7,9	7,4	13,2	10,4	5,8	6,3
4	13,4	5,7	7,0	5,7	5,5	5,4	8,5	7,3	13,1	10,1	6,1	6,4
5	14,7	5,8	6,4	5,1	4,4	4,6	8,8	7,1	13,6	9,1	6,2	6,5
6	13,2	6,2	6,5	5,7	4,7	4,5	7,0	6,9	14,6	9,2	6,7	6,8
7	13,1	5,1	6,0	5,1	4,3	4,8	7,8	6,5	13,2	10,5	5,6	5,7
8	17,2	3,8	6,6	5,2	4,1	4,2	11,9	6,9	13,0	8,8	6,5	7,0
9	16,8	4,6	7,9	7,4	6,3	5,6	12,3	8,4	11,9	9,5	6,4	7,3

* нумерация ассоциаций соответствует нумерации в тексте, расшифровка режимов (стр. 34)

Вариабельность режимов в каждой ассоциации:

1. ивняк берегоосоковый – биотоп характеризуется самыми высокими показателями кислотного, солевого и терморезима – нейтральные достаточно богатые солями почвы терморезима, близкого к неморальному;
2. рябинник мятликово-костяничный – биотопы связаны с наибольшими величинами режимов переменности почвенного увлажнения, содержания азота в почве и амплитуд годовых температур – умеренно неравномерное увлажнение с умеренно промачиваемым корнеобитаемым слоем почвы достаточно обеспеченной азотом с умеренно резкими колебаниями годовых температур;

3. березово-осинник болотносабельниковый – наиболее характерная ассоциация, определяется биотопами с минимальным солевым режимом небогатых солями подзолистых почв;
4. березово-сосняк мятликовый – биотопы с наибольшей переменностью почвенного увлажнения и наибольшими показателями омброрежима – влажный (гигромезофильный) лесо-луговой режим умеренно аэрированных почв с высоким содержанием физического песка и полностью промачиваемым корнеобитаемым горизонтом умеренно неравномерного типа гумидного омброрежима;
5. кедровник брусничный – биотоп характеризуется наименьшими показателями почвенного увлажнения, кислотности и солевого режима почв при минимальных показателях терморегима, освещенности и криоклимата и максимальных амплитудах годовых температур – влажный (гигромезофильный) лесо-луговой режим кислых небогатых солями подзолистых почв бореально-суббореального термического режима полутеневой освещенности с умеренно резкими колебаниями годовых температур и достаточно суровыми зимами;
- б. ивняк остроосоково-сабельниковый – биотопы с наименьшими показателями переменности почвенного увлажнения, почвенного кальция и азота с максимальными показателями почвенной аэрации и минимальными амплитудами годовых температур – почвы слабоаэрированы относительно постоянно (равномерно устойчиво) увлажненные с максимальным наполнением почвенных капилляров, очень бедные минеральным азотом безкарбонатные;
7. остроосоковая ассоциация – максимальные показатели режимов почвенного увлажнения, аэрации, солевого режима и режима кальция, терморегима и освещенности и минимальным омброрежимом – мокрый болотно-лесо-луговой режим с практически полным отсутствием аэрации достаточно богатых солями почв с невысоким содержанием кальция, терморегима, близкого к неморальному;

8. ивняки двулистомайниковые и сосняки шиповниково-брусничные характеризуются т.н. «средними» для изученной территории биотопами – почвами влажного лесо-лугового типа, полностью промачиваемыми с незначительными колебаниями увлажнения;
9. ивняки – умеренно аэрированные песчаные почвы, а сосняки – слабо аэрированные глинистые, слабокислые небогатые солями бедные минеральным азотом безкарбонатные подзолистые почвы, терморезимом суббореального типа.

Классификация биотопов методами GDA в эколого-ценотическом пространстве (оси NMS и фитоиндикационных шкал) показала для биотопов точность классификации 100%. Таким образом, статистически значимо различаются не только растительные ассоциации, но и их биотопы. Ведущими факторами, определяющими классификацию биотопов выделенных ассоциаций (для уровня значимости $p = 0,05$), являются: режим почвенной аэрации, терморезим, первые две оси NMS (ценотические факторы), переменность почвенного увлажнения и амплитуда годовых колебаний температур.

Ординация биотопов методом максимального корреляционного пути или корреляционных плеяд [18] в пространстве расстояния Махаланобиса (рис. 7) подтверждает наличие рядов ценотического и биотопического замещения выделенных ассоциаций. По растительным ассоциациям выделяются два слабо связанных центра фиторазнообразия (рис. 7 А) – осоковых ивняков (8 – 1), сходных по индексу Шеннона и выравненности, и, менее выраженный, березово-осинников, березово-сосняков и кедровников – наиболее сходных по видовому составу ассоциаций. В целом же, изученные сообщества не формируют четких рядов замещения и характеризуются слабым ценотическим сходством и сходством состава видов, слагающих сообщества.

Более четко выделяется ряд биотопического замещения (рис. 7 Б), который, по сути, является сукцессионным рядом с двумя биотопическими

центрами: начальной сукцессии (ивняков с ивой прутовидной и рябинников) и, следующей стадии, сосняков брусничных и березово-осинников (вторичные леса на месте сосняков), далее переходящих либо в кедровники (при восстановлении растительного покрова), либо в производные березово-сосняки. В случае нарастания увлажнения и, прежде всего, увеличения его застойности и ухудшения аэрации почв ряд переходит в гидросерию, заканчивающуюся остроосоковыми ивняками и остроосоковыми болотными ассоциациями.

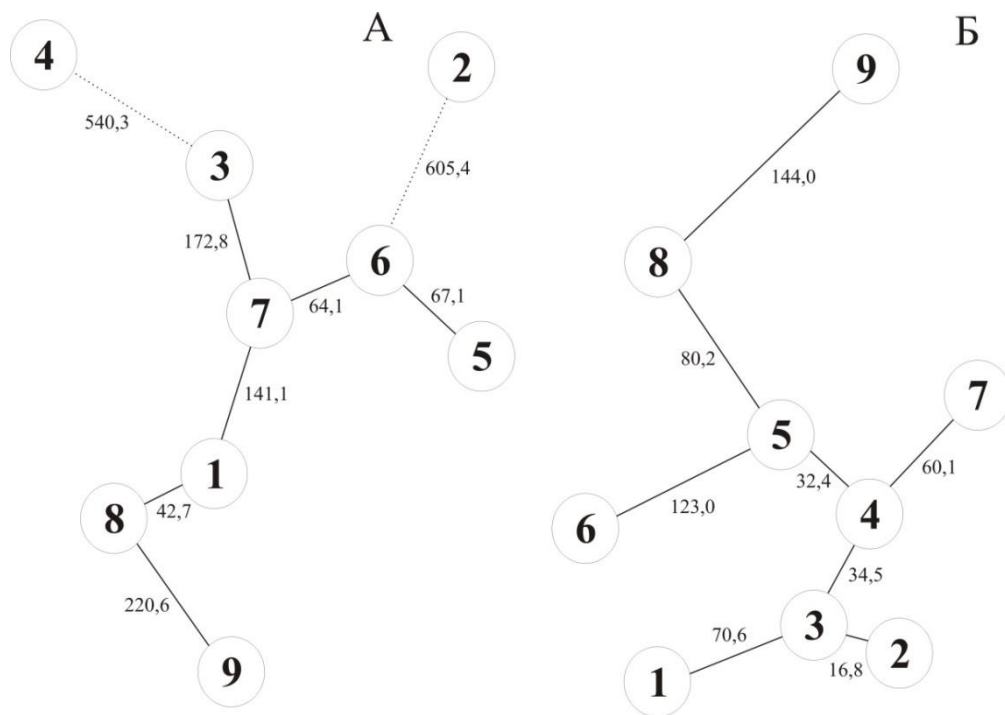


Рис. 7 Ординация растительности озера Ай-Сортын'глор в пространстве расстояния Махаланобиса (А – по матрицам описаний, Б – в осях NMS и фитоиндикационных шкал, цифрами показан квадрат расстояния Махаланобиса)

Это подтверждается ординацией выделенных ассоциаций в пространстве первых двух дискриминантных функций (рис. 8). По показателям фиторазнообразия (рис. 8 А) резко отличаются ассоциации ивняков двулистомайниковых, остальные ассоциации формируют ряд доминирования-разнообразия, который определяется сменой доминантных видов и величин индексов разнообразия. В эколого-ценотическом же пространстве

(рис. 8 Б) ординация ассоциаций представляет собой т.н. «крест», где по первой оси определяется гидросерия, связанная с ростом контрастности почвенного увлажнения, и увеличения аэрации почвы с нарастанием сухости эдафотопов, а по второй – сукцессионный ряд деградации – восстановления растительности от кедровников через сосняки и вторичные леса к ивнякам.

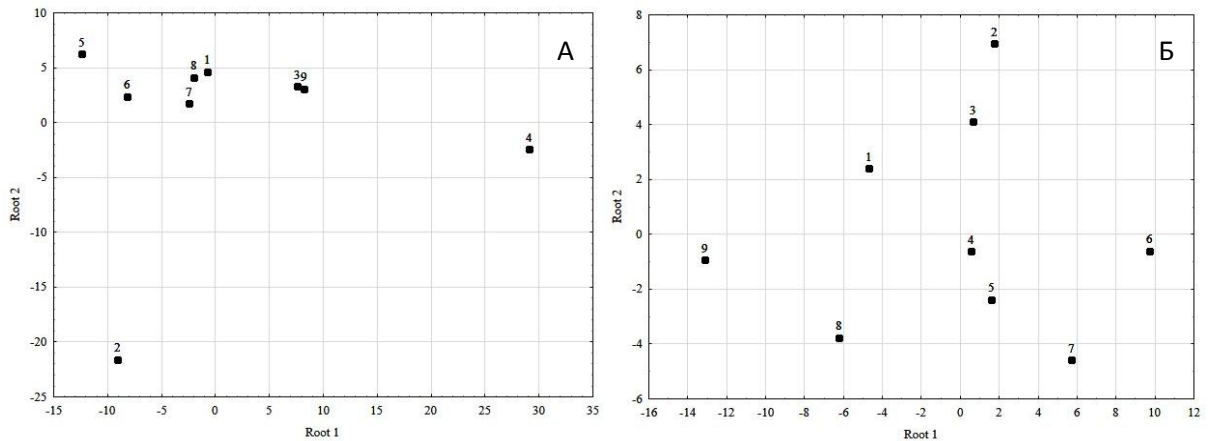


Рис. 8 Ординация растительности озера Ай-Сортынглор в осях первых дискриминантных функций (Root1 и Root2)
(А – по матрицам описаний, Б – в осях NMS и фитоиндикационных шкал)

3.2 Картографирование биотопов озера Ай-Сортынглор

Для построения карт растительности, сначала были заложены 32 площадки геоботанических описаний. Затем в программу ArcGis были загружены данные: карта площадок описаний и экологические шкалы растений определённых на местности. Методом ближайшего соседа были построены 4 карты режимов.

По режиму почвенного увлажнения выделяется 5 типов, среди которых 2 основных (рис. 9): влажно-лесолуговой, сыро-лесолуговой и 3 промежуточных: между сухолесолуговым и влажно-лесолуговым, между влажно-лесолуговым и сыро-лесолуговым, между сыро-лесолуговым болотно-лесолуговым. На карте можно заметить, что большая часть это сыро-лесолуговые биотопы. На этих биотопах произрастает растительность влажных мест, осоковые кочки, сабельниковые заросли.

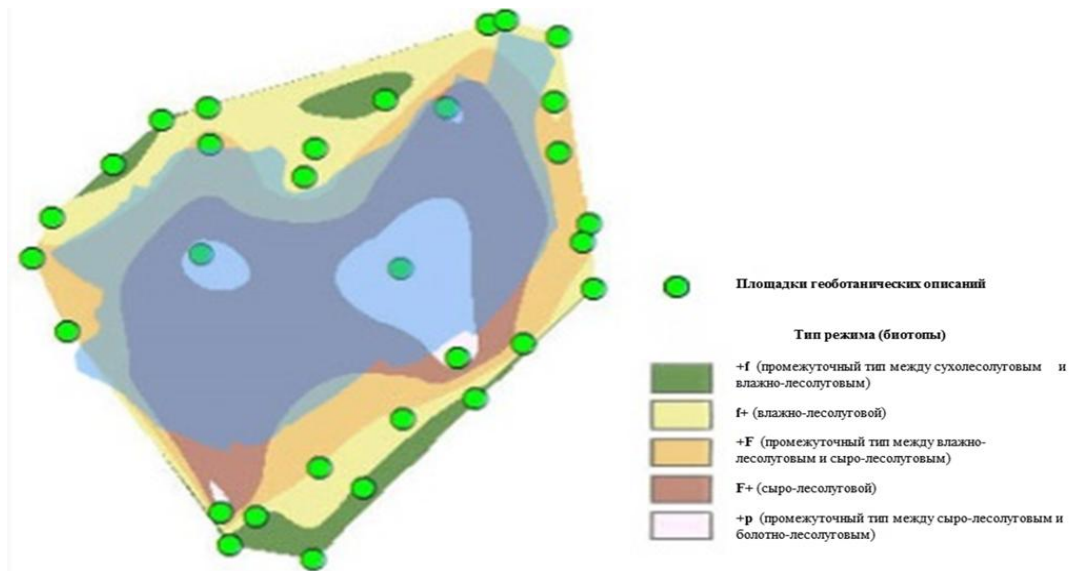


Рис. 9 Карта-схема режима почвенного увлажнения окрестностей озера Ай-Сортынглор

В ходе проведения анализов режим переменности почвенного увлажнения был определён как ведущих экологический фактор. На карте чётко выделяется лидирующий слабо-переменный тип увлажнения (рис. 10). Минимально представлен относительно устойчивый тип увлажнения.

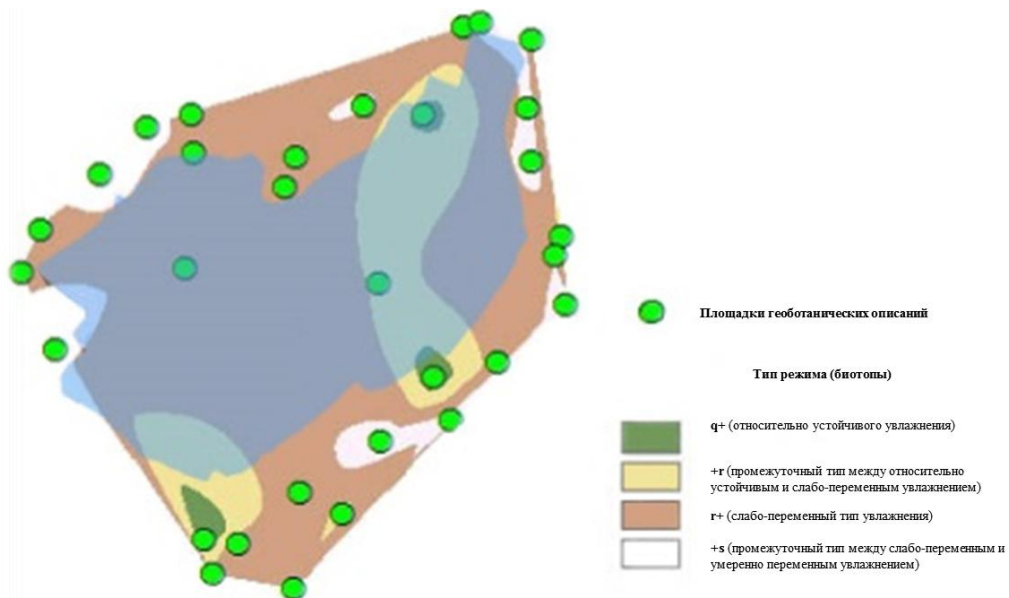


Рис. 10 Карта-схема режима переменности почвенного увлажнения окрестностей озера Ай-Сортынглор

Большая часть биотопов по азотному режиму относится к промежуточному типу между очень бедными азотом и бедными почвами (рис. 11). Ранее было отмечено, что в целом по ХМАО-Югра произрастают на бедных азотом почвах. Достаточно обеспеченные почвы находятся на северном берегу, каждый год подтопляется, и там находятся глинистые почвы.

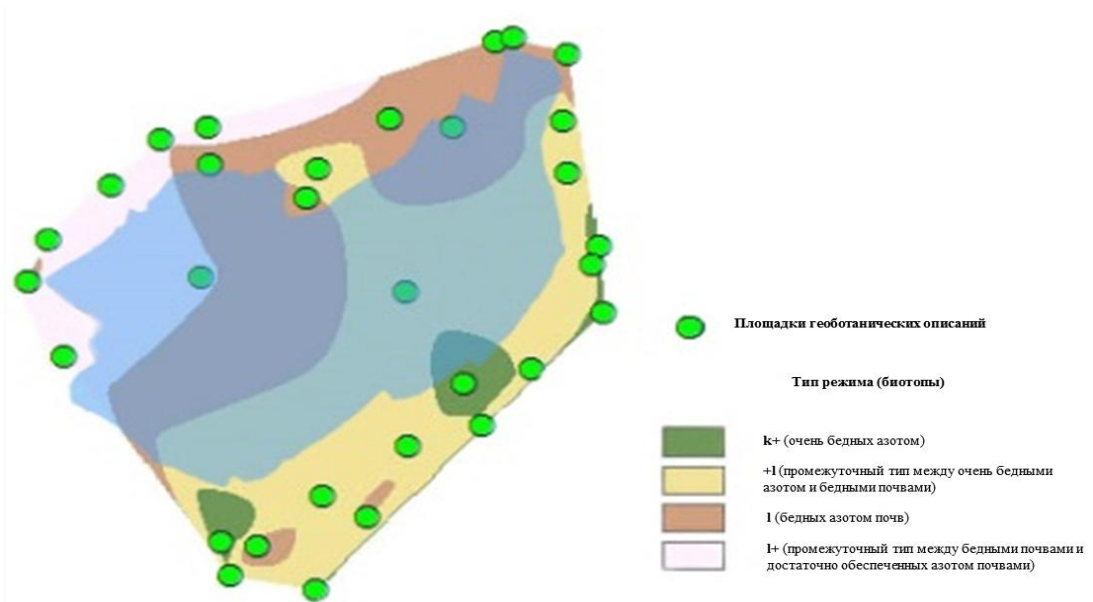


Рис. 11 Карта-схема азотного режима почв окрестностей озера Ай-Сортынглор

На южном берегу находится лес, который растёт на кислых почвах (рис. 12). Севернее сменяется промежуточным типом между кислыми и слабокислыми почвами, это места ивняковых зарослей. Слабокислые почвы так же находятся на подтопляемых участках. Промежуточный между слабокислыми и нейтральными выражен очень слабо.

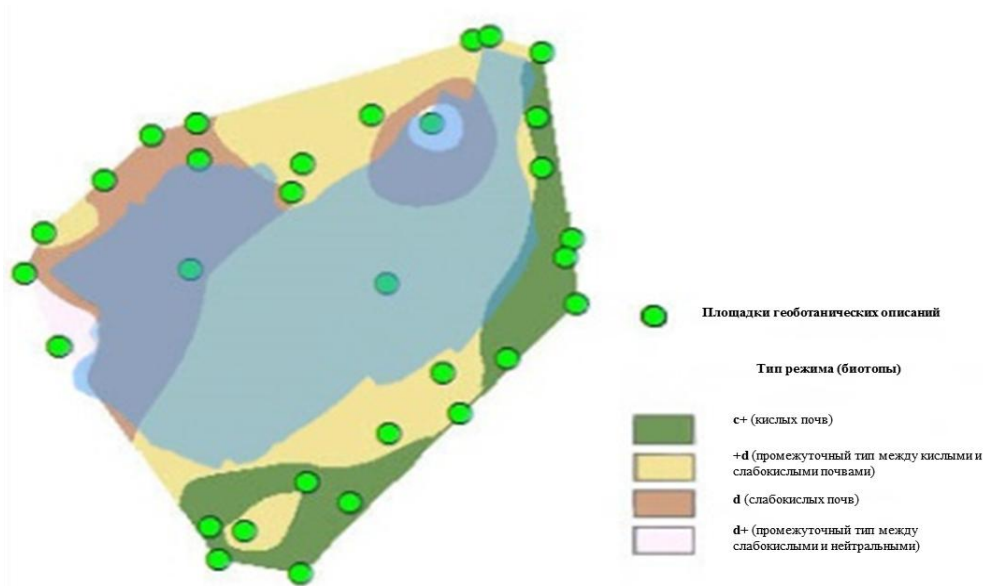


Рис. 12 Карта-схема кислотного режима почв окрестностей озера Ай-Сортынглор

Выводы по третьей главе

Растительность в окрестностях озера Ай-Сортынглор характеризуется низким уровнем видового и ценоотического разнообразия и представлена преимущественно вторичными березово-осиновыми болотносабельниковыми ассоциациями и ивняковыми кустарниковыми ассоциациями. Методами многомерной статистики по структуре доминирования выделено 9 ассоциаций. Определено 12 информативных видов (часть из них – доминанты), определяющих характер классификации.

Для биотопов установлены режимы ведущих экологических факторов – почвенная аэрация, терморезим, переменность почвенного увлажнения и амплитуда годовых колебаний температур.

Ординация растительности показала наличие рядов эколого-ценотического замещения. Выделенные ассоциации формируют ряд доминирования-разнообразия, который определяется сменой доминантных видов и величин индексов разнообразия. Ценоотическая структура растительности определяется преимущественно эдафическими факторами – кислотностью, увлажнением и аэрацией почв, а также наличием и характером

древесного и (или) кустарникового полога, определяющего световой и температурный режим сообществ.

Выделяются четкие ряды биотопического замещения. Во-первых – гидросерия, связанная с ростом контрастности почвенного увлажнения, увеличения аэрации почвы и нарастанием сухости эдафотопов. Во-вторых, сукцессионный ряд деградации – восстановления растительности: ивняки с ивой прутовидной и рябинники – сосняки брусничные и березово-осинники (вторичные леса на месте сосняков) – кедровники (при восстановлении естественного растительного покрова), либо производные березово-сосняки.

В результате картографирования биотопов мы получили 4 карты: режим почвенного увлажнения, переменности почвенного увлажнения, азотного режима и кислотности почв. На картах чётко выделяются определяющие характер растительности биотопы. По режиму почвенного увлажнения представлен чаще сыро-лесолуговой биотоп; режиму переменности почвенного увлажнения – слабо-переменный тип; азотный режим характеризуется бедными почвами и кислотный режим близок к слабокислым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные нами исследования показывают, что флора ХМАО-Югра характеризуется высоким биоразнообразием лесных и прибрежно-водных местообитаний, которые преимущественно и формируют биотопическое и ценотическое разнообразие региона. Наличие достаточно высокой доли рудерального компонента флоры указывает на необходимость разработки природоохранных мероприятий с целью сохранения природного биоразнообразия.

Основными представителями среди климаморф являются гемикриптофиты (44%), представленные преимущественно лесными, прибрежно-водными видами. Распределение гелиоморф достаточно равномерное, что указывает на высокое разнообразие биотопов по условиям освещения.

Необходимо более детальное исследование флоры ХМАО – Югра по следующим направлениям: во-первых, детализации видов флоры на переходные группы гигроморф, особенно между мезофильной и гигрофильной, как преобладающих во флоре; во-вторых, дополнительное изучение флоры по климаморфам, в-третьих, детальное изучение флоры по ценоморфам, а также определение ценотического статуса видов смешанных лесов региона.

Растительность в окрестностях озера Ай-Сортынглор характеризуется низким уровнем видового и ценотического разнообразия и представлена преимущественно вторичными березово-осиновыми болотносабельниковыми ассоциациями и ивняковыми кустарниковыми ассоциациями. Методами многомерной статистики по структуре доминирования выделено 9 ассоциаций, преимущественно мало видовых со сходными показателями численности при высокой ее вариабельности и наличием небольшого числа доминант. Определено 12 информативных видов (часть из них – доми-

нанты), определяющих характер классификации. Выделенные ассоциации статистически значимы и характеризуются специфическими биотопами.

Для биотопов установлены режимы ведущих экологических факторов – почвенная аэрация, терморезим, переменность почвенного увлажнения и амплитуда годовых колебаний температур.

Ординация растительности показала наличие рядов эколого-ценотического замещения. Выделенные ассоциации формируют ряд доминирования-разнообразия, который определяется сменой доминантных видов и величин индексов разнообразия. Ценотическая структура растительности определяется преимущественно эдафическими факторами – кислотностью, увлажнением и аэрацией почв, а также наличием и характером древесного и (или) кустарникового полога, определяющего световой и температурный режим сообществ.

Выделяются четкие ряды биотопического замещения. Во-первых – гидросерия, связанная с ростом контрастности почвенного увлажнения, увеличения аэрации почвы и нарастанием сухости эдафотопов. Во-вторых, сукцессионный ряд деградации – восстановления растительности: ивняки с ивой прутовидной и рябинники – сосняки брусничные и березово-осинники (вторичные леса на месте сосняков) – кедровники (при восстановлении естественного растительного покрова), либо производные березово-сосняки.

В результате картографирования биотопов мы получили 4 карт-схемы: режим почвенного увлажнения, переменности почвенного увлажнения, азотного режима и кислотности почв. На картах чётко выделяются определяющие характер растительности биотопы. По режиму почвенного увлажнения представлен чаще сыро-лесолуговой биотоп; режиму переменности почвенного увлажнения – слабо-переменный тип; азотный режим характеризуется бедными почвами и кислотный режим близок к слабокислотному типу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андреева Е. Н. Методы изучения лесных сообществ [Текст] / Е. Н. Андреева. – СПб: НИИ Химии СПбГУ, 2002. – 240 с.
2. Артаев, О.Н. Методы полевых экологических исследований [Текст] / О.Н. Артаев, Д.И. Башмаков, О.В. Безина. – Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 2014. – 412 с.
3. Бельгард, А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР [Текст] / А. Л. Бельгард. – Киев: Изд-во КГУ, 1950. – 264 с.
4. Булохов, А.Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации [Текст] / А.Д. Булохов. – Брянск: Изд-во БГПУ, 1996. – 50 с.
5. Васина, А.Л. Мониторинг флоры сосудистых растений заповедника «Малая Сосьва» [Текст] / А. Л. Васина // Экологический мониторинг и биоразнообразие. – 2016. – № 1 (11). – С. 19–21.
6. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность [Текст] / Под ред. О.В. Смирновой. – Кн. 1. – М.: Наука, 2004. – 479 с.
7. Гулакова, Н.М. Изучение флоры высших растений в окрестностях поселка Юган Сургутского района [Текст] / Н. М. Гулакова // Северный регион: наука, образование, культура. – 2013. – № 1. – С. 71–82.
8. Заугольнова, Л.Б. Иерархический подход к анализу лесной растительности малого речного бассейна (на примере Приокско-террасного заповедника) [Текст] / Л. Б. Заугольнова // Ботанический журнал. – 1999. – Т. 84, № 8. – С. 42–56.
9. Зозулин, Г.М. Исторические свиты растительности европейской части СССР [Текст] / Г. М. Зозулин // Ботанический журнал. – 1973. – Т. 58. № 8. – С. 1081–1092.

10. Летопись природы ООПТ Памятник природы «Система озёр Ун-Новыйинклор, Ай-Новыйинклор» [Текст] / БУ ХМАО-Югры «Природный парк «Нумто». – Белоярский. 2017. – 96 с.
11. Любушкина С.Г. Землеведение: учебное пособие для студ. высш. учеб.завед. [Текст] / С.Г. Любушкина, В.А. Кошевой. – Москва: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 2014. – С. 96-102.
12. Матвеев, Н. М. Биоэкологический анализ флоры и растительности: учебное пособие [Текст] / Н. М. Матвеев. – Самара: СГУ, 2006. – 311 с.
13. Определитель растений Ханты-Мансийского автономного округа [Текст] / Под ред. И.М. Красноборова. – Новосибирск: Наука, 2006. – 492 с.
14. Пасечнюк, Е.Ю. Экоморфы флоры Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО - Югра) [Текст] / Е.Ю. Пасечнюк, Н.Н. Назаренко // Человек и Север: Антропология, археология, экология: Материалы всероссийской научной конференции, г. Тюмень, 2–6 апреля 2018 г. – Тюмень: ФИЦ ТюмНЦ СО РАН. – 2018. – Вып. 4. – С. 561–565.
15. Самойленко, З.А. Анализ флоры сосудистых растений в междуречье Евры и Конды (ХМАО) [Текст] / З.А. Самойленко, Н.М. Гулакова // «Экология и география растений и растительных сообществ»: Материалы IV междунар. науч. конф., Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г. – Екатеринбург: Гуманитарный университет. – 2018. – С. 844–850.
16. Серебряков, И.Г. Экологическая морфология растений [Текст] / И.Г. Серебряков. – М. : Высшая школа, 1962. – 379 с.
17. Состояние окружающей среды Белоярского района. Научный отчет. / Тюмень: Институт проблем освоения Севера СоРАН. – Тюмень, 1994. – 78 с.

18. Терентьев, П.В. Метод корреляционных плеяд [Текст] / П.В. Терентьев // Вестник Ленинградского государственного университета. – СПб, 1959. – № 9. – С. 137–141.
19. Тихомиров, В.Н. Методы анализа биологического разнообразия [Текст] / В.Н. Тихомиров. – Минск: БГУ, 2009. – 87 с.
20. Цыганов, Л.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов [Текст] / Л.Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.
21. Didukh, Ya.P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication [text] / Ya.P. Didukh. – Kyiv: Phytosociocentre, 2011. – 176 p.
22. Hardle W. Applied multivariate statistical analysis. Springer [text] / W. Hardle, L. Simar. – Berlin-Heidelberg, 2007. – 486 p.
23. Legendre L., Legendre P. Numerical ecology [text] / L. Legendre, P. Legendre. – Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1998. – 853 p.
24. McCune B. Analysis of Ecological Communities [text] / B. McCune, J.B. Grace. – MjM SoftWare Design. – 2002. – 300 p.
25. Persson S. Ecological indicator values as an aid in the interpretation of ordination diagrams [text] / S. Persson // Journal of Ecology. – 1981. – Vol. 69. – № 1. – P. 71-84.