

На правах рукописи

Федорова Наталья Лиджиевна

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ  
И ИХ КОМПОНЕНТОВ В ГОСУДАРСТВЕННОМ ПРИРОДНОМ  
БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ «ЧЕРНЫЕ ЗЕМЛИ»

03.02.08 – экология (биология)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Саратов-2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Калмыцкий государственный университет» на кафедре общей биологии и физиологии

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор Лиджиева Нина Цереновна, зав. кафедрой общей биологии и физиологии Калмыцкого государственного университета

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, ст. н. с. Опарин Михаил Львович, директор Саратовского филиала Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН

кандидат биологических наук, доцент Джабруева Лариса Владимировна, зам. Руководителя УФС по надзору в сфере природопользования по Республике Калмыкия

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет»

Защита состоится «16» марта 2012 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.243.13 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по адресу: 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83; e-mail: [bisovet@sgu.ru](mailto:bisovet@sgu.ru). Fax: 8(8452)27-85-29.

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке им. В.А. Артисевич ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Автореферат разослан «\_\_» февраля 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



С.А. Невский

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Изучению различных аспектов процессов опустынивания и деградации аридных экосистем в целом и их отдельных компонентов посвящено много работ (Aubreville, 1949; Ковда, 1950; Dregne, 1976; Петров, 1979; Харин, 1980; Зонн, 1986; Виноградов и др., 1990; Залибеков, 1997; Кулик, 2007; Сафронова, 2010 и др.). Однако вопросы восстановления аридных экосистем недостаточно изучены, поэтому актуальность приобретают многолетние стационарные исследования на территориях с протекающими восстановительными процессами. Регион Черные земли, большую часть которого занимают деградированные низкопродуктивные пастбища, образовавшиеся в результате негативного антропогенного влияния, расположен на северо-западе Прикаспийской низменности. Репрезентативным полигоном для изучения многолетних восстановительных процессов растительных и почвенных компонентов в изменяющихся природно-антропогенных условиях может служить Государственный природный биосферный заповедник (ГПБЗ) «Черные Земли», созданный в южной части изучаемого региона.

Знание структуры и динамики естественных экосистем, масштабов их деградации на современном этапе является необходимым условием постоянного эффективного управления легко уязвимыми пастбищными экосистемами в аридной зоне в целях их восстановления.

Цель работы: выявление структуры и динамики естественных экосистем и их компонентов в ГПБЗ «Черные Земли» при воздействии природных и антропогенных факторов.

Задачи исследования: 1. Изучение современного состояния почвенных и растительных компонентов естественных экосистем в ГПБЗ «Черные Земли» и прилегающих к нему территорий.

2. Анализ ботанического богатства и разнообразия (флористического и фитоценотического) растительности на участках, различающихся по степени антропогенного воздействия.

3. Изучение динамики естественных экосистем и их компонентов в ГПБЗ «Черные Земли» и прилегающих территорий во времени на основе материалов космической информации с применением геоинформационных технологий.

Объект исследования: природные экосистемы района Черных земель, включающие опустыненные территории.

Научная новизна. Разработана методика изучения и оценки степени антропогенной нарушенности экосистем. Выявлены закономерности восстановительных сукцессий растительных сообществ на ключевых участках ГПБЗ «Черные Земли» и прилегающих территорий с использованием метода топозкологического профилирования, сопряженного с применением геоинформационных технологий. Создана геоинформационная система (ГИС) «Черных Земель», включающая в себя аналитические картографические и

экспериментальные данные наземных наблюдений, на основе чего составлена Карта-схема современной растительности ГПБЗ «Черные Земли». При использовании материалов дистанционного зондирования и современных ГИС-технологий получена объективная информация о состоянии природных экосистем, степени их нарушенности и динамике. Показаны возможности использования нормализованного разностного индекса растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) для оценки биологической продуктивности, а также для выявления деградированных пастбищ в аридной зоне.

Теоретическое и практическое значение работы. Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования динамики и восстановления аридных пастбищ. Выявленные при помощи вегетационного индекса (NDVI) и полевых исследований количественные и качественные критерии деградации растительных сообществ в результате антропогенного воздействия послужат основой для принятия в дальнейшем управленческих решений, направленных на повышение урожайности естественных пастбищ. Разработанные инвентаризационные картографические материалы предполагается использовать для создания специальной серии электронных карт для атласа. Материалы диссертации используются в учебном процессе при чтении курсов «Геоинформационные системы» и «Индикационная геоботаника» для магистрантов по направлению «Биология» в Калмыцком государственном университете.

Апробация работы. Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на: международных и российских конференциях по проблемам биоразнообразия, природопользования и устойчивого развития (Оренбург, 2004; Азов, 2006; Астрахань, 2007; «Степи Северной Евразии» Оренбург, 2006, 2009; Санкт-Петербург, 2007; Ростов-на-Дону, 2007, 2011; «Ломоносов-2010», Москва и др.); заседаниях отдела экологических исследований и ученого совета ГУ «Институт комплексных исследований аридных территорий» (Элиста, 2004-2011); заседаниях кафедры общей биологии и физиологии ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет» (Элиста, 2010-2011).

Публикация результатов исследования. По материалам диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе одна в издании, рекомендованном Перечнем ВАК Российской Федерации.

Декларация личного участия автора. Диссертантом лично проведены в 2003-2011 гг. полевые работы по теме исследования, осуществлена камеральная и статистическая обработка полевых материалов, интерпретированы фактические данные и анализ полевых материалов. Автор сама обрабатывала материалы дистанционного зондирования и создала картографические материалы. Доля автора в совместных публикациях составила 50-60%

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Восстановительные сукцессии растительности на изучаемой территории быстрее протекают на засоленных суглинистых равнинах (зона

выпаса) и медленнее - на супесчаных и песчаных равнинах, песках (охранная и заповедная зоны).

2. Значительное уменьшение площади активных очагов опустынивания и увеличение площади заросших песков связано с активным восстановлением растительности в заповедной и охранной зонах. При зарастании песков в травостое чаще всего доминируют сорные и рудеральные виды.

3. Биологическая продуктивность фитоценозов исследованной территории имеет положительную связь со значениями вегетационного индекса, однако в аридной зоне могут быть исключения для монодоминантных сообществ растений-ксерофитов.

4. Современный статус растительного покрова ГПБЗ «Черные Земли» представляет собой динамически неустойчивое образование переходного состояния пустынных экосистем.

Структура и объем работы. Основные положения диссертации изложены на 188 страницах компьютерного текста. Работа иллюстрирована 36 таблицами и 17 рисунками, состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы, приложения. Список использованной литературы включает 218 наименований отечественных и зарубежных авторов. В приложении приведен список сообществ фитоценотического разнообразия растительности, отмеченных на территории ГПБЗ «Черные Земли» и прилегающих к нему территорий.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во ВВЕДЕНИИ обоснована актуальность темы, определены цель и задачи работы, объекты исследования, показана научная новизна, теоретическое и практическое значение работы, ее апробация, обозначены положения, выносимые на защиту.

### Глава 1. ПРОБЛЕМЫ ОПУСТЫНИВАНИЯ И ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ (обзор литературы)

В главе рассмотрены вопросы и проблемы по изучению процессов опустынивания, формы и факторы деградации природных экосистем, происходящие сукцессии растительных сообществ под влиянием антропогенных факторов, показано использование методов фитоиндикации для выявления деградационных процессов в аридных регионах Северо-Западного Прикаспия. Рассмотрена эволюция взглядов на понятие «опустынивание» с конца XIX в. по настоящее время (Пржевальский, 1883; Пачоский, 1892; Потанин, 1893; Козлов, 1923; Высоцкий, 1915; Ковда, 1950; Петров, 1979; Харин, 1980; Зонн, 1983; Бабаев, 1986; Виноградов, 1990; Залибеков, 1997; Гунин, 2000; Сафронова, 2002 и др.). Проведен обзор работ, посвященных

экологическому мониторингу биоты пустынных экосистем, определению нагрузок в зависимости от потенциала их устойчивости к пастбищной дигрессии (Нечаева, 1954; Бабаев, Байрамов, 1985; Бабаев, 1986; Шамсутдинов, 1999), а также изучению сукцессий пастбищной растительности в зависимости от степени нагрузки (Миркин, 1984; Горшкова, 1988; Бананова, 1992, Работнов, 1992, 1998; Неронов, 2000).

## Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, РАЙОН РАБОТ

В главе описаны материалы и методы исследования, с подробной характеристикой района работ. Исследования проводились в соответствии с поставленными задачами с использованием методов ГИС-технологий, дистанционного зондирования и широким применением методов ландшафтно-экологического профилирования, состоящие из нескольких последовательных этапов. При изучении динамики природных экосистем применялся эколого-географический подход.

На этапе анализа и интегрирования различных типов данных был проведен сбор и анализ литературных и статистических данных, картографических, космических материалов с их пространственно-временной привязкой и выходными характеристиками. На предполевом камеральном этапе, включающем обработку сканерных космоизображений и их визуальное дешифрирование, была выполнена серия цветных синтезированных космоизображений с использованием спектральных диапазонов. Полевые исследования включали: инструментальное профилирование с помощью нивелира, геоботанические описания участков, отбор укосов на биологическую продуктивность, закладка почвенных разрезов и отбор проб почв для лабораторных исследований.

Описание растительного покрова проводили в соответствии со стандартными геоботаническими методиками. Для хранения и обработки данных была разработана база данных в программе Excel в виде тематических связанных таблиц, содержащих сведения о компонентах экосистем (почвы, растительность, укосы). Данные пополняли как по материалам технических отчетов геоботанических работ, так и собственных при полевом этапе.

Исследования проводились в 2003-2011 гг. на территории ГПБЗ «Черные Земли» и прилегающих к нему территорий, расположенных на юге Северо-Западного Прикаспия. В настоящее время ГПБЗ «Черные Земли» состоит из двух частей: восточной, основного участка «Черные Земли», пустынной зоны Прикаспийской низменности, и западной, орнитологического - «Маныч-Гудило», степной зоны центральной части Кумо-Манычской впадины. В данном разделе рассмотрены климатические, геолого-геоморфологические условия, поверхностные отложения, природные воды, почвы и растительность. Выявлено, что на фоне общей тенденции к возрастанию годовых сумм осадков (за период 70 лет – 50 мм) для территории характерны

циклы относительно сухих и влажных лет. Период наших работ приходится на цикл засушливых лет, о чем свидетельствуют метеоданные по метеорологическому посту в районе пос. Утта Яшкульского района РК.

В целях выявления динамики компонентов пастбищных экосистем данной территории были выбраны восемь ключевых участков на территории основного участка заповедника, различающихся по ландшафтно-экологическим условиям и по степени антропогенного воздействия: зона заповедная, зона охранный и зона выпаса. Зона заповедная площадью 943,02 км<sup>2</sup> является ядром ГПБЗ «Черные Земли». Хозяйственное воздействие здесь отсутствует (рис. 1).

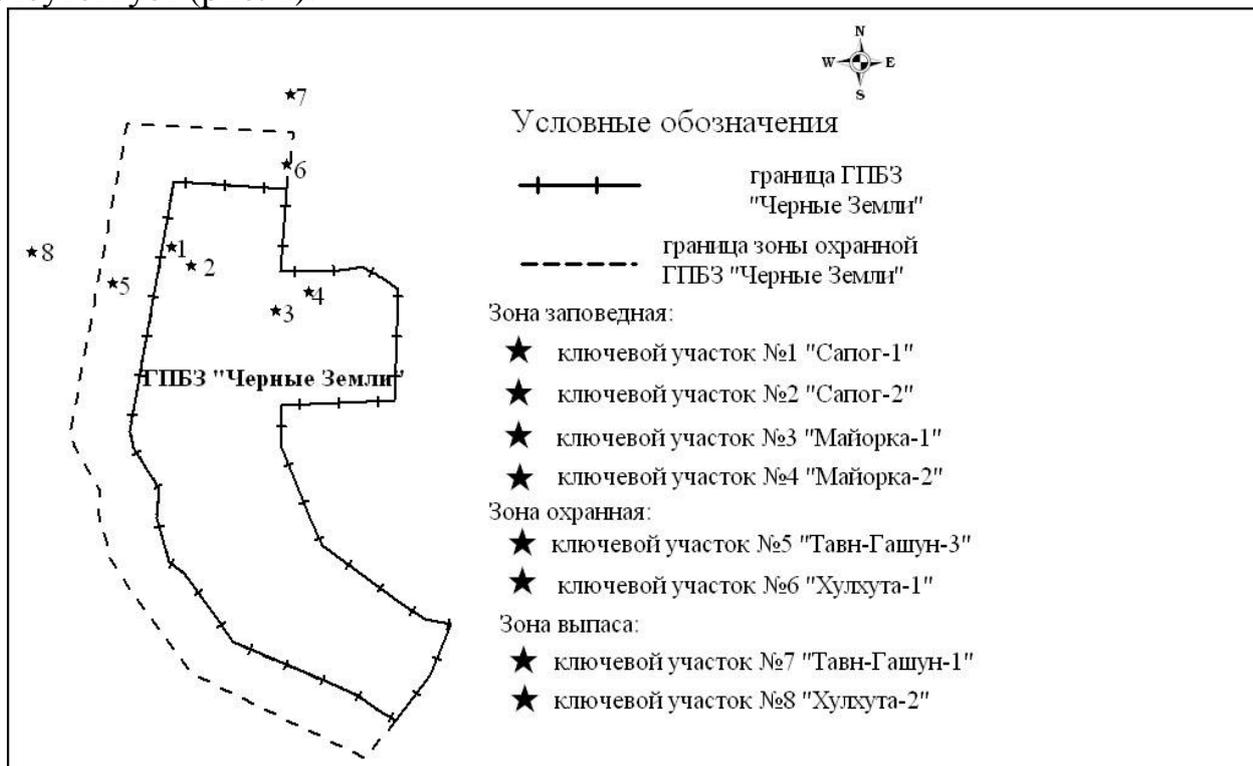


Рис. 1. Карто-схема расположения ключевых участков объекта исследования

В зоне охранной осуществляется ограниченное хозяйственное использование: допускается размещение небольшого числа животноводческих стоянок. Охранная зона окаймляет северную и западную сторон границы заповедника. Ширина охранной зоны составляет 5 км. В зоне выпаса территория используется под пастбища и сенокосы. В пределах трех исследуемых зон выделенные участки являются наиболее репрезентативными.

### Глава 3. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ ГПБЗ «ЧЕРНЫЕ ЗЕМЛИ» И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НЕМУ ТЕРРИТОРИЙ

В целях установления закономерностей восстановительных сукцессий растительного покрова аридных экосистем, в период 2003-2011 гг. были проведены исследования на репрезентативных ключевых участках ГПБЗ

«Черные Земли» и прилегающих к нему территорий, различающихся эдафическими условиями (от легких по гранулометрическому составу до суглинистых вариантов бурых почв) и степенью антропогенной нагрузки. В ходе работ было выполнено 188 геоботанических описаний на ключевых участках.

На примере топоэкологического профиля ключевого участка «Сапог-1» (зона заповедная) выявлено пространственное распределение растительных сообществ по рельефу бугристых песков (рис. 2).

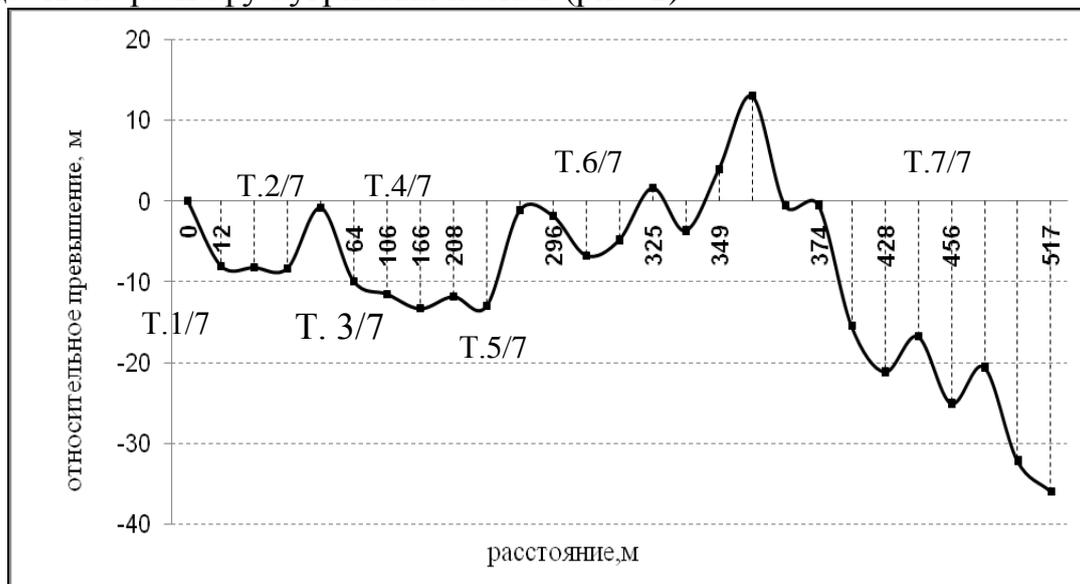


Рис. 2. Топо-экологический профиль ключевого участка «Сапог-1» в заповедной зоне на бугристых песках

По вершинам бугров отмечены сообщества – рудеральные, эфемеровые с участием (*Alhagi pseudalhagi*, *Xanthium spinosum*; *Anisantha tectorum*, *Leymus racemosus*; *Gypsophila paniculata*, *A. tectorum*, *Crepis tectorum*, *Filago arvensis*), по склону бугров – однолетниковые (*Poa bulbosa*, *Sisymbrium loeselii*; *S. loeselii*; *Centaurea arenaria*; *S. loeselii*, *Salsola tragus*, *Ceratocarpus arenarius*). В межбугровых понижениях описаны сообщества с доминированием эфемеров (*A. tectorum*, *S. loeselii*), кияка (*L. racemosus*), терескена (*Krasheninnikovia ceratoides*), где также участвовали злаки (*Stipa sareptana*, *S. capillata*) на выровненных участках. ОПП травостоя встреченных сообществ составило 30–70%, количество видов варьировало от 4 до 9, высота растений изменялась от 0,05 до 1,1 м.

Почвенный покров на бугристых песках с участием псаммофитов (*L. racemosus*, *Calligonum aphyllum*) имел легкий гранулометрический состав с преобладающей фракцией мелкого песка. Корнеобитаемый слой почв на всех участках не засолен. Плотный остаток 0,038–0,108%. В анионной части преобладали ионы  $\text{HCO}_3^-$ , а в катионной –  $\text{Ca}^{2+}$ .

На примере ключевого участка «Майорка-2», расположенного на пологоволнистой равнине, были описаны растительные сообщества с доминированием дерновинных злаков (*S. capillata*) и эфемеров (*A. tectorum*, *Bromus japonicus*), образующих почти сомкнутый травостой на бурых

супесчаных и песчаных почвах. Общее проективное покрытие отмеченных сообществ составляло 40–70%. Число видов в травостое варьировало от 4 до 11, высота растений изменялась от 0,05 до 0,9 м. Верхние горизонты были представлены средним суглинком в слое 0–20 см, в слое 20–40 см – тяжелым суглинком, в нижнем горизонте – легкосуглинистым составом. Содержание фракции мелкого песка составило 0,25–0,05 мм (от 29 до 80%).

Таким образом, в заповедной зоне на бугристых песках преобладали сообщества с участием псаммофитов (*L. racemosus*, *C. aphyllum*) и доминированием эфемеров и однолетников (*L. ruderale*, *A. tectorum*, *C. arenarius*); на песчаной и супесчаной равнине – злаково-эфемеровые (*S. loeselii*, *A. tectorum*, *S. sareptana*, *S. capillata*, *Agropyron fragile*), однолетниково-злаковые (*S. sareptana*, *S. lessingiana*, *C. arenarius*, *Lepidium ruderale*, *F. arvensis*), осочково-ковыльные (*S. sareptana*, *S. capillata*, *Carex stenophylla*) сообщества.

На территории ключевого участка «Тавн-Гашун-3» (зона охранная) в ходе наших исследований были отмечены сообщества: однолетниково-тырсиковые (*S. sareptana*, *S. tragus*, *C. arenarius*); тырсиково-эбелековые (*C. arenarius*, *S. sareptana*); эфемерово-тырсиковые (*S. sareptana*, *S. tragus*, *S. loeselii*); тырсиковые (*S. sareptana*), гулявниковые (*S. loeselii*) на волнистой супесчаной и песчаной равнине. Общее проективное покрытие составило 50–65%. Число видов в сообществах варьировало от 6 до 8. Высота растений изменялась от 0,05 до 0,7 м. Почвы ключевого участка «Тавн-Гашун-3» имели легкий гранулометрический состав. Преобладающей (с содержанием более 58,6%) являлась фракция мелкого песка (0,25–0,05 мм). Почвы незасоленные, величина плотного остатка составила 0,08–0,125. Содержание органического вещества во всех изученных почвах низкое (от 0,2 до 1,21%).

Таким образом, на участках исследования охранной зоны на супесчаных почвах преобладали однолетниковые (*C. arenarius*) и ковыльные (*S. capillata*, *S. lessingiana*), житняковые (*A. fragile*), мятликовые (*P. bulbosa*) сообщества. На супесчаных засоленных почвах отмечено преобладание однолетних (*C. arenarius*, *F. arvensis*, *L. ruderale*), полынно-ковыльных (*S. capillata*, *S. lessingiana*, *A. austriaca*) сообществ в комплексе с полынковыми (*A. austriaca*). Об этом свидетельствует фитоценотический состав сообществ, где значительную роль играют дерновинные злаки, а также эбелек (*C. arenarius*), курай (*S. tragus*).

В зоне выпаса исследуемая территория представляет собой пастбищные земли с нарушениями растительного покрова. Растительность ключевого участка «Тавн-Гашун-1» представлена следующими сообществами: прутняково-тырсиково-осочковые (*Carex stenophylla*, *Stipa sareptana*, *Kochia prostrata*); полынно-осочково-тырсиковые (*S. sareptana*, *C. stenophylla*, *Artemisia austriaca*); осочково-злаково-полынные (*A. austriaca*, *S. sareptana*, *A. fragile*, *C. stenophylla*); полынно-тырсовые (*S. capillata*, *A. austriaca*) в комплексе с *Artemisia lerchiana* на супесчаной равнине вариантах бурых почв.

Рельеф - пологоволнистый склон. Общее проективное покрытие составило 40–55%. Число видов изменялось от 6 до 10. На этом участке отмечена сильная степень стравливания. Высота растений варьировала от 0,06 до 0,8 м. На профиле «Тавн-Гашун-1» почвы незасолены, величина плотного остатка составила 0,07–0,15%. Содержание гумуса во всех исследованных сообществах - достаточно низкое, в горизонте А выше, чем в нижеследующих (от 0,72 до 0,93%), что обусловлено участием в травостое дерновинных злаков, которые образуют достаточно плотные дернины.

Таким образом, в зоне выпаса на ключевых участках распространены: на супесчаной и легкосуглинистой равнине – эбелековые (*C. arenarius*), лерхополынно-эбелековые (*C. arenarius*, *A. lerchiana*), однолетниково-злаково-лерхополынные (*A. lerchiana*, *S. sareptana*, *A. fragile*) сообщества; на суглинистой равнине – эфемерово-злаково-лерхополынные (эфемерово-полынно-ковыльное (*S. capillata*, *S. lessingiana*, *A. lerchiana*, *A. austriaca*, *S. loeselii*, *A. tectorum*), лерхополынные (*A. lerchiana*), чернополынные (*Artemisia pauciflora*) комплексные сообщества. При умеренном выпасе однородные лерхополынные сообщества сменяются комплексной растительностью. При сильном выпасе лерхополынники трансформируются в лерхополынно-однолетниковые (*C. arenarius*, *A. lerchiana*) и эбелековые (*C. arenarius*) сообщества.

Большая часть заповедника занята бугристыми и барханно-бугристыми песками, песчаными и супесчаными равнинами. На равнины с суглинистыми почвами приходилось не более 5% площади. Почвенное разнообразие объекта исследования составило 7 подтипов почв на основании степени их гумусированности и выщелоченности профиля от легкорастворимых солей. С возрастом сукцессионного статуса сообществ с доминированием псаммофитных растений происходит увеличение содержания в песках пылеватых фракций, что придает им свойства связнопесчаных и легкосупесчаных почв.

Выявленный в результате исследований демулационный ряд состоит из следующих стадий: рудеральная – эфемеровая – эфемерово-злаковая – злаковая – лерхополынно-злаковая – злаково-лерхополынная.

Для прикаспийских пустынь типичным является доминирование лерхополынников (*A. lerchiana*) на суглинистых, супесчаных и песчаных почвах. В настоящее время на территории ГПБЗ «Черные Земли» лерхополынные пустыни почти отсутствуют. Этому способствуют и ежегодные пожары, повреждающие почки возобновления у полукустарничков. Восстановительные сукцессии растительности на изучаемой территории быстрее протекают на засоленных суглинистых равнинах (зона выпаса) и медленнее - на супесчаных и песчаных равнинах, песках (охранная и заповедная зоны).

Многолетние исследования топоэкологических профилей ключевых участков и их анализ позволил выделить преобладающие сообщества в

пределах трех зон. В результате проведенных исследований изучено современное состояние растительного покрова заповедника и прилегающих к нему территорий, где выявлено их фитоценотическое разнообразие.

Для расчета значения индекса вегетации (NDVI) был синтезирован космоснимок в программе MultiSpekW 32 с искусственного спутника (ИСЗ) «Landsat-7» (сканер ETM+, 01.06.2011), и просчитан индекс вегетации в программе Pwis 3.6 (рис. 3).

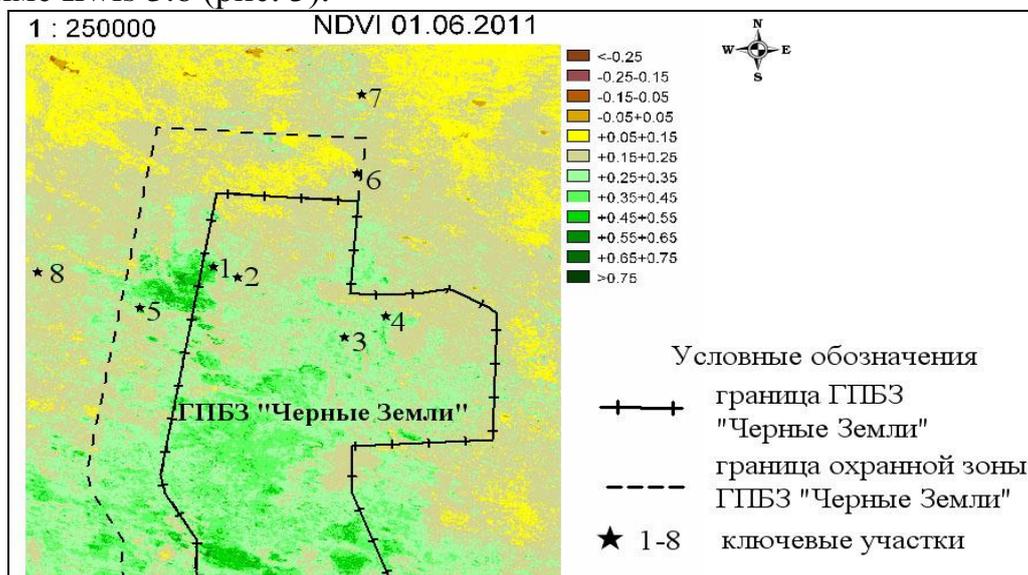


Рис. 3. Фрагмент обработанного в Pwis 3.6 космоизображения с ИСЗ «Landsat-7» (сканер ETM+, 01.06.2011) для расчета индекса вегетации

Совместный анализ данных показателей вегетационного индекса за 14.06.2010, 01.06.2011 и биологической продуктивности растительных укосов, собранных в это же время в полевых исследованиях, выявил статистически значимую положительную связь между данными параметрами.

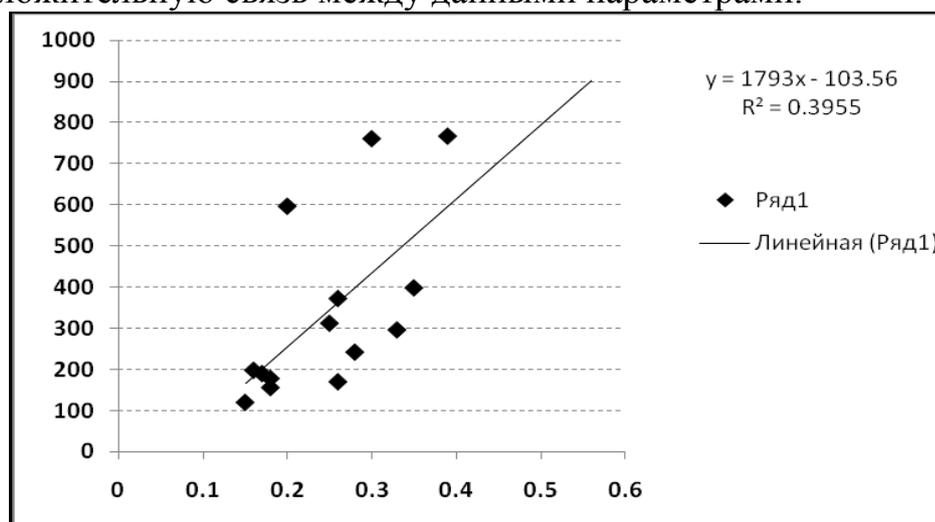


Рис. 4. Значения показателей NDVI и продуктивность сырой массы на ключевых участках заповедной, охранной и выпасаемой зон (по снимку с ИСЗ «Landsat-7», сканер ETM+, 01.06.2011)

Рассчитанный коэффициент корреляции между значениями индекса вегетации для космоизображения с ИСЗ «Landsat-7» (сканер ETM+, 01.06.2011)

и биологической продуктивности оказался равен значению 0,62, что свидетельствует о высокой тесноте связей между этими показателями и его статистической значимости ( $\alpha = 0,95$ ) (рис. 4).

Таким образом, совместный анализ значений NDVI и полученных полевых данных показал, что при значениях NDVI от 0 до 0,5 растительность разреженная. Некоторые значения (самые большие значения по продуктивности - 596–766 г) выходили за линию тренда. Это практически монодоминантные сообщества дескурайнии, качима, терескена. Несмотря на значительный объем биомассы им соответствовали низкие значения NDVI (0,02–0,3), что можно объяснить наличием большого количества одревесневающих и усыхающих стеблей с низким содержанием хлорофилла. Количественные и качественные критерии нарушенности растительных сообществ в результате антропогенного воздействия дали возможность использовать их в мониторинге состояния аридной зоны объекта изучения. Применяемые методы исследований позволяют своевременно сигнализировать о процессах дигрессии в природных комплексах аридного региона для принятия наиболее верных в долгосрочной перспективе решений, направленных на повышение урожайности естественных сообществ.

#### Глава 4. БОТАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКАХ ГПБЗ «ЧЕРНЫЕ ЗЕМЛИ» И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НЕМУ ТЕРРИТОРИЯХ

В исследованной флоре ГПБЗ «Черные Земли» и прилегающих к нему территорий выявлен 201 дикорастущий вид, 135 родов из 33 семейств высших растений (не включая мохообразных). Из них 99,5% приходилось на отдел Покрытосеменные (*Angiospermatophyta*), 0,5% видов - на отдел Голосеменные (*Gymnospermatophyta*).

Наиболее многочисленными были три семейства: *Asteraceae* (20,9%), *Poaceae* (15,4%), *Chenopodiaceae* (10,4%) в зонах охранной и выпаса, где они составляли 46,8 и 50,76% соответственно. В зоне заповедной, в отличие от вышеназванных зон, третью позицию занимало не семейство *Chenopodiaceae*, а семейство *Brassicaceae* (9,70%). Участие видов семейства *Poaceae* в разных зонах сохранялось на одном уровне. Меньшая доля участия во флоре приходилась на семейства: *Brassicaceae* (9,0%), *Fabaceae* (6,0%), *Boraginaceae* (5,5%), *Caryophyllaceae* (4,0%), *Polygonaceae* (3,5%), *Ranunculaceae* (3,0%), *Lamiaceae* (2,5%). В сумме данные семейства составляли 82,1% от состава флоры. Данный набор семейств сохранялся в зонах заповедной и выпаса. Среди семейств с малочисленными видами на долю одно-двувидовых семейств приходились 51,52%, на долю одновидовых 45,45% во всей флоре от общего числа семейств.

Древесные растения в исследуемой флоре были представлены тремя видами кустарников (1,49%) и 1 видом кустарничков (0,50%). При этом на

изучаемой территории кустарничек *Ephedra distachya* отмечен только в зоне выпаса. Кустарник *Calligonum aphyllum* имеется во флоре всех трех исследованных зон. Полудревесные растения в исследуемой флоре представлены двумя видами полукустарников (1,00%) и 13 видами полукустарничков (6,47%). Полукустарнички во флоре в целом представлены растениями из четырех семейств: *Asteraceae* (6 видов *Artemisia*), *Chenopodiaceae* (5 видов), *Fabaceae* (1 вид) и *Rosaceae* (1 вид).

Среди многолетников много рыхло- и плотнодерновинных злаков (*A. fragile*, *S. sareptana*, *S. capillata*, *S. lessingiana*), а также эфемероидов (*P. bulbosa*, *Tulipa biflora*). Однолетники были представлены эфемерами с разновременной вегетацией (ранне-весенние, весенне-летние, летне-осенние): *A. tectorum*, *Eremopyrum triticeum*, *Descurainia sophia*, *S. loeselii* и др. Собственно двулетниками являлись 23 вида (11,44%) - во всей флоре, 22 вида (11,835) - в зоне заповедной, 18 видов (11,76%) - в зоне охранной, 14 видов (10,69%) - в зоне выпасной.

Среди древесных и полудревесных растений отмечены ксерофиты (*C. aphyllum*, *E. distachya*) и галофиты (*Nitraria schoberi*, *Halocnemum strobilaceum*, *Tamarix ramosissima*). В трех исследованных зонах на долю криптофитов приходилось 9,7–10,7%, терофитов - 35,9–38,2%; особенно многочисленна группа гемикриптофитов - 42,7–46,2%. Наибольшее число видов исследуемой флоры относилось к степному типу растительности - 160 видов (79,60%), среди них на участках с микро- и нанорельефом развивались лугово-степные и степные виды: *Elytrigia repens*, *Euclidium syriacum*, *Senecio jacobaea*, *Galium aparine*, *Astragalus testiculatus* и др.

В связи с происходящим процессом восстановления «физиономически» подобного степному типу растительности, доля видов растений степного типа уменьшалась от 82,80% (зона заповедная) до 77,86% (зона выпаса). В пределах исследованных трех зон, различающихся по степени нагрузки антропогенного воздействия, доля пустынных видов растений увеличивалась от 9,68 (зона заповедная) до 12,21% (зона выпаса). Луговая растительность была представлена 17 видами (8,46%), приуроченными к микропонижениям с лугово-бурными почвами (*Taraxacum officinale*, *Setaria viridis*, *Inula britannica* и др.), более 50% видов растений лугового типа во всех исследованных зонах относились к галофитно-луговым (*Aeluropus litoralis*, *Puccinellia distans*). В изученной флоре ключевых участков на разбитых антропогенно-нарушенных почвах доля участия рудеральных, сорных видов (*C. arenarius*, *Chenopodium album*, *Amaranthus albus*, *Ceratocephala testiculata*, *D. sophia*, *S. loeselii* и др.) составила 25,3% от общего числа видов

Таким образом, в зонах охранной и выпаса при увеличении антропогенной нагрузки отмечено уменьшение видового разнообразия, сопровождающейся увеличением доли родов с малым числом видов. Среди травянистых растений в изученной флоре наиболее многочисленны

длительновегетирующие многолетники и коротковегетирующие однолетники, что объясняется переходным сукцессионным статусом растительных сообществ.

## Глава 5. ОТОБРАЖЕНИЕ ПРОЦЕССОВ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В главе рассмотрен опыт исследований в области дистанционного мониторинга опустыненных территорий региона Черные земли с 1954 по 2007 гг. (Виноградов, Кулик, 1987; Виноградов и др., 1990; Виноградов, 1993), который позволил продолжить работы по изучению динамики компонентов экосистем с использованием современных и актуальных данных космической информации.

Ретроспективное состояние изучаемого региона оценивалось по изогипсам рельефа, оцифрованных по топографическим картам М. 1: 200000 (1982). Современная экологическая ситуация была оценена по оцифрованным и отдешифрированным контурам открытых, зарастающих и заросших песков в пределах зон заповедной, охранной и выпаса по разновременным сканерным снимкам за 2001, 2009, 2011 гг. (рис. 5). Затем проводился сравнительный анализ природных контуров за различные годы. Полученное процентное соотношение выявило увеличение площадей зарастающих песков во всех исследуемых зонах в 2011 г. по сравнению с 2001 г. Площадь зарастающих песков в заповедной зоне составила 19,41% (2001 г.) от общей площади, а в 2011 г. уже 30,14%, что явилось результатом активного зарастания открытых песков. Площадь заросших песков с 2001 г. по 2011 г. также увеличилась: если в 2001 г. их площадь в разных зонах составляла от 10,25 до 26,75%, то в 2011 г. диапазон значений составил от 13,1 до 31,7%. Увеличение площади заросших песков связано с активным восстановлением растительности в заповедной и охранной зонах. При зарастании песков в травостое чаще всего доминируют сорные и рудеральные виды с достаточно высоким проективным покрытием - 80–90%.

На исследуемой территории за 29 лет площадь активных очагов опустынивания значительно уменьшилась. В заповедной зоне площадь открытых песков, лишенных растительности, снизилась с 301,92 км<sup>2</sup> (1982 г.) до 6,85 км<sup>2</sup>, составив 0,73 % от общей площади данной зоны (2011 г.). В охранной зоне за этот период уменьшилась на 23,49%, а в зоне выпаса – на 55,45% (табл. 1).

По данным наших исследований 2003-2011 гг., в заповедной зоне отмечено широкое распространение рудеральных и однолетних видов с участием злаков (*S. sareptana*, *S. capillata*, *A. fragile*) и кустарников (*C. aphyllum*) и полукустарничка (*K. ceratoides*) на супесчаной, песчаной равнине и песках.

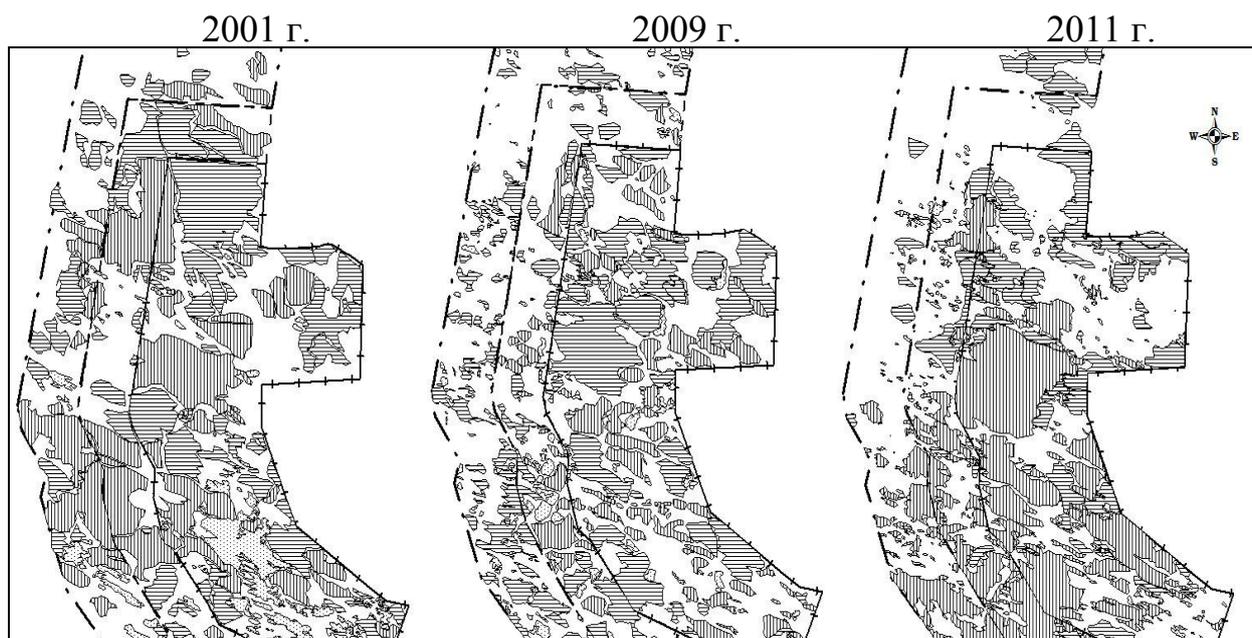


Рис. 5. Карта-схема расположения природных контуров в зонах заповедной, охранной и выпаса Яшкульского и Черноземельского районов. М 1:2,5 км (Landsat-7, ETM+, 2001 г., 2009 г., 2011 г.)

Условные обозначения:

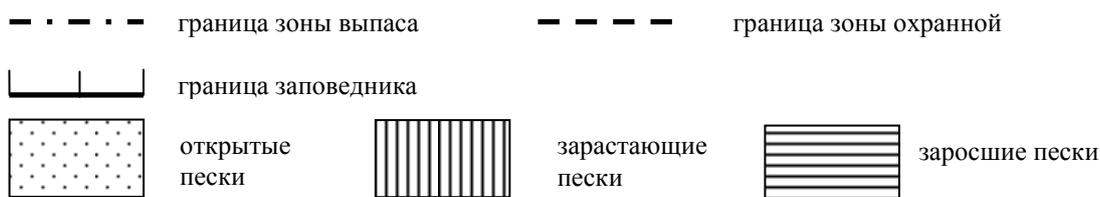


Таблица 1

Площади открытых песков на территории ГПБЗ «Черные Земли» и прилегающих к нему участков

Зоны	Общая площадь открытых песков, км <sup>2</sup> / %			
	1982 г. (топокарты свх. «Улан-Хол» L-38-XXIII, свх «Утта» L-38-XVII) М. 1:200000	2001 г. ИСЗ «Landsat-7» ETM +	2009 г. ИСЗ «Landsat-7» ETM +	2011 г. ИСЗ «Landsat-7» ETM +
Зона заповедная	<u>301,92</u> 34,4	<u>81,34</u> 9,2	<u>16,57</u> 1,76	<u>6,85</u> 0,73
Зона охранная	<u>156,9</u> 24,8	<u>4,35</u> 1,0	<u>14,32</u> 3,28	<u>5,73</u> 1,31
Зона выпаса	<u>237,95</u> 56,1	<u>26,18</u> 4,1	<u>12,4</u> 2,02	<u>3,96</u> 0,65

Таким образом, процесс вторичной сукцессии в заповеднике имеет переходный характер с образованием неустойчивых фитоценозов, вследствие полного преобразования растительности антропогенно-нарушенных пастбищ. Площадь открытых песков, лишенных растительности за период с 1982 по 2011 гг., значительно уменьшилась - с 34,4 до 0,73% от общей площади заповедника. Трансформация сообществ происходила следующим образом: на месте мятликово-лерхопопынных и злаково-лерхопопынных пустынь супесчаных и песчаных равнин распространялись ковыльные (*S. capillata*, *S. lessingiana*, *S. sareptana*), житняковые (*A. fragile*), мятликовые (*P. bulbosa*) сообщества. На барханно-бугристых песках прослеживался серийный ряд сообществ от вершины бугра до межбугрового понижения – от эфемерово-джузгуновых (*A. tectorum*, *S. loeselii*, *C. aphyllum*) до эфемерово-злаковых (*S. sareptana*, *A. tectorum*).

В целях отображения современного состояния растительного покрова ГПБЗ «Черные Земли» была составлена Карта-схема аридных экосистем изучаемого объекта, которая базировалась на эколого-фитоценотической классификации растительности. Структура легенды иерархична и содержит шесть подзаголовков. Создание слоев геоботанических контуров в разных слоях ГИС-программы позволило просчитать площади, занимаемые растительными сообществами. Наибольшее распространение среди оцифрованных контуров занимали однолетниково-ковыльные (*S. sareptana*, *S. capillata*), однолетниковые (*A. tectorum*, *S. loeselii*, *C. arenarius*) на супесчаных равнинах в сочетании с западинами (34,67% от общей площади зоны заповедной); по более суглинистым вариантам бурых почв были распространены комплексные сообщества и сочетания кострово-лерхопопынных, эфемероидно-пыльцевых с пыльниковыми (*A. lerchiana*, *A. tectorum*; *A. austriaca*, *P. bulbosa*; *A. austriaca*) сообществами. Наименьшее распространение (0,04%) имели сообщества на засоленных почвах с участием вострецово-пыльцевых (*A. pauciflora*, *A. lerchiana*, *Leymus ramosus*) и пыльниково-однолетниковых (*A. tectorum*, *Lepidium ruderae*, *A. austriaca*) сообществ.

## ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований изучено современное состояние растительного покрова заповедника, выявлено его флористическое и фитоценотическое разнообразие. В исследованной флоре насчитывается 201 дикорастущий вид, 135 родов из 33 семейств высших растений.

2. Преобладающая часть заповедника занята бугристыми и барханно-бугристыми песками, песчаными и супесчаными равнинами. На равнины с суглинистыми почвами приходится не более 5% площади. Генетико-диагностические признаки зональных бурых почв в основном сохранены: анализ механического состава почвенных образцов показал, что с возрастанием

сукцессионного статуса псаммофитных сообществ происходит увеличение содержания в песках пылеватых фракций, что придает им свойства связнопесчаных и легкосупесчаных почв.

3. Выявленный в результате исследований демулационный ряд состоит из следующих стадий: рудеральная – эфемеровая – эфемерово-злаковая – злаковая – лерхопопынно-злаковая – злаково-лерхопопынная. Количество стадий демулационного ряда зависит от сформированности растительного покрова (ярусная полнота и функциональная замещаемость видов) и степени антропогенной трансформации. Восстановление растительности на изучаемой территории быстрее протекает на засоленных суглинистых равнинах (зона выпаса) и замедленно - на супесчаных и песчаных равнинах, песках (охранная и заповедная зоны).

4. На изученной территории за 29 лет площадь активных очагов опустынивания значительно сократилась. Увеличение площадей заросших песков связано с восстановлением растительных сообществ в заповедной и охранной зонах за счет доминирования сорных и рудеральных видов. Совместный анализ данных показателей вегетационного индекса (NDVI) и биологической продуктивности сообществ выявил статистически значимую положительную связь.

5. Для современного состояния растительного покрова ГПБЗ «Черные Земли» отмечено распространение злаковых и эфемеровых сообществ на месте лерхопопынных пустынь, что свидетельствует о закреплении песчаных массивов, но не о восстановлении зональной растительности. Протекающие сукцессии растительного покрова заповедника привели к значительным изменениям пустынной растительности и доминированию динамически неустойчивых группировок и сообществ.

#### СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

\* - публикации в печатном издании Перечня ВАК РФ

1. *Бекеева, Н.Л.(Федорова Н.Л.)* Биосферный заповедник «Черные Земли» как резерват сохранения биоразнообразия для аридных экосистем / Н.Л. Бекеева – Н.Л. Федорова, Л.Н. Ташнинова, В.Э. Бадмаев // Заповедное дело: проблемы охраны и экологической реставрации степных экосистем: междунар. конф. / под ред. А. А. Чибилева. – Оренбург, 2004. – С. 68-70.
2. *Бекеева, Н.Л.(Федорова Н.Л.)* Флуктуация восстановительных сукцессий на ключевых участках биосферного заповедника «Черные Земли» / Н.Л. Бекеева – Н.Л. Федорова // Степи Северной Евразии: IV междунар. симпозиум. – Оренбург, 2006. – С. 102-104.
3. *Бекеева, Н.Л. (Федорова Н.Л.)* Бурые пустынно-степные почвы биосферного заповедника «Черные Земли»: морфологический и химический состав / Н.Л. Бекеева – Н.Л. Федорова, Л.Н. Ташнинова, М.М. Чемидов // Вестник института: науч. изд.: к 50-летию

- восстановления национал. автономии калм. народа / Правительство Респ. Калмыкия, КИСЭПИ. – 2006. – № 2. – С. 108-113.
4. *Бекеева, Н.Л. (Федорова Н.Л.)* К вопросу о состоянии аридных экосистем на примере биосферного заповедника «Черные Земли» / Н.Л. Бекеева – Н.Л. Федорова // Современные климатические и экосистемные процессы в уязвимых природных зонах (арктических, аридных, горных): тезисы докладов междунар. науч. конф. (г. Азов, 5-8 сент. 2006 г.) / ЮНЦ РАН; отв. ред. Г. Г. Матишов. – Ростов на Дону, 2006. – С. 25-27.
  5. *Бекеева, Н.Л. (Федорова Н.Л.)* Современное состояние аридных пастбищ на примере заповедника «Черные Земли» / Н.Л. Бекеева – Н.Л. Федорова // Экология и биология почв: междунар. науч. конф. (октябрь 2007 г.). – Ростов-на-Дону, 2007. – С. 18-20.
  6. *Бекеева, Н.Л. (Федорова Н.Л.)* Биоразнообразие аридных экосистем биосферного заповедника «Черные земли» / Н.Л. Бекеева – Н.Л. Федорова // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования: междунар. науч.-практ. конф. – Астрахань, 2007. – С. 23-27.
  7. *Бекеева, Н.Л. (Федорова Н.Л.)* Особенности бурых полупустынных почв в аридной зоне / Н.Л. Бекеева – Н.Л. Федорова // Почвы и техногенез: тезисы докл. юбил. всерос. конф. X Докучаев. молод. чтения. – СПб., 2007. – С. 50-51.
  8. *Бекеева, Н.Л. (Федорова Н.Л.)* Сравнительная характеристика пастбищных экосистем на опустыненных территориях Северо-Западного Прикаспия. / Н.Л. Бекеева – Н.Л. Федорова // Вестник института: науч. изд. / Правительство Респ. Калмыкия, ИКИАТ. – 2008. – № 2. – С. 66-71.
  9. *Федорова, Н.Л.* Мониторинг деградированных ландшафтов биосферного заповедника «Черные Земли» с использованием материалов одновременной космической съемки / Н.Л. Федорова // Вестник института: науч. изд. / Правительство Респ. Калмыкия, ИКИАТ. – 2009. – № 1. – С. 91-93.
  10. *Федорова, Н.Л.* Современное состояние пастбищных экосистем на опустыненных территориях биосферного заповедника «Черные Земли»: проблема сохранения биоразнообразия / Н.Л. Федорова // Степи Северной Евразии: V междунар. симпозиум. – Оренбург, 2009. – Т.1. – С. 682-684.
  11. *Федорова, Н.Л.* Использование наземных и дистанционных методов при изучении сукцессионных процессов района Черных земель / Н.Л. Федорова // «ЛОМОНОСОВ-2010»: междунар. молод. науч. форум: [Электронный ресурс] / отв. ред. И.А. Алешковский, П.Н. Костылев, А.И. Андреев, А.В. Андриянов. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486+; Windows 95; дисковод CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

12. \**Федорова, Н.Л.* Восстановительная сукцессия пастбищных экосистем региона Черных земель / Н.Л. Федорова, Н.Ц. Лиджиева // Научная мысль Кавказа / СКНЦ ВШ ЮФУ. – 2010. – Ч.2, № 4. – С. 88-91.
13. *Федорова, Н.Л.* Фитоценотическое разнообразие аридных экосистем на примере биосферного заповедника «Черные Земли» / Н.Л. Федорова // Изучение и освоение морских и наземных экосистем в условиях арктического и аридного климата: междунар. науч. конф. (6-10 июня 2011 г., Ростов-на-Дону). – Ростов-на-Дону, 2011. – С. 353-354.
14. *Федорова, Н.Л.* Изучение процессов антропогенной динамики естественных экосистем с использованием ГИС-технологий и материалов дистанционного зондирования Земли / Н.Л. Федорова, С.С. Уланова // Вестник института: науч. изд. / Правительство Респ. Калмыкия, ИКИАТ. – 2011. – № 2. – С. 28-34.