



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

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

**Трансформация растительности в условиях не интенсивной
сельскохозяйственной нагрузки (на примере окрестностей деревни
Октябрьск Учалинского района Республики Башкортостан)**

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

Направленность программы бакалавриата

«Природопользование»

Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:

79,9 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

«06» июня 2022 г.

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

Сутягин А.А. Сутягин А.А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-401/058-4-1
Батюшева Светлана Юрьевна

Научный руководитель:

проф., д-р биол. наук

Назаренко Назар Николаевич

Челябинск

2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ.....	5
1.1 Основные термины и определения.....	5
1.2 Общая характеристика Учалинского района.....	8
1.3 Характеристика антропогенной нагрузки на флору окрестностей деревни Октябрьск.....	11
Выводы по первой главе.....	13
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ.....	14
Выводы по второй главе.....	28
ГЛАВА 3. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОКРЕСТНОСТЕЙ ДЕРЕВНИ ОКТЯБРЬСК УЧАЛИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	29
Выводы по третьей главе.....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	41

ВВЕДЕНИЕ

Человек в процессе своей жизнедеятельности оказывает влияние на процесс формирования растительного покрова. В настоящее время почти нет экосистем и растительных сообществ, не испытавших на себе антропогенного воздействия. Антропогенная трансформация растительности (антропогенная нарушенность) выражается в нарушении естественной природной структуры и флористического состава сообществ, приводящих к утрате функциональной и ресурсной значимости. К таким территориям относится и растительность окрестностей д. Октябрьск. Деятельность человека в том числе и сельскохозяйственная, внесла немалые изменения в состав и разнообразие растительного покрова.

Воздействие антропогенных факторов обуславливает смену состояний наземных экосистем деградиционного и восстановительного направления, а так как растительный покров является основным автотрофным блоком природных экосистем в результате хозяйственной деятельности человека происходит трансформация растительности это, в свою очередь, приводит к ухудшению плодородия почв, ресурсной ценности кормовых угодий, а также стимулирует такие негативные процессы, как опустынивание, пыльные бури.

Цель работы: изучить трансформацию растительности в условиях неинтенсивной сельскохозяйственной нагрузки на примере окрестностей д. Октябрьск Учалинского района Республики Башкортостан.

Задачи:

1. Выполнить закладку пробных площадей на территории антропогенно-трансформированных местообитаний в окрестностях д. Октябрьск.

2. Исследовать флористический состав и фиторазнообразие растительности в окрестностях д. Октябрьск.

3. Дать оценку растительности и биотопов, переходных между рудеральными и природными, в окрестностях д. Октябрьск Учалинского района Республики Башкортостан.

Объект исследования: переходные между рудеральными и природными биотопы в окрестностях д. Октябрьск Учалинского района Республики Башкортостан.

Предмет исследования: растительность в условиях неинтенсивной сельскохозяйственной нагрузки окрестностей д. Октябрьск учалинского района Республики Башкортостан.

Новизна работы заключается в том, что в работе представлены результаты исследования ранее малоисследованных территорий Башкирии.

Практическая значимость: результаты работы могут быть использованы в области экологии и дальнейших исследования данных территорий и прилегающих к ней, также для анализа флористических составов, тенденций деградации флористического состава и для дальнейшей работы студентов в данной области.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения и выводов, списка использованных источников.

Апробация работы. Основные положения данной работы докладывались на студенческой конференции Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета (г. Челябинск 2021 г.); на Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции «Актуальные вопросы биологии, географии, химии, безопасности жизнедеятельности и методики их преподавания», а также на VII Международной научно-практической конференции (МГОУ, г. Москва, 18–19 февраля 2021 г.) «Актуальные проблемы биологической и химической экологии».

ГЛАВА 1 ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ

1.1 Основные термины и определения

Растительным сообществом называют естественные заросли растений, которые в естественных условиях растут скоплениями. Другое название растительных сообществ-фитоценоз. В фитоценозе преобладают растения одного вида, сообщества устойчивы, обладают определенными взаимоотношениями друг с другом и окружающей средой. В растительном сообществе растения взаимно влияют друг на друга. При этом все они приспособлены к конкретным условиям среды (влажности, особенностям почвы, ветрам), характерным для данной однородной территории. Взаимосвязь растений в сообществах возможна благодаря их разным особенностям и потребностям. На взаимоотношения растений влияют гетеротрофные компоненты-«посредники» – животные, грибы или растения-гетеротрофы из числа паразитов и полупаразитов. На эти взаимоотношения может влиять хозяйственная деятельность человека.

Биотоп – это естественное, относительно однородное жизненное пространство определенного биоценоза. Включает в себя минеральные и органические вещества, климатические факторы, свет, давление и движение среды, влажность, рН среды, механические и физико-химические свойства субстрата, который может быть твердым (почва, дно водоема), жидким (вода), газообразным (атмосфера). Между биоценозом и биотопом, вместе образующими экосистему (биогеоценоз), существует тесное взаимодействие, основанное на постоянном обмене веществами, энергией и информацией.

Экосистема – это функциональное единство живых организмов и среды их обитания. Основные характерные особенности экосистемы – ее безразмерность и безранговость. Единицей классификации экосистем является биом – природная зона или область с определенными

климатическими условиями и соответствующим набором доминирующих видов растений и животных.

Ценохора – территориальная единица растительности; сочетание фитоценозов в пределах геохор (участок земной поверхности, однородный в своих экологических особенностях и отличающийся по этим особенностям от смежных участков) различного ранга. Является основой геоботанического картографирования. Различают элементарные ценохоры (фитоценозы); микрофитоценохоры и мезофитоценохоры, соответствующие ботаническому району; макроценохоры (округа, провинции, зоны растительности, геоботанические области).

Рудеральная растительность – сорные растения, произрастают около строений, на пустырях, вдоль путей сообщения и на тому подобных вторичных (также на полевых – пашенных) местообитаниях. Как правило, являются нитрофилами. Нередко имеют различные приспособления, позволяющие им избегать уничтожения человеком и животными (невзрачный вид, ядовитые вещества, шипы, жгучие волоски и прочее).

Синантропными растениями (синантропами или синантропантами) принято называть виды, произрастающие спонтанно в антропогенных (то есть нарушенных или формирующихся под влиянием человека) местообитаниях, проникающие в трансформированные полуестественные растительные сообщества либо ставшие компонентами определенных естественных сообществ, распространению которых способствует антропогенный прессинг. В таких местообитаниях и растительных сообществах помимо чужеземных видов (попавших на данную территорию в связи с умышленной или непреднамеренной хозяйственной деятельностью человека) нередко встречаются и местные виды.

Нелесная растительность (древесно-кустарниковая, не относящаяся к лесам) – это совокупность растительности или отдельно стоящие деревья, кустарники или иные растения, расположенные на землях сельскохозяйственного назначения, землях транспорта, землях поселений

(кроме городских лесов), землях водного фонда и землях иных категорий, не зарегистрированная как «лес».

Трансформация растительности – изменение растительности в результате воздействия на нее природных и антропогенных факторов, а также стимулированных ими процессов. Трансформация может быть как негативной (ухудшение), так и позитивной (улучшение). Антропогенная трансформация растительности (антропогенная нарушенность) выражается в нарушении естественной природной структуры и флористического состава сообществ, приводящих к утрате функциональной и ресурсной значимости. Термин употребляется лишь применительно к спонтанной (естественной) растительности, как показатель стадий ее негативной трансформации.

Трансформация флоры – изменение флористического состава фитоценозов и растительности территории в целом под воздействием антропогенных факторов, выражающееся в увеличении фитоценотической роли сорных и дигрессионно-активных видов растений.

Деградация растительности – процесс ухудшения состояния растительности, сопровождающийся упрощением структуры, потерей биоразнообразия, утратой фитоценотической роли доминирующих видов и, заменой их сорными, потерей функциональной и ресурсной значимости, уменьшением продуктивности, как отдельных сообществ, так и территориальных единиц растительности разного ранга. Характеризует необратимый процесс или процесс с длительным периодом восстановления. Деградация растительности обычно связана с деградацией почв и экосистем и характеризуется конвергенцией растительности на ландшафтном уровне, (выражается в сходстве признаков пространственной и фитоценотической структуры, биоразнообразия и физиономичности сообществ).

1.2 Общая характеристика Учалинского района

Изучение флоры и растительности Южного Зауралья имеет почти трех вековую историю. Знания о растительном покрове края пополнялись трудами многих поколений исследователей, работавших в разных отраслях ботанической науки и большее или меньшее внимание уделивших изучению зауральской природы.

Лесостепное и степное Зауралье представляет собой равнинную территорию, ограниченную на западе наиболее восточными хребтами Уральской горной страны, а на севере – широтной южной границей лесной зоны на равнине, соответствующей в Зауралье приблизительно $56^{\circ}30' - 57^{\circ}$ с.ш.

Район расположен в северной части Башкирского Зауралья, граничит с Белорецким и Абзелиловским районами Республики Башкортостан, на северо-западе и северо-востоке с Верхнеуральским, Саткинским, Уйским, Чебаркульским муниципальными районами, Златоустовским и Миасским городскими округами Челябинской области (рисунок 1).

Климат умеренно континентальный. На его формирование существенное влияние оказывают закрытость с запада Уральским хребтом и открытость с востока и севера, способствующая проникновению холодных арктических масс. Климат и состояние погоды в районе резко отличается от основной территории Башкортостана, является, по сути западной периферией Западно-Сибирского климатического региона.

Абсолютный минимум температур составляет -47°C , абсолютный максимум $+40^{\circ}\text{C}$. Средняя температура самого тёплого месяца июля составляет $+19,5^{\circ}\text{C}$. Самым холодным месяцем является январь, средняя температура $-17,3^{\circ}\text{C}$. Главные направления климатических изменений чётко дифференцированы и закономерно проявляются в направлениях с севера на юг и с запада на восток, а также вверх по склону. Большое воздействие на климатические изменения района оказывают горные хребты, возвышающиеся над степными пространствами.



Рисунок 1 – Карта-схема Учалинского района [7]

Годовые количества осадков в среднем 350–400 мм. Но в отдельные годы распределение осадков резко нарушается, и количество их по месяцам и временам года не выдерживает общей закономерности, т.е. бывает сухое лето, влажное лето, бесснежная зима, снежная зима.

Особенности рельефа Учалинского района обусловлены особенностями его геологического строения. Межгорные понижения и

хребты имеют общую вытянутость в субмеридиональном направлении. Закономерное понижение рельефа наблюдается с северо-запада на юго-восток. Хребет Аваляк протягивается на северо-западе района, там же располагается самая высокая отметка рельефа Учалинского района – гора Абараш-Баш. Самая низкая отметка местности – 328 м располагается на юго-востоке района в долине реки Кидыш, на широте села Ахуново.

В Учалинском районе распространены выщелоченные черноземы, серые лесные, горно-подзолистые и бурые лесные, горно-лесные, светло-серые почвы. В полосе распространения озер встречаются торфяные болота.

Главной рекой Учалинского района является Урал. Длина реки в пределах Учалинского района – 138 км. У подножья горы Иремель начинается свое течение река Белая. Также в районе расположены истоки рек Юрюзань, Ай, Миасс, Уй. В Учалинском районе насчитывается 29 озер.

Растительность Учалинского района разнообразна. Это обусловлено тем, что территория района расположена на стыке степной и лесной зон. На равнинных участках выражена зональность (степная, лесостепная и лесная зоны). Широтная зональность растительности района усложнена явлениями вертикальной поясности, которые вызваны наличием на ее территории крупной горной системы – Уральских гор.

В реках, озёрах и прудах района обитают 47 видов рыб. К их числу относятся стерлядь, осётр, таймень, форель ручьевая, европейский хариус.

На территории Башкирии обитают 286 видов птиц, 76 видов млекопитающих, 700 видов червей, 121 вид моллюсков, около 500 видов членистоногих, 10 видов земноводных и столько же пресмыкающихся.

Животный мир края достаточно разнообразен. Многие виды животных и птиц имеют обширную зону обитания, хотя распространение некоторых европейских видов ограничено Уральским хребтом. Большинство видов животных распространено по всей территории района. Открытые пространства населяют сурок, тушканчик, заяц-русак, степной

хорёк, серая куропатка, полевой жаворонок. В лесах можно встретить медведя, рысь, куницу, бурундука, белку, рябчика.

На территории землепользования из растительного мира северная часть занята смешанным лесом, западная и частично северная под кормовыми угодьями в частности под однолетними и многолетними травами.

1.3 Характеристика антропогенной нагрузки на флору окрестностей деревни Октябрьск

В современной геоботанике необходимо отметить два направления изучения растительного покрова. В первую очередь это наиболее широко распространённые исследования естественных или условно (как минимум не фиксируются видимые антропогенные воздействия) ненарушенных растительных сообществ. Второй подход менее распространен и связан с исследованием антропогенной растительности. Научных школ, представляющих второе направление в России сравнительно немного [1]. Среди них особенно выделяется Республика Башкортостан, геоботаническая школа которой Б. М. Миркина является не только одной из первой, начавшей заниматься этой проблематикой, но и наиболее полно изучила рудеральную и синантропную растительность региона [2; 6], в том числе рудеральную растительность башкирского Зауралья [8; 14].

Указанные исследования проводятся на основе флористической школы Браун-Бланке, а выделяются синтаксоны растительности хоть и с использованием градиентного анализа, но без оценки биотопов полученных растительных единиц. Так же для Зауралья необходимо отметить, что при исследовании Учалинского района Башкортостана [14] оценивалась растительность населенных пунктов, куда одна из самых крайних восточных точек – д. Октябрьск, включена не была, а сами исследования за пределами населенных пунктов проводились, преимущественно, в пределах сельскохозяйственных угодий и залежных земель [8; 13].

Рассматривая вопрос об антропогенной трансформации растительности в Башкирии, необходимо отметить следующее. В 80-е годы прошлого века в связи с активным сельскохозяйственным производством советского периода, территория Учалинского района относилась к северному зауральскому низкогорному агропочвенному округу, характеризующемуся сравнительно низкой (около 56 %) освоенностью территорией при низкой ее распаханности (около 24 %) [6]. Что обуславливало сравнительно «мягкий» характер антропогенного воздействия на растительный покров в целом.

В дальнейшем, в результате экономических преобразований и изменения системы земледелия (введение безотвальной вспашки, фактический отказ от севооборотов и снижения уровня внесения агрохимикатов) и уменьшения площади пахотного клина, преимущественно за счет склоновых земель, уровень антропогенного воздействия еще более смягчился [13]. Это в большой степени характерно для территории окрестностей д. Октябрьск (рисунок 2), где площадь ежегодной распашки уменьшилась, преобладают ежегодные посевы кукурузы, но при этом высокого роста пестицидной нагрузки, отмечаемой башкирскими исследователями [13] не наблюдается.

Также отмечаются изменения в структуре животноводства, в частности, уход от общественных стад и формирование личных, что привело как к некоторому снижению, так и равномерному распространению пастбищной нагрузки [13]. При этом нами в окрестностях д. Октябрьск также отмечается снижение пастбищной нагрузки (преобладают небольшие стада в 30 голов), но при этом – выпас личного скота перешел с пастбищных угодий на естественные травянистые сообщества. Также продолжается (хоть и в меньшей степени) распространенный в степной Башкирии [2; 8] выпас в лесных массивах и колках.

Все это обуславливает хоть «мягкую», но постоянную антропогенную (ежегодный с мая по ноябрь выпас, сбор недревесных растительных

ресурсов и рекреация) нагрузку на существующие естественные лесные и травянистые сообщества, которые трансформируются в экосистемы переходного типа между рудеральными и природными [10].



Рисунок 2 – Космоснимок д. Октябрьск Учалинского района Республики Башкортостан

Выводы по первой главе

Таким образом, трансформация растительности – это изменение растительности в результате воздействия на нее природных и антропогенных факторов, а также стимулированных ими процессов, поэтому необходимы комплексные сравнительные исследования растительных сообществ переходного типа (между рудеральными и природными), а не только сегетальных и «чистых» рудеральных, находящихся в условиях указанного «мягкого» антропогенного воздействия.

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Флора – совокупность видов растений, которые встречаются на данной территории, слагают все свойственные ей растительные сообщества и заселяют все типы местообитаний. Учет видов, произрастающих на определенной территории – инвентаризация флоры – представляет необходимую основу каждого флористического исследования. По своему объему различают флору Земли, флоры континентов, отдельных их частей, флоры государств, их субъектов.

Маршрутный метод заключается в том, что территория исследования покрывается равномерной сетью маршрутов. Во время следования по ним производят составление флористических описаний.

Маршруты прокладываются таким образом, чтобы охватить наибольшее разнообразие местообитаний, а в пределах каждого из них находился бы отрезок маршрута максимальной протяженности. Наибольшее разнообразие местообитаний наблюдается в долинах крупных рек, котловинах древних озер на участках с густой овражно-балочной сетью, близ краев речных долин.

При движении вдоль речного русла следует несколько раз пересечь долину реки, исследовать оба берега. Аналогично – при обследовании оврагов необходимо осмотреть оба их склона, не забывая пройти по днищу, зайти в ответвления. Если изучается ровная территория с однородной растительностью, то маршрут планируется зигзагами и петлями, чтобы, удлиняя свой путь, не пропустить некоторые редко встречающиеся растения. Здесь рациональнее использовать для планирования маршрутов крупномасштабные карты и планы лесонасаждений.

В лесных массивах большой интерес представляют старовозрастные насаждения и не характерные для данной территории типы лесов. При

исследовании флоры лугов следует большее внимание уделять склонам оврагов и балок; в степях – склонам восточной и южной экспозиций. При наличии на территории исследования выходов коренных пород следует уделить им особое внимание.

Стационарный метод обычно используется для изучения локальных флор (заповедников, национальных парков, окрестностей населенных пунктов и т.п.). В окрестностях выбранного стационара (обычно это конторы данных учреждений, кордоны и т.п.) закладывается сеть маршрутов, равномерно покрывающая исследуемую территорию и захватывающая все имеющиеся здесь местообитания.

При использовании стационарного метода необходимо предусмотреть периодичность посещения сети маршрутов. Флористические исследования определенной территории должны учитывать особенности ее растительного покрова, смены фенологических фаз. Так, ранневесенние эфемероиды степных склонов (например, *Gagea spp.*) вегетируют очень короткое время в первой или второй декадах мая, после чего впадают в фазу покоя (в данном случае – в виде луковиц). В таком состоянии обнаружить их становится чрезвычайно сложно. С другой стороны, некоторые растения могут проявлять себя в конце лета или осенью (например, *Leontodon*, некоторые представители рода *Taraxacum*).

При использовании такого метода обеспечивается наибольший уровень выявления флористического состава изучаемой территории. Но размер этой площади обычно невелик, а разнообразие местообитаний ограничено. Рационально применение этого метода для наиболее полного выявления флоры пробных площадей во время геоботанических исследований или изучения сопутствующей редким видам растений флоры при проведении популяционных исследований на стационарных учетных площадях.

Смешанный, комбинированный, или маршрутно-стационарный метод. При его использовании, в зависимости от конкретной программы

работ, в большей или меньшей степени объединяются маршрутные и стационарные методы. Более того, в рамках этого метода маршрутный и стационарный подходы методически сближаются: при увеличении плотности маршрутов при первом методе или при увеличении площади изучаемых локальных флор – при втором.

Изучение природных объектов включает стадии: накопление информации и выделение групп объектов, сходных по определённому набору признаков. Выделив по стадиям, также возможно определить объекты в более крупные группы, и создаётся классификация. Необходимая для представления разнообразия, сходств и различий растительности регионов, для составления карт регионов, и оценки влияния факторов местообитания на лесные растительные сообщества, для правильного ведения лесного хозяйства и охраны лесной растительности.

Основой для работы с собранной информацией, служит группировка первичных данных, которая является основным приемом решения задачи классификации.

Традиционно эта задача решается следующим образом. Из множества признаков, описывающих объект, выбирается один, наиболее информативный с точки зрения исследователя, и производится группировка в соответствии со значениями данного признака. Классификация по нескольким признакам, распределенным между собой по степени важности, то сначала производится классификация по первому признаку, далее полученные классы разбивают по второму признаку и т.д. Подобным образом строится большинство комбинационных статистических группировок.

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. 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 обрабатывается трехмерная матрица, где первые два измерения – коды площадок и видов, а третье – количественные показатели (число особей, проективное покрытие, обилие и тому подобное) 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. Многомерная классификация – это классификационная система, в которой каждый класс может разделяться более чем по одному признаку.

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 агломеративных 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 насколько 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 Евклидово расстояние, также возможно использование нормированного коэффициента корреляции Пирсона. Необходимо помнить, что использование разных коэффициентов при выделении кластеров для одинаковых описаний может привести к несопоставимым результатам. Поэтому выбор коэффициента сопряженности определяется чаще всего возможностью последующей интерпретации полученной классификационной схемы.

Шкалирование – это выявление закономерностей пространственного изменения растительности в разном масштабе.

В. В. Мазинг предложил различать три инфраценотических уровня фитоценозов: ландшафтный, региональный, планетарный. Фитоценозы разного уровня организуются различными факторами, потому выбор методов должен быть нацелен на выявление факторов, которые вызывают дифференциацию растительности.

Совершенно очевидно, что на уровне выше фитоценоза роль взаимных отношений растений резко падает, хотя и не исключается.

Составляющими этих единств являются виды и их сочетания: флоры, которые формируются в условиях фитоценотического окружения, и растительные сообщества, в той или иной мере организованные конкуренцией и другими формами отношений между растениями. Однако основную роль в организации этих единств играют внешние факторы – климат и рельеф.

Альфа-разнообразие характеризует богатство видами отдельных сообществ. Основными показателями альфа-разнообразия растительности является два показателя: видовое богатство (*species richness*) – общее число видов в сообществе и видовая насыщенность (*species density*) – среднее число видов на единицу площади. Одновременный учет видового богатства и видовой насыщенности позволяет получать сопоставимые оценки видового разнообразия при анализе различных сообществ. Для расчета видовой насыщенности сообщества определяется число видов на каждой геоботанической площадке, относящейся к выделенному фитоценозу. Видовое богатство сообщества определяется как общее число видов в сообществе по данным маршрутных учетов и описаний пробных площадок.

Обилие видов – количество особей вида на единице площади или объёма; группа показателей (количественных или балльных), характеризующих роль вида в растительном сообществе. Степень участия отдельных видов в травостое определяется методами учета их относительного обилия. Наиболее распространенным из таких методов является использование шкалы Друде в которой различные степени обилия обозначаются баллами на основе величин наименьших расстояний между особями вида и их встречаемости. Система балльных глазомерных оценок обилия вида: *soc* (*socialis*) – растения смыкаются надземной частью, сплошь; *sor3* (от *copiosa* – обильно) – очень обильно; *sor2* – обильно; *sor1* – весьма обильно; *sp.* (*sparsae*) – рассеянно; *sol* (*solitariae*) – редко, мало; *un* (*unicum*) – встречается единично.

Модуль Дискриминантный анализ содержит полную реализацию методов пошагового дискриминантного анализа с помощью дискриминантных функций. STATISTICA также включает модуль Общие модели Дискриминантного анализа (GDA). Программа позволяет проводить анализ с пошаговым включением или исключением переменных или вводить в модель заданные пользователем блоки переменных. В дополнение к многочисленным графикам и статистикам, описывающим разделяющую (дискриминирующую) функцию, программа содержит также большой набор средств и статистик для классификации старых и новых наблюдений (для оценки качества модели). В качестве результатов выдаются: статистика лямбда Уилкса для каждой переменной, частная лямбда, статистика F для включения (или исключения), уровни значимости p , значения толерантности и квадрата коэффициента множественной корреляции. Программа выполняет полный канонический анализ и выдает все собственные значения (в непосредственном виде и кумулятивные), их уровни значимости p , коэффициенты дискриминантной (канонической) функции (в непосредственном и стандартизованном виде), коэффициенты структурной матрицы (нагрузки факторов), средние значения дискриминантной функции и дискриминантные веса для каждого объекта (их можно автоматически добавить в файл данных).

Встроенные средства графической поддержки включают:

- гистограммы канонических весов для каждой группы (и общие по всем группам);
- специальные диаграммы рассеяния для пар канонических переменных (на которых отмечено, к какой группе принадлежит каждое наблюдение);
- большой набор категоризованных (множественных) графиков, позволяющий исследовать распределение и взаимосвязи между зависимыми переменными для разных групп (в том числе: множественные

графики типа диаграмм размаха, гистограммы, диаграммы рассеяния и нормальные вероятностные графики) и многое другое.

В модуле дискриминантный анализ можно также вычислить стандартные функции классификации для каждой группы. Результаты классификации наблюдений можно вывести в терминах расстояний Махаланобиса, апостериорных вероятностей и собственно результатов классификации, а значения дискриминантной функции для отдельных наблюдений (канонические значения) можно просмотреть на обзорных пиктограммах и других многомерных диаграммах, доступных непосредственно из таблиц результатов. Все эти данные можно автоматически добавить в текущий файл данных для дальнейшего анализа. Можно вывести также итоговую матрицу классификации, где указано число и процент правильно классифицированных наблюдений. Имеются различные варианты задания априорных вероятностей принадлежности классам, а также условий отбора, позволяющих включать или исключать определенные наблюдения из процедуры классификации (например, чтобы затем проверить ее качество на новой выборке).

Также используются различные алгоритмы объединения описаний в кластеры на основе мер сходства (расстояний), на сегодняшний день таких алгоритмов выделения гомогенных групп насчитывается несколько десятков.

Кластерный анализ – задача разбиения заданной выборки объектов (ситуаций) на подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались. Задача кластеризации относится к статистической обработке, а также к широкому классу задач обучения без учителя.

Кластерный анализ – это многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы

(кластеры). Кластер – группа элементов, характеризуемых общим свойством, главная цель кластерного анализа – нахождение групп схожих объектов в выборке. Спектр применений кластерного анализа очень широк: его используют в археологии, медицине, психологии, химии, биологии, государственном управлении, филологии, антропологии, маркетинге, дистанционном зондировании и других дисциплинах [8].

Кластерный анализ выполняет следующие основные задачи:

- разработка типологии или классификации;
- исследование полезных концептуальных схем группирования объектов;
- порождение гипотез на основе исследования данных;
- проверка гипотез или исследования для определения, действительно ли типы (группы), выделенные тем или иным способом, присутствуют в имеющихся данных.

Независимо от предмета изучения применение кластерного анализа предполагает следующие этапы:

- отбор выборки для кластеризации;
- определение множества переменных, по которым будут оцениваться объекты в выборке;
- вычисление значений той или иной меры сходства между объектами;
- применение метода кластерного анализа для создания групп сходных объектов;
- проверка достоверности результатов кластерного решения.

Кластерный анализ предъявляет следующие требования к данным: во-первых, показатели не должны коррелировать между собой; во-вторых, показатели должны быть безразмерными; в-третьих, их распределение должно быть близко к нормальному; в-четвёртых, показатели должны отвечать требованию «устойчивости», под которой понимается отсутствие влияния на их значения случайных факторов; в-пятых, выборка должна

быть однородна, не содержать «выбросов». Если кластерному анализу предшествует факторный анализ, то выборка не нуждается в «ремонте» — изложенные требования выполняются автоматически самой процедурой факторного моделирования. В противном случае выборку нужно корректировать.

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.

К алгоритмам такого типа относят следующие кластеризации:

- «метод ближайшего соседа», где выбирается пара наиболее «близких» описаний, к которым последовательно присоединяются следующие описания в зависимости от увеличения расстояния в многофакторном пространстве;

- «метод дальнего соседа», где группы формируются на основе максимальной разницы;

- центроидный, где определяются опорные «центральные» координаты кластеров, вокруг которых группируются описания;

- метод Уорда, базирующийся на группировке объектов, при которой дисперсия внутри групп должна быть наименьшей.

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 [10].

Бета-разнообразие – это экологическое разнообразие растительности определенной территории. Оно может быть измерено как ординационными методами через интенсивность изменений растительности на комплексных градиентах, так и числом синтаксонов.

Подхода к измерению бета-разнообразия заключается в том, что оно оценивается только на одном градиенте и оправдано только тогда, когда в

растительности четко проявляется влияние одного главного комплексного градиента. Поэтому более универсальным является метод оценки бета-разнообразия через синтаксономическое разнообразие. В этом случае возможна (в зависимости от размеров территории и ее экологической контрастности) оценка на любом уровне – от высших единиц (классов) до низших (вариантов ассоциаций или фаций).

Чаще всего для проверки такого рода 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.

Методы кластерного анализа. Общепринятой классификации методов кластеризации не существует, но можно выделить ряд групп подходов. Предполагается, что каждый рассматриваемый объект относится к одному из классов. Некоторые авторы считают, что данная группа вовсе не относится к кластеризации и противопоставляют её под названием «дискриминация», то есть выбор отнесения объектов к одной из известных групп (обучающих выборок) [11].

В случае, когда нет возможности выполнить проверку на многомерную нормальность и однородность внутригрупповых дисперсий, а также не соблюдается линейность модели, необходимо использовать непараметрические методы анализа данных. В частности, как метод

проверки правильности классификации рекомендуется использовать MRPP (Multi-Response Permutation Procedures) – непараметрический аналог дискриминантного анализа. В MRPP рассчитывается коэффициент внутригруппового согласия, по которому судят о степени компактности (гомогенности) выделенных групп, соответственно, точности классификации.

Еще одним методом в многомерном анализе служит многомерная ординация, под ней понимается метод представляющий элементы многомерных выборок точками в геометрическом пространстве, обычно евклидовом.

Многомерная ординация – это 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. Классическими методами непрямой ординации являются анализ главных компонент и анализ соответствий, использующие непосредственно таблицы обилия видов, а также два алгоритма многомерного шкалирования, основанные на предварительно рассчитываемой матрице дистанций. Все они выполняют примерно одну и ту же задачу: сформировать в многомерном пространстве исходных данных новые оси оптимального проецирования и представить обобщённую информацию о видовой структуре сообщества в максимально компактной и удобной для визуализации форме. Выбор конкретного метода зависит, как правило, от характера решаемой биологической проблемы и статистических особенностей распределения данных в матрице.

Анализ главных компонент работает корректно, если показатели обилия видов имеют приблизительно нормальное (по крайней мере, симметричное) распределение и связаны между собой линейными отношениями. Большое количество нулевых значений, характерное для многовидовых ассоциаций, сильно вредит достоверности результатов анализа.

Факториальный анализ соответствий работает с таблицами сопряженности, каждая клетка которых содержит нестандартизованные частоты (число экземпляров каждого вида) или метки присутствия-отсутствия вида 0/1. При большом числе видов, характерном для многих экологических сообществ, расстояния между точками в пространстве, образуемом осями соответствия, могут быть серьезно искажены по сравнению с фактическими расстояниями между объектами в исходной таблице данных. Разработаны методы компенсации таких искажений, например, «эффекта арки», но они попутно могут «сглаживать» и реально существующие зависимости.

Методы анализ главных компонент и факториальный анализ соответствий непосредственно основаны на эмпирических таблицах популяционной плотности и используются для сравнительной оценки значимости отдельных видов. Однако если задача ограничена оценкой общего видового сходства, пренебрегая при этом ролью отдельных таксонов, то целесообразно использовать методы, основанные на матрице расстояний. Они не требуют явных предположений о характере распределения данных и формируют стабильные, хорошо интерпретируемые диаграммы.

Определенной проблемой использования таких методов как анализ главных координат и неметрического многомерного шкалирования является отсутствие общепринятой методики выбора формулы для оценки расстояний. По результатам проведенного анализа при формировании матрицы дистанций можно порекомендовать для количественных данных

меру сходства Брея-Кертисса или ее «бинарный аналог» – коэффициент Сьеренсена для качественных данных.

Такие методы прямой ординации как анализ избыточности и канонический анализ соответствий формируют модель зависимости многомерного отклика от набора количественных независимых переменных. Вначале многомерная изменчивость данных видовой структуры разлагается на две составляющие: объясняемую вариацию, вызываемую влиянием внешних переменных, и остаточную или не объясненную дисперсию. Далее реализуются два отдельных анализа, формирующих оси латентных координат в направлении максимума обеих оценок дисперсий. Если массив обилия видов не отвечает предположениям, постулируемым для этих методов, то его рекомендуется преобразовать в матрицу и использовать анализ избыточности на основе матрицы расстояний.

Дискриминантный анализ с использованием регрессии на основе частных наименьших квадратов выполняется, если массив X состоит из одной качественной переменной (группирующего фактора). В отличие от классического дискриминантного анализа, алгоритм позволяет обрабатывать большое количество коррелированных переменных (больше, чем число объектов). Полученная модель может выполнять прогнозирование, т. е. рассчитывать вероятности отнесения произвольного объекта к каждой из групп.

Многомерные методы ординации, обеспечивают эффективное решение трех важнейших задач в экологии сообществ: а) идентификацию экологических градиентов или биологически значимых кластеров, объединяющих местообитания и таксоны организмов, составляющих изучаемое сообщество; б) выделение основных внешних факторов, определяющих изменчивость структуры сообществ; в) сопоставление двух или нескольких массивов данных, содержащих описания изучаемой экосистемы, сделанных в разное время или с использованием разных

таксономических групп, с оценкой статистической значимости имеющихся структурных изменений [12].

Выводы по первой главе

Таким образом, изложенные методы изучения растительных сообществ (изучение растительный покров – самая важная часть ботанических исследований), подробно охарактеризовывают способы сбора, описания, обработки различных данных и образцов, также закладку пробных площадей на изучаемой территории. Содержат описание программ используемых для обработки собранных данных. Для полноты данной работе объединено несколько видов методик исследования, что позволяет изучить территорию с разных сторон.

ГЛАВА 3. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОКРЕСТНОСТЕЙ ДЕРЕВНИ ОКТЯБРЬСК УЧАЛИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Учалинский район Республики Башкортостан расположен в северной части Башкирского Зауралья по восточному склону хребта Уралтау и смежным частям грядово-мелкосопочной Зауральской равнины и относится к степной зоне [10]. Д. Октябрьск расположен недалеко от границы с Челябинской областью, а его окрестности характеризуются низкой лесистостью. Лесные насаждения представлены березовыми колками и относительно крупным лесным массивом естественного происхождения к западу от поселка, где главной породой является береза повислая (*Betula pendula* Roth) среднего возраста 40 лет и высотой от 10 до 20 м. Подобные мелколиственные леса башкирскими исследователями считаются вторичными и относят к классу Quercus-Fagetea [10].

Растительность березняков окрестностей д. Октябрьск нами рассматривалась ранее [3]: выделены 12 сообществ, выполнена оценка их биотопов и определено два сукцессионных процесса – дигрессии лесных сообществ в луговые в результате разрежения лесного полога, а также обратный процесс демутации (сильватизации).

Нелесная растительность представлена преимущественно северными степями с ковылем перистым (*Stipa pennata* L. s. l.), а также суходольными лугами с овсяницей луговой (*Festuca pratensis* Huds.) и тимофеевкой луговой (*Phleum pratense* L.). Особенностью растительных сообществ является постоянное антропогенное воздействие в результате ежегодного выпаса крупного рогатого скота в летнее время года.

Исследования проводились в летние периоды 2019–2020 гг. с закладкой пробных площадок, согласно общепринятой геоботанической методике. Геоботанические описания сводились в единую базу данных,

куда были внесены также и описания березняков, проанализированные ранее [3] с целью уточнения классификации.

Обработка описаний выполнялась кластерным анализом по матрице коэффициента Серенсена-Чекановского с группировкой по бета-гибкой стратегии Ланса [17; 20]. Ординация описаний проводилась методом неметрического многомерного шкалирования [19; 20]. Биотопы оценивались фитоиндикационными методами по унифицированным шкалам [18]. Выделенные сообщества и биотопы проверялись методами дискриминантного анализа [20] по алгоритму General Discriminant Analysis (GDA). Ведущие абиотические факторы определялись по интерпретации [21] осей дискриминантного анализа и многомерного шкалирования с использованием коэффициента тау-Кэндалла. Также выполнялась оценка биотического разнообразия растительности с использованием классических коэффициентов альфа-разнообразия [9; 16].

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

Оценка видового разнообразия исследованной растительности окрестностей деревни Октябрьск показала наличие в описаниях 56 видов сосудистых растений. Сами изученные растительные сообщества характеризуются сравнительно низким видовым разнообразием (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели фиторазнообразия экосистем окрестностей д. Октябрьск

Показатель	Число видов	Индекс Шеннона	Индекс Пилу	Индекс Симпсона
Среднее	8	1,93	0,96	0,13
Минимум	3	0,96	0,84	0,06
Максимум	13	2,52	1,00	0,33
Медиана	9	2,10	0,97	0,09
Мода	10	2,17	0,99	0,14
Эксцесс	-1,07	-0,58	2,52	1,51
Асимметрия	-0,18	-0,67	-1,61	1,40

Чаще всего встречаются десятивидовые сообщества при среднем числе видов равным 8 и индексе Шеннона 1,93. Колебания числа видов и показателей их обилия незначительные (выровненность по индексу Пилу высокая), также для обследованной территории, судя по величинам асимметрии и эксцесса, наблюдается смещение к сообществам 10-видовым и выше, имеющим близкие показатели обилия видов. Но при этом также определяется высокий показатель доминирования (индекс Симпсона) – представленные сообщества имеют один, реже, два вида с высокими показателями обилия со смещением к однодоминантным сообществам. Последнее указывает на возможность использования доминантного подхода для идентификации растительных сообществ.

Кластеризация описаний определяет 15 типов растительных сообществ, которые могут рассматриваться в ранге растительных ассоциаций, в том числе была уточнена ранее представленная [3] классификация березняков:

- 1) *Betula pendula* Roth. – *Festuca pratensis* Huds;
- 2) *Betula pendula* – *Salix cinerea* L. – *Festuca pratensis*. + *Urtica dioica* L.;
- 3) *Betula pendula* – *Rubus idaeus* L.;
- 4) *Betula pendula* – *Fragaria vesca* L.;
- 5) *Betula pendula* – *Achillea millefolium* L. – березовые колки, антропогенно нарушенные выпасом;
- 6) *Betula pendula herbosa* – отсутствуют четко выраженные доминанты травостоя;
- 7) *Plantago lanceolata* L. + *Urtica dioica*;
- 8) *Plantago lanceolata* – *Urtica urens* L.;
- 9) *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. – *Urtica dioica*;
- 10) *Stipa pennata* L. s. l. с рудеральным разнотравьем, антропогенно нарушенные выпасом;
- 11) *Medicago falcata* L. – *Bromus secalinus* L.
- 12) *Plantago major* L. – *Achillea millefolium* L. – *Urtica dioica*;

13) *Trifolium pratense* L. – *Vicia cracca* L. – *Achillea millefolium*;

14) *Lolium perenne* L. – *Festuca pratensis*;

15) *Melilotus officinalis* (L.) Pall. – *Artemisia vulgaris* L. – *Festuca pratensis*.

Следует отметить, что по сравнению с предварительной оценкой [3] после дополнительных исследований число березняковых ценохор с 14 резко уменьшилось до 6 ассоциаций и при этом несколько ценохор определились на уровне ассоциаций (малиновая, лесоземляничная и луговоовсяничная). Для подтверждения точности выделения березняков костяничных (*Betula pendula* – *Rubus saxatilis* L.) и брусничных (*Betula pendula* – *Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avror.) необходимы дальнейшие исследования.

Биотопы выделенных ассоциаций оценивались по следующим 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).

По результатам GDA ведущими факторами дискриминации биотопов являются режимы почвенного увлажнения и его переменности, а также такие параметры климатопов как омброрежим (уровень атмосферного увлажнения), терморегим и режим континентальности (амплитуды годовых температур). Помимо этого значимыми для дискриминации являются оси неметрического шкалирования, которые определяют специфику внутриценотических взаимодействий между видами.

Классификационная матрица GDA показала 100 % точность выделения биотопов ассоциаций, для которых наблюдаются четкие отличия в режимах абиотических факторов (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика биотопов растительности окрестностей д. Октябрьск, балл

№ Фито-ценохоры	Режим биотопа											
	hd	fh	rc	sl	Ca	nt	ae	tm	om	Kn	Cr	lc
1	11,7	6,1	7,8	7,0	6,9	6,0	6,4	8,2	12,8	9,0	7,4	7,4
2	13,1	6,4	7,2	6,6	6,0	6,6	7,8	7,8	13,4	8,9	7,0	6,7
3	12,3	6,4	7,9	6,9	6,2	6,4	6,8	8,0	13,6	9,2	6,9	7,4
4	11,4	5,8	7,3	6,7	6,6	5,5	6,3	8,3	13,2	9,0	7,6	7,1
5	10,9	6,4	7,0	6,3	6,6	5,0	5,6	7,9	13,6	8,4	7,9	7,2
6	12,1	6,2	7,0	6,7	5,9	5,7	7,1	8,1	13,2	9,0	7,2	7,0
7	10,7	7,2	8,3	8,1	7,0	6,3	6,7	8,5	12,6	9,2	8,2	7,3
8	11,0	7,3	7,9	8,0	6,8	6,7	7,2	8,4	12,4	8,6	8,3	7,6
9	11,4	6,8	8,2	7,9	6,7	7,0	7,4	8,6	12,5	7,9	8,4	7,4
10	11,2	7,4	7,8	7,8	7,0	6,9	6,9	8,5	12,8	8,5	8,1	7,2
11	11,1	6,4	7,8	8,0	6,8	6,6	7,5	8,6	12,3	8,5	7,9	7,3
12	11,4	6,9	8,0	7,8	7,5	6,4	6,7	8,2	12,8	8,5	8,0	7,4
13	12,0	6,9	7,2	7,5	6,5	7,0	7,3	8,1	13,1	8,6	7,8	7,1
14	11,1	6,7	7,8	7,8	7,4	6,4	6,5	8,3	12,2	8,3	8,3	7,5
15	10,9	6,7	8,0	8,0	7,4	6,4	6,6	8,4	12,3	8,7	8,3	7,5

Выделенные ассоциации на основании фитоиндикационной оценки биотопов можно рассматривать в качестве индикаторных. В частности:

– березняки сероивово-луговоовсяницево-крапивные характерны для биотопов с наибольшими режимами почвенного увлажнения (влажнолесолуговой гигромезофильный) и почвенной аэрации (умеренно-слабо аэрированные почвы с практически постоянным капиллярным увлажнением и временным избыточным переувлажнением), а также наименьшими показателями режима почвенного кальция, терморегима и режима освещенности (гелиосциофитные с полутеневой экологической структурой [4]);

– березняки малиновые – наибольшие режимы континентальности (амплитуды годовых температур) и наименьшие – криорежима (минимальные температуры зимнего периода)

– березняки лесноземляничные – наименьшие величины режима переменности почвенного увлажнения (увлажнение умеренно-неравномерное с умеренным промачиванием корнеобитаемого слоя осадками и талыми водами)

– обыкновеннотысячелистниковые березняки характерны для биотопов с минимальными режимами почвенной кислотности (слабокислые почвы), солевого (небогатые солями), азотного (бедные минеральным азотом) режимов почвы, а также минимальным режимом почвенной аэрации (хорошо аэрированные эдафотопы с умеренным промачиванием корнеобитаемого слоя) и терморегима при максимальных величинах омброрежима;

– луговоразнотравные березняки – минимальный режим почвенной кислотности (слабокислые почвы) и почвенного кальция;

– ланцетовидноподорожниковые двудомнокрапивники – минимальный режим почвенного увлажнения (степолуговой с умеренным промачиванием весной и недостатком влаги в летний период), максимальный – кислотности почв (нейтральные почвы) и солевой (богатые солями почвы) режимы, а также максимальные величины терморегима и режима континентальности;

– ланцетовидноподорожниковые жгучекрапивники – максимальный солевой (богатые солями почвы) режим, криорежим и освещенность биотопа;

– кроваворосичковые двудомнокрапивники – максимальный солевой (богатые солями почвы) и азотный (достаточно обеспеченные азотом почвы) режимы, а также максимальные показатели термо- и криорежимов;

– антропогенно трансформированные перистоковыльники – максимальный режим переменности почвенного увлажнения (неравномерное с

недостаточным промачиванием корнеобитаемого горизонта) и терморегима;

– серповиднолюцерново ржанокостровая ассоциация – максимальный солевой (богатые солями почвы) режим и терморегим при минимальном омброрегиме (наименьше атмосферное увлажнение);

– большеподорожничково-обыкновеннотысячелистниковые двудомнокрапивники – максимальный режим кальция;

– луговоклеверно-мышиногорошковые обыкновеннотысячелистники – максимальный азотный (достаточно обеспеченные азотом почвы) режим;

– многолетнеплевеловые луговоовсянничники – максимальный режим кальция, криорегим и освещенность при наименьшем атмосферном увлажнении (омброрегим);

– лекарственнодонниково-обыкновеннополынные луговоовсянничники – максимальные режимы солей (богатые солями почвы) и кальция, криорегим и освещенность при наименьшем атмосферном увлажнении (омброрегим).

Анализ описаний методом неметрического многомерного шкалирования по показателям стресса позволил выделить три оси ординации. Интерпретация осей шкалирования (таблица 3) показывает сложный характер влияния абиотических факторов на формирование ценотической структуры выделенных растительных ассоциаций – статистически значимая связь определяется с практически всеми ведущими факторами, за исключением режима почвенной аэрации. При этом первая и вторая оси ординации в подавляющем большинстве определяются одними и теми же факторами, но противоположно действующими (при положительной корреляции с одной осью, с другой отмечается отрицательная корреляция), что означает, фактически одни и те же разнонаправленные градиенты среды, связанные с сальватизацией и, наоборот, формированием травянистых сообществ, в том числе антропогенно трансформированных. Третья ось во многом сходна с первой.

Таблица 3 – Идентификация осей многомерного шкалирования биотопов растительности окрестностей д. Октябрьск *

Ось	Режим биотопа											
	hd	fh	rc	sl	Ca	nt	ae	tm	om	Kn	Cr	lc
NMS_1	0,31	-0,20	-0,35	-0,37	-0,42	-0,10	0,15	-0,13	0,48	0,21	-0,43	-0,40
NMS_2	-0,29	0,40	0,48	0,49	0,32	0,53	0,16	0,41	-0,39	-0,26	0,37	0,34
NMS_3	0,32	-0,39	-0,06	-0,37	-0,36	-0,19	0,04	-0,11	0,17	0,33	-0,36	-0,11

* – полужирным выделены статистически значимые величины тау-Кендалла.

Ценотическая ординация выполнялась в определенных трех осях неметрического многомерного шкалирования (NMS) (рисунок 3).

В первых двух осях выделенные ассоциации образуют три четко различимых сукцессионных ряда ценотического замещения (рисунок 3; слева):

1) ценотический ряд переходных от естественных к рудеральным ассоциаций, формирующийся при росте увлажнения и затенения и сравнительно невысокой пастбищной нагрузки (условно – ряд сообществ овсяницы луговой);

2) ценотический ряд антропогенной дигрессии травянистых ассоциаций при сравнительно высокой пастбищной нагрузке и нарастании засушливости биотопов (от крапивных до перистоковыльных);

3) ценотический ряд березняковых (5 – 6 – 4 – 3) ассоциаций антропогенной пастбищной дигрессии («перпендикулярный» рядом остальных ассоциаций) от нарушенных к естественным.

Антропогенные сукцессионные ряды в конечном итоге связаны с какой-то из стадий ряда березовых лесов. По третьей оси четкие ценотические ряды не выделяются.

Ординация биотопов и ассоциаций растительности в эколого-ценотическом пространстве выполнена по матрице квадрата расстояния Махаланобиса (с построением дендрограммы методом максимального

корреляционного пути [15]) и в первых двух осях дискриминантных функций.

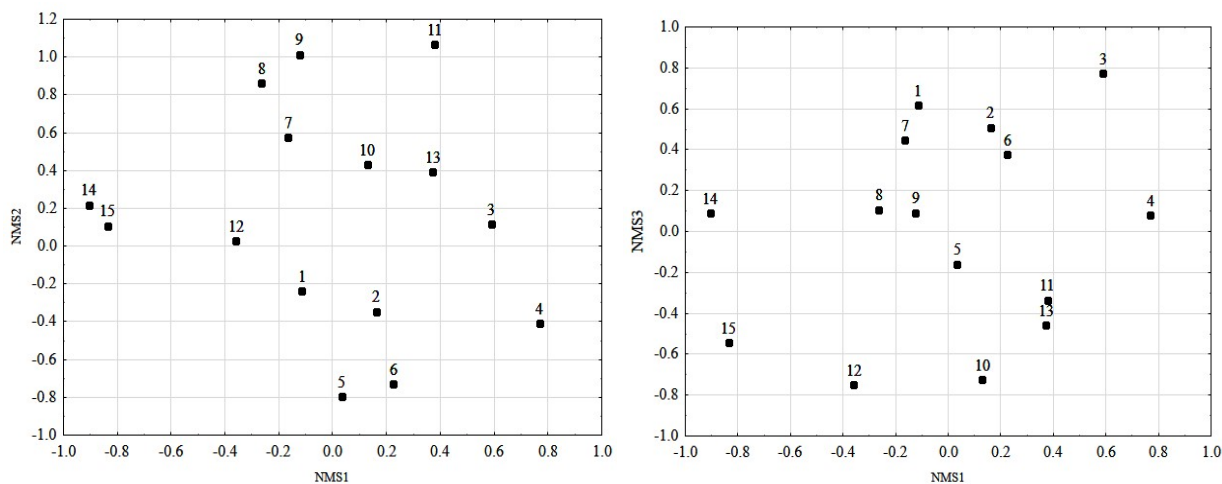


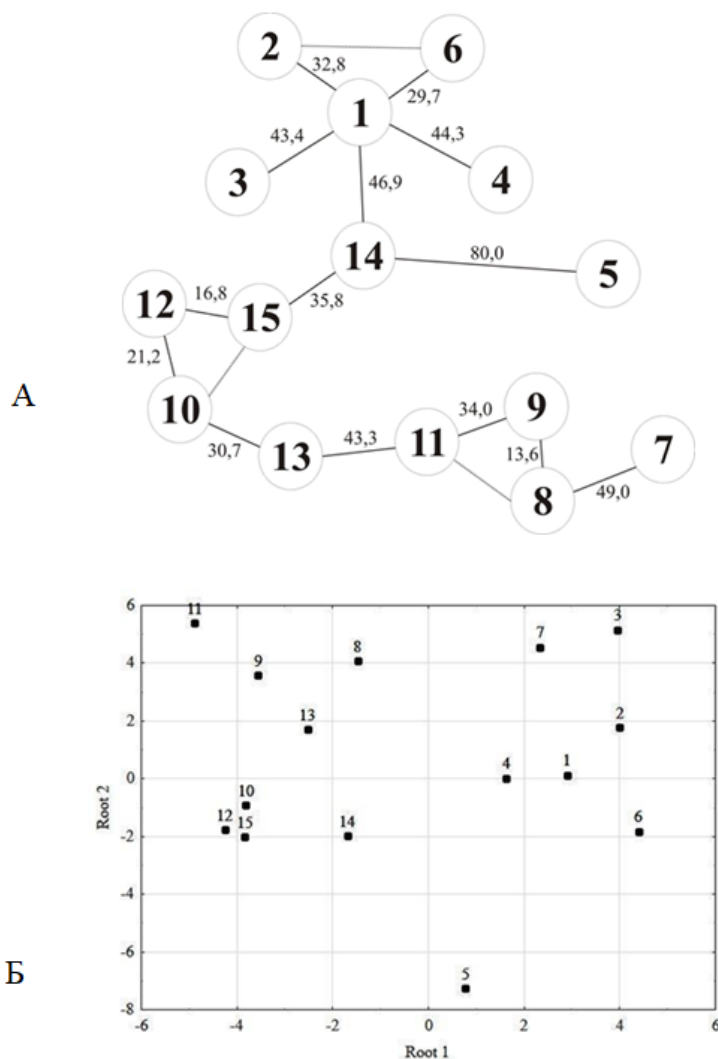
Рисунок 3 – Ординация растительности окрестностей д. Октябрьск в осях неметрического многомерного шкалирования (NMS_1, NMS_2, NMS_3)

Ординация по матрице квадрата расстояния Махаланобиса (рисунок 4; А) выявила наличие четкого ряда замещения биотопов с тремя биотопическими центрами.

Первый биотопический центр формируют березняки с центральным положением луговоовсяницевых (1), как наиболее типичных ассоциаций светлых березовых лесов и березовых колков региона, частично антропогенно трансформированных выпасом. Само же начало ряда замещения наблюдается от характерных для степных березовых лесных массивов района малонарушенных березняков малиновых (3) и лесоземляничных (4), в результате разрежения лесного полога и антропогенного воздействия трансформирующихся в луговоовсяницевые.

В дальнейшем биотопический ряд переходит к биотопам многолетнеплевеловых луговоовсянничников (14), к ним же примыкают отличающиеся от прочих березняков сильно трансформированные выпасом березняки обыкновеннотысячелистниковые. Далее ряд идет к степным биотопам перистоковыльников (10), формирующих второй биотопический центр с биотопами антропогенно трансформированных ассоциаций большеподорожничково-обыкновеннотысячелистниковых

двудомнокрапивников (12) и лекарственнодонниково-обыкновенно-полынных луговоовсянничников (15). Далее ряд через биотопы ассоциаций обыкновеннотысячелистниковой (13) и ржанокостровой (11) завершается биотопами рудеральных ассоциаций крапивных (7, 8, 9).



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

Рисунок 4 – Ординация биотопов растительности окрестностей д. Октябрьск

В пространстве первых дискриминантных функций ряды биотопического и ценотического замещения менее выражены, однако выделенные выше биотопические центры достаточно четко маркируются. Это, в первую очередь, группа ассоциаций степных перистоковыльников (10) и формирующихся из них в результате выпаса тысячелистниковых крапивников (12) и полынных луговоовсянничников, также выделяется

определенная ранее группа биотопов и ценозов пастбищной дигрессии (рисунок 4, Б – вверху) и группа (рисунок 4, Б) березняковых ассоциаций.

Выводы по третьей главе

Таким образом, для выделенных ассоциаций определяется четкий ряд антропогенной трансформации растительных сообществ от березовых лесов до рудеральных растительных ассоциаций. Также анализ описаний по методу неметрического многомерного шкалирования по показателям стресса позволил выделить три оси ординации. Оси показывают сложный характер влияния абиотических факторов на формирование ценотической структуры выделенных растительных ассоциаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для одной из крайних восточных точек Республики Башкортостан – окрестностей д. Октябрьск Учалинского района – проведено исследование растительности и биотопов, переходных между рудерального и природного типа. Изученная растительность характеризуется сравнительно низким биотическим разнообразием с преобладанием десятивидовых растительных сообществ с близкими обилиями слагающих их видов, но при наличии одного, значительно реже, 2–3 доминирующих видов.

Для растительного покрова окрестностей д. Октябрьск выделено 15 растительных ассоциаций, биотопы которых четко отличаются по режимам ведущих абиотических факторов, а сами ассоциации являются для этих факторов индикаторными. Точность классификации и оценки биотопов подтверждается методами многомерной статистики.

Ведущими факторами ординации изученной растительности являются режимы почвенного увлажнения и его переменности, омброрезим (уровень атмосферного увлажнения), терморезим и режим континентальности (амплитуды годовых температур). При этом отмечен сложный характер влияния абиотических факторов на формирование ценотической структуры выделенных растительных ассоциаций, определяемый процессами сивлатизации и антропогенной трансформации.

Для растительности окрестностей д. Октябрьск определены три ценотических ряда, связанных с высокой и умеренной пастбищной нагрузкой, как в травянистых, так и в лесных (березовых) сообществах. Выделенные ценотические ряды формируют сукцессионные серии пастбищной дигрессии. Для этих серий определены три биотопических центра (рудеральный, степной и березняковый) и менее выраженные ряды биотопического замещения от березовых лесов, степных перистоковыльных и луговых овсянницевых сообществ до рудеральных растительных ассоциаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамова Л. Н. Обзор высших единиц синантропной растительности Европейской части России / Л. Н. Абрамова // Сборник научных трудов ГНБС. – 2016. – Т. 143. – С. 7–15.
2. Абрамова Л. М. Синантропная растительность Республики Башкортостан: итоги исследований школы Б. М. Миркина / Л. М. Абрамова, Я. М. Голованов // Фиторазнообразии Восточной Европы. – 2018. – XII (3). – С. 7–16.
3. Батюшева С. Ю. Березняки окрестностей села Октябрьск Учалинского района республики Башкортостан / С. Ю. Батюшева, Н. Н. Назаренко // Актуальные вопросы биологии, географии, химии, безопасности жизнедеятельности и методики их преподавания: материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции / отв. ред. О.Е. Токарь, Н.Е. Суппес. – Ишим : ИПИ им. П. П. Ершова (филиала) ТюмГУ. – 2020. – С. 5–11.
4. Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – Москва : Лесная промышленность. – 1971. – 321 с.
5. Ишбирдин А. Р. Синтаксономия, экология и динамика рудеральных сообществ Башкирии / А. Р. Ишбирдин, Б. М. Миркин, А. И. Соломещ, М. Т. Сахапов. – Уфа : БНЦ УрО АН СССР. – 1988. – 162 с.
6. Миркин Б. М. Сегетальные сообщества Башкирии / Б. М. Миркин, Л. М. Ишбирдин, К. М. Рудаков, Ф. Х. Хазиев. – Уфа : БФАН СССР. – 1985. – 155 с.
7. Миркин Б. М. Синантропная растительность Башкортостана: изученность, разнообразие, экологическое значение / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, С. М. Ямалова // Вестник Академии наук РБ. – 2009. – Т. 14. – №1. – С. 18–25.

8. Муллагулов Р. Т. Синтаксономия степных пастбищных сообществ в башкирском Зауралье / Р. Т. Муллагулов, С. М. Ямалов // Вопросы степеведения. – 2014. – Т. 12. – С. 110–113.

9. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. – Москва : Мир, 1992. – 184 с.

10. Наумова Л. Г. Флора и растительность Башкортостана : учебное пособие / Л. Г. Наумова, Б. М. Миркин, А. А. Мулдашев, [и др.]. – Уфа : Издательство БГПУ, 2011. – 174 с.

11. Орлов А. И. Теория принятия решений : учебное пособие / А. И. Орлов. – Москва : Издательство Экзамен, 2006. – 473 с.

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

13. Синантропная растительность Зауралья и горно-лесной зоны Республики Башкортостан: фиторекультивационный эффект, синтаксономия, динамика / Под ред. Б. М. Миркина и Я. Т. Суюндукова. – Уфа : Гилем, 2008. – 512 с.

14. Суюндукова Г. Я. Синтаксономический анализ растительности населенных пунктов сельского типа Зауралья Республики Башкортостан / Г. Я. Суюндукова. – Уфа : БашГУ, 2008. – 16 с.

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

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

17. Ханина Л. Г. Новый метод анализа лесной растительности с использованием многомерной статистики (на примере заповедника Калужские засеки) / Л. Г. Ханина, В. Э. Смирнов, М. В. Бобровский // Бюллетень МОИП. Отд. биологический. – 2002. – Т. 107. – С. 40–47.

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

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

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

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