

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Байкальский институт природопользования  
Сибирского отделения Российской академии наук

*На правах рукописи*

**Жарникова Маргарита Андреевна**

**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ТРАНСФОРМАЦИИ  
СТЕПНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ  
В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
(на примере Байкало-Гобийского трансекта)**

25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Научные руководители:  
член-корреспондент РАН,  
доктор географических наук  
Гармаев Ендон Жамьянович,  
кандидат биологических наук  
Алымбаева Жаргалма Баторовна

Улан-Удэ – 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ .....	8
1.1. Географическое положение и рельеф .....	8
1.2. Климатические условия .....	11
1.3. Почвенный и растительный покров .....	14
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	17
2.1. Состояние изученности степей Центральной Азии.....	17
2.2. Теоретико-методологические основы геоэкологических исследований.....	22
2.3. Методы исследований .....	28
ГЛАВА 3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ (на примере Байкало-Гобийского трансекта).....	34
3.1. Анализ фитоценотического разнообразия степной растительности Байкало-Гобийского трансекта .....	34
3.2. Распределение растительности в зависимости от экологических условий.....	53
3.3. Оценка пространственного распределения растительного покрова на основе карт актуальной растительности.....	60
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА.....	79
4.1. Многолетняя динамика растительного покрова по спутниковым данным и ее связь с климатическими условиями .....	79
4.2. Анализ антропогенного воздействия на растительность модельных полигонов .....	89
4.3. Рекомендации по оптимизации использования степных пастбищных территорий.....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	109

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Глобальное изменение климата в совокупности с неуклонно возрастающим антропогенным воздействием ведет к развитию процессов трансформации экосистем, в том числе деградации почвенного и растительного покрова. Степная растительность, как чувствительный, динамичный и быстро реагирующий на внешние изменения компонент природной среды, занимает важное место в исследовании этих процессов, выступая в качестве индикатора состояния и динамики ландшафтов. Растительный покров различных климатических зон неоднозначно реагирует на внешние воздействия и проявляет различную устойчивость к ним. Пространственно-структурные исследования растительного покрова наиболее полно отражают единство пространственной целостности с определенной географической структурой, сложившейся в ходе эволюционного развития природной среды и самой растительности, тем самым предоставляя основу для прогнозирования изменения ландшафтов в той или иной климатической зоне.

Байкало-Гобийский субмеридиональный трансект, в пределах которого выполнена данная работа, представляет собой относительно узкую полосу с севера на юг шириной около 150 км и длиной 600 км (52–45° с.ш., 105–108° в.д.). Он проходит по территории Западного Забайкалья и северной части Монгольского плато, охватывает по степени увлажнения различные климатические зоны: сухую субгумидную, семиаридную и аридную, в которых отчетливо наблюдаются различные процессы трансформации растительности, связанные как с климатическими изменениями, так и с антропогенным воздействием.

В последние десятилетия на монгольской территории отмечен резкий рост поголовья домашнего скота, приводящий к перевыпасу и деградации пастбищ. На российской же части наблюдается выбытие сельхозугодий из сельскохозяйственного оборота, уменьшение доли пашни, увеличение доли залежи. Распашка земель и пастбищное животноводство ухудшают геоэкологическую ситуацию засушливых территорий, приводят к деградации природной среды в целом и снижению природоохранных функций растительного покрова в частности, поэтому проблемы инвентаризации, мониторинга и геоэкологической оценки степных сообществ становятся все более актуальными.

Данная работа посвящена детальному изучению степных экосистем в разных климатических условиях, их картографическому анализу и оценке современного состояния на основе данных, получаемых от систем мониторинга трех уровней: наземного (натурного), авиационного (с использованием беспилотного летательного аппарата –

БПЛА) и космического (спутникового). Используемый в работе разноуровневый мониторинг позволяет получить максимально объективную оценку трансформации степных экосистем для обширной территории.

**Объектом исследования** являются степные растительные сообщества по Байкало-Гобийскому субмеридиональному трансекту.

**Предмет исследования** – современное состояние и динамика степных сообществ в различных климатических зонах.

**Цель работы** – оценка современного состояния и трансформации степных растительных сообществ с севера на юг вдоль Байкало-Гобийского трансекта в условиях изменения климата и антропогенного воздействия.

Для достижения поставленной цели и исходя из схемы геоэкологических исследований (Гагина, Федорцова, 2002), включающей инвентаризационный и оценочный этапы, конечным итогом которых является разработка рекомендаций по сохранению целостности природной среды путем оптимизации хозяйственной деятельности, сформулированы следующие **задачи**:

1. Типология и систематизация фитоценотического разнообразия объекта исследования в разных климатических зонах на основе классификации растительности.
2. Оценка влияния на растительность основных экологических факторов среды, отражающих зональные и региональные особенности.
3. Анализ современного состояния и пространственного распределения растительных сообществ на основе информации трехуровневого мониторинга.
4. Оценка геоэкологического состояния исследуемой территории в условиях изменения климата и антропогенного воздействия.
5. Разработка рекомендаций по улучшению использования степных экосистем.

**Степень изученности проблемы.** Изучению степной растительности Южной Сибири и Центральной Азии посвящено множество работ ботанико-географического профиля. К настоящему времени накоплен разнообразный фактический материал по характеристике природных условий, структуре степных экосистем и их компонентов. Имеется большой объем картографических материалов, к сожалению, ограниченных мелким масштабом. С точки зрения оценки внешних факторов воздействия на растительный покров в последнее время внимание ученых сосредоточено либо на последствиях изменения климата (засуха, дзуд, пыльные бури, наводнения и др.), либо на результатах хозяйственной деятельности человека (землепашество, орошение, скотоводство, пожары и др.). Как правило, исследования ограничиваются отдельными локальными участками или прерываются государственной границей. Несмотря на

повышенный интерес, процессы трансформации степных экосистем и оценка антропогенного воздействия и климатических изменений с позиций анализа долговременных состояний экосистем с использованием аэрофото- и космоснимков затрагивалась в гораздо меньшей степени.

**Методология, методы и материалы исследования.** Диссертационная работа основана на фактическом материале, собранном автором в ходе полевых экспедиционных работ 2015-2019 гг. В качестве основных методов применялись: сравнительно-географические, описательные, методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), маршрутно-геоботанические, статистические, картографические.

**Научная новизна.** Впервые на основе комплексного подхода с использованием трехуровневого мониторинга выявлена пространственно-временная структура степных сообществ по Байкало-Гобийскому субмеридиональному трансекту. Получены новые сведения о современном ценотическом разнообразии степных сообществ, отражающем сукцессионный статус, определены и описаны стадии трансформации растительного покрова с учетом влияния климатических факторов и антропогенного воздействия. Построены оригинальные крупномасштабные карты актуального состояния растительности и карты антропогенной нарушенности.

Преимуществом работы является синхронное использование натуральных наблюдений и данных ДЗЗ. Впервые для исследуемого региона получены оценки взаимосвязи наземной фитомассы степных сообществ с их спектральными характеристиками по аэро- и космическим изображениям.

**Практическим результатом работы** являются рекомендации, которые могут быть полезны хозяйствующим субъектам для оптимизации использования степей в целях рационального обращения и сохранения их экосистем, а также при разработке программ социально-экономического развития районов Бурятии и сомонов Монголии. Результаты работы вошли в отчеты НИР по темам государственных заданий лаборатории геоэкологии БИП СО РАН «Трансформация природы и общества Сибири и сопредельных территорий в условиях глобальных изменений окружающей среды» (№ VIII.79.2), «Трансформация природной среды в зоне влияния Великого Шелкового и Чайного пути в условиях глобализации и изменения климата» (№ IX.127.2.2) и грантов РФФИ № 17-05-01059 «Природно-климатические тренды Байкальского региона», № 19-55-53026 «Оценка экологических рисков и контрмеры по их преодолению для трансграничных районов России, Монголии и Китая»). Основные результаты работы были включены во второй том Национального доклада «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры

адаптации (сельское и лесное хозяйство)», подготовленного в целях формирования гармонизированной платформы и объединения усилий научно-экспертного сообщества при выработке механизмов управления рисками опустынивания, деградации земель и засух в целях устойчивого развития и выполнения международных обязательств Российской Федерации.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Эколого-фитоценотическая классификация степной растительности, построенная на основе доминантно-детерминантного принципа, наиболее полно и информативно отражает актуальное состояние коренных и производных сообществ по Байкало-Гобийскому трансекту, сформировавшихся за длительный период времени в условиях выраженных климатических изменений под воздействием антропогенных факторов.

2. Выявленные закономерности пространственной структуры и распространения степной растительности по оригинальным картам, полученным с помощью трехуровневой системы мониторинга, характеризуют геоэкологическое состояние территорий, находящихся на разных динамических стадиях.

3. Трансформация растительности в результате длительного воздействия антропогенных факторов в условиях выявленных климатических трендов выражается в ее ксерофитизации, упрощении флористического состава и структуры сообществ, утрате кормовой ценности.

**Апробация работы.** Основные результаты исследования представлены в форме устных докладов и обсуждены на конференциях международного, российского и регионального уровней, из которых наиболее значимы: международная научная конференция «Проблемы изучения растительного покрова Сибири» (Томск, 2015, 2017), международная конференция «Природные ресурсы и устойчивое развитие Монгольского плато» (Улан-Батор, 2016; Улан-Удэ, 2017), 33-й конгресс Международного географического союза (Пекин, 2016), международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS (Томск, 2016, 2018), XII Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу (Томск, 2017), международная научно-практическая конференция «Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования» (Иркутск, 2019) и др.

**Публикации.** По результатам исследования опубликованы 1 коллективная монография, 14 публикаций (из них 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых

ВАК и индексируемых Web of Science, 5 статей в сборниках трудов конференций, индексируемых Scopus и 4 научных статьи в прочих рецензируемых изданиях).

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 123 страницах, иллюстрирована таблицами и рисунками.

# ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

## Географическое положение и рельеф

Для получения достоверной и своевременной разносторонней информации о современном состоянии окружающей среды, выявления процессов деградации экосистем и оценки геоэкологического состояния создана сеть модельных полигонов. Основные исследования проводились на модельных полигонах с севера на юг «Улан-Удэ», «Гусиноозерск», «Дархан», «Дзун-Мод», «Мандалгови», расположенных на территории двух соседних государств – России и Монголии (рис. 1, табл. 1).



Территория исследования – Байкало-Гобийский трансект – находится на главном водоразделе Азиатского континента, разделяющем водосборные бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов, а также область внутриматерикового стока Центральной Азии. По физико-географическому районированию территория исследования относится к Южно-Сибирско-Хангай-Хэнтэйской горной области и Центрально-Азиатской горной возвышенно-равнинной пустынно-степной области (Суворов, Даш, 2015). По ботанико-географическому районированию – к Центральноазиатской (Даурско-Монгольской) подобласти степной области Евразии (Лавренко и др., 1991).

Таблица 1 – Основные характеристики географического расположения модельных полигонов

№	Модельные полигоны	Координаты		Абсолютные высоты, м над у.м.	Положение в системе физико-географического районирования (провинция)	Положение в системе ботанико-географического районирования (провинции / подпровинции)
		широта	долгота			
1	Улан-Удэ	51°43'	107°30'	570-730	Хилокско-Чикойская горнотаежно-котловинная остепненная	Алтае-Саянская / Южно-Бурятский округ

2	Гусиноозерск	51°09'	106°30'	680-760	Селенгинско-Орхонская котловинно-среднегорная остепненная	Хангайско-Даурская горнолесостепная / Орхоно-Нижнеселенгинская горнолесостепная
3	Дархан	49°28'	105°50'	700-900	Селенгинско-Орхонская котловинно-среднегорная остепненная	Хангайско-Даурская горнолесостепная / Орхоно-Нижнеселенгинская горнолесостепная
4	Дзун-Мод	47°40'	107°07'	1570-1700	Онон-Хэнтэйская котловинно-горнотаежная	Монгольская степная / Среднехалхаская степная
5	Мандалгови	45°42'	106°15'	1320-1370	Центральномонгольская среднегорная возвышенно-равнинная котловинная сухостепная полупустынная	Северогобийская пустынностепная / Северо-Восточногобийская пустынностепная

\* Названия провинций и подпровинций даны по схемам физико-географического районирования (Суворов, Даш, 2015) и ботанико-географического районирования (Пешкова, 1985; Лавренко, 1991).

Территория исследования представлена сочетанием разнообразных, разновозрастных и довольно сложных генетических и морфологических типов рельефа. Согласно Г.А. Шмидт (1974) свойственные для исследуемой территории типы рельефа по генезису делятся на: 1) рельеф денудационных и денудационно-аккумулятивных равнин, созданный в период платформенного развития (верхний мел-палеоген); 2) рельеф горных областей, созданный в период неоген-четвертичной активизации тектонических движений; 3) рельеф аккумулятивных равнин, созданный в период неоген-четвертичной активизации тектонических движений.

Денудационные равнины, представленные слабо измененной полигенетической поверхностью выравнивания, являются наиболее древним типом рельефа. Это преимущественно плоский, волнистый или мелкосопочный рельеф, сформированный в эпоху длительного стабильного тектонического движения страны в верхней половине мелового и палеогенового времени. Горные области располагаются в районах новейших поднятий различной интенсивности, проявившихся с конца неогена и продолжавшихся в четвертичном периоде. Аккумулятивные равнины связаны с областями новейших тектонических прогибаний, а также приурочены к отрицательным формам рельефа в горах и на денудационных равнинах (Шмидт, 1974).

Таким образом, современный облик рельефа и общий характер распределения растительности определяют крупные горные поднятия, средне- и низкогорные хребты, плоскогорье, мелкосопочки в сочетании с различными типами равнин и обширными впадинами.

Для большей части трансекта расчлененный рельеф и общая приподнятость территории над уровнем моря придает местности горный характер (Бажа и др., 2018).

Северная часть трансекта (территория России) находится в зоне лесостепи и представляет собой обширную горную область с чередованием в рельефе многочисленных среднегорных хребтов со сглаженными вершинами и обширных межгорных котловин, субширотно вытянутых с юго-запада на северо-восток с разницей относительных высот от 600 до 900 м (Мурзаев, 1948). Наиболее значительной морфоскульптурой является Селенгинское среднегорье (Фадеева, 1961). С севера оно ограничено прилегающими хребтами Хамар-Дабан и Улан-Бургасы. Межгорные впадины имеют реликтовый Центрально-Азиатский облик и сложены разновозрастными аллювиальными и пролювиальными отложениями, образующими террасы и широкие подгорные шлейфы. Своеобразие межгорных котловин такого палеогеографического характера, как засушливость обусловлено их длительным развитием в континентальном режиме. (Дамбиев, 2013). В придолинных частях рельеф низкогорный, усложнен гранитными останцами в виде выветренных скальников, обрывами и прижимами. Местами, например, в западной оконечности хр. Цаган-Дабан, на склонах с рыхлыми отложениями при интенсивной сельскохозяйственной деятельности активны водно-эрозионные процессы, приводящие к оврагообразованию (Тармаев и др., 2004).

Средняя часть трансекта пересекает зону сухих степей. Территория находится на стыке трех крупных физико-географических областей: Хангайско-Хэнтэйской горной области, области сводово-глыбового Хангайского хребта и области средневысотных гор бассейнов рр. Селенга и Орхон. Территория представлена орографически разрозненными, разновысотными, но преимущественно низкими горами и мелкосопочниками. Широкие межхребтовые впадины и речные долины разделяют низкие и сильно сглаженные хребты (Геоморфология, 1982).

Континентальность климата, большие амплитуды суточных и годовых температур обуславливают интенсивное постоянное проявление процессов физического выветривания (Ногина, 1964; Горшкова, 1966; Макунина, 1986). В долинах мощный поверхностных сток приводит к интенсивному смыву осадочных отложений и выносу продуктов выветривания горных пород. Местами развиты эоловые формы рельефа, среди которых представлены как древние закрепленные дюны и барханы, так и относительно молодые массивы песков, сформировавшиеся, в основном, под влиянием антропогенных факторов (Бажа и др., 2018).

На юге трансект захватывает пустынностепную зону. По рельефу территория характеризуется распространением денудационных равнин и плато с незначительным участием островных низко- и среднегорных массивов и широкими, нередко

долинообразными, понижениями и котловинами с мелкими озерами и солончаками. Здесь преобладают пенеппенизированные платообразные поверхности, нередко осложненные замкнутыми и полужамкнутыми западинами различного размера и глубины. Широкое развитие замкнутых западин – характерная черта бессточных аридных областей.

### **Климатические условия**

Своеобразие климата исследуемой территории обусловлено сложным рельефом, сравнительно высоким гипсометрическим положением, изолированностью от смягчающих влагопереносящих потоков и особенностями циркуляции атмосферы. Географическое положение территории в центре Азиатского материка и горно-котловинный характер рельефа оказывают влияние на формирование резко континентального климата (Цаценкин, Юнатов, 1951; Мурзаев, 1956 и др.). Этому типу свойственно малое количество осадков с крайней неравномерностью их распределения в пространстве и во времени, а также резкие сезонные и суточные колебания температур.

Климат территории исследования отличается коротким периодом вегетации, резкими колебаниями суточных и годовых температур, зима морозная, безветренная и малоснежная. Особенности климата территории исследования определяются тем, что в зимний период он находится в зоне воздействия восточносибирского или центрально-азиатского антициклона (с нечастым вторжением арктических воздушных масс), а летом погоду определяет западный атмосферный перенос, периодически сменяющийся проникающими сюда тихоокеанскими муссонами (Экосистемы..., 2005).

Весна отличается сухостью (атмосферных осадков выпадает всего 11,5-12,5 % годовой нормы осадков), относительной теплотой и сильными ветрами. Начало теплого периода значительно изменяется из года в год. Первые весенние дожди начинают выпадать во второй половине мая или даже в июне. Тепловой режим крайне неустойчив, колебания температур значительны, часто наблюдается возврат холодов (Юнатов, 1950). Устойчивое потепление наступает в поздние сроки и в сочетании с сильной засушливостью климата приводит к задержке начала вегетации растений, что снижает темпы накопления фитомассы. Все это создает исключительно большие трудности для обеспечения животноводства пастбищными кормами в ранневесеннее время (Иванов, 1966).

Для всей территории исследования количество выпадающих осадков неравномерно для каждого сезона года. Около 60-90 % от общего годового количества выпадающих осадков приходится на лето (Юнатов, 1950). Это, прежде всего, циклонические осадки фронтального происхождения, а также конвективные осадки, возникающие вследствие полуденного перегрева. Месячный максимум осадков отмечается в июле – августе и

составляет в среднем 63 % годовой суммы. Летний максимум осадков специфично отражается на растительности. В степях и пустынях Монголии не наблюдается того временного затухания вегетации или «летнего выгорания», которое свойственно засушливым районам Бурятии (Юнатов, 1950). Общая картина распределения осадков хорошо согласуется с физико-географическими районами. С уменьшением осадков с севера на юг на смену таежным лесам и богатому разнотравью приходят степи, а затем скудный Гобийский опустыненный ландшафт. В лесной зоне выпадают самые большие годовые суммы осадков – 300-400 мм, а в отдельные годы до 550 мм., в степной они уменьшаются до 240 и 280 мм, а в пустынной – до 200 мм.

При хорошо развитой муссонной циркуляции, когда влажный воздух проникает до озера Байкал, максимальное количество осадков приходится на конец июня и начало июля. Если же в развитии муссонной циркуляции происходит “сбой”, то основная масса осадков выпадает в августе, а иногда и в начале сентября, вследствие чего возникает летняя атмосферная и почвенная засуха (Береснева, 2006).

Климатические условия лета приводят к быстрому прохождению растениями их сезонного цикла. Особенно это заметно в гобийской части трансекта, где развитие растений и начало вегетации сильно зависит от первых выпавших дождей (Юнатов, 1950).

Осенний период непродолжительный и сухой. В конце августа и начале сентября на севере и во второй половине сентября на юге отмечаются первые резкие заморозки. Несмотря на быстрое и значительное снижение температур, из-за интенсивной инсоляции еще долгое время дни остаются теплыми с тихой, безветренной погодой и незначительным количеством осадков. Осенние заморозки и снижение температуры приводят к быстрому завершению вегетации (Юнатов, 1950).

Для зимнего периода характерны безоблачность, преобладание штиля, незначительные осадки и большая сухость воздуха. Снеговой покров маломощный. В гобийской части от 40 до 80 % поверхности почвы покрыто снегом без образования сплошного снежного покрова (Юнатов, 1950; Иванов, 1966). Высокая сухость воздуха, безветренная погода и малоснежная зима способствуют длительному сохранению остатков растительной массы. Это позволяет содержать скот в течение всей зимы на подножных кормах (Иванов, 1966).

В зимний период, когда преобладает антициклональный тип погоды, в обширных котловинах происходит застаивание воздуха с образованием температурных инверсий, мощность которых может достигать 1-2 км. При этом холодный воздух, стекая со склонов гор, образует в котловинах «ядра» холода, которые начинают формироваться в конце ноября, а разрушаются в начале апреля (Экосистемы..., 2005). Покров снега появляется в

конце октября и стаивает, как правило, в начале марта. Устойчивый снежный покров наблюдается с декабря по февраль, но также в этот период бывает до 20 % бесснежных дней. Снег, выпавший в начале апреля может привести к образованию снежного дзуда – стихийному бедствию, при котором образуется снежная корка и домашний скот погибает, вследствие затрудненного доступа к корму. По данным Ариунболд Э. (2014): «Средняя высота снежного покрова составляет 5-7 см, а максимальная – около 10 см» [С. 20].

Для территории исследования характерно обилие ясных дней со значительным притоком прямой солнечной радиации. В зависимости от географической широты, абсолютной высоты хребтов и облачности длительность солнечного сияния колеблется в широких пределах. На юге среднегодовое значение составляет 2800-2850 часов в год, на севере – 2300 часов (Бирюкова, 2001). Суммарная солнечная радиация в котловинах достигает 4200-4600 МДж ч/кв. м. В горах снижается до 3600-3800 МДж ч/кв. м в год из-за значительного процента облачности в теплый период, 55-65 % этого количества – прямая радиация и 35-45 % – рассеянная (Климатический справочник, 1974; Буфал и др., 1977).

С севера на юг происходит смена районов от умеренно влажных с прохладным летом и суровой зимой до сухих с теплым летом и холодной зимой. Возрастание засушливости климата приводит к изменению характера растительного покрова. Общая сухость климата обуславливает широкое проникновение по понижениям рельефа сухих и пустынных степей далеко на север и высоко в горы (вплоть до высокогорья). Сухость климата является одной из причин редукции отдельных вертикальных поясов, в частности лесного пояса в некоторых расположенных на юге горных массивах, хотя горы, как известно, создают благоприятные условия для продвижения на юг лесной растительности.

Условия рельефа обуславливают неодинаковое распределение тепла и влаги в пределах одного высотного пояса, создают мозаику микроклиматов, что отражается в проявлении экспозиционных различий. Склоны южной экспозиции в отдельные периоды сезона получают тепла в несколько раз больше, чем склоны северной экспозиции. Климатическая разность южных и северных склонов приводит к резко выраженной асимметрии почвенно-растительного покрова. Особый микроклимат свойствен также полутеневым западным и восточным склонам, каменистым вершинам гор и днищам падей. Как отмечает С.Н. Бажа (2002) «на уровне малых форм рельефа большое значение приобретают инверсии климата и фоновые явления, заметно изменяющие термические показатели котловин и предгорий». Так, среднегодовая температура на полигоне «Дархан» близка к 0 °С, в то время как, при продвижении на север и на юг, она постепенно понижается до -9,1 °С в районе полигона «Улан-Удэ» и до -3,5 °С в окрестностях полигона «Дзун-Мод».

## Почвенный и растительный покров

Пространственная неоднородность климатических факторов и сложный характер геолого-геоморфологического строения в различных частях трансекта находятся в тесной связи и определяют своеобразие почвенного и растительного покрова. Резко континентальный климат обуславливает формирование почв сухого, аридного типа. С севера на юг происходит широтно-зональная смена почвенного покрова: 1) горно-таежная зона с мерзлотно-таежными и дерново-таежными почвами; 2) горно-лесостепная зона с черноземными, темно-каштановыми, лесными темноцветными и дерновотаежными почвами; 3) зона каштановых почв сухих степей; 4) зона бурых полупустынных почв; 5) зона серо-бурых пустынных почв. Все зональные почвы разделяются на две группы: 1) почвы гор; 2) почвы равнин и межгорных понижений.

Согласно работам по изучению почв территории нашего исследования и схемам почвенно-географического районирования (Цыбжитов, 1971; Кузьмин, 1993; Доржготов, 2003; Убугунов и др, 2012; Белозерцева и др., 2015) территория исследования относится к 3 почвенно-биоклиматическим областям:

1) Южносибирская горнотаежная область дерново-таежных и мерзлотно-таежных почв. Данная область характеризуется широким развитием криогенных процессов, подавленностью процесса подзолообразования, замедленным биологическим круговоротом веществ, коротким биологически активным периодом, кислой реакцией среды, слабой дифференцированностью и малой мощностью профиля, а также верхние горизонты почв обогащены подвижными формами железа.

2) Хангайская степная и горно-лесостепная область каштановых, черноземных, горнолесных темноцветных и горных дерново-таежных почв. Для данной области характерно значительное гумусонакопление в результате дернового процесса, сплошное распространение длительно-сезонномерзлых и глубокомерзлотных почв, мучнистых форм карбонатных выделений, широкое распространение реликтовых признаков, сравнительно малая мощность гумусового горизонта, легкий гранулометрический состав и щебнистость. Автоморфные почвы не засолены, в них отсутствуют легкорастворимые соли, гипс и солонцеватость.

3) Гобийской полупустынной и пустынной области светло-каштановых, бурых, серо-бурых и крайнеаридных почв. В Гобийской области развиты процессы аридного почвообразования без современного соленакопления, на поверхности почв образуется щебнистый и щебнисто-дресвянистый панцирь, содержание гумуса низкое, легкорастворимые соли и гипс в почвенном профиле отсутствуют, из-за острого недостатка

влаги биологическая активность почв заторможена, сильно развиты процессы дефляции и сайровая эрозия.

В степных экосистемах под луговыми и настоящими степями распространены черноземы, в сухих степях – каштановые почвы, на водоразделах – литоземы, на эоловых отложениях – гумусовые псаммозмы (Белозерцева и др., 2014).

Территория трансекта в пределах российской части и в Северной Монголии характеризуется распространением каштановых почв. Эти почвы характеризуются облегченным механическим составом (легкие суглинки и супеси), маломощностью и неразвитым почвенным профилем. Кроме того, почвогрунты почти всегда содержат некоторое количество щебня, дресвы и крупного песка. На подгорных участках котловин, северных склонах сопок и в нижних частях облесенных склонах распространены серые метаморфические почвы.

В южной части трансекта – в северогобийской зоне – преобладающее распространение имеют почвы бурого типа, наблюдается распространение солонцевато-солончакового почвенного комплекса, выходящего даже на равнинные местоположения. По депрессиям здесь, наряду с солончаками, встречаются участки типичных такыров. (Юнатов, 1950) На юге, в Гоби, по мере продвижения в пустыню, все более отчетливо формируется щебнисто-гравийный панцирь в результате выдувания мелкозема или вымывания его струями дождевых потоков из поверхностного слоя почв (Юнатов, 1950).

Значительное различие климатических условий на севере и юге, а географическое расположение обуславливают самобытный и весьма разнообразный характер природных ландшафтов, почв и растительности (Иметхенов, 1997). Разнообразие ландшафтов из-за своеобразия рельефа часто смешиваются друг с другом и могут в чистом виде не встречаться. Изучаемая территория находится на стыке трех крупных геоботанических областей: Евроазиатской таежной (хвойнолесной), Евроазиатской степной и Афро-Азиатской пустынной (Лавренко, 1978; Лавренко и др., 1991; Lavrenko, Karamysheva, 1992; Намзалов, 1994) и с севера на юг проходит через основные зонально-поясные типы растительности: горно-таежный, горно-лесостепной пояса и степную, пустынно-степную и пустынную зоны.

Горно-таежная зона располагается выше пояса горных степей и лесостепи. На территории трансекта она занимает довольно большие пространства к востоку и западу от центрального водораздела и не образует сплошной полосы, а встречается в сочетании со степями, образуя горную лесостепь. Пояс горных степей и лесостепи занимает сравнительно небольшую площадь по предгорьям и нижним частям склонов до высоты 900 – 1000 м. Лесостепь характеризуется своеобразным сочетанием лесных и степных

пространств, строго приуроченных к определенным формам рельефа. Леса занимают горные склоны северных и северо-западных экспозиций, степные же пространства приурочены к грядово-сопочным массивам, широким долинам, а также склонам гор южной экспозиции. В широких аридных долинах и межгорных котловинах степи являются господствующим типом растительности, тогда как леса оттеснены на теневые склоны возвышений, либо с подходящими эдафическими условиями. Такой ландшафт представляет собой так называемую экспозиционную лесостепь. Разнотравно-злаковые, злаково-разнотравные и разнотравно-осоковые горно-луговые степи в предгорных, низкогорных и среднегорных массивах чередуются с остепненными лугами и осветленными лиственничными лесами. Южнее пояса горных степей залегает зона степей. В степях господствуют более или менее ксерофильные, микротермные (переносящие суровую зиму), многолетние дерновинные растения, преимущественно злаки, реже – осоки и луки. Помимо крупнодерновинных ковылей, характерно обильное развитие мелкодерновинных степных злаков. Господствующие степные формации – крыловоковыльная (*Stipa krylovii*), выраженная ее псаммофитным вариантом – кустарниковыми караганово-крыловоковыльными степями (*Stipa krylovii*, *Caragana microphylla*) и ленскотипчаковая (*Festuca lenensis*), связанная только с каменистыми и щебнисто- каменистыми южными склонами, и вершинами отдельных гор. Широкую полосу в центральной части субмеридионального трансекта в пределах Среднехалхаских волнистых равнин формируют дерновиннозлаковые сухие степи. Южнее они сменяются дерновиннозлаковыми и полукустарничково-дерновиннозлаковыми опустыненными степями, которые являются переходными типами между сухими и пустынными степями Монголии. Южная граница степной зоны совпадает с северной границей Гоби, где степи испытывают сильное и прогрессирующее влияние центральноазиатской пустыни и развиваются крайне своеобразные по структуре и облику пустынные степи. Здесь обычно господствуют низкотравные и мелкодерновинные ковыльки. Пустынный тип растительности на изучаемом трансекте представлен полукустарничково-дерновиннозлаковыми и кустарниково-дерновиннозлаковыми пустынными степями.

Таким образом, указанные особенности климата и почвенного покрова, а также состав флоры, развивавшейся в течение продолжительного времени в условиях аридности оказывают решающее влияние на формирование фитоценозов.

## ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### Состояние изученности степей Центральной Азии

История изучения степей Центральной Азии затрагивает период более 150 лет. За это время изучению степной растительности было посвящено множество работ русских и монгольских ученых ботанико-географического профиля. Учитывая направление данной работы, основное внимание уделим работам геоэкологического и геоботанического плана. Среди них имеются как более частные работы, посвященные отдельным сравнительно небольшим участкам, так и обобщающие, так или иначе охватывающие всю территорию нашего исследования. Базируясь на опубликованные сведения географического, экологического и ботанического характера, историю исследования степной растительности можно разделить на несколько этапов. Каждому этапу характерны свои направления, задачи, методы и результаты исследований.

Первый этап характеризуется систематическими и крупномасштабными исследованиями Центральной Азии. В конце XIX – начале XX века первые сведения о характере растительности были даны в комплексных отчетах широко известных академических экспедиций с участием Н.М. Пржевальского, Г.Н. Потанина, М.В. Певцова, В.И. Роборовского, П.К. Козлова, И.Г. Гмелина, Г. Радде, П.С. Палласа, Н.С. Турчанинова и др. В их описаниях можно найти сведения о природных особенностях страны, в том числе и о растительности. За годы работ они изучили огромную территорию. На первых этапах главным методом работы были маршрутные исследования, а научные труды носили в основном общий описательный характер – в виде опубликованных записок и дневников, и давали весьма приближенное представление о растительности, хотя и имели несомненную ценность. После первых путешественников, исследователи обратились к специальному изучению степной растительности. В этот период начинается изучение флоры и растительности отдельных районов специалистами-ботаниками. Они больше обращали внимание на флору, ограничиваясь краткими и общими описаниями растительного покрова.

Сбор гербарных коллекций и описание растительности проводились многими поколениями русских и советских исследователей Центральной Азии такими, как П.Н. Крылов, И.В. Палибин, В.Л. Комаров, В.В. Сапожников, Г.Е. Грумм-Гржимайло. В этот период вышли в свет интересные работы В.И. Смирнова (1913), М.Ф. Короткого (1912), И.В. Ларина (1916) и др. Эти работы касаются узкого круга вопросов и охватывают относительно небольшую территорию.

В начале XX века большой материал собран в ходе экспедиций, организованных Переселенческим управлением. Экспедиции отправлялись в различные районы страны. Из работ этого периода, посвященных описанию степей, следует упомянуть труды Н.И. Кузнецова (1910), И.М. Крашенинникова (1910), А.Н. Криштофовича (1911), В.Н. Сукачева (1912) и др. Результаты их исследований во многом устарели, однако не утратили своего научного значения. Эти материалы помогли составить довольно отчетливое представление об общем характере растительного покрова, но исследования не затрагивали такие вопросы, как хозяйственное использование растительности, сезонная и многолетняя изменчивость фитоценозов, смены растительного покрова под влиянием различных факторов.

Планомерное и системное изучение растительного покрова Забайкалья и Монголии началось с 1930-х годов. Интенсивные исследования степной растительности проводились как маршрутными, так и стационарными методами. Первые стационарные исследования были проведены в 1948–1951 гг. А.В. Калининой (1954, 1974). В 1958–1961 гг. полустационарные исследования сенокосов и пастбищ в различных зонах Монголии проводил Ю.М. Мирошниченко (1964). Изучение естественных кормовых угодий продолжалось и позднее как монгольскими, так и советскими ботаниками: Н.В. Павловым (1929), В.И. Барановым (1932), Н.Б. Болодон (1939), М.И. Назаровым (1936), В.Ф. Дягилевым (1937), А.А. Юнатовым (1954), Ц. Даваажамц (1954), Очир Ж. (1965), Д. Банзрагч (1970), Б.Дашням (1986), и др.

Большая роль в изучении растительности принадлежит А.А. Юнатову. Он выполнил первое цельное описание степной растительности и геоботаническое районирование. Им были выявлены важнейшие особенности растительного покрова Монголии, состав и структура классификационных единиц растительности (типов, формаций, важнейших ассоциаций), связи с условиями местообитания и др. Он уделил также большое внимание хозяйственной характеристике естественных кормовых угодий (урожайности, сезонности использования, пригодности для различных видов скота).

Период интенсивных ботанических исследований Забайкалья начался в 50-х годах. Были осуществлены широкие натурные маршрутные и экспедиционные исследования, организованные комплексными экспедициями АН СССР и другими ботаническими учреждениями. Так, большие работы по изучению кормовых угодий Бурятии были предприняты Советом по изучению производительных сил (СОПС). В итоге этих исследований появились многочисленные статьи и монографии, в которых более или менее детально характеризуется степная и луговая растительность (Гудошников, 1957; Назаров, 1936; Галактионов, 1959; Горшкова, 1966; Рещиков, 1958; Самойлова, 1957; Климова, 1965; Бузыкин, 1969; Пешкова, 1985; и др.).

Во все периоды исследования растительного покрова России и Монголии большое внимание уделялось картографированию степных экосистем или их отдельных компонентов. В той или иной степени, этому посвящены работы И.А. Цаценкина (1952), Т.И. Исаченко (1965, 1969), В.Б. Сочавы (1967), А.А. Юнатова (1974), Б.Б. Намзалова (1991), Е.А. Востоковой и П.Д. Гунина (1997), Г.Н. Огуреевой и др. (2011), В.М. Плюснина и др. (2011) и других исследователей. В этих исследованиях были разработаны научные основы картографирования процессов деградации и прогноза состояния травяного покрова степных, полупустынных и пустынных ландшафтов. В изучении степной растительности Забайкалья большую роль сыграли как стационарные, так и маршрутные работы, осуществленные Институтом географии Сибирского отделения АН СССР, которые завершились созданием нескольких мелкомасштабных карт растительности и монографическим обобщением (Сочава, 1967; карта растительности юга восточной Сибири под редакцией А.В. Белова, 1967; карты природы, населения и хозяйства юга Восточной Сибири, 1972). Все эти исследования дали много нового для познания общих ботанико-географических закономерностей распределения степной растительности, а также ее типологии и экологии. Существующие для территории России обзорные научно-справочные картографические продукты имеют большое значение для геоботанического прогнозирования. Однако большинство из них имеет давний срок составления и не передает актуальное состояние растительного покрова или имеют относительно ограниченный масштаб.

На протяжении многих лет экосистемы степной зоны претерпевали изменения под совокупным воздействием природных и антропогенных факторов. Поэтому, важнейшей задачей стало регулирование взаимоотношений природы и общества, ее охрана и рациональное использование. Геоэкологические исследования степей активно развиваются со второй половины XIX века, большое внимание уделяется вопросам динамики и взаимоотношений компонентов степных ландшафтов, продуктивности степей, экологическим особенностям и оптимизации нарушенных геосистем. Изменению природы степных ландшафтов посвящены работы современных ученых (Исаченко, 1980; Снытко, 1976; Мордкович, 1982; Казанцева, 1988; Чибилев, 1998; Тишков, 2003; Красноярова, 2012; Брагина, 2013 и др.). Значительное внимание также уделяется методам комплексных исследований в целях рационального использования природных ресурсов и охраны природы.

Среди сводных обобщающих работ, посвященных геоэкологическому представлению о степях можно отметить монографии В.Г. Мордковича (1982), А.А. Чибилева (1998), В.А. Николаева (1999).

Мордкович В.Г. внес большой вклад в изучение сибирских и центральноазиатских степных экосистем. Его работы затрагивают вопросы происхождения и эволюции степей, а также их тесного взаимодействия и влияния друг на друга. Труды Николаева В.А. посвящены природно-антропогенным ландшафтам азиатских степей и сухих степей и полупустынь Прикаспийской низменности. При изучении таких природных систем, он учитывает их морфологическую структуру. Им много сделано в познании характера изменения естественных геосистем под различным, особенно сельскохозяйственным воздействием. Основатель ландшафтно-экологического направления в степеведении – Чибилев А.А. рассматривает разносторонние аспекты истории геоэкологических исследований степных экосистем, разрабатывает концепции оптимизации ландшафтов степной зоны. Он является одним из основоположников современной ландшафтной степеведческой школы.

Приоритетам сохранения биоразнообразия степей России посвящены работы А.А. Тишкова (2003). В целях оптимизации природопользования он предложил десять приоритетов сохранения биоразнообразия степей России: «1. Экологизация аграрного производства, которое должно быть сконцентрировано, и оптимизация землепользования, которое должно быть исключительно дифференцированным; 2. Создание экономических и социальных стимулов для экологизации аграрного хозяйства; 3. Широкомасштабная экологическая реставрация; 4. Поддержка традиционных форм степного сельскохозяйственного производства (Чибилев, 1992); 5. Создание региональных экосетей как обеспечение практики повсеместности охраны природы в староосвоенных регионах; 6. Проведение масштабной экономической оценки степных земель; 7. Реальное включение степных регионов в международную и национальную систему донорской поддержки на основании учета «экосистемных услуг»; 8. Интеграция природоохранной деятельности стран (Россия, Казахстан, Монголия, Китай) в пределах Евразийского Степного коридора, которая обеспечит взаимодополняемость их национальных экосетей и объединение Панъевропейской и Центрально-Азиатской экосети; 9. Обеспечение комплексного управления степными экосетями на региональном уровне; 10. Вовлечение местного населения в действия по сохранению природы» [С. 50].

Современное состояние степей рассматривается в работах Дамбиева Э.Ц. Он изучал закономерности антропогенизации степных геосистем для оптимизации и сохранения окружающей природной среды и сбалансированного взаимодействия природы и хозяйства региона, провел природное районирование территории Республики Бурятия, рассмотрел генетические особенности межгорных котловин как центров формирования степных ландшафтов, изучил процессы антропогенных видоизменений степных геосистем и их

антропогенные модификации.

В целом рассмотренные исследования внесли фундаментальный вклад в изучение природных режимов степей, структуры, динамики и развития ландшафтов, а также в разработку методики составления геоэкологических прогнозов.

Огромный вклад в познание общих закономерностей растительного покрова этой обширной территории внесли ученые, трудившиеся в Совместной российско-монгольской комплексной биологической экспедиции Российской академии наук и Академии наук Монголии, ранее Академии наук СССР и МНР, являющейся в настоящее время самой крупной наземной международной биологической экспедицией в мире. Результатом этой беспрецедентной совместной полувековой работы являются около 6500 работ, изданных на русском, монгольском и английском языках, а также около 100 внесерийных монографий и тематических сборников. Основной задачей экспедиции является изучение животного и растительного мира с целью разработки рекомендаций по рациональному использованию и охране биологических ресурсов.

Совместной экспедицией с конца 1980-х гг. целенаправленно проводится выявление процессов трансформации, в том числе деградации, природно-территориальных комплексов, почв и растительности, связанных с хозяйственной деятельностью. Воздействие социально-экономических условий на современное состояние природной среды неоднократно отмечалось многими исследователями как ранее, так и в последние годы (Исаченко, 2005; Гунин, Микляева, 2000; Динесман и др., 2005). Геоботаническое описание, оценка экологического состояния природных систем и пути оптимизации пастбищной нагрузки Монголии и отчасти Забайкалья даны в трудах многих отечественных и зарубежных ученых (Калинина, 1954, 1974; Рещиков, 1961; Мирошниченко 1964, 1967; Очир, 1965; Дашням, 1966; Лобанова, 1971; Горшковой и Лобанова, 1972; Калинина, 1974; Чогний, 1977, 1988, 2001; Савченко, 1992; Цэрэндаш, 1998; Мандах Б., 1999; Бажа и др., 2008; Микляева, Факхире, 2004; Гунин, Микляева, 2006; Данжалова, 2008; Уртнасан и др., 2013; Мандах У., 2015 и др.).

В последнее время проблема оптимизации и рационального природопользования в степях анализируется не только на уровне конкретной страны или региона, а носит международный характер, что связано с общностью вопросов по охране степных экосистем. При этом, для каждой отдельной территории степных регионов характерны свои особенности проблемы природопользования.

Большой вклад в познание степной растительности внесли ученые из Польши, Чехословакии и Германии, работавшие с ботаниками Монголии начиная с 60-х годов XX века. Немецкие геоботаники получили существенный результат по классификации степной

растительности Монголии, обобщенные данные, были опубликованы в монографии V. Hilbig (1995).

В последние годы международные исследования уделяют больше внимания вопросам касающихся природных и социально-экономических аспектов, сфокусированных на территории Монгольского плато (John et al., 2013, Sneath, 1998). Стихийные бедствия, такие как дзуд, пыльные бури, опустынивание и эрозия почвы угрожают выживанию скотоводов и их стад (John et al., 2013, Mu et al., 2013). К сожалению, большинство исследований сосредоточено в основном на одном аспекте или опираются на краткосрочные данные. В то время как было проведено много исследований, описывающих растительность, видовое разнообразие, влияние засух и экстремальных зим, относительно мало исследований посвящено уязвимости степей в условиях климатических изменений и антропогенных нагрузок (Hilker et al. 2014; Chen et al. 2015).

Таким образом, на протяжении нескольких веков учёные разных стран накапливали материал по степной растительности Южной Сибири и Центральной Азии – от беглых заметок и гербарных сборов путешественников до детальных ботанических и геоэкологических исследований, постоянно расширяли и уточняли сведения об основных природных особенностях степной зоны. Число публикаций о степной растительности велико, но в то же время вопросы углубленного изучения и оценки антропогенного воздействия и климатических изменений с позиций анализа долговременных состояний экосистем с использованием аэрофото- и космоснимков затрагивались учеными в гораздо меньшей степени.

## **2.2. Теоретико-методологические основы геоэкологических исследований**

Для оценки современного состояния экосистем и дальнейшего составления рекомендаций и мер в целях оптимального природопользования и охраны окружающей среды важна информация о структуре экосистем, внутренних взаимосвязях, динамике и процессах, протекающих в природных комплексах под воздействием природных и антропогенных факторов. Среди процессов, протекающих в природных комплексах, можно отметить такие, как динамика и трансформация.

Существует много определений понятию динамика ландшафтов. Например, Ф.Н. Мильков (1986) под динамикой подразумевает «функциональные, пространственные и структурные изменения, происходящие в природно-территориальном комплексе» [С. 180]. По определению Реймеса (1990) динамика – «изменение ландшафта во времени, связанное, главным образом, с переменами в состоянии средообразующих компонентов» [С. 41]. В.Б. Сочава (1978) определяет динамику как смену состояний геосистем в границах одного

инварианта (вертикальной, горизонтальной и временной структуре). Таким образом, под динамикой понимают обратимые изменения состояния природных систем в пространстве и во времени, не приводящие к их качественному преобразованию. К таким постепенным динамическим изменениям природных комплексов относятся серийные ряды фаций, смены состояний, сукцессии. Они могут быть вызваны как естественными (автогенными, аллогенными) причинами, так и причинами антропогенного происхождения и носить характер как дигрессивных, так и демулационных процессов. Трансформация, в отличие от динамики, представляет собой необратимые изменения ландшафтов, создание нового качества, их структурное преобразование.

В степной зоне, где находятся основные массивы земледельческих и пастбищных территорий процессы динамики и трансформации особенно актуальны. Для оценки степени воздействия естественных и антропогенных факторов на природную среду и их своевременного предупреждения необходим геоэкологический анализ, т.е. комплексное географическое исследование природных и природно-антропогенных территорий различного уровня с упором на систематизацию и характеристику природных объектов, а также оценку их антропогенных преобразований, имеющих экологическое значение для человека и его жизнедеятельности (Кочуров и др., 2009).

Ввиду неизбежной антропогенной преобразованности природной среды геоэкологические исследования в последнее время становятся все более масштабными и актуальными на всех уровнях организации геосистем. При этом современные методы геоэкологического анализа недостаточно разработаны и общепринятой методики оценки состояния территории пока не существует, поскольку проблема оптимизации взаимодействия человека и природной среды носит комплексный характер. В связи с этим, возникает необходимость проведения геоэкологической оценки и мониторинга состояния территорий на основе комплексного междисциплинарного подхода, когда объекты природной среды рассматриваются в системе различных аспектов – экологических, географических, биологических и т.д. Синтез интегрированных из смежных наук подходов и приемов создает основу для разработки методов комплексного мониторинга состояния геосистем. При этом каждая из задач такого мониторинга в теоретическом и методическом плане имеет свою специфику, находится в тесной взаимосвязи между собой и опирается на уже имеющийся опыт научных исследований.

В качестве индикатора условий окружающей среды и экологических факторов при оценке состояния экосистем в настоящее время широко используют растительный покров. Из всех компонентов экосистемы растительность является наиболее доступной для наблюдений и быстро реагирует на различные внешние воздействия, а при условии

превышения некоторого порогового уровня устойчивости претерпевает трансформацию. Таким образом, в качестве вспомогательных методов геоэкологический смысл имеет применение подходов фитоиндикации, которая является оптимальным и активно развивающимся направлением оценки природной среды. Фитоиндикационно-геоэкологический анализ динамики геосистем (Гусев, 2010) направлен на изучение пространственно-временных изменений их состояния, которые отражаются в комплексе показателей растительного покрова (флористический состав, проективное покрытие, обилие, вертикальная и горизонтальная структура, продуктивность и др.). Методы фитоиндикации выступают инструментом геоэкологического анализа и оценки, дополняя его и решая определенный, достаточно обширный круг задач.

В результате природных и антропогенных воздействий на растительность фитоценозы становятся в той или иной степени преобразованными, что выражается в их структуре и видовом составе.

Одним из наиболее распространенных методов анализа состояния окружающей среды по составу и структуре растительных сообществ является фитоценотический метод. Он представляет собой комбинированное использование: а) классификации растительности (сининдикация, в которой в качестве индикаторов выступают синтаксоны ассоциации, формации и т.д.); б) экологических шкал; в) методик изучения растительного континуума.

Для упорядочивания и систематизации массива данных геоботанических описаний в единую общую схему необходимо проведение классификации растительности, которая носит и практическое значение

Практическая ценность используемого подхода выражается в процессе создания карт – объем основных синтаксонов меньше по сравнению с эколого-флористическим подходом, что дает возможность для более содержательного анализа при крупномасштабном картографировании.

На основе классификации растительности можно проследить сукцессионный процесс становления и формирования флороцено типов на фоне эволюционного развития биоразнообразия (Сафаров, 2017). Классификационная схема растительного покрова выступает чаще не как конечная цель, а как средство для ряда других исследований. Без типологического классификационного построения не обходится ни одна картографическая работа по растительности. Трудности при построении классификации возникают в силу континуальности растительного покрова и различий в составе растительных сообществ разных типов. Ввиду того, что растительные сообщества являются сложными многомерными системами, отдельной задачей является выбор классификационных признаков. На основе ведущих признаков, на которых базируются классификационные

схемы, выделяются основные направления: физиономическое, фитотопологическое, динамическое, флористическое, эколого-фитоценоотическое.

Несмотря на различия между существующими подходами классификации растительности, все они основаны на использовании признаков самой растительности, ее характеристиках и в большинстве случаев они служат дополнением друг другу. При эколого-фитоценоотическом способе выделяются виды-доминанты и субдоминанты; при фитотопологическом методе определяют значения факторов среды в сообществе опосредованно, через присутствие или значения обилия видов; флористический подход учитывает практически весь ботанический состав.

Выбор классификационных критериев осуществляется исходя из задач, которые ставит перед собой исследователь. В данной работе кроме инвентаризации фитоценоотического разнообразия и определения его характеристик стояла задача отражения его пространственного распределения с использованием данных дистанционного зондирования, что накладывало определенные требования к выбору классификационного подхода – выделение синтаксонов должно происходить по признакам состава и структуры растительности. Разработанная нами классификация является эколого-фитоценоотической доминантно-детерминантной (Василевич, 1985; 1995; Грибова и др., 1988). Она дополняет новыми данными классификационные схемы других исследователей. Главной особенностью классификации является выделение групп дифференциальных видов, отражающих экологические особенности растительных сообществ. Преимущество подхода заключается в простоте, наглядности и удобстве использования в натурных исследованиях, а также в том, что кроме видового состава учитывают и структурные признаки сообществ (ярус, проективное покрытие и т.д.), отражающие биофизическое состояние, что является необходимым при дешифрировании (Беляева, 2018). Единицы данного подхода дают представление о современном состоянии сообществ на определенной стадии сукцессии, а синтаксоны эколого-флористической классификации – отражают потенциально возможный состав растительности, свойственный территории. Из всех вышеприведенных преимуществ вытекает прикладная ценность подхода, выражающаяся, в частности, в картографировании – объем основных синтаксонов меньше по сравнению с эколого-флористическим подходом, что дает возможность для более содержательного анализа при крупномасштабном картографировании.

В настоящее время для оценки индицируемости градиентов разработаны количественные методы, которые позволяют оценить, насколько экологический фактор среды значим для варьирования растительности. К таким методам относится ординационный анализ (прямой, не прямой), целью которого является установление

отношений характеристик сообществ к градиентам условий среды. Ординация на основе данных о видовом составе позволяет в графическом виде отобразить существующие зависимости между экологическими факторами и составом растительности. Непрямая ординация показывает изменение видового состава вдоль некоторой абстрактной оси, основанной на анализе сходства и несходства растительности. Оси ординации не всегда несут в себе ясный биологический смысл, и задачей исследователя становится найти те экологические факторы, которые максимально коррелируют с построенными осями. Прямая же ординация отображает изменение видового состава вдоль выбранного и определенного исследователем экологического фактора (влажности, богатства почв, высоты над уровнем моря и т.д.). Получить данные об условиях среды не всегда просто, т.к. это требует многократных измерений, например, единовременный учет влажности в одном из почвенных горизонтов не даст представления о динамике этого фактора, а состав растительности отражает именно такую динамику. Поэтому большую популярность приобретает метод оценки условий местообитания растений на основе экологических шкал. Индикационные экологические шкалы хотя и не заменяют полностью прямые инструментальные измерения различных условий среды, но альтернативны им. Выбор той или иной шкалы зависит от стоящих перед исследователем задач и района работы. Чаще всего проводится ординация по факторам увлажнения и богатства-засоленности почв. Согласно принципу регионализма, следует пользоваться шкалами, специально разработанными для региона, в котором изучаются виды растений.

Кроме того, с помощью ординационных методов можно определять не только экологические условия местообитания растительных сообществ, но и оценивать составленную классификацию и типологию растительности; учитывать характеристику изменений условий местообитания при динамике растительности — флуктуациях и сукцессиях, а также вести учет средообразующего воздействия растительности (Раменский и др, 1956).

Таким образом, фитоиндикационно-геоэкологический анализ дает возможность изучения долговременной динамики геосистем, создания информационной базы для дальнейшей интерпретации результатов дистанционных исследований, использования экологических критериев (связанных с биоразнообразием, устойчивостью, продуктивностью геосистем) для оценки напряженности геоэкологических ситуаций.

Фитоиндикационные методы дополняют друг друга, а совместное их использование позволяет решать необходимые задачи в рамках геоэкологического анализа.

При геоэкологической оценке последствий природопользования ключевым моментом является анализ антропогенного воздействия на экосистему. В процессе

хозяйственного использования природной среды человек оказывает на нее воздействие, которое может иметь для общества положительные или отрицательные последствия. Для регистрации таких изменений используются подходы эколого-биологической оценки состояния экосистем, где рассматриваются либо степень антропогенной нарушенности всей экосистемы в целом, либо степень деградации отдельных компонентов.

Согласно А.Г. Исаченко (1980) все разнообразие приемов оценочных исследований сводится к двум наиболее общим категориям: оценки качественные и количественные. В качестве оценочных критериев состояния экосистем по растительности выделяют следующие качественные и количественные показатели: общее проективное покрытие, количество надземной фитомассы сообществ, флористический состав, структура травостоя (доля участия различных групп растений в сложении общих значений проективного покрытия), биофизические параметры, выпадение или снижение продуктивности кормовых видов, внедрение сорных видов.

Предварительную оценку современных экосистем можно осуществить непосредственно при проведении полевых наблюдений, отмечая состояние компонентов природной среды и присвоить им ту или иную балльную оценку степени нарушенности. Однако окончательное суждение о состоянии экосистемы производится уже в камеральных условиях на основе проведенного экологического анализа и интегральной оценке всех компонентов экосистемы и критериев их состояния.

При анализе состояния экосистем большое внимание должно быть уделено их пространственному анализу на основе картографических методов. Актуальный растительный покров, находясь на разных сукцессионных стадиях и образуя звенья экологических рядов, образует сложную мозаичную пространственную структуру. Для представления современного состояния экосистем и представления информации об экологической обстановке активно используют экологическое картографирование (Трофимов, 2001; Огуреева и др., 2010). После разработки карт современных экосистем, на основе качественной эколого-биологической оценки, проводимой в камеральных условиях, составляют оценочные карты – карты антропогенной нарушенности. Они отражают компоненты и элементы природной среды, находящихся в той или иной степени нарушенными (Авессаломова, 1992). Оценка выполняется для каждого выдела базовой карты. Собственно, выраженная в баллах шкала оценки состояния экосистем и является легендой к таким картам. Таким образом, карта антропогенной нарушенности экосистем является результатом тщательного географического и экологического анализа каждого контура, а также итогом покомпонентной и интегральной оценки состояния экосистем.

Исходя из цели исследования, а также рассмотренных подходов и методов, комплексную оценку геоэкологического состояния степных экосистем территории исследования в данной работе можно разделить на несколько этапов: 1) классификация растительности на основе эколого-фитоценотического доминантно-детерминантного принципа с целью систематизации и обобщения разнообразия степных сообществ и отражения их сукцессионной стадии; 2) ординационный анализ, для определения экологически значимых факторов среды, определения диапазона и экологической принадлежности растительных сообществ; 3) картографическая интерпретация пространственной структуры растительного покрова; 4) оценка воздействия природных и антропогенных факторов на геоэкологическое состояние экосистем и степень нарушенности.

Применение таких дифференцированных подходов к оценке состояния ландшафтных комплексов позволяет объективно оценивать сложившуюся ситуацию. Они сопоставимы и взаимно дополняют друг друга.

### **Методы исследований**

В представленной работе использован комплексный подход к анализу растительного сообщества, подразумевающего синтез натуральных полевых описаний, данных, полученных с помощью БПЛА и разновременных космических снимков. Такой подход, на наш взгляд, выгодно отличается от методов исследований предыдущих естествоиспытателей. Различный уровень генерализации, присущий каждой из трех ступеней мониторинга, позволяет с максимальной степенью достоверности дешифровать данные ДЗЗ, классифицировать объекты и происходящие процессы (Бедарева, 2006; Шевырнов, 2016). Это дает возможность получить достаточно репрезентативные результаты, которые позволяют оперативно оценить состояние растительности на обширных территориях.

#### ***Полевые данные***

В работе использованы материалы исследований, собранные автором с 2015 по 2019 гг. в результате летних экспедиционных выездов. При проведении полевых работ использовались стандартные методы геоботанических исследований (Вальтер, Алехин, 1936; Краткое руководство..., 1952; Быков, 1957; Ярошенко, 1961; Полевая геоботаника, 1972; Работнов, 1983). Исследования проводили маршрутно-рекогносцировочным и детально-маршрутным методами. При сборе оригинальных данных маршруты были организованы так, чтобы было максимально охвачено разнообразие степных фитоценозов территории исследования. За период исследования на 5 модельных полигонах было выполнено 260 полных геоботанических описаний с географической привязкой,

полученной с использованием портативного GPS-навигатора. Описания проводились на стандартных пробных площадках, которые для степной растительности составляют 10 x 10 метров. При описании каждой площадки в полевом дневнике фиксировались следующие данные: общая характеристика рельефа, условия увлажнения, особенности субстрата, общее проективное покрытие всего травостоя и отдельных видов, флористический состав, фенологические фазы, характеристика мохового и лишайникового яруса, кроме того, были указаны замеченные следы жизнедеятельности животных, а также вид и степень проявления антропогенного воздействия. Дополнительно выполнено около 100 сокращённых маршрутных описаний, включающие общую информацию об экспозиции и крутизне, элементах мезорельефа, основных доминантах и общем проективном покрытии, а также примечания и фотографии. При описании пробных площадок в некоторых случаях отражали крупномасштабные паланы, включающие вертикальную и горизонтальную структуру растительного сообщества. Помимо описаний пробных площадок, были заложены трансекты длиной от 3 до 16 км, пересекающие модельный полигон в различных направлениях. Описания по трансекту сопровождалась зарисовкой общего профиля. Также проведены описания почвенных разрезов, укусы надземной фитомассы. Это вспомогательные материалы, которые были использованы для получения общего представления о сообществах и сопоставления с уже имеющимися данными.

Определение видов сосудистых растений проводили непосредственно в поле; виды, вызывающие сомнения, гербаризировали и определяли уже в камеральных условиях. В качестве основных сводок для определения видов сосудистых растений использовали следующие: «Флора Сибири» (1987–2003), «Флора Центральной Сибири» (2 тома, 1979), «Конспект флоры Сибири» (2005), «Сухие степи Монгольской Народной республики» (1984, 1988), «Растения Центральной Азии» (1963–1997). Также были использованы определители растений Бурятии и Монголии. Общее проективное покрытие определялось глазомерно и выражалось в процентах от размера всей пробной площади. При описании мохового и лишайникового покрова ограничивались определением видовой принадлежности и долей участия. Все названия видов растений сверены по спискам С.К. Черепанова (1995).

Анализ жизненных форм (биоморф) растений основан на подходах И.Г. Серебрякова (1962). Ареалогический анализ флоры проведен по литературным источникам. В основу выделения поясно-зональных групп положены принципы, представленные в работах Л.И. Малышева и Г.А. Пешковой (1984), Б.Б. Намзалова (1994) и др. Экологические группы выделялись по традиционным принципам (Шенников, 1950; Горышина, 1979), основанным

на учете отношений растений к водному режиму почв (ксерофиты, мезоксерофиты, ксеромезофиты, мезофиты).

Для определения надземной фитомассы был использован метод укосов. Для этого с площадки в 1 м<sup>2</sup> срезали весь травостой на уровне почвы, разбирали по видам, и каждый вид взвешивали отдельно в свежем и воздушно-сухом состоянии.

Для количественной обработки данных проведено ранжирование описаний с целью составления флористически однородных групп для дальнейшего синтаксономического анализа. Сходство видового состава сообществ модельных полигонов определялось по коэффициенту сходства Жаккара (KJ), который вычисляется по формуле:  $KJ = NA+B / (NA+NB - NA+B)$ , где NA+B – число общих видов в сравниваемых описаниях А и В, NA и NB – число видов в каждом из описаний (Миркин, Розенберг, 1978).

С помощью экологических шкал растений, разработанных для Сибири и Дальнего Востока (Королюк и др., 2006) на основе подходов Л.Г. Раменского и др. (1956), методами ординации определены экологически значимые факторы среды, отвечающие за разнообразие и структуру растительности исследуемой территории. Для анализа пространственной структуры и оценки состояния растительности помимо данных полевых исследований были использованы данные ДЗЗ.

#### *Данные дистанционного зондирования Земли*

С развитием современных технологий изучение и мониторинг растительности с помощью данных ДЗЗ является актуальным и перспективным методом. Использование данных дистанционного зондирования Земли обусловлено возможностью оперативного получения исходной информации при максимально объективном отражении действительности. За счет регулярного обновления и единовременного отражения больших территорий космоснимки содержат разнообразную актуальную информацию.

В последние годы изучение растительности на основе дистанционных данных приобретают большую актуальность, так как существующих традиционных методов недостаточно для мониторинга состояния растительного покрова обширных территорий. Методы ДЗЗ активно используют для оценки растительной биомассы благодаря способности получать разновременную информацию в локальном, региональном и глобальном масштабе при относительно низких затратах (Claverie et al., 2012, Ene et al., 2018). Космические снимки применяются в изучении разных типов растительности, в том числе, степных и пустынных сообществ (Ткачук, 2012; Владимиров и др. 2016; Мячина 2014; и др.). С использованием спутниковых данных проводятся исследования, направленные на оценку продуктивности регионального и глобального масштаба (Куссуль Н.Н. и др., 2012; Жукова Е.Ю. и др., 2019; Бекмухамедов Н.Э. и др., 2013). Кроме того,

методы ДЗЗ применяют в целях экологического картографирования и оценки антропогенных изменений экосистем (Виноградов, 1984; Востокова, 1983; и др.). Так, например, для территории Монголии с использованием космоснимков разработаны: серия ресурсных карт (1989), карта экосистем (1995) в масштабе 1:1000000; составлены карты экосистем и их антропогенного нарушения в масштабе 1:500000 на Российскую и Монгольскую части бассейна р. Селенги, которые служат базой для целей мониторинга состояния экосистем (Востокова, Гунин, 1997). Тем не менее, как отмечают Востокова и др. (2004) «... на данном этапе для решения задач рационального природопользования в конкретных субъектах Российской Федерации и их районах (в Монголии соответственно – аймаках и сомонах) необходимы карты более крупного масштаба» [С. 103].

Для исследования растительности широко применяют космоснимки спутников Landsat с 30-метровым разрешением, доступные на сайте Геологической службы США [www.glovis.usgs.gov](http://www.glovis.usgs.gov). В данной работе мы использовали космоснимки спутников Landsat 5 (TM) и Landsat 8 (OLI). Снимки Landsat 8 имеют 9 спектральных каналов, из которых 7 близки к каналам сенсоров Landsat 7 и Landsat 5, что обеспечивает совместимость с полученными ранее космоснимками. Важным преимуществом спутника Landsat является покрытие снимками каждые 16 дней, а также достаточно большой размер сцены (185 на 185 км). При дешифрировании мы использовали комбинация каналов 7:4:2 для Landsat 5 и комбинация каналов 7:5:3 для Landsat 8. Эти комбинации дают изображение близкое к естественным цветам, при этом состояние и тип растительности хорошо отделяются друг от друга.

4 декабря 2015 года Европейское космическое агентство объявило об открытии данных со спутников Sentinel-2. Преимуществом съемочной системы Sentinel-2 является высокое разрешение (13 спектральных каналов) и большой территориальный охват (от 10 до 60 м) с периодичностью съемки 5 дней на экваторе и каждые 2–3 дня в средних широтах. Несмотря на выгодные отличия от Landsat, спутники Sentinel-2 были запущены только 23 июня 2015 г. (Sentinel-2A) и 7 марта 2017 г. (Sentinel-2B). Таким образом, относительно небольшой архив данных не позволяет провести ретроспективную оценку на десятки лет.

Другие свободно доступные на момент исследований данные: снимки спутников Terra (с 18 декабря 1999 г.) и Aqua (с 4 мая 2002 г.) с установленной камерой MODIS. Сенсоры этих спутников обеспечивают очень высокое временное разрешение – до 4 снимков в день. Изображения, получаемые с данных систем, имеют низкое пространственное разрешение (250 – 1000 м), но они пригодны для построения непрерывных временных рядов и оценки динамики растительного покрова в региональном и глобальном масштабе.

Спутники серии NOAA с сенсором AVHRR имеют низкое пространственное разрешение (1/12 градуса – около 8 км/пиксель), но широкий временной диапазон. Они функционируют с середины 70-х годов XX века. Накопленный массив данных со спутников широко применяют при изучении климатических изменений и деградации природной среды.

Несмотря на широкое применение спутниковых данных, они имеют низкое пространственное и временное разрешение, что сокращает точность извлечения информации о растительности с небольших площадей (Dorji and Fearn, 2017). Промежуточное положение между наземной и спутниковой (аэрокосмической) съемкой в целях локального мониторинга территорий по критерию «эффективность – стоимость» занимает съемка на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), обеспечивающая проведение работ на сверхмалых высотах и не зависящая от атмосферных условий. В работе использованы данные аэрофотосъемки, выполненной при помощи радиоуправляемого БПЛА DJI Mavic Pro. Ценная информация о растительности может быть извлечена из аэрофотоснимков с помощью визуальной интерпретации, но для дальнейшего применения требуется анализ цифровых изображений. Поэтому распространенным, эффективным и простым способом автоматического извлечения информации о растительности из цифровых изображений является расчет вегетационных индексов (ВИ) растительности (Qiu et al., 2011).

До настоящего времени были предложены сотни индексов растительности, включая видимые и ближние инфракрасные диапазоны (Weng, 2009, Черепанов А.С., 2011; Дубинин М., 2006). Наиболее часто используемым индексом растительности является нормированный индекс разностной растительности (NDVI). Однако использование традиционных спектральных ВИ для оценки наземной биомассы имело ограниченный успех, т.к. на определение урожайности могут влиять другие факторы, включая фон почвы и условия освещения (Thenkabail et al., 2016).

Поэтому представляет интерес использовать вегетационные индексы, рассчитываемые по изображениям RGB-камер в видимом диапазоне, – так называемые цветные или хроматические ВИ. Впервые эти индексы были протестированы для отделения на изображении сельскохозяйственных культур от почвенной поверхности (Woebbecke et al. 1995), а также широко применялись для мониторинга растительности.

Для анализа экотопической приуроченности степных сообществ использована цифровая модель рельефа (ЦМР) на базе радарной топографической съемки SRTM и ЦМР, полученная на основе съемки с борта БПЛА.

### *Программное обеспечение и статистические методы*

Для обработки и хранения данных геоботанических описаний использовано программное обеспечение и база данных IBIS (Зверев, 2007). Далее для кластерного и ординационного анализа, а также визуализации результатов данные экспортировали в программу PAST (Hammer et al., 2001). При выделении ассоциаций применяли табличную обработку описаний в пакете Microsoft Office. Статистическая обработка была проведена в программе Statistica (Шипунов и др., 2012).

В качестве программного обеспечения для обработки данных ДЗЗ применены настольный ГИС-пакет ArcMap и ENVI. В программном пакете ArcGIS 10.2 проведены первичная обработка снимков, статистическая обработка пространственных данных и подготовка карт растительности. Программный комплекс ENVI был использован для выполнения коррекции и калибровки данных, обработки и анализа цифровых моделей рельефа, а также проведения классификации изображений и постклассификационной коррекции (генерализация, объединение классов). Ортофотопланы и ЦМР с БПЛА получены с помощью фотограмметрических методов в программном обеспечении для обработки данных аэрофотосъемки AgiSoft PhotoScan.

Таким образом, в работе применены различные современные методы анализа и обработки данных, в том числе данные дистанционного зондирования Земли и статистическая обработка. Их использование базировалось на данных собранных при полевых исследованиях и обработанных по традиционным геоботаническим методам: маршрутные рекогносцировочные исследования, геоботанические описания, кластерный и градиентный анализ, классификация растительности. Сочетание различных групп методов и трехуровневого мониторинга позволили получить разностороннюю информацию об объекте и территории исследования.

### ГЛАВА 3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ (на примере Байкало-Гобийского трансекта)

#### Анализ фитоценотического разнообразия степной растительности Байкало- Гобийского трансекта

При анализе растительности модельных полигонов использованы 265 полных геоботанических описаний. В качестве основных таксономических единиц классификации приняты следующие: ассоциация, формация, флороценотип (ФЦТ) и эколого-исторический ряд. Мера попарного сходства видового состава ценозов оценивалась по формуле Жаккара. В результате попарного сравнения получена матрица мер сходства, послужившая основой для построения дендрограммы (рис. 2). В результате обработки материалов выделены группы (кластеры), схожие по видовому составу, сопоставимые с рангом формаций. Таким образом, было получено 23 формации.

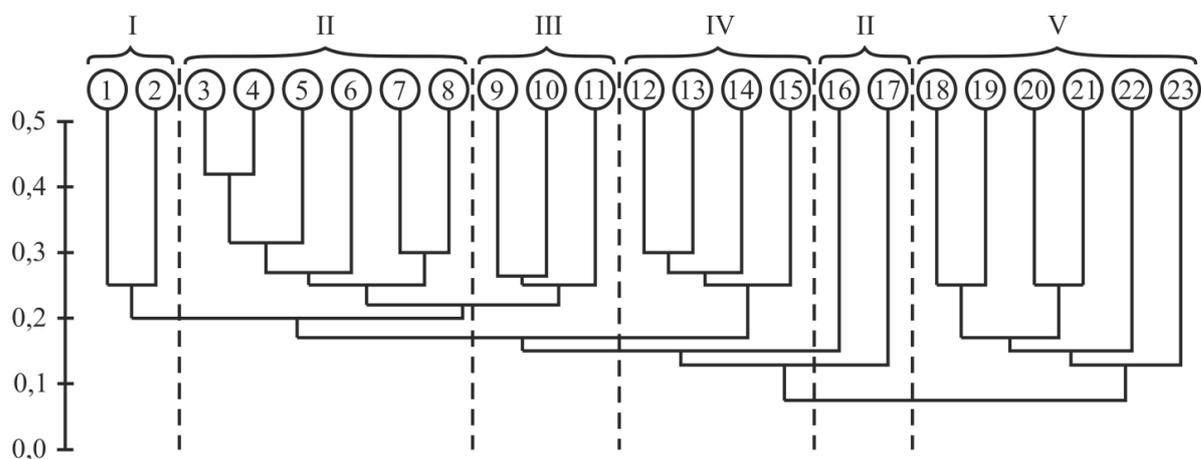


Рисунок 2 – Дендрограмма сходства первичных ценофлор

В окружностях обозначены ценофлоры: 1 – осоково-разнотравная, 2 – кустарниково-разнотравная, 3 – разнотравно-крыловоковыльная, 4 – крыловоковыльная, 5 – караганово-крыловоковыльная, 6 – караганово-вострецовая, 7 – холоднополынная, 8 – твердоватоосочковая, 9 – мятликово-скученнолапчатковая, 10 – холоднополынная, 11 – вечнополынная, 12 – мелкодерновиннозлаково-разнотравная, 13 – кистевидномятликово-злаковая, 14 – нителистниковая, 15 – твердоватоосочковая, 16 – карагановая степь, 17 – горноколосниково-тимбяновач, 18 – ковыльковая, 19 – змеевково-ковыльковая, 20 – луковая, 21 – ковыльково-луковая, 22 – солянково-луковая, 23 – караганово-ковыльковая. Римскими цифрами обозначены флороцено типы: I – луговые степи, II – настоящие степи, III – залежь, IV – горные степи, V – пустынные степи.

В работе мы следуем взглядам Е.М. Лавренко с соавторами (Лавренко и др., 1988, 1991) и рассматриваем степи Забайкалья и Монголии как единое целое в рамках экстраконтинентального сектора Палеарктики. В разделении центральноазиатских степей на синтаксоны высокого ранга мы следуем современным отечественным обобщениям,

представленным в трудах по степному типу растительности (Юнатов, 1964; Лавренко и др.; 1991; Karamysheva, Khramtsov, 1995; Пешкова, 1972, 2001; Гаджиев, 2002; Намзалов, 1991, 2015; Королюк, 2017). Блюменталь И.Х. (1956) для степей умеренного климата выделил пять подтипов, которые тождественны флороценотипам в понимании Б.Б. Намзалова и А.Ю. Королюка (Намзалов, Королюк, 1991; Намзалов, 1994). Традиционно в отечественном степеведении для центральноазиатской степной подобласти выделяются следующие типы степей: пустынные, опустыненные, настоящие, луговые и криофитные (высокогорные). Выделение ФЦТ нами сделано в ходе сравнительного анализа ценофлор, который выявляет их исторические связи на основе схожих спектров жизненных форм, географических и экологических групп видов.

На основе данных, полученных автором в ходе полевых и камеральных работ, опираясь на классификационные построения предыдущих исследователей, на рассматриваемой территории выделено 5 флороценотипов, один из которых является антропогенно-обусловленным (залежная растительность), остальные представлены тремя эколого-историческими рядами (рис. 3). Полученная классификационная схема отражает современное фитоценотическое разнообразие территории, представленное коренными сообществами, адаптированными к современным природным условиям, и производными сообществами, сформировавшимися под воздействием антропогенных факторов (Жарникова, 2020).

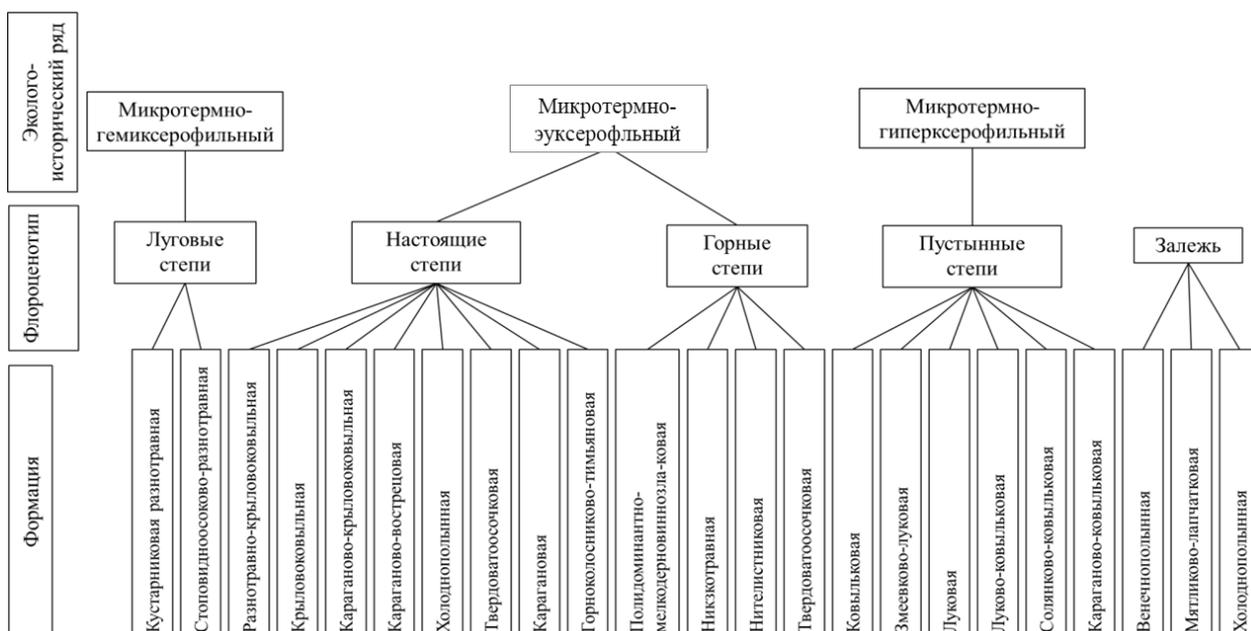


Рисунок 3 – Схема классификации растительности степных экосистем

Для выделения ассоциаций описания подвергнуты табличной обработке с использованием эколого-фитоценотического доминантно-детерминантного принципа (проективное покрытие дано в процентах). Выделено 49 ассоциаций (табл. 2).

Таблица 2 – Схема классификации растительности степных экосистем с ассоциациями

ФЦТ	Формация	Ассоциация	Сокращ.
Луговые степи	кустарниковая разнотравная	кустарниковая разнотравная ( <i>Rosa acicularis</i> , <i>Cotoneaster melanocarpus</i> , <i>Spiraea aquilegifolia</i> , <i>Caragana pygmaea</i> )	КуР
	стоповидноосоково-разнотравная	гребенчатожитняково-стоповидноосоково-разнотравная ( <i>Agropyron cristatum</i> , <i>Carex pediformis</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>Alyssum obovatum</i> )	ЖГОсР
		оттянутомятликово-стоповидноосоково-разнотравная ( <i>Poa attenuata</i> , <i>Carex pediformis</i> , <i>Galium verum</i> )	МоОсР
Настоящие степи	разнотравно-крыловоковыльная	луково-крыловоковыльная ( <i>Stipa krylovii</i> , <i>Allium anisopodium</i> )	ЛКк
		горноколосниково-крыловоковыльная ( <i>Stipa krylovii</i> , <i>Orostachis spinisa</i> )	ГКк
		осоково-крыловоковыльная ( <i>Stipa krylovii</i> , <i>Carex pediformis</i> , <i>Carex korshinskii</i> )	ОКк
	крыловоковыльная	ковыльная ( <i>Stipa krylovii</i> , <i>S. baikalensis</i> )	Ко
		полынно-ковыльная ( <i>Stipa krylovii</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>A. scoparia</i> , <i>A. commutata</i> )	ПКк
	караганово-крыловоковыльная	твердоватоосочково-крыловоковыльная ( <i>Stipa krylovii</i> , <i>Carex duriuscula</i> )	ОтКк
		бесстебельнолапчатково-крыловоковыльная ( <i>Stipa krylovii</i> , <i>Potentilla acaulis</i> )	ЛбКк
	караганово-вострещовая	чиево-вострещовая ( <i>Leymus chinensis</i> , <i>Achnatherum splendens</i> )	ЧВ
		крыловоковыльно-вострещовая ( <i>Leymus chinensis</i> , <i>Stipa krylovii</i> )	КкВ
	холоднополынная	злаково-холоднополынная ( <i>Artemisia frigida</i> , <i>Stipa krylovii</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> )	ЗПх
		житняково-холоднополынная ( <i>Artemisia frigida</i> , <i>Agropiron cristatum</i> )	ЖПх
	твердоватоосочковая	чиево-твердоватоосочковая ( <i>Carex duriuscula</i> , <i>Achnatherum splendens</i> )	ЧОт
		разнотравно-твердоватоосочковая с <i>Caragana microphylla</i> ( <i>Carex duriuscula</i> , <i>Scorzonera radiata</i> , <i>Alyssum obovatum</i> )	РОтКа
		разнотравно-твердоватоосочковая ( <i>Carex duriuscula</i> , <i>Potentilla bifurca</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Plantago media</i> )	РОт
	карагановая	карагановая ( <i>Caragana pygmaea</i> )	Ка
	горноколосниково-тимьяновая	горноколосниково-тимьяновая ( <i>Orostachys spinisa</i> , <i>Thymus baikalensis</i> )	ГТ
	Горные степи	полидоминантно-мелкодерновиннозлаковая	змеевково-мелкодерновиннозлаковая ( <i>Stipa glareosa</i> , <i>Agropyron cristatum</i> , <i>Koeleria glauca</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> ,)
разнотравно-мелкодерновиннозлаковая ( <i>Stipa glareosa</i> , <i>Agropyron cristatum</i> , <i>Koeleria glauca</i> , <i>Stellera chamaejasme</i> , <i>Vupleurum scorzonrifolia</i> )			РМд
низкотравная		кистевидномятликово-злаковая ( <i>Potentilla sericea</i> , <i>Stipa glareosa</i> , <i>Koeleria glauca</i> , <i>Thymus serpyllum</i> )	МкЗ
нителистниковая		хамеродесово-нителистниковая ( <i>Fillifolium sibirica</i> , <i>Chamaerhodes erecta</i> )	ХН
		злаково-нителистниковая ( <i>Fillifolium sibirica</i> , <i>Carex pediformis</i> )	ЗлН
твердоватоосочковая		китайсковострещово-твердоватоосочковая ( <i>Carex duriuscula</i> , <i>Leymus chinensis</i> )	ВкОт
		бесстебельнолапчатково-твердоватоосочковая ( <i>Carex duriuscula</i> , <i>Potentilla acaulis</i> )	ЛбОт
		растопыренномзеевково-твердоватоосочковая ( <i>Carex duriuscula</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> )	ЗрОт

Пустынные степи	ковыльковая	галечниковоковыльковая ( <i>Stipa glareosa</i> )	Кг
		ковыльковая с участием <i>Peganum nigelastrum</i> ( <i>Stipa glareosa</i> , <i>S. klemenzii</i> )	К+г
	змеевково-луковая	змеевковая с участием <i>Peganum nigelastrum</i> ( <i>Cleistogenes songorica</i> )	З+г
	луковая	луковая ( <i>Allium polyrrhizum</i> , <i>A. mongolicum</i> )	Л
		разнотравно-луковая ( <i>Allium polyrrhizum</i> , <i>Convolvulus ammani</i> , <i>Dontostemon integrifolium</i> )	РЛ
	луково-ковыльковая	твердоватоосочко-луково-ковыльковая ( <i>Stipa glareosa</i> , <i>Allium polyrrhizum</i> , <i>Carex duriuscula</i> )	ОтЛК
		разнотравно-луково-ковыльковая ( <i>Stipa glareosa</i> , <i>Allium polyrrhizum</i> , <i>Asterotamnus heteropappoides</i> , <i>Lagohilis ilicifolium</i> )	РЛК
	солянково-луковая	разнотравно-солянково-луковая ( <i>Allium polyrrhizum</i> , <i>Salsola passerine</i> , <i>Reaumuria sonarica</i> , <i>Anabasia brevifolia</i> , <i>Allium mongolicum</i> )	РСЛ
		поташиково-солянково-луковая ( <i>Allium polyrrhizum</i> , <i>Salsola passerine</i> , <i>Reaumuria sonarica</i> , <i>Kalidium gracile</i> )	ПСЛ
		чиево-солянково-луковая ( <i>Allium polyrrhizum</i> , <i>Salsola passerina</i> , <i>Reaumuria sonarica</i> , <i>Achnatherum splendens</i> )	ЧСЛ
вьюнково-солянково-луковая ( <i>Allium polyrrhizum</i> , <i>Salsola passerina</i> , <i>Reaumuria sonarica</i> , <i>Achnatherum splendens</i> )		ВСЛ	
мелкодерновиннозлаково-солянково-луковая ( <i>Allium polyrrhizum</i> , <i>Salsola passerine</i> , <i>Reaumuria sonarica</i> , <i>Stipa klemenzii</i> )		МСЛ	
караганово-ковыльковая	караганово-ковыльковая ( <i>Stipa glareosa</i> , <i>Caragana stenophylla</i> )	КаКо	
Залежь	Венечнопопынная (бурьянистая стадия)	венечнопопынная ( <i>Artemisia scoparia</i> )	ЗПв
	Мятликово-лапчатковая (рыхлодерновинная стадия)	мятликово-лапчатковая ( <i>Poa botryoides</i> , <i>Potentilla acervata</i> )	ЗМЛ
		мятликово-лапчатковая с <i>Ulmus pumila</i> ( <i>Poa botryoides</i> , <i>Potentilla acervata</i> )	ЗМЛ+и
		крыловковыльно-лапчатковая ( <i>Potentilla acervata</i> , <i>Stipa krylovii</i> )	ЗКкЛ
	Холоднопопынная (корневищная стадия)	змеевково-холоднопопынная ( <i>Artemisia frigida</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> )	ЗЗПх
		житняково-холоднопопынная ( <i>Artemisia frigida</i> , <i>Agropyron cristatum</i> )	ЗЖПх
бесстебельнолапчатково-холоднопопынная ( <i>Artemisia frigida</i> , <i>Potentilla acaulis</i> )		ЗЛБПх	

1. **ФЦТ Луговые степи.** Ценофлору луговых степей образуют ценозы разнотравных лугово-степных и закустаренных степей (табл. 3). Луговые разнотравные степи наиболее богаты по флоре. Наиболее широко этот тип представлен в подзоне луговых степей. В сухих горах Южной Сибири ценолитическое и флористическое разнообразие этих степей заметно ослабевает, они встречаются лишь фрагментарно (Пешкова, 1972; Намзалов, 1991). Описанные нами сообщества луговых степей, располагающиеся на модельном полигоне «Улан-Удэ», почти в равной пропорции состоят из менее ксерофильных степных растений – ксеромезофитов (*Scorzonera radiata*, *Aster alpinus*, *Thalictrum foetidum* и др.) и настоящих ксерофитов (*Veronica incana*, *Koeleria cristata*).

Таблица 3 – Структура и видовой состав ассоциаций луговых степей (фрагмент)

Флороценотип	Луговые степи											
	Кустарниковая разнотравная				Осоково-разнотравнозлаковая							
	1				2				3			
Ассоциации	1				2				3			
Номера описаний	0a	0b	0c	0d	2a	2b	2c	3f	3a	3b	3c	3d
Доминантные виды												
<i>Veronica incana</i>	3	2	1	3	4		3		3	3	4	4
<i>Scorzonera radiata</i>		1	1		6		2	3			2	
<i>Aster alpinus</i>	1	+	1			4		2	3	1	2	1
<i>Thalictrum foetidum</i>	1	+	+	1			2	1	4	3		1
<i>Carex pediformis</i>					6	12	3		6	5	8	8
<i>Artemisia scoparia</i>					3	4	3		5	2	10	3
<i>Pulsatilla ambigua</i>					3	3	5	4	5	4	4	3
<i>Eremogone meyeri</i>					8			8	4			
<i>Helictotrichon schellianum</i>	+	+			3	6		5	12			
<i>Myosotis baicalensis</i>					2	3			2	2		
<i>Koeleria cristata</i>							11			8		10
Дифференциальные виды												
<i>Rosa acicularis</i>	2	2	1	2						1		
<i>Cotoneaster melanocarpus</i>	4	2	2	1								
<i>Spiraea aquilegifolia</i>	3	2	1	2								
<i>Caragana pygmaea</i>		3	4	3								1
<i>Poa angustifolia</i>	2	1	+	1								
<i>Phlomis tuberosa</i>	2	2	1	1								
<i>Carex korshinskyi</i>	7	4	3	4						4		
<i>Artemisia frigida</i>		2		+	5	4	4					
<i>Agropyron cristatum</i>		1			6	2	2					4
<i>Alyssum obovatum</i>					2	3	5	3				
<i>Hypocoum erectum</i>						3	1		5			
<i>Orostachys spinosa</i>						1	3	9				
<i>Stipa krylovii</i>					2		2					
<i>Cymbaria dahurica</i>					4		2					
<i>Poa attenuata</i>									2		10	10
<i>Galium verum</i>			1						2	2	5	
<i>Orostachys malacophylla</i>										2	2	1
<i>Bromus inermis</i>									2	7		
Сопутствующие виды												
<i>Polygonum aviculare</i>					1			2	2		2	1
<i>Serratula centauroides</i>				1		1	3				2	2
<i>Potentilla acaulis</i>					2	5				3		2
<i>Potentilla bifurca</i>			1	1								2
<i>Goniolimon speciosum</i>					2				1			
<i>Taraxacum officinale</i>						2			1			
<i>Thymus baicalensis</i>						1		3				
<i>Erysimum flavum</i>						2	3		+			
<i>Gagea pauciflora</i>						3	2					2
Примечание. Встречены в 1-2 описаниях: <i>Senecio vulgaris</i> , <i>Patrinia sibirica</i> , <i>Potentilla sericeae</i> , <i>Chamaerion angustifolia</i> , <i>Diantus superbus</i> , <i>Bupleurum scorzonerifolium</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> , <i>Crepis flexuosa</i> , <i>Allium ramosum</i> , <i>Cerastium arvense</i> , <i>Thalictrum minus</i> , <i>Dontostemon integrifolius</i>												
Ассоциации: 1 – кустарниковая разнотравная, 2 – гребенчатожитняково-стоповидноосоково-разнотравная, 3 – оттянутомятликово-стоповидноосоково-разнотравная.												

Как отмечает Б.Б. Намзалов (1991) «факты значительного участия ксерофитов, сформированных в умеренно-холодных и недостаточно-влажных экологических условиях,

подтверждают сопряженный генезис лугово-степного флороцено типа с развитием ландшафтов горной лесостепи».

Высока активность видов с широким ареалом – евразийских и циркумполярных видов (*Veronica incana*, *Scorzonera radiata*, *Phlomis tuberosa*, *Galium verum* и др.) с примесью южносибирских (*Serratula centauroides*, *Myosotis baicalensis*, *Caragana pygmaea* и др.). Ведущее положение в составе флоры этих групп видов показывает о роли как северных, так и южных горных флор в развитии этих степей (Намзалов, 1991). Горностепные виды преобладают над лесостепными и собственно-степными. В структуре сообществ доминирующие позиции, наряду с дерновинными формами (*Carex pediformis*, *Koeleria cristata*), занимают корневищные злаки и травянистые многолетники мезоксерофильной экологии (*Helictotrichon schellianum*, *Aster alpinus*, *Pulsatilla ambigua*, *Thalictrum foetidum*). Травостой густой, проективное покрытие в среднем составляет 65-70 %. В составе луговых степей отмечены 2 формации, включающие 3 ассоциации.

Эдификатором стоповидноосоково-разнотравнозлаковой формации является осока стоповидная. Эти сообщества приурочены в основном к северным склонам. В группе разнотравья отмечены такие виды, как *Veronica incana*, *Scorzonera radiata*, *Aster alpinus*, *Artemisia scoparia*, *Pulsatilla ambigua* и др. В таких степях густое проективное покрытие варьирует от 60 до 70 %, с высокой степенью задернованности. Формация включает 2 ассоциации: гребенчатожитняково-стоповидноосоково-разнотравную и оттянутомятликово-стоповидноосоково-разнотравную.

Основная синюзия кустарниковой разнотравной формации представлена кустарниками *Rosa acicularis*, *Cotoneaster melanocarpus*, *Spiraea aquilegifolia*, *Caragana pygmaea*. Она приурочена к северным склонам, их подножиям, где за счет дождевых и талых вод создаются наилучшие условия увлажнения. Среднее проективное покрытие – 65-70 %. Формация включает одноименную кустарниковую разнотравную ассоциацию.

2. **ФЦТ Настоящие степи.** Настоящие степи широко распространены в центральноазиатской степной подобласти, где занимают основные площади. Они традиционно подразделяются на настоящие разнотравно-дерновиннозлаковые и сухие дерновинно- и корневищно-злаковые (Лавренко и др., 1991) и образуют подзональные полосы в равнинных регионах и соответствующие подпоояса в горах. Ценофлоры данной выделенной нами группы соответствуют подтипу настоящих сухих дерновиннозлаковых степей, объединяя близкие формации, включая их переменные состояния, возникшие в результате интенсивного пастбищного использования (табл. 4).

Таблица 4 – Структура и видовой состав ассоциаций настоящих степей (фрагмент)

Флорценотип	Настоящие сухие дерновиннозлаковые степи																																														
	караганово-вострцовая					караганово-крыловоковыльная					крыловоковыльная					разнотравно-крыловоковыльная																															
	1		2			3			4		5			6		7			8		9																										
Номера описаний	455	463	475	525	472	453	485	462	488	489	467	473	501	503	510	521	490	500	587	471	493	1436	1455	1451	1456	1430	1452	1454	1459	1461	1462	7a	7b	7c	7d	7f	8a	8b	8c	8d	6a	6b	6c	6d			
Доминантные виды																																															
<i>Stipa krylovii</i>		1	1+	+			1	1	1	6	5	4	12	12	12	12	9	5	5	8	10	8	7	9	8	4	6	5	5	4	4	12	11	10	15	9	4	4	12	16	4	12	8	5			
<i>Agropyron cristatum</i>	1	2	3	1	3+		+	1	+	1+		+					1+	2	1	2	2	3	2	3	2	1	2	2	3	9	4		9	7	4	3	3		2	7	3	9					
<i>Koeleria cristata</i>	+	1	2+	1	1	1	2+	1+	1+	1	1	1	1+	+	+	+	1	1	2	1	1	2	1+	1	1	1	1	1	1	4	2	4	5	3	1	4	7		2								
<i>Caragana pygmaea</i>					+	1	1+		+	+							1	1+		+	1			1		1		+	1		3	4	3		2	5	2			7	3	3	1				
<i>Cleistogenes squarrosa</i>	1+		1+	2		1		+									1	3	1	1	2		+			3	3	4	4	3	2		2														
<i>Caragana microphylla</i>					3	7	2	2	6	1	7	2	1	1+			2	3	2	3	8																										
<i>Leymus chinensis</i>	4	5	6	7	5	8	4	4	5	4							+		1						1	1																					
Дифференциальные виды																																															
<i>Achnatherum splendens</i>	3+		2+		1															1																											
<i>Stipa baicalensis</i>																						2	1+			2		+																			
<i>Artemisia scoparia</i>																					1						1+		1+		2																
<i>Artemisia commutata</i>																										+	1+		1	1	2																
<i>Potentilla bifurca</i>		+			+																						1		+	1	1	1															
<i>Kochia prostrata</i>																										1			+																		
<i>Panzerina lanata</i>																										+	1			+	+																
<i>Ephedra monosperma</i>																																														2	
<i>Scorzonera radiata</i>						1																																									
<i>Orostachys spinosa</i>																																															
<i>Carex pediformis</i>																																															
<i>Phlomis tuberosa</i>																																															
<i>Carex korshinskyi</i>																																															
<i>Cymbaria dahurica</i>																																															
<i>Spiraea aquilegifolia</i>																																															
<i>Allium anisopodium</i>																																															
<i>Festuca lenensis</i>																																															
Сопутствующие виды																																															
<i>Heteropappus altaicus</i>	1				1	1				1+	+																																				
<i>Ptilotrichum tenuifolium</i>																																															
<i>Poa attenuata</i>																																															
<i>Chamaerhodos erecta</i>																																															
<i>Stellaria dichotoma</i>																																															
<i>Veronica incana</i>	2+		1	1+		1+	+	1	2																																						
<i>Serratula centauroides</i>																																															
<i>Alyssum obovatum</i>					1					1																																					
Индиifferentные виды																																															
<i>Potentilla acaulis</i>	2	3	2	4	3																																										
<i>Carex duriuscula</i>	1+	+	2	1	1	2	2+		2	10	9	15	10	10	10	10	1+	+																													
<i>Artemisia frigida</i>		2	1	2+	7	1+		1	1+																																						

**Примечание.** Виды, встречающиеся в 1-3 описаниях: *Hypericum erectum*, *Polygonum aviculare*, *Myosotis baicalensis*, *Aster alpinus*, *Saussurea amara*, *Thalictrum foetidum*, *Saussurea salicifolia*, *Potentilla longifolia*, *Allium ramosum*, *Poa angustifolia*, *Oxytropis oxurhylla*, *Goniolimon speciosum*, *Dracocephalum nutans*, *Crepis flexuosa*, *Dianthus superbus*, *Gagea pauciflora*, *Echinops latifolius*, *Silene repens*, *Dianthus versicolor*, *Carum carvi*, *Dontostemon integrifolius*, *Pulsatilla ambigua*

Ассоциации: 1 – чиево-вострцовая, 2 – караганово-вострцовая, 3 – твердоствоосочково-крыловоковыльная, 4 – бестебельнолапчатково-крыловоковыльная, 5 – ковыльная, 6 – разнотравно-крыловоковыльная, 7 – горноколосниково-крыловоковыльная, 8 – осоково-крыловоковыльная, 9 – луково-крыловоковыльная

Настоящие степи образованы из типичных ксерофитов (62 %), преимущественно дерновинных злаков. Доля мезофитных форм невелика – 10 %. В сообществах преобладают виды с широким ареалом – евразийские, циркумполярные (35 %) и азиатские – южносибирские, центральноазиатские (33 %). Наряду с лидирующими позициями собственно степных видов (35 %), в одинаковой степени представлены лесостепные и горностепные виды (25 %), характерные для горных территорий Северной Азии и Южной Сибири. Отражение климатических особенностей в растительном покрове проявляется в составе жизненных форм. Наличие растений подушек и куртинок (*Stellaria dichotoma*, *Potentilla acaulis* и др.) связано с процессом адаптации к холодным и сухим местообитаниям в условиях резко континентального климата. Эдификаторами являются крупнодерновинные ковыли *Stipa krylovii*, *S. baikalensis* и мелкодерновинные злаки *Agropyron cristatum*, *Cleistogenes squarrosa*, *Koeleria cristata*, *Festuca lenensis*. Разнотравье слагают *Potentilla acaulis*, *Artemisia frigida*, *Veronica incana*, *Heteropappus altaicus*, *Chamaerhodes erecta*, *Stellaria dichotoma*, *Alyssum obovatum*, *Ptilotrichum tenuifolium* и др. Общее проективное покрытие в среднем составляет 60 %. Средняя высота травостоя 22 см, на участках в 100 кв. м. встречается в среднем 15 видов, что говорит об обедненном составе ценофлоры. В составе настоящих степей выделено 8 формаций, включающие 16 ассоциаций. Основным доминантом, выделенных нами степей является ковыль *Stipa krylovii*. В степях Монголии и Забайкалья ковыль Крылова является характерным индикатором полосы сухих степей (Пешкова, 1985; Намзалов, 1991).

В северной части трансекта на модельном полигоне «Улан-Удэ» отмечена формация разнотравно-крыловоковыльная. Данная формация представляет собой более петрофитный вариант ковыльных степей с участием *Caragana pygmaea*. Сообщества формации расположены на южной и восточной экспозиции склона и в привершинной части сопок. Характерны для песчаных, каменистых и щебнистых субстратов. Проективное покрытие травостоя варьирует от 40 до 60 %. Доминантами выступают дерновинные злаки: *Stipa krylovii*, *Cleistogenes squarrosa*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria cristata*. Выражена роль *Caragana pygmaea*, также из кустарников присутствует *Spiraea aquilegifolia*. Нижний подъярус формируют *Artemisia frigida* и *Potentilla acaulis*, к которым примешиваются представители степного разнотравья: *Veronica incana*, *Serratula centauroides*, *Allium anisopodium*, *Alyssum obovatum* и др. Средняя видовая насыщенность – 20 видов на 100 м<sup>2</sup>. В составе данной формации выделены 3 ассоциации: луково-крыловоковыльная, горноколосниково-крыловоковыльная и осоково-крыловоковыльная.

На модельном полигоне «Гусиноозерск» отмечена крыловоковыльная формация, которая по составу ближе к условно-коренной формации ковыльных степей, согласно

сопоставлению, с выделенными Намзаловым Б.Б. (1991) для степей Южной Сибири крупнодерновинных ковыльных степей. В составе описанных нами сообществ данной формации доминирующие позиции занимает ковыль *Stipa krylovi*, а также ковыль *Stipa baikalensis*, но с намного меньшим проективным покрытием в силу выбитости его в условиях выпаса. Кроме ковылей эдификаторами данной формации являются *Agropyron cristatum*, *Koeleria cristata*, в меньшем количестве *Leymus chinensis*. Из кустарников отмечена *Caragana pygmaea*. Из разнотравья сообщество слагают такие виды, как *Veronica incana*, *Artemisia frigida*, *Carex duriuscula*, *Ptilotrium tenuifolium*, *Poa attenuata*, *Chamaerhodos erecta*, *Stellaria dichotoma* и др. Общее проективно покрытие варьирует от 50 до 65 %. Средняя видовая насыщенность 20 видов на 100 м<sup>2</sup>. Почвы темно-каштановые и каштановые легких механических составов. В составе данной формации выделяется ассоциация ковыльных степей и полынно-ковыльная ассоциация, сформированная дигрессионными видами (*Cleistogenes squarrosa*, *Potentilla acaulis*), и заносными видами с окружающих залежных земель (*Artemisia scoparia*, *Artemisia commutata*).

На полигоне «Дархан» выделена караганово-крыловоковыльная формация, отличающаяся присутствием в составе сообществ *Caragana microphylla*. Данная формация представляет собой сильно сбитую караганово-дерновиннозлаковую степь со всеми индикаторами пастбищной дигрессии. Доминантом сообщества является *Stipa krylovii* со значительным участием *Caragana microphylla* и большим процентом участия в травостое злаков *Leymus chinensis*, *Koeleria cristata*, *Cleistogenes squarrosa*, *Agropyron cristatum*. Миркин Б.М. считает, что степи с преобладанием *Caragana microphylla*, произрастающие на супесчаных почвах представляют гемипсаммофитный вариант сухих степей (Миркин и др, 1984). В Монголии и в Южной Даурии полидоминантнозлаковые степи с караганой часто образуются при интенсивной пастбищной нагрузке как стадия деградации ковыльных (*Stipa krylovii*) степей (Беликович, 2017). Из разнотравья создателем формации является *Artemisia frigida*, появляющаяся в изобилии после интенсивного пастбищного использования. Сообщества данной формации обеднены, средняя видовая насыщенность — 10 видов на 100 м<sup>2</sup>. Общее проективное покрытие варьирует в зависимости от степени увлажнения по годам от 20 до 50 %. Формацию образуют 2 ассоциации в зависимости от степени преобладания дигрессионных видов: твердоватоосочково-крыловоковыльная и бесстебельнолапчатково-крыловоковыльная.

Доминирующие позиции в караганово-вострещевой формации занимает *Leymus chinensis*. Леймус – злак широкой экологической амплитуды, произрастает в разнообразных местообитаниях: по пологим склонам сопок и увалов, широким межгорным падям, вокруг озер, на надпойменных террасах рек; способен выносить значительные дозы засоления и

засушливость почв, хорошо развивается на супесчаных почвах, чему способствуют его длинные корневища (Пешкова, 2010). Кроме *Leymus chinensis*, выражена синюзия мелкодерновинных ксерофильных злаков (*Agropyron cristatum*, *Koeleria cristata*, *Stipa krylovii*, *Cleistogenes suarrosa*). Ковыль *Stipa krylovii* в данных сообществах сильно выбит и остался отдельными куртинками с покрытием не более 1 %. Кроме того, в составе отмечено ксерофильное разнотравье (*Veronica incana*, *Heteropappus altaicus* и др.). Общее проективное покрытие варьирует от 20-50 %. Видовой состав обеднен, средняя видовая насыщенность – 10 видов на 100 м<sup>2</sup>. В составе формации выделено 2 ассоциации: чиево-вострещовая и крыловоковыльно-вострещовая.

В результате интенсивной пастбищной нагрузки на полигоне «Дархан» широко представлены дигрессионные варианты настоящих степей. Эти степи являются вторичными, на которые сказывается воздействие выпаса, о чем свидетельствует разрастание в составе травостоя *Artemisia frigida* и *Carex duriuscula* с значительным участием *Caragana microphylla*. Видовой состав формаций отличается от естественных злаковых степей, на месте которых они появляется, изреживанием или полным выпадением дерновинных злаков и увеличением взамен их числа сорных растений.

Согласно М.А. Решикову (1961), дигрессия степной растительности развивается следующим путем: «изреживающиеся под влиянием чрезмерного выпаса крупные дерновинные злаки сменяются келерией, а в некоторых случаях эта стадия вообще отсутствует и дерновинные злаки сменяются холодной полынью» [С. 41]. Описанная нами формация холоднополынных степей является вторичной, антропогенно-обусловленной в результате чрезмерной пастбищной нагрузки. Доминантом этих сообществ является полынь *Artemisia frigida*, которая образует корневищную форму с низкорослыми вегетативными побегами. *Artemisia frigida* имеет очень широкую экологическую амплитуду. Намзалов Б.Б. (1991) отмечает, что «высокая пластичность вида, а также способность к быстрому вегетативному размножению за счет развития стелющихся и хорошо укореняющихся надземных побегов определяют повышенную конкурентоспособность полыни холодной при усилении пастбищной дигрессии». Содоминантом выступает *Caragana microphylla*. Растительный покров холоднополынных степей изрежен, травостой низкий – 10-12 см. При этом проективное покрытие, благодаря обилию стелющихся побегов *Artemisia frigida* достигает 30-45 %. Видовой состав на 100 м<sup>2</sup> насчитывает 8-10 растений. В составе формации выделено 2 ассоциации злаково-холоднополынная и житняково-холоднополынная.

Сообщества твердоватоосочковой формации также относятся к вторичным, формирующимся в результате пастбищной дигрессии сухих степей. При чрезмерном

выпасе происходят существенные изменения в структуре сообществ, приводящие к опустыниванию (Горшкова, Гринева, 1977). Сообщества твердоватоосочковых степей имеют бедный флористический состав, простую вертикальную и горизонтальную структуру.

Рещиков М.А. (1961) так характеризует эти степи: «Это небольшие фрагменты вторичных степей с естественной растительностью, выбитой до состояния «толоки»». Доминирующие позиции в данных сообществах занимают корневищная ксерофитная осока *Carex duriuscula* и *Caragana microphylla*, сопровождаемые немногочисленными видами злаков и разнотравья. *Carex duriuscula* – вид широкой экологической амплитуды, хорошо противостоит выпасу, и даже усиленно разрастается, благодаря более глубокому залеганию почек возобновления (Намзалов, 1991). Общее проективное покрытие составляет 30-40 %. На учетной площадке в 100 м<sup>2</sup> в среднем произрастает 15 видов. Экологический контраст формации обусловлен присутствием в составе как микротермных ксерофитов, так и гемимикротермных мезоксерофитов. Сообщества данной формации встречаются по блюдцеобразным понижениям степи, приурочены к шлейфам склонов холмов и межгорным долинам, а также к пониженным участкам первых террас долин рек. В составе данной формации выделено 3 ассоциации: чиево-твердоватоосочковая, разнотравно-твердоватоосочковая и разнотравно-твердоватоосочковая с участием *Caragana microphylla*.

На инсолируемых склонах и вершинах гряд с неподвижным мелкокаменистым субстратом и наличием мелкоземистых фракций встречаются тимьяново-горноколосниковые степи (*Orostachys spinosa*, *Thymus baicalensis*) – петрофитный вариант настоящих степей. Это типичные низкотравные степи, с общим проективным покрытием 30–50%. В результате выветривания коренные породы в значительной степени разрушены. Основу сообществ создают низкорослые петрофитные растения *Orostachys spinosa*, *Thymus baicalensis*, *Androsace incana*, *Eremogone meyeri*, *Polygala tenuifolia*, *Alyssum obovatum* и др.

Преимущественно по южным склонам, в местах массивного выхода коренных пород встречаются карагановые степи из зарослей *Caragana pygmaea*. Среди россыпей камней и щебенки, покрытых накипными лишайниками, рассеяно встречаются низкие, прижатые к земле травянистые растения.

**3. ФЦТ Горные степи.** Данная группа степей образована ценозами, отличающимися особенностями высотного распределения. Они описаны на модельном полигоне Дзун-Мод. Сообщества этих степей мы относим к подтипу горных в интерпретации Г.А. Пешковой (1985), которая отмечала, что «... горные степи соответствуют литофильным степям М.А. Рещикова (1961), но не тождественны с горными (субальпийским или пустошными), выделенными им же, которые должны, судя по

преобладающим в травостое видам, относиться к лугам или зарослям кустарников». Своеобразие ценофлорам этих степей придает присутствие горностепных видов, которые относятся к самобытным жизненным формам – подушковидным и розеточным стержнекорневым поликарпикам (*Potentilla sericea*, *Eremogone meyeri*, *Filifolium sibiricum* и др.). В составе группы горных степей выделено 4 формации, включающие 8 ассоциаций (табл. 5).

Своеобразие формации нителистниковых степей было причиной того, что в рамках эколого-фитоценологического подхода разные авторы относили их к различным подтипам степного типа растительности. Так, Е.М. Лавренко (1940, 1954) относил их к разнотравным луговым, Л.П. Сергиевская (1951) – к настоящим разнотравным, И.И. Галактионов (1954) – к опустыненным степям, А.А. Горшкова (1966) – криоксерофильным степям, Б.И. Дулепова (1981) – к степям смешанного типа, а А.А. Юнатов (1950), М.А. Решиков (1954), Г.А. Пешкова (1972, 1985), В.А. Барицкая (1979), А.М. Зарубин и М.В. Фролова (1980) – к горным степям. Причина этого в том, что нителистниковые степи и не похожи на другие степи Евразии, и, кроме того, они очень изменчивы. В разные годы, и даже в разные сезоны одного года они выглядят по-разному.

Доминантом нителистниковой формации является *Filifolium sibirica*. Кроме того, в составе доминируют *Eremogone meyeri*, *Potentilla sericea*, *Medicago falcata*. Травостой высотой до 20 см разреженный с проективным покрытием 50-60 %. Видовая насыщенность на 100 м<sup>2</sup> составляет в среднем 15 видов. В составе формации выделено 2 ассоциации: злаково-нителистниковая и хамеродесово-нителистниковая.



В полидоминантно-мелкодерновиннозлаковой формации лидирующие позиции занимают злаки *Stipa glareosa*, *Koeleria glauca*, *Agropyron cristatum*. В составе формации выделено 2 ассоциации: змеевково-мелкодерновиннозлаковая и разнотравно-мелкодерновиннозлаковая.

Низкотравную формацию образуют сообщества из низкорослых петроксерофитных видов – *Potentilla sericea*, *Stipa glareosa*, *Koeleria glauca*, *Thymus serpyllum*. Занимают специфические местообитания: каменистощебнистые вершины гор и увалов, каменистые участки котловин. Как отмечает Б.И. Дулепова (1993) соотношение доминантов в отдельных сообществах отличается значительными сдвигами, особенно в многолетние сухие и влажные периоды, но в целом все они должны быть отнесены к группе низкотравных полукустарничковых степей. В составе данной формации нами отмечена кистевидномятликово-злаковая ассоциация.

В качестве дигрессионного варианта горных степей выделена твердоватоосочковая формация. Она близка к выделенной формации дигрессионных твердоватоосочковых степей настоящих степей, но все же является производной горных степей. Травостой обеднен, высота достигает 15-20 см. Общее проективное покрытие составляет 45-55 %. В составе данной формации выделены 3 ассоциации: китайскоострецово-твердоватоосочковая, бесстебельнолапчатково-твердоватоосочковая и растопыреннозмеевково-твердоватоосочковая.

4. **ФЦТ Пустынные степи.** Данная группа степей описана на модельном полигоне «Мандалгови», расположенном в аридной зоне. Пустынные степи характеризуются своеобразным набором эдификаторов: наиболее обильны мелкодерновинные злаки *Stipa glareosa*, *Cleistogenes songorica* со значительным участием полукустарничковых солянок – *Reaumuria songarica*, *Salsola passerina*, *Anabasis brevifolia*. Доминирование в сообществах дерновинного лука – *Allium polyrrhizum* – является особенностью пустынных степей (Юнатов, 1974; Евстифеев, Рачковская, 1976; и др.). А.А. Юнатов (1954) подчеркивал, что «пустынные степи Центральной Азии сложены своеобразным комплексом видов, представители которого малоактивны в зоне степей. Эта особенность дает право сделать заключение о самобытности пустынных степей и о том, что они являются достаточно древним образованием». В составе описываемых нами пустынных степей выделено 6 формаций, включающие 13 ассоциаций (табл. 6).



Ковыльковые степи предпочитают пологоволнистые среднесуглинистые слабозащеченные равнины. В формировании сообществ ковыльковой формации основное участие принадлежит плотнодерновинным мелким перистым ковылькам *Stipa klemenzii* и *Stipa glareosa* при активном участии *Allium polirrhizum*. В рассматриваемых ценозах *Stipa klemenzii* преобладает над ковылем галечным. Видовой состав крайне обеднен. Выделены 2 ассоциации: галечниковоковыльковая и дигрессионный вариант ковыльковых степей – клеменцевоковыльковая с участием *Peganum nigelastrum*. Ассоциация клеменцевоковыльковых степей с участием *Peganum nigelastrum* отличается упрощенным видовым составом и имеет более низкое процентное соотношение доминантов. Отмечено выпадение из травостоя эуксерофильного дерновинного ковылька *Stipa glareosa*, вытеснение которого, вероятно, связано с внедрением в сообщество дигрессионно-активного вида *Peganum nigelastrum*, тяготеющего к нарушенным выпасом местам, дорогам, тропам, тогда как *S. klemenzii* оказался более устойчивым.

Сообщества формации луковых степей приурочены преимущественно к равнинам и относительно приподнятым местоположениям, предпочитая легкосуглинистые и рыхлые песчаные почвы. Эдификатором является плотнодерновинный лук *Allium polirrhizum*. По проективному покрытию позиции лука многокорешкового усиливаются, и в процентном соотношении его становится больше по сравнению с ковыльками. Реже встречается в зоне гобийских пустынных степей *Allium mongolicum*, развитие которого начинается гораздо раньше. Развитие луков тесно связано с обилием и временем выпадения дождей (Казанцева, 2009). По данным Т.А. Поповой (1981) «корни лука многокорешкового расположены вблизи поверхности почвы и способны улавливать даже небольшие осадки». Согласно А.А. Юнатову (1950) в пустынных степях плотнодерновинный лук многокорешковый отмечался далеко не всегда и в виде примеси. Однако в современной растительности данный лук отмечен во всех сообществах выделенной формации и в довольно большом обилии. Формация луковых степей включает луковую и разнотравно-луковую ассоциации. В луковой ассоциации, наряду с преобладанием *Allium polyrrhizum*, состав травостоя несколько изменяется вследствие снижения фитоценотической роли и выпадения из сообщества *Stipa glareosa*. Кроме того, отмечается участие *Allium mongolicum*. Также присутствуют *Potentilla astragalifolia*, *Scorzonera mongolica*, *Convolvulus ammani*, *Setaria viridis*. Разнотравно-луковая ассоциация характеризуется высоким фитоценотическим значением лука многокорешкового и практически отсутствием лука монгольского. Кроме этих эдификаторов отмечено активное участие *Dontostemon integrifolius* и *Crepis flexuosa*. Группа разнотравья представлена *Potentilla bifurca*, *P. astragalifolia*, *Scorzonera mongolica*,

*Kochia prostrata* и дигрессионными плохопоедаемыми видами – *Convolvulis ammani* и *Lagochilus ilicifolius*.

На почвах легкого механического состава, с небольшим содержанием гумуса произрастают сообщества ковыльково-луковой формации. Основными ценозообразователями сообществ данной формации являются также *Allium polyrrhizum* и *Stipa glareosa*, причем соотношение их колеблется. Кроме них активным эдификатором выступает дигрессионный вид *Carex duriuscula*. Формация включает 2 ассоциации: твердоватоосочково-луково-ковыльковую и разнотравно-луково-ковыльковую. В первой ассоциации заметное участие принимают дигрессионные виды – *Dontostemon integrifolius* и примитивный полукустарничек *Artemisia frigida*. В составе травостоя отмечены *Lagochilus ilicifolius*, *Heteropappus altaicus* и др. В разнотравно-луково-ковыльковой ассоциации группа разнотравья, представлена такими видами, как *Asterothamnus heteropappoides*, *Heteropappus altaicus*, *Convolvulis ammani* (дигрессионный вид) и довольно агрессивным элементом *Setaria viridis*. На опесчаненных и щебнистых почвах при интенсивной пастбищной нагрузке в ковыльковых степях увеличивается роль *Cleistogenes songorica*, формирующей дигрессионные варианты (Куминова, 1982; Ершова, Намзалов, 1985) и степь приобретает черты змеевково-луковой формации.

В сообществах змеевково-луковой формации, наряду с луком эдификаторное значение принимает многолетний дерновинный злак – *Cleistogenes songorica*. Это гобийско-монгольский вид, не выносящий засоления и сильной солонцеватости, предпочитающий дресвянисто-гравийные отложения и каменисто-щебнистые почвы. Данные сообщества располагаются по волнисто-увалистым равнинам, отчасти пологим склонам. Выделена 1 ассоциация: змеевковая с участием *Peganum nigelastrum*. Согласно характеристике пустынных степей, приведенной А.А. Юнатовым, в данных сообществах мелкие осочки – *Carex stenophylla* и *C. duriuscula* могут встречаться в небольшом количестве и только в качестве сопутствующего вида. Однако в современном растительном покрове участие *Carex duriuscula* уже более значительное (5-7 %), змеевка джунгарская имеет достаточно обильное проективное покрытие, хотя жизненное состояние его угнетенное. Отмеченное высокое участие алкалоидного вида *Peganum nigelastrum* говорит об усиливающейся дигрессии сообществ.

При увеличении засоленности почв роль многолетних полукустарничковых солянок усиливается. В этих случаях наблюдаются формирование солянково-луковых пустынных степей (Юнатов, 1954). В солянково-луковой формации наряду с эдификаторной ролью дерновинных злаков большое значение принимают типичные полукустарнички – *Reaumuria songorica* и *Salsola passerina*. Их участие по проективному покрытию

удерживается примерно на одном уровне. Солянковы́е сообщества развиваются в понижениях, по пологим склонам на суглинистых и солончаковато-солонцеватых почвах. Формация включает 5 ассоциаций: чиево-солянко-луковую, вьюнково-солянково-луковую, мелкодерновиннозлаково-солянково-луковую, разнотравно-солянково-луковую и поташниково-солянково-луковую. В крупных транзитных сайрах в пределах настоящих пустынь реомюрия является доминантом, однако в данных фитоценозах находится в более жестких термальных условиях.

Для местообитаний с повышенным содержанием щебня, дресвы и почв облегченного механического состава характерны кустарниково-ковыльковые степи, где заметную роль играют виды рода *Caragana*. Караганово-ковыльковая формация является вариантом пустынных степей, вызванная почвенными условиями и защебненностью.

**5. ФЦТ Залежная растительность.** Значительные площади пашни, переведенные в залежь в 90-х годах прошлого века, в настоящее время находятся на разных стадиях заце́линения. Генезис залежной растительности связан с коренной трансформацией степных сообществ в результате распашки под сельскохозяйственные земли, поэтому вслед за Намзалавым Б.Б. и др. (2005), мы рассматриваем ее в рамках особого антропогенно-обусловленного флороцено́типа. Процессы восстановления естественной растительности на залежах изучались Е.М. Лавренко (1940), А.М. Семенова Тян-Шанской (1966), труды которых стали классическими. Ими были составлены обобщающие схемы сукцессии, включающие последовательно стадии бурьянистую, корневищную, рыхлокустовых злаков, плотнокустовых злаков. Сообщества этих стадий имеют отличительные особенности во флористическом составе и структуре. При этом внутри фитоценозов залежей идет постоянный процесс изменения, как количественного состава видов флоры, так и изменения качественного соотношения между видами, а отсюда замена доминантов, соответственно между основными стадиями существуют и переходные. В составе данной группы нами выделено 3 формации, характеризующие 3 стадии (табл. 7).

Таблица 7 – Структура и видовой состав ассоциаций залежной растительности (фрагмент)

Флороценотип	Залежная растительность																																		
	вечнопопынная				мятликово-лапчатковая												холоднопопынная																		
	1				2				3				4				5				6				7										
Ассоциации	1429	1450	1457	1457-5a	5d	5b	5c	5f	1421	1427	1425	1428	1424	1426	1422	1423	1439	1440	4a	4b	4d	4c	1438	1441	1453	1458	1460	1431	1432	1435	1435-1				
Доминантные виды																																			
<i>Artemisia scoraria</i>	7	6	8	7	5	7	3	8	10	1	2	1	3	2	2+	1+				7	3			1		+		1							
<i>Ulmus pumila</i>					10	4	6	5	5		2	2	3	2	1																				
<i>Poa botryoides</i>					10	6	4	4	12	2	5	3	4	4	3	3	2	2	2	10	4			4	1	2+	2	2							
<i>Potentilla acervata</i>					5	2	6	5	7	4	5	6	7	5	6	4	5	5	3	2															
<i>Stipa krylovii</i>					2		3	2		3	1	1	1			5	4	3	4			5	15		+		1								
<i>Agropyron cristatum</i>										1						1	2+		2	8	9	15	7	1		1+	1	1+	1+	1+	1+				
<i>Artemisia frigida</i>					3		6	3		+			2	1	2	1	1+		6	5	5	4	6	5	7	8	9	8	7	5	5				
Дифференциальные виды																																			
<i>Achnatherum splendens</i>	2	2	3	2												+																			
<i>Medicago falcata</i>	1+		2	1																															
<i>Kochia prostrata</i>	1	1+		2													1		1									1		1					
<i>Youngia tenuifolia</i>	1+	+		1																						+					+				
<i>Poa attenuata</i>							12																					2	1	2+					
<i>Potentilla acaulis</i>										1	1	2	1	1	1+	2	1	1				2		+				4	5	3	4				
<i>Cleistogenes squarrosa</i>												+	1+	+										1	1	1+	+								
<i>Heteropappus altaicus</i>	+		1	1																				1		1	1+		1	2+					
<i>Phlomis tuberosa</i>				2						1+			1					1		3	3		1												
<i>Carex korshinskyi</i>							3														3		5												
<i>Carex pediformis</i>																				7			12												
<i>Polygonum aviculare</i>				2		3	1													10	5+														
<i>Koeleria cristata</i>					5	5		2+		+	1				+	2	1+	12	7		7		1		+						1				
<i>Panzerina lanata</i>										1						1	1+	2																	
<i>Bupleurum scorzoniferifolium</i>										+	1	1						+																	
<i>Caragana pygmaea</i>												2	1	1				+																	
<i>Alyssum obovatum</i>		1	1+							1	2	1	2	1	2	1							2												
<i>Potentilla bifurca</i>						5				2	2	1	1+	1	2	1	2	1	2	1	5	3	2	3	1	1	1	2	1+	1+	1				
<i>Veronica incana</i>					2	2	2		1											3	4	1	2+	+	1		1	1	1	1	1				
<i>Galium verum</i>	2	1+		1	2	5	3	2	3											3		1	2	1	1		1		1+		1				
<i>Artemisia commutata</i>	2	2	1	2																				2	1	1		2	1	1	1				
<i>Pulsatilla turczaninovi</i>																								1	1+		1		1	1	1				
<i>Allium anisopodium</i>															1			1		1			1				5	1	2	1	1	2	2	1+	1
<i>Carum buriaticum</i>												1		+	1			1									+					+			

**Примечание.** Виды, встречающиеся в 1-3 описаниях: *Carex duriuscula*, *Chamaerhodos erecta*, *Crepis flexuosa*, *Nonea rossica*, *Dontostemon integrifolius*, *Ptilotrichum tenuifolium*, *Saussurea salicifolia*, *Papaver nudicaule*, *Echinops latifolius*, *Goniolimon speciosum*, *Erysimum flavum*, *Spiraea aquilegifolia*, *Spiraea aquilegifolia*, *Serratula centauroides*, *Scorzonera radiata*, *Taraxacum officinale*, *Lappula squarrosa*, *Thalictrum foetidum*, *Cotoneaster melanocarpus*, *Saussurea amara*, *Melilotus officinalis*, *Thalictrum minus*, *Hypericum erectum*, *Trifolium repens*

Ассоциации: 1 – вечнопопынная, 2 – мятликово-лапчатковая, 3 – мятликово-лапчатковая с *Ulmus pumila*, 4 – крыловоковыльно-лапчатковая, 5 – житняково-холоднопопынная, 6 – змеевково-холоднопопынная, 7 – бесстебельнолапчатково-холоднопопынная

Венечнопопынная формация относится к мелкобурьянистой стадии залежной сукцессии. Характерной особенностью бурьянистой стадии является отсутствие диагностических видов. Бурьянистые сообщества сформированы главным образом сорными однолетними и двулетниками травами, не представляющими кормовой ценности. Доминантом венечнопопынной формации является полынь *Artemisia scoparia*. Нужно отметить, что данный вид имеет высокое постоянство на всех выделенных стадиях. В сообществах этой формации ОПП низкое 10-15 %, видны участки обнаженной поверхности, отдельные виды представлены единичными особями удаленными друг от друга. Сообщества данной формации находятся в основном по подножиям гор, пологим склонам невысоких грядовых увалов.

На предгорных равнинных участках и склонах небольшой крутизны (3-8 град.) в котловинах Селенгинского среднегорья с супесчаными и суглинистыми каштановыми почвами выделены сообщества мятликово-лапчатковой формации, представляющие рыхлодерновинную стадию. При этом сообщества данной формации зарастают ильмом с бывших разграничительных лесополос. На залежах, подвергшихся выпасу, в окрестностях населенных пунктов, сформированы холоднопопынные залежи с доминированием полукустарничка *Artemisia frigida*. Формация холоднопопынных сообществ относится к дигрессионной стадии залежной сукцессии. Видовой состав данной формации близок к квазинатуральным сообществам естественных угодий, что говорит об интенсивном внедрении степной флоры и начале процесса их зацеplения.

### **Распределение растительности в зависимости от экологических условий**

Кроме классификации, которая основывается на характеристике растительности (видовой состав, его ценотические свойства), важной является также оценка внешних факторов, обуславливающих развитие, структуру сообществ и распределение их в пространстве. В целях сопряженного анализа структуры сообществ и экологических условий с помощью ординационных методов определены экологически значимые факторы среды, отвечающие за фитоценотическое разнообразие и пространственное распределение растительности исследуемой территории.

Для анализа синтаксономических единиц ранга флороценотипов проведена непрякая ординация с использованием алгоритма DCA (Hill, Gauch, 1980) (рис. 4).

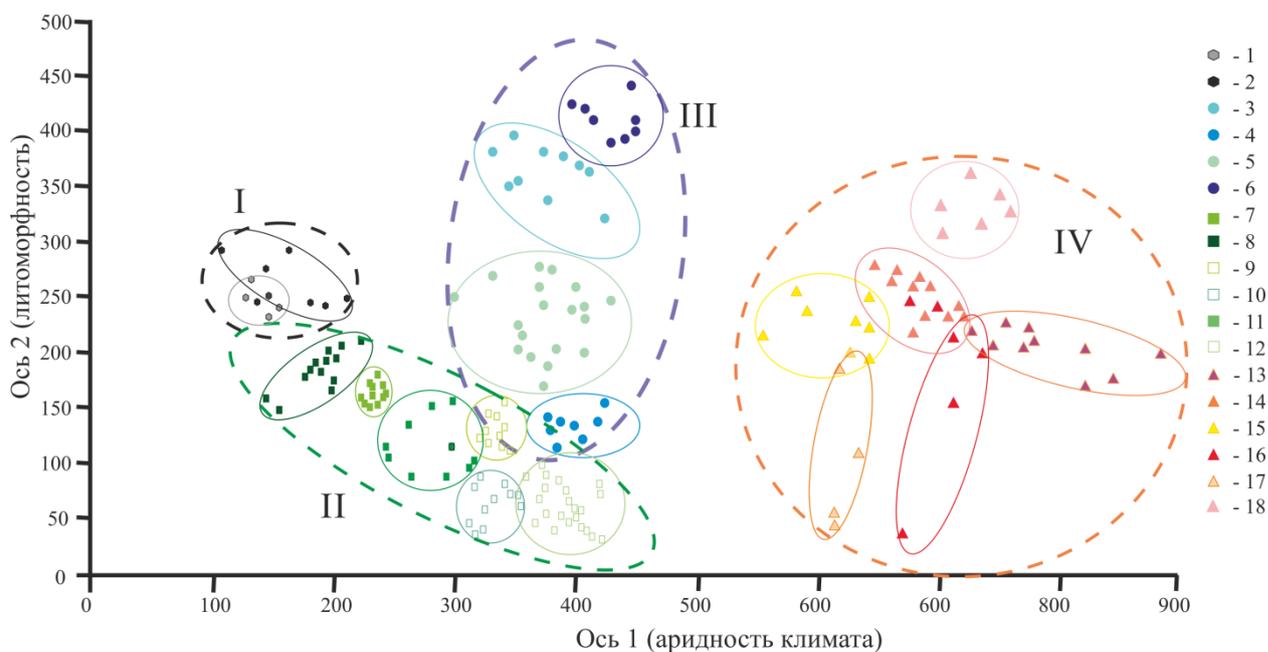


Рисунок 4 – DCA-ординация ценофлор степных сообществ территории исследования Римскими цифрами и пунктирными линиями обозначены флороценотипы: I – луговые степи, II – настоящие степи, III – горные степи, IV – пустынные степи;

Сплошными линиями обозначены формации: 1 – осоково-разнотравная, 2 – кустарниково-разнотравная, 3 – нителистниковая, 4 – твердоватоосочковая, 5 – мелкодерновиннозлаково-разнотравная, 6 – кистевидномятликово-злаковая, 7 – крыловоковыльная, 8 – разнотравно-крыловоковыльная, 9 – караганово-вострещовая, 10 – холоднополынная, 11 – караганово-крыловоковыльная, 12 – твердоватоосочковая, 13 – ковыльковая, 14 – змеевково-ковыльковая, 15 – луковая, 16 – ковыльково-луковая, 17 – солянково-луковая, 18 – караганово-ковыльковая

Из рисунка 3 видно, что ординация получилась достаточно выраженной – в пространстве двух осей ординации, представляющих значения экологических факторов, сформировалось несколько групп. Они представляют разные типы степной растительности, различающиеся по экологии и флористическому составу. Вдоль оси абсцисс наблюдается последовательное замещение степных сообществ от луговых степей на северном полигоне «Улан-Удэ» до пустынных степей южного полигона «Мандалгови». Из этого можно сделать вывод, что экологическим фактором, обуславливающим выявленный порядок групп, является градиент гумидности-аридности (уменьшение увлажненности) климата. Ось ординат отражает распределение ценофлор по степени литоморфности (от мощных супесчаных до маломощных щебнистых).

В первую группу входят мезофитные луговые и кустарниковые сообщества, распространённые на высотах 650-730 м, на каменисто-щебнистом или мелкоземном субстрате, в зоне недостаточного и временно избыточного увлажнения. Во вторую группу входят сообщества настоящих сухих степей с преобладанием *Stipa krylovii*, распространённые на высотах 700-800 м на средне- и относительно мощных супесчаных почвах – темно-каштановых. Сюда же входят сообщества настоящих степей интенсивного

пастбищного использования, которые тяготеют к супесчаным почвам. Сообщества этой группы находятся в зоне периодически недостаточного увлажнения. В третью группу входят горностепные сообщества, характеризующиеся увлажнением настоящих степей, но расположенных выше – в диапазоне высот 1500-1600 м, на мелкоземных и каштановых маломощных щебнистых почвах, в зоне умеренно малоувлажненной, холодной, длительно промерзающей. Четвертая группа объединяет сообщества пустынных степей. Сообщества этой группы распространены в аридной зоне на высотах от 1300 до 1400 м, на бурых щебнистых и засоленных почвах с недостаточным увлажнением.

Ведущими лимитирующими факторами для степной растительности являются степень увлажнения и особенности субстрата, на котором развиваются сообщества. Для отражения экологического положения сообществ на градиентах увлажнения и богатства почв проведена прямая ординация всех сообществ и анализ внутри каждого ФЦТ с использованием экологических шкал А.Ю. Королюка (2006), разработанных для степной растительности Сибири и Дальнего Востока (рис. 5). По оси абсцисс отложены ступени увлажнения, а по оси ординат – ступени активного богатства почвы.

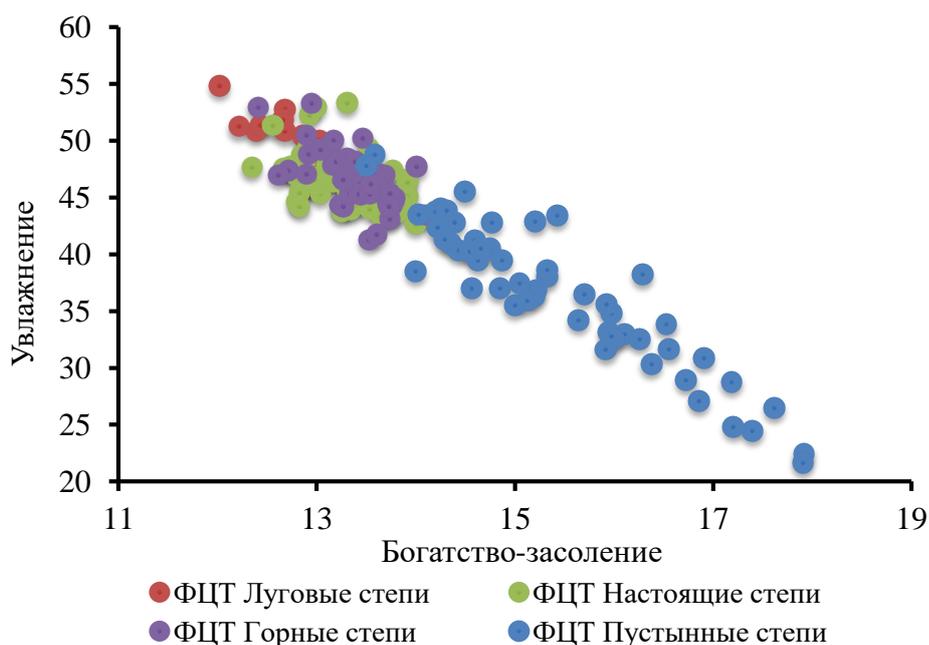
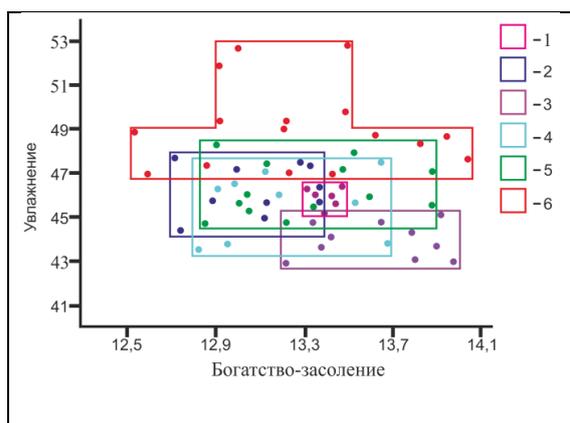


Рисунок 5 – Прямая ординация ценофлор степных сообществ территории исследования

На схеме ординации по двум ведущим экологическим факторам все описания расположены последовательно от увлажненных луговых степей к засушливым пустынным; каждый флороценотип характеризуется определенным экологическим статусом, плавно перетекая из одного в другой. Амплитуда лугостепного увлажнения колеблется в пределах 48-55, а по богатству – 12,2-13,1. Диапазоны ступеней увлажнения 38-43 и богатства-засоления 12,5-14,0 соответствуют настоящим степям, также в этом диапазоне

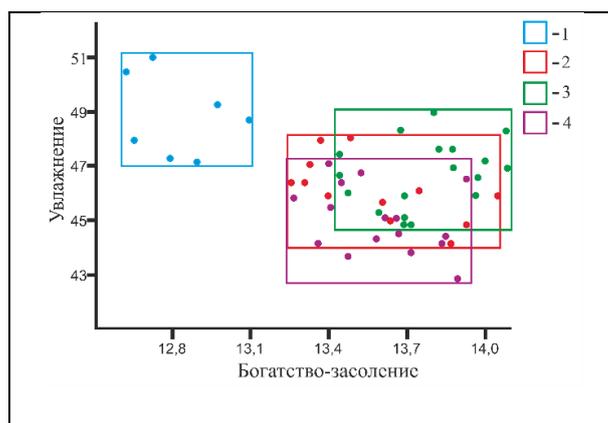
расположены горные степи со смещением по шкале увлажнения до 51. Пустынные степи характеризуются распространением по увлажнению в пределах 20-45 и по засолению – 13,5-18,0. При анализе разными методами ординации исключены описания залежной растительности, поскольку они занимают широкое положение по увлажнению 46-52 и по почвенному богатству – 12,8-13,7, объединяя растительность разных стадий демутиации от бурьянистой до корневищной, что вносило искажения в общее графическое представление распределения естественной степной растительности.

Для более детального анализа экологических условий синтаксонов меньшего ранга рассмотрены экологические позиции сообществ на уровне формаций и ассоциаций (рис. 6).



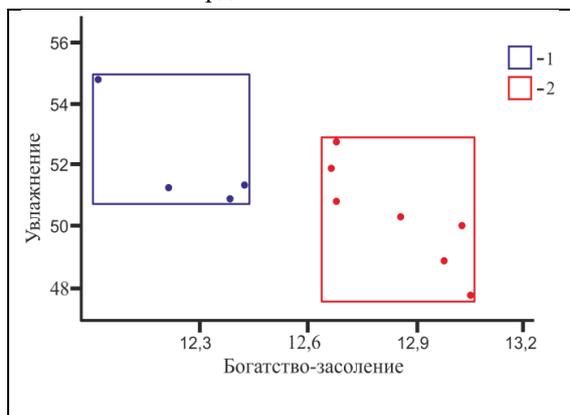
а) настоящие степи

1 – крыловоковыльная, 2 – разнотравно-крыловоковыльная, 3 – караганово-крыловоковыльная, 4 – караганово-вострещовая, 5 – холоднопопынная, 6 – твердоватоосочковая



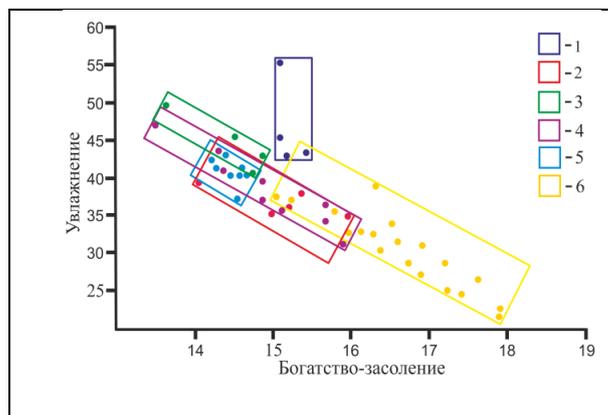
б) горные степи

1 – низкотравная, 2 – нителистниковая, 3 – твердоватоосочковая, 4 – мелкодерновиннозлаково-разнотравная



в) луговые степи

1 – кустарниковая разнотравная, 2 – стоповидноосочково-разнотравная



г) пустынные степи

1 – караганово-ковыльковая, 2 – ковыльковая, 3 – змеевково-луковая, 4 – луковая, 5 – луково-ковыльковая, 6 – солянково-луковая

Рисунок 6 – Схемы прямой ординации настоящих (а), горных (б), луговых (в), пустынных (г) степей на основе экологических шкал по факторам увлажнения и богатства-засоления почв. Точками обозначены геоботанические описания.

Сообщества луговых степей по увлажнению заняли позиции лугостепного увлажнения и диапазон довольно богатых почв. Кустарниковая разнотравная формация соответствует диапазону влажностепного и лугового увлажнения (51,1 – 54,8) и богатым почвам (12,1 – 12,5). Ниже по шкале увлажнения и правее по богатству-засолению почв, но все еще в диапазоне лугостепного увлажнения (47,9 – 52,6) и богатых почв (12,6 – 13,1) располагается стоповидноосочково-разнотравная формация.

При рассмотрении формаций настоящих степей отмечено, что центральное и компактное положение по осям ординации в пределах 13,3-13,5 по степени богатства почв и 45,0-46,5 по степени увлажнения занимают близкие к условно-коренным ковыльные степи полигона «Гусиноозерск». Слева располагаются ковыльные степи с *Caragana pugnata*, расположенные на защелбренных склонах горы северного полигона «Улан-Удэ» – менее богатые (12,7-13,4) и более увлажненные (44,1-45,3). Эти степи представляют собой петрофитный вариант. Справа – псаммофитный вариант ковыльных степей с *Caragana microphylla* на супесчаных темно-каштановых почвах полигона «Дархан»; по шкале богатства-засоления почв в пределах 13,2 до 14,0, а по увлажнению – 42,6-45,3.

Экологические позиции вострцовых степей шире в связи с тем, что эдификатор сообществ *Leymus chinensis* – злак с широкой экологической амплитудой. По степени увлажнения он занимает позиции в пределах, аналогичных для ковыльных степей, но по шкале богатства почв положение достаточно разнообразно, так как вострец способен выносить значительные дозы засоления и засушливость почв, хорошо развивается на супесчаных почвах, чему способствуют его длинные корневища (Пешкова, 1972). Эдификатор холоднопопынных степей *Artemisia frigida* имеет очень широкую экологическую амплитуду. Экологический статус этой формации соответствует значениям 44,5-48,5 по увлажнению и 12,8-13,9 по богатству-засолению; при этом 2 ассоциации данной формации располагаются в порядке возрастания увлажнения: злаково-холоднопопынная → лапчатково-холоднопопынная. Эдификатор твердоватоосоковой формации – *Carex duriuscula* – также характеризуется широкой экологической амплитудой. Ценофлора формации экологически контрастна – наряду с ксерофитами встречаются мезоксерофиты. Данная формация является дигрессионным вариантом настоящих степей, поэтому экологические позиции данных сообществ не однозначны. Увеличение видового состава за счет сорного разнотравья обусловлено резким улучшением влагообеспеченности верхнего слоя почвы за счет его унавоживания, соответственно экологический статус по степени увлажнения возрастает до 53. Обедненные ассоциации твердоватоосочковых сообществ с участием караганы и примесью однолетников по увлажнению занимают

положение 46,5-49,0, а по оси богатства за счет присутствия чия в составе сообществ тяготеет в сторону засоления.

При ординационном анализе горных степей полигона «Дзун-Мод», отмечается что петрофитные низкотравные сообщества занимают позиции обедненных почв – защеленные почвы, но увлажненные с участием мезофитных видов (*Filifolium*, *Leontopodium*, *Minuarcia*). По шкале богатства почв в диапазоне 12,6-13,1, а по степени увлажнения – 47-51. Сообщества нителестниковых, мелкодерновинных и твердоватоосочковых степей сгруппировались практически в одном диапазоне, на довольно богатых почвах (13,2-14,1) и в условиях среднестепного увлажнения (42,5-48,0). Твердоватоосочковые сообщества тяготеют к более увлажненным позициям, так как дигрессионные варианты горно-луговых степей сосредоточены в основном в придолинной части, где достаточно велика пастбищная нагрузка.

На схеме прямой ординации пустынных степей на уровне формаций по показателям нарастания градиента влажности субстрата фитоценозы упорядочились в следующий экологический ряд: змеевково-луковые, луковые, луково-ковыльковые, караганово-ковыльковые, ковыльковые, солянково-луковые сообщества. Однако их экологические пространства перекрываются, что, вероятно, определяется присутствием общих видов адвентивной флоры. Одна формация плавно перетекает в другую, границы фитоценозов размыты, резких разрывов внутри групп формаций не наблюдаем. В местообитаниях с наиболее сухими субстратами (20-35) распространены сообщества солянково-луговых степей, тяготеющие к более засоленным почвам (15,0-17,9). Смещение группы до степени 37 по шкале увлажнения идет за счет ассоциации с *Achnatherum splendens* – видом, который приурочен к умеренно засоленным и достаточно увлажненным субстратам. Луковые сообщества занимают положение между 35-44 степенями увлажнения, а по шкале засоления почв 14,3-15,9. Часть ценоза смещается вниз до шкалы 30 по степени увлажнения за счет присутствия в травостое солянки *Reaumuria songarica* и образует переходную группу с чиево-солянково-луковой ассоциацией. Луково-ковыльковые сообщества расположились компактно в границах с увлажнением (36-45) и с меньшим уровнем засоления (14,0-14,8) почв. Большая часть луково-ковыльковой формации с частью луковой образуют экотонную группу за счет общих видов разнотравья, входящих в перекрывающиеся сообщества (*Dontostemon integrifolius*, *Convolvulus ammannii*, *Potentilla astragalifolia*). Змеевково-луковые сообщества занимают наиболее увлажненные позиции по сравнению с сообществами других формаций в пределах 40-50 по увлажнению и 13,5-15 по засолению. Ковыльковые степи распределены разрозненно по осям ординации, как по фактору засоления, так и по фактору увлажнения, заходя в экологические пространства всех

выделенных формаций. Тем не менее, на непрямой ординации данные ковыльковые сообщества упорядочились в одну группу, что обосновывает их выделение в отдельную ассоциацию. Караганово-ковыльковые сообщества заняли промежуточное положение между фитоценозами с господством травянистых многолетников и полукустарничково-солянковыми, при этом они тяготеют к увлажненным позициям за счет кустарников караганы, присутствующих в составе сообщества. В результате анализа ординационной схемы отмечена обратная взаимосвязь между показателями увлажнения и засоления почвы: чем выше показатель влажности субстрата, тем ниже показатель по богатству почв и их засолению.

Сообщества залежной растительности распределились по осям ординации в соответствии со сукцессионными стадиями (рис. 7). Венечнополынные сообщества на обедненных за счет участия *Achnatherum splendens* засоленных почвах, мятликово-лапчатковые залежи на более увлажненных позициях из-за присутствия в составе разнотравья, холоднополынная залежь – в пределах увлажнения и богатства почв близким к значениям условно-коренных ковыльных настоящих степей.

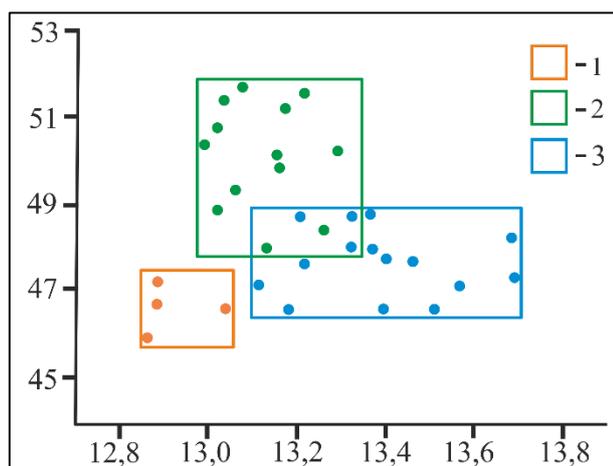


Рисунок 7 – Схема прямой ординации залежной растительности на основе экологических шкал по факторам увлажнения и богатства–засоления почв

Формации: 1 – венечнополынная, 2 – мятликово-лапчатковая, 3 – холоднополынная.

В результате анализа для каждого сообщества определена количественная мера его принадлежности к той или иной группе. Метод ординации позволил уточнить экологические позиции, получить обобщенную экологическую характеристику исследованных фитоценозов, что дает возможность в дальнейшем построить для них экологические ряды по градиентам факторов. Кроме того, с помощью методов ординации мы подтвердили результаты классификации растительности и оценили взаиморасположение выделенных групп по отношению к факторам среды.

## Оценка современного состояния растительного покрова на основе карт актуальной растительности

Наряду с фитоценотической классификацией, рассмотрена пространственная структура растительного покрова модельных полигонов, под которой понимается закономерное сочетание, или комбинация, различных растительных сообществ в пространстве (Грибова, Исаченко, 1972). Кроме того, в целях геоэкологической оценки большой интерес представляло то, каким образом последствия сукцессионной динамики растительного покрова отражаются в пространственной структуре растительности.

Одним из ведущих факторов, оказывающих большое влияние на формирование ландшафта в целом, а также на пространственное распределение растительного покрова является рельеф. Знания о рельефе в сочетании с ординационными построениями значительно углубляют анализ и возможность биогеографической интерпретации полученных данных. Наибольшее экологическое значение имеют такие элементы рельефа, как высота местности над уровнем моря, экспозиция и крутизна склона (Соколова, 2014). Построение экологических моделей, отражающих дифференциацию растительности в зависимости от элементов рельефа является актуальным для раскрытия пространственной структуры. К одним из таких моделей относится «модель сопки». Построение модели сопки (обобщенной схемы) – это оригинальная методика, разработанная А.Ю. Королюком для описания и анализа пространственной организации растительного покрова (Королюк, 2006). Модель имеет форму круга, ориентирована по сторонам света и разбита на сектора (рис. 8 а). Нами в данную модель внесены коррективы, где дополнительным атрибутом в графическое представление, помимо характеристики склонов (крутизна, экспозиция) внесены относительные высоты (Жарникова, Алымбаева, 2019). Для представления данных о высоте круг разбит условно на 3 части (подножье, средняя часть склона, привершинная часть). При этом внутри каждое кольцо структуры содержит данные о крутизне склона – зоны пологих (до 5 градусов), среднекрутых (от 5 до 15) и крутых (более 15) склонов. Каждое геоботаническое описание располагалось в определенном секторе на схеме сопки в соответствии с экспозицией и крутизной склона.

Для каждого модельного полигона была получена форма с нанесенными описаниями (рис. 8 б), кроме полигона «Гусиноозерск», так как растительность данного полигона в значительной степени фрагментирована распашкой зональных экотопов, а естественная растительность сохранилась лишь небольшими участками, в основном по вершинам сопки. В данном случае модель была бы не информативной, поскольку флористический состав вторичных залежных ценозов не отражает истинной картины формирования сообществ в пространстве, а в большей степени зависит от стадии зарастания.

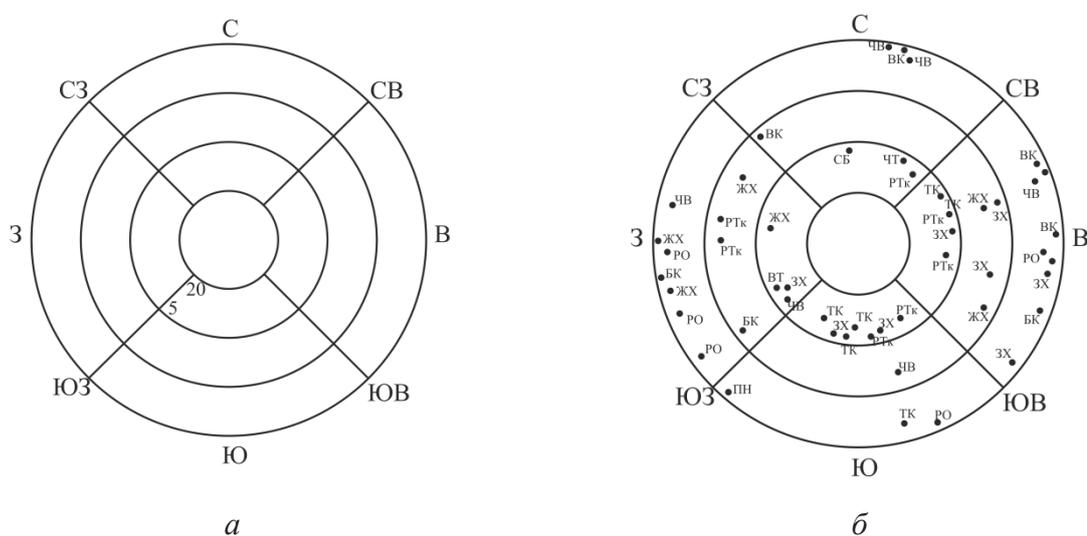


Рисунок 8 – Форма «модели сопки»: пустая (а) и с нанесенными описаниями (б)

В результате нанесения описаний на форму «модели сопки» получено графическое представление распределения сообществ по отношению к сторонам света и в зависимости от угла наклона поверхности. Так, кустарниковые разнотравные сообщества располагаются на склонах северо-восточной экспозиции, петрофитные карагановые степи на вершинах и крутых склонах южной экспозиции. Стоповидноосоково-разнотравнозлаковые степи развиваются на теневых склонах северо-восточной и северо-западной экспозиции, а крыловоковыльно-разнотравные степи, преимущественно на умеренно-крутых склонах южной экспозиции, за исключением, осоково-крыловоковыльной ассоциации, которая занимает слабопокатые склоны всех экспозиций у подножья. Сообщества вострецовых степей не имеют четкой привязанности к экспозиции, но представлены по нижним частям склона. Холоднополюнные сообщества занимают все элементы склона, преимущественно юго-восточной и юго-западной экспозиции. Твердоватоосочковые фитоценозы настоящих степей занимают пологие нижние части склонов З экспозиции; вверх по склону располагаются лишь твердоватоосочковые степи с участием караганы. Также верхние и срединные части склона занимают караганово-крыловоковыльные сообщества. Полидоминантно-мелкодерновиннозлаковые степи занимают теплые инсолируемые умеренно-крутые и крутые склоны юго-западной и юго-восточной экспозиции. Теневые склоны северо-западной и северо-восточной экспозиции характеризуются положением нителистниковых степей. Низкотравные степи произрастают на верхних позициях склона. На пологих и умеренно-крутых нижних частях склона сформированы дигрессионные твердоватоосочковые горные степи. Пустынностепные ценозы распределены без выраженной привязанности к ориентации склона.

Для отражения распределения сообществ различного увлажнения по склонам модели, в качестве атрибутивной цифровой информации использованы экологические

шкалы по увлажнению, богатству и засолению почв, разработанные для территории Южной Сибири (Королук, 2006) (рис. 9, 10).

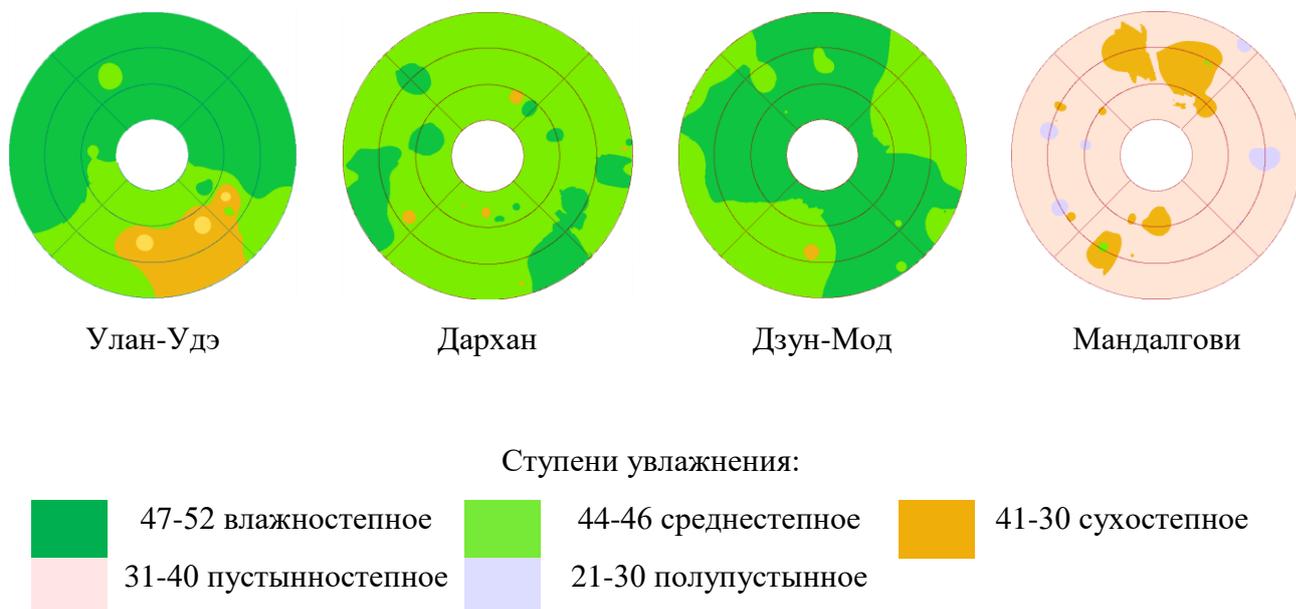


Рисунок 9 – Модели пространственного распределения сообществ в ряду увлажнения

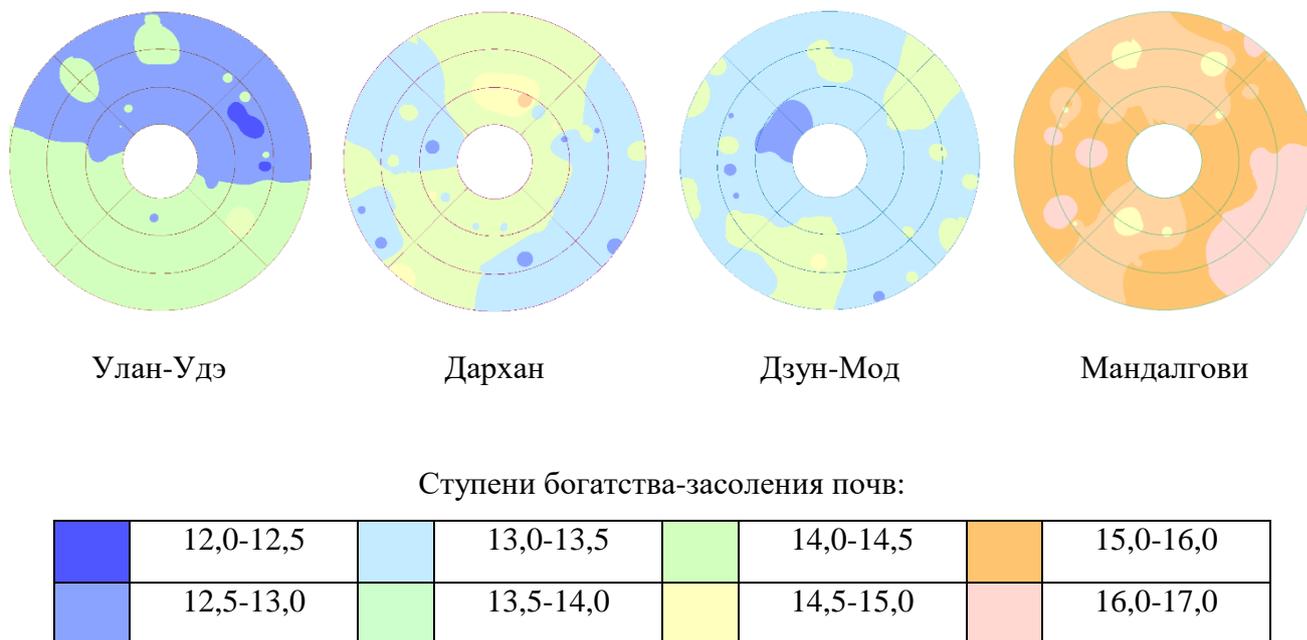


Рисунок 10 – Модели пространственного распределения сообществ в ряду богатства-засоления почв

При анализе «моделей сопки» с плотностной раскраской по увлажнению и засолению можно отметить, что на северном полигоне «Улан-Удэ» и полигоне «Дзун-Мод» проявляются экспозиционные различия в степени увлажнения северных (теневых) и южных (инсолируемых) склонов. Эти различия определяются среднегорным характером рельефа

исследуемых участков. На данных полигонах увлажнение выступает основным лимитирующим фактором. Экспозиционные различия между северными и южными склонами ослабевают в нижних широтах. Так, для полигона аридной зоны «Мандалгови» наблюдается слабая выраженность экспозиционных различий растительности, это объясняется тем, что пустынные степи характеризуются значительной сухостью. В силу выровненности рельефа модельного полигона «Мандалгови» единство экологических условий определяется близкими показателями инсоляции; здесь и южные и северные склоны находятся в условиях дефицита влаги. Большое значение в пространственной дифференциации растительности приобретает степень засоления почв. Слабая выраженность экспозиционных различий на модельном полигоне «Дархан» может быть объяснена тем, что неравномерность распределения растительности усугубляется высокой антропогенной нагрузкой, в результате которой растительность здесь характеризуется различными стадиями пастбищной дигрессии, и, соответственно, неустойчивым растительным покровом с преобладанием видов с широкой экологической амплитудой.

Полученные графические модели позволяют наглядно отобразить распределение растительных сообществ по ориентациям склона, по занимаемым высотам, извлекать информацию о структуре растительного покрова, о закономерностях, прослеживаемых на трансекте.

Для картографирования пространственного распределения растительных сообществ в качестве картируемых категорий были приняты гомогенные и гетерогенные единицы растительного покрова. При этом единицы гомогенной растительности, представляющие собой однородные сообщества, формируют основу пространственной выраженности растительности. При усложнении структуры происходит образование различных комбинаций растительных сообществ – гетерогенных единиц. На структурном уровне выделяются следующие территориальные единицы: микрокомбинации, мезокомбинации и макрокомбинации.

Микрокомбинации представляют собой закономерно повторяющиеся фитоценозы или их фрагменты на различных формах микрорельефа и связанных с ними почвенных разновидностей (Грибова, Исаченко, 1982). Основными структурными элементами микрокомбинаций являются комплекс и микропоясные (экологические) ряды. Комплекс – сочетание мозаично расположенных растительных сообществ, закономерно и многократно сменяющих друг друга на генетически однородной и сравнительно небольшой территории. Экологический ряд характеризуется устойчивым при данных экологических условиях поясным расположением сообществ, связанным с направленностью изменений одного или нескольких экологических факторов.

Мезокомбинации представляют собой закономерно повторяющиеся растительные сообщества и микрокомбинации, разнородность которых обусловлена мезорельефом. В мезокомбинациях сопряженность растительных компонентов друг с другом обусловлена орографическими факторами. Среди структурных элементов мезокомбинаций выделяют: комплексы и сочетания растительных сообществ.

Макрокомбинации занимают более протяженные территории и связаны с определенными формами макрорельефа, образуя сложные сочетания и единые экологические ряды от водоразделов до долин рек.

Исследования пространственной структуры растительности степи проводили на модельных полигонах с составлением крупномасштабных геоботанических карт (рис. 11-14). Подразделения легенд к картам соответствуют делению растительности по структурному признаку на гомогенную и гетерогенную. В цветовой раскраске карт гомогенные сообщества даны сплошной заливкой, а гетерогенные – определенными типами цветowych штриховок.

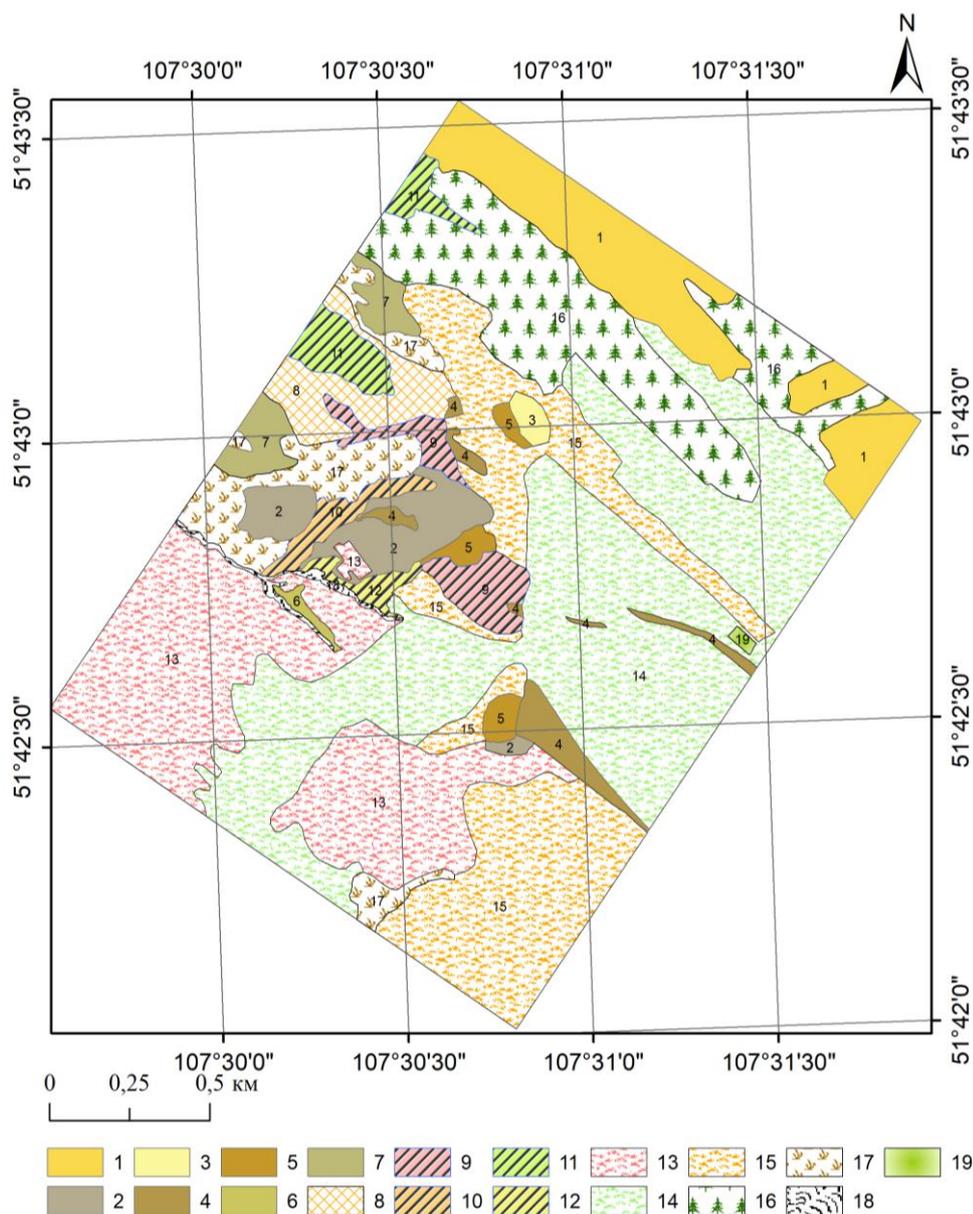


Рисунок 11 – Карта-схема распределения растительного покрова модельного полигона «Улан-Удэ» (М 1:15000)

#### Легенда:

1. Остепненный сосновый лес (*Pinus sylvestris*) у подножия на пологих склонах северо-восточной экспозиции;
2. Карагановые степи (*Caragana pugnata*) по каменистым крутым склонам южной экспозиции среди останцов в привершинной части;
3. Оттянутомятликово-стоповидноосоково-разнотравная степь (*Poa attenuata*, *Carex pediformis*, *Galium verum*) на крутых и умеренно крутых склонах северо-восточной экспозиции;
4. Кустарниковые разнотравные сообщества (*Rosa acicularis*, *Cotoneaster melanocarpus*, восточной экспозиции);

5. Гребенчатожитняково-стоповидноосоково-разнотравные сообщества (*Agropyron cristatum*, *Carex pediformis*, *Artemisia frigida*, *Alyssum obovatum*) на умеренно крутых склонах западной экспозиции;
6. Горноколосниково-крыловоковыльные сообщества (*Stipa krylovii*, *Orostachis spinisa*) на умеренно крутых склонах юго-восточной экспозиции;
7. Осоково-крыловоковыльные сообщества (*Stipa krylovii*, *Carex pediformis*, *Carex korshinskii*) на покатых и слабопокатых шлейфах;

Микрокомбинации растительных сообществ:

8. Комплекс кустарниково-разнотравных сообществ (*Rosa acicularis*, *Cotoneaster*

Мезокомбинации растительных сообществ:

9. Сочетание карагановых степей (*Caragana pygmaea*) на каменистых вершинах и осоково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Carex pediformis*, *Carex korshinskii*) в привершинных частях;
10. Сочетание горноколосниково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Orostachis spinisa*) на склонах юго-восточной экспозиции, сосняка разнотравно-злакового по днищам и луково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Allium anisopodium*) на склонах северо-западной экспозиции эрозионных балок;
11. Сочетание осоково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Carex pediformis*, *Carex korshinskii*) по выположенной межбалочной поверхности и гребенчатожитняково-стоповидноосоково-разнотравнозлаковых (*Agropyron cristatum*, *Carex pediformis*, *Artemisia frigida*, *Alyssum obovatum*) на склонах юго-западной экспозиции;
12. Сочетание горноколосниково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Orostachis spinisa*) на склонах юго-восточной экспозиции и луково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Allium anisopodium*) на склонах северо-западной экспозиции эрозионных балок;

Несформировавшаяся растительность:

13. Житняково-холоднопопынная залежь на пологих склонах юго-западной (*Artemisia frigida*, *Agropyron cristatum*);
14. Мятликово-лапчатковая (*Poa botryoides*, *Potentilla acervata*) залежь с *Ulmus pumila* на пологих склонах;
15. Житняково-холоднопопынная (*Artemisia frigida*, *Agropyron cristatum*) залежь с разрастанием *Ulmus pumila*;
16. Возобновление *Pinus sylvestris* на месте житняково-холоднопопынной залежи (*Artemisia frigida*, *Agropyron cristatum*);
17. Пионерные группировки карагановых степей на россыпях коренных пород;

Агроценозы и другие обозначения:

18. Овраг;
19. Пашня.

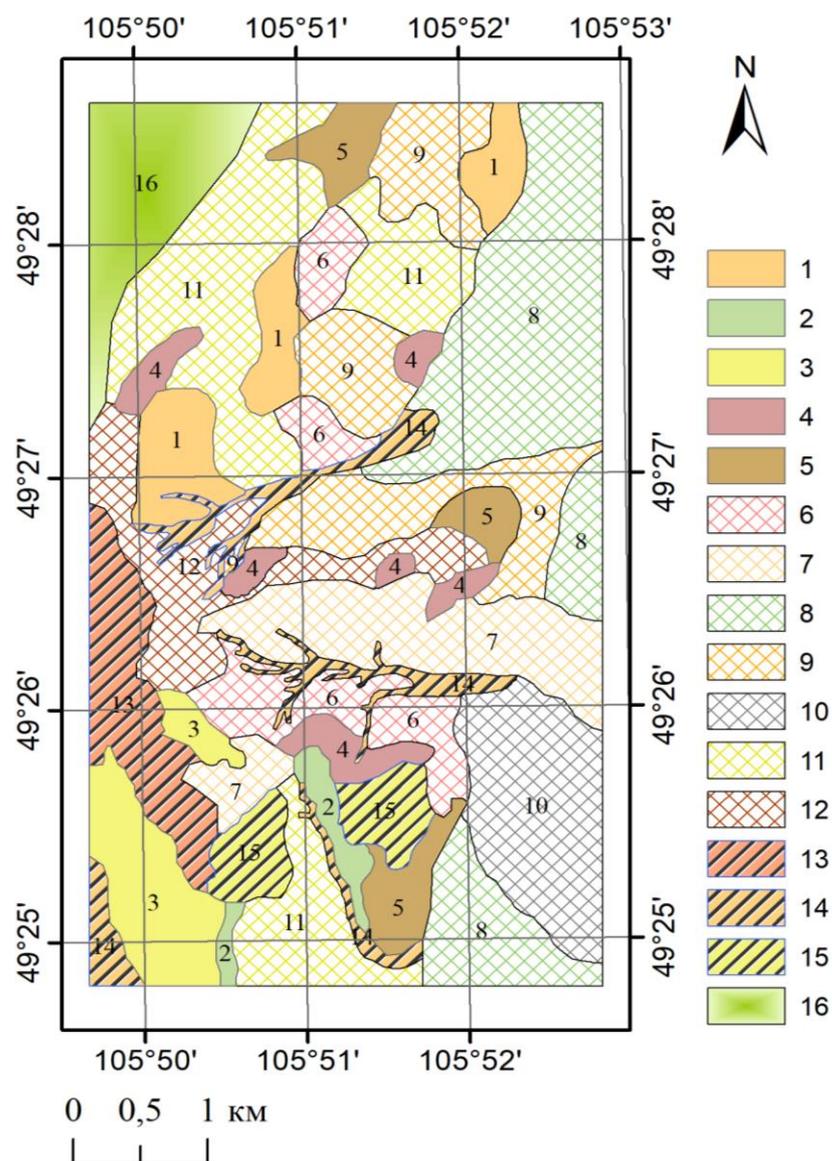


Рисунок 12 – Карта-схема распределения растительного покрова модельного полигона «Дархан» (М 1:50000)

#### Легенда:

1. Бесстебельнолапчатково-крыловоковыльные (*Stipa krylovii*, *Potentilla acaulis*) сообщества на пологих склонах северо-восточной экспозиции;
2. Крыловоковыльно-вострецовые (*Leymus chinensis*, *Stipa krylovii*) сообщества в распадках макросклона юго-западной экспозиции;
3. Житняково-холоднополынные сообщества (*Artemisia frigida*, *Agropiron cristatum*) в верхней части умеренно крутых склонов юго-западной экспозиции;
4. Разнотравно-твердоватоосочковые сообщества (*Carex duriuscula*, *Potentilla bifurca*, *Taraxacum officinale*, *Plantago media*) на пологих склонах западной экспозиции;
5. Разнотравно-твердоватоосоковые (*Carex duriuscula*, *Scorzonera radiata*, *Alyssum obovatum*) с *Caragana microphylla* сообщества в нижней части склонов северо-западной и юго-западной экспозиции;

Микрокомбинации растительных сообществ:

6. Комплекс бесстебельнолапчатково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Potentilla acaulis*) на мелкоземных понижениях и злаково-холоднополюнных сообществ (*Artemisia frigida*, *Stipa krylovii*, *Cleistagenes squarrosa*) на мелкощебнистых возвышениях;
7. Комплекс бесстебельнолапчатково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Potentilla acaulis*) на склоне северо-западной экспозиции и чиево-вострецовых (*Leymus chinensis*, *Achnatherum splendens*) по микропонижениям рельефа;
8. Комплекс чиево-вострецовых сообществ (*Leymus chinensis*, *Achnatherum splendens*) по засоленным понижениям с пятнами *Caragana microphylla* на эоловых буграх;
9. Комплекс житняково-холоднополюнных (*Artemisia frigida*, *Agropiron cristatum*) сообществ на возвышениях и разнотравно-твердоватоосоковых (*Carex duriuscula*, *Potentilla bifurca*, *Taraxacum officinale*, *Plantago media*) в блюдцеобразных понижениях в средних частях склонов северо-восточной экспозиции;
10. Комплекс бесстебельнолапчатково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Potentilla acaulis*) на супесчаных почвах и чиево-твердоватоосоковые сообщества (*Carex duriuscula*, *Achnatherum splendens*) на солончаках в нижних частях склонов западной экспозиции;
11. Комплекс злаково-холоднополюнных сообществ (*Artemisia frigida*, *Stipa krylovii*, *Cleistagenes squarrosa*) и бесстебельнолапчатково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Potentilla acaulis*) в средних частях склонов северо-восточной экспозиции;
12. Комплекс житняково-холоднополюнных сообществ (*Artemisia frigida*, *Agropiron cristatum*) и разнотравно-твердоватосочковыми (*Carex duriuscula*, *Scorzonera radiata*, *Alyssum obovatum*) с *Caragana microphylla* в верхних частях склонов;

Мезокомбинации растительных сообществ:

13. Сочетание твердоватосочково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Carex duriuscula*) на склонах юго-западных экспозиций с житняково-холоднополюнными сообществами (*Artemisia frigida*, *Agropiron cristatum*) на вершинах и крыловоковыльно-вострецовыми сообществами (*Leymus chinensis*, *Stipa krylovii*) на склонах северо-восточной экспозиции;
14. Сочетание злаково-холоднополюнных сообществ (*Artemisia frigida*, *Stipa krylovii*, *Cleistagenes squarrosa*) на склонах юго-восточной экспозиции и крыловоковыльно-вострецовых сообществ (*Leymus chinensis*, *Stipa krylovii*) на склонах северо-восточной экспозиции эрозионных ложбин и балок;
15. Сочетание твердоватосочково-крыловоковыльных сообществ (*Stipa krylovii*, *Carex duriuscula*) на склоне и чиево-твердоватосочковых (*Carex duriuscula*, *Achnatherum splendens*) в ложбинах водотоков;

Агроценозы:

16. Пашня.

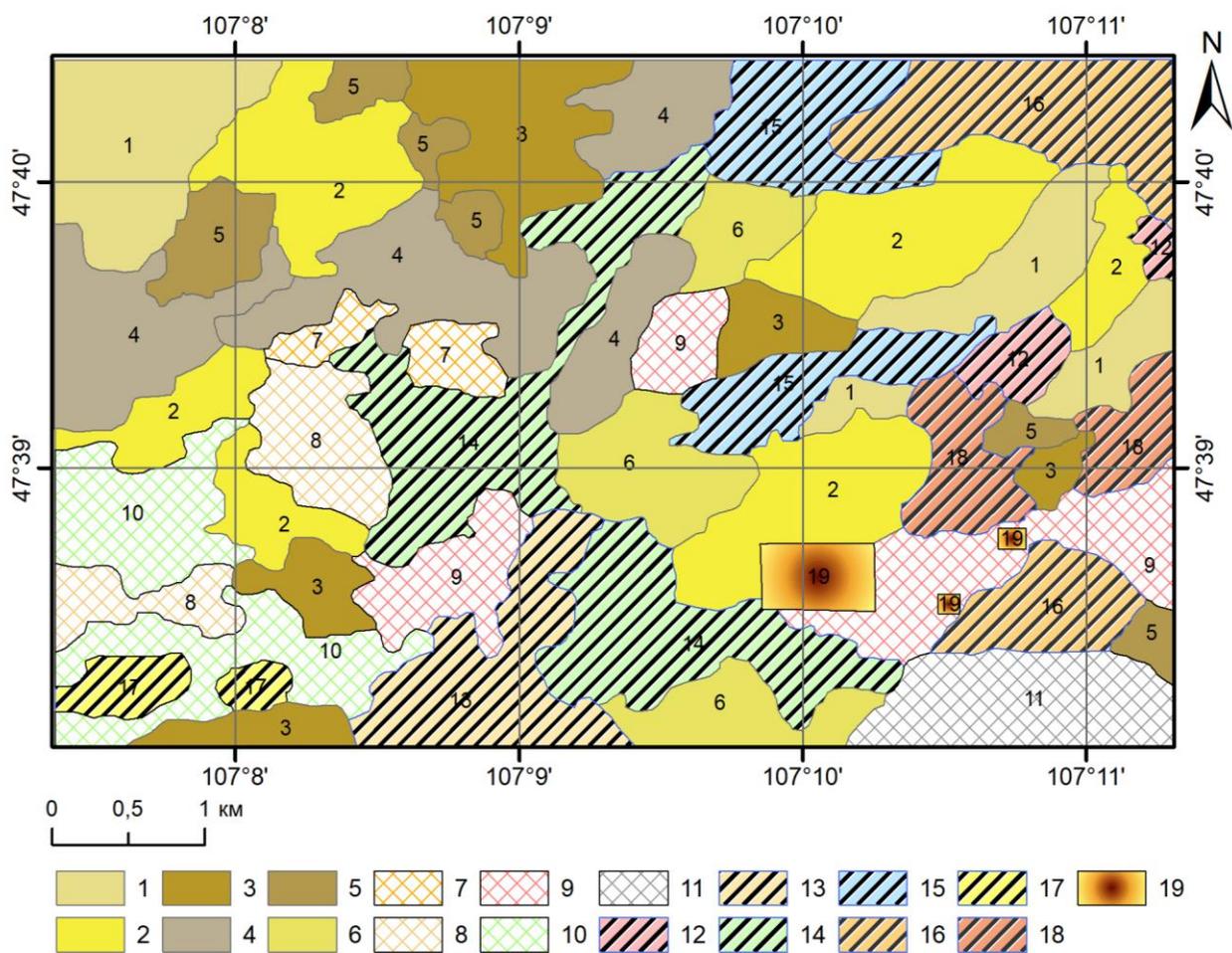


Рисунок 13 – Карта-схема распределения растительного покрова модельного полигона «Дзун-мод» (М 1:50000)

**Легенда:**

1. Разнотравно-мелкодерновиннозлаковые (*Stipa glareosa*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria glauca*, *Stellera chamaejasme*, *Vupleurum scorzonerifolia*) сообщества по склонам юго-восточной экспозиции;
2. Растопыреннозмеевково-мелкодерновиннозлаковые (*Stipa glareosa*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria glauca*, *Stellera chamaejasme*, *Vupleurum scorzonerifolia*) сообщества на склонах юго-западной экспозиции;
3. Хамеродесово-нителистниковые (*Fillifolium sibirica*, *Chamaerhodes erecta*) сообщества на склонах северо-западной экспозиции;
4. Злаково-нителистниковые (*Fillifolium sibirica*, *Carex pediformis*) сообщества на склонах северо-восточной экспозиции;
5. Растопыреннозмеевково-твердоватоосочковые (*Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*) сообщества по шлейфам склонов гряд;
6. Бесстебельнолапчатково-твердоватоосочковые (*Carex duriuscula*, *Potentilla acaulis*) сообщества в долинах;

Микрокомбинации растительных сообществ:

7. Комплекс кистевидномятликово-злаковых (*Potentilla sericea*, *Stipa glareosa*, *Koeleria glauca*, *Thymus serpyllum*) сообществ на мелкощебнистых россыпях с растопыреннозмеевково-твердоватоосочковыми (*Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*) в мелкоземных понижениях;
8. Комплекс злаково-нителистниковых (*Fillifolium sibirica*, *Carex pediformis*) сообществ буграх и растопыреннозмеевково-твердоватоосочковых (*Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*) в западинах на склонах северо-восточной экспозиции;
9. Комплекс бесстебельнолапчатково-твердоватоосочковых (*Carex duriuscula*, *Potentilla acaulis*) и растопыреннозмеевково-твердоватоосочковых (*Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*) в долинах;
10. Комплекс разнотравно-мелкодерновиннозлаковых (*Stipa glareosa*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria glauca*, *Stellera chamaejasme*, *Bupleurum scorzonerifolia*) сообществ и растопыреннозмеевково-твердоватоосочковых (*Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*);
11. Комплекс бесстебельнолапчатково-твердоватоосочковых (*Carex duriuscula*, *Potentilla acaulis*) сообществ с адамовопольными (*Artemisia adamsii*) сообществами по шлейфам склонов и долинам;

Мезокомбинации растительных сообществ:

12. Сочетание хамеродесово-нителистниковых (*Fillifolium sibirica*, *Chamaerhodes erecta*) сообществ северо-западной экспозиции и разнотравно-мелкодерновиннозлаковых (*Stipa glareosa*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria glauca*, *Stellera chamaejasme*, *Bupleurum scorzonerifolia*) сообществ юго-восточной экспозиции;
13. Сочетание бесстебельнолапчатково-твердоватоосочковых (*Carex duriuscula*, *Potentilla acaulis*) сообществ по крутым склонам юго-восточной экспозиции и китайсковоострецово-твердоватоосочковых (*Carex duriuscula*, *Leymus chinensis*) сообществ по руслам временных водотоков;
14. Сочетание хамеродесово-нителистниковых (*Fillifolium sibirica*, *Chamaerhodes erecta*) сообществ межбалочной поверхности с растопыреннозмеевково-твердоватоосочковыми (*Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*) сообществами эрозийных балок макросклона северо-западной экспозиции;
15. Сочетание растопыреннозмеевково-мелкодерновиннозлаковых (*Stipa glareosa*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria glauca*, *Cleistogenes squarrosa*,) сообществ на пологих щебнистых склонах южной экспозиции и китайсковоострецово-твердоватоосочковых (*Carex duriuscula*, *Leymus chinensis*) сообществ по ложбинам стока;
16. Сочетание злаково-нителистниковых (*Fillifolium sibirica*, *Carex pediformis*) сообществ на склонах северо-восточной экспозиции с кистевидномятликово-злаковыми (*Potentilla sericea*, *Stipa glareosa*, *Koeleria glauca*, *Thymus serpyllum*) сообществами по щебнистым вершинам и растопыреннозмеевково-мелкодерновиннозлаковыми (*Stipa glareosa*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria glauca*, *Cleistogenes squarrosa*,) на склонах юго-западной экспозиции;

17. Сочетание кистевидномятликово-злаковых (*Potentilla sericea*, *Stipa glareosa*, *Koeleria glauca*, *Thymus serpyllum*) сообществ на щебнистых вершинах с растопыреннотмеевково-мелкодерновинными (*Stipa glareosa*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria glauca*, *Cleistogenes squarrosa*,) сообществами на склонах юго-западной экспозиции и китайскоострецово-твердоватоосочковыми (*Carex duriuscula*, *Leymus chinensis*) сообществами в ложбинах водотоков;

18. Сочетание разнотравно-мелкодерновиннозлаковых (*Stipa glareosa*, *Agropyron cristatum*, *Koeleria glauca*, *Stellera chamaejasme*, *Vupleurum scorzonerifolia*) сообществ на склонах юго-западной экспозиции с комплексом бесстебельнолапчатково-твердоватоосочковых (*Carex duriuscula*, *Potentilla acaulis*) в разноразмерных западинах и растопыреннотмеевково-твердоватоосочковых (*Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*) на буграх;

Другие обозначения:

19. Селитебные территории.

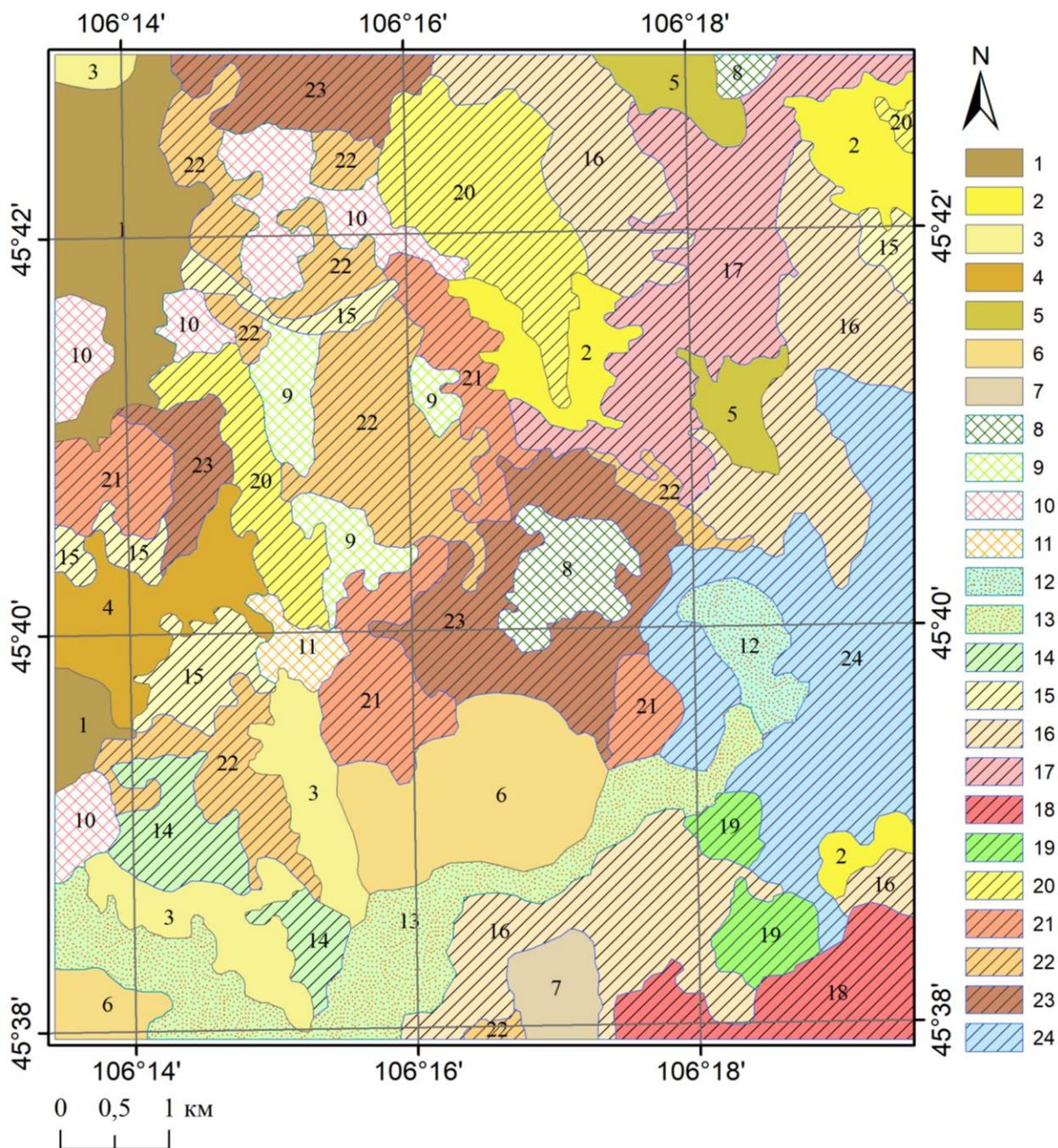


Рисунок 14 – Карта-схема распределения растительного покрова модельного полигона «Мандалгови» (М 1:50000)

**Легенда:**

1. Луковые (*Allium polyrrhizum*, *A. mongolicum*) сообщества на склонах северо-западной экспозиции;
2. Мелкодерновинно-солянково-луковые (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerine*, *Reaumuria sonarica*, *Stipa klemenzii*) сообщества на склонах юго-восточной экспозиции;
3. Змеевково-луковые (*Cleistogenes songorica*, *Allium polyrrhizum*) сообщества на склонах юго-западной экспозиции;
4. Разнотравно-луково-ковыльковые (*Stipa glareosa*, *Allium polyrrhizum*, *Asterotamnus heteropappoides*, *Lagohilis ilicifolium*) сообщества долин;

5. Вьюнково-солянково-луковые (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerina*, *Reaumuria sonarica*, *Achnatherum splendens*) сообщества по опесчаненным руслам сайров;
6. Разнотравно-луково-ковыльковые (*Stipa glareosa*, *Allium polyrrhizum*, *Asterotamnus heteropappoides*, *Lagohilis ilicifolium*) сообщества;
7. Разнотравно-луковые (*Allium polyrrhizum*, *Convolvulis ammani*, *Dontostemon integrifolium*) сообщества на пологих склонах северо-восточной экспозиции;

Микрокомбинации растительных сообществ:

8. Комплекс змеевково-луковых (*Cleistogenes songorica*, *Allium polyrrhizum*) сообществ на защепенных почвах межсопочных равнин и вьюнково-солянково-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerina*, *Reaumuria sonarica*, *Achnatherum splendens*) засоленных понижений;
9. Комплекс разнотравно-луково-ковыльковых (*Stipa glareosa*, *Allium polyrrhizum*, *Asterotamnus heteropappoides*, *Lagohilis ilicifolium*) и луковых (*Allium polyrrhizum*, *A. mongolicum*) сообществ по пологоволнистым равнинам;
10. Комплекс клеменцевоковыльковых (*Stipa klemenzii*) сообществ на щебнистых возвышениях и твердоватоосочково-луково-ковыльковых (*Stipa glareosa*, *Allium polyrrhizum*, *Carex duriuscula*) сообществ в блюдцевидных понижениях шлейфов склонов;
11. Комплекс разнотравно-луково-ковыльковых (*Stipa glareosa*, *Allium polyrrhizum*, *Asterotamnus heteropappoides*, *Lagohilis ilicifolium*) сообществ на микровозвышениях и мелкодерновинно-солянково-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerine*, *Reaumuria sonarica*, *Stipa klemenzii*) в неглубоких такыровидных западинах;
12. Экологический ряд озерной котловины: отакыренные поверхности с зарослями однолетников → вьюнково-солянково-луковые (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerina*, *Reaumuria sonarica*, *Achnatherum splendens*) → чиево-солянково-луковые (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerina*, *Reaumuria sonarica*, *Achnatherum splendens*) → разнотравно-луковые (*Allium polyrrhizum*, *Convolvulis ammani*, *Dontostemon integrifolium*);
13. Экологический ряд по руслу: отакыренные поверхности с зарослями однолетников → вьюнково-солянково-луковые (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerina*, *Reaumuria sonarica*, *Achnatherum splendens*) → поташниково-солянково-луковые (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerine*, *Reaumuria sonarica*, *Kalidium gracile*);

Мезокомбинации растительных сообществ:

14. Сочетание луковых (*Allium polyrrhizum*, *A. mongolicum*) сообществ на пологих склонах северо-восточной экспозиции и галечниковоковыльковых (*Stipa glareosa*) сообществ на слабощебнистых возвышениях;
15. Сочетание луковых сообществ (*Allium polyrrhizum*, *A. mongolicum*) ложбин и клеменцевоковыльковых (*Stipa klemenzii*) сообществ межсопочных долин;
16. Сочетание чиево-солянково-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerina*, *Reaumuria sonarica*, *Achnatherum splendens*) сообществ по бортам солончаков и

разнотравно-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Convolvulis ammani*, *Dontostemon integrifolium*) сообществ на склонах северо-восточной экспозиции;

17. Сочетание вьюнково-солянково-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerina*, *Reaumuria sonarica*, *Achnatherum splendens*) сообществ по опесчаненным руслам сайров и разнотравно-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Convolvulis ammani*, *Dontostemon integrifolium*) сообществ по межсайровым водоразделам;

18. Сочетание поташниково-солянково-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerine*, *Reaumuria sonarica*, *Kalidium gracile*) сообществ на склонах западной и северо-западной экспозиции и разнотравно-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Convolvulis ammani*, *Dontostemon integrifolium*) сообществ в мелкоземных ложбинах;

19. Сочетание поташниково-солянково-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerine*, *Reaumuria sonarica*, *Kalidium gracile*) сообществ по днищу солончаков и чиево-солянково-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerina*, *Reaumuria sonarica*, *Achnatherum splendens*) по бортам солончаков;

20. Сочетание разнотравно-солянково-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerine*, *Reaumuria sonarica*, *Anabasia brevifolia*, *Allium mongolicum*) сообществ на склонах юго-восточной экспозиции с комплексом змеевково-луковых (*Cleistogenes songorica*, *Allium polyrrhizum*) сообществ на защепенных повышениях и вьюнково-солянково-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerina*, *Reaumuria sonarica*, *Achnatherum splendens*) сообществ засоленных понижений;

21. Сочетание твердоватоосочково-луково-ковыльковых (*Stipa glareosa*, *Allium polyrrhizum*, *Carex duriuscula*) сообществ межсопочных равнин и разнотравно-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Convolvulis ammani*, *Dontostemon integrifolium*) сообществ мелкоземных ложбин;

22. Сочетание разнотравно-луковоко-ковыльковых (*Stipa glareosa*, *Allium polyrrhizum*, *Asterotamnus heteropappoides*, *Lagohilis ilicifolium*) сообществ склоновых и присклоновых ложбин и твердоватоосочково-луково-ковыльковых (*Stipa glareosa*, *Allium polyrrhizum*, *Carex duriuscula*) сообществ межсопочных долин;

23. Сочетание клеменцевоковыльковых (*Stipa klemezii*) и разнотравно-луково-ковыльковых (*Stipa glareosa*, *Allium polyrrhizum*, *Asterotamnus heteropappoides*, *Lagohilis ilicifolium*) сообществ;

24. Разнотравно-солянково-луковых (*Allium polyrrhizum*, *Salsola passerine*, *Reaumuria sonarica*, *Anabasia brevifolia*, *Allium mongolicum*) сообщества на террасе и пересохшая отакыренная западная часть котловины озера Мандыл-Нур.

Пестрота растительного покрова свойственная всем зонам и ландшафтам, степень проявления и характер неоднородности зависит от многих причин, и их проявления неодинаковы в разных районах. Пространственная структура растительности исследуемой территории представлена как однородными фитоценозами, так и различными их

комбинациями разного уровня сложности (комплексами, сочетаниями, экологическими рядами) (рис. 15). Комбинации естественных и антропогенно-трансформированных сообществ имеют разнонаправленный характер. В одних случаях идет формирование новых компонентов, в других – упрощение их структуры.

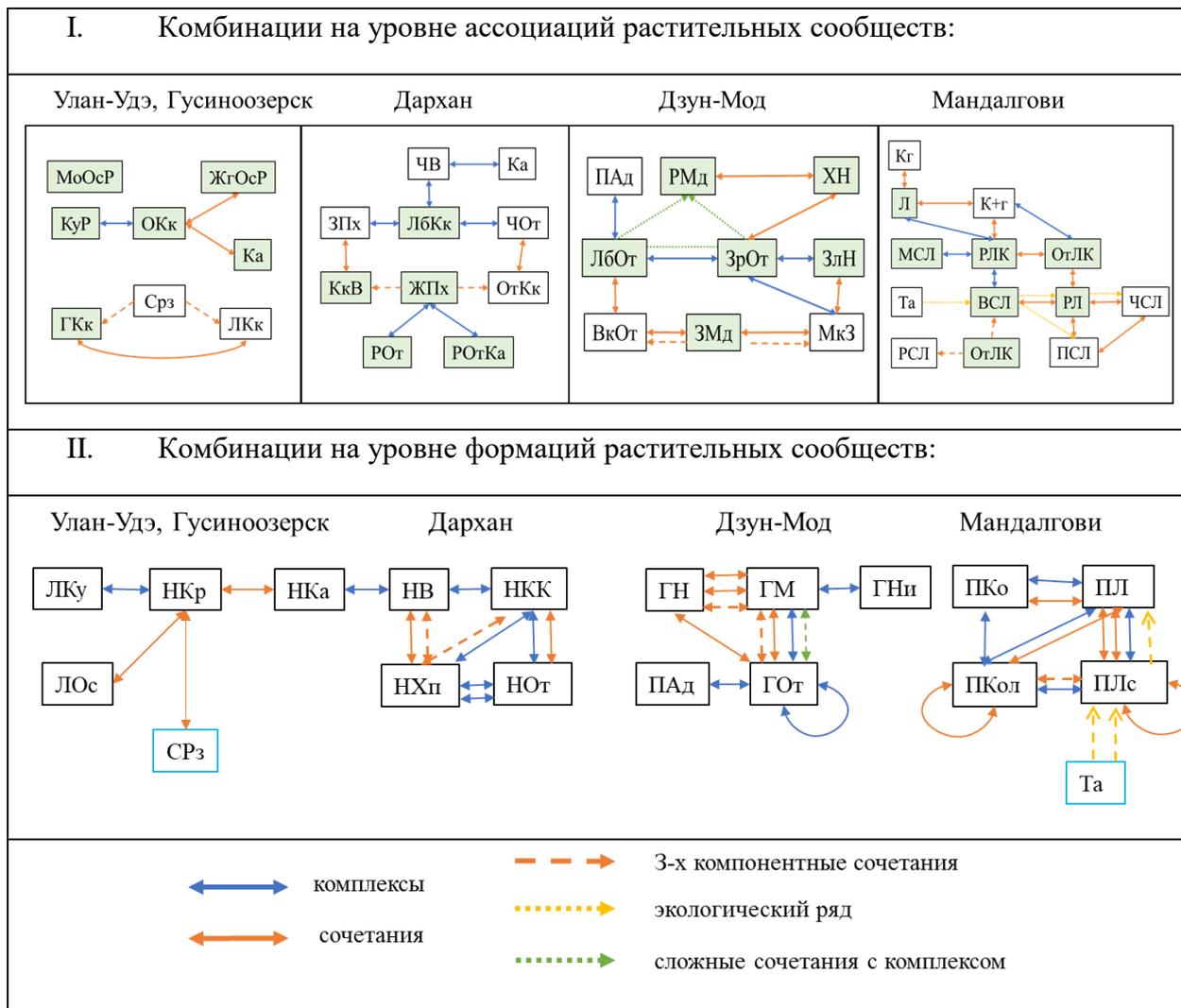


Рисунок 15 – Схемы пространственных комбинаций растительного покрова. Цветным фоном выделены сообщества, которые кроме комбинаций образуют и гомогенные сообщества. Сокращения сообществ даны в табл. 2, дополнительные сокращения Срз – сосняк разнотравно-злаковый, Па – заросли *Artemisia adamsii*.

На рисунке 15 представлены комбинации растительных сообществ на уровне ассоциаций (I) и укрупненных формаций (II). При этом анализ ассоциаций дает детальное представление о связях растительных сообществ, полученные схемы на уровне формаций отражают выявленные закономерности. Более устойчивые коренные сообщества расположены в верхней строке, в нижней строке представлены различные их дигрессионные варианты, образующие множественные комплексы и сочетания.

При анализе пространственного распределения растительности на модельных полигонах «Улан-Удэ» и «Гусиноозерск» отмечено, что на вершинах и крутых склонах в зоне проявления выходов коренных пород формируются петрофитные группировки из зарослей караганы. За счет неоднородности рельефа в средней части макрослонов формируются микрокомбинации, представленные комплексами фитоценозов на повторяющихся экотопах – зацебренных возвышениях и мелкоземных понижениях. К более увлажненным северным склонам и ложбинам временного водотока приурочены сообщества кустарниково-разнотравных сообществ с ксеромезофитными (*Spiraea melanocarpus*) кустарниками. На юго-западном макросклоне, который представляет собой систему эрозионных ложбин, балок, фрагментарно заросших сосной, наблюдается более сложная организация растительного покрова. На поверхности макросклона юго-восточной ориентации выявлены экспозиционные сочетания фитоценозов эфедрово-ковыльных на юго-восточных и цимбариево-ковыльных на северо-западных склонах эрозионных ложбин и балок.

Модельный полигон «Дархан» расположен на макросклоне гряды западной экспозиции. Полигон пространственно ограничен, ввиду того, что прилегающая территория занята сельскохозяйственными угодьями. Макросклон имеет на своей поверхности несколько крупных эрозионных врезов. Эрозионные балки (мезолозжины) на поверхности макросклона формируют различные сочетания растительных сообществ. На остальной части полигона формируются в основном комплексы растительных сообществ. Характерной чертой является комплексность почвенно-растительного покрова: чередование пятен степной растительности на каштановых и солонцеватых почвах. На данном полигоне на мозаичность распределения сообществ большое влияние оказывает антропогенная нагрузка. Все это отражается в формировании разнообразных фитоценозов и их комплексов из дигрессионных сообществ. Разнообразие растительности (комплексов) территории в значительной степени определяется не экологическими условиями, а динамическими факторами, в частности эоловыми процессами, активизирующимися под антропогенным воздействием.

На разнообразии растительности модельного полигона «Дзун-Мод», помимо антропогенного фактора оказывает влияние сочетание других факторов. Это большая расчлененность рельефа, определяющая контрастность микроклиматических условий, разнообразие и мозаичность почвенно-грунтовых условий, высотная зональность ландшафтов. На вершинах и склонах гряд формируются экспозиционные сочетания и петрофитные комплексы с чередованием по склону каменистых низкоразнотравных

(*Polygala tenuifolia*, *Eremogone capillaries*, *Thymus sp.*) группировок на мелкощебнистых россыпях пород с фоновыми мелкодерновиннозлаковыми (*Koeleria cristata*, *Poa botryoides*) степями. В долинах развитие получают комбинации различных дигрессионных растительных сообществ.

В аридной зоне на выровненных территориях большое значение на пространственное распределение оказывает фактор почвенного засоления. Так, на модельном полигоне «Мандалгови» наблюдаются комплексы и сочетания сообществ на щебнистых и мелкоземных поверхностях с засоленными участками. В отрицательных формах рельефа – дно озерной котловины, сухие русла и сайры – формируются экологические ряды, представленные сообществами закономерно сменяющимися друг друга, что связано с изменениями водного режима и мощностью накопления галечниково-мелкоземистого материала. Также в понижениях формируются небольшие такыры, их диаметр колеблется от одного до нескольких десятков метров. В центральной части они лишены растительности, а по периферии чаще всего небольшими участками произрастают солянковое сообщества. Равнины и межсайровые водоразделы не являются идеально ровными, здесь формируются комплексы растительности бугров и небольших потяжин и западин, чаще всего широтного простираения, отличающихся от окружающей территории скоплением мелкозема.

На структуру растительного покрова территории исследования оказывают влияние сочетание нескольких факторов. Это большая расчлененность рельефа, определяющая контрастность микроклиматических условий, разнообразие и мозаичность почвенно-грунтовых условий, высотная зональность ландшафтов. Помимо этого, на мозаичность распределения сообществ большое влияние оказывает антропогенная нагрузка, что отражается в формировании дигрессионных фитоценозов и их комплексов. Существенное влияние на дифференциацию растительности оказывает орография. С севера на юг – от среднегорного рельефа Южной Сибири до равнин Центральной Азии пустынно-степного пояса происходит упрощение пространственной структуры. Расчлененный горный рельеф способствует неоднородности распространения фитоценозов, их мозаичности. На структуру растительного покрова оказывает влияние как гидротермический режим, изменяющийся в зависимости от высоты, крутизны и экспозиции склона, так и эдафические факторы. Особенно это прослеживается в подзоне лесостепи (модельные полигоны «Улан-Удэ», «Гусиноозерск», «Дархан»), где склоны северных экспозиций теневые и более увлажнённые, а склоны западных экспозиций континентальные и сухие, так же, как и южные типично степные. Гомогенный растительный покров преимущественно приурочен к выположенным склонам незначительной крутизны до 5° и межсопочным долинам.

Наиболее сложная пространственная структура характерна для склонов южных экспозиций, где наряду с преобладанием гомогенных выделов, значительные позиции занимают гетерогенные единицы – преимущественно 2-3 компонентные сочетания и комплексы. Кроме того, в различные по структуре мезокомбинации, включаются микрокомбинации (комплексы), которые заметно усложняют структуру степных комбинаций. Пустынно-степной пояс (модельный полигон «Мандалгови») характеризуется плавными сменами сообществ, образующих континуум с «размытыми» границами фитоценозов. Это связано с выровненностью поверхности и постепенным повышением высоты, благодаря чему изменение природных характеристик происходит плавно, не вызывая резких изменений в видовом составе и структуре сообществ. Преобладают мезокомбинации, формирующиеся в условиях простых форм рельефа и занимающие значительно протяженные территории в горизонтальном и вертикальном направлениях. Для засоленных депрессий характерны микрокомбинации и экологические ряды, связанные с изменениями водного режима и мощностью накопления озерных отложений дна котловин и временных водотоков.

## **ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА**

При оценке современного состояния и трансформации степных экосистем в качестве приоритетных геоэкологических факторов были приняты природно-климатические и антропогенные. Антропогенные факторы связаны с результатами воздействия на почвенно-растительный покров пастбищной нагрузки, землепользования и дорожной сети. Природно-климатические факторы представлены растительными ресурсами, а также включают климатические данные, определяющие мезо- и микроклиматические условия.

Степные сообщества аридных и семиаридных областей особо чувствительны и уязвимы к климатическим флуктуациям (включая экстремальные явления) и антропогенному воздействию, что продемонстрировано в многочисленных исследованиях по всему миру и в различных регионах России (Золотокрылин, 2002; Михайлов и др., 2010; Хруцкий, Голубева 2011; Long et al., 2019). Степные ландшафты Монголии (Микляева и др., 2004; Бажа и др., 2008; Огуреева и др. 2012; Tulokhonov et al., 2014; Miao et al., 2015; Богданов и др., 2019, Петухов и др., 2019) и Забайкалья (Гунин и др., 2006; Намзалов, 1991; Бажа и др., 2008; Чердонова, 2003; Аненхонов, 2016) также подвержены антропогенному прессу и климатическим сдвигам.

### **Многолетняя динамика растительного покрова по спутниковым данным и ее связь с климатическими условиями**

Для оценки взаимосвязи климата и состояния растительности на модельных полигонах «Улан-Удэ», «Гусиноозерск», «Дархан», «Дзун-Мод», «Мандалгови» сначала представим среднемноголетние значения климатических параметров за современный период. Для расчета использован сеточный архив CRU TS версии 4.03 с рядами месячных данных приземной температуры воздуха с пространственным разрешением 0,5 град. Архив создан и обновляется группой CRU (Climate Research Unit) Университета Восточной Англии. Информация в узлах регулярной сетки получается в результате интерполяции данных с метеорологических станций (Harris et al., 2020). Для оценки количества выпадаемых осадков использована климатическая база данных GPCC.

Проведенный анализ выявил, что GPCC лучше согласуется с данными Росгидромета (meteo.ru), чем с осадками CRU (рис. 16). Хотя указанное совпадение не гарантирует качество данных в узлах сетки не обеспеченных метеорологическими наблюдениями (как, впрочем, и другие интерполяционные архивы), мы считаем, что данный подход оправдан,

поскольку не искажает исходные данные. Следует отметить, что использованные в работе индексы засухи, тем не менее, основаны на данных CRU.

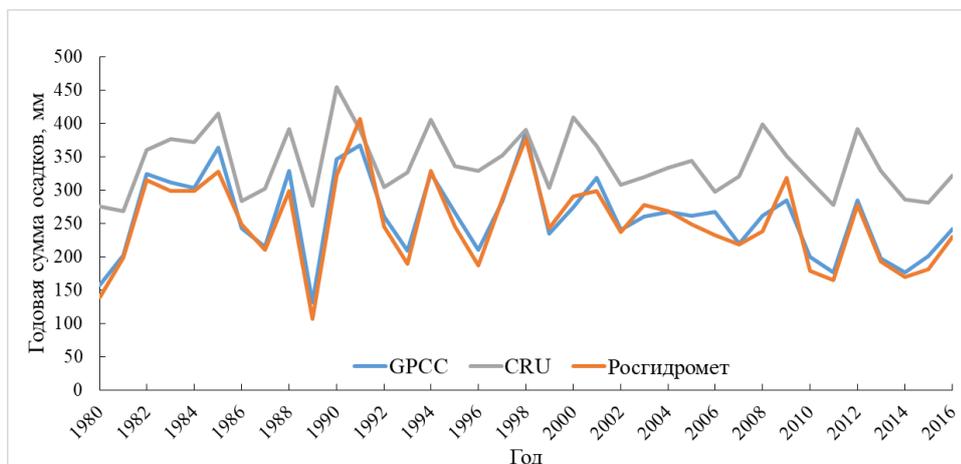


Рисунок 16 – Сравнение количества осадков на метеостанции Улан-Удэ по данным Росгидромета, CRU и GPCP

Для оценки характеристик засушливости климата использованы индекс Палмера PDSI и стандартизованный индекс осадков и эвапотранспирации SPEI, в основе вычислений которых положены вышеупомянутые ряды температуры и осадков, а также другие переменные. Индекс PDSI основан на экспериментальных зависимостях влагообеспеченности территории, стандартизированной к климатической норме. В его расчете помимо температуры и осадков используется параметр AWC (available water capacity), который зависит от типа почвы и характеризует дефицит почвенной влаги. Первоначальная версия индекса учитывала лишь природно-климатические особенности Соединенных Штатов Америки, однако дальнейшая его модификация (т.н. самокалибрующийся PDSI) пригодна в использовании для всей территории земного шара (van der Schrier et al., 2013). Самокалибрующийся PDSI меняет в расчетной схеме PDSI значения коэффициентов рекурсивной формулы, определенных эмпирически на ограниченном наборе данных, на значения, рассчитываемые по доступным рядам наблюдений для каждой метеостанции. К недостаткам PDSI можно отнести сложность расчета по сравнению с некоторыми комплексными показателями засушливости и необходимость наличия рядов данных без пропусков.

Среди сравнительно новых подходов, предназначенных для выявления климатических засух, можно выделить индекс SPEI (Vicente-Serrano et al., 2010). Стандартизованный индекс осадков и испаряемости SPEI, так же, как и PDSI, основан на оценке дефицита влаги и может быть использован для сравнения с последним. Эта особенность индекса может оказаться полезной при анализе происходящих изменений

засушливости в условиях глобального потепления. Индекс SPEI повышает надежность выявления засух в жарких районах с недостаточным и неустойчивым режимом увлажнения, что присуще степной и лесостепной зонам.

В работе (Vicente-Serrano et al., 2012) проведено сравнительное исследование взаимосвязи индексов засухи SPEI, SPI и четырех версий PDSI с климатическими параметрами, характеризующими гидрологические, сельскохозяйственные и экологические условия для всей территории Земли. В результате проведенного анализа выявлено, что индекс SPEI показывает наилучшие корреляции с водным стоком, влажностью почвы, урожайностью и приростом древесных колец. При этом индексы SPEI и SPI обеспечивают около 80 % случаев наилучших корреляций по сравнению с другими индексами. В настоящей работе для анализа условий засушливости на территории исследования использованы индекс SPEI и PDSI. Последний, хоть и показывает худшие результаты по сравнению со SPEI, представлен здесь в силу его широкой распространенности.

На рисунке 17 представлены годовые вариации температуры и осадков, полученные по многолетним месячным данным за период с 1980 по 2016 гг. В таблице 8 представлены среднегодовая температура ( $T$ ) и его рост за рассматриваемый период ( $\Delta T$ ), сумма осадков ( $P$ ), средние значения индексов засухи PDSI и SPEI за вегетационный период (апрель–октябрь), их коэффициенты линейного тренда ( $\alpha$ ), а также количество месяцев с засушливыми и экстремально засушливыми условиями ( $PDSI_d$ ,  $SPEI_d$ ) за период с 1980 по 2016 гг.

Самым теплым месяцем на рассматриваемых полигонах (рис. 17 а) является июль (от 16,9 °С в «Дзун-Моде» до 21,2 °С в «Мандалгови»), самым холодным – январь (от -16,5 °С в «Мандалгови» до -24,1 °С в «Улан-Удэ»). Средняя амплитуда годового хода составляет около 40 °С. Значения среднемноголетней годовой температуры приземного слоя воздуха закономерно увеличиваются с севера на юг, за исключением участка «Дзун-Мод», где низкая температура воздуха обусловлена средней высотой местности над уровнем моря, наибольшей среди рассматриваемых полигонов. При этом отмечается увеличение средних многолетних температур воздуха по всем полигонам от 0,94 до 1,66 °С с севера на юг. Темпы роста температуры за почти 40 лет составили около 0,03 °С/год (табл. 8).

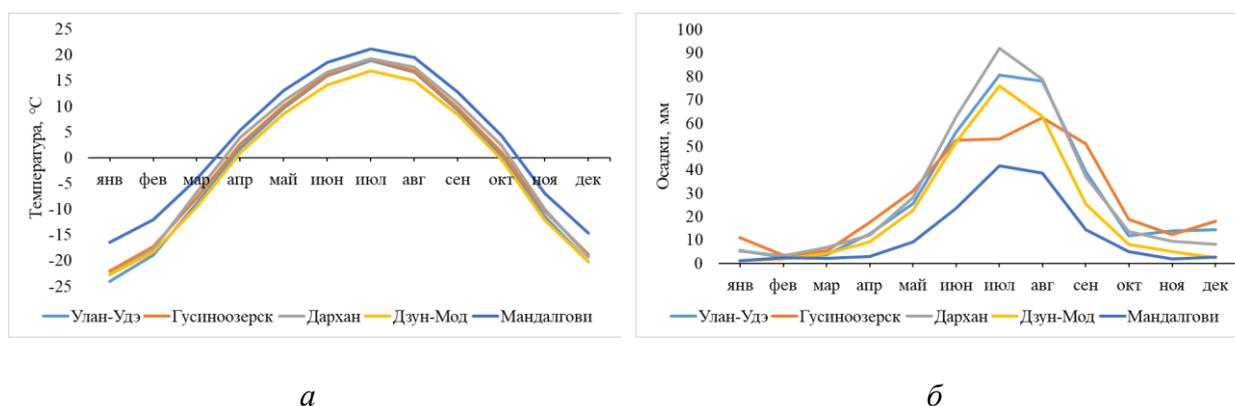


Рисунок 17 – Годовой ход температуры (а) и осадков (б) для модельных полигонов

Таблица 8 – Климатические характеристики модельных полигонов

Модельный полигон	T, °C	$\Delta T$ , °C	$\alpha T$ , °C/год	P, мм	$\alpha P$ , мм/год	PDSI <sub>d</sub>	PDSI	$\alpha PDSI$	SPEI <sub>d</sub>	SPEI	$\alpha SPEI$
Улан-Удэ	-1,0	0,94	<b>0,03</b>	259	-1,45	34	-0,96	0,00	24	-0,19	-0,01
Гусиноозерск	-0,1	0,91	<b>0,02</b>	230	-0,38	34	-0,99	0,03	23	-0,17	-0,01
Дархан	0,4	1,06	<b>0,03</b>	309	0,57	53	-0,87	0,02	23	-0,27	-0,01
Дзун-Мод	-1,7	1,29	<b>0,03</b>	262	-0,51	46	-0,76	-0,01	42	-0,30	<b>-0,02</b>
Мандалгови	3,3	1,66	<b>0,04</b>	137	-0,75	31	-0,43	<b>-0,07</b>	49	-0,38	<b>-0,03</b>

\* жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты тренда ( $p < 0,05$ )

Уровни осадков на четырех полигонах сопоставимы и изменяются от 230 до 309 мм/год. Полигон «Мандалгови», находящийся в аридной климатической зоне, выделяется наименьшим количеством осадков – 137 мм/год. В течение года наибольшее количество осадков выпадает в теплый период, как правило в июле-августе (рис. 17 б). Следует отметить, что в аридной климатической зоне имеют место длительные периоды без осадков. Тренды осадков показывают отрицательные значения для всех полигонов, кроме полигона «Дархан», где наблюдается положительный тренд – 0,57 мм/год. Все тренды осадков статистически не значимы.

В результате анализа частоты засух по индексам SPEI и PDSI установлено, что SPEI адекватно отображает условия увлажнения – его многолетнее среднее значение за вегетационный период и количество месяцев с сильными и экстремальными засухами с 1980 по 2016 гг. увеличиваются с севера на юг. Статистически значимые отрицательные тренды SPEI полигонов «Дзун-Мод» и «Мандалгови» указывают на устойчивую аридизацию климата данных территорий (табл. 8).

В результате анализа долговременных вариаций индекса суровости засухи Палмера выявлено, что на рассматриваемых полигонах периоды и интенсивность засухи не совпадают (рис. 18). Например, засуха 1986-1988 гг., отмеченная на северных полигонах

трансекта, на южных не регистрировалась. Начало 1980-х и 2015-2016 гг. характеризуются засухой на всех полигонах. Эти засухи являются одними из самых суровых за всю историю наблюдений.

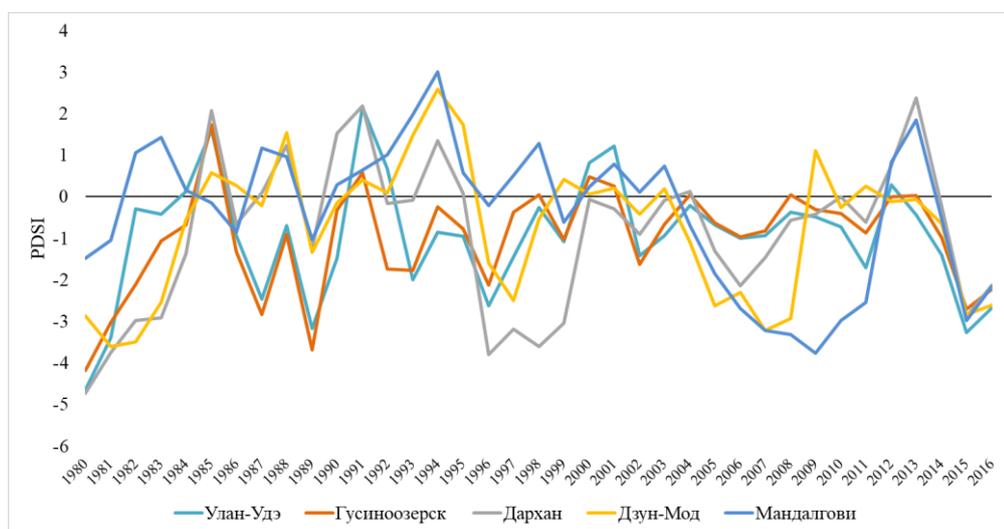


Рисунок 18 – Межгодовая динамика индекса PDSI (среднее за вегетационный период) с 1980 по 2016 гг.

Для оценки долговременных изменений растительного покрова использован нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI, который характеризует количество зеленой фитомассы и рассчитывается как отношение разности отражения в ближней инфракрасной и красной областях электромагнитного спектра к их сумме. В работе использованы 16-ти и 15-дневные композиты NDVI спектро радиометров MODIS, продукт MOD13Q1 с 2000 по 2018 гг. и AVHRR продукт NDVI3g за период 1982-2015 гг., которые имеют пространственное разрешение 250 м и 8 км, соответственно.

При рассмотрении графиков годового хода NDVI видно, что наибольшие значения характерны для июля-августа, при этом годовая динамика полигонов «Улан-Удэ» и «Мандалгови» существенно отличается от остальных (рис. 19). Повышенные значения NDVI «Улан-Удэ» обусловлены тем, что анализируемый пиксель охватывает различные объекты (вода, степь, лес, застройка), среди которых лес, с характерными значениями 0,6-0,8, вносит решающий вклад в интегральное значение индекса. NDVI полигона «Мандалгови» имеет слабовыраженную амплитуду, поскольку разреженная пустынно-степная растительность дает низкие значения индекса и существенно зависит от осадков.

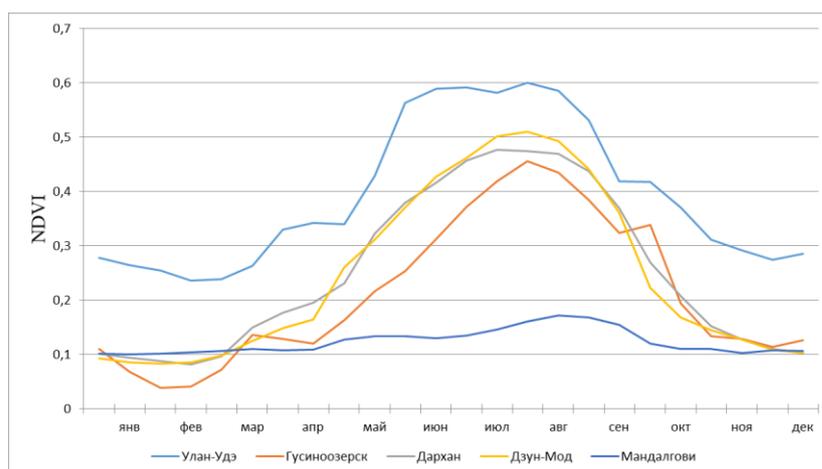


Рисунок 19 – Годовой ход NDVI для модельных полигонов

Линейные тренды NDVI с 1982 по 2015 гг. имеют отрицательный наклон, кроме полигона «Дархан», что согласуется с трендами осадков. Тренды же с 2000 по 2018 гг. показывают снижение значений индекса на модельных полигонах российской части, и увеличение на полигонах Монголии, что также связано с динамикой осадков. Для полигонов российской части трансекта в этот период наблюдались отрицательные тренды осадков, тогда как в монгольской части – положительные (рис. 20).

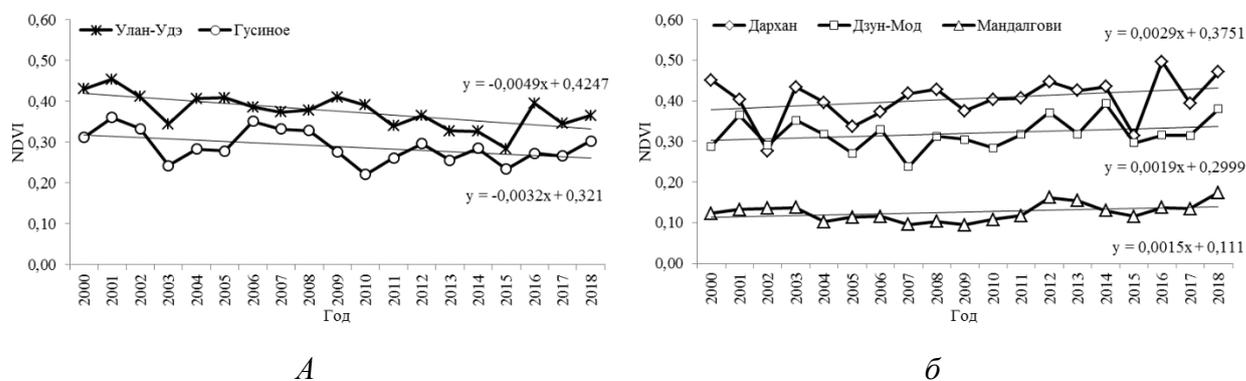


Рисунок 20 – Динамика среднего NDVI за вегетационный период года в 2000-2018 гг. для полигонов российской (а) и монгольской (б) частей трансекта

Для оценки отклика растительности на глобальное изменение климата просчитана корреляционная связь между временными сериями NDVI и климатическими факторами, как для анализа межгодовых значений (многолетней динамики), так и по отдельности внутри года.

При рассмотрении рядов месячных сумм осадков и композитов NDVI выявлены особенности их корреляционных связей на модельных полигонах. В большинстве случаев на NDVI влияют осадки предыдущих месяцев, при этом суммы осадков за 2-4

предшествующих месяца увеличивают коэффициент корреляции. Важнейшую роль в динамике растительности на всех полигонах играют осадки июля (табл. 9).

Таблица 9 – Корреляционная связь многолетних месячных сумм осадков и композитов NDVI AVHRR за период с 1982 по 2015 гг.

Номер композита	к9	к10	к11	к12	к13	к14	к15	к16	к17	к18
Период композита	1-15 мая	16-31 мая	1-15 июня	16-30 июня	1-15 июля	16-31 июля	1-15 августа	16-31 августа	1-15 сентября	16-30 сентября
Улан-Удэ								7		
Гусиноозерск				6	6,7	6,7	7	7	7	8,9
Дархан	4	4,5	5		6	6,7	6,7			8
Дзун-Мод			4		6	6	6,7	7,8	7,8	7,8
Мандалгови		4,5	5	5		7	7	7,8	7,8	7,8,9

**Примечание.** В таблице указаны порядковые номера месяцев, для которых наблюдается положительная статистически значимая корреляция.

Более высокие значения коэффициентов корреляции характерны для засушливых полигонов «Дзун-Мод» и «Мандалгови», где связь NDVI с осадками наблюдается не только для летне-осеннего периода, но и весенних месяцев, что указывает на особую значимость атмосферной влаги в развитии степных сообществ южной части трансекта. На полигоне «Улан-Удэ» статистически значимая связь отмечена лишь для осадков июля и NDVI 16-го композита (16-31 августа). Это объясняется тем, что полигон находится в окружении лесных, пойменных и селитебных ландшафтов, которые создают смешанную комбинацию индекса NDVI на сенсоре спутника. Отметим, что при использовании для этого полигона спутниковой информации более высокого разрешения (MODIS, 250 м) выявлены значимые корреляции между осадками и NDVI летне-осеннего периода.

Влияние температуры на вегетационный индекс NDVI проявляется в прямой зависимости весной и осенью, и обратной – во второй половине лета. Отрицательные корреляционные связи летом объясняются тем, что увеличение температуры приводит к угнетению растительности, соответственно – к уменьшению NDVI. Это выражено в самых засушливых полигонах «Дзун-Мод» и «Мандалгови», тогда как на остальных полигонах данные отрицательные связи не наблюдаются. За последние годы в весенние месяцы отмечена значимая положительная корреляция (до 0,56), которая связана с динамикой снежного покрова и началом вегетации. В осенние месяцы наблюдаемая положительная связь обусловлена снижением температуры и завершением вегетационного периода.

Для оценки взаимосвязи состояния растительного покрова с показателями засухи проведен корреляционный анализ между временными рядами NDVI и индексами PDSI и SPEI. Выявлено, что NDVI лучше коррелирует с PDSI, чем с SPEI. Положительная корреляция вегетационного индекса наблюдается с индексом суровости засухи Палмера за

предыдущие месяцы; например, корреляция между 14-м композитом NDVI (28 июля – 13 августа) и PDSI апреля, мая, июня, июля равна 0,55; 0,45; 0,63; 0,76, соответственно (все коэффициенты статистически значимы,  $p < 0,05$ ).

Таким образом, определена теснота связи межгодовых значений NDVI с различными климатическими параметрами. Внутригодовые связи характеризуются следующими закономерностями: среднемноголетний сезонный ход NDVI имеет положительную связь с осадками за вегетационный период. Так, на полигоне «Улан-Удэ» коэффициент корреляции составляет 0,50, а на полигоне «Мандалгови» – 0,46, при этом корректировку в общий коэффициент вносят отдельные годы со скудными и неравномерными осадками. Аналогичным образом прослеживается достаточно высокая корреляционная связь NDVI с температурой, как одним из важнейших биоклиматических параметров ( $r$  до 0,79).

Результаты основаны на анализе спутниковых данных, что снижает точность извлечения информации о растительности с небольших площадей. Промежуточное положение между наземной и аэрокосмической съемкой в целях локального мониторинга территорий занимает съемка на базе беспилотных летательных аппаратов, обеспечивающая проведение работ на малых высотах и менее зависящая от атмосферных условий. В последнее время, в связи с быстрым развитием беспилотных технологий дистанционного зондирования, БПЛА широко используются для сбора информации о состоянии растительности и биомассе, в сельскохозяйственном производстве и мониторинге сельскохозяйственных культур, а также сохранении биоразнообразия.

Для рационального природопользования и устойчивого экономического развития показатели продуктивности являются одним из приоритетных в изучении степных экосистем. Для оценки связи характеристик растительных сообществ в рамках трехуровневого мониторинга (спутник – БПЛА – наземные описания) проведен эксперимент по оценке сезонной динамики надземной фитомассы с использованием хроматических индексов по данным аэрофотосъемки и вегетационного индекса MODIS NDVI. Современные исследования, основанные на использовании ВИ БПЛА, продемонстрировали множество разнообразных приложений, например таких как, определение содержания хлорофилла и азота в злаках (Geipel et al., 2016), выявление сорняков (Torres-Sanchez et al., 2014) и болезней растений (Garcia-Ruiz et al., 2013), фиксация стадий роста зерновых культур (Burkart et al., 2018), оценка плотности (Jin et al., 2017) и надземной биомассы растительности (Brocks, Bareth, 2018), прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур (Yue et al., 2017; Tilly et al., 2015; Swain et al., 2010) и др.

Исследования сезонной динамики фитомассы степных сообществ проведены нами на модельном полигоне «Улан-Удэ» в вегетационный период 2018 г. – всего выполнено 10 наблюдений, включающих учет фитомассы и съемку территории исследования. По ортофотопланам, полученным в результате обработки аэрофотоснимков выполнен расчет цветных вегетационных индексов:  $NDI=(g-r)/(g+r)$ ,  $ExG=2g-r-b$ ,  $ExGR=3g-2,4r-b$ ,  $VARI=(g-r)/(g+r-b)$ ,  $GLI=(2g-b-r)/(2g+b+r)$ , где  $r$  – спектральная яркость в красном,  $g$  – в зеленом,  $b$  – в синем каналах. Для сопоставления со спутниковыми данными NDVI значения хроматических индексов усреднены в пределах границы пикселя MODIS.

Для изучения надземной фитомассы на модельном полигоне выделено 2 ключевых участка разной степени использования – крыловоковыльная степь и долговременная залежь с мятликово-лапчатковой степью. Участки также отличаются по мезорельефу: коренные сообщества располагаются в привершинной части холма, тогда как залежи у подножия и имеют более равнинный характер.

На рисунке 21 представлена динамика фитомассы на двух ключевых участках, а также сумма осадков между сроками наблюдения.

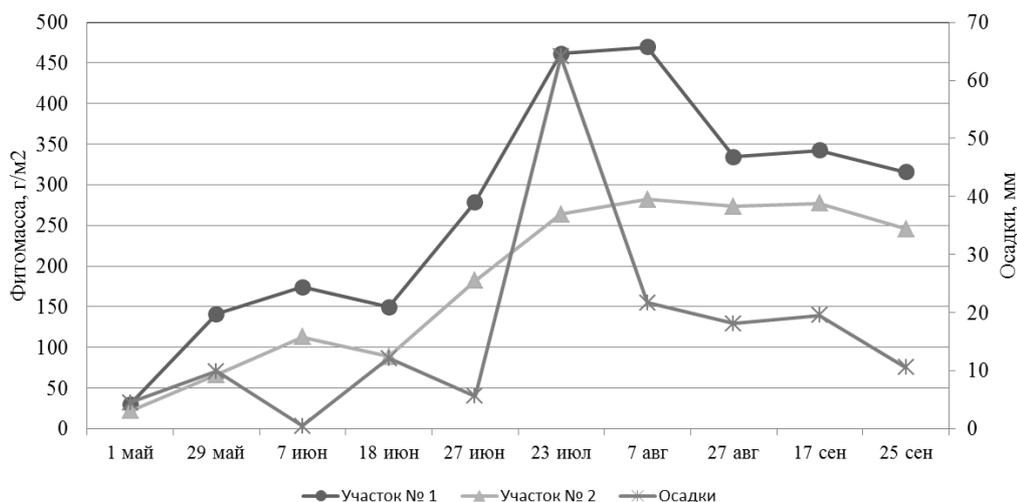


Рисунок 21 – Сезонная динамика осадков и фитомассы на ключевых участках

На участке № 1 29 мая фитомасса составила значение  $141 \text{ г/м}^2$ , на участке № 2 –  $66 \text{ г/м}^2$ . Далее темпы роста замедляются, поскольку устанавливается часто регистрируемая для исследуемой территории июньская засуха. В это время на фоне роста температуры воздуха и небольших осадков снижается активность жизнедеятельности микроорганизмов и беспозвоночных животных, что приводит к затормаживанию процессов разложения мертвых остатков, начинает ощущаться недостаток почвенной влаги, и, как следствие, замедляется прирост зеленых частей растений. К 23 июля после выпадения значительного количества осадков активно развиваются доминанты сообществ и наблюдается возрастание

фитомассы, ее наибольший запас приходится на 7 августа – 469 и 282 г/м<sup>2</sup> для первого и второго участка, соответственно. После достижения максимума надземной фитомассы в крыловоковыльной степи происходит ее спад до 316-343 г/м<sup>2</sup>, тогда как для залежи наблюдается плато на уровне 246-277 г/м<sup>2</sup>. Это различие вызвано тем, что на залежи видовой состав и структура ценоза остается неизменной, что проявляется в постоянстве фитомассы – долговременная залежь, имея нарушенный баланс процессов гумификации и минерализации и находящаяся в переходной стадии от длиннокорневищной до луговой, является достаточно продуктивной в конце лета. Тогда как на участке № 1 снижение продуктивности во второй половине лета происходит вследствие замещения раннелетних видов, наступления у доминантов генеративной фазы, также появляются первые признаки отмирания растений – подготовка к периоду покоя. В целом для изучаемых сообществ характерна значительная сезонная изменчивость. Она проявляется в распределении видов по срокам развития на протяжении вегетационного периода, соответствующей смене аспектов, изменении структуры сообщества.

Помимо осадков одним из важнейших биоклиматических параметров, определяющих динамику продуктивности является температура (Джапова, 2007). Коэффициенты корреляции фитомассы с температурой и накопленными осадками составили 0,51, 0,75 и 0,39, 0,89, соответственно для участка № 1 и 2. Корреляция с гидротермическим коэффициентом – показателем засушливости, который учитывает оба показателя, значительно выше, чем по отдельности с температурой и осадками.

Статистически значимые корреляции для обоих участков показывают индексы ExG, ExGR, ExR, NDI, за исключением последних двух ВИ, которые на втором участке показали низкие значения (табл. 10). В целом выявлено, что связь ВИ с укосами участка № 1 выше, чем для участка № 2 за исключением ExR – из представленных показателей он имеет отрицательную связь с фитомассой, что обусловлено особенностью расчета данного индекса, который предназначен для отделения на снимке почвенного фона от зеленых растений. Наилучшими индексами для оценки количества надземной фитомассы являются ExR и ExGR – корреляция составила 0,78 для первого участка и 0,73, 0,75 для второго участка, соответственно. Примечательно, что индекс NDI показал наибольшую связь с фитомассой участка № 1 – 0,88, тогда как для участка № 2 эта связь оказалась статистически незначимой. Вероятно, NDI является оптимальным индексом для степной растительности с высоким проективным покрытием.

Таблица 10 – Коэффициенты корреляции Спирмена фитомассы ключевых участков с вегетационными индексами и метеорологическими параметрами

	ExG	ExGR	ExR	NDI	CIVE	NDYI	NDVI	T	Осадки	ГТК
Участок № 1	<b>0,78</b>	<b>0,78</b>	<b>-0,75</b>	<b>0,88</b>	-0,38	0,48	<b>0,98</b>	0,58	<b>0,77</b>	<b>0,95</b>
Участок № 2	<b>0,73</b>	<b>0,75</b>	-0,27	0,30	-0,49	0,55	<b>0,85</b>	0,52	<b>0,83</b>	<b>0,90</b>

Сопоставление MODIS NDVI с наземной фитомассой показало их высокую связь – коэффициенты корреляции составили 0,98 и 0,85 для первого и второго участка соответственно. Статистически значимые корреляции NDVI с цветными индексами обнаружены для ExG, ExGR, ExR, NDI (участок № 1) и ExG, ExGR (участок № 2) – 0,70, 0,70, -0,64, 0,81 и 0,77, 0,87, соответственно. Таким образом, более высокую зависимость с продуктивностью степи проявил NDVI которому, однако, присущи недостатки свойственные спутниковым снимкам – влияние облачности, низкое разрешение.

Таким образом, корреляционный анализ выявил, что наилучшими индексами для оценки количества наземной фитомассы являются ExR и ExGR. Высокую зависимость с продуктивностью проявил MODIS NDVI – коэффициент корреляции достигал значения 0,98. Наблюдается тесная связь фитомассы с гидротермическим коэффициентом – до 0,95.

Исследование подтвердило возможность применения цветных вегетационных индексов с наземными данными для оценки наземной фитомассы степных экосистем.

### **Анализ антропогенного воздействия на растительность модельных полигонов**

Для естественных степных экосистем аридных регионов выпас домашнего скота является нормальным экологическим фактором поддержания стабильного состава растительности, так как под его влиянием в течение нескольких тысячелетий шло формирование пастбищной растительности. Практика показывает, что сезонная кочевка скотоводов и смена пастбищных угодий в зависимости от сезона года хорошо оправдывала себя и способствовала сохранению степной растительности в относительной стабильности. Однако, в последние два десятилетия маловодья на рассматриваемой территории многие источники воды для скота (реки, озера, родники) пересохли, особенно в Монголии. Так, за этот период в соседней стране не стало 450 озер и около 700 рек (Davaa, 2015). В связи с этим, сегодня монгольские араты «привязаны» к немногочисленным колодцам, к которым ежедневно гонят свой скот на водопой. По нашим наблюдениям, вокруг одного колодца в радиусе 3-4 км располагаются 5-7 стоянок скотоводов и в этом радиусе растительность

выбита полностью. Таким образом, основной антропогенный пресс на аридные экосистемы связан прежде всего с использованием их в качестве пастбищ (Гунин и др., 1998).

Между тем, при полном отсутствии выпаса происходит накопление ветоши злаков, разрастание непоедаемых растений. Низкая интенсивность выпаса приводит к накоплению мортмассы, в результате чего, повышается вероятность возникновения пожара (Опарин и др., 2004). Положительное действие на растительность оказывает умеренный выпас. Он способствует разрыхлению поверхностных слоев почвы, происходит формирование подстилки, ускоряется образование гумуса, почвы обогащаются питательными веществами. Частый и неумеренный выпас снижает способность растений образовывать новые побеги, снижается их жизненность, и, соответственно, возможность возобновления. Усиленный выпас приводит к укорачиванию корневой системы, так как продукты ассимиляции расходуются, в основном, на образование новых побегов. В результате корневая система, располагаясь близко к поверхности почвы, испытывает недостаток влаги (Евсеев, 1949). Чрезмерный же выпас приводит к необратимым изменениям растительности, изреживанию травостоя, вплоть до опустынивания степей.

По нашим наблюдениям, за последние десятилетия ценные кормовые виды замещаются плохо поедаемыми и непоедаемыми растениями, имеющими короткий жизненный цикл. Это приводит к снижению качества и количества кормовой базы. Кроме того, частички почвы под такими растениями слабо закреплены, что приводит к усиленной ветровой и водной эрозии с выносом почвенного мелкозема, и как следствие происходит снижение почвенного плодородия.

Как отмечал В.Н. Сукачев (1954): «Направление вытеснения одних видов растений фитоценоза другими обусловлено их относительной конкурентной способностью при данных условиях среды» [С. 237]. Исследователями неоднократно было отмечено, что определенные виды выпасаемых животных влияют на конкурентную способность растений (Высоцкий, 1915; Работнов, 1983; Горшкова, 1988; Мусина, 2001; Юнусбаев и др., 2003). Наибольшее пагубное воздействие на травостой оказывает выпас овец, промежуточное положение занимает крупный рогатый скот, лошади оказывают наименьшее влияние. При выпасе овец давление копыт на почву достигает  $5,4 \text{ кг/см}^2$ , при КРС –  $5,1 \text{ кг/см}^2$ , а для лошадей давление составляет  $2,6 \text{ кг/см}^2$  (Мордкович и др., 1997).

Антропогенная нагрузка на исследуемых полигонах, связанная с выпасом домашнего скота, оценена косвенно на основе информации о годовой численности поголовья скота. С начала 1990-х гг. в Российской Федерации в связи с системным кризисом сельскохозяйственного производства началось резкое и устойчивое сокращение поголовья всех видов сельскохозяйственных животных, снижение производства и

потребления животноводческой продукции. Так, в 1990 г. поголовье скота в Российской Федерации составляло 165170,58 тыс. голов, а к 2019 г. поголовье скота сократилось почти в 3 раза и составило 67223,17 тыс. голов (по данным Федеральной службы государственной статистики, 2019). В районах Республики Бурятия, где расположены наши модельные полигоны нагрузка на пастбища в среднем составляет 0,1 гол. /га (табл. 11). В Забайкалье наряду с сокращением поголовья продолжается уменьшение посевных площадей, за счет чего увеличиваются площади стихийно законсервированных залежных земель, используемых в качестве пастбищ.

Таблица 11 – Поголовье скота и пастбищная нагрузка территории исследования на российской части трансекта. Данные приведены для районов, в которых расположены полигоны «Улан-Удэ», «Гусиноозерск».

Территория	Год	Поголовье скота, тыс. голов	Плотность скота, гол./га.	Доля животных в структуре стада, %			
				Лошади	КРС	Верблюды	Овцы и козы
Тарбагатайский район Республики Бурятия	2010	22,4	0,1	1,7	33,2	0,0	65,1
	2019	13,4	0,0	1,2	40,6	0,0	58,2
Селенгинский район Республики Бурятия	2010	50,5	0,1	3,7	38,5	0,0	57,8
	2019	65,6	0,1	3,9	30,4	0,0	65,6

В Монголии складывается иная картина: несмотря на жесточайшие дзуды 2000-2001 и 2009-2010 гг., поголовье скота неуклонно растет. В 1990 г. поголовье скота составляло 25856,9 тыс. голов и к 2019 г., напротив, увеличилось почти в 3 раза и составило 70969,3 тыс. голов (по данным Монгольского статистического управления, 2019). При этом в структуре стада возросла доля участия овец и коз – самых нежелательных для пастбищ видов домашних животных, наносящих максимальный вред, поскольку они выедают траву с корнем, что требует большего времени для восстановления пастбищ (табл. 12).

Таблица 12 – Поголовье скота и пастбищная нагрузка территории исследования на монгольской части трансекта. Данные приведены для сомонов, в которых расположены полигоны «Дархан», «Дзун-Мод», «Мандалгови».

Территория	Год	Поголовье скота, тыс. голов	Плотность скота, гол./га.	Доля животных в структуре стада, %				
				Лошади	КРС	Верблюды	Овцы	Козы
Дархан (Сайхан)	1990	28,84	0,2	4,37	12,79	0,00	75,80	7,04
	2000	45,37	0,3	5,91	13,22	0,02	50,87	30,00
	2010	76,69	0,6	4,47	9,32	0,00	48,85	37,33
	2019	105,04	0,8	4,90	11,75	0,00	44,57	38,79
	1990	107,89	0,3	15,57	9,06	0,66	64,32	10,40

Дзун-Мод (Зуунмод+ Сэргэлэн)	<b>2000</b>	107,04	0,3	15,08	7,06	0,12	57,69	20,05
	<b>2010</b>	94,89	0,3	11,71	6,15	0,03	49,87	32,25
	<b>2019</b>	263,69	0,7	11,10	6,36	0,02	49,77	32,74
Мандалгови (Сайнцаган)	<b>1990</b>	114,63	0,3	9,74	4,38	1,10	55,60	29,20
	<b>2000</b>	121,46	0,4	9,11	2,33	0,86	52,07	35,65
	<b>2010</b>	110,05	0,3	5,59	1,47	0,56	45,56	46,81
	<b>2019</b>	417,543	1,2	4,72	1,51	0,31	46,95	46,52

Высоцкий Г.Н. (1915) изменения растительного покрова в результате выпаса назвал пасторальной (пастбищной) дигрессией. Она является наиболее широко распространенной формой деградации растительности в аридных и семиаридных зонах (Работнов, 1992; Миркин, Наумова, 1998). В результате многолетней пастбищной нагрузки происходит постепенное изменение флористического состава и смена растительных сообществ. Таким образом, наблюдаются определенные стадии отклонения от первоначального состояния травостоя, названные стадиями пастбищной дигрессии. Стадии смен растительных сообществ описаны в работах А.А. Юнатова (1950), Ю.М. Мирошниченко (1967), М.А. Рещикова (1964), А.А. Горшковой, И.Н. Лобановой (1972), А.А. Горшковой и др. (1977), В.Н. Храмцова и др. (1992), Л.Г. Раменского и др., (1956), Т.А. Работнова, (1974), В.Г. Мордковича и др., (1997), Б.М. Миркина и др., (1998), А.А. Чибилева (1998). В своих исследованиях они приводят совпадающие, но несколько отличные схемы пастбищной дигрессии. Для лесостепной и степной зон А.А. Юнатовым (1950) и Ю.М. Мирошниченко (1967), было выделено четыре стадии пастбищной дигрессии на основе изменения доминантного состава. Каждая стадия характеризует степень интенсивности выпаса (слабый, средний, сильный и чрезмерный).

На основе анализа видового состава, проективного покрытия и надземной фитомассы О. Чогний (1988) при изучении пастбищной дигрессии в степях выделил также четыре стадии. В последующих исследованиях пастбищной дигрессии И.М. Микляевой и А. Факхире (2004) для сухих степей Центральной Монголии выявлено 5 стадий пастбищной дигрессии, соотносящихся с разными уровнями воздействия в результате выпаса. В одной из последних работ, посвященных пастбищной дигрессии, Е.В. Данжалова (2008) отмечает шесть стадий антропогенной нарушенности, которые объединены в три категории в зависимости от степени участия коренных эдификаторов. Она вводит в применяемую многими исследователями многоуровневую классификацию антропогенной нарушенности ее высшую категорию – трансформацию. Так, стадия очень слабой нарушенности относится к уровню частичной стравленности; слабо, средне и сильно нарушенные

сообщества соответствуют стадиям пастбищной дигрессии, а при очень сильных нарушениях и на стадии сбоя происходит трансформация растительных сообществ.

Стадии пастбищной дигрессии степных сообществ на исследуемой территории мы определяли согласно данной схеме рядов антропогенной нарушенности, разработанной Е.В. Данжаловой (2008) (табл. 13). Стадии деградации устанавливались по данным флористического состава, а именно, по доминирующим видам.

Таблица 13 – Категории антропогенной нарушенности растительных степных сообществ

Процесс	Стадия нарушенности	Критерий нарушенности
Частичная стравленность:	<i>I – стадия очень слабой нарушенности.</i>	Доминируют коренные эдификаторы степей – дерновинные злаки и луки
Пастбищная дигрессия	<i>II – стадия слабой нарушенности</i>	Доминируют коренные эдификаторы совместно со второстепенными видами
	<i>III – стадия средней нарушенности</i>	Доминируют второстепенные виды при субдоминировании коренных эдификаторов
	<i>IV – стадия сильной нарушенности</i>	Доминируют дигрессионно-активные виды, при встречаемости коренных эдификаторов
Трансформация:	<i>V – стадия очень сильной нарушенности</i>	Доминируют дигрессивно-активные виды, участие коренных эдификаторов незначительно
	<i>VI – стадия сбоя</i>	Доминируют одно-, двулетние растения при небольшом участии видов предыдущих стадий

В изученных растительных сообществах по доминантному составу нами были отмечены все шесть стадий антропогенной нарушенности. При этом на современном этапе усиления пастбищных нагрузок на полигонах монгольской части трансекта среди растительных сообществ стали преобладать участки с выраженными стадиями пастбищной дигрессии, которые могут быть идентифицированы как сильно и очень сильно нарушенные.

В результате тщательного географического и экологического анализа каждого сообщества, а также в итоге покомпонентной и интегральной оценки состояния экосистем построены карты антропогенной нарушенности модельных полигонов (рис. 22, 23, 25, 27).

На модельном полигоне «Улан-Удэ» (рис. 22) фрагменты луговой степи характеризуются очень слабой и слабой степенью нарушенности. Сообщества разнотравно-крыловоковыльной формации настоящих степей характеризуются средней стадией пастбищной дигрессии. В структуре сообществ также доминируют злаки, но усиливается фитоценотическая роль более ксерофитных дигрессионно-активных видов (*Potentilla*

*acaulis*, *Artemisia frigida*). Виды рода *Stipa* очень чувствительны к выпасу, они не переносят ухудшения аэрации при уплотнении поверхностных горизонтов почвы, которое происходит при пастьбе скота, и первыми выпадают из состава травостоя (Шабанова, 2014).

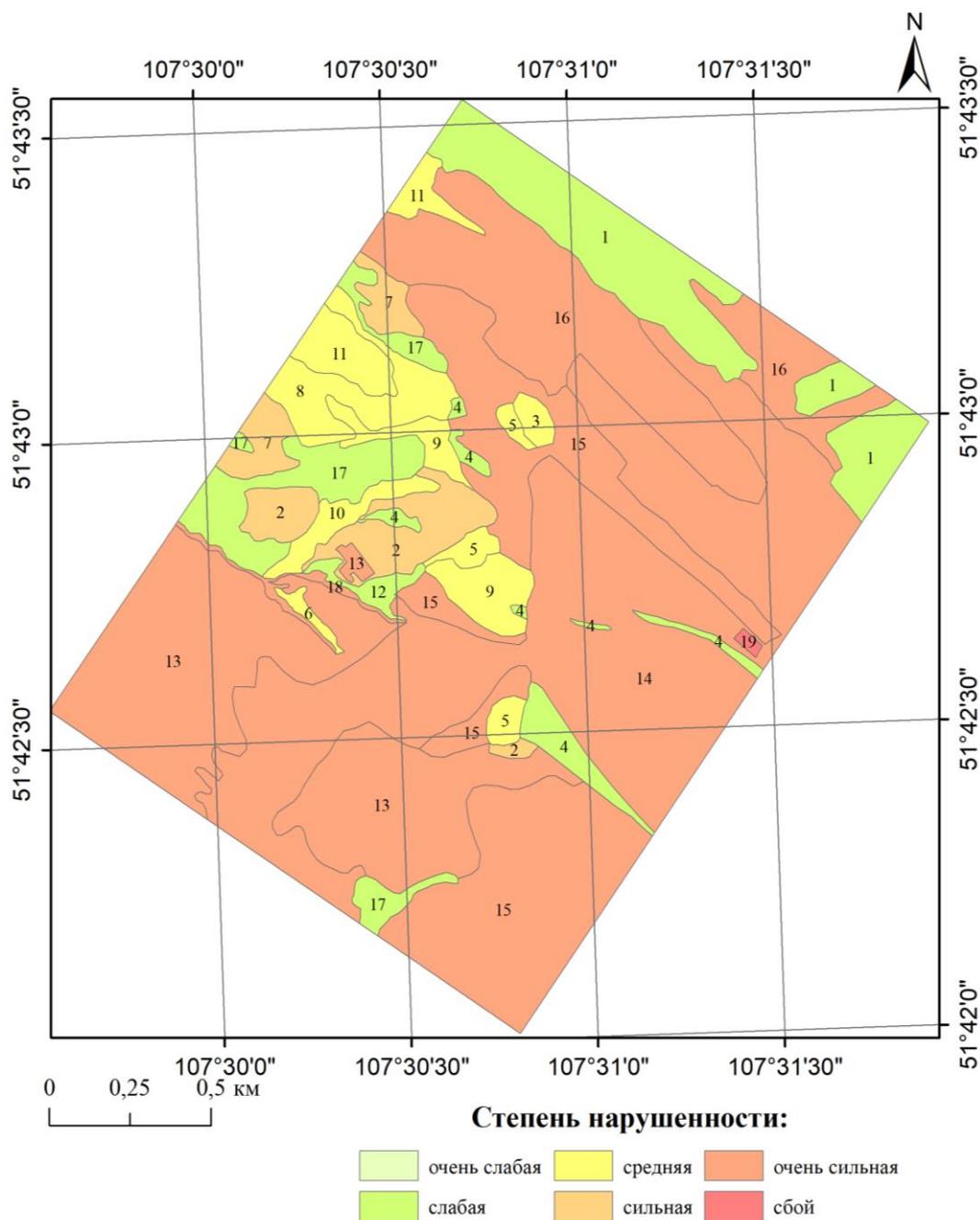


Рисунок 22 – Карта-схема антропогенной нарушенности полигона «Улан-Удэ» (М 1:15000)

При определении стадий пастбищной дигрессии в настоящих степях полигона «Гусиноозерск» отмечено, что сообщества крыловоковыльной формации соответствуют стадии средней нарушенности. В травостое доминируют дерновинные злаки, присутствуют корневищные злаки и разнотравье. Доминирует ковыль *Stipa krylovi*. В меньшем

количестве, но все еще присутствует в составе сообществ *S. baikalensis*. Близкой к условно-коренному флористическому составу соответствует крыловоковыльная ассоциация, а в травостое полынно-крыловоковыльной ассоциации отмечаются *Artemisia scoparia*, *A. commutata* – виды, характерные для соседствующих залежных земель.

На полигоне «Дархан» для сообществ караганово-крыловоковыльной и караганово-востречовой формации определена стадия средней дигрессии, переходящая в стадию сильной из-за чрезмерной пастбищной нагрузки (рис. 23). Наибольшей нарушенности подвержена караганово-крыловоковыльная формация – в ее составе содоминирующую роль приобретают такие дигрессионно-активные виды, как *Carex duriuscula* и *Potentilla acaulic*, детерминирующие выделение соответствующих ассоциаций.

Возможность замещения ковылей типчаком при усилении выпаса отмечалась рядом исследователей (Пачоский, 1917; Келлер, 1923; Лавренко, 1940; Евсеев, 1954; Бакинова и др. 2002; Джапова, 2006). При усиленном выпасе в степных сообществах западин почва уплотняется, снижается проективное покрытие почвы растениями, уменьшается количество почвенной влаги, повышается концентрация солей в почве.

Кроме того, основным отличительным признаком деградации степных сообществ является закустаривание. В составе сообществ данного полигона отмечено активное разрастание *Caragana microphylla*, которая занимает на деградированных пастбищах экологические ниши, освободившиеся в процессе пастбищной дигрессии и в настоящее время входящие в состав доминантов. В северо-восточной части полигона на почвах легкого механического состава проявляется дефляция с накоплением песчаного материала у кустов растений. На склонах полигона в результате интенсивного выпаса отмечены скотобойные тропы, слабая линейная эрозия.

При интенсивном выпасе происходит снижение фитоценологических показателей, ухудшение кормовой ценности сообществ, снижение продуктивности и сокращение периода использования. При изменении от средней до сильной и очень сильной степени дигрессии в составе сообществ почти полностью исчезают кормовые злаки, пастбищная трансформация идет по пути образования холоднополынных и твердоватоосочковых степей. К стадии сильной трансформации на полигоне «Дархан» относятся холоднополынные сообщества, где коренные эдификаторы уступают доминирующую роль полыни *Artemisia frigida*. Соответственно, ее участие в травостое и проективное покрытие значительно возрастают по мере увеличения степени пастбищной дигрессии. Высокорослые растения выпадают из состава степных фитоценозов в результате стравливания и полынь, не встречая конкуренции, разрастается и начинает доминировать в травостое (Мирошниченко, 1964). Эдификатор холоднополынных степей *Artemisia frigida*

имеет очень широкую экологическую амплитуду. Высокая конкурентоспособность полыни в условиях пастбищной дигрессии обусловлена пластичностью вида и способностью быстрого вегетативного размножения, за счет развития стелющихся и хорошо укореняющихся надземных побегов (Намзалов, 1991).

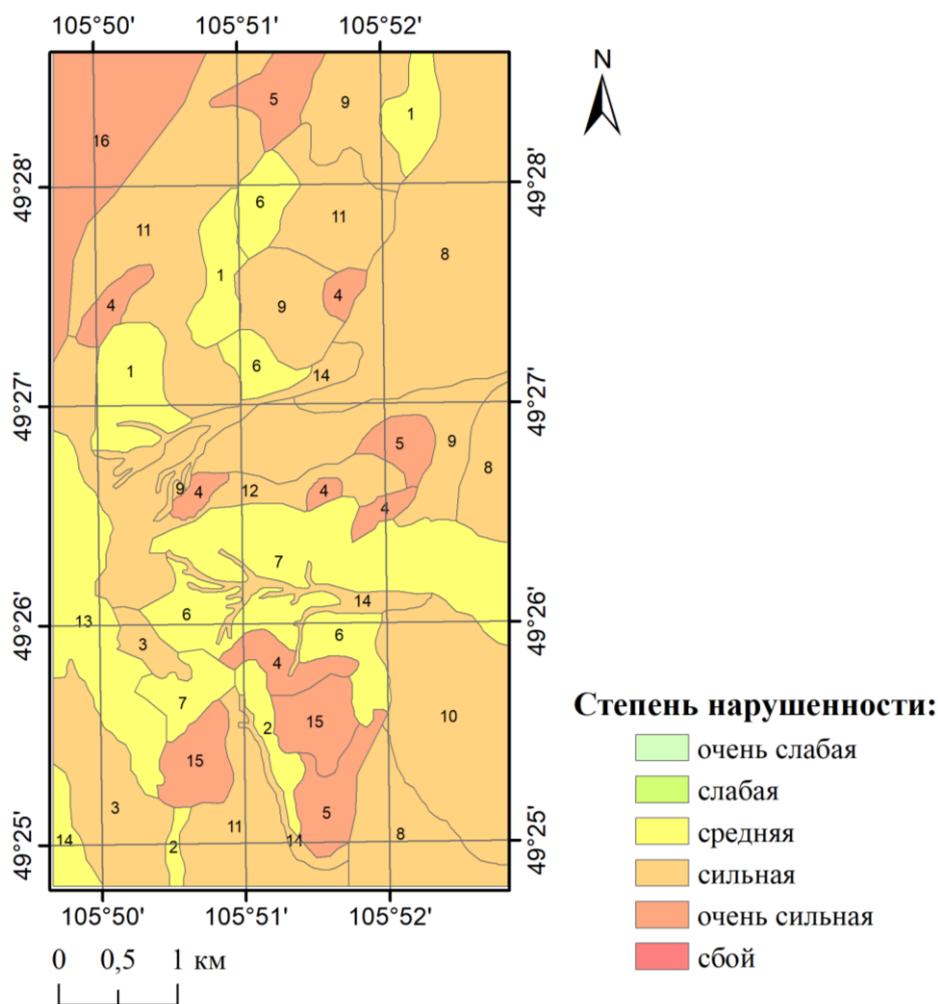


Рисунок 23 – Карта-схема антропогенной нарушенности полигона «Дархан» (М 1:50000)

При переходе от стадии средней к стадии сильной дигрессии увеличивается состав травостоя за счет появления однолетников, но на стадии очень сильной дигрессии снова снижается. При чрезмерном выпасе из травостоя выпадает и полынь холодная, несмотря на ее значительную устойчивость к выпасу и доминирующие позиции занимает *Carex duriuscula*. Эдификатор твердоватоосоковой формации – *Carex duriuscula* – также характеризуется широкой экологической амплитудой. (рис. 24). При усилении пастбищной нагрузки уплотнение верхних слоев почвы влечет за собой изменение водного и теплового режима, происходит угнетение большей части компонентов естественной степной растительности и разрастание сорного разнотравья. При рассмотрении разнотравно-

твердоватоосоковой ассоциации, соответствующей стадии сильной дигрессии, увеличение видового состава за счет сорного разнотравья обусловлено резким улучшением влагообеспеченности верхнего слоя почвы за счет его унавоживания. В конечной стадии сбоя пастьба приводит к исчезновению дерновинных злаков, угнетению осоки твердоватой и полыни холодной, и в травостое начинают преобладать однолетние растения.



а) караганово-крыловоковыльная степь



б) разнотравно-твердоватоосочковая степь с *Caragana microphylla*



в) пятна *Caragana microphylla* на эоловых буграх



г) разнотравно-твердоватоосочковые сообщества в понижениях

Рисунок 24 – Дигрессия растительных сообществ настоящих степей модельного полигона «Дархан»

На модельном полигоне «Дзун-Мод» в горных степях преобладают сообщества – нителестниковые, полидоминантно-мелкодерновиннозлаковые, низкотравные – средней стадии дигрессии. Твердоватоосочковые сообщества, характеризующиеся сильной степенью дигрессии, сосредоточены в основном в придолинной части, где достаточно велика пастбищная нагрузка. На участках скототроп, вокруг кошар и стоянок отмечены моnodоминантные сообщества из однолетней полыни *Artemisia adamsii*.

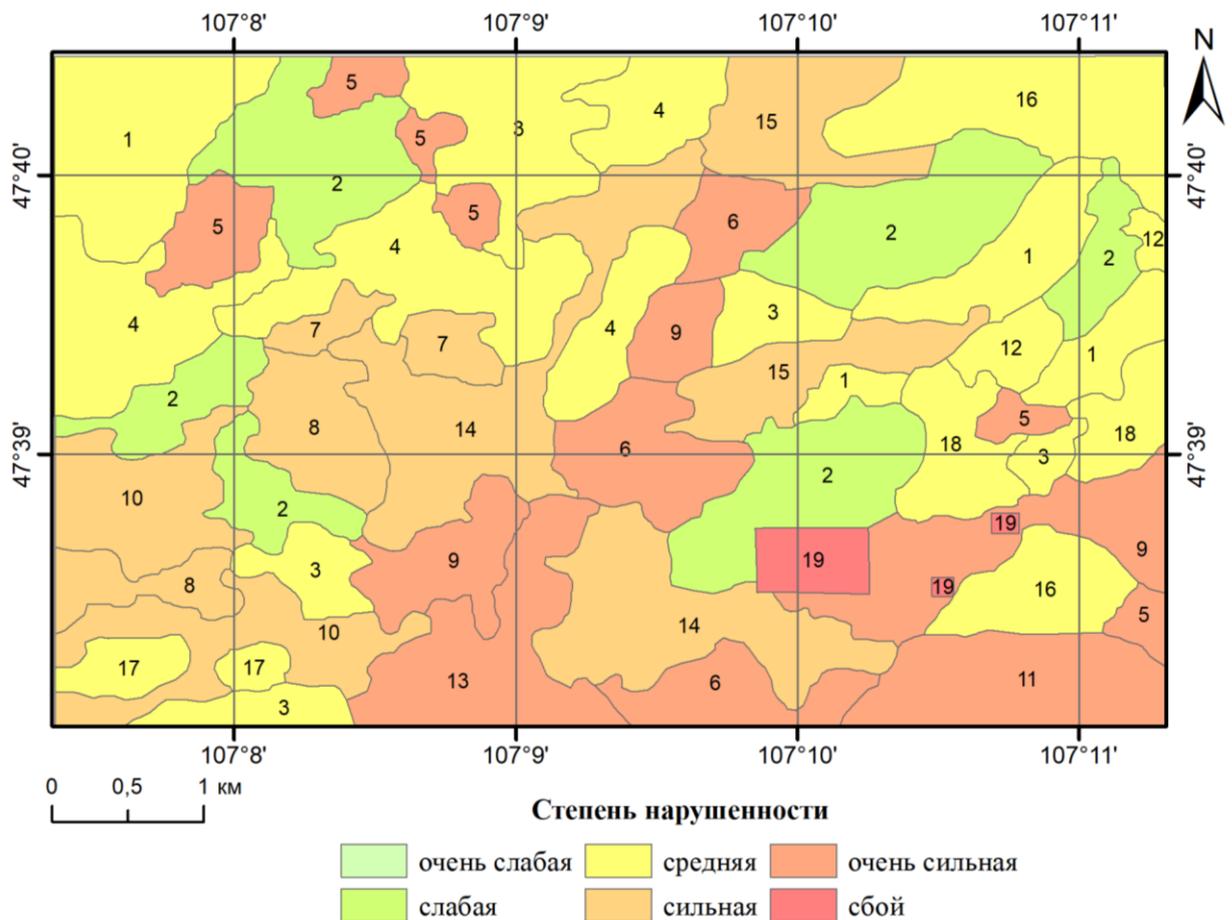


Рисунок 25 – Карта-схема антропогенной нарушенности полигона «Дзун-Мод» (М 1:50000)

В пустынных степях модельного полигона «Мандалгови» (рис. 26) на регулярно используемых участках происходит сильное угнетение дерновинных злаков (ковылька, змеевки), а затем и полное исчезновение их из травостоя. Отмечено территориальное расширение луковых сообществ за счет смены змеевково-ковыльковых и луково-ковыльковых сообществ на монодоминантные луковые.



а) ковылько-луковые сообщества



б) луковые сообщества

Рисунок 26 – Дигрессия растительных сообществ пустынных степей модельного полигона «Мандалгови»

Появление в фитоценозе ксероморфных видов, более типичных для пустынных областей, может служить показателем ухудшения условий увлажнения и начала развития процессов опустынивания (Гунин, Микляева, 2006).

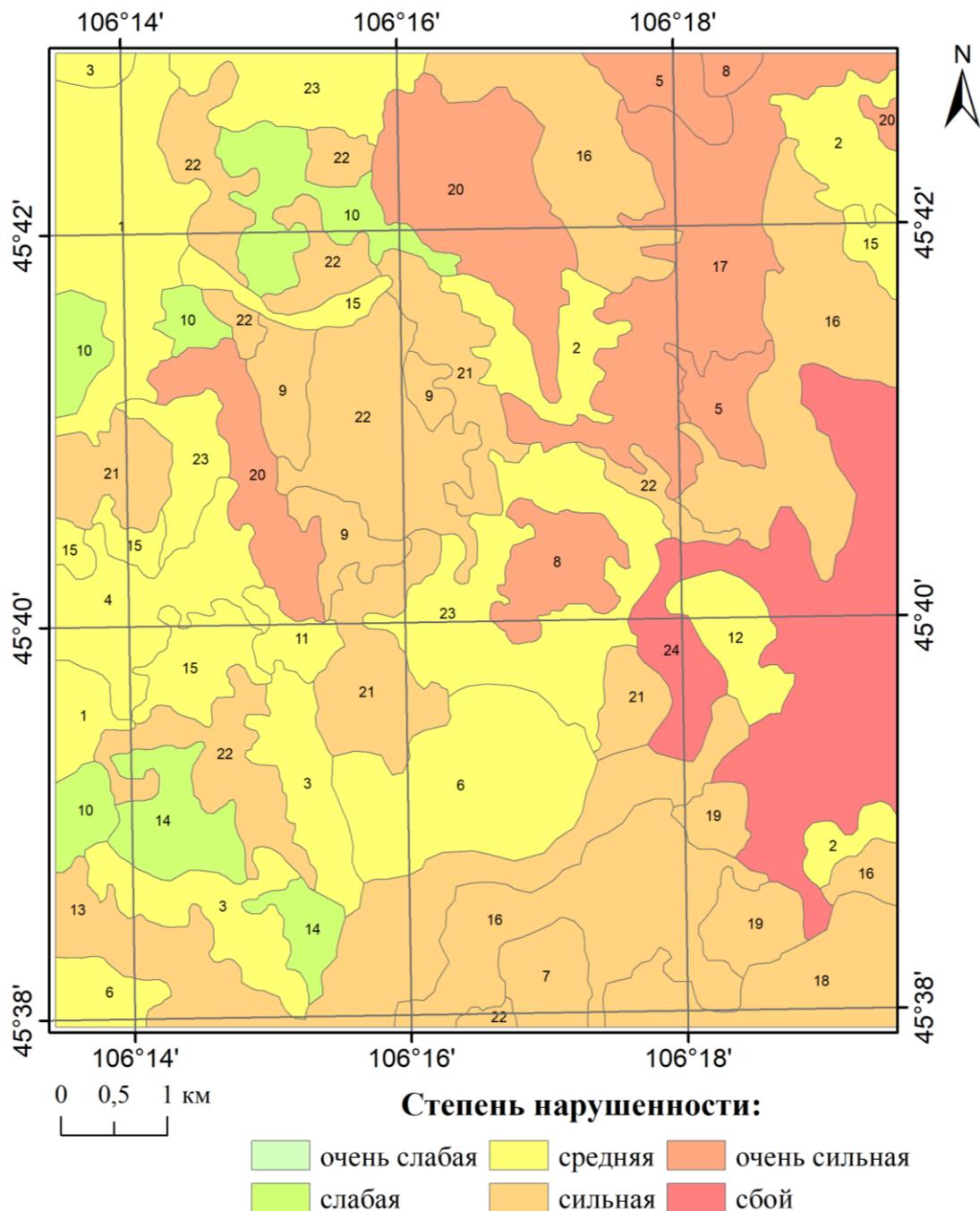


Рисунок 27 – Карта-схема антропогенной нарушенности полигона «Мандалгови» (М 1:50000)

Характерной особенностью трансформации экосистем, связанной с процессами опустынивания, является, прежде всего, изменение экологических условий степной зоны, позволяющее поселиться видам, свойственным полупустынной или пустынной зонам. В растительных сообществах пустынных степей отмечено замещение дерновинных злаков и луков (*Stipa klemenzii*, *S. gobica* и *Allium polyrrhizum*) полукустарничковыми видами солянок

(*Salsola passerina*, *Reaumuria songarica*), а также пустынным сорным видом – *Peganum nigellastrum*. При продолжительной пастьбе скота на одних и тех же участках начинается формирование пустошей по скотопрогонным тропам и водопоям. При сильном воздействии выпаса однолетники – *Chenopodium album*, *Eragrostis minor*, *Dontostemon integrifolius* – увеличивают свое обилие, что отражает их положительную реакцию на выпас скота. В заключительной стадии сбоя на пастбище сохраняются лишь однолетние растения.

Таким образом, практически все выделенные степные сообщества территории исследования антропогенно-трансформированы. Антропогенная преобразованность варьирует по направлению север-юг. Для степей полигонов российской части (Улан-Удэ, Гусиноозерск) наблюдаются стадии очень слабой, слабой и средней нарушенности. Степные сообщества монгольской части характеризуются стадиями от средней до очень сильной нарушенности. При переходе от слабой к очень сильной стадии нарушенности происходит сокращение видового состава, проективного покрытия и общей фитомассы. В травостое постепенно снижается роль злаков, например, если при слабой дигрессии ковыли доминируют в сообществах, то при очень сильной дигрессии они практически полностью исчезают.

Степи российской части исследуемого Байкало-Гобийского трансекта значительно подверглись антропогенному воздействию из-за активного сельскохозяйственного использования. Большие площади земель уже в XVII в. здесь характеризовались существенной пастбищной дигрессией. В конце XX в. интенсивность пахотного земледелия была максимальной: в 1973 г. площадь пашни в Бурятии составляла 908,1 тыс. га (Мельник, 1999). Большая часть распаханых территорий находилась в пределах Селенгинского среднегорья (Аненхонов, 2016).

В результате резкого сокращения интенсивности сельскохозяйственной нагрузки, произошедшей в начале 90-х гг. XX столетия и продолжающейся до сих пор, наиболее характерным процессом, протекающим в настоящее время на территории модельных полигонов российской части, является демутация растительности на участках, подвергшихся воздействию распашки – залежных землях. Сокращение площадей пашни и увеличение площадей залежей ведет к постепенному восстановлению участков степи.

Процесс залежной сукцессии в засушливой зоне описан многими исследователями (Высоцкий, 1915, 1923; Мальцев, 1924, Ларин, 1930; Новиков, 1936; Иванов, 1958 и др.; Лавренко, 1960, 1972; Семенова Тянь-Шанская, 1966; Намзалов и др., 2005; Самбуу, 2014; Владимиров и др., 2016; Холбоева и др., 2018). Ими были составлены обобщающие схемы сукцессии, включающие последовательно 4 восстановления естественной растительности на залежах: 1) бурьянистая стадия (стадия полевых сорняков); 2) корневищная стадия; 3)

стадия рыхлокустовых злаков; 4) стадия плотнокустовых злаков (вторичная целина). Сообщества этих стадий имеют отличительные особенности во флористическом составе и структуре. В зависимости от природной зоны, характера почвенного покрова, хозяйственного использования залежей и близости ненарушенных участков степей существуют различные отклонения от общей схемы зацелинения залежей. При этом внутри фитоценозов залежей идет постоянный процесс изменения, как количественного состава видов флоры, так и качественного соотношения между видами, а отсюда замена доминантов.

На модельных полигонах российской части трансекта нами отмечено 3 формации сообществ, соответствующие 3 стадиям залежной сукцессии: вечнопопынная формация, мятликово-лапчатковая и холоднопопынная (рис. 28).



а) залежь вечнопопынная



б) залежь лапчатково-мятликовая с *Ulmus pumila*



в) залежь холоднопопынная

Рисунок 28 – Стадии залежной сукцессии на модельных полигонах «Улан-Удэ» и «Гусинозерск»

Общее проективное покрытие травостоя на залежах обычно варьирует от 10-15 % на молодой бурьянистой стадии до 40-55 % на взрослой стадии. Вечнопопынная формация относится к мелкобурьянистой стадии залежной сукцессии. Характерной особенностью бурьянистой стадии является отсутствие диагностических видов. Они сформированы главным образом сорными однолетними и двулетними травами, не представляющими кормовой ценности. Как отмечает Дубровский Н.Г. и соавторы (2018), фитоценозы с

доминированием *Artemisia scoparia* (видом более ксероморфной экологии), преобладают в условиях недостаточного увлажнения. Корневая система полыни венечной хорошо развита и обладает высокой поглотительной способностью.

Восстановление растительного покрова на залежах проходит по двум типам: зарастание травянистой и возобновление древесной растительности. Среди разных типов залежных сукцессий выделяются инвазии древесных видов на постагрогенных землях (Телеснина, 2014; Голубева, 2017; Холбоева и др., 2018). В степной и лесостепной зонах Сибири из древесных пород залежи чаще всего зарастают березой, сосной обыкновенной, реже лиственницей. Но есть и участки, восстановление которых связано с ильмом приземистым – *Ulmus pumila* L. в пределах его естественного ареала (Мартынова, 2015; Бобринев, 2015). На предгорных равнинных участках и склонах небольшой крутизны (3-8 град.) в котловинах Селенгинского среднегорья с супесчаными и суглинистыми каштановыми почвами выделены сообщества мятликово-лапчатковой формации, представляющие рыхлодерновинную стадию. При этом сообщества данной формации зарастают ильмом с бывших разграничительных лесополос.

Сообщества холоднополынной формации отличаются присутствием в составе дерновинных злаков. Видовой состав данной формации близок к квазинатуральным сообществам естественных угодий, что говорит об интенсивном внедрении степной флоры и начале процесса их зацеplинения. В условиях пастбищной нагрузки сукцессия протекает с доминированием дигрессионного вида *Artemisia frigida* в травянистом ярусе.

Наряду с выпасом скота дополнительным фактором, оказывающим негативное воздействие на экосистемы, является транспортное использование территории (рис. 29). Так, нами отмечены участки с дорожной эрозией на всех модельных полигонах монгольской части. На полигонах «Дархан» и «Дзун-Мод» на склонах по грунтовым дорогам концентрируется и увеличивается сток поверхностных вод, который приводит к эрозии почвы и увеличению наносов в водотоках. В гобийской зоне на полигоне «Мандалгови» наблюдается множество автомобильных дорог, пересекающих полигон в различных направлениях. Быстрое образование разбитых участков привело к расширению дорожных полос с параллельными колеями, достигающих в среднем ширины 300-500 м (до нескольких км). Пионерными растениями таких нарушенных растительных участков являются виды-сорняки («Дархан» – *Chenopodium album*, «Дзун-Мод» – *Artemisia adamsii*, «Мандалгови» – *Peganum nigelastrum*), а не кормовые виды, которые имеют социально-экономическое значение для местных скотоводов.



а) полигон «Дархан»



б) скотопрогонные тропы на полигоне «Дархан»



б) полигон «Дзун-Мод»



в) полигон «Мандалгови»

Рисунок 29 – Нарушенность степных экосистем, вызванная дорожной дигрессией

Таким образом, на основе фитоценологических признаков были определены стадии пастбищной дигрессии и степень антропогенной нарушенности. Растительность на модельных полигонах российской территории сообщества находится на стадиях слабой и средней пастбищной дигрессии, наблюдаются локальные улучшения состояния экосистем, вышедших по тем или иным причинам из интенсивного сельскохозяйственного использования. В результате усиления пастбищной нагрузки на монгольских модельных полигонах стали преобладать участки с сильной дигрессией. В настоящих степях увеличивается доля кустарников и полукустарничков (*Caragana microphylla*, *Artemisia frigida*). При выпасе происходит значительное уменьшение количества злаков (*Koeleria cristata*, *Agropyron cristatum*, *Stipa krylovii*); на их месте лидирующие позиции занимают дигрессионные виды (*Carex duriuscula*, *Artemisia frigida*, *Potentilla acaulis* и др.). Происходит разрастание рыхлодерновинного злака *Cleistogenes squarrosa* – показателя пастбищной дигрессии. При значительных пастбищных нагрузках формируются монодоминантные осоковые сообщества. В горных степях при пастбищном использовании, помимо разрастания осоки твердовой, формируются сообщества с участием непоедаемого, алкалоидосодержащего, сильно пахучего полукустарничка *Artemisia*

*adamsii*. В пустынных степях показателем пастбищной дигрессии выступают виды *Peganum nigelastrum*, *Carex duriuscula* и многочисленные виды-однолетники из семейства *Chenopodiaceae*.

### **Рекомендации по оптимизации использования степных пастбищных территорий**

Степные экосистемы являются основной земледельческой зоной, характеризующейся высокой степенью антропогенной нарушенности природных ландшафтов (Намзалов, 2011). Повсеместная перегруженность большинства естественных пастбищных угодий привела в настоящее время к снижению их продуктивности и ухудшению кормовой ценности. В связи с этим, для сохранения растительного покрова в состоянии динамического равновесия предложены рекомендации по снижению негативного воздействия и оптимизации природопользования.

В настоящее время актуальной задачей является создание такой системы природопользования, которая, с одной стороны, соответствовала бы концепции устойчивого развития и позволяла охранять и рационально использовать природные ресурсы, а с другой – эффективно сочеталась с мероприятиями по увеличению биоразнообразия, урожайности растений и продуктивности домашних животных.

Как отмечалось, степи испытывают сильное воздействие от выпаса домашнего скота, и поэтому их рациональное использование возможно только при урегулировании нагрузки на травостой. Для сохранения растительного покрова рассматриваемой территории в состоянии динамического равновесия численность выпасаемого скота не должна превышать экологическую емкость природных кормовых угодий. Поэтому одной из мер оптимизации природопользования, на наш взгляд, является разукрупнение стада. Концентрация больших стад на стойбищах, при перегонах и в местах водопоя приводят к полному вытаптыванию травостоя на значительных площадях, и, наоборот, в отдаленных местах, куда редко доходит стадо, в травостое накапливается ветошь и развиваются кустарники. Для соблюдения нормативов пастбищной нагрузки необходимо равномерное распределение поголовья скота по площади пастбищ с расширением сети водопойных пунктов.

Кроме численности стада, важным аспектом является его структура, которая должна быть оптимальной по соотношению различных видов животных (овец, коз, крупного рогатого скота, лошадей, верблюдов). Многими исследователями пастбищной нагрузки отмечается, что наибольшее пагубное воздействие на растительность степей оказывает выпас овец (Высоцкий, 1915; Горшкова, 1973; Морозова, 1972; Мусина, 2001). В последние десятилетия из-за востребованности козьего пуха для производства кашемировых изделий в

Монголии произошел сильный перекоп в сторону увеличения поголовья коз. Как известно, они скусывают растения на уровне корневых шеек и ниже, а острые копыта быстро сбивают дернину и превращают поверхность пастбища в неустойчивую смесь растительных остатков, мелкозема и пыли. Между тем, для степных пастбищ наиболее благоприятен выпас лошадей. В степях они имеют широкий спектр кормовых видов, что позволяет предотвратить селективный выпас и эффективно использовать степные пастбища (Практическое руководство..., 1987). Лошади отщипывают траву на более высоком уровне, чем мелкий рогатый скот, и поэтому оказывают меньшее негативное влияние на травостой.

В связи с деградированностью почв и травостоев пастбищ от перевыпаса возникает задача оптимизации структуры поголовья домашнего скота. Мы рекомендуем сократить, в первую очередь, поголовье коз и увеличить доли лошадей и коров. Во-вторых, необходимо существенно сократить общее поголовье всего домашнего скота. Например, в 2020 г. руководством Монголии принимаются меры по сокращению домашнего скота на 25 млн голов. Эта оптимизация позволит сохранить не только травостой, но и повысит выход животноводческой продукции. При этом, структура скота не должна быть одинаковой для всех степей, а различаться в зависимости от видового состава растительных сообществ на определенной территории, так как видовой состав кормовой флоры по природным зонам неодинаков.

Так, в зоне степей кормовой ценностью обладают злаки, полукустарничковые полыни, разнотравье и караганы; в пустынно-степной зоне - злаки, солянки, полыни и караганы. Основываясь на составе кормовой флоры и специфичности ее использования, можно считать, что пастбища степной зоны вполне пригодны для содержания всех видов скота, преимущественно лошадей и крупного рогатого скота. Стоит лишь отметить, что в ряде районов степной зоны верблюды могут испытывать недостаток в солянковых сообществах. Пустынно-степная зона из-за недостатка травянистых растений почти не пригодна для содержания КРС и лошадей, преобладающие здесь полукустарничковые и кустарничковые растения (солянки и полыни) пригодны для использования верблюдами и мелким рогатым скотом. Если для пустынных степей эта рекомендация естественным образом соблюдается в силу ограниченности кормовых ресурсов, то для степей более высоких широт необходимо регулировать структуру стада.

Таким образом, исходя из структуры стада, его общего поголовья, параметров экологической емкости и конкретных условий и типов кормовых угодий необходимо разрабатывать схемы пастбищеоборотов применительно к конкретным территориям. Важным звеном в системе пастбищеоборота является загонный способ стравливания пастбищ по сезонам и годам с чередованием сроков использования и количества

стравливания, чередование пастбищного использования с сенокосным, что приводит к повышению урожайности и улучшению травостоя кормовых угодий. Пастьба на огороженной территории, активно практикуемая во Внутренней Монголии, позволит регулировать ее режим и добиться максимально допустимого использования растительных кормов, чередуя интенсивные периоды стравливания травостоя с периодами его отрастания. Выделение сезонных пастбищ должно проводиться с учетом специфики использования травостоя, водообеспеченности и хозяйственной целесообразности использования пастбищ в тот или иной сезон. Проблема производства сена в пустынно-степных районах должна решаться за счет посевов многолетних трав и частичного перевода пастбищных угодий в сенокосные. Невыпасаемые участки с большим запасом ветоши и степного «войлока» в перспективе должны стать сенокосными или регулируемо выпасаемыми. Это обеспечит постепенное самовосстановление антропогенных вариантов первичных и вторичных степей и в перспективе относительную стабильность степных растительных сообществ.

Важнейшим способом защиты и сохранения фитоценотического разнообразия естественных степных экосистем является создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ), охраняемых зон со статусом природных резерватов или территорий многофункционального использования. Например, некоторыми авторами для сохранения биоразнообразия степей межгорных котловин Средней и Восточной Сибири предложено создание трансграничного российско-монгольского заповедника в районе Кяхты – Алтанбулака, а также создание сети ключевых ботанических территорий (Тишков, 2005; Холбоева и др., 2015). Мы поддерживаем создание таких резерватов, часть территории которых должны использоваться для проведения различных натуральных экспериментов по управлению растительными ресурсами. Для обеспечения биоразнообразия засушливых территорий необходимо развивать мелиоративные работы, поливные луга будут способствовать экологической устойчивости пастбищных земель и стабильному обеспечению кормами.

Для реализации мер по рациональному использованию степных экосистем необходимы инвентаризационные исследования кормовых угодий с подробным изучением их природных и хозяйственных особенностей (продуктивность, емкость пастбищ, водообеспеченность, степень нарушенности и т.д.). Для успешного решения задач по укреплению кормовой базы и организации ведения животноводческого хозяйства необходимо широкое использование современных методов и средств мониторинга растительного покрова, например, использование данных ДЗЗ, внедрение ГИС-технологий, установку автономных метеорологических датчиков, фенологических камер, градиентных мачт для оценки элементов углеродного цикла и многое другое.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведена инвентаризация разнообразия степных сообществ разработана классификационная схема на основе эколого-фитоценологического доминантно-детерминантного принципа, учитывающего экотопологические свойства и видовой состав растительности. В результате выделено 5 флороцено типов (луговые, настоящие, горные, пустынные степи и залежная растительность), включающих 23 формации и 49 ассоциаций. Синтаксоны отражают не только текущее состояние сообществ, но и индицируют определенные динамические состояния, возникающие под воздействием антропогенных и природных факторов. Характер сукцессионных смен различен для зональных типов степей.

2. Установлено отношение растительных сообществ к градиентам условий среды. Важными экологическими факторами, обуславливающими дифференциацию степной растительности, является градиент гумидности-аридности (уменьшение увлажненности) климата, степень литофильности, увлажнение и богатство-засоление почв. Выделенный порядок групп при ординационном анализе позволил подтвердить экологическую целостность и своеобразие синтаксонов, построить эколого-динамические ряды растительности по градиентам факторов и оценить экологическую вариабельность степных сообществ.

3. Проведена оценка изменения климата на модельных полигонах. Установлено увеличение средних многолетних температур воздуха по всем полигонам от 0,94 до 1,66 °С с севера на юг. Отмечено, что выявленные темпы роста превышают рост средней глобальной температуры, особенно в южных полигонах, где также наблюдаются достоверные тренды к аридизации. Для всех полигонов, кроме полигона «Дархан», выявлены слабые отрицательные тренды осадков.

4. Дана оценка современного состояния и пространственной структуры степных сообществ с использованием трехуровневого мониторинга (спутник – БПЛА – наземная верификация). Составлены карты, отражающие актуальное состояние и пространственную структуру растительного покрова на разных уровнях организации. Разработаны схемы пространственных комбинаций (склоновые комплексы, экспозиционные сочетания, экологические ряды) растительного покрова степей. Выявленные комбинации определяются рельефом и степенью антропогенной нагрузки: в равнинных местообитаниях преобладают комплексы и экологические ряды, а в горной местности – сочетания.

5. Дана оценка влияния климатических факторов и антропогенного воздействия на трансформацию растительного покрова. Сезонная динамика вегетационного индекса NDVI имеет положительную связь с температурой (до 0,79) и осадками (0,45-0,5), при этом в аридной зоне отмечается нерегулярный режим выпадения осадков, что снижает значение

корреляции. Цветные вегетационные индексы хорошо коррелируют с наземными данными и могут успешно применяться для оценки наземной фитомассы степей. Многолетние тренды NDVI за последние 20 лет согласуются с трендами количества осадков: на российской части трансекта они имеют отрицательный наклон, тогда как на монгольской – положительный.

6. Выявлена интенсивность трансформации степных экосистем на основе количественных и качественных показателей растительных сообществ, определены стадии их нарушенности. Дана комплексная оценка современного геоэкологического состояния и показано что, практически все выделенные степные сообщества территории исследования антропогенно-трансформированы. Так, на модельных полигонах российской территории сообщества находятся на стадиях слабой и средней пастбищной дигрессии, наблюдаются локальные улучшения состояния экосистем, вышедших из интенсивного сельскохозяйственного использования. На монгольских модельных полигонах в результате усиления пастбищной нагрузки преобладают участки с сильной и очень сильной дигрессией – последовательно уменьшается число видов растений, проективное покрытие, общая фитомасса увеличивается доля кустарников и полукустарничков (*Caragana microphylla*, *Artemisia frigida*). В пустынных степях южной части трансекта при усилении пастбищной нагрузки в условиях дефицита влаги особенности трансформации экосистем, связаны с процессами опустынивания: изменение экологических условий степной зоны, позволяют поселяться видам, свойственным полупустынной или пустынной зонам.

7. Предложен комплекс рекомендаций, направленных на оптимизацию использования степных пастбищных территорий и сохранения их ресурсного потенциала. Основными являются: разукрупнение стада, оптимизация структуры поголовья, установление оптимальных сроков использования пастбищ и перегонный по сезонам года способ стравливания пастбищ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авессаломова, И.А. Экологическая оценка ландшафтов / И.А. Авессаломова // М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – 106 с.
2. Аненхонов, О.А. Лесная растительность западного забайкалья и вероятные направления ее климатогенной динамики: Дисс. ... докт. биол. наук: 03.02.01 / Аненхонов Олег Арнольдович; Новосибирск, 2016. – 475 с.
3. Ариунболд, Э. Динамика растительных сообществ сухих степей Средней Халхи (Сомон Баян-Унджул, Монголия): дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.01 / Ариунболд Эрдэнэгэрэл; Санкт-Петербург, 2014. – 123 с.
4. Бажа, С.Н. Особенности пастбищной дигрессии степных экосистем Центральной Монголии / С.Н. Бажа, Д. Баясгалан, П.Д. Гунин, Е.В. Данжалова, Ю.И. Дробышев, Т.И. Казанцева, А.В. Прищепа, С. Хадбаатар // Ботанический журнал. – 2008. – Т.93. №5. – С. 657-681.
5. Бажа С.Н. Эколого-биологическая оценка деградиционных процессов экосистем южной части бассейна Байкала: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Бажа Сергей Николаевич; Москва, 2002. – 202 с.
6. Бажа, С.Н. Трансформация наземных экосистем южной части бассейна Байкала / С.Н. Бажа, Е.В. Данжалова, Ю.И. Дробышев, С. Хадбаатар // М.: КМК., 2018. – 402 с.
7. Банзрагч, Д. Умард Хангайн бэлчээр хадлангийн ургацын динамик / Д. Банзрагч // Хадлан бэлчээрийн асуудал. Улаанбаатар, 1970. – 94 с.
8. Баранов, В.И. Земледельческие районы на юге Кобдосского аймака Западной Монголии / В.И. Баранов // Л.: Изд-во АН СССР, 1932. – С. 1-78.
9. Барицкая, В.А. Нителистниковые степи Забайкалья / В.А. Барицкая // Кормовые угодья и леса Средней Сибири и Забайкалья. Иркутск, 1979. – С. 64-78.
10. Бедарева, О.М. Продуктивность пустынных пастбищ Казахстана и оценка их состояния методами дистанционного зондирования / О.М. Бедарева, В.К. Хлюстов // Калининград, 2006. – 285 с.
11. Беликович, А.В. Растительность Даурии [Электронный ресурс] / А.В. Беликович // Владивосток, 2017. Режим доступа: [http://ukhtoma.ru/geobotany/dahuria\\_11.htm](http://ukhtoma.ru/geobotany/dahuria_11.htm)
12. Белов, А.В. Карта растительности юга Восточной Сибири. Принципы и методы составления / А.В. Белов // Геоботаническое картографирование. – 1973. – С. 16-30.
13. Белозерцева, И.А. Почвы водоохранной зоны озера Байкал и их использование / И.А. Белозерцева, И.Н. Владимиров, В.И. Убугунова, В.Л. Убугунов, О.А. Екимовская, А.В. Бардаш // География и природные ресурсы. – 2016. – № 55. – С. 62-71.

14. Беляева, Н.Г. Фитоценоотическое разнообразие и условия формирования лесного покрова юго-западной части Московской области / Дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Беляева Надежда Георгиевна; Санкт-Петербург, 2018. – С 231.
15. Береснева, И.А. Климаты аридной зоны Азии / И.А. Береснева // М.: Наука, 2006. – 287 с.
16. Блюменталь, И.Х. К вопросу о классификации степей / И.Х. Блюменталь // Академику В.Н.Сукачеву к 75-летию со дня рождения. М.; Л.: Наука, 1956. – С. 78-89.
17. Бобринев, В.П. Экологические условия возобновления леса на сельскохозяйственных землях в Забайкальском крае / В.П. Бобринев, Л.Н. Пак // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 7-1. – С. 79-82.
18. Болодон, Н.Б. К вопросу повышения урожайности кормовых угодий в лесостепной части МНР / Н.Б. Болодон // Современная Монголия. – 1939. – № 1-2.
19. Брагина, Т.М. О концепции развития степных особо охраняемых природных территорий Казахстана / Т.М. Брагина, А.Д. Асылбеков, А.К. Агажаева, Ж. Курагулова // Степной бюллетень. – 2013. – №39. – С.30-35.
20. Буфал, В.В. Радиационный режим и тепловой баланс / В.В. Буфал, Г.П. Панова, Л.Г. Стрелочных // Структура и ресурсы климата Байкала и сопредельных пространств. Новосибирск, 1977. – С. 21-50
21. Быков, Б.А. Геоботаническая терминология / Б.А. Быков // Алма-Ата, 1967. – 167с.
22. Вальтер, Г. Основы ботанической географии / Г. Вальтер, В.В. Алехина // М.; Л., 1936. – 715 с.
23. Василевич, В.И. Доминантно-флористический подход к выделению растительных ассоциаций / В.И. Василевич // Ботанический журнал. – 1995. – Т. 80. – № 6. – С. 28-39.
24. Василевич, В.И. О методах классификации растительности / В.И. Василевич // Ботанический журнал. – 1985. – Т. 70, № 12. – С. 1596-1604.
25. Владимиров, И.Н. Геоинформационный анализ и моделирование восстановительных сукцессий залежных земель Забайкалья / И.Н. Владимиров, Д.В. Кобылкин, С.А. Холбоева // Геодезия и картография. – 2016. – №1. – С. 21-27.
26. Востокова, Е.А. Карта экосистем Монголии как основа для ландшафтно-экологического мониторинга / Е.А. Востокова, П.Д. Гунин // Материалы МЦРГО. Биогеография. – 1997. – С. 38-45.
27. Востокова, Е.А. Принципы и методы составления карты пастбищ МНР по материалам космических съемок / Е.А. Востокова, В.С. Хруцкий // География и природные ресурсы. – 1983. – № 1. – С. 117-124.

28. Высоцкий, Г.Н. Ергеня. Культурно-фитологический очерк / Г.Н. Высоцкий // Труды Бюро по прикладной ботанике. – 1915. – Т.8. – С. 1113-1443.
29. Гагина, Н.В. Методы геоэкологических исследований / Н.В. Гагина, Т.А. Федорцова // Мн.: БГУ, 2002. – 98 с.
30. Гаджиев, И.М. Степи Центральной Азии: монография / И.М. Гаджиев, А.Ю. Королюк, А.А. Титлянова // Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2002. – 299 с.
31. Геоморфология Монгольской Народной республики. М.: Наука, 1982. – 259 с.
32. Кочуров Б.И. Геоэкологическое картографирование / Б.И. Кочуров, Д.Ю. Шишкина, А.В. Антипова, С.К. Костовска // Издательский центр Академия Москва, 2009. 192 с.
33. Горшкова, А.А. Биология степных пастбищных растений Забайкалья / А.А. Горшкова // М., Наука, 1966. – 275 с.
34. Горшкова, А.А. Экология и пастбищная дигрессия степных сообществ Забайкалья / А.А. Горшкова, Н.Ф. Гринева, Н.А. Журавлева, Л.Д. Копытова, И.А. Лукина, А.И. Спивак // Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1977. – 192 с.
35. Горшкова, А.А. Изменение экологии и структуры степных сообществ Забайкалья под влиянием пастбищного режима / А.А. Горшкова, И.Н. Лобанова // Доклады Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. №35. Иркутск: Иркутское кн. Изд-во, 1972. – С. 38-43.
36. Горышина, Т.К. Экология растений: Учеб. Пособие / Т.К. Горышина // М.: Высш. школа, 1979. – 368 с.
37. Грибова, С.А. Картирование растительности в съёмочных масштабах / С.А. Грибова, Т.И. Исаченко // Полевая геоботаника. Том IV. Л.: Наука, 1972. – С. 137-309.
38. Грибова, С.А. Карта растительности Европы и вопросы классификации / С.А. Грибова, З.В. Карамышева, Р. Нейхейсл, Т.К. Юрковская // Геоботаническое картографирование. – 1988. – С. 3-13.
39. Гунин, П.Д. Современные процессы деградации и опустынивания экосистем Восточно-Азиатского сектора степей и лесостепей / П.Д. Гунин, И.М. Микляева // Современные глобальные изменения природной среды. – 2006. – Т. 2. – С. 389-412.
40. Гунин, П.Д. Социальные аспекты биологических процессов опустынивания в аридных и семиаридных ландшафтах Центральной Азии / П.Д. Гунин, И.М. Микляева // Центральная Азия в XXI веке: устойчивое развитие. Кызыл. М.: Слово, 2000. – С. 172-176.
41. Гусев, А.П. Фитоиндикационно-геоэкологический анализ динамики геосистем: теоретические и методические основы / А.П. Гусев // Вестник Витебского государственного университета. – 2010. – № 2 (56). – С. 84-89.

42. Даваажамц, Ц. Пастбища и сенокосы северной части Убурхангайского аймака МНР: дис канд. биол. наук: 03.02.01 / Даваажамц Цэвэг; Л- 1954. – 152 с.
43. Дамбиев, Э.Ц. Региональная геоэкология: агроландшафты степей Бурятии: учеб. Пособие / Э.Ц. Дамбиев, Б.Б. Намзалов, С.А. Холбоева, Е.Э. Валова // Улан-Удэ: Бурятский государственный университет, 2013. – 182 с.
44. Данжалова, Е.В. Пастбищная дигрессия растительных сообществ степных экосистем Центральной Монголии: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Данжалова Елена Владимировна; Москва, 2008. – 203 с.
45. Дашням, Б. Растительность Восточного аймака МНР и её хозяйственное использование: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.01 / Бадам Дашням; Л., 1966. – 233 с.
46. Дашням, Б. Степная флора и растительность Восточной Монголии / Б. Дашням // Природные условия и биол. Ресурсы МНР. М., 1986. – С. 75-76.
47. Джапова, Р.Р. Динамика растительного покрова Ергенинской возвышенности и Прикаспийской низменности в пределах Республики Калмыкия: Дисс. ... докт. биол. наук: 03.00.05 / Джапова Раиса Романовна; Москва, 2007. – 288 с.
48. Динесман, Л.Ж. История пастбищных экосистем Монголии в последние тысячелетия / Л.Ж. Динесман, Н.К. Киселева, А.В. Савинетский // Природные ресурсы, биоразнообразие и экологические перспективы. Сб.ст. - Уланбатор, 2005. – С. 358-360.
49. Доржготов, Д. Почвы Монголии / Д. Доржготов // Улан-батор, 2003. – 370 с.
50. Дубровский, Н.Г. Флористико-геоботанические и биоэкологические исследования залежной растительности Тувы / Н.Г. Дубровский, Б.Б. Намзалов, А.В. Ооржак, М.М. Куулар // Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География. – 2018. – №. 1. – Р. 27-43.
51. Дулепова, Б.И. Степи горной лесостепи Даурии и их динамика: учеб. Пособие / Б.И. Дулепова // Чита: Изд-во ЧГПИ, 1993. – 396 с.
52. Дулепова, Б.И. Нителестниковые степи Сохондинского заповедника / Б.И. Дулепова // Охрана растительного мира Сибири. Новосибирск: Наука, 1981. – С. 83-91
53. Дягилев, В.Ф. Растительность Баргузинского аймака БМ АССР / В.Ф. Дягилев // Изв. о-ва по изуч. Восточно-Сибирской обл., 1937. – Т.1. – С. 17-23
54. Евстифеев, Ю.Г. К вопросу о взаимосвязи почвенного и растительного покровов в южной части МНР / Ю.Г. Евстифеев, Е.И. Рачковская // Структура и динамика основных экосистем МНР. Л.: Наука, 1976. – С. 125-144.
55. Ершова, Э.А. Степи / Э.А. Ершова, Б.Б. Намзалов // Растительный покров и естественные кормовые угодья Тувинской АССР. Новосибирск, 1985. – С. 119-154.

56. Жарникова, М.А. Характеристика степной растительности засушливых территорий Центральной Азии / М.А. Жарникова // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 8. – С. 43-49.
57. Жарникова, М.А. Фитогеографические особенности и состояние степных сообществ Монголии (на примере модельного полигона «Мандалгоби») / М.А. Жарникова, Ж.Б. Алымбаева // Вестник БГУ. Биология, география. – 2018. – №. 2. – С. 46-56.
58. Жарникова, М.А. Пространственно-структурная организация степных растительных сообществ / М.А. Жарникова, Ж.Б. Алымбаева // мат-лы Междунар. науч.-практ. Конференции «Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования». – 2019. – С. 439-441.
59. Жарникова, М.А. Геоэкологическая оценка трансформации степных растительных сообществ в условиях изменения климата и антропогенного воздействия (на примере Байкало-Гобийского трансекта) / М.А. Жарникова // Научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы. – Улан-Удэ, 2020. – 24 с.
60. Зарубин, А.М. Ботанико-географические особенности степной растительности юго-восточного Забайкалья / А.М. Зарубин, М.В. Фролова // Эколого-физиологические основы повышения продуктивности степных пастбищ Забайкалья. Иркутск, 1980. – С. 5-32.
61. Зверев, А.А. Информационные технологии в исследовании растительного покрова / А.А. Зверев // Учеб. пособие. Томск, 2007. – 304 с.
62. Золотокрылин, А.Н. Индикатор аридности климата // Аридные экосистемы. – 2002. – Т. 8, № 16. – С. 47-59.
63. Иванов, А.Д. Эоловые пески западного Забайкалья и Прибайкалья. Улан-Удэ / А.Д. Иванов // Бурят. Кн. Изд-во, 1966. – 232 с.
64. Иметхенов, А.Б. Природа переходной зоны на примере Байкальского региона / А. Б. Иметхенов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. – 231 с.
65. Исаченко, Т.И. Опыт картографирования динамики степной растительности (на примере крупномасштабного картирования ключевого участка в Онон-Аргунской степи // Т.И. Исаченко // Геоботаническое картографирование. – 1965. – С. 11-23.
66. Исаченко, Т.И. Сложение растительного покрова и картографирование / Т.И. Исаченко // Геоботаническое картографирование. – 1969. – С. 20-33.
67. Казанцева, Т.И. Продуктивность зональных растительных сообществ степей и пустынь гобийской части Монголии / Т.И. Казанцева. – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 336 с.
68. Казанцева, Т.И. Продуктивность / Т.И. Казанцева, Т.К. Гордеева, Ц. Даважамц // Сухие степи МНР. – Л., 1988. – Ч. 2. – С. 90-97, 146-155, 193-201.

69. Калинина, А.В. Основные типы пастбищ Монгольской Народной Республики (их структура и продуктивность) / Калинина А.В. – Л.: Наука, 1974. – 185 с.
70. Калинина, А.В. стационарные исследования пастбищ МНР / А.В. Калинина – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. – 128 с.
71. Карты природы, населения и хозяйства юга Восточной Сибири: Растительность. М. 1:1 500 000. – М., 1972.
72. Климатический справочник зарубежной Азии. Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 540 с.
73. Климова, В.Ф. Растительный покров Баргузинской котловины и его хозяйственная оценка: автореф...канд. биол. наук: 03.00.05 // Климова В.Ф.; М.-Л. 1965. – 18 с.
74. Комаров, В.Л. Введение к флорам Китая и Монголии / В.Л. Комаров // Труды Императорского Санкт-Петербургского ботанического сада. – 1908. – Т. 29. – С. 1-388.
75. Комарова А.Ф. Разнообразие темнохвойных лесов Северо-Западного Кавказа и закономерности их пространственного распределения: дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.01 / Комарова Анна Федоровна; Москва, 2017. – 174 с.
76. Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения / под. ред. Л.И. Малышева. Новосибирск: Наука, 2005. – 362 с.
77. Королюк, А.Ю. Растительность / А.Ю. Королюк // Степи Центральной Азии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – С. 45-94.
78. Королюк, А.Ю. Синтаксономия степной растительности Республики Бурятия / А.Ю. Королюк // Растительность России. – 2017. – № 31. – С. 3-32.
79. Королюк, А.Ю. Экологические оптимумы растений юга Сибири / А.Ю. Королюк // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. – 2006. – Т. 12. – С. 3-38.
80. Короткий, М.Ф. Еравнинские степи / М.Ф. Короткий // Предварительный отчет по исследованию почв азиатской России в 1911 г. Спб. 1912. – 82 с.
81. Красноярова, Б.А. Трансформация системы землепользования в степных территориях трансграничного Алтая в условиях изменения климата и формирования многоукладной экономики / Б.А. Красноярова, С.Н. Шарабарина, Т.Г. Денисова // Материалы VI междунар. симпозиума и VIII междунар. школы-семинара «Геоэкологические проблемы степных регионов». – Оренбург, 2012. – С.419-422.
82. Краткое руководство для геоботанических исследований в связи с полезащитным лесоразведением и созданием устойчивой кормовой базы на юге европейской части СССР. — М, 1952. – 191 с.

83. Крашенинников, И.М. Бассейн р. Аргуни / И.М. Крашенинников // В кн.: Предварительный отчет о ботанических исследованиях в Сибири и Туркестане в 1909 г. СПб., 1910. – С. 93-103.
84. Криштафович, А.Н. Растительность Око-Ангарского края / А.Н. Криштафович // Предварительный отчет о ботанических исследованиях в Сибири и Туркестане в 1910 г. Спб, 1911. – С. 55-65.
85. Кузнецов, Н.И. Бассейн левых притоков р. Шилки-Черной, Горбичанки и Желтуги / Н.И. Кузнецов // Предварительный отчет о ботанических исследованиях в Сибири и Туркестане в 1909 г. Спб., 1910. – С. 83-93.
86. Кузьмин, В.А. Почвенное районирование / В.А. Кузьмин // Атлас Байкала – Москва: Роскартография, Омская картографическая фабрика. – 1993. – С. 130.
87. Куминова, А.В. Растительный покров Улуг-Хемского района Тувинской АССР / А.В. Куминова // Растительные сообщества Тувы. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 5-27.
88. Лавренко, Е.М. О растительности степей и пустынь Монгольской Народной Республики / Е.М. Лавренко // Проблемы освоения пустынь. – 1978. – № 1. – С.3-19.
89. Лавренко, Е.М. Степи Евразийской степной области, их география, динамика и история / Е.М. Лавренко // Вопросы ботаники. М. - Л.: Изд-во АН СССР, 1954. – Т.1. – С. 157-173.
90. Лавренко, Е.М. Степи СССР / Е.М. Лавренко // Растительность СССР. – 1940. – Т. 2. – С. 1-268.
91. Лавренко, Е.М. Ботанико-географические и картографические исследования в Монгольской Народной Республике / Е.М. Лавренко, Е.А. Волкова, З.М. Карамышева, Е.И. Рачковская, У. Бекет, Х. Буян-Орших, Б. Дашням, Г. Цэдэндаш // Природные условия, растительный покров и животный мир Монголии. Пуццино, 1988. – 348 с.
92. Лавренко, Е.М. Степи Евразии / Е.М. Лавренко, З.М. Карамышева, Р.И. Никульна – Л.: Наука, 1991. –146 с.
93. Лобанова, И.Н. Влияние пастбищного режима на структуру степных сообществ юго-восточного Забайкалья / И.Н. Лобанова // Экологобиологические особенности и продуктивность лугопастбищных растений Забайкалья. – Улан-Удэ, 1971. –С. 79-80.
94. Макунина, А.А. Физическая география горных регионов СССР / А.А. Макунина – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 167 с.
95. Малышев, Л.И. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье) / Л.И. Малышев, Г.А. Пешкова – Новосибирск. 1984. – 364 с.
96. Мандах, Б. Состав и динамика ценопопуляции степных растений в Восточной Монголии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Мандах Баярт; Уланбатор, 1999. – 34 с.

97. Мартынова, М. А. Процессы зарастания залежных земель юга Средней Сибири в границах лесных полей защитных полос / М.А. Мартынова, М.С. Мартынов // Материалы VI международного симпозиума «Степи Северной Евразии». – Оренбург, 2012. – С 479-482.
98. Микляева, И.М. Нарушенность растительности степных экосистем / И.М. Микляева, П.Д. Гунин, Н.Н. Слемнёв, С.Н. Бажа, А. Факхире // Аридные экосистемы. – 2004. – Т. 10, № 24-25. – С. 35-46.
99. Микляева, И.М. Пастбищная дигрессия сухих степей Центральной Монголии / И.М. Микляева, А. Факхире // Вестник Московского университета. Серия География. – 2004. – №6. – С. 38-43.
100. Мильков, Ф.Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность / Мильков Ф.Н. – Воронеж: Изд-во Воронежск. унта, 1986. – 328 с.
101. Миркин, Б.М. Фитоценология. Принципы и методы / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг // М.: Наука, 1978. – 212 с.
102. Мирошниченко, Ю.М. Динамика степной и пустынной растительности в центральной части МНР.: дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.00 / Мирошниченко Юрий Михайлович; Л., 1967. – 302 с.
103. Мирошниченко, Ю.М. О распространении *Artemisia frigida* Willd. в МНР / Ю.М. Мирошниченко // Ботанический журнал. – 1964. – Т. 5, № 3. – С. 420-425.
104. Мордкович, В.Г. Степные экосистемы / В.Г. Мордкович – Новосибирск: Наука, 1982. – 220 с.
105. Мурзаев, Э.М. Монгольская Народная республика. Физико-географическое описание / Э.М. Мурзаев – М.: Географгиз, 1948. – 314 с.
106. Мурзаев, Э.М. Центральная Азия. Северная Монголия / Э.М. Мурзаев // Зарубежная Азия. М., 1956. – С. 235-248.
107. Мусина, Л.Б. Динамика степных растительных сообществ под воздействием выпаса разных видов скота / Л.Б. Мусина // Материалы Международной конференции «Геоботанические исследования в семиаридных и аридных регионах: современное состояние, проблемы и перспективы. – Алматы, 2001. – С. 136-138.
108. Мячина, К.В. Дистанционный мониторинг растительного покрова на участке естественной степи в Оренбургской области / К.В. Мячина // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – № 5. – С. 178-181.
109. Намзалов, Б.Б. Степи Южной Сибири / Намзалов Б.Б. – Новосибирск-Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 1994. – 307 с.
110. Намзалов, Б.Б. Степи Тувы и Юго-Восточного Алтая / Намзалов Б.Б. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2015. – 294 с.

111. Намзалов, Б.Б. Особенности залежной сукцессии в Туве / Б.Б. Намзалов, Н.Г. Дубровский, А.В. Ооржак // Вестник Бурятского университета. – 2005. – Т.7. – С. 200-205.
112. Намзалов, Б.Б. Классификация степной растительности Тувы и Юго-Восточного Алтая / Б.Б. Намзалов, А.Ю. Королюк – Новосибирск. 1991. – 84 с. "
113. Николаев, В.А. Ландшафты азиатских степей / В.А. Николаев –М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 288 с.
114. Ногина, Н.А. Почвы Забайкалья / Ногина Н.А. – М.: Наука, 1964. – 314 с.
115. Огуреева, Г.Н. Экологическое картографирование: Учеб. Пособие / Г.Н. Огуреева, Т.В. Котова, Л.Г. Емельянова – М.: географический факультет МГУ, 2010. – 160с.
116. Огуреева, Г.Н. Пространственная организация степей Восточной Монголии / Г.Н. Огуреева, И.М. Микляева, М.В. Бочарников, С.В. Дудов, И. Тувшинтогтох, Л. Жаргалсайхан // Аридные экосистемы. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 13-25.
117. Очир Ж. Растительность и кормовые ресурсы Западной части Хэнтэйского нагорья МНР: Автореф дис. ... канд. биол. наук / Очир Жамбын; М., 1965. – 22 с.
118. Павлов, Н.В. Введение в растительный покров Хангайской горной страны / Н.В. Павлов – Л.: Изд-во АН СССР. 1929. – С. 3-72.
119. Петухов, И.А. Многолетняя динамика состояния пастбищных экосистем в экотонной зоне сухих и пустынных степей Центральной Монголии (Среднеобийский аймак) / И.А. Петухов, С.Н. Бажа, Е.В. Данжалова, Ю.И. Дробышев, С.Х.Д. Сыртыпова, Е.А. Богданов, С. ЭнхАмгалан, П.Д. Гунин // Экосистемы: экология и динамика. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 5–39.
120. Пешкова, Г.А. Даурская лесостепь (состав, особенности, генезис) / Г.А. Пешкова – Барнаул: Артика, 2010. – 146 с.
121. Пешкова, Г.А. Растительность Сибири (Предбайкалье и Забайкалье) / Г.А. Пешкова – Новосибирск, 1985. – 145с.
122. Пешкова, Г.А. Степная флора байкальской Сибири / Г.А. Пешкова – М.: Наука, 1972. – 207 с.
123. Пешкова, Г.А. Флорогенетический анализ степной флоры гор Южной Сибири / Г.А. Пешкова – Новосибирск: Наука, 2001. – 192 с.
124. Плюснин, В.М. Картографическое обеспечение территориального планирования Центральной экологической зоны Байкальской природной территории / В.М. Плюснин // Геодезия и картография. – 2012. – № 4. – С. 22-31
125. Полевая геоботаника. Т.4. Под общей редакцией Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. Л.: Наука. – 1972. – 336 с.

126. Попова, Т.А. Жизненные формы / Т.А. Попова // Пустынные степи и северные пустыни Монгольской Народной Республики (Булган-сомон). Л.: Наука, 1981. – Ч.2. – С. 150-154.
127. Работнов, Т.А. Луговедение / Работнов Т.А. – М.: Изд-во Моск. ун-та. –1974. – 384 с.
128. Работнов, Т.А. Фитоценология. 2-е изд. / Т.А. Работнов – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 296 с.
129. Раменский, Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский, И. А. Цаценкин, О. Н. Чижиков, Н. А. Антипин – М.: Сельхозгиз, 1956. – 472 с.
130. Растения Центральной Азии / Ред. В.И. Грубов. Вып. 1–16. М., Л., СПб., 1963–2008 гг.
131. Решиков, М.А. Краткий очерк растительности Бурят-Монгольской АССР / М.А. Решиков – Улан-Удэ: Бурятск. книжн. изд-во, 1958. – 94 с.
132. Решиков, М.А. Степи Западного Забайкалья / М.А. Решиков – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 174 с.
133. Решиков М.А. Степи Юго-Восточного Забайкалья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Решиков Михаил Андреевич; Л., 1954. –16 с.
134. Савченко, И.В. Изменение ковыльных пастбищ Забайкалья под влиянием выпаса / И.В. Савченко // Ботанический журнал. – 1992. – Т. 57. № 9. – С. 1133-1137.
135. Самойлова, А.П. Растительность Тугнуйской степи в Бурят-Монголии / А.П. Самойлова // Докл. на 5-й науч. конф. ун-та ноябрь-декабрь 1954. Труды Томского ун-та, 1957. – Т. 141. – С. 39-45.
136. Сапожников, В.В. Монгольский Алтай в истоках Иртыша и Кобдо / В.В. Сапожников // Путешествия 1905–1909 гг. Томск, 1911. – 408 с.
137. Сафаров, Н.М. Растительность Центрального Памиро-Алая: флористический состав, фитоценология, вопросы районирования: Дисс. ... докт. биол. наук: 03.02.01 / Сафаров Нейматулло Махмадуллоевич; Душанбе, 2017. – 451 с.
138. Семенова-Тян-Шанская, А.М. Динамика степной растительности / А.М. Семенова-Тян-Шанская – М.-Л.: 1966. – 169 с.
139. Сергиевская, Л.П. Степи Бурят-Монгольской АССР / Сергиевская Л.П. // Тр. Томского гос. ун-та. Сер. биол. Томск, 1951. – Т. 116. – С. 217-279.
140. Серебряков, И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных / И.Г. Серебряков – М.: Высшая школа, 1962. – 378 с.

141. Соколова, Г.Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений / Г.Г. Соколова // *Acta Biologica Sibirica*. – 2016. – Vol. 2, № 3. – P. 34-45.
142. Сочава, В.Б. Введение в учение о геосистемах / В.Б. Сочава – Новосибирск: Наука, 1978. – 318 с.
143. Сочава, В.Б. Вопросы классификации растительности, типологии физико-географических фаций и биогеоценозов / В.Б. Сочава // Вопросы классификации растительности. Свердловск: УФ АН СССР, 1961. – С. 5-22.
144. Сочава, В.Б. Классификация растительности как иерархия динамических систем / В.Б. Сочава // *Геоботаническое картографирование*. – 1972. – С. 3-18.
145. Сочава, В.Б. Структура новой обзорной карты растительности Забайкалья / В.Б. Сочава // *Геоботаническое картографирование*. – 1967. – С. 17-32.
146. Суворов, Е.Г. Физико-географическое районирование и геосистемы / Е.Г. Суворов, Д. Даш // *Экологический атлас бассейна озера Байкал*. Иркутск, Улан-Батор, Улан-Удэ: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. сочавы СО РАН, 2015. – С. 47-48.
147. Сукачев, В.Н. Нерчинские степи / В.Н. Сукачев // Предварительный отчет по исслед. почв Азиатской России в 1911 г. СПб., 1912. – С. 63-79.
148. Сухие степи МНР. Ч.1. Природные условия (сомон унджул). Л.: Наука, 1984. – 168с.
149. Сухие степи МНР. Ч.2. Стационарные исследования. Л.: Наука. 1988. – 238 с.
150. Тишков, А.А. Десять приоритетов сохранения биоразнообразия степей России / А.А. Тишков // *Степной бюллетень*. – 2003. – № 14. – С. 10.
151. Тишков, А.А. Организация территориальной охраны биоты и экосистем степной зоны России / А.А. Тишков // *Вопросы степеведения*. – 2005. – Т. 5. – С. 28-38.
152. Тишков, А.А. Многолетняя динамика растительности Даурского заповедника по данным спутникового зондирования / А.А. Тишков // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2012. – Т.14, № 1(5). – С. 1391-1394.
153. Трофимов, И.А. Аэрокосмическое картографирование и мониторинг природных кормовых угодий аридных территорий России: автореф...докт. геогр. наук: 25.00.33 / Трофимов Илья Александрович; Москва, 2001. – 41 с.
154. Убугунов, Л.Л. Почвы Бурятии: разнообразие, систематика и классификация / Л.Л. Убугунов, В.И. Убугунова, Н.Б. Бадмаев, А.Б. Гынинова, В.Л. Убугунов, Л.Д.Балсанова // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова*. – 2012. – № 2. – С. 45–52.
155. Уртнасан, М. Пастбищная дигрессия в степях Северной части Центральной Монголии: дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.01 / Уртнасан Мандах; Казань, 2015. – 167 с.

156. Уртнасан, М. Пастбищная дигрессия в степях Центральной Монголии / М. Уртнасан, Е.Л. Любарский // Учен. зап. Казанского университета. Т. 155, кн. 1. Естествен. науки. – 2013. – С. 158-170.
157. Фадеева, Н.В. Селенгинское среднегорье (физико-географическая характеристика): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Фадеева Наталья Васильевна; М. 1961. – 19 с.
158. Факхире, А. Диагностика пастбищной дигрессии сухих степей Центральной Монголии: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / Факхире Акбар; М., 2004. 24 с.
159. Флора Сибири. Новосибирск: Наука, 1987–2003. – Т. 1-14.
160. Флора Центральной Сибири / Под ред. Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой. Т. I–II. Новосибирск: Наука, 1979. – 1047 с.
161. Холбоева, С.А. Критерии выделения ключевых ботанических территорий степей Республики Бурятия / С.А. Холбоева // Биоразнообразие и сохранение генофонда флоры, фауны и народонаселения Центрально-Азиатского региона: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (1-4 октября 2015 г, г. Кызыл, Россия). Кызыл: Изд-во ТувГУ РИО, 2015. – С. 89-91.
162. Холбоева, С.А. Восстановительные сукцессии с участием *Ulmus pumila* L. на залежах Западного Забайкалья / С.А. Холбоева, А.Б. Сахьяева, Р.Ю. Абашеев // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. Аммосова. – 2018. – Вып. №6 (68). – С. 43-54.
163. Цаценкин, И.А. Естественные кормовые ресурсы Монгольской Народной Республики. Восточная часть Гоби. / И.А. Цаценкин, А.А. Юнатов – М., 1951. – 350 с.
164. Цыбжитов, Ц.Х. Почвы лесостепи Селенгинского среднегорья / Ц.Х. Цыбжитов – Улан-Удэ: Бурят. книж. изд-во, 1971. – 107 с.
165. Цэрэндаш С. Структура, динамика и продуктивность растительности северной части Монголии (в пределах межгорной котловины бассейна рек Орхона и Селенги): Дисс. ... докт. биол. наук / Цэрэндаш С.; Уланбатор, 1998. – 310 с.
166. Чердонова В.А. Современное состояние и процессы трансформации растительного покрова российской части бассейна реки Селенги: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Чердонова Вероника Александровна; М., 2003. – 248 с.
167. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
168. Чибилёв, А.А. Степи Северной Евразии: эколого-географический очерк и библиография / А.А. Чибилёв – Екатеринбург, 1998. – 100 с.

169. Чогний, О. Закономерности пастбищной дигрессии и постпастбищной демутации пастбищ / О. Чогний // Фитоценотические основы улучшения естественных кормовых угодий. М.: Наука, 1988. – С. 45-87.
170. Чогний, О. К вопросу определения стадии пастбищной дигрессий / О. Чогний // Труды Института Общей и Экспериментальной биологии АН МНР. Уланбатор, 1977. – Вып. 12. – С. 167-177.
171. Чогний, О. Особенности процесса нарушения и восстановления пастбищ, которые под кочевым скотоводством использованием / О. Чогний – Уланбатор, 2001. – 174 с.
172. Шевырногов, А.П. Трехуровневая система мониторинга территории Красноярского края / А.П. Шевырногов, И.И. Гительзон, А.Г. Дегерменджи // Енисейский меридиан из космоса – задел и перспективы применения: сборник статей по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции. – 2016. – С. 12-16.
173. Шенников, А.П. Экология растений / А.П. Шенников – М.: Сов. наука, 1950. – 376 с.
174. Шмидт, Г.А. Основные типы рельефа Монголии / Г.А. Шмидт // Геоморфология зарубежных стран. – М.: Наука, 1974. – С. 92-108.
175. Экосистемы бассейна Селенги / Отв. ред. Е.А. Востокова, П.Д. Гунин. – М.: Наука, 2005. – 359 с.
176. Юнатов, А.А. Картография растительного покрова в Монгольской Народной республике / А.А. Юнатов // Геоботаническое картографирование. – 1964. – С. 102-104.
177. Юнатов, А.А. Кормовые растения пастбищ и сенокосов МНР / А.А. Юнатов – М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1954. – 351 с.
178. Юнатов, А.А. Основные черты растительного покрова Монгольской Народной Республики / А.А. Юнатов – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 224 с.
179. Юнатов, А.А. Пустынные степи Северной Гоби в Монгольской Народной Республике / А.А. Юнатов – Л., 1974. – 132 с.
180. Юнусбаев, У.Б. Динамика степной растительности под влиянием выпаса разных сельскохозяйственных животных / У.Б. Юнусбаев, Л.Б. Мусина, Я.Т. Суюндуков // Экология. – 2003. – №1. – С. 46-50.
181. Ярошенко, П.Д. Геоботаника / П.Д. Ярошенко – М.; Л., 1961. – 474 с.
182. Brocks, S. Estimating barley biomass with crop surface models from oblique RGB Imagery / S. Brocks, G. Vareth // Remote Sensing. – 2018. – Vol. 10. – P. 268.

183. Burkart, A. Phenological analysis of unmanned aerial vehicle based time series of barley imagery with high temporal resolution / A. Burkart, V.L. Hecht, T. Kraska, U. Rascher // *Precision Agriculture*. – 2018. – Vol. 19. – P. 134-146.
184. Claverie, M. Maize and sunflower biomass estimation in southwest France using high spatial and temporal resolution remote sensing data / Claverie M., Demarez V., Duchemin B., Hagolle O., Ducrot D., Marais-Sicre C., Dejoux J.F., Huc M., Keravec P., Beziat P., Fieuzal R., Ceschia E., Dedieu G. // *Remote Sensing of Environment*. – 2012. – Vol.124. – P. 844-857
185. Davaa, G. Surface water regime and resources of Mongolia / G. Davaa // *Ulaanbaatar*, 2015. – 408 p.
186. Ene, L.T. Large-area hybrid estimation of aboveground biomass in interior Alaska using airborne laser scanning data / L.T. Ene, T. Gobakken, H.E. Andersen, E. Naeset, B.D. Cook, D.C. Morton, C. Babcock, R. Nelson // *Remote Sensing of Environment*. – 2018. – Vol. 204. – P. 741-755.
187. Garcia-Ruiz, F. Comparison of two aerial imaging platforms for identification of Huanglongbing-infected citrus trees / F. Garcia-Ruiz, S. Sankaran, J.M. Maja., W.S. Lee, J. Rasmussen, R. Ehsani // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2013. – Vol. 91. – P. 106-115.
188. Geipel, J. A Programmable Aerial Multispectral Camera System for In-Season Crop Biomass and Nitrogen Content Estimation / J. Geipel, J. Link, J.A. Wirwahn, W. Claupein // *Agriculture*. – 2016. – Vol. 6. – P. 1-19.
189. Harris, I. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset / I. Harris, T.J. Osborn, P. Jones // *Scientific Data*. – 2020. – Vol. 7. – P. 109.
190. Hilbig, W. The Vegetation of Mongolia. Amsterdam / W. Hilbig // *The Netherlands: SPB Academic Publishing*, 1995. – 258 p.
191. John, R. Vegetation response to extreme climate events on the Mongolian Plateau from 2000 to 2010 / R. John, J. Chen, Z.T. OuYang, J. Xiao, R. Becker, A. Samanta, S. Ganguly, W. Yuan, O. Batkhishig // *Environmental Research Letters*. – 2013. – Vol. 8. – P. 1-12
192. Karamysheva, Z.V. The steppes of Mongolia II / Z.V. Karamysheva, V.N. Khramtsov // *Braun-Blanquetia*. – 1995. – Vol. 17. – 79 p.
193. Lavrenko, E.M. Steppes of the former Soviet Union and Mongolia / E.M. Lavrenko, Z.V. Karamysheva // *Ecosystems of the World. 8B. Natural grasslands* / Ed. R.T. Coupland. Amsterdam; London; New York; Tokyo, 1993. – P. 3-59.
194. Mu, S. Spatio-temporal dynamics of vegetation coverage and its relationship with climate factors in Inner Mongolia, China / S. Mu, H. Yang, J. Li, Y. Chen, C. Gang, W. Zhou // *Journal of Geographical Sciences*. – 2013. – Vol. 23. – P. 231-246

195. Sneath, D. State policy and pasture degradation in Inner Asia / D. Sneath // *Science*. – 1998. – Vol. 281. – P. 1147-1148.
196. Torres-Sanchez, J. Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheatfields using images from UAV / J. Torres-Sanchez, J.M. Pena, A.I. de Castro, F. Lopez-Granados // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2014. – Vol. 103. – P. 104-113.
197. Vicente-Serrano, S.M. Challenges for drought mitigation in Africa: The potential use of geospatial data and drought information systems / S.M. Vicente-Serrano, S. Begueria, L. Gimeno, L. Eklundh, G. Giu-liani, D. Weston, A. El Kenawy, J.I. Lopez-Moreno, R. Ni-eto, T. Ayenew, D. Konte, J. Ardo, G.S. Pegram // *Applied Geography*. – Vol. 34. – P. 471-486.