

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –
филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донской государственный
аграрный университет»

На правах рукописи



Арчаков Денис Игоревич

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ Р. ДОН
(НА ПРИМЕРЕ КАЗАНСКО-ВЁШЕНСКИХ ПЕСКОВ)**

Специальность – 1.6.21. Геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель
Турчин Тарас Ярославович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Новочеркасск – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ СРЕДНЕГО ДОНА.....	12
ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЗАНСКО-ВЕШЕНСКОГО ПЕСЧАНОГО МАССИВА	31
2.1. Географическое положение.....	32
2.2. Общие сведения.....	33
2.3. Геология	36
2.4. Рельеф.....	39
2.5. Климат	41
2.6. Гидрология.....	52
2.7. Почвенный покров	55
2.8. Растительность и животный мир	57
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА АНАЛИЗА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ....	64
3.1. Методика ландшафтно-экологической оценки местности	64
3.2. Методика анализа геоэкологического состояния местности.....	74
ГЛАВА 4. ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТНОСТИ.....	84
4.1. Ключевой участок «Буруны №1»	84
4.2. Ключевой участок «Грядовые пески».....	93
4.3. Ключевой участок «Верхнечирский».....	102
4.4. Ключевой участок «Андроповский»	113
4.5. Ключевой участок «Еланская»	123
4.6. Ключевой участок «Безбородовский».....	135
ГЛАВА 5. АНАЛИЗ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЕСЧАНОГО МАССИВА.....	152
5.1. Анализ геоэкологического состояния	152
5.2. Предложения по оптимизации природопользования	175
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	183

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	186
ПРИЛОЖЕНИЕ А	218
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	219
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	220
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	221
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	222
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	223

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Песчаные массивы отличаются от зональных ландшафтов и являются индикатором процессов опустынивания, т.к. обладают слабой сопротивляемостью к деградации и неустойчивым равновесием внутренних связей в экосистеме. Возникновение опустынивания объясняется двумя экологическими факторами: антропогенными – вследствие нерационального природопользования разрушаются связи между ландшафтами, деградирует почвенный покров, нарушается водный режим территории; естественными, когда природно-климатические условия способствуют развитию процессов дефляции. В конце XX в. проблема стала настолько острой, что в 1994 г. странами-членами ООН подписана «Международная конвенция по борьбе с опустыниванием», согласно которой на 1994 г. около 2 млрд. людей проживают в засушливых зонах, а к 2030 г. 50 млн. из них могут иммигрировать из данных регионов [261].

В Российской Федерации 28 субъектов подвержены процессам опустынивания. На рубеже XXI в. сотрудниками ВНИАЛМИ разработана «Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием для Северного Кавказа (Ростовская область, Ставропольский край) (2000), в 2024 г. издана монография «Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Ростовская область» (2024), подготовленная сотрудниками ФНЦ агроэкологии РАН и ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС». Ученые подтвердили необходимость в мониторинге местности с последующим ландшафтно-экологическим анализом на основе геоинформационных технологий, позволяющим с высокой точностью отследить динамику площади ландшафтов и своевременно разработать рекомендации по защите и восстановлению деградируемых земель. В настоящее время анализ геоэкологического состояния территорий приобретает все большее значение в связи с ростом площади земель, которые вовлекаются в хозяйственный оборот. Любое нерациональное природопользование может вызвать ухудшение условий жизни населения и разрушить природные связи, которые

обеспечивают экологическую устойчивость ландшафтов. Особенно это относится к песчаным территориям наиболее восприимчивых к внешним воздействиям.

Современный геоэкологический анализ основывается на количественной и качественной оценке состояния территории. Изучение песчаных ландшафтов р. Дон является важным аспектом при решении практических задач, связанных с рациональным хозяйственным использованием. Необходимо точно знать и уметь прогнозировать развитие природного и антропогенного процессов, чтобы своевременно решить вопросы о рациональности ведения хозяйственной деятельности, осуществления защитных мероприятий для повышения устойчивости экосистем к процессам дефляции.

Степень разработанности проблемы. Степень разработанности проблемы. Первые научные экспедиции в XIX в. изучали вопросы закрепления песков и упорядочивания землепользования. В СССР проводились комплексные исследования по вопросам образования песчаного массива, ставились опыты по защитному лесоразведению, разрабатывались методики по их эффективному хозяйственному использованию. С конца XX в. основное внимание направлено на изучение антропогенного влияния, оптимизацию природопользования и улучшение экологических условий местности. Большой вклад в проработку проблемы внесли ученые ФНЦ агроэкологии РАН и ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС». Также в 1991 г. Кочуров Б. И. разработал методику оценки анализа геоэкологического состояния местности. В настоящее время продолжаются работы в рамках изучения песчаных массивов и геоэкологического анализа. В 2000 г. под руководством Закруткина В. Е. издан «Экологический атлас Ростовской области», в котором представлены карты, позволяющие оценить экологическое состояние региона по различным видам нагрузки и загрязнения [94; 95]. Иванченко А. М. на базе Южного федерального университета в 2022 г. защитила диссертацию, посвященной теме геоэкологической оценки современного состояния Ростовской области [102]. Трубник Р. Г. и Федоров Ю. А. опубликовывают монографию «Оценка экологического состояния донных отложений водных объектов юга России по триаде химико-биологических показателей» (2023) [227].

В 2023 г. Безуглова О. С., Жумбей А. И., Литвинов Ю. А., Минкина Т. М. совместно с коллегами изучали вопросы динамики опустынивания земель, состояния растительного и почвенного покрова, в Ростовской области с применением методов дистанционного зондирования Земли и на основе полевых исследований в том числе и на территории государственного природного заказника «Цимлянский». Под авторством Безугловой О. С. в 2024 г. было издано учебное пособие «Эко-биомониторинг почв», где рассматриваются основные виды деградации почв, методы экологического мониторинга и способы нормирования качества почв [25; 27; 88-90; 162].

Цель исследования: провести анализ геоэкологического состояния территории Казанско-Вешенского песчаного массива.

Задачи исследования:

1. Выявить природные особенности Казанско-Вешенского песчаного массива;
2. Провести ландшафтно-экологическую оценку территории ключевых участков, отражающих типичные для песчаного массива экологические условия;
3. Установить основные направления и причины трансформаций ландшафтов;
4. Проанализировать геоэкологическое состояние территории Казанско-Вешенского песчаного массива и предложить мероприятия по оптимизации природопользования.

Объект исследования: Казанско-Вешенский песчаный массив.

Предмет изучения: геоэкологическое состояние песков р. Дон (на примере Казанско-Вешенских песков).

Научная новизна исследования заключается в нескольких аспектах:

– впервые территория Казанско-Вешенского песчаного массива была дифференцирована на западную, центральную и восточную зоны на основе природных особенностей и составленных картосхем;

- впервые были разработаны ориентированные графы, позволяющие отслеживать динамику и выявлять причины трансформации ландшафтов песчаного массива;
- проведен геоэкологический анализ на основе расчета эколого-хозяйственного баланса территории Казанско-Вешенского песчаного массива;
- модифицирована формула расчета эколого-хозяйственного баланса специально для песчаных земель;
- разработан долгосрочный прогноз развития ландшафтов территории песчаного массива до 2035, 2045 и 2055 гг. по трем сценариям: положительному, оптимальному и отрицательному.

Теоретическая значимость. Обобщен обширный массив данных по температуре воздуха и количеству атмосферных осадков, которые позволили рассчитать показатели нормализованного индекса аридности и гидротермического коэффициента территории песчаного массива. Результаты опубликованы в базе данных (RU 2023623811). На основе дешифрирования материалов космической съемки, полевых исследований и тематического картографирования разработана локальная геоинформационная система динамики ландшафтов объекта исследования. Проведен анализ геоэкологического состояния песчаного массива. Составлены ориентированные графы, отражающие процессы трансформации ландшафтов за заданные временные промежутки. Дан прогноз динамики площадей открытых и слабозаросших песков, а также хвойных лесонасаждений. Полученные материалы исследований использовались при составлении Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области (2024).

Практическая значимость. Результаты исследований использованы при подготовке итоговых отчетов по теме научно-исследовательских работ, проводимых на базе лаборатории гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН в 2021-2024 гг. На основе полученных данных выдвинуты предложения по оптимизации природопользования на территории песчаного массива. Материалы работы использованы при разработке актов внедрения в производство научно-исследовательских работ в рамках подготовки Национальной программы действий

по борьбе с опустыниванием Ростовской области (2024) для тестовых участков «Буруны №1», «Буруны №2», «Буруны №3», «Песчаный массив №1», «Песчаный массив №3».

Методология и методы исследования. В работе использовались описательный, сравнительный, картографический, экспедиционный, геоэкологический, математический методы; методы статистической обработки и прогнозирования, которые основаны на известных законах и теоретических положениях. Ландшафтно-экологическая оценка местности осуществлялась на основе усовершенствованной пятиэтапной схемы агролесомелиоративного картографирования и фитоэкологической оценки аридных ландшафтов [134]. Анализ геоэкологического состояния местности основан на методиках картографирования и дешифрирования спутниковых снимков Landsat-5, 7, 8, 9 и Sentinel-2 [254; 268], оценке природных условий жизни населения [170], эколого-хозяйственного баланса [124] и прогнозирования [206]. Методология сочетает в себе принципы системности, экономической и экологической целесообразности.

Защищаемые положения:

1. В пределах песчаного Казанско-Вешенского массива выделено три зоны: западная (от р. Песковатка до р. Левая), центральная (от р. Левая до р. Зимовная) и восточная (от р. Зимовная до границы Ростовской области), отличающиеся глубиной залегания грунтовых вод, особенностями почвенного и растительного покрова.

2. Основными причинами трансформации ландшафтов являются природные (самосев сосны, уровень грунтовых вод, количество осадков, дефляционноопасный ветер, деградация древостоя и кустарников) и антропогенные (пожары, перевыпас скота, лесомелиоративные мероприятия) факторы. Степень деградации песчаного массива за 18 лет увеличилась на 5%, площади под листовенным древостоем и кустарниками (включая поймы рек) сократились на 11,8%, под искусственными лесонасаждениями (культуры сосны) увеличилась на 4,4%.

3. На основе учета степени деградации песчаных ландшафтов и их устойчивости к процессам опустынивания осуществлена модификация расчета

эколого-хозяйственного баланса территории путем дифференциации песчаных земель по степени их зарастания, наличия пойменных и аренных лесов, хвойных лесонасаждений.

4. Особенностью Казанско-Вешенского песчаного массива является преобладание открытых и слабозаросших песков, хвойных лесонасаждений, оказывающих существенное влияние на изменение эколого-хозяйственного баланса территории. Составлен прогноз динамики их площадей до 2055 г. по трем сценариям развития – положительный, оптимальный, отрицательный.

Фактический материал. Диссертационная работа основана на оригинальном материале, полученном автором в ходе полевых работ и исследований с 2021 по 2024 г. на базе ФНЦ агроэкологии РАН лаборатории гидрологии агролесоландшафтов в рамках выполнения государственного задания № FNFE-2022-0011 «Разработка новой методологии оптимального управления биоресурсами в агроландшафтах засушливой зоны РФ с использованием системно-динамического моделирования почвенно-гидрологических процессов, комплексной оценки влияния климатических изменений и антропогенных нагрузок на агробиологический потенциал и лесорастительные условия» и в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Расширение системы климатического и экологического мониторинга и прогнозирования на территории Российской Федерации в целях обеспечения адаптационных решений в отраслевом и региональном разрезах, включая борьбу с опустыниванием» (соглашение № 169-15-2023-001 от 01.03.2023 г.) на базе филиала ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС». Обобщены и проанализированы метеорологические данные 6 метеостанций за период 1966-2022 г. Всего проложено 6 ландшафтно-экологических профилей, общей протяженностью 17342 м, пробурено 16 скважин, отобрано 283 почвенных образца, составлено 20 ориентированных графов, 55 тематических картосхем и оцифровано 4 картосхемы.

Соответствие паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует пунктам паспорта научной специальности 1.6.21. Геоэкология:

4. Глобальные и региональные экологические кризисы – комплексные изменения окружающей среды и ее компонентов, приводящие к резкому ухудшению условий жизни и хозяйственной деятельности.

11. Оценка экологического состояния и управление современными ландшафтами. Глобальные и региональные изменения ландшафтно-климатических условий среды обитания в антропоцене.

16. Моделирование геоэкологических процессов и последствий хозяйственной деятельности для природных комплексов и их отдельных компонентов. Современные методы геоэкологического картирования, геоинформационные технологии и информационные системы в геоэкологии.

Степень достоверности и апробация результатов. В основе исследований лежит обширный фактический материал, полученный в ходе собственных полевых исследований, проведенных с применением установленных нормативными документами методик, а также современным высокоточным оборудованием. Осуществлен геоинформационный анализ спутниковых снимков. Полученные взаимосвязи между природными факторами, динамики ландшафтов в разные временные периоды проанализированы с помощью статистических методов обработки данных.

Основные результаты по теме диссертационного исследования докладывались и получили положительную оценку на Международных и Всероссийских конференциях «Докучаевские чтения», г. Смоленск, 25 марта 2022 г.; «XVIII Большой географический фестиваль», г. Санкт-Петербург 8-10 апреля 2022 г.; «Музей-заповедник: экология и культура», Ростовская область, ст. Вешенская, 12-14 октября 2022 г.; «Антропогенная трансформация геопространства: меняющийся мир – штрихи к портрету», г. Волгоград, 11-12 декабря 2023 г.; «XX Большой географический фестиваль», г. Санкт-Петербург, 5-7 апреля 2024 г., «Воспроизводство, использование, охрана, защита и биоразнообразие лесов на юге европейской части России», Ростовская область, ст. Вешенская, 3-5 сентября 2024 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ в научных изданиях РФ, в том числе 5 статей в журналах из Перечня ВАК РФ, 8 работ в

рецензируемых журналах, материалах международных и всероссийских конференций, 1 монография и 1 база данных (RU 2023623811).

Личный вклад автора. Автор лично участвовал во всех этапах выполнения работы, включая формулирование цели, постановке задач исследования, анализе литературных источников, статистической обработке банка данных и систематизации результатов натурных и лабораторных исследований, подготовке статей, дешифрировании спутниковых снимков и составлении тематических карт-схем.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и 6 приложений. Основное содержание работы изложено на 211 страницах, включает 67 рисунков и 21 таблицу. Список литературы составляет 274 источника, в том числе 10 на иностранном языке.

Благодарности. Автор выражает благодарность за всестороннюю помощь в проведении исследования научному руководителю д.с-х.н. Турчину Т. Я., а также академику, д.с-х.н. РАН Кулику К. Н., д.г.н. Ивлиевой О. В. Автор благодарит за наставления и помощь коллектив кафедры ЭТП НИМИ ДонГАУ, а также коллег ФНЦ агроэкологии РАН и ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС».

ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ СРЕДНЕГО ДОНА

Пески по долинам рек всегда представляли интерес для человека в качестве места для проживания [76]. До перехода человека к скотоводству и земледелию данные территории в степной зоне почти не представляли интерес, т. к. в лесной зоне было больше ресурсов для собирательства, рыболовства и охоты. Первые палеотические люди появились на территории р. Дон около 40 тыс. лет назад, о чем свидетельствуют найденные археологами стоянки у с. Костенки (Воронежская область) и на р. Волга около г. Волгограда. Хозяйственное влияние, в основном, выражалось в охоте на крупных животных (мамонты, зубры, олени и т. д.) [70].

Кремневые отщепы возрастом около 12 тыс. лет исторического периода верхнего палеолита обнаружены научными экспедициями на Доно-Цимлянских песках [61]. В неолите (6-4 тыс. лет назад), как отмечал в своих археологических исследованиях Формозов А. А., население на территории Среднего Дона было редким. В эти периоды разрушение песчаных почв происходило в результате разбивания почвенного покрова, в основном, стадами диких копытных – туров, тарпанов, куланов, сайгаков, косуль и т.д. Но это не оказывало существенного влияния на изменение степени трансформации песчаных экосистем. Данные виды животных на песчаном массиве степной зоны привлекал разнообразный травяной и веточный корм, водопой, защита от зимних буранов и ветров в междюнных понижениях и лесных колках [238].

Резкое изменение положения произошло в эпоху бронзы (XXXV/XXXIII – XIII/XI вв. до н. э.). При переходе от присваивающих форм хозяйства к производящим (земледелию, скотоводству и металлургии). Так, Павлов А. П. (1905 г.) описывает, что около р. Хопер у станицы Проваторовская (Волгоградская область), далеко от месторождений меди, найдены литейные формы из талькового сланца [176]. Начало заметного разрушения легких почв начинается с бронзовой эпохи, поэтому для

развития скотоводства степная зона являлась намного привлекательнее, чем зона лесов, т.к. в степи представляют собой большие равнинные участки с большим количеством степного разнотравья. Участки разрушенных и погребенных связнопесчаных почв от выпаса домашнего скота обнаружены в Рахинском лесничестве (Волгоградская область) на I-ой надпойменной террасе р. Медведица. Черепки посуды, кости домашних животных, бобра, косули, найденные на данной территории, отнесены археологами Артамоновым М. И. и Столяром А. П. к эпохе срубной культуры (культурно-историческая общность в степи, лесостепи и полупустынях в бронзовую историческую эпоху). Стоянки человека того времени в пойме р. Дон у х. Вилтов (Волгоградская область) и в 2 км к западу ст. Еланская (Ростовская область) описаны в работе Гожевым А. Д. 1929 г., а у ст. Вешенской Грибановым А. П. Экономическую основу хозяйственной деятельности того времени составляли мотыжное земледелие и оседлое скотоводство в стадах которого преобладал крупный рогатый скот (53%), овцы (30%), и в меньшем количестве свиньи, козы, лошади [61].

Начиная с VIII-VII вв. до н. э. в степной природно-климатической зоне распространились потомки носителей срубной культуры. На территории р. Дон – это сарматские и сирматские финно-угорские кочевые племена будинов [192].

Археолог Ляпушкин И. И., проводивший свои исследования на территории Среднего Дона, не нашел свидетельств об оседлом образе жизни людей. Он так же предполагает, что кочевой образ жизни населения на данной территории утвердился с периода раннего железа до VIII в. н. э. При этом в качестве пастбищ кочевыми племенами использовались не только пойменные луга, но и пески [150].

Подводя небольшой вывод, можно сказать, что до конца V в. на территории песчаных массивов проживали срубники, сарматы и сирматские кочевые племена, которые, в основном, занимались скотоводством и, в меньшей степени, земледелием.

Население, проживающее на р. Дон, периодически подвергалось набегам. Так в IV в. набеги гуннов истребили причерноморских сарматов и нижнедонских аланов. Венгры в 826 г. разрушили Цимлянское правобережное городище. Печенеги осадили

и разрушили в 830 г. хазарскую левобережную крепость Саркел (Цимлянское водохранилище) [183].

После 965 г., когда Хазарский Каганат был разбит Киевским князем Святославом Игоревичем, начинается заселение славянами с Днепропетровского левобережья. Война с печенегами закончилась в 1036 г., тогда же на месте г. Саркела возник город Белая Вежа. Вторжение половцев в середине XI в. и поражение коалиции русских князей заставило славян покинуть Белую Вежу. Граница Руси и степи отодвинулась на север р. Дон и его притоков. Курганные погребения половцев XII в. обнаружены возле ст. Вешенская [184], как и всюду в степях района р. Дон и его притоков. После покорения княжеств ханом Батыем в 1223 г., славянские поселения на Дону окончательно опустели. В 1389 г. в описании путешествия митрополита Пимена отмечено, что территория Среднего Дона практически полностью опустела.

Повторное заселение берегов Среднего Дона началось с XVII в., главным образом, беглыми крестьянами из Московской Руси. Сначала они занимали территории у реки в пойменных лесах, а затем, освоившись, строили укрепленные селения и станицы. Беглые крестьяне становились вольными верховными казаками. Их основным видом деятельности являлась охрана границ [186]. До Петра I казакам строго запрещалось заниматься земледелием. Однако в дальнейшем появилось хлебопашество и скотоводство, в частности, коневодство. Бурному развитию земледелия способствовало утверждение в 1798 г. Екатериной II донского дворянства с крепостными крестьянами [70; 201].

В 1840-1860 гг. было проведено размежевание песчаных земель между казачьими юртами, а с отменой крепостного права (1861 г.) началось широкое производство товарного зерна на степных суглинистых почвах. С этого времени стали распахиваться и к 1870 г. были сплошь распаханы также и супесчаные степи, служившие ранее сенокосами и пастбищами, что отмечал в своих трудах, связанных с описанием истории и быта Донского края, Сухоруков В. Д. Основными пастбищными угодьями, в связи с резким ростом поголовья, стали песчаные и луговые участки надпойменных террас. Но чувствительные песчаные ландшафты не выдерживали перегрузки и быстро разрушались копытами животных, превращаясь в

бугристые пески. Доходило вплоть до того, что станицы и хутора оказались окруженные открытым песком и жителям приходилось переселяться [226].

В XIX в. земледелие и скотоводство становятся главными отраслями хозяйства казаков Среднего Дона, но уровень развития сельскохозяйственного производства оставался крайне низким из-за неизученности песчаных почв, примитивной системы земледелия и агротехники. А в конце столетия появляются первые сведения о сильной деградации легких песчаных почв.

Впервые на необходимость закрепления песков и облесения обратил внимание лесной департамент в 1878 г., после отчета областного лесничего донского войска. В 1879 г. лесоведам было поручено составить проект лесомелиоративных мероприятий, а в 1880 г. правительством Российской Империи выделены средства на организацию первых двух песчаных лесничеств на Среднем Дону: Арчадинско-Рахинского и Даниловского. Назначенные заведующими лесничеств были командированы для ознакомления с пескоукрепительными работами на Нижнеднепровские пески, где облесение началось еще с 1830-х гг. Лесным управлением Области войска Донского было намечено открыть еще четыре питомника. Один из них был открыт в 1880-х гг. у х. Ереминский ст. Казанская [99].

Стоит отметить, что систематические работы по закреплению песков и оврагов в России начаты в 1898 г. Песчано-овражными партиями. Их работа строилась на полном доверии к исполнителям и привлечении для реализации мероприятий крестьян и общественности. За время существования партий закреплено более 180 тыс. га песков, а для закрепления оврагов на склонах создавали лесные насаждения. Под руководством Костяева А. В. работали: Аверьянов Ф. А., Борткевич В. М., Сус Н. И., Томашевский Я. Я., Тиханов Ф. Ф., Орлов М. А., Готшалк Ф. И., Глезднев В. Л. Итоги работ партий представлены Костяевым А. В. в его последующих отчетах [120;253].

Важную роль в лесоразведении того времени занимают работы Удельного ведомства, владевшего огромной территорией степей. Его организатором являлся Генко Н. К., который обосновал целесообразность создания искусственных

насаждений в степной зоне, разработал технологию их создания и выращивания, уделял внимание вопросам укрепления и облесения сыпучих песков [39;253].

К концу XIX в. Докучаев В. В. разработал концепцию комплексного подхода для изучения степной зоны, в том числе и песчаных земель, составлены программы агролесомелиоративных мероприятий по борьбе с ветровой и водной эрозией [75; 76].

В начале XX в. в России наблюдались сильные засухи (1901, 1905, 1911), которые проявили главные недостатки степного земледелия и методов создания искусственных лесонасаждений. Проводимые мероприятия по облесению и закреплению песков не давали должного результата и, как следствие, площади открытых песков продолжили увеличиваться, а молодые сосновые лесонасаждения погибать [246].

К 1911 г., на территории песков, лесным департаментом и Земельным Советом были выделены средства на дальнейшую закладку лесопитомников и организацию песчано-овражных работ. В этом же году начались мероприятия по облесению в районе ст. Вешенской. Посадочный материал выращивался на созданном Дубровском лесопитомнике из семян, завезенных из Хреновского бора. Для работы привлекались казаки Вешенского земельного общества [61].

Несмотря на принятые меры, песчаные земли продолжали использовать бессистемно. Параллельно с этим, возникли сомнения в успешности облесения песков сосной, т. к. молодые культуры местами усыхали. К тому же обнаружилось недоброжелательное отношение к облесению песков со стороны казаков, владельцев песчаных земель, опасавшиеся, что как земельная площадь, так и новые лесные насаждения будут изъяты из их владения [212].

Для выяснения причин выпада молодой сосны в 1910 г. отправлена первая крупная научная экспедиция под руководством Морозова Г. Ф. В ходе работ изучены условия произрастания сосновых лесопосадок во взаимосвязи с климатом и почвой.

В 1914 г. для упорядочения землепользования, улучшения песчано-овражных работ и дальнейшего развития лесного дела на песках был организован Северокавказский мелиоративный комитет, в состав которого были привлечены ученые Новочеркасского мелиоративного института Полюнов Б. Б., Новопокровский

И. В., Лисицын К. И. Комитет решил направить экспедицию на пески Среднего Дона для их комплексного изучения. Ботаник Новопокровский И. В. дает описание лесов Ореховского, Голубинского, Чернышевского, Быстрианского, Городищенского войсковых песчаных лесничеств, а также Рахинской, Дубровской и Арчединской дач, а позднее издает труд «Растительность Ростовской области». Лисицын К. И. занимался исследованиями закономерностями распределения и зональности грунтовых вод степной зоны, формирования химического состава вод в зависимости от климатических, геоморфологических и литологических условий, норм оценки питьевых вод применительно к сухим степям, классификации подземных вод. Польшов Б. Б., исследовавший вопросы почвоведения, геологии, геохимии и географии, выделил типы песчаных почв по элементам рельефа долины рек, провел исследования облесенности песчаных массивов, приуроченности того или иного состава аренных лесов к высотному положению террас, почвенному плодородию и степени увлажненности [60; 172; 187].

Обследовавший на территории Среднего Дона пески в 1911 г. агроном Ступа И. Г. и позднее профессор Сухов А. А. (1932) отметили в своих работах «Донскую Сахару», причину возникновения которой они видели в нерациональном ведении хозяйства местного населения и недальновидности земельной политики Царского правительства и войскового начальства. Против такого понимания «трансгрессивного наступления песков» возражал Польшов Б. Б. Он установил, что в годы с обильным выпадением осадков, особенно если они совпадали с периодом сокращения поголовья скота, наносы закреплялись растениями. Население бросало пашни и пастбища или переселялось в другие места по причине того, что дальнейшее использование сильноэродированных земель становилось невыгодным [188].

С 1918 г. по 1923 г. во время социально-экономических преобразований: Великой Октябрьской социалистической революции и, последовавшей за ней, гражданской войной, лесомелиоративные и пескоукрепительные мероприятия почти не проводились. В данный период времени из-за засухи 1921 г. и последовавшей за ней голод, вынудило Совет народных комиссаров принять постановление «О борьбе с засухой», в котором особенно подчеркивалась необходимость закрепления песков и

оврагов в ряде регионов Поволжья и Среднего Дона. В период работы агролесомелиорации и райсельхозов с 1922 г. по 1935 г. лесонасаждения сосны не везде получили необходимый уход. Это связано прежде всего с тем, что разобщенные мелкие хозяйства с частными переделами земельных наделов создавали трудности в организации лесомелиоративных работ, поэтому с 1922 г. организовывались мелиоративные товарищества, которые занимались созданием защитных пескоукрепительных массивов. В 1935 г. Иванов П. В. и Дюжев П. К., занимавшиеся изучением выращивания плодовых культур и винограда, исследовали почвенные разности песков Среднего Дона и указали на преобладание черноземовидных супесей, супесчаных промытых черноземов и перевеянных песков. А в 1936 г. были созданы лесхозы, работа которых прервалась начавшейся Великой Отечественной войной, в ходе которой сосняки использовались как укрытие для госпиталей из-за этого древостой местами вырубался [39; 81].

Во время Второй мировой войны работы по защитному лесоразведению не проводились, темпы восстановления и развития сельского хозяйства отставали от остальных отраслей народного хозяйства. Принятый в 1946 г. закон о пятилетнем плане развития народного хозяйства СССР предусматривал восстановление в колхозах и совхозах защитных насаждений и посадку лесных и плодовых приовражных насаждений [113].

Для реализации принятого пятилетнего плана, в 1947 г. было создано Министерство лесного хозяйства, одной из задач которого являлось создание в южных районах защитных лесонасаждений. В том же году Копосов Н.П., проводя исследования почв на территории Ростовской области, на песчаных массивах выделил луговые песчаные почвы, черноземовидные песчаные и супесчаные почвы, супесчаные почвы и зарастающие негумусированные пески.

От 24 октября 1948 г. вышло Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР». В ходе реализации плана, при контроле Главного управления полезащитного

лесоразведения при Совете Министров СССР, началась посадка лесополос по берегам рек от Воронежа до Ростова-на-Дону, включая песчаные земли, на которых планировалось создать 322 тыс. га пескоукрепительных посадок [224].

В 1949 г. издана книга песковеда-ботаника Дубянского В.А. «Пески Среднего Дона и использование их в сельском и лесном хозяйстве». В работе представлены материалы, обобщения, выводы наблюдений и исследований, проведенные автором на песках Среднего Дона за период более 40 лет (в период 1903 по 1948 гг. с большими перерывами). Совместно с Морозовым Г. Ф. он изучал геоботаническую составляющую песков Среднего Дона. Дубянский В. А. дал классификацию песчаных земель на основе ландшафтной и почвенной характеристик. Систематические работы по исследованию лесорастительных свойств песков Среднего Дона проведены в 1938-1939 гг. В 1946-1947 гг. исследования дополнены и обобщены во время работ, выполненных В.А. Дубянским по тематике Воронежской гидрогеологической станции министерства сельского хозяйства РСФСР. В тоже время на территорию степной зоны, для разработки и совершенствования методов по полезащитному лесоразведению, была отправлена экспедиция, в которую вошли: Герасимов И. П., Сукачев В. Н., Павловский Е. С., Мишустин Е. С., Лавриенко Е. М., Колосков П. И. Н Высоцкий Г. Н. здесь занимался изучением мелиоративного влияния искусственного леса на окружающие безлесные пространства [80; 100; 101].

С 1949 г. начинается резкий рост облесительных работ, специально созданными лесозащитными станциями. Оснащенными мощной техникой лесхозами были созданы государственные лесные полосы, заложены дубравы промышленного значения и лесонасаждения сосны на больших песчаных площадях. Под лозунгом «облесение песков» искусственные насаждения создавались и на не вредоносных открытых и полузаросших барханных и супесчаных степных почвах, т. к. на бугристых песках мощная техника не могла работать [55; 134].

Столь масштабный объем работ сказался и на их качестве. В результате почти половина посадок в песках сухой степи имела пониженную устойчивость, ослабла и частично усохла. Так же это коснулось и промышленных дубрав, которые почти полностью погибли и часть гослесополос – «заслонов от суховеев».

Данный результат требовал проведение дальнейших научных исследований. В 1952 г. Гаель А.Г. разработал наиболее доступную классификацию песчаных массивов для использования в научно-описательных целях. Он делил массивы на 3 основных природных комплекса: супесчаные равнины, песчаные волнистые равнины, бугристые пески, в пределах которых выделяются различные почвенные разности. В ходе исследований выяснилось, что пахотные земли на территории песков подверглись сильной деградации почвенного покрова из-за водной и ветровой эрозии. В частности, по данным проведенной нивелировки, на многих песчаных массивах р. Дон большей частью выносимый из котловин выдувания и образующий шлейфы и бугры песок перемещался на десятки метров [58; 60].

Позднее, в 1953 г. прекращаются интенсивные лесомелиоративные работы, предусмотренные Постановлением 1948 г. «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР», это было связано с нехваткой материально-технической базы и недостатком финансирования. Последствия данного явления практически сразу же проявились в значительном сокращении объема работ, слабой охране лесных насаждений, самовольной вырубке части посадок и увеличении количества пожаров. Но при этом теоретическая база продолжает свое развитие. Так, Чигиринцев Н.П., исследовавший вопросы генезиса, классификации, распространения, состава, свойств и основных путей рационального использования в сельском и лесном хозяйстве, классифицировал в 1954 г. песчаные почвы подзолистого, черноземного типа почвообразования, разбитые бугристые пески и солонцевато-песчаные почвы [138; 177].

В 1960-х гг., с развитием электронно-вычислительной техники и появлением аэрокосмофотоснимки местности, берет начало комплексных исследований взаимосвязей и составление прогноза развития состояния ландшафтов. Данный фактор позволил значительно углубить получаемую информацию и оценить, как эффективность, проводимых работ по предотвращению процессов дефляции и

восстановления земель с дальнейшим включением их в хозяйственный оборот, так и рассмотреть проблемы хозяйственного использования песков [6; 20; 29; 51; 238].

Под руководством Воронцова А. И. в 1970 г. были проведены лесопатологические исследования насаждений на территории Вешенского лесхоза Московской аэрофотолесоустроительной экспедицией, материалами аэрофотосъемки которой использовались при обследовании и составлении планов лесонасаждений [178].

По договору, заключенным между Биолого-почвенным факультетом МГУ и Ростовским областным управлением лесного хозяйства и охраны леса, было проведено в период трех лет с 1969 по 1971 исследование песков, в том числе и на Казанско-Вешенском песчаном массиве. В задачи Песчано-эрозионной экспедиции МГУ входило провести комплексное исследование природных условий Казанско-Вешенского песчаного массива для того, чтобы полученные материалы могли быть положены в основу планов рационального использования песков. В работе, под руководством Гаеля А. Г. принимали участие: Смирнова Л. Ф. (почвовед), Судницин И. И. (почвовед), Андрианова Н. С. (энтомолог), Халилеева И. К. (геоботаник), Набок Л. Г. (почвовед), Зубков А. С. (лесовод ДонЛЮС), Луценко А. И. (геоботаник), Борсук О. А. (геоморфолог), Геращенко Л. Б. (старший лаборант) и студенты Биолого-почвенного факультета МГУ. В работе также принимали участие старший лесничий Вешенского лесхоза Окулов Я. И., директор Верхнедонского лесхоза Переверткин В. В., и главный лесничий Лыков Г. В. [59].

Очень большое значение по хозяйственному использованию легких песчаных земель играют работы Виноградова В. Н., который исследовал Нижнеднепровские пески с целью повышения плодородия почв, борьбы с эрозией, вовлечением в оборот площадей, которые считались неудобными, бросовыми. Он рассматривает комплексное освоение песков на основе анализа аэрофотоснимков. В последствии, опыт Виноградова В. Н. по освоению и применению лесомелиоративных мероприятий был перенят на пески района р. Дон [46].

В материалах XXV съезда КПСС и Совета Министров 3 сентября 1976 г. Брежнев Л. И. указал на необходимость улучшения естественных пастбищ и

рационального использования кормовых угодий. В связи с этим вновь становится актуальным вопрос о водном режиме песков. Кулик Н. Ф., в 1979 г. издал труд «Водный режим песков аридной зоны» где рассматривал вопросы динамики влажности различных ландшафтных типов песков и ее закономерности. Им проведены полные водно-балансовые расчеты, определен расход влаги по основным растительным группам на основании транспирационных расходов и прироста фитомассы, дан прогноз биологической производительности лесов, пастбищ и виноградников на песчаных землях и определено гидрологическое значение леса. Также в 1987 г. под его авторством издано учебное пособие для студентов Новочеркасского инженерно-мелиоративного института в котором содержится информация по генезису песков, их водно-физическим свойствам, плодородию, а также описаны формы хозяйственного использования [142; 143].

Отдельно стоит отметить деятельность Южно-европейской научно-исследовательской лесной опытной станции (Южно-европейская НИЛОС) и Всесоюзного научно-исследовательского института агролесомелиорации (ВНИАЛМИ).

Южно-европейская НИЛОС основана в 1949 г. Ее главными задачами до сих пор являются разработка нормативной базы облесения песков, защита лесных насаждений от вредителей и болезней, совершенствование методов посадки и выращивания сосны, оценка деградации территорий, пострадавших от процессов дефляции. За период 1952–1977 гг. сотрудниками станции (Жуланов Г.Ф., Козлов Г.Г., Лашкевич К.А., Самойленко Н.Д., Миронов В.В., Зюзь Н.С., Кравченко В.И., Мельников А.И. и др.) разработаны и внедрены в производство технологии закрепления и облесения песчаных земель путем посадки сеянцев сосны обыкновенной на равнинных песках. Для наблюдения за колебанием уровня грунтовых вод на песчаных землях Козлов Г.Г. заложил два экологических профиля в Вешенском лесхозе. В 1963 г. К.А. Лашкевич разработал классификацию лесорастительных условий Донских песчаных массивов, основанную по биогеноценоотическому и географическому признакам (типы лесов, выделенные по рельефу, почвенно-гидрологическим условиям и растительности). Лабораторией

мелиоративных машин Чернышовым В.В. и Постниковым В.В., в 1970-х гг., для защитного лесоразведения и ЦОКБлесхозмаш ВНИИЛМ создана и внедрена в производство лесопосадочная машина МПП-1, способная работать на бугристых песках без предпосадочной обработки почвы [3; 86; 98; 126; 166].

ВНИАЛМИ, основанный в 1931 г. занимался вопросами агролесомелиорации, решением задач вовлечения в хозяйственный оборот неудобных и бросовых земель, борьбы со смывами, размывами и развеиванием почвы, создания защитных лесных и садовых полосных водоразделительных насаждений, организацией крупных хозяйств по снабжению промышленности растительным техническим сырьем, организации рационального хозяйствования в лесах местного значения и т. д., в том числе и на юго-востоке Европейской территории СССР. Кроме полеводства, лесоводства особое внимание использованию легких почв уделялось садоводству и виноградарству. Этому способствовали многолетние опыты выращивания плодовых культур и винограда на богатых близководных супесчаных почвах [3].

В начале 1980-х годов институт перешел к разработке ландшафтно-экологических принципов агролесомелиорации на основе использования методов системного анализа, дистанционных наблюдений, биогеоценологии и географии. Институт выполнял крупные работы под руководством Виноградова В.Н., Кулика Н.Ф., Петрова В.И., Зюзя Н.С., Жданова Ю.М. по борьбе с опустыниванием методами агролесомелиорации. Так, например, в 1990 г. издана книга Зюзя Н. С. «Культуры сосны на песках Юго-Востока», где обобщены результаты его многолетних исследований, начиная с работы в Южно-европейской НИЛОС [3; 99; 252].

Начиная с 1991 г. произошло резкое сокращение объема проводимых работ, работников лесного хозяйства, научных исследований на территории, возросло количество лесных пожаров. Данное явление связано с тем, что произошли резкие социально-экономические преобразования, которые повлекли за собой массовый отток населения с территории песков в крупные города, недостаток финансирования, а в некоторых случаях, полного его прекращения во всех сферах деятельности. Тем не менее государство совершало попытки активизировать лесомелиоративные работы и борьбы с эрозией. Так в 1995 г. разработана Федеральная программа

развития агролесомелиоративных работ в России на период до 2025 г., но программу закрыли в связи с тем, что объемы работ не соответствовали научно-обоснованным нормам [3; 56; 68; 221].

Так же продолжила свою деятельность Южно-европейская НИЛЮС. В 1991-1998 гг. на основе проведенных исследований Михайловым Л. Е. и Турчиной Т. А. разработаны мероприятия по ведению хозяйства в насаждениях ольхи черной. Достаточно подробно изучены насаждения дуба черешчатого, произрастающие в виде колков в мезопонижениях песчаных террас. Кутеевым Ф. С., Зубковой Т. И. разработаны методы и технологии защиты лесов КВПМ от вредителей и болезней, предложены меры борьбы с наиболее опасными хвое- и листогрызущими насекомыми региона с применением биологических мер борьбы и химических инсектицидов, а также способы прогнозирования очагов эпидемий. Наряду с изучением лесов постепенно выдвигались гипотезы о том, что степные участки с легкими почвами целесообразнее использовать не под посадки лесных культур, а для создания бахчи, сенокосов и пастбищ для скота [244].

В связи с продолжающимся нерациональным использованием земель продолжались научные изыскания в разных сферах познания. Так Куликом Н. Ф. было установлено, что хорошо развитый травостой люцерны (*Medicago sp. L.*) на легких почвах по водному балансу близок к целинной растительности, а урожай в несколько раз выше. Виноградовым В. Н. проведен анализ климатических и почвенно-гидрологических особенностей, в соответствии с которым были рекомендованы схемы их сельскохозяйственного использования. С дальнейшим развитием цифровых технологий и открытого доступа к актуальным спутниковым снимкам, аэрокосмические методы получили дальнейшее совершенствование. В данный период выходят работы Виноградова В. Н., Богомолова Л. А., Григорьева А. А. Куликом К. Н. основано новое направление – агролесомелиоративное картографирование, фундамент которого заложен работами Виноградова. Рулевым А. С. разработана формула вычисления индекса антропогенной измененности ландшафта, на основе анализа картографических данных [47; 50; 134; 139; 200].

С развитием исследований антропогенного влияния на окружающую среду, получает развитие такое научное направление, как геоэкология. Благодаря усилиям Уайта Г., Матера Дж., Котлякова В.М. и Сдасюка Г.В. был выполнен совместный проект и опубликована в 1991 г. на английском и русском языках монография «Меняющийся мир: географический подход к изучению».

В 1996 г., под редакцией Январевой Л.Ф., была издана карта «Эколого-географической карты России» (масштаб 1:4000000). На ней впервые показаны главные антропогенные воздействия на природные ландшафты страны, отображены их природно-антропогенные и антропогенные модификации и загрязнение природных сред. Методологические аспекты компьютерного геоэкологического картографирования раскрыты в работах Берлянта А.М., Книжникова Ю.Ф., Кошкарева А.В., Линника В.Г., Лютого А.А., Тикунова В.С [66;264].

Для решения проблемы оценки антропогенной преобразованности и рационального соотношения угодий Кочуровым Б. И. разработана концепция эколого-хозяйственного баланса. Определение баланса состоит из нескольких характеристик: абсолютной и относительной экологической напряженности, земли экологического фонда и естественной защищенности [122; 175; 226].

В конце XX в. – начале XXI в. ВНИАЛМИ (Всероссийский научно-исследовательский институт) совместно с учеными и специалистами регионов в рамках программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) разработали субрегиональную национальную программу действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО) для 10 регионов страны, которые были разделены на субрегионы по природно-климатическим условиям. Так, например, в НПДБО для Юго-Востока Европейской части и Северного Кавказа Российской Федерации (Ростовская область и Ставропольский край) приводится описание природных условий и ресурсов, социально-экономические условия, рассмотрены вопросы о процессах опустынивания на данных территориях и приводится программа действий по борьбе с опустыниванием, которая была направлена на оптимизацию природопользования. Все работы осуществлялись под руководством Павловского Е. С. и Кулика К. Н [223]. В 2008 г. научно-исследовательским институтом разработана «Стратегия защитного

лесоразведения в РФ на период до 2020 г.». В ней указывается, что на территории страны около 2 млн. га составляют пески и овраги, на которых необходимо восстанавливать лесонасаждения, а также провести санитарные мероприятия и реконструкции [141].

В 2000-х гг. существенно возросла горимость сосновых лесонасаждений и увеличилась площадь горельников. В связи с этим, учеными Южно-европейской НИЛОС, детально исследованы особенности возникновения и распространения лесных пожаров, разработаны профилактика и меры борьбы с ними. Под руководством Чеплянского И. Я. разработаны научно-методические подходы, нормативы по расчистке горельников и технология создания лесных культур на гарях [243; 244].

На современном этапе исторического развития продолжается изучение физико-географических условий песков Среднего Дона, получило дальнейшее развитие решения вопроса о взаимодействии человека с окружающим миром и рационального природопользования. На основе данных исследований получило дальнейшую разработку и совершенствование нормативы и методы по выращиванию древесных лесонасаждений.

Активным изучением песков занимаются сотрудники ФНЦ агроэкологии РАН (бывший ВНИАЛМИ). Так, в своих работах Кулик К. Н., Кулик А. К., Манаенков А. С., Салугин А. Н., Власенко М. В. продолжают исследовать водный режим песчаных почв, формирование грунтовых вод, типы водного режима, растительный покров на песках, лесорастительные условия, мелиорацию песчаных земель, решать проблему борьбы с опустыниванием в аридных, субаридных и сухих субгумидных регионах, а также заниматься развитием моделирования устойчивости экосистем, процессов испарения и передвижения влаги в почве, в том числе с применением нейронных сетей [52; 53; 131; 132; 136, 139; 151; 152; 203; 204]. На базе научного центра 17 июля 2021 г. создан Центр по борьбе с опустыниванием территорий. Сотрудниками Центра подготовлены и изданы «Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ Российской Федерации инновационными, экологически безопасными, ресурсосберегающими технологиями». Также начата разработка системы мероприятий по борьбе с деградацией и опустыниванием сельскохозяйственных земель,

моделирование восстановления продуктивности сельхозугодий путем их фитомелиоративной реконструкции [32].

В 2023 г. совместно с Центром по борьбе с опустыниванием территорий и Центром по защите и восстановлению малых рек и водоемов разработаны методические указания для реализации Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием, в рамках осуществления Важнейшего инновационного проекта государственного значения «Опустынивание». К 2024 г. Южно-европейская НИЛОС при сотрудничестве с ФНЦ агроэкологии РАН, под руководством Кулика К. Н. и Турчина Т. Я., подготовили «Национальную программу действий по борьбе с опустыниванием Ростовская область». В данной работе изложены полные физико-географические и социально-экономические данные по области, рассмотрены 8 тестовых полигонов, которые являются эталоном разного вида деградации территории, составлены карта-схемы с актуальной информацией по водной эрозии, процессам дефляции, засоления, аридности климата, а также составлены мероприятия по оптимизации природопользования и мероприятий для восстановления продуктивности земель [230].

В последние годы исследования лесонасаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) направлены на установление причин гибели культур на гарях и других местоположениях, определение критериев лесопригодности почв и разработку рекомендаций по проектированию и технологиям создания лесных культур на песках и песчаных землях. Оценкой состояния степной растительности и влияние песчаного массива на опреснение вод рек занимаются Макушкин П.И., Макушкина И.П., анализом современного состояния аренных дубняков на песках Среднего Дона –Турчин Т. Я. и Турчина Т. А. Вопросы оценки состояния государственных лесных полос, а также борьбы с вредителями и болезнями древесных лесонасаждений, приживаемости сосны на песчаных почвах в Европейской части России изучают Банникова О.А., Ребриев Ю. А., Пичуева Г.В., Калинина Н. В., Ермолова А.С [151; 229-232].

Активную работу в Ростовской области по изучению экологического состояния, природно-климатических условий, химических процессов, в том числе и на территории песчаных массивов, разработке новых методов исследований и применению их на

практике занимаются ученые Южного федерального университета и Южного научного центра РАН. Вопросы ландшафтной структуры, антропогенной нагрузки, экзогенных процессов на берегах рек и морей рассматриваются в работах Беспаловой Л. А. Также под ее руководством развивается применение беспилотных летательных аппаратов для оценки экологического состояния местности и опубликовано учебное пособие «Полевые гидролого-географические исследования озер и подземных вод» [36; 37; 215]. Важные вопросы геоэкологической оценке особо охраняемых природных территорий, мониторинге экологической обстановки, проблемах природопользования описаны в статьях Ивлиевой О. В [103-105].

Так, в 2022 г. Иванченко А. М. на базе Южного федерального университета была защищена диссертация, посвященная теме геоэкологической оценки современного состояния Ростовской области.

Основные темы работ Федорова Ю. А. затрагивают области эмиссии, содержания и распределения химических веществ воды и почвы, перемещением органического и минерального вещества в водных объектах, экологического состояния донных объектов, исследования морфометрии и морфологии рек [233-235]. В 2023 г. Трубник Р. Г. в соавторстве с Федоровым Ю. А. публикует монографию «Оценка экологического состояния донных отложений водных объектов юга России по триаде химико-биологических показателей» [227]. Решетняк О. С. исследует гидрологические объекты на предмет изменчивости состояния экосистем, антропогенной нагрузки, содержания микроэлементов, гидрохимического стока [194-196]. В трудах Закруткина В. Е. освещается изучение применения ГИС-технологий для оценки состояния гидрологических объектов, анализа гидроэкологической ситуации, химического состава в реках, динамики деградации земель в Ростовской области. В 2000 г. под его руководством издан «Экологический атлас Ростовской области» в котором представлен ряд карт позволяющие оценить экологическое состояние региона по различным видам нагрузки и загрязнения [94; 95], а в 2021 г. издано учебное пособие «Геохимия» [91-93]. Бердников С. В. занимается разработкой региональных компьютерных моделей для оценки сценариев развития и оптимизации природопользования, программ для дешифрирования спутниковых снимков и

картирования зон высокопродуктивных и мутных вод, геоинформационного моделирования наземных экосистем юга России, совместно с Беспаловой Л. А. опубликовывал «Практикум по гидрологии постановка и проведение наблюдений на реках», где рассматривает вопросы аквакультуры в южной части РФ, а также региональной оценки водной эрозии почв с применением математической модели [33; 34; 38]. Исследованиями гидрохимического состава подземных вод, влияния современных климатических изменений и, связанных с этим, проблемами водных транспортных путей, динамикой изменения гидрорежима р. Дон, опасных природных явлений степной зоны аридного климата, и разработкой программы для визуализации данных, получаемых в режиме реального времени с гидрометеопостов занимается Академик РАН Матишов Г. Г. [156-158].

Актуальными вопросами почвоведения и изучение почв представлено в работах Безугловой О. С. и Жумбея А. И. В них рассматриваются вопросы химического состава, изменения почв под влиянием природных и антропогенных процессов, диагностики процессов опустынивания с использованием спутниковых снимков, влияния удобрений на количество урожая сельскохозяйственных культур, разработана база данных «Физические и химические свойства почв ООПТ «Кундрюченские пески» (Усть-Донецкий район Ростовской области), описаны процессы эрозии песков, а также результаты опубликованы в Национальном докладе «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения борьбы, ликвидация последствий и адаптивные меры (сельское и лесное хозяйство)» [25; 27; 87-90; 162; 207; 208]. Под авторством Безугловой О. С. В 2024 г. было издано учебное пособие «Экобиомониторинг почв», где рассматриваются вопросы виды деградации почв, виды и методы экологического мониторинга и способы нормирования качества почв [26; 28]. Оценкой экотоксичности фитотоксичности, изменением биологических показателей, почв, в том числе темногумусовых супесчаных, занимается Казеев К. Ш [35; 82; 211]. Его исследования затрагивают изменение биологической активности, экологических особенностей и содержания органического вещества в песчаных почвах при пожаре. Также изучение почв широко раскрыто в работах Колесникова С. И. В них представлена информация о серопесках, поведение растений в зависимости от

содержания того или иного вещества (металлами и неметаллами) в почве, устойчивости к загрязнению, химическому составу. Он является автором нескольких учебных пособий по экологии, общей биологии, учения о биосфере, основ промышленной экологии, экологических основ природопользования [41; 83; 114]. Минкина Т. М. изучает физико-химический и элементный состав почв, их экологическую характеристику, способы расчета накопленного загрязнения, индикаторы загрязнения [161-163].

Выводы

Исторический обзор хозяйственного освоения и научных исследований песчаных массивов Среднего Дона показал, что с началом ведения хозяйства на данной территории начали активно развиваться процессы дефляции, что привело к появлению открытых песков и сделало земли непригодными для дальнейшего использования. Основными направлениями научных исследований являлись оценка лесорастительных условий песков, почвы, флора, климат, методы закрепления песков с помощью облесения и фитомелиорации, рационализация природопользования. В настоящее время, на основе применения методов дистанционного зондирования Земли, появилась необходимость детальнее проанализировать процессы опустынивания. в том числе и с позиции антропогенной нагрузки. Для решения данного вопроса применяется расчет индекса измененности ландшафта и эколого-хозяйственного баланса территории.

ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЗАНСКО-ВЕШЕНСКОГО ПЕСЧАНОГО МАССИВА

Человек в процессе своей деятельности сильно преобразует природную среду, изменяя или уничтожая экосистемы и создавая на их месте природно-территориальные системы, которые функционируют по заданным законам. В геоэкологии антропогенная деятельность рассматривается в социально-экономической, техногенных средах и формируемых ими геосистемах, что связывает экологию с природной и социально-экономической сферами. Поскольку границы между социально-экономической составляющей и экологией четко не обозначены, то применяемый географический (территориальный) подход позволяет в дальнейшем дать геоэкологическую оценку состояния территории [85; 121; 122; 190].

Антропогенная деятельность определяется взаимосвязью предприятий, населенных пунктов с внешними объектами, имеющими экономическое значение для них. Это также отношение объекта (города, района, страны) к внешним факторам, обладающим экономической значимостью [17].

Для описания природных факторов, влияющих на формирование ландшафта и его изменение в результате антропогенной деятельности, проводят физико-географический анализ местности. Данная характеристика представляет собой описание и анализ основных естественных физико-географических условий, сформировавшихся в зависимости от расположения участка исследования по географической долготе, широте и относительно соседних регионов. Сформировавшиеся природные факторы напрямую определяют специфику сельскохозяйственной деятельности, наличие природных ресурсов для добычи и т. д., что влияет на характер развития экономики и общества в регионе [66; 191].

2.1. Географическое положение

Песчаный массив площадью 119 тыс. га расположен на надпойменных террасах р. Дон южной оконечности Калачской возвышенности [133]. С севера на юг он протянулся на 46 км между $49^{\circ}34'26,03''$ с. ш. $41^{\circ}28'10,16''$ в. д. и $49^{\circ}34'26,03''$ с. ш. $41^{\circ}20'15,05''$ в. д., с запада на восток на 70 км $49^{\circ}45'31,83''$ с. ш. $41^{\circ}13'31,83''$ в. д. и $49^{\circ}40'23,73''$ с. ш. $42^{\circ}11'06,16''$ в. д.) с координатами центра: $49^{\circ}40'22,98''$ с. ш. $41^{\circ}41'18,58''$ в. д.).

С юга массив ограничен р. Дон, с запада – р. Песковатка, с севера коренным берегом р. Дон, с востока – административной границей Ростовской и Волгоградской областей (рисунок 2.1).

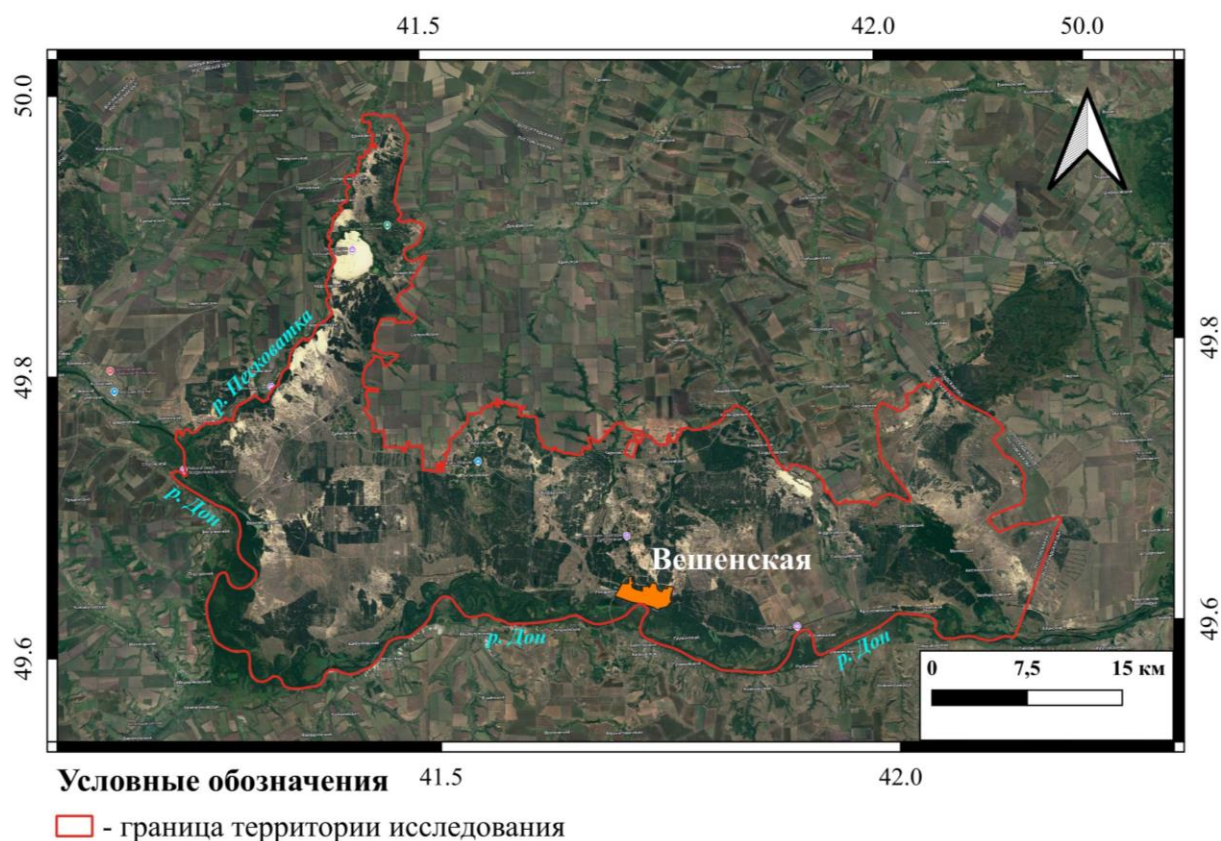


Рисунок 2.1 – Казанско-Вешенский песчаный массив (М 1:400000)

2.2. Общие сведения

Плотность населения на массиве распределена неравномерно. Характерно полное отсутствие городов или поселков городского типа. Населенные пункты представлены станицами и хуторами. В основном они расположены там, где присутствует доступ к воде: в поймах крупных и малых рек или лесных колках с близким залеганием грунтовых вод [215; 251] (рисунок 2.2).



□ - граница территории исследования — — — граница муниципальных районов ■ - населенные пункты

1 - ст. Еланская; 2 - х. Безбородовский; 3 - х. Антоновский; 4 - х. Моховской; 5 - х. Грязновский; 6 - х. Андроповский; 7 - х. Солонцовский; 8 - х. Краснояровский; 9 - х. Лебяженский; 10 - х. Алимовский; 11 - х. Колундаевский; 12 - х. Гороховский; 13 - х. Черновский; 14 - ст. Вешенская; 15 х. Пигаревский; 16 - х. Дубровский; 17 - х. Антиповский; 18 - х. Зубковский; 19 - х. Щебуняевский; 20 - х. Верхнечирский; 21 - х. Дубровский; 22 - х. Морозовский; 23 - х. Быковский; 24 - х. Гребенниковский

Рисунок 2.2 – Карта-схема административно-территориального устройства Казанско-Вешенского песчаного массива (М 1:350000)

Всего на территории исследования расположено 24 населенных пункта: 19 из них в Шолоховском районе, 5 – в Верхнедонском (приложение А). При поиске информации по численности населения по всем поселениям удалось найти

достоверные данные лишь на 1 января 2010 г. Это связано с тем, что в переписи 2020 г. населенные пункты объединены в сельские поселения. Соответственно данные по численности проживающих именно на песчаном массиве получаются недостоверные, т. к. из состава сельского поселения на территории песков может находиться лишь один населенный пункт [57].

Подавляющее большинство жителей проживает на территории Шолоховского района в ст. Вешенская (9137 чел.). Характерной чертой является то, что это единственный населенный пункт, где проживает больше 1000 человек. Объясняется это историческим развитием и наиболее благоприятными условиями для жизни населения возле р. Дон, а также транспортной доступностью с более развитой инфраструктурой относительно других поселений. В таких хуторах Шолоховского района как Андроповский, Колундаевский, Гороховский, Пигаревский, Дубровский, Антиповский и Зубковский проживает от 236 до 838 чел. При этом х. Грязновский, х. Антоновский, х. Безбородовский и х. Щербуняевский находятся на грани исчезновения т. к. в них численность населения варьируется от 2 до 20 чел. Из населенных пунктов Верхнедонского района самыми крупными, с населением более 400 чел., являются хутора Быковский и Верхнечирский.

В процентном соотношении по количеству жителей между Шолоховским и Верхнедонским районами большая разница. В первом проживает 91,88% всего населения песчаного массива в пределах исследуемой территории, а во втором – 8,12%. В ст. Вешенская расположено 62,94% населения, в остальных населенных пунктах этот показатель не превышает 5%.

Исследуемая территория расположена на границе двух административных районов Ростовской области, которые соприкасаются с Волгоградской областью на востоке и северо-востоке, а также с Воронежской областью на западе и северо-западе. На юге она граничит с административными районами Ростовской области – Боковским и Чертковским.

На территории массива расположен административный центр Шолоховского района – ст. Вешенская, а в 7 км от границы территории исследования ст. Казанская, которая является административным центром Верхнедонского района. Расстояние до

крупных городов – областных центров – г. Ростов-на-Дону 360 км, Волгоград – 330 км, Воронеж – 550 км.

Через массив не проходит ни одна федеральная трасса, полностью отсутствует железнодорожное сообщение, присутствуют дороги регионального значения, например, трасса Казанская-Вешенская, Вешенская-Миллерово, Вешенская-Обливская, Вешенская-Кумылженская. Ближайшая федеральная трасса М-4 «Дон» проходит в 50 км, а, следовательно, основной поток грузоперевозок и пассажироперевозок направляется в обход массива.

На участке р. Дон, где расположен песчаный массив, отсутствует крупное судоходство, нет портов, т. к. в этой части нет торговых маршрутов из-за недостаточной глубины реки. Все перевозки груза с Каспия уходят на Волго-Донской канал.

Объект исследования расположен вдали от основных промышленных центров Ростовской области, т. к. основное их сосредоточение – это крупные города на юге области. Самый ближайший крупный центр расположен в г. Миллерово, где сосредоточено производство резинотехнических изделий, лакокрасочных материалов и резиновой обуви (приложение Б) [19].

На территории песчаного массива главным ресурсом из полезных ископаемых является кварцевый песок, который можно использовать в производстве или строительстве. Но особенности расположения от промышленных центров и транспортно-географическое расположение местности ведет к образованию большой добавочной стоимости к продукту, что не способствует развитию добывающей промышленности. Основным экономическим видом деятельности является сельское хозяйство, состоящее из мясомолочного скотоводства и полеводства, основным направлением которого является выращивание озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), подсолнечника (*Helianthus* L.), озимой ржи (*Ecale cereale* L.), яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), ячменя (*Hordeum vulgare* L.), просо (*Panicum* L.), а также зернобобовых и кормовых культур, [61].

2.3. Геология

Долина р. Дон врезана в четвертичные, неогеновые, палеогеновые, меловые и каменноугольные породы. У ст. Казанской известняки карбона расположены на уровне русла реки. Возле ст. Вешенской они находятся на глубине 100 м под уровнем р. Дон, а гранитный фундамент залегает на глубине 580 м (рисунок 2.3) [71].

В отложениях кайнозойского периода часто встречаются белые и ржавые по цвету пески, иногда сцементированные в песчаники. Эти коренные пески находятся на некоторых высоких водоразделах и склонах, иногда образуя небольшие дюны. Однако значительная часть этих песков смыта с водоразделов, включая пески меловой системы. Они приняли участие в формировании террасовых песчаных накоплений в долине р. Дон в четвертичный период [71].

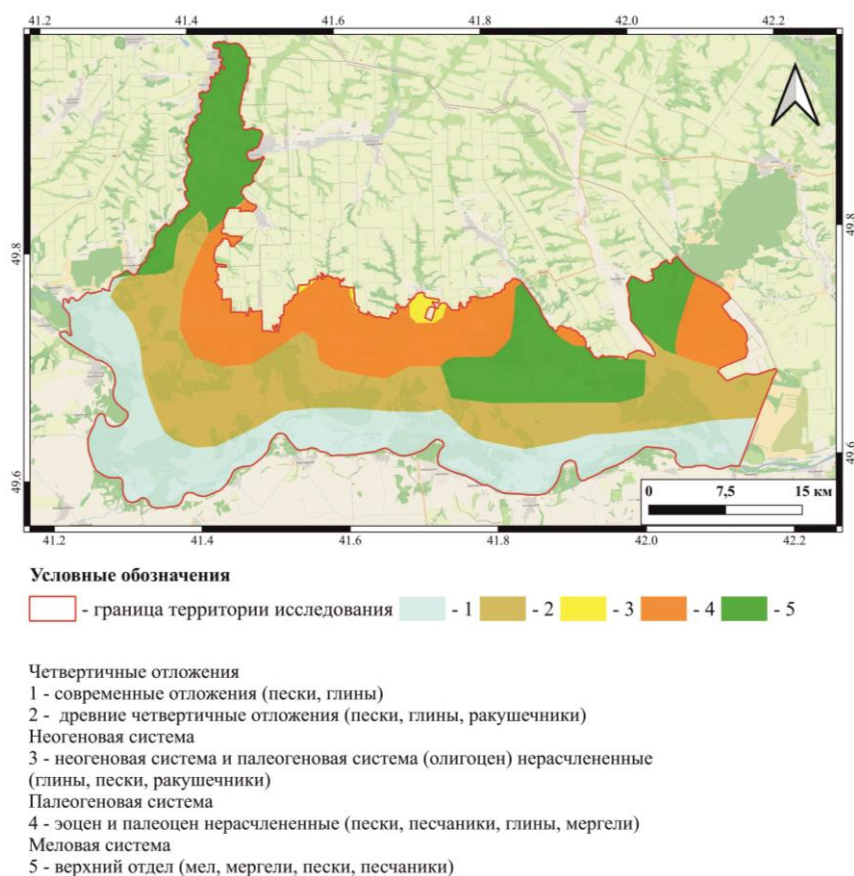


Рисунок 2.3 – Геологическая карта-схема Казанско-Вешенского песчаного массива (М 1:400000) [263]

В составе террасовых песков присутствует небольшое количество полевого шпата, слюды, апатитов, фосфатов, глауконита, роговой обманки, циркона, содержащих как макроэлементы для питания растений, так и микроэлементы. Отсутствие разнообразия минерального состава данных песков обусловлено их происхождением. В периоды кайнозоя и мезозоя пески претерпели значительный гипергенез под влиянием влажного и теплого субтропического климата [59].

История образования и развития песчаного массива. По данным Соловьева Б. Л. (1970) в нижне-миоценовое время (примерно 23-16 млн. лет назад), при длительно стабильном базисе эрозии на отметках 185-193 м, сформировалась поверхность выравнивания. В верхнем плиоцене (примерно 3,6 млн. лет назад) она была погребена толщей красных скифских глин с крупными конкрециями и слоями карбонатов. Последовавшее затем снижение базиса эрозии вызвало глубокие размывы плиоценовых глин и подстилающих их эоценовых песков. Палеодон в этот геологический период протекал восточнее Калачской возвышенности. Затем, последовавший вновь стабильный период базиса эрозии сформировалась новая скульптурно-структурная поверхность [242].

В Днепровскую эпоху максимального оледенения Русской равнины, когда Донской язык ледника доходил до устья р. Медведица, произошло значительное понижение базиса эрозии и долина р. Дон врезалась до уровня цоколя III-ей надпойменной террасы. В это время русло р. Дон переместилось к западу от Калачской возвышенности в долину правого его притоков. При этом произошло образование приледникового озера и накопление аллювия нижних горизонтов III-ей террасы. Верхние горизонты накапливались в одинцовское межледниковое время, когда донской язык ледника растаял. Региональные геологи выделили два комплекса аллювия: внизу преобладают пески, а вверху – глины. На водоразделе накапливались покровные желто-бурые суглинки в условиях сухого континентального климата [64].

Понижение морского базиса эрозии, совпавшее с Московским оледенением, привело к врезанию русла р. Дон в рыхлые отложения III-ей террасы и меловые породы. На водоразделе накапливался следующий горизонт суглинков. Образовалась

II-ая надпойменная терраса у ст. Казанская. Ее аллювий состоит из трех комплексов, сменяющих друг друга сверху вниз – песков, супесей, песков [200].

Дальнейшее снижение базиса эрозии в стадию глубокой морской регрессии, характерного для Калининского оледенения, что вызвало врез р. Дон в отложения II-й террасы и коренные породы, а затем накопления аллювия I-й надпойменной террасы. Все это происходило в молодого-шексинское межледниковье и эпоху Карагатской морской трансгрессии. В базисном слое содержится черный кремний и серый карбонатный известняк, а выше – пески с прослоями суглинка [144].

Отложения I-й террасы формировались в эпоху, предшествовавшую осташковскому оледенению, от которого остались следы в виде «ледяных клиньев». При последующем понижении базиса эрозии и последнему оледенению сформировался уступ террасы, а на водоразделах – накопление верхнего слоя покровных суглинков [150].

Пойма является голоценовым послеледниковым образованием (около 10 тыс. лет назад) и имеет две ступени – более древнюю (высокую) и более молодую (низкую). Песчаный аллювий высокой поймы заполняет глубокий врез реки в коренные породы, который произошел в конце последней ледниковой эпохи. Внизу поймы – аллювий грубый песчаный с гравием, выше мелкопесчаный, а в самом верху – иловато-суглинистый [106].

Формирование террас массива связано с чередованием эрозионных и аккумулятивных фаз, вызванных сменой климатических условий в ледниковые и межледниковые периоды. Фазы эрозии сопровождались врезанием р. Дон в коренные породы, вследствие чего происходило постоянное углубление его долины [240].

Песчаный чехол, прикрывающий склон к водоразделу, по версии Польшова Б. Б. (1934), образовался в результате водных отложений на ранних этапах врезания долины и накопления песчаного аллювия [188]. Геологи Лисицын К. И. (1914), Грищенко М. Н. (1971), Краснов И. И., Васильев Ю. М. (1969) считают, что пески надвинуты ветром с нижних террас в конце ледниковых фаз плейстоцена, особенно в конце осташковского оледенения и в начале голоцена (пустынно-степную фазу), когда эоловые процессы по своей интенсивности достигли максимума. За

тысячелетия на песчаном плаще сформировались почвы [59]. Лисицын К. И. в своих работах описывает, что грядово-бугристые древнеэоловые пески плаща резко обрываются в супесчано-суглинистую степную равнину [147].

Происхождение песчаного чехла (с супесчаными почвами на нем) может быть эоловым, водным и смешанным. В последнем случае навейный снизу песок перекрывается прослоями делювиальных суглинков с водоразделов [188].

2.4. Рельеф

Рельеф включает информацию о высоте, расположении малых и крупных рек, количества надпойменных террас и других особенностях местности, которые влияют на распределение водных ресурсов, мезо- и микроклиматические показатели, почвенный покров и определяет возможности использования земельных угодий под различное хозяйственное назначение [250].

Поверхность песчаных террас представлена древним рельефом, формирование которого проходило под действием разных факторов [59]:

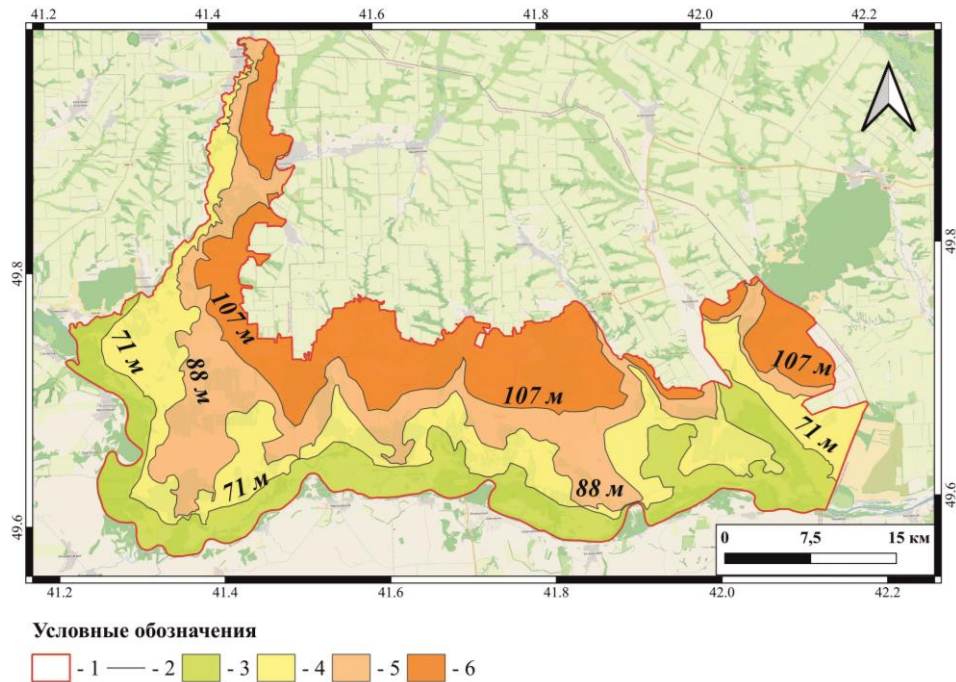
- 1) аккумулятивной и эрозионной деятельности воды и ветра;
- 2) криогенных процессов, связанных с солификацией и таянием глыб льда;
- 3) карстовых явлений в меловом цоколе песчаных террас;
- 4) разрушение форм рельефа копытами диких и домашних животных и разрушительной деятельностью человека, вырубавшего леса и распахавшего неустойчивые к ветровой эрозии легкие почвы.

На основе спутниковых снимков SRTM (квадрат N49) в QGIS составлена карта-схема расположения надпойменных террас (рисунок 2.4). За отметку высоты местности принята Балтийская система. Общий перепад высот в пределах массива составляет 145 м, минимальное значение 50 м, а ближе к водоразделу – 195 м.

Пойма р. Дон и его притоков расположены на высоте от 50 до 71 м. Первая надпойменная терраса занимает площадь 31766 га и находится в границах высот от 71 до 88 м; вторая, площадью 28798 га, между отметками 88-107 м; третья – 31810 га, начинается со 107 м. При анализе карта-схемы установлено, что пойма не занимает всю северную и западную части песчаного массива. В Верхнедонском районе наблюдаются уступы первой надпойменной террасы возле р. Песковатка, а возле Лебяжего крутояра (Шолоховский район) – уступы второй террасы.

А. Г. Гаель выделял следующие генетико-морфологические типы мезорельефа на территории песчаного массива [60]:

1. Озерно-аллювиальные равнины – сформировались в плейстоцене в местах, где течение речных вод замедлялось или стояло. В этих условиях оседали глинисто-песчаные отложения, что приводило к образованию широких равнин с волнистым рельефом. По мере отступления воды эти отложения быстро покрывались травянистой растительностью, формируя луговые и лугово-степные почвы.



1- граница территории исследования; 2 - изолинии высот; 3 - пойма р. Дон и его притоков;
4 - первая надпойменная терраса; 5 - вторая надпойменная терраса; 6 - третья надпойменная терраса

Рисунок 2.4 – Карта-схема надпойменных террас Казанско-Вешенского песчаного массива (М 1:400000)

2. Конусы выноса от балок и мелких рек – начинались на водоразделах и выносились на надпойменные террасы, а также заполняли поймы блуждающих рек. Главным образом преобладали суглинистые отложения, однако среди них сохранялись остатки песчаного рельефа. Мезорельеф был неоднородным как по форме, так и по происхождению. В некоторых местах в долинах мелких рек можно было встретить карстовые воронки.

3. Увалистые гривисто-ложбинные аккумулятивно-эрозионные равнины – относятся к надпойменным террасам р. Дон и ее притоков. Пески, образующие террасы, содержали примеси крупнозернистого песка, что характерно для прирусловых отложений. Глубина расщепления грив составляла 3-7 м, а ширина ложбин между ними колебалась от 50 до 250 м и более.

4. Увалистые грядово- и бугристо-котловинные древнеэоловые пески – участки с увалистыми гривистыми песками, чередующиеся с обширными участками древних эоловых грядовых песков.

5. Грядово-котловинные ответчно-развеваемые пески – характерны для зон с особым аэродинамическим режимом, при котором подвижность песков так велика, что полного их зарастания не происходит даже в самые влажные периоды. [3; 87; 166].

6. Песчаный шлейф – на склоне к водоразделу имеет пологий широковолнистый рельеф и прослой суглинка в толще, а на поверхности плаща сформировались супесчаные черноземовидные почвы. Далее, данные почвы переходят в зональные суглинистые почвы постепенно утяжеляясь [59].

2.5. Климат

Ростовская область характеризуется благоприятным умеренно-континентальным климатом. Континентальность нарастает с запада на восток. В восточных районах зима холоднее, а лето жарче, чем в западных. Температура

воздуха имеет ярко выраженный годовой ход. Годовая амплитуда составляет от 70 до 80°C. Продолжительность теплого периода ($>0^{\circ}\text{C}$) составляет 230-260 дней. Безморозный период длится от 160-170 дней на севере до 180-190 дней на юге области. Годовое количество осадков колеблется от 500 мм на западе и юго-западе до 340-360 мм в юго-восточных районах [2].

Осень наступает в конце второй или в начале третьей декады сентября. В начале стоит сухая и теплая погода, затем число пасмурных дней возрастает. В середине октября наблюдается устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$, характерны первые заморозки. В середине первой декады ноября температура воздуха становится ниже $+5^{\circ}\text{C}$ и в конце месяца происходит устойчивый переход к отрицательным температурам.

Зима наступает в начале первой декады декабря. Она носит неустойчивый характер. Самым холодным месяцем является январь. Суточный ход температуры выражен слабо. Резкие похолодания сменяются частыми оттепелями, что сказывается на снежном покрове, который редко бывает устойчивым. Преобладают ветры восточного направления со скоростью, в среднем 5-7 м/с, что вызывает метели. С конца февраля наблюдается повышение температуры и в первой декаде марта исчезает устойчивый снежный покров.

Весна наступает в начале второй декады марта и может занимать очень кратковременный период. В середине марта средняя суточная температура воздуха устойчиво превышает 0°C . Во второй половине марта происходит окончательный сход снежного покрова, а температура воздуха быстро нарастает.

Лето наступает во второй декаде мая. Оно характеризуется как жаркое и сухое. Самым теплым месяцем является июль. Период со среднесуточной температурой воздуха выше $+20^{\circ}\text{C}$ длится 60-85 дней. Осадки кратковременные и носят в основном ливневый характер [127].

Исследователи, занимающиеся вопросами прогноза климатических изменений, указали, что в 2020 г. средняя температура воздуха на большей части Ростовской области достигла отметки $+11,5^{\circ}\text{C}$, а к 2040 г., согласно прогнозу, достигнет $+14-15^{\circ}\text{C}$ [154].

Согласно литературным источникам (Кулик (2018); Гаель (1999); Стригунов (2013); Ивлиева (2000)), по климатическому районированию песчаный массив принадлежит Донецко-Донскому району степного климата с неустойчивой зимой и умеренно-засушливым летом. Годовой радиационный баланс положительный. Его максимум приходится на июнь-июль, а минимум – на декабрь-январь. В зимнее и летнее время года на территории преобладают умеренно-континентальные воздушные массы. Амплитуда температуры воздуха ярко выражена в течение года. Средняя годовая температура составляет $+6,9^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков – 444 мм. Летом преобладают влажные ветры западного направления, но возможны сухие ветры восточного и северо-восточного направлений, вызывающие засухи и суховеи. В зимнее время года – восточного из-за Сибирского антициклона, но если, из-за его ослабления, проникают ветры западного направления, то возможны оттепели [59; 105; 136; 222].

В связи с актуальной проблемой глобального изменения климата появилась острая необходимость актуализировать данные, т. к. климатическая характеристика важна для прогнозирования возможных изменений в будущем, понимания того, как может измениться хозяйственная деятельность человека, какие растения и животные могут существовать в данном регионе. Источниками для описания основных показателей, характеризующих климат, послужили архивы погоды с 1966 г. [257-259], а также материалы авторской базы данных «Климатические показатели для оценки и моделирования фитоэкологических условий и прогноза динамики процессов деградации экосистем с 2012 по 2022 гг.» (приложение В) [211]. При анализе метеорологической информации использовались данные с 6-ти метеорологических станций, расположенных как можно ближе к объекту исследования на территориях Волгоградской, Ростовской и Воронежской областях (таблица 2.1, рисунок 2.5).

Таблица 2.1 – Основные данные по используемым метеостанциям

Название метеостанции	Номер метеостанции	Высота над уровнем моря, м	Координаты местоположения
г. Серафимович	34357	129	49°57' с. ш., 42°73' в. д.
г. Новоаннинский	34254	98	50°53' с. ш., 42°68' в. д.
ст. Казанская	34344	72	49°80' с. ш., 41°15' в. д.
г. Богучар	34336	84	49°93' с. ш., 40°57' в. д.
ст. Боковская	34445	91	49°22' с. ш., 41°83' в. д.
г. Калач	34247	92	50°42' с. ш., 41°05' в. д.

Это было необходимо в целях повышения точности интерполируемых данных. Из них две северные в г. Калач (Воронежская область) и г. Новоаннинский (Волгоградская область), две западные в г. Богучар (Воронежская область) и в ст. Казанская (Ростовская область), одна восточная в г. Серафимович (Волгоградская область) и одна южная в ст. Боковская (Ростовская область) [9].



Условные обозначения

□ - Граница Казанско-Вешенского песчаного массива ● - Метеостанции

Рисунок 2.5 – Местоположение метеостанций (М 1:1100000)

На основе метеорологических архивов получены данные и составлены карты-схемы основных климатических показателей: среднегодовой температуры воздуха и среднегодового количества атмосферных осадков с 1966 по 2022 гг., рассчитан нормализованный индекс аридности (NIA) по метеостанции г. Серафимович и, на основе доступной информации, гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК).

Для визуализации данных на территорию песчаного массива в ГИС-программе QGIS был создан точечный слой «Расположение метеостанций», в таблице атрибутов которого заданы значения среднегодовых климатических показателей: температура воздуха и количество осадков за период с 1966 по 2022 гг.; на их основе рассчитанные NIA. Интерполяция проводилась с использованием метода Кригинга. Выбор данного способа обусловлен тем, что он основан на заданных значениях в каждой точке, анализе статистических отношений между ними и статистических моделях, которые позволяют создавать поверхность прогнозируемых значений на территорию исследования, отражая пространственную корреляцию, что наилучшим образом подходит для анализа климатических показателей при изолинейном картографировании (рисунок 2.6) [71]. Полученное, в результате интерполяции растровое изображение классифицировалось как в зависимости от полученных значений, так и опираясь на авторские классификации (например, NIA). Если на изображении присутствовало несколько классов, то дополнительно накладывались изолинии с пограничными значениями.

При анализе многолетней среднегодовой температуры воздуха установлено, что большая часть территории песчаного массива расположена в пределах значения $+8^{\circ}\text{C}$, а около 1/3 его части с востока в диапазоне от $+7,8$ до 8°C . Севернее массива, на территориях Воронежской и Волгоградской областей, незначительно снижается и составляет менее $+7,8^{\circ}\text{C}$. Общая разница в температуре воздуха на рассматриваемой территории составляет менее 1°C . Данный фактор указывает на довольно равномерную структуру ее распределения в пределах песчаного массива.

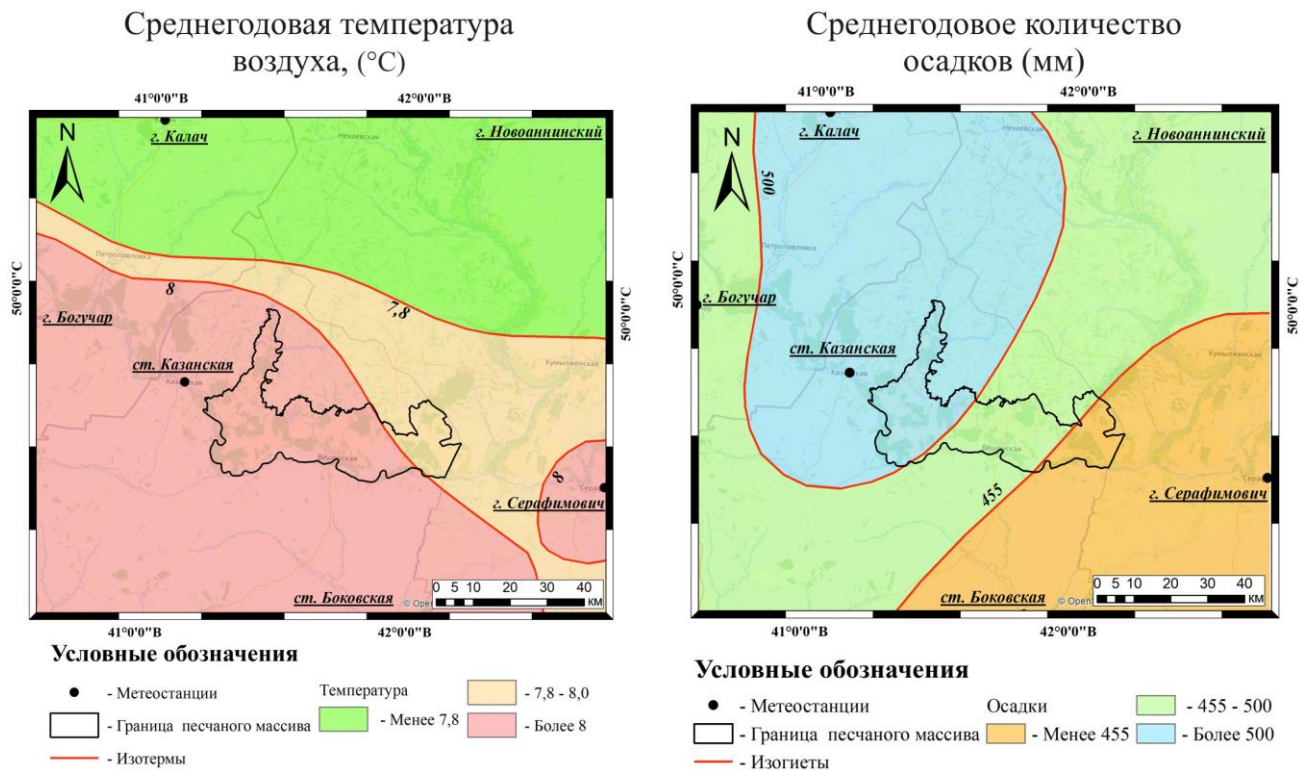


Рисунок 2.6 – Карта-схемы распределения среднегодовых значений температуры воздуха и среднемноголетнего количества осадков на территории песчаного массива с 1966 по 2022 гг. (М 1:1000000)

На основе полученного временного ряда, для дальнейшего анализа климатических изменений, составлена диаграмма, на которой отражена динамика средней, по всем метеостанциям, температуры воздуха и осадков (рисунок 2.7). Такой подход был ранее использован в работе Лурье П. М. (2010) для характеристики региональных особенностей изменения климата Ростовской области [148].

С 1966 по 2022 гг. отчетливо прослеживается тренд на повышение среднегодовой температуры воздуха на 2°C. При этом в интервале с 1966 по 1981 гг. повышение составило всего 0,25°C, а начало резкого роста наблюдается с 1982 г. и по настоящее время. Только за период с 2000 по 2022 гг. среднегодовая температура выросла на 1,5°C, когда с начала рассматриваемого временного интервала по 2006 г. т.е. за 40 лет, она выросла всего на 1°C.

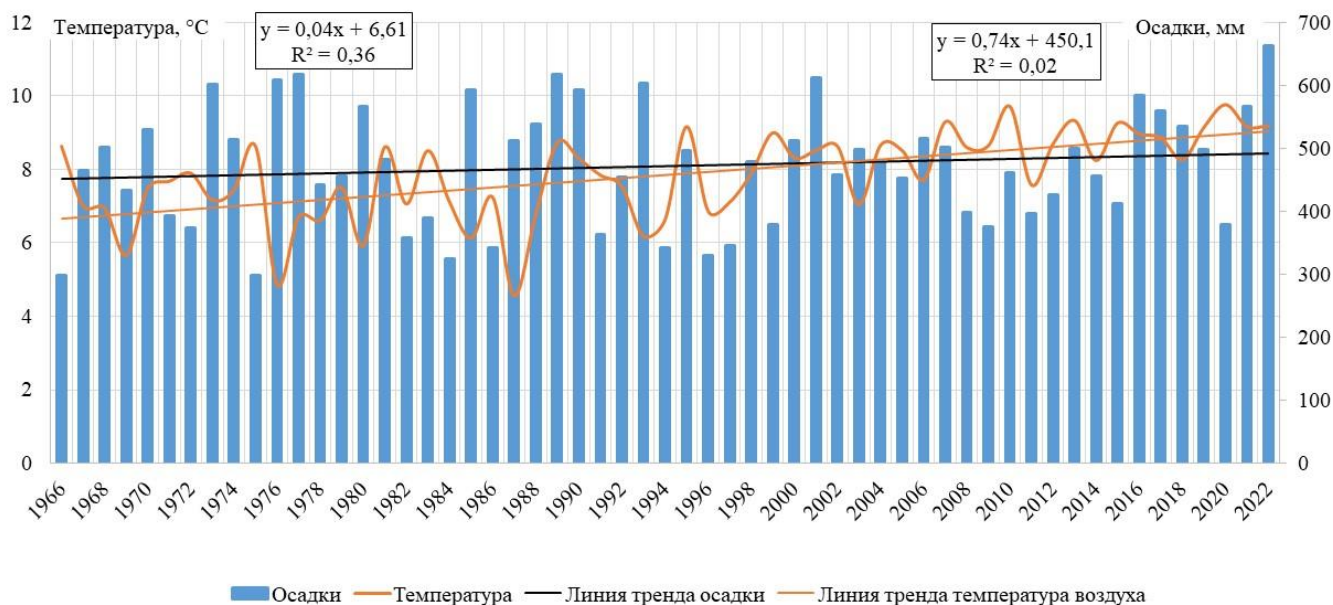


Рисунок 2.7 – Диаграмма многолетней динамики среднегодовой температуры воздуха и сумм годовых атмосферных осадков за период с 1966 по 2022 гг.

Для осадков характерны циклы. Чаще всего они составляют пять-шесть лет. В целом отмечен общий тренд на их повышение. При этом какой-либо прямой связи между динамикой многолетней среднегодовой температуры воздуха и годового количества осадков не наблюдается ($R^2 = 0,01$).

Для подробного анализа многолетних метеорологических данных был проведен статистический анализ временного ряда (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Статистическая обработка данных по среднегодовой температуре воздуха и годовым количествам осадкам с 1966 по 2022 гг.

Показатель	N	Min	Max	m	Me	Q1	Q3	S_m	V
Температура воздуха, °C	57	4,6	9,8	7,8	7,9	7,1	8,7	0,2	0,2
Количество осадков, мм	57	298	663	472	433	392	536	12	0,2

Примечание: N – количество наблюдений, m – среднее значение, Me – медиана, Q1 Q3 – квартили, S_m – стандартная ошибка среднего, V – коэффициент вариации

Из 57 лет наблюдений среднее значение температуры воздуха составило $+7,8^{\circ}\text{C}$. Минимальный показатель был зафиксирован в 1987 г., а максимальный в 2020 г. При этом половина значений, согласно медиане, не превышает $+7,9^{\circ}\text{C}$. При этом 25% всех наблюдений фиксировалась среднегодовая температура ниже $+7,1^{\circ}\text{C}$, а в 75% – от $+7,1$ до $+8,7^{\circ}\text{C}$. Расхождение между средним значением выборки по сравнению со

средним значением генеральной совокупности $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Среднее отклонение значений температуры по всему временному периоду составляет 20%. Среднее значение выпавших осадков за год 472 мм, медиана – 433 мм. Максимальное количество осадков зафиксировано в 2022 г., а минимальное в 1975 г. Согласно квартилям, 75% наблюдений не достигает отметки в 536 мм, а 25% 392 мм. Расхождение среднего выборки со средним генерального ряда составляет ± 12 мм, а стандартное отклонение от основного среднего значения – 20%.

Аридность климата (засушливость климата) – характеристика засушливости климатических условий, связанная с недостаточным атмосферным увлажнением и высокими температурами воздуха [24]. Индекс аридности (IA) рассчитывался по формуле А. С. Мезенцева, который представляет собой выражение годовых сумм осадков и испаряемости, определяемой по сумме среднемесячных положительных температур воздуха теплого периода года [159]:

$$IA = \frac{P}{5,88 \cdot T + 260} \quad (1)$$

где:

P – годовая сумма осадков;

T – сумма среднемесячных температур воздуха за апрель-октябрь.

На основе данного индекса Б. В. Виноградов с соавторами разработал нормализованный индекс аридности [49]:

$$NIA = 1 - IA \quad (2)$$

По показателям NIA им выделены пять природных зон: $>0,7$ – аридная; $0,6-0,7$ – среднеаридная; $0,5-0,6$ – умеренно аридная; $0,4-0,5$ – слабоаридная; $<0,4$ – периодически аридная.

Для анализа динамики NIA составлен график на основе данных метеостанции г. Серафимович с 1966 по 2022 гг. (рисунок 2.7).

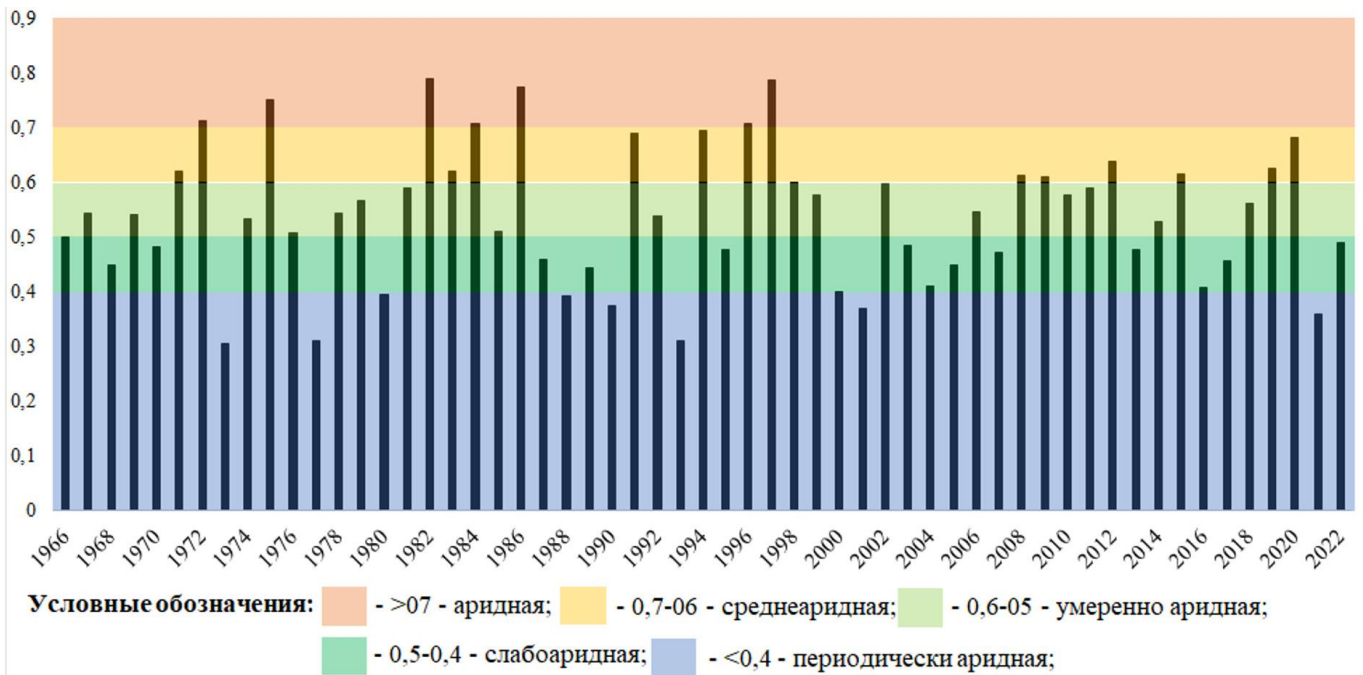


Рисунок 2.7 – Динамика NIA с 1966 по 2022 гг.

Линия тренда показывает, что значения аридности, за рассматриваемые 57 лет остается стабильным, циклично варьируясь от аридной до периодически аридной. Установлено, что наибольшие значения показателя наблюдались в 1982 и 1986 гг., где максимум показателя зафиксирован в районе 0,8, а самые низкие отмечены в 1977 и 1993 гг. (0,3), что демонстрирует прямую взаимосвязь с количеством выпавших осадков, которая подтверждается графиком зависимости индекса аридности и количества выпавших осадков, где коэффициент корреляции имеет значение равное 0,67. Также, как и для анализа временного ряда среднегодовой температуры воздуха и количества осадков, были собраны основные статистические данные по NIA (рисунок 2.8, таблица 2.3).

Среднее значение NIA с 1966 по 2022 гг. в г. Серафимович составило 0,5. Половина значений, согласно медиане, не превышает 0,5. При этом 25% всех наблюдений коэффициент фиксировался менее 0,5, а в 75% – от 0,6 до 0,8. Расхождение между средним значением выборки по сравнению со средним значением генеральной совокупности $\pm 0,02$. Среднее отклонение значений по всему временному периоду составляет 20%.

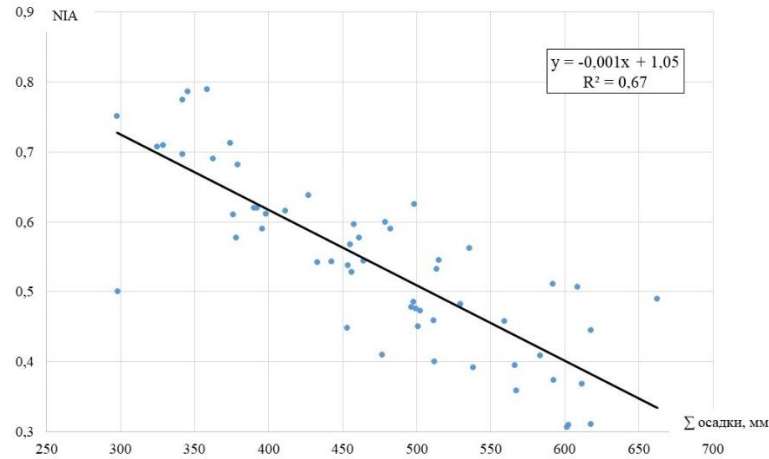


Рисунок 2.8 – зависимость значения NIA от количества выпавших осадков с 1966 по 2022 гг.

Таблица 2.3 – Статистическая обработка данных по NIA с 1966 по 2022 гг.

Показатель	N	Min	Max	m	Me	Q1	Q3	S _m	V
NIA	57	0,3	0,8	0,5	0,5	0,5	0,6	0,02	0,2

Примечание: N – количество наблюдений, m – среднее значение, Me – медиана, Q1 Q3 – квартили, S_m – стандартная ошибка среднего, V – коэффициент вариации

Согласно ранее проведенным исследованиям Безугловой О. С., для территории Ростовской области установлено, что за последние 60 лет наблюдается тенденция в сторону усиления аридизации климата, что выражается в изменениях годовых минимумов температуры приземного слоя воздуха, как и годовых максимумов, выявлена тенденция к их увеличению: общее потепление составило 0,34°C в среднем за год. При этом анализ изменения количества осадков с 1966 по 2009 гг. показал, что наблюдается тенденция к их увеличению [27].

В условиях богарного земледелия продуктивность растений определяется влагой. Гидротермический коэффициент Селянинова характеризует увлажнение в период со среднесуточными температурами воздуха выше +10°C (период вегетации) [213]:

$$\text{ГТК} = \frac{10 \cdot \sum P}{\sum T} \quad (3)$$

где:

P – сумма осадков за период со среднесуточными температурами воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$, мм;

T – сумма среднесуточных температур воздуха за тот же период, $^{\circ}\text{C}$.

По гидротермическим условиям Селяниновым Г. Т. выделено семь природных зон: $>1,6$ – тайга; $1,6-1,3$ – тайга и лиственные леса; $1,3-1,0$ – лесостепь; $1,0-0,7$ – типичная степь; $0,7-0,4$ – степь на южных черноземных и каштановых почвах; $0,4-0,2$ – полупустыня; $<0,2$ – пустыня. Данный показатель представляет общую оценку климата и помогает выделять зоны влагообеспеченности с целью целесообразности выращивания тех или иных сельскохозяйственных культур и определения древесного состава пород для создания искусственных лесонасаждений. Для его расчета были выбраны соответствующие показатели суммы осадков и среднесуточных температур воздуха. В результате определены значения ГТК отдельно за каждый год и среднемноголетнее для каждой метеостанции [3].

По ГТК территория исследования относится к одной природной зоне – типичной степи с показателями степени увлажнения $0,7-0,8$. Это позволяет подобрать видовой состав травянистых растений и деревьев, которые используются для реализации мелиоративных мероприятий в целях замедления процессов дефляции и закрепления песков [202].

Для эффективного ведения хозяйственной деятельности, решения задач сельского и лесного хозяйства учитывают многолетнее преобладающее направление ветров, которые оказывают существенное влияние на климатический режим того или иного региона [214]. Среднемноголетняя скорость ветра на исследуемом участке $3,5-3,6$ м/с. Наиболее высокая скорость отмечается в феврале – до $4,5$ м/с, наименьшая летом – $2,7$ м/с. По среднемноголетней повторяемости роза ветров почти равномерная с незначительным преобладанием восточных (20%) и западных направлений (19%) [99]. Подтверждением этих данных могут служить существующие защитные лесонасаждения на песчаном массиве. Все они посажены в направлении с севера на юг для предотвращения негативных последствий восточных и западных ветров.

При изучении местности и разработке пескоукрепительных работ на территории песчаного массива важно учитывать дефляционноопасный ветер, который вызывает песчаные бури. Таковым считается поток воздуха, скорость которого достигает или превышает порог 10 м/с, т. к. при данном значении частицы песка начинают активно переноситься [9]. Число дней с критически опасными ветрами, согласно литературным данным [61], составляет 71-80, при этом 20% из них могут быть в апреле-мае. Повторяемость дефляционноопасного ветра от года к году разная, в основном это ветра восточного направления.

Проведя анализ климатических показателей можно сделать вывод о том, что среднегодовая температура воздуха на территории песчаного массива в пределах +8°C, при этом в XXI в. наблюдается ее резкий рост. Среднегодовое количество осадков в диапазоне от 400 до 500 мм. Территория относится к слабоаридной зоне, NIA в пределах от 0,4 до 0,5, а по ГТК массив относится к типичной степи. Преобладают ветра восточного и западного направлений.

2.6. Гидрология

Гидрология описывает поверхностные и подземные водные ресурсы, в частности их запас и гидрологический режим, особенно это важно для понимания доступности пресной воды для населения [142; 218].

На территории массива в районе ст. Вешенская отмечено несколько горизонтов подземных вод:

1. На уровне немного выше р. Дон разгружаются в его пойму родники, которые формируются в пределах песчаного массива;
2. В пределах песчаных террас и до водораздела на глубине 1-5 м расположена верховодка;

3. На глубине 22 м ниже уровня р. Дон – в меловых породах выявлены менее минерализованные напорные воды;

4. На уровне 45-50 м над р. Дон разгружаются в средней части балок слабо минерализованные воды;

5. На уровне 125 м выше р. Дон в верхней части балок выходят родники из полтавских пород палеогена;

6. На глубине 425 м ниже уровня р. Дон расположены сильно минерализованные напорные воды.

Малые реки, протекающие через песчаный массив полноводны только весной, летом большинство из них пересыхает. Под их руслами расположен водоток, который разгружается родниками в старицах и русле р. Дон. Нередко подземный сток уходит далеко в сторону от современного русла реки. Но его путь отмечен провальными карстовыми воронками [63].

На большей части территории массива грунтовые воды залегают довольно глубоко от 5 до 10 м и более (рисунок 2.9). При этом частично присутствуют участки с глубиной залегания не более 5 м (поймы рек и конусы выноса балок). При этом массив визуально разделяется на три части. В восточной уровень грунтовых вод от 5 до 10 м, в центральной расположены конусы выноса балок, а в западной представлены все классы вод.

От третьей надпойменной террасы к пойме выделяются следующие зоны стока грунтовых вод [18; 133]:

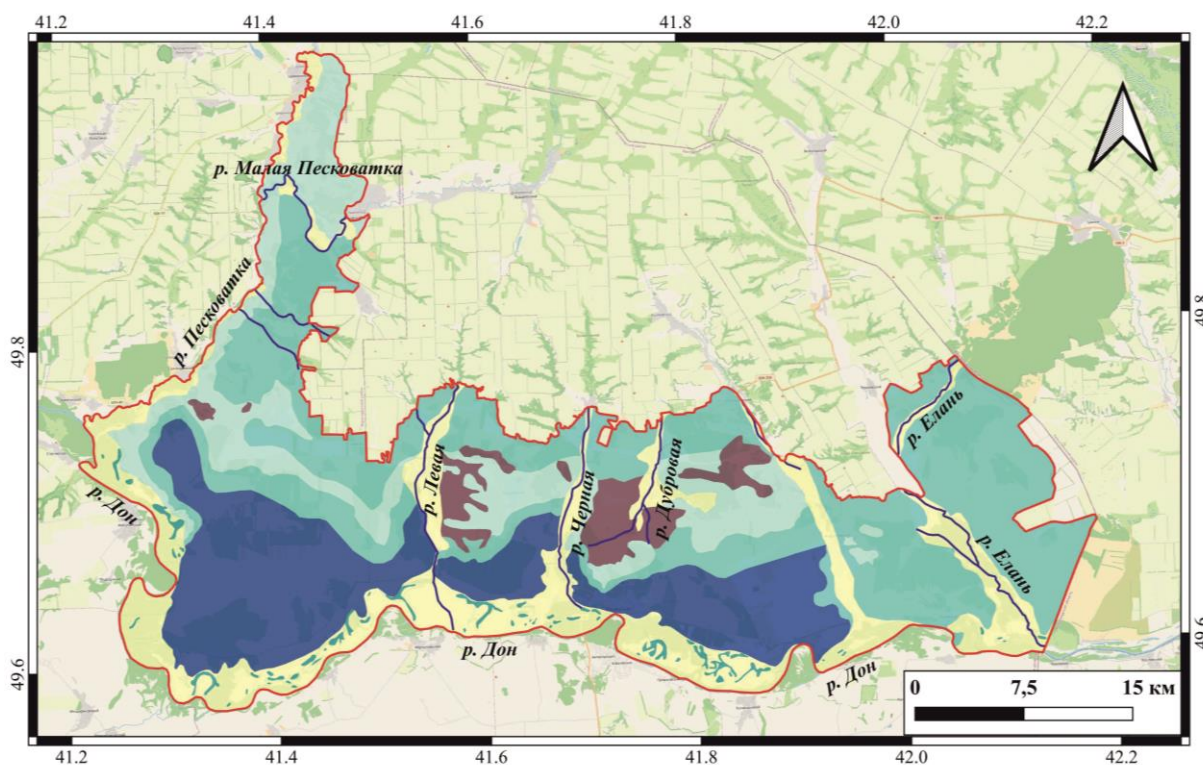
1. Зона инфильтрации вод и формирование грунтового потока – обычно связаны с песчаным чехлом, прикрывающим покровные и делювиальные суглинки;

2. Зона транзита грунтового потока – в сторону более низких террас и дренирующего русла реки;

3. Зона выклинивания грунтового потока;

4. Зона погружения грунтового потока – в толще песчаного аллювия второй террасы;

5. Зона разгрузки потока грунтовых вод – в русле реки.



Условные обозначения

□ - 1 — - 2 ■ - 3 ■ - 4 ■ - 5 ■ - 6 ■ - 7 ■ - 8

1 - граница территории исследования; 2 - малые реки; 3 - озера;
 4 - конусы выноса баллок (1-5 м); 5 - поймы рек (1-5 м); 6 - УГВ менее 5 м;
 7 - УГВ 5-10 м; 8 - УГВ более 10 м

Рисунок 2.9 – Карта-схема залегания грунтовых вод Казанско-Вешенского песчаного массива (М 1:400000) [58; 112; 260]

2.7. Почвенный покров

Почвы анализируются по их составу, структуре и плодородию, что имеет значение для определения возможностей ведения сельского хозяйства, развития растительности и сохранения биологического разнообразия [28].

Объект исследования расположен в зоне распространения черноземных почв. Зональными почвами являются южные черноземы тяжелого гранулометрического состава с мощностью гумусового горизонта А+В до 60 см, содержанием гумуса до 4-

6 % в горизонте А, вскипающие от HCl с глубины 70 см в горизонте В, белоглазка с глубины 100 см в горизонте С, друзы гипса с глубины 100-120 см [248].

Легкие степные почвы песчаного массива азональны. Они резко отличаются от тяжелых южных черноземов по морфологии. Мощность почв на песках в 1,5-2 раза больше чем на суглинках (А+В до 80-120 см), содержание гумуса в 3-4 раза меньше (0,5-1,5%). Легкие почвы выщелочены не только от легкорастворимых солей, но и от карбонатов кальция, не вскипают от HCl. Для них так же характерны железистые горизонты: мощный красно-бурый горизонт В₂ и толстые железистые прослои в супесчаных почвах [59].

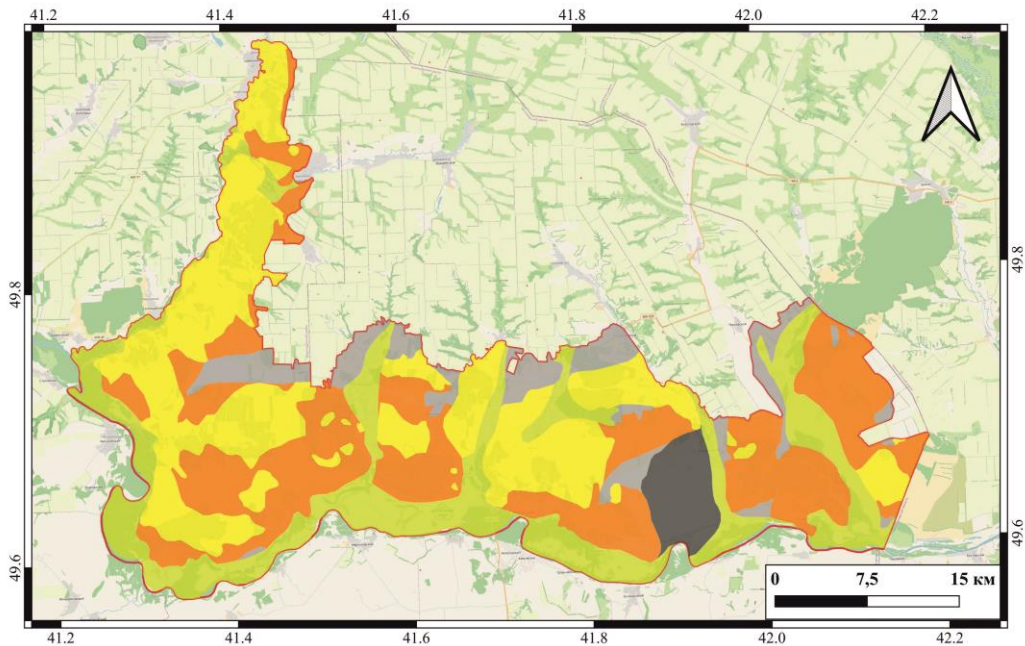
Происхождение и характер материнских пород у тяжелых и легких почв разный. У зональных тяжелых почв водоразделов – это элювиальные, делювиальные или эоловые лессовидные суглинки, у легких почв надпойменных террас – аллювиальные пески. Тяжелые почвы высоких водоразделов не прошли фазы пойменной жизни и почвообразование не прерывалось дефляцией [61].

Легкая фракция песков представлена кварцем (97-100%) с незначительным количеством полевого шпата (1-3%), глауконита (1-2%) и единично слюды. Тяжелая фракция содержит рутил (15-20%), кианит (10-15%), ставролит (8-12%), ильменит (30-40 %) с примесью циркона (4-7%), силлиманита (4-6%), турмалина (2-4%), граната (2-3%), гидроокислы железа (4-10%) и фосфаты (0,5-1%), содержание которых возрастает с глубиной [82; 187; 217; 241].

Для описания почвенного покрова массива оцифрована схематическая карта почв А. Г. Гаеля, а также переименованы названия почв на актуальные, согласно классификации почв России 2004 г. (рисунок 2.10) [59; 248].

При анализе представленной схемы можно отметить, что светлогумусовые песчаные и супесчаные почвы (серопески), а также темnogумусовые супесчаные глубоко ожелезненные почвы, занимают основную часть изучаемой территории (более 60%). При этом темnogумусовые супесчаные глубоко ожелезненные почвы, отчетливо преобладают в восточной части массива, а светлогумусовые в западной, в направлении с севера на юг. Аллювиально-темnogумусовые почвы занимают пойму р. Дон и ее притоков. Вблизи х. Лебяжий (Шолоховский район) расположена зона

черноземной почвы (центральная часть массива), где расположены сельскохозяйственные угодья.



Условные обозначения

1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6

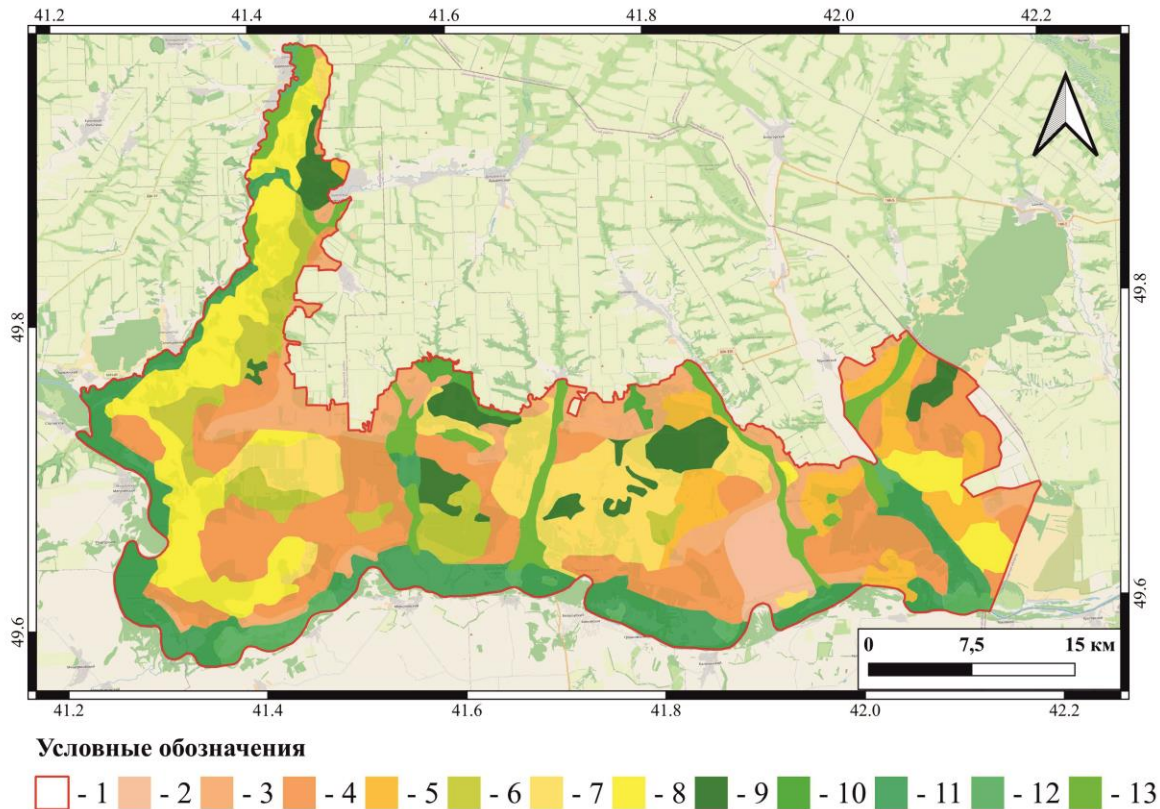
1 - граница территории исследования; 2 - аллювиально темногумусовые почвы;
3 - светлогумусовые песчаные / супесчаные почвы (серопески); 4 - темногумусовые суглинистые почвы; 5 - темногумусовые супесчаные глубоко ожеженненные почвы
6 - черноземы аккумулятивно-карбонатные квазиглеевые

Рисунок 2.10 – Карта-схема почвенного покрова Казанско-Вешенского песчаного массива (М 1:400000) [59]

2.8. Растительность и животный мир

Растительность и животный мир описываются с учетом видового разнообразия, распространения и экологических особенностей, включая данные о различных типах растительных и животных сообществах. Изучение флоры и фауны помогает понять экосистему региона, ее устойчивость и влияние на жизнь человека [108; 197; 246].

Растительный покров песчаного массива представлен степными, лесными и лугово-болотными видами (рисунок 2.11) [54].



- 1 - граница территории исследования; 2 - степи настоящие разнотравно-дерновинно зональные; 3 - степи настоящие гемипсаммофильные; 4 - степи песчаные богатые; 5 - степи песчаные богатые с группировками песчаных пионеров; 6 - степи песчаные обедненные; 7 - степи песчаные обедненные с группировками песчаных пионеров; 8 - группировки песчаных пионеров; 9 - леса аренные; 10 - леса байрачные; 11 - леса пойменные; 12 - луга среднего увлажнения; 13 - луга недостаточного увлажнения

Рисунок 2.11 – Карта-схема растительного покрова Казанско-Вешенского песчаного массива (М 1:400000) [67]

Степи настоящие разнотравно-дерновинно-злаковые, как зональный тип растительности распространены по водоразделу. Злаковую основу травостоя целинной степи составляют перистые ковыли – Лессинга (*Stipa lessingiana* Trin. & Rupr.), украинский (*Stipa ucrainica* P.Smirn.) и красивейший (*Stipa pulcherrima* K.Koch), а также типчак желобчатый (*Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin) и келерия стройная (*Koeleria macrantha* Ledeb.). В разнотравье преобладают из степных мезофилов девясил германский (*Inula germanica* L.), кудрявец (*Deskurainia preauxiana* (Webb) Webb ex O.E.Schulz), василек прижаточешуйчатый (*Centaurea adpressa* Ledeb.), а из умеренных степных ксерофитов – шалфей остепняющийся (*Salvia*

tesquicola Klokov et Pobed.), люцерна желтая (*Medicago falcata* L.) и романская (*Medicago romanica* Prodan), полынь австрийская (*Artemisia austriaca* Jacq.) [72].

Степи настоящие, разнотравно-дерновинно-злаковые гемипсаммофильные. Эти степи распространены на древнеаллювиальных равнинах. В подзоне преобладают следующие виды ковылей: Лессинга, перистый (*Stipa pennata* L.), Тырса (*Stipa capillata* L.). Также типчак желобчатый и келерия стройная. В разнотравье встречаются: лапчатка серебристая (*Potentilla argentea* L.), цмин песчаный (тысячелистник), полынь Маршалла (*Artemisia marschalliana* Spreng.), а также сорные виды – полынь австрийская, полынь вечная (*Artemisia scoparia* Waldst. & Kit.), синеголовник полевой (*Eryngium campestre* L.), зубровка душистая (*Hierochloa odorata* L.), мелколепестник канадский (*Conyza canadensis* L.) [58]

Степи песчаные богатые широко распространены по увалисто-гривистым участкам террас. Псаммофиты здесь преобладают как среди злаков, так и среди разнотравья. Так же встречаются крестовник Якова (*Senecio jacobaea* L.), кудрявец, подмаренник настоящий (*Galium verum* L.), полынок, грыжник (*Herniaria* sp.), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.). Доминантным видом сообщества является ковыль перистый и реже ковыль красивейший. Из мелких дерновинных злаков типична череда золотистая (*Bidens ferulifolia* Jacq.), реже встречаются келерия сизая (*Koeleria glauca* Spreng.), овсяница валлийская (*Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin) и житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum* L.) и Лавренко (*Agropyron lavrenkoanum* Prokudin). В разнотравье преобладают полынь Маршалла, цмин песчаный, тысячелистник желтый (*Achillea millefolium* L.), наголоватка васильковая (*Jurinea cyanooides* L.), горец песчаный (*Polygonum arenarium* Waldst.), прутняк песчаный (*Vitex agnus-castus* L.), хондрилла ситниковая (*Chondrilla juncea* L.). Присутствуют и эвритопы – молочай Сегье (*Euphorbia seguieriana* Neck.) и вейник наземный (*Calamagrostis epigejos* L.) [43; 197].

Степи песчаные обедненные приурочены к древнеэоловым всхолмлениям. Основа травостоя полностью песчаноковыльная; ковыль красивейший, перистый и др. Редко встречаются череда золотистая и житняк Лавренко. Вместо типчака желобчатого доминирует типчак песчаный (*Festuca beckeri* Hack.) и калерия сизая. Из

разнотравья характерны лапчатка песчаная (*Potentilla arenaria* P. Gaertn., В. Mey. & Scherb.), чабрец Палласа (*Thymus pallasianus*), цмин песчаный, полынь Маршалла, молочай Сегье, наголоватка (*Jurinēa* sp.), осока колхидская (*Carex colchica* J. Gay), ракитник днепровский (*Chamaecytisus borysthenticus* (Gruner) Klask.), желтушник (*Erysimum* sp.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) Поверхность песка между дернинами злаков иногда затянута степным мхом тортулой (*Tortula* sp.) [67].

Пески с пионерной растительностью. Возникают в зоне развеваемых песков. На отвесном от гумуса светло-желтом песке растут: колосняк гигантский (*Leymus racemjsus* Lam.), гвоздика песчаная (*Dianthus arenarius* L.), подмаренник душистый (*Galium odoratum* L.), льнянка пахучая (*Linaria vulgaris* Mill.), осока колхидская (*Carex colchica* J. Gay). По влажным котловинам выдувания растут можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.), ива розмаринолистная (*Salix rosmarinifolia* L.), ива остролистная (*Salix acutifolia* Willd.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), иногда осина, ольха (*Alnus* sp.). По карта-схеме они преобладают в западной части массива [105].

Аренные леса приурочены к древним конусам выноса балок, древним ложбинам стока, а также глубоким язвам дефляции, выдутым до капиллярной каймы близких грунтовых вод. Наиболее распространены ольховые колки, березняки, осинники. В зависимости от степени заиленного субстрата, наличия на нем суглинистых прослоев, сформированности почв, аренные леса имеют разный состав и продуктивность (бонитет) [151; 259].

Байрачные леса, в основном дубовые, приурочены к склонам балок, прорезающих высокие надпойменные террасы. Они состоят из: вяз грузинский (*Ulmus minor* Mill.), груша (*Pyrus* sp.), яблоня (*Malus* sp.), клен полевой (*Acer campestre* L.) и татарский (*Acer tataricum* L.).

Пойменные дубовые леса распространены поймах малых рек и на низовой (позднеголоценовой) ступени поймы р. Дон. Здесь преобладают леса ветловые и ветлово-тополевые, реже леса черноольховые. В пойме р. Елань встречается ольха черная (*Alnus glutinosa* L.). Колковые черноольховые леса на песчаном массиве

приурочены к ложбинам стока и к местам выклинивания грунтового потока (верховодки) на склонах террас к поймам мелких рек [228].

Луга среднего увлажнения развиваются в пойме Дона и впадающих в него рек, где они чередуются с лесами. В понижениях рельефа среди степных участков наиболее распространены наземно-вейниковые, вейниково-овсяницевые, полевицево-вейниковые и полевицевые сообщества. На массиве также встречаются виды характерные для лугов лесной зоны: погремки (*Rhinanthus sp.*), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.), черемица Лобеля (*Veratrum lobelianum* Bernh.) и колосняк гигантский.

Луга недостаточного увлажнения, распространены в долинах мелких рек или на песчаном массиве по внешнему кольцу луговых и лесоколковых понижений. Луговой травостой представлен пырейно-полынковыми и полынно-бурьянистыми группировками с вейником наземным, шалфеем (*Salvia sp.*), полынью (*Artemisia sp.*). Реже встречаются – полынь Маршалла, подорожник песчаный (*Plantago arenaria* Waldst. & Kit.) и колосняк гигантский [67].

Болота с заиленными грунтами в поймах Дона и малых рек в основном плавневые с чистыми зарослями камыша озерного (*Schoenoplectus lacustris* L.), рогозы (*Typha sp.*), тростника (*Phragmites sp.*). Среди песчаного массива встречаются кочковые болота. Обычно они приурочены к центру ольховых или березовых колков, окруженных поясом ивы пепельной (*Salix cinerea* L.). Здесь преобладают: осока омская (*Carex elata* All.) и ложносытевая (*Carex pseudocyperus* L.) [72].

Реликтовые виды растений на массиве встречаются крайне редко. Так реликт можжевельник казацкий встречается только в районе Быковских бурунов, что находится в Верхнедонском районе на северо-западной оконечности массива. Это объясняется тем, что в период максимального оледенения исследуемая территория находилась подо льдом [105; 236].

Животный мир данной местности представлен следующими видами:

1) грызуны: суслик (*Spermophilus sp.*); сурок (*Marmota sp.*); тушканчик (*Dipodidae sp.*); мышь (*Muridae sp.*);

- 2) копытные: косуля (*Capreolus sp.*); кабан (*Sus scrofa* Linnaeus); олень благородный (*Cervus elaphus* Linnaeus);
- 3) хищники: волк (*Canis lupus* Linnaeus); корсак (*Vulpes corsac* Linnaeus); горноста́й (*Mustela erminea* Linnaeus);
- 4) один вид зайца – заяц-русак (*Lepus europaeus* Pallas);
- 5) насекомоядные: еж европейский (*Erinaceus europaeus* Linnaeus); бурозубка (*Sorex sp.*); ушастый еж (*Hemiechinus auritus* Gmelin);
- 6) пресмыкающиеся: степная гадюка (*Vipera renardi* Christoph); уж (*Natrix natrix* Stejneger); ящерица (*Lacertilia sp.*); желтобрюхий полоз (*Dolichophis caspius* Gmelin); разноцветная ящурка (*Eremias arguta* Pallas);
- 7) птицы: дрофа (*Otis tarda* Linnaeus); кукушка обыкновенная (*Cuculus canorus* Linnaeus); дятел (*Picidae sp.*); степной орел (*Aquila nipalensis* Hodgson), коршун (*Milvinae sp.*);
- 8) членистоногие: каракурт (*Latrodectus tredecimguttatus* Rossi); голубянка (*Lycaenidae sp.*); клещ (*Acari sp.*); дыбка (*Saga pedo* Pallas) [11; 18; 262].

Выводы

Из полученных общих сведений установлено, что самым большим населенным пунктом на территории песчаного массива является ст. Вешенская, остальные расположены по массиву неравномерно в местах, где есть доступ к водным ресурсам. Расположение относительно основных транспортных путей и рынка сбыта продукции является окраинным. Через территорию исследования проходят дороги регионального значения, а ст. Вешенская является административным центром Шолоховского района и единственным транспортным узлом в данной местности. Кварцевый песок является сырьем для строительной промышленности, но транспортно-географическое положение делает его добычу нерентабельной. Основная экономическая специализация – сельское хозяйство, а именно скотоводство и выращивание сельскохозяйственных культур, в том числе и технических.

Проанализировав полученный материал по физико-географической характеристике территории исследования установлено, что долина р. Дон в районе объекта исследования врезаются в четвертичные, неогеновые и палеогеновые отложения. Пески в данной местности появились в результате деятельности ледников, изменения климатических условий, а также Палео-Дона. Рельеф преимущественно равнинный, сложен тремя надпойменными террасами, с высотами от 50 до 195 м. Климат континентальный с неустойчивой зимой и умеренно-засушливым летом. При этом наблюдается постепенное повышение температуры воздуха и количества выпавших осадков. Грунтовые воды залегают по массиву неравномерно, а малые реки в меженный период могут пересыхать. Почвы представлены как суглинками, так и супесями различной степени гумусированности. Растительный покров представлен степным, лесным и лугово-болотными видами. Из животных встречаются грызуны, копытные, хищники, насекомоядные, пресмыкающиеся, птицы и членистоногие.

Полученные карта-схемы среднегодовой температуры воздуха, среднегодового количества осадков, залегания грунтовых вод, почв, растительности позволяют разделить песчаный массив на три части по естественным границам на западную (от р. Песковатка до р. Левая), центральную (от р. Левая до р. Зимовная) и восточную (от р. Зимовная до границы Ростовской и Волгоградской областей).

Стоит отметить, что при анализе физико-географических условий, все перечисленные компоненты обязательно должны рассматриваться во взаимосвязи друг с другом, т. е. с соблюдением комплексного подхода при осуществлении работы. Только такой подход позволяет объективно проанализировать и оценить естественные условия и выявить их влияние на жизнь людей.

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА АНАЛИЗА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

3.1. Методика ландшафтно-экологической оценки местности

В современных исследованиях геоэкологии основное внимание уделяется изучению географической среды и природных или природно-антропогенных геосистем. Геосистема представляет собой географическое образование, состоящее из взаимосвязанных компонентов географической оболочки [190].

Геоэкологические исследования, в зависимости от поставленных задач, определяют границы изучения геосистем на основе трактовки объекта и предмета исследования, объединяя физико-географические и экономико-географические аспекты для решения практических проблем в области рационального природопользования.

В геоэкологии, как научном направлении, исследования ориентированы на комплексное изучение взаимосвязей между «природой-хозяйством-обществом», включая геоэкологическую оценку последствий хозяйственной деятельности, качества окружающей среды и разработку рекомендаций по рациональному использованию природных ресурсов [122].

Для выявления эталонов на местности и повышения точности дешифрирования выполнен ландшафтно-экологический анализ шести ключевых участков, расположенных в пределах Ростовской области: «Буруны №1», «Еланская», «Безбородовский», «Андроповский», «Грядовые пески» и «Верхнечирский» (рисунок 3.1).

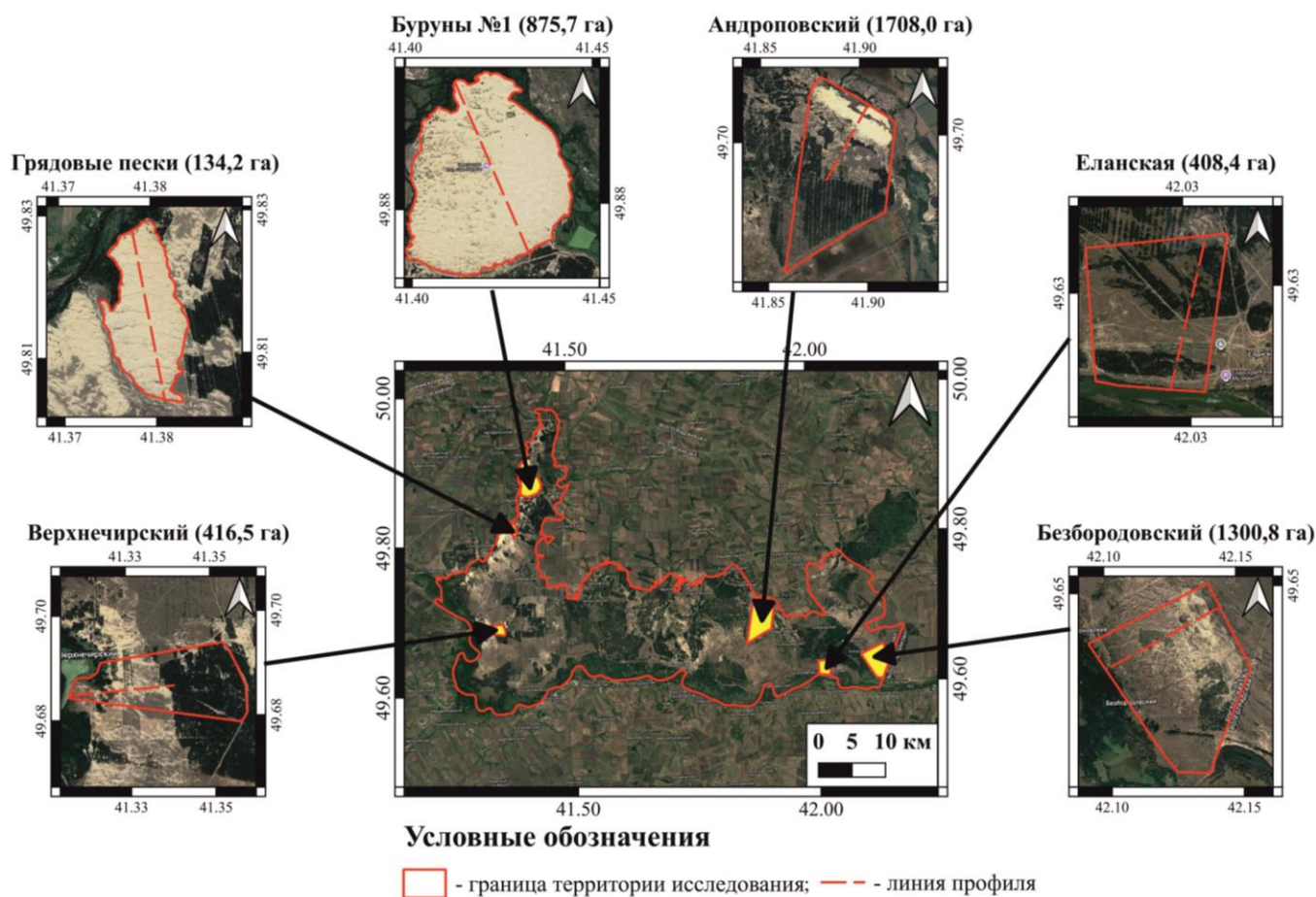


Рисунок 3.1 – Ключевые участки для ландшафтно-экологической оценки на территории Казанско-Вешенского песчаного массива

Данная работа выполнялась на основе усовершенствованной пятиэтапной схемы К. Н. Кулика [134] по оценке фитоэкологических условий местности и необходима в связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства, в основе которой лежит использование природных ресурсов, а, следовательно, и природно-территориальных комплексов (ПТК) (рисунок 3.2) [23; 96].

Для изучения данных процессов на территории исследования закладывались ключевые участки и осуществлялся анализ динамики состояния ландшафтов по ряду одновременных космических снимков. Под ландшафтом в работе понимается конкретный природно-территориальный комплекс, согласно Исаченко А.Г. (1991) [4; 107; 118; 134].

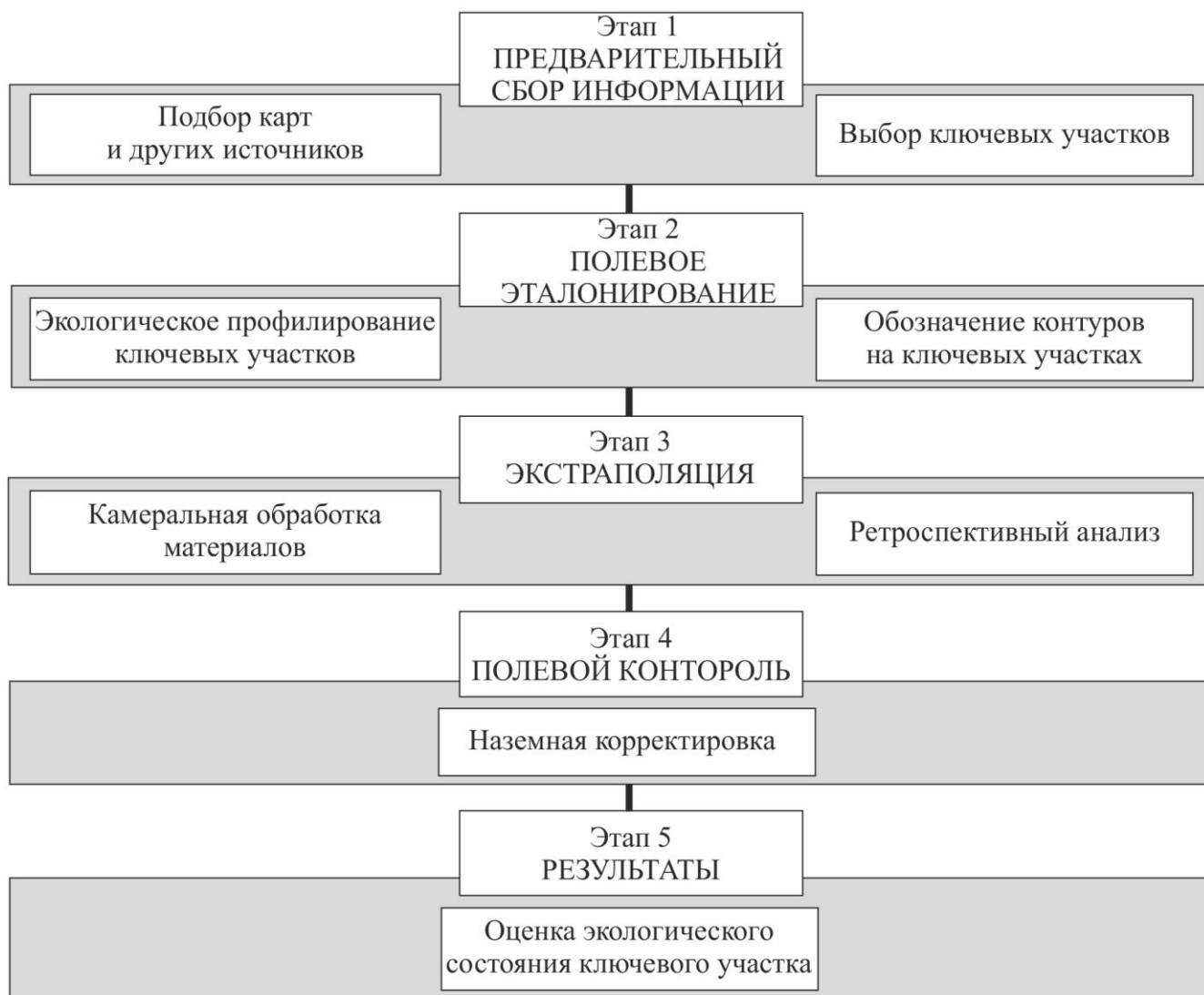


Рисунок 3.2 – Схема работ для оценки ландшафтно-экологических условий местности [134].

В работе использовались снимки спутников Landsat-4, 5, 7 (с 1985 по 2015 гг.) пространственного разрешения 30 м/пиксель с максимальной точностью дешифрирования до 85-90%, а также Landsat-8, 9 (с 2015 по 2024 гг.) с пространственным разрешением 15 м/пиксель, где точность дешифрирования достигает 90-95% и Sentinel-2 (с 2018 по 2024 гг.) пространственного разрешения 10 м/пиксель и точностью дешифрирования 95-97%. Основным критерием выбора изображений служило отсутствие облачности на территории исследуемого участка [11; 247].

На первом этапе осуществлялась идентификации объектов, описанных в литературе. Для этого на спутниковых снимках и найденных тематических карта-схемах выявлялись признаки и эталоны, описанные другими исследователями при

изучении аналогичных ландшафтов. Стоит отметить, что чем выше качество получаемых изображений со спутника и большее количество тематических карт исследуемой местности, тем точнее составление предварительной характеристики. Завершением данного этапа являлся выбор ключевых участков, на которых представлены наиболее типичные условия местности с характерными для нее элементами ландшафта [1; 5].

Второй этап – полевое эталонирование, являлся ключевым для составления карта-схем расположения ландшафтов на основе космических снимков. Во время данного этапа на ключевых участках проводилось полевое обследование ландшафтов и их взаимосвязей, что позволило выявить закономерности в отображении на снимках характера использования земель, вида растительности, особенности рельефа, почвенный покров и т.д. [110; 161; 163].

Для эталонирования широко применялся метод ландшафтно-экологического профилирования. Данный способ дает представление пространственной связи всех элементов и форм ландшафта в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Объем информации, извлекаемый из ландшафтно-экологического профиля, зависит от масштаба, целей и задач картографирования. При этом важно, чтобы каждый ландшафт характеризовался в своем наиболее типичном проявлении. Основная цель данного вида профилирования заключается в визуализации и определении взаимосвязей между ландшафтами, их пространственное расположение и характеристика, а также последовательности генетически связанных ландшафтных структур [6; 48; 78; 107; 239].

Путем наземного осмотра и с использованием космических снимков определялись точки комплексных наблюдений и границы контуров для нивелировки. Комбинированные профили протяженностью от 1 до 7 км обеспечивали наибольшую детализацию и эффективность оценки состояния ландшафтов. Линия профиля представляет собой прямую с поворотами не более чем 15° . Предварительно она сначала прокладывается на карте. Далее, а полевых условиях, по ней проходит нивелирный маршрут. Все особенности микро- и мезорельефа, границы растительных контуров, а также местонахождение скважин фиксировались с помощью GPS-

приемника Garmin, который также может работать с системой Глонасс. В каждой точке проводилось описание ландшафтов и осуществлялся отбор почвенных образцов буровым методом через каждые 20 см, а их цвет определялся по колориметрической системе Манселла [6; 11; 136]. Цветовая система Манселла включает три координаты, цветовое тело, которое можно представить, как цилиндр в трехмерном пространстве. Цветовой тон, который измеряется в градусах по горизонтальной окружности, хрома (насыщенность) измеряется радиально от нейтральной оси цилиндра к более насыщенным краям, значение (светлота) измеряется вертикально по оси цилиндра от 0 (черный) до 10 (белый) [266].

Степень зарастания песков естественной растительностью оценивалась по проективному покрытию: открытые и слабозаросшие пески – проективное покрытие от 0% до 30%; среднезаросшие – от 30% до 50%; заросшие – более 50%. Описание растительности осуществлялось в соответствии с инструкцией по проведению геоботанических исследований [173]. Одновременно с проведением почвенно-геоботанических исследований характеризовалась хозяйственная деятельность человека и степень ее воздействия на состояние ландшафта [21; 22; 45; 108; 202].

На этапе экстраполяции обрабатывался материал, который был собран в ходе полевых исследований, проводился сравнительный анализ динамики состояния ландшафтов на основе спутниковых снимков осуществлялось составление карта-схем ключевых участков, на которых выделялись характерные ландшафты: открытые и слабозаросшие пески, среднезаросшие пески, заросшие пески, лиственный древостой и кустарники (включая пойменные и аренные леса), хвойные лесонасаждения, водные объекты, селитебные территории и сельскохозяйственные угодья. В программе QGIS рассчитывался нормализованный вегетационный индекс (NDVI), нормализованный разностный водный индекс (NDWI), модифицированный нормализованный разностный водный индекс (MNDWI), вегетационный индекс устойчивый к влиянию атмосферы (ARVI) с последующей полуавтоматической классификацией с обучением [77; 271].

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) рассчитывается как соотношение между значениями спектрами красного (R) и ближнего инфракрасного (NIR) каналов.

Определяет наличие и степень вегетации растительного покрова на местности. Индекс может принимать значения от -1 до 1, где -1 означает снежный покров, водные объекты, облака на снимке, 0 – не вегетирующую растительность или ее отсутствие. Значение 1 характеризует высокую плотность растительности (лес, луга и т. п.) [268].

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR}-\text{R})}{(\text{NIR}+\text{R})} \quad (1)$$

Индекс ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index) является усовершенствованным индексом NDVI, который относительно устойчив к атмосферным факторам. При расчетах он использует измерения отражения в синем диапазоне для коррекции эффектов атмосферного рассеяния, которое регистрируется в красном диапазоне. Значения индекса расположены в пределах от -1 до 1, при этом зеленая растительность обычно расположена в диапазоне от 0,2 до 0,8 [115].

$$\text{ARVI} = \frac{\text{NIR}-(2*\text{RED}-\text{BLUE})}{\text{NIR}+(2*\text{RED}-\text{BLUE})} \quad (2)$$

NDWI (Normalized Difference Water Index) – нормализованный разностный индекс воды является относительным и определяет количество влагозапаса в растительном покрове (значение индекса от 0 до 1), а также используется для обнаружения поверхностных вод (значение индекса около 1). Алгоритм позволяет выявить качественный признак увлажненности растительного покрова. Рассчитывается как частное разности и суммы от ближнего инфракрасного (NIR) и коротковолнового инфракрасного (SWIR2) [115].

$$\text{NDWI} = \frac{(\text{NIR}-\text{SWIR2})}{(\text{NIR}+\text{SWIR2})} \quad (3)$$

MNDWI (Normalized Difference Water Index) позволяет эффективно подавлять и удалять шумовые эффекты с поверхности, с почвы и растительности. Он основан на разнице в поглощении света в ближнем инфракрасном (NIR) и видимом зеленом (GREEN) диапазонах спектра. Значение индекса колеблется от

-1 до 1. Диапазон для зеленой растительности составляет от -1 до 0,4, водные объекты от 0,2 до 1 и объекты, не содержащие влагу – менее 0 [185].

$$\text{MNDWI} = \frac{(\text{GREEN} - \text{SWIR2})}{(\text{GREEN} + \text{SWIR2})} \quad (4)$$

Дешифрирование по способу полуавтоматической классификации раstra представляет собой выделение необходимых элементов ландшафта на спутниковом снимке при помощи обучаемой полуавтоматической классификации, которая заключается в поиске и выделении эталонных участков на снимке. Для наиболее точного выделения эталонов (и соответственно ландшафтов) на снимке в «естественных цветах» необходимо визуально проанализировать изображения, полученные в результате синтезирования каналов различного спектрального диапазона, рекомендованные для работы со спутниковыми снимками [269; 270]. В работе использовались следующие комбинации:

– комбинация для изучения состояния растительного покрова местности – «искусственные цвета». Растительность отображается в оттенках красного, цвет почвы – от темно- до светло-коричневого, открытые пески – белый, пески различной степени зарастания – в зелено-голубой цветовой гамме. При этом преимуществом данного сочетания каналов является возможность различать хвойные лесонасаждения (темно-красный) от лиственной растительности светло-красного цвета.

– сочетание ближнего, среднего ИК-каналов и красного видимого канала, позволяет рассмотреть скрытые детали, плохо видимые при использовании комбинации «естественные цвета». Растительность отображается в различных тонах зеленого, коричневого и оранжевого.

– комбинация каналов видимого для человеческого глаза диапазона, а именно: красный, зеленый и синий (RGB). Здоровая растительность – зеленая, больная и прекратившая вегетацию – коричневая или желтая, вода – оттенок темно-синего.

Используется для предварительной визуальной оценки местности, но недостатком является трудноразличимость одного типа растительности от другого [265; 267].

Стоит отметить, что для получения точных данных по площади хвойных лесонасаждений использовались спутниковые снимки зимнего периода [249]. Полученное растровое изображение векторизовалось. На основе векторного слоя с помощью инструмента «калькулятор полей» происходил подсчет занимаемой площади того или иного элемента ландшафта на территории ключевых участков. Далее проводилось приведение полученных данных в табличный вид.

Завершающим действием этапа экстраполяции являлось составление ориентированных графов, которые позволяют визуально отобразить трансформацию ландшафтов. Для этого в QGIS в таблице атрибутов подписывается год к каждому выделенному ландшафту. Далее, с помощью инструмента «пересечение» накладываются друг на друга, полученные в результате составления ретроспективы векторные слои. Например, изображения ключевых участков в 1985 с 1995 гг., в 1995 с 2005 гг. и т.д. Итогом действия является создание программой результирующего слоя, где в таблице атрибутов представлена информация в виде колонок, где указано какой ландшафт на какой накладывается и какую площадь занимает данное пересечение. Для непосредственного составления ориентированных графов полученная таблица атрибутов выгружается в формат .xls и открывается для дальнейшего анализа в Microsoft Excel. Следующим действием является визуализация полученных данных путем составления в любом графическом редакторе изображения на котором указаны все встречаемые ландшафты, а также информация о том сколько они занимали в предыдущий период и заняли площадь в конечный временной период, сопоставляя данные из таблицы .xls. Последним этапом является анализ полученного ориентированного графа и установление причин динамики площадей [11; 30; 134; 238].

На четвертом этапе осуществлялся полевой контроль. Он заключается в выборочной оценке точности и детализации дешифрирования при проведении экстраполяции [137]. Важным аспектом этого этапа является уточнение сомнительных участков, которые пропущены на полевом этапе. С этой целью

дополнительно проверялись и посещались контуры, содержание которых не соответствовало требуемой точности, а также проводилось разграничение тех контуров, которые не были четко видны на снимках [47].

Пятым этапом являлась экспресс-оценка экологического состояния ключевого участка. Для этого рассчитывался индекс измененности ландшафта (Ил), разработанный Виноградовым В. Н. (1998) и усовершенствованный Рулевым А. С. (2007). Он основан на коэффициенте антропогенной преобразованности и характеризует степень трансформированности ландшафтов рассматриваемого региона. Данный индекс – это величина, равная произведению ранга (коэффициента) изменчивости этой территории на долю в общей площади контура (квадрата сканирования) и рассчитывается по формуле [45; 198;199]:

$$\text{Ил} = \frac{1 \cdot S_i}{S_{\text{СК}}} + \frac{2 \cdot S_i}{S_{\text{СК}}} + \frac{3 \cdot S_i}{S_{\text{СК}}} + \frac{4 \cdot S_i}{S_{\text{СК}}} + \frac{5 \cdot S_i}{S_{\text{СК}}} \quad (5)$$

где:

S_i – площадь вида землепользования или элемента ландшафта;

1, 2, 3, 4, 5 – ранг;

$S_{\text{СК}}$ – площадь квадрата сканирования.

Индекс измененности ландшафта применялся для оценки уровня деградации агроландшафтов. Авторами методики [45; 129; 138; 198; 253-256] было выделено пять рангов земель и угодий, каждый из которых с достаточной объективностью и детальностью отражается на спутниковых снимках и легко распознается по комплексу прямых дешифровочных признаков:

1. Лесной фонд – включает лесохозяйственные земли, как под естественными лесами всех видов (пойменными, байрачными, колковыми (аренными)), так и искусственно созданными массивами.

2. Водный фонд – все водные объекты, как естественные, так и созданные человеком (реки, озёра, пруды, каналы и т.д.), за исключением крупных акваторий, занимающих сотни гектаров площади.

3. Кормовые угодья – объединяют в себе территории пастбищного и сенокосного использования. Сюда так же отнесены земли государственного запаса и непригодные для сельскохозяйственной деятельности.

4. Пахотные земли – отнесены все виды постоянно или периодически распахиваемых земель. Данная категория земель очень велика и воздействует практически на все ландшафты и их элементы, однако не все из них изменяют полностью.

5. Техногенные комплексы – включают в себя все виды промышленных и животноводческих объектов, дорожно-транспортные магистрали, а также населенные пункты различных рангов со всей инфраструктурой. Эти земли охватывают все ландшафты (почвы, растительность, рельеф, грунтовые воды и т.д.) [198].

Для оценки территории по величине Ил выделяется четыре уровня [127; 138; 198; 253-256]:

- Норма – относятся территории со слабым уровнем деградации и подверженности процессам опустынивания, где требуется проведение периодического мониторинга. Суммарная измененность ландшафта (Ил) не превышает 1,90-2,50 балла;

- Риск – относятся территории с умеренным уровнем деградации, снижением продуктивности и устойчивости экосистем. При достижении данного уровня необходимо вести не только периодический мониторинг, но и заблаговременно, пока это возможно, с минимальными затратами провести мероприятия по восстановлению. Ил в пределах 2,51-3,20 балла;

- Кризис – территории с сильным уровнем деградации, характеризуются сильным снижением продуктивности и потерей устойчивости. Необходимо проводить постоянный мониторинг и меры по восстановлению природных связей и структуры ландшафта. Ил в пределах 3,21-3,80 балла;

- Бедствие – относятся территории с очень сильным уровнем деградации и охватываются площади с полной потерей продуктивности. Для земель, относящихся к данному уровню, требуется постоянный мониторинг, а также проведение срочных

мероприятий, которые коренным образом преобразуют структуру ландшафта в положительную сторону. Ил самый высокий (более 3,81 балла) [10; 45].

3.2. Методика анализа геоэкологического состояния местности

Анализ геоэкологического состояния местности проводился в несколько этапов. На первом осуществлялось дешифрирование спутниковых снимков в QGIS с помощью методов визуального анализа, построения вегетационных и водных индексов, и полуавтоматической классификации раstra с обучением, которые предварительно векторизовались для проведения расчетов и составление ориентированных графов [42; 77; 271]. Данный этап анализа геоэкологического состояния местности служит подготовительным. Его цель – сбор необходимых площадных характеристик для последующего составления прогноза, оценки эколого-хозяйственного баланса территории и индекса измененности ландшафта [123; 134].

На втором этапе, для выявления зон повышенной антропогенной нагрузки, рассматривалась плотность населения, рассчитано среднее количество автомобилей на территорию исследования и их плотность, а также составлена карта-схема постоянно используемых автомобильных дорог.

Третьим этапом, для определения степени пригодности или благоприятности территории для хозяйственной деятельности и проживания населения, рассмотрена карта «Оценка природных условий жизни населения» профессора Назаревского О. Р. (1984), где оценка состоит из 29 условий, 12 из которых – внеклиматические, 16 – климатические и один показатель – условия разнообразия и привлекательности ландшафта, каждое из которых оценено по пятибалльной шкале (рисунок 3.3).

Из этих трех показателей рассчитывался общий средневзвешенный балл территории по условиям благоприятности жизни населения. Также на карте

обозначены цветом зоны природных условий жизни населения, критерием для выделения, которых стало сравнение степени благоприятности совокупности природных условий в сравнении с условиями средней полосы Европейской части СССР.



Рисунок 3.3 – Оценка природных условий жизни населения [170]

Назаревским О. Р. составлено шесть категорий для оценки степени благоприятности территории [170]:

I – непригодные (неоцениваемые), т. е. ледники, бывшее дно моря, оценивается по шкале от 0 до 1 баллов.

II – неблагоприятные. От 1,50 до 2,00 баллов.

III – малоблагоприятные. От 2,00 до 2,50 баллов.

IV – среднеблагоприятные. От 2,50 до 3,00 баллов.

V – благоприятные. От 3,00 до 3,50 баллов.

VI – наиболее благоприятные. От 3,50 до 5 баллов.

На четвертом этапе, для определения степени антропогенной нагрузки (АН) рассчитан эколого-хозяйственный баланс для территории песчаного массива на основе концепции Кочурова Б. И. Эколого-хозяйственный баланс (ЭХБ) территории рассматривает согласованное сочетание различных видов деятельности и интересов различных групп населения с учетом как потенциала, так и реальных возможностей природы. Методические подходы к анализу ЭХБ территории разработаны Кочуровым Б.И. и Ивановым Ю.Г. (1991, 2003), а впервые апробированы на примере территорий Московской области и Республики Алтай [124; 125]. Впоследствии этот метод эффективно применен в других регионах – в Краснодарском крае [84], Республике Мордовия [128], Орловской [168] и Ростовской областях [174] для региональной экодиагностики и совершенствования структуры землепользования на ландшафтно-экологической основе.

Для определения степени антропогенной нагрузки Кочуров Б. И. разделил все виды использования земель на 6 групп от минимальной до максимальной АН: АН₁ – природоохранные и неиспользуемые земли; АН₂ – леса, используемые ограниченно; АН₃ – многолетние лесонасаждения; АН₄ – пастбища, ареалы интенсивных рубок; АН₅ – пахотные земли; АН₆ – земли промышленности, транспорта городов, поселков, инфраструктуры [40; 122]. Разделение земель на категории в зависимости от степени антропогенного воздействия позволяет оценить уровень негативных изменений на территории с использованием сопоставимых показателей. Для этой оценки применяются коэффициенты абсолютной (K_A) и относительной (K_O) интенсивности воздействия на территорию, которые отражают соотношение площади земель с высоким уровнем нагрузки к площади с менее выраженным хозяйственным воздействием [124]. Индекс абсолютной экологической напряженности необходим для сбалансированного учета сильных антропогенных воздействий и возможности восстановления ландшафта и рассчитывался по формуле [125]:

$$K_A = \frac{AH_6}{AH_1} \quad (6)$$

Значения коэффициента абсолютной напряженности (K_A) [145]:

<0,99 – низкое;

1,00-2,99 – пониженное;

3,00-4,99 – среднее;

5,00-6,99 – повышенное;

>7,00 – высокое.

Индекс относительной экологической напряженности (K_0) отражает степень сбалансированности территории по структуре земельного фонда и природно-экологического потенциала [125]:

$$K_0 = \frac{AH_4 + AH_5 + AH_6}{AH_1 + AH_2 + AH_3} \quad (7)$$

Значения коэффициента относительной напряженности (K_0) [165]:

<2,50 – низкое;

2,51-5,00 – пониженное;

5,01-7,50 – среднее;

7,51-10,00 – повышенное;

>10,00 – высокое.

Предел устойчивости ландшафтов оценивается по экологическому фонду ($P_{эф}$). Он состоит из естественных биогеоценозов, урочищ, природоохранных зон и т. д. Чем больше этот фонд, тем выше естественная защищенность (ЕЗ) территории и, следовательно, устойчивость ландшафта [128]. Устойчивость ландшафта к факторам, вызывающее их изменение в науке рассматривается с двух позиций. Первая заключается в том, что устойчивость определяется по отношению к конкретному виду или типу воздействия, что определяет способность ландшафта противостоять

антропогенным воздействиям. При рассмотрении со второй позиции, которой придерживались в данной работе, выявляется относительная или потенциальная устойчивость, когда антропогенное влияние принимается не как конкретная деятельность, а в общем виде.

Уровень ЕЗ территории также определяется распределением земель по степени АН. Земли с высокой антропогенной нагрузкой имеют низкую естественную защищенность [138]. Площади земель с условной оценкой степени АН в 2, 3, 4 балла составляют 0,8 P_2 , 0,6 P_3 , 0,4 P_4 (земли с самым высоким баллом АН в расчет не принимаются). Таким образом, получается суммарная площадь земель со средо- и ресурсостабилизирующими функциями ($P_{эф}$), которая рассчитывалась по формуле [125]:

$$P_{эф} = AN_1 + 0,8P(AN_2) + 0,6P(AN_3) + 0,4P(AN_4) \quad (8)$$

Отношение площади со средо- и ресурсостабилизирующими функциями к площади исследуемой территории (P_0) характеризует коэффициент естественной защищенности территории ($K_{ез}$), рассчитываемый по формуле [124]:

$$K_{ез} = \frac{P_{эф}}{P_0} \quad (9)$$

Значение коэффициента естественной защищенности территории $K_{ез}$ [84; 102; 124; 164; 165]:

<0,35 – низкое;

0,36-0,45 – пониженное;

0,46-0,50 – среднее;

>0,51 – повышенное.

На четвертом этапе, согласно полученным результатам при анализе карта-схем, характеризующих физико-географические условия и литературных источников, для

повышения объективности данных ЭХБ и Ил территория песчаного массива была разделена на западную, центральную и восточные зоны, отличающиеся по природно-климатическим условиям (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Зонирование территории исследования (М 1:300000)

Последним этапом анализа геоэкологического состояния песчаного массива является составление долгосрочного прогноза на 2035, 2045 и 2055 гг. развития тех ландшафтов, которые имеют наибольшую долю влияния на геоэкологическое состояние песчаного массива в период с 2015 по 2023 гг. (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Блок-схема прогнозирования изменения ландшафтов

Составление прогноза необходимо для формирования представления о будущем, на основе которого принимаются обоснованные решения и разрабатываются стратегии оптимального развития территории. Для выявления земель разных категорий АН, которые оказывают существенное влияние как с положительной (восстановительный фонд), так и с отрицательной стороны (нарушенные или полностью используемые в хозяйстве земли), с помощью программы Microsoft Excel проведен расчет, где от общей площади вычислена доля в % каждой нагрузки по формуле [206]:

$$A = \frac{B}{S} \quad (10)$$

где:

A – доля нагрузки, в %;

B – АН_{1,2,3,4,5,6}, в %;

S – общая площадь песчаного массива, в га.

Далее, в выявленных показателях рассчитано изменение их доли занимаемой территории в рассматриваемых годах. Данное действие необходимо для того, чтобы разделить полученные результаты на две группы сценариев прогнозирования: положительный, отрицательный. Сравнение шло между временными периодами 2005-2015 и 2015-2023 гг. по формуле [203]:

$$D = A_2 - A_1 \quad (11)$$

где:

D – изменение доли нагрузки, в %;

A₁ – состояние на начало периода, в %;

A₂ – состояние на конец периода, в %.

По полученным результатам были рассчитаны показатели на основе среднего значения между положительными и отрицательными показателями для составления прогноза по третьему сценарию – оптимальный. Для расчета самого прогноза необходимо вычислить разницу между долей общей площади за 2023 г. и непосредственно полученным значением одного из сценариев с последующим переводом из % в га [7; 169].

$$Pr = S * (A + D) \quad (12)$$

где:

Pr – прогнозируемое изменение площади нагрузки, в га;

A – доля нагрузки за предыдущий период, в %;

D – изменение доли нагрузки, в %;

S – общая площадь песчаного массива, в га.

Последним действием являлось визуальное отображение результатов прогнозирования с выводением формулы и точности прогноза в программе Microsoft Excel на основе построения линии тренда.

На завершающем этапе анализа геоэкологического состояния, учитывая результаты полевых исследований и на основании литературных источников составлялись рекомендации по оптимизации природопользования [13; 174; 272].

Выводы

Для повышения точности дешифрирования и уточнения данных состояния ландшафтов проведен ландшафтно-экологический анализ на шести ключевых участках, основанный на пятиэтапной схеме оценки фитоэкологических условий.

Анализ геоэкологического состояния местности состоял из шести этапов и включал в себя комплекс применяемых общепринятых методик, а именно: дешифрирование местности и составление карта-схем динамики ландшафтов с 2005

по 2023 гг.; выявление зон с повышенной антропогенной нагрузкой, которое включало в себя составление карта-схем плотности населения и транспорта, а также распределения дорожной сети на песчаном массиве; оценку природных условий жизни населения по Назаревскому О. Р.; расчет показателей ЭХБ; составление долгосрочного прогноза динамики развития ландшафтов.

ГЛАВА 4. ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТНОСТИ

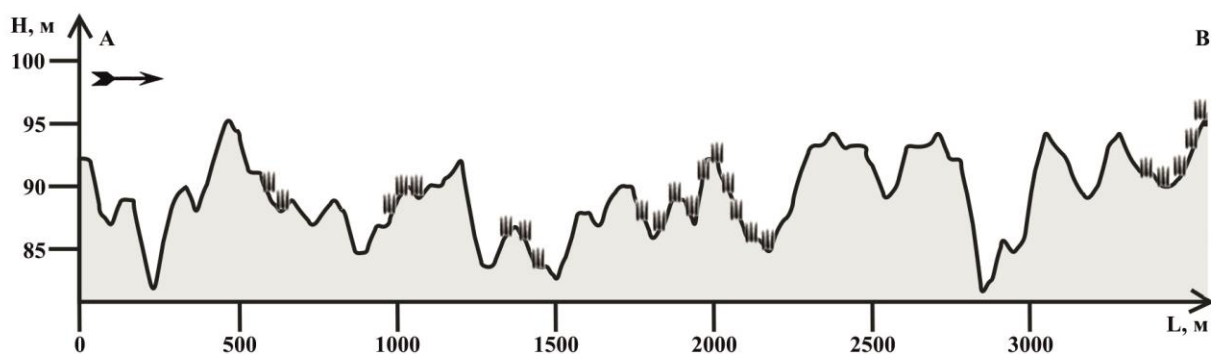
Для проведения ландшафтно-экологической оценки были выбраны шесть ключевых участков, отражающих наиболее характерное сочетание ландшафтов песчаного массива. Три из них расположены в западной его части, в центральной – один, в восточной – два (см. рисунок 3.1).

Ключевой участок «Буруны №1» исследован при составлении национальной программы действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области. Участки «Еланская», «Безбородовский», «Андроповский», «Грядовые пески» и «Верхнечирский» в рамках выполнения государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН.

4.1. Ключевой участок «Буруны №1»

Ключевой участок «Буруны №1» площадью 875,64 га расположен в Верхнедонском районе на северо-западной оконечности песчаного массива. С запада участок ограничен лиственным древостоем и кустарниками, а также заросшими песками около р. Песковатка, с севера и востока лиственным древостоем и кустарниками возле поймы р. Малая Песковатка, с юга автомобильной дорогой с асфальтированным покрытием «х. Морозовский – х. Быковский». На первом этапе по космическим снимкам выделен участок, на котором представлены ландшафты, характерные для переважаемых песков, а также обозначен маршрут профиля (рисунок 4.1).

В рамках реализации Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области был проложен ландшафтно-экологический профиль на основе радарных спутниковых снимков SRTM.



Средний уклон, °	1,0	0,5	0,5	1,6	1,1	1,2	0,6	0,8	1,2	1,0
Н max, м	96,1	91,9	90,5	92,4	93,6	88,7	90,9	93,3	94,5	96,0
Н min, м	81,3	87,6	80,4	88,3	84,1	84,5	82,7	86,8	80,7	92,3
Тип почвенного покрова	А							Б	А	Б
Тип растительного покрова	-	а	-	а	-	а	-	а	-	а
Ландшафт	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Условные обозначения: ▨ - степная растительность. **Почвенный и почвенный покров:** А - пески; Б - светлогумусовые. **Тип растительного покрова:** а - разнотравная степь. **Ландшафт:** 1 - открытые и слабозаросшие пески; 2 - среднезаросшие пески.

Рисунок 4.2 – Ландшафтно-экологический профиль ключевого участка «Буруны №1»

На местности, через которую проложен ландшафтно-экологический профиль, выделен только один тип растительного покрова – разнотравная степь, представленная песчаной пионерной растительностью, которая состоит из: колосняка гигантского (*Leymus racemjsus* Lam.), гвоздики песчаной (*Dianthus arenarius* L.), льянки пахучей (*Linaria vulgaris* Mill.), осоки колхидской (*Carex colchica* J.Gay). В котловинах выдувания или межбугровых понижениях встречаются – ива розмаринолистная (*Salix rosmarinifolia* L.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) [15; 72]. Уровень залегания грунтовых вод по карта-схеме песчаного массива разделяет ключевой участок на западную часть, где глубина менее 5 м и восточную с залеганием вод от 5 до 10 м.

На этапе экстраполяции местности проведено дешифрирование спутниковых снимков за 2005, 2015 и 2022 гг. В программе QGIS с помощью индексов и инструментов классификации растров выделены такие ландшафты как лиственный древостой и кустарники, заросшие, среднезаросшие, открытые и слабозаросшие пески для последующего ретроспективного анализа динамики их площади (рисунок 4.3).

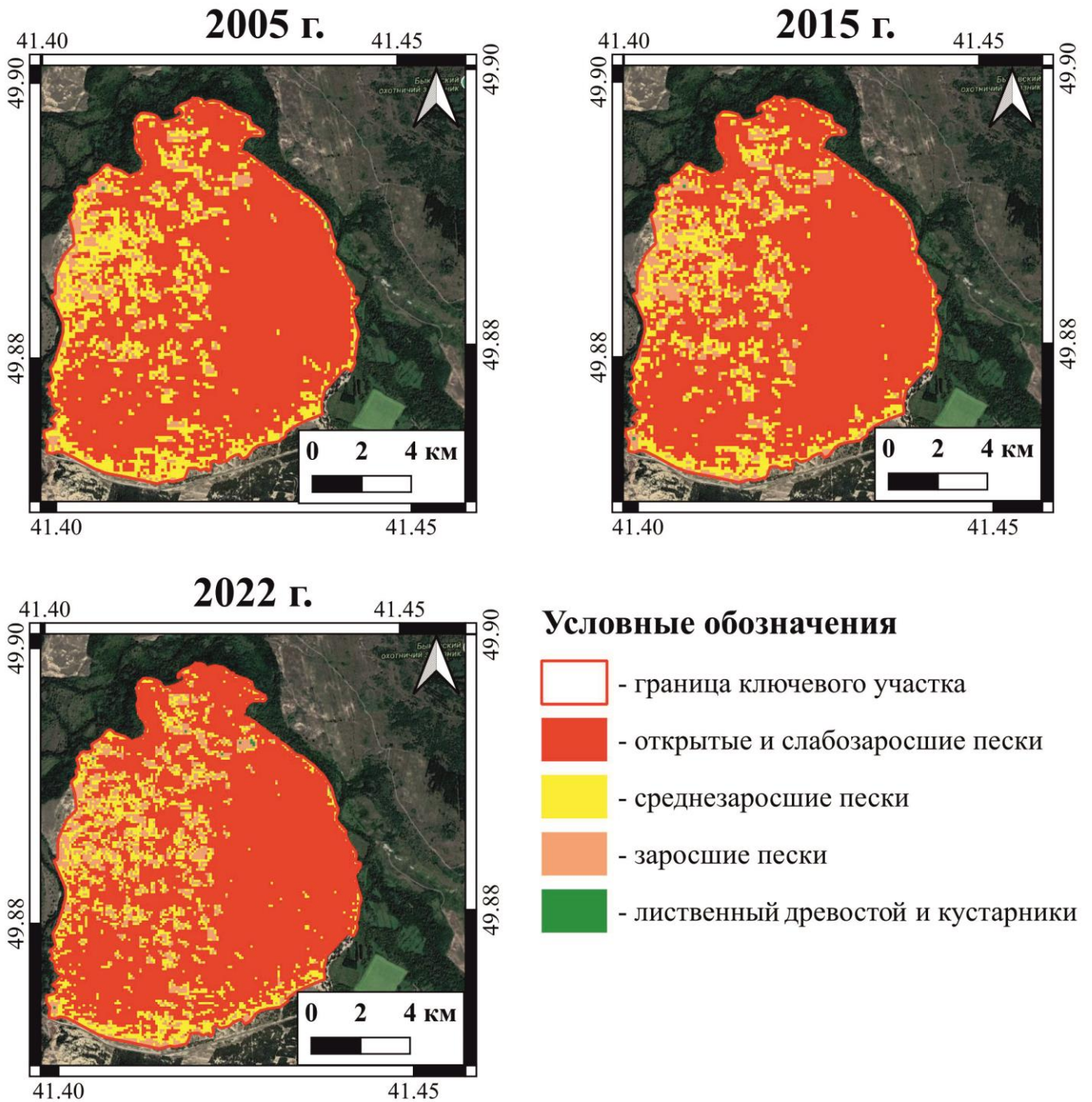


Рисунок 4.3 – Динамика ландшафтов ключевого участка «Буруны №1» с 2005 по 2022 гг.

По полученным карта-схемам участок условно разделяется на две части – западную и восточную. В первой части на северной оконечности произрастает лиственный древостой и кустарники, а по всей ее оставшейся территории распространены заросшие, среднезаросшие, открытые и слабозаросшие пески. На восточной части ключевого участка

отмечено преобладание открытых и слабозаросших песков с небольшими участками среднезаросших на юге.

С помощью инструмента «калькулятор полей» и расчета геометрических размеров слоев относительно базовой карты была подсчитана площадь каждого ландшафта за рассматриваемые года (таблица 4.1) и внесена в таблицу атрибутов векторных слоев. Заполненная таблица выгружалась в формате .xls для дальнейшей работы с данными.

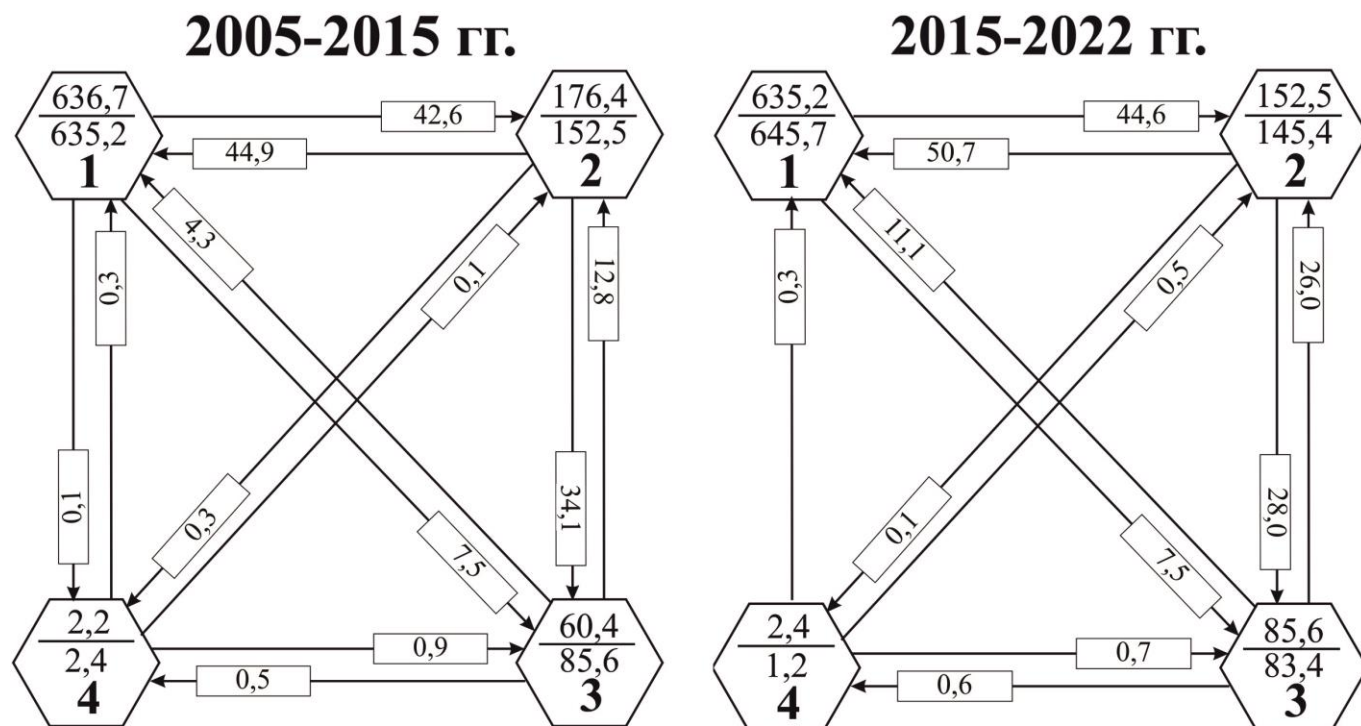
Таблица 4.1 – Динамика ландшафтов на территории ключевого участка «Буруны №1» с 2005 по 2022 гг.

Ландшафт	Площадь, га		
	2005 г.	2015 г.	2022 г.
Открытые и слабозаросшие пески	636,7	635,2	645,7
Среднезаросшие пески	176,4	152,5	145,4
Заросшие пески	60,4	85,6	83,4
Лиственный древостой и кустарники	2,2	2,4	1,2
Всего	875,7		

По полученным данным динамики площади каждого выявленного ландшафта установлено, что открытые и слабозаросшие пески в 2005 г. занимали 72,7% от общей площади участка, в 2015 – 72,5%, а в 2022 – 73,7%, т.е. разница по занимаемой ими территории с 2005 по 2022 гг. составила 1%, что говорит о довольно стабильном состоянии ландшафта. Среднезаросшие пески постепенно уменьшали занимаемую территорию: с 2005 по 2015 гг. на 23,9 га, а с 2015 по 2022 гг. на 7,1 га с общей разницей между началом и концом рассматриваемого временного периода в 31,0 га. Заросшие пески в 2005 г. занимали 6,9% территории участка, а через десять лет уже почти 10%. В 2022 г. наблюдалось незначительное сокращение их площади на 2,2 га, что составило 9,5%. Лиственный древостой и кустарники за рассматриваемый период занимали меньше всего площади, которая в 2023 г. составила 1,2 га, что меньше чем в 2005 г. (2,2 га). Наибольшее значение было зафиксировано в 2015 г. – 2,4 га.

Для установления причин процессов трансформации ландшафтов на ключевом участке «Буруны №1», методом наложения векторных слоев друг на друга, были

составлены ориентированные графы, которые позволяют визуализировать процессы перехода земель из одного состояния в другое в периоды с 2005 по 2015 гг. и с 2015 по 2022 гг. (рисунок 4.4).



Условные обозначения:

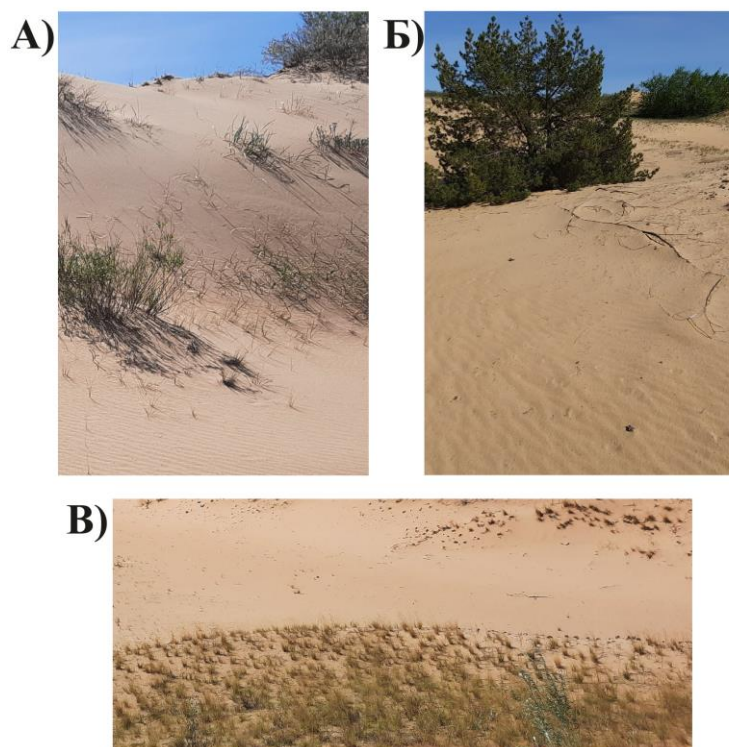
- 1 - открытые и слаборосшие пески; 2- среднеросшие пески;
3 - заросшие пески; 4 - лиственный древостой и кустарники

Рисунок 4.4 – Ориентированные графы трансформации ландшафтов на ключевом участке «Буруны №1», га

В оба рассматриваемых временных промежутка выделены переходы ландшафтов из одного состояния в другое. Открытые и слаборосшие пески активнее всего взаимосвязаны со среднеросшими песками (переход составляет от 42,6 до 50,7 га) с разницей между 2005-2015 гг. и 2015-2022 гг. менее 10 га. Причиной данных трансформаций является перемещение открытого песка по направлению преобладающего дефляционноопасного ветра. Среднеросшие пески уменьшали занимаемую площадь. На части из них повысилась степень их зарастания. В 2015-2022 гг. переходы между среднеросшими и заросшими песками практически равны по площади. Данное явление, прежде всего, связано с образованием ветровой тени благодаря рядом расположенных древесных лесонасаждений, перемещению песков,

увеличения количества осадков выше среднего (433 мм). Лиственный древостой и кустарники также достаточно активно связаны с заросшими и среднезаросшими песками. Если учитывать общую площадь данного ландшафта, то переход 1 га составляет практически 50% занимаемой их площади в 2005 и 2015 гг., а в 2022 г. – около 95%. Произрастание лиственного древостоя и кустарников напрямую зависит от наличия близкозалегающих грунтовых вод. Данный ландшафт представлен не только на северной границе участка, но и в межбугровых понижениях дюн, которые перемещаясь могут засыпать выросшие деревья и кустарники.

На предпоследнем этапе осуществления ландшафтно-экологической оценки ключевого участка был совершен полевой выезд на территорию исследования с целью уточнить сомнительные участки, выявленные при картографировании, а также проверки точности полученных данных для дальнейшего внесения исправлений в профиль и карта-схемы (рисунок 4.5).



Условные обозначения: **А** - уточнение расположения травянистой растительности; **Б** - уточнение расположения лиственного древостоя и кустарников; **В** - уточнение границы перехода от заросших песков в открытые и слабозаросшие

Рисунок 4.5 – Уточнение сомнительных участков «Буруны №1»

Сомнения при дешифрировании вызывали участки открытых и слабозаросших песков, а именно, наличие травянистой степной растительности на их территории. Так же из-за низкого пространственного разрешения спутникового снимка (от 30 до 10 м/пикс.) требовалось уточнение данных о расположении на данной территории лиственного древостоя и кустарников в межбугровых понижениях песка. На некоторых участках потребовалось перепроверить полученные карта-схемы на предмет прохождения границы между заросшими, открытыми и слабозаросшими песками.

Для оценки экологического состояния территории ключевого участка за выбранный временной период каждый ландшафт был соотнесен по рангу землепользования (Рулев, 2007) и исходя из площади, которую они занимают, была подсчитана степень измененности ландшафта (Ил) (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Динамика индекса измененности ландшафтов на территории ключевого участка «Буруны №1» с 2005 по 2022 гг.

Ландшафт	Ранг	2005 г.	2015 г.	2022 г.
Открытые и слабозаросшие пески	4	2,91	2,90	2,95
Среднезаросшие пески	4	0,81	0,70	0,66
Заросшие пески	3	0,21	0,29	0,29
Лиственный древостой и кустарники	1	0,01	0,01	0,01
Всего	–	3,94	3,90	3,91

Открытые и слабозаросшие пески получили наибольшее количество баллов, т. к. занимали наибольшую площадь. Среднезаросшие пески относятся к четвертому рангу, их балл колеблется в пределах от 0,81 до 0,66. Заросшие пески отнесены к третьему, а лиственный древостой и кустарники к первому со стабильным показателем условной единицы с 2005 по 2022 гг. Итоговый Ил на всем протяжении наблюдений стабилен, а сама территория относится к уровню измененности ландшафта «бедствие» (значение балла более 3,81). Это свидетельствует о том, что на ключевом участке очень сильный уровень деградации, где доминируют земли с полной потерей продуктивности. Учитывая, что территория является очагом

опустынивания, то на ней требуется постоянный мониторинг, а также проведение срочных агролесомелиоративных мероприятий, которые коренным образом преобразуют структуру ландшафта и повысит его устойчивость к внешним воздействиям. За период с 2005 по 2022 гг. построен график динамики Ил (рисунок 4.6), на котором наблюдается тренд его снижения, что в целом является положительным явлением. Снижение общего балла измененности указывает на то, что открытые пески постепенно начинают зарастать степной растительностью. В дальнейшем, при сохранении данного тренда и сочетании благоприятных природно-климатических факторов на ключевом участке будет увеличиваться степень восстановления деградированных земель.

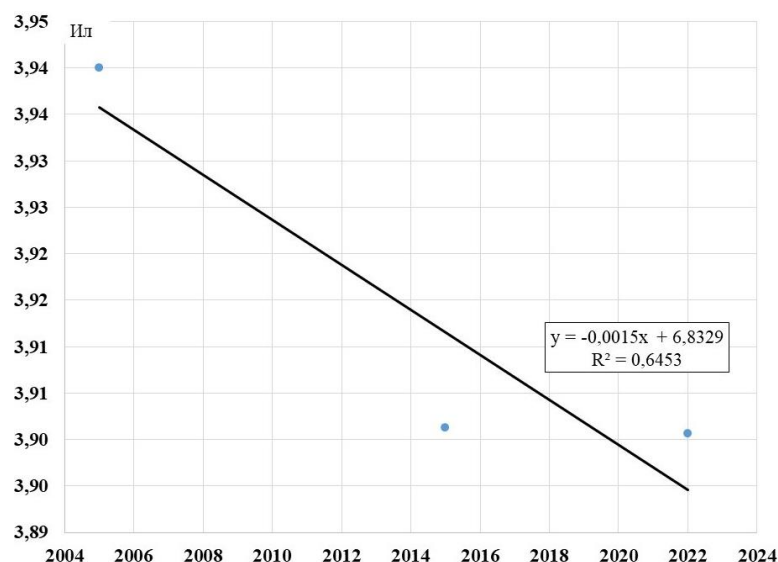
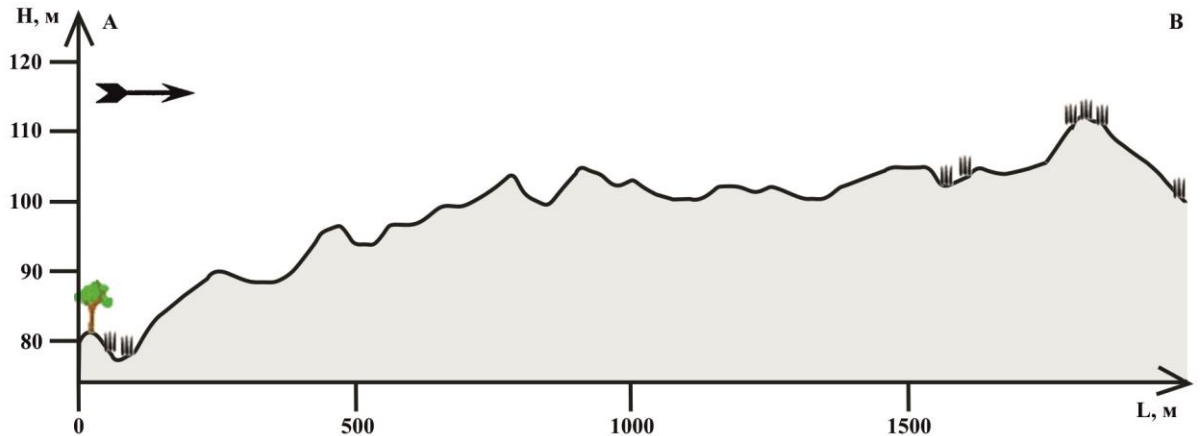


Рисунок 4.6 – Динамика индекса измененности ландшафтов на ключевом участке «Буруны №1»

4.2. Ключевой участок «Грядовые пески»

Анализ данной территории выполнен методами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) по признакам, выработанным на предыдущих участках. Ключевой участок «Грядовые пески» площадью 134,2 га расположен в Верхнедонском районе

(SRTM) построен профиль, описание которого осуществлялось с помощью анализа литературных источников, карта-схем местности, а также визуального анализа спутникового изображения участка с последующим полевой верификацией полученных данных (рисунок 4.8).



Средний уклон, °	1,2	1,1		1,3		0,5	1,2	0,9	4,0	3,8
Н max, м	81,5	80		104,8		102,7	110,2	114,6	112,4	103,0
Н min, м	80	76,2		80		101,3	102,7	110,2	103,0	99,6
Тип почвенного покрова	А		Б							
Тип растительного покрова	а	б	-			б	-	б	-	б
Ландшафт	1	2	3			2	3	2	3	2

Условные обозначения: - лиственный древостой; - степная растительность. **Почвенный и непочвенный покров:** А - аллювиальные темногумусовые; Б - пески. **Тип растительного покрова:** а - пойменный лес; б - разнотравная степь. **Ландшафт:** 1 - пойменный лес; 2 - среднезаросшие пески; 3 - открытые и слабозаросшие пески.

Рисунок 4.8 – Ландшафтно-экологический профиль на ключевом участке «Грядовые пески» (высота над уровнем моря)

В начале ландшафтно-экологического профиля расположен лиственный древостой, затем наблюдается чередование участков открытых песков с песками, покрытыми травянистой растительностью. Общая протяженность профиля составляет 2000 м, более половины из которых занимают открытые пески. Средний уклон представлен тремя типами, которые определялись по классификации Прокаева В. И. (1975): ровные близкие к горизонтальным (0,5-1,0°), зафиксированы два раза на всем протяжении линии профиля после отметки в 1500 и 1750 м; очень пологие (от 1,0 до 3,0°), преобладающие на данном ландшафтно-экологическом

профиле; пологие (от 3,0 до 5,0°) зафиксированы в конце маршрута профилирования. Высоты в диапазоне от 76,2 до 114,6 м по балтийской системе высот. В основном на территории отмечаются сильно и очень сильно деградированные (бугристые/грядовые) пески. Уровень грунтовых вод до 5 м и 5-10 м.

По проведенным ранее исследованиям на песчаном массиве, установлено, что на территории лиственного древостоя и кустарников почвенный покров представлен аллювиально-темногумусовыми почвами, а на песках – непочвенным покровом – песками.

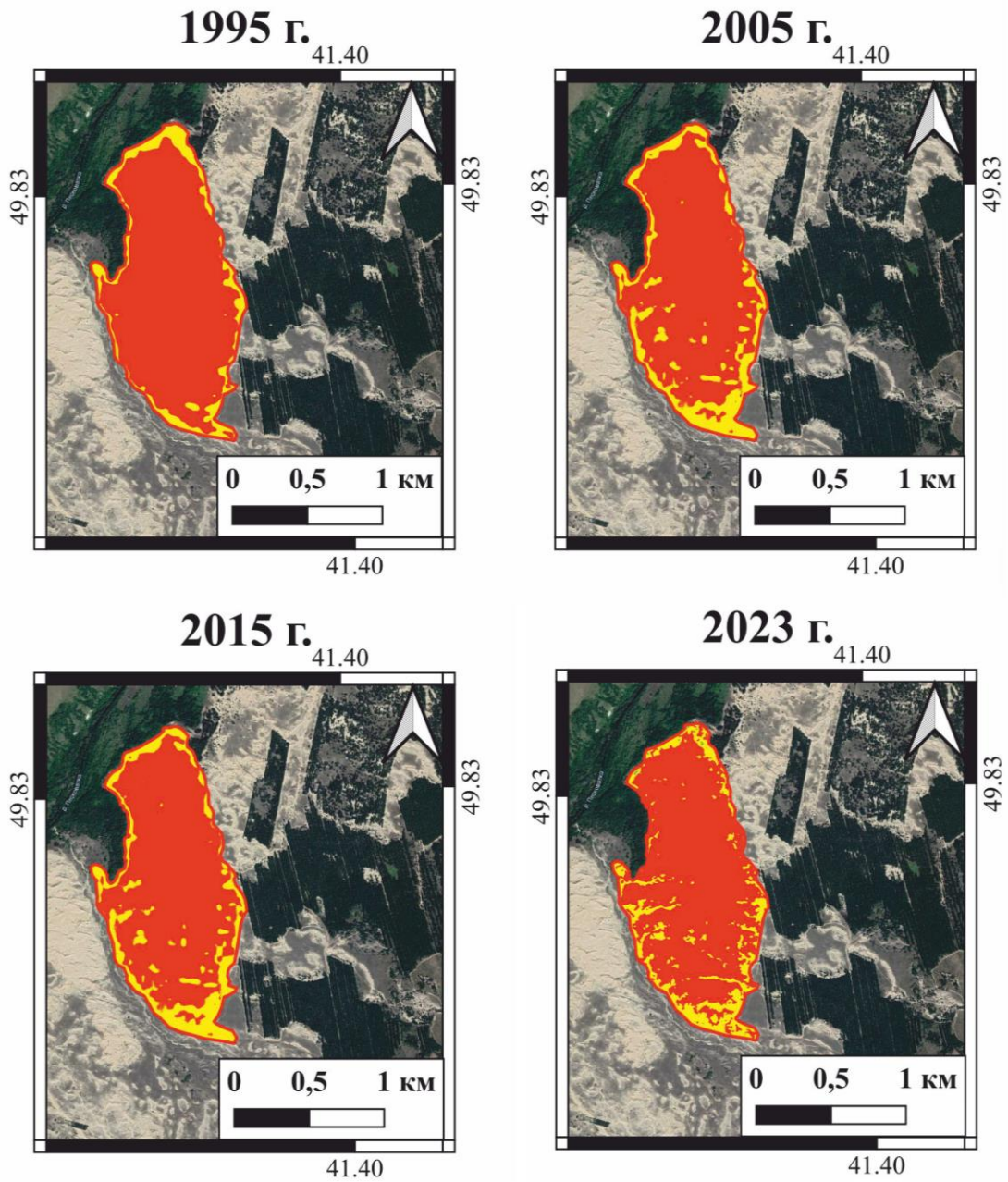
Зафиксировано два типа растительного покрова:

– Разнотравная степь, представленная пионерной растительностью – это колосняк гигантский колосняк гигантский (*Léymus racemósus* (Lam.) Tzvelev), гвоздика песчаная (*Dianthus arenarius* L.), льянка пахучая (*Linaria vulgaris* Mill.), осока колхидская (*Carex colchica* J.Gay). В котловинах выдувания встречаются – ива розмаринолистная (*Sálix rosmarinifólia* L.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) [72].

– Лиственный древостой: тополь белый (*Populus alba* L.) и черный (*Populus nigra* L.), реже ольха черная (*Alnus glutinosa* L.) [105].

Третий этап – ретроспективный анализ территории ключевого участка. Выполнено дешифрирование территории ключевого участка по спутниковым снимкам за 1995, 2005, 2015 и 2023 гг. Выделенные объекты группировались по следующим ландшафтам: открытые и слабозаросшие пески, среднезаросшие пески, лиственный древостой и кустарники (рисунок 4.9).

В результате визуального анализа полученных карта-схем установлено, что лиственный древостой и кустарники на всем протяжении рассматриваемого временного периода занимали северную часть ключевого участка, среднезаросшие пески окаймляют открытые и слабозаросшие пески. С 2005 г. наблюдался процесс постепенного зарастания открытых и слабозаросших песков, что особенно заметно в южной части.



Условные обозначения

- | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------------------------|
|  | - граница ключевого участка |  | - среднезаросшие пески |
|  | - открытые и слабозаросшие пески |  | - лиственный древостой и кустарники |

Рисунок 4.9 – Динамика ландшафтов ключевого участка «Грядовые пески» с 1995 по 2023 гг. (М 1:40000)

На основе полученных изображений местности составлена таблица динамики занимаемых площадей ландшафтов (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Динамика ландшафтов на территории ключевого участка «Грядовые пески» с 1995 по 2023 гг.

Ландшафт	Площадь, га			
	1995 г.	2005 г.	2015 г.	2023 г.
Открытые и слабозаросшие пески	114,9	108,3	104,2	108,5
Среднезаросшие пески	19,0	25,7	29,5	25,2
Лиственный древостой и кустарники	0,3	0,2	0,5	0,5
Всего	134,2			

Открытые и слабозаросшие пески с 1995 по 2023 гг. занимали более 100 га. В 1995 г. наблюдалась максимальная их площадь – 85,6% территории ключевого участка. В 2005 г. произошло ее уменьшение на 6,6 га, что составило 80,7%. В 2015 г. достигнуто минимальное значение, занимаемой ими площади (104,2 га) – 77,6%. В 2023 г. вновь отмечен небольшой прирост показателя до 80,8% (увеличение на 3,2% относительно 2015 г.). Общая разница между 2005 и 2023 гг. составила 6,4 га. Среднезаросшие пески повторяют динамику в противоположном направлении. В период с 1995 по 2005 гг. площадь среднезаросших песков увеличилась на 6,7 га, с 2005 по 2015 гг. на 3,8 га, а в 2023 г. значение вернулось на уровень 2015 г. Минимальную долю от общей площади участка составляют лиственный древостой и кустарники 0,2-0,4%.

Для дальнейшего анализа трансформации ландшафтов в пределах ключевого участка были составлены ориентированные графы за периоды с 1995 по 2005 гг., с 2005 по 2015 гг. и с 2015 по 2023 гг. (рисунок 4.10).

В результате проведенного анализа выявлено, что происходят активные процессы трансформации между открытыми и слабозаросшими, среднезаросшими песками. При этом отмечается, что зарастание песков в период с 1995 по 2015 гг. происходило активнее, чем за 2015-2023 гг., когда трансформировано в открытые и слабозаросшие пески было больше, чем в среднезаросшие. Процесс зарастания связан с увеличением количеством выпавших осадков и глубины залегания грунтовых вод, уменьшения количества повторений дефляционноопасного ветра и наличием ветровой тени от защитных лесонасаждений около участка с восточной стороны и поймы р. Песковатка. Увеличение или уменьшение занимаемой территории

лиственного древостоя и кустарников напрямую связано с динамикой уровня грунтовых вод.

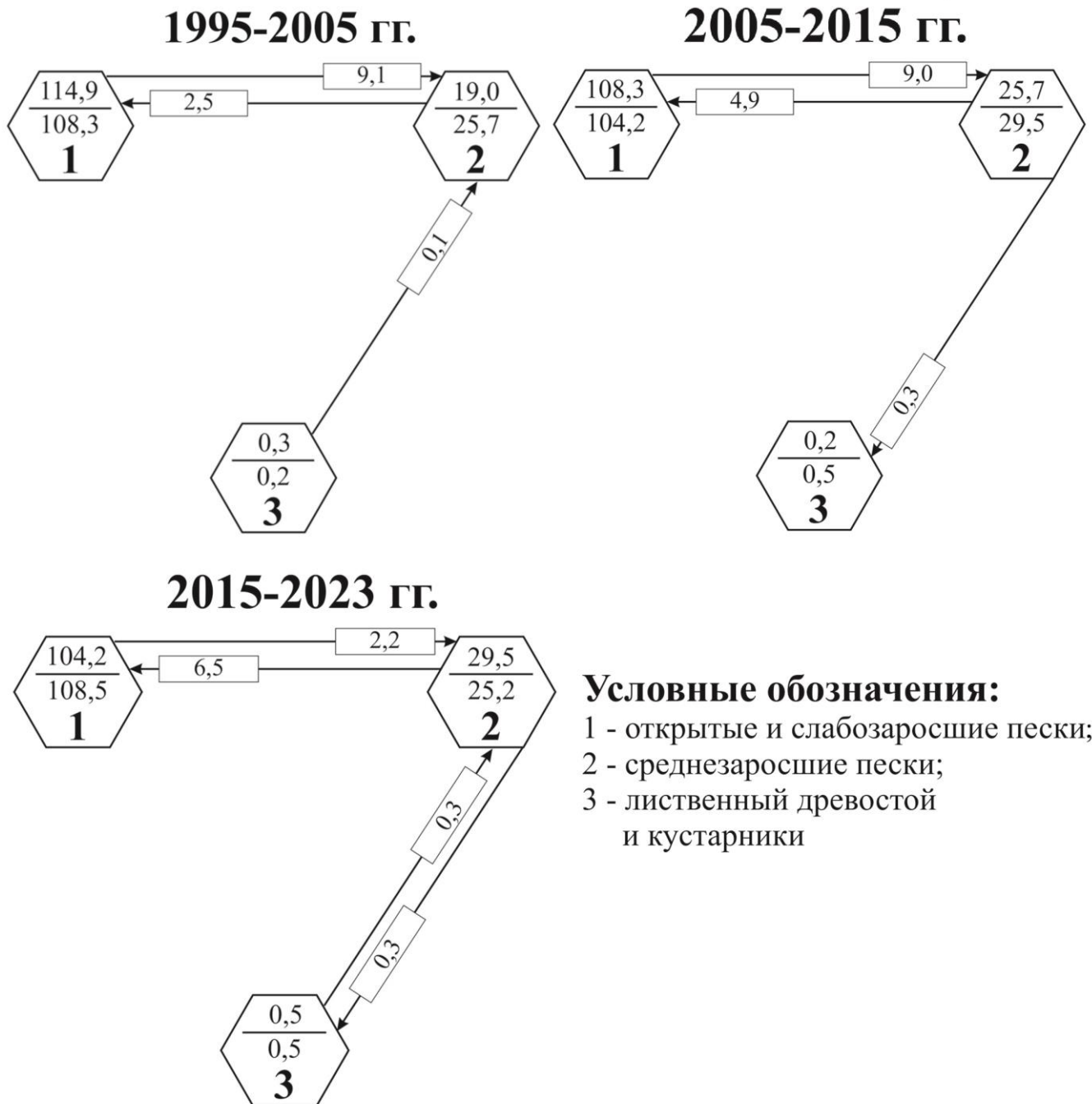
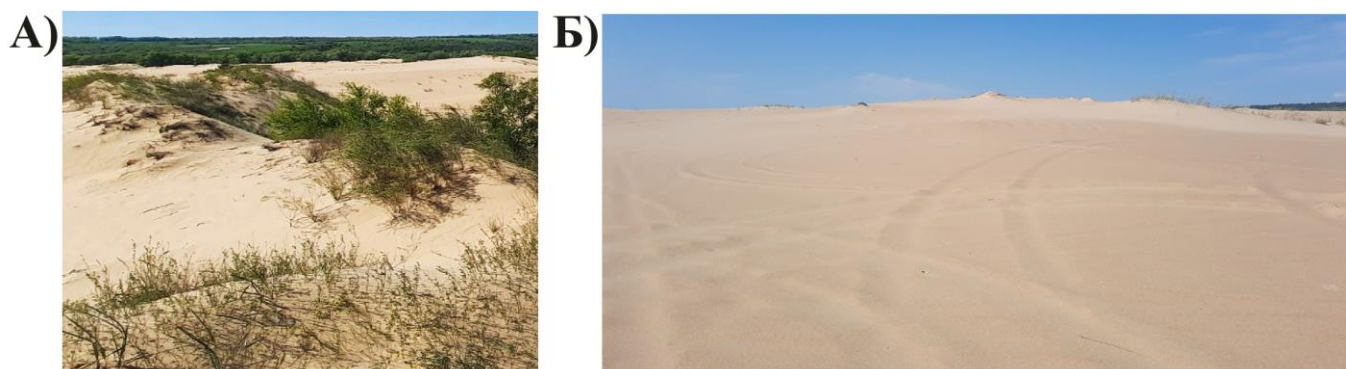


Рисунок 4.10 – Ориентированные графы трансформации ландшафтов на ключевом участке «Грядовые пески»

Для уточнения полученных данных при составлении ландшафтно-экологического профиля и дешифрировании совершен выезд на местность, с целью уточнить сомнительные участки (рисунок 4.11).



Условные обозначения: **А** - уточнение границ перехода песков различной степени зарастания; **Б** - уточнение наличия травянистой растительности на открытых и слабозаросших песках.

Рисунок 4.11 – Уточнение сомнительных участков «Грядовые пески»

На данном ключевом участке потребовалось уточнение таких участков как граница перехода среднезаросших песков в открытые и наличие травянистой растительности на ландшафте открытых и слабозаросших песков. Данные вопросы связаны с низким пространственным разрешением спутниковых снимков.

Пятый этап – оценка экологического состояния территории по индексу измененности ландшафта рассматриваемой территории. В результате классификации по рангам открытые и слабозаросшие, среднезаросшие пески отнесены к четвертому рангу, а лиственному древостою и кустарникам присвоен первый ранг (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Динамика измененности ландшафтов на территории ключевого участка «Грядовые пески» с 1995 по 2023 гг.

Ландшафт	Ранг	1995 г.	2005 г.	2015 г.	2023 г.
Открытые и слабозаросшие пески	4	3,42	3,23	3,11	3,23
Среднезаросшие пески	4	0,57	0,77	0,88	0,75
Лиственный древостой и кустарники	1	0,01	0,01	0,01	0,01
Всего	–	4,00	4,01	4,00	3,99

Значение открытых и слабозаросших песков на всем протяжении временного периода составлял более 3 баллов, что является самым большим показателем, который напрямую зависит от занимаемой данным ландшафтом площади. В целом,

при рассмотрении полученных значений по годам, установлено, что балл уменьшается и достигает в 2023 г. значения 3,23. Среднезаросшие пески увеличивают свой показатель с 1995 по 2015 г., а после балл уменьшился на 0,13. Значение лиственного древостоя и кустарников не изменялось на всем протяжении наблюдений. Данный ключевой участок относится к территории с очень сильным уровнем деградации, где охватываются площади с полной потерей продуктивности (более 3,81 балла), т. е. к уровню «бедствие». Для анализа динамики общего балла индекса измененности ландшафта был построен график, где указано его значение за каждый временной промежуток (рисунок 4.12).

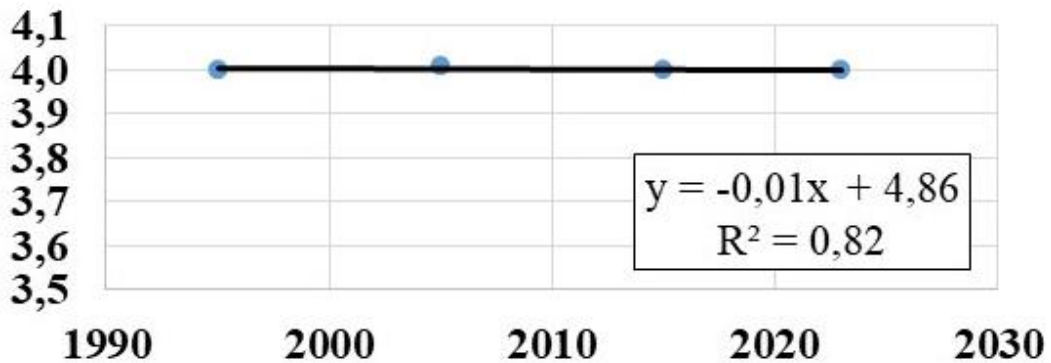


Рисунок 4.12 – Динамика индекса измененности ландшафта на ключевом участке «Грядовые пески»

Общее значение с 1995 по 2023 гг. оставалось стабильным, свидетельствует о том, что на ключевом участке не зафиксировано влияния какого-либо фактора на изменение экологического состояния местности. Итоговый балл за время наблюдений колебался в пределах 0,01 и его значение не переходило в другой уровень. На основе графика (см. рисунок 4.12) была построена линия тренда, указывает на незначительное и постепенное снижение индекса.

4.3. Ключевой участок «Верхнечирский»

Ключевой участок «Верхнечирский» расположен в западной части песчаного массива. Его площадь составляет 416,5 га. С востока территория исследования ограничена неасфальтированной дорогой с противопожарным рвом, с запада – оз. Чиганакское, с юга и севера – заросшими песками (рисунок 4.13).

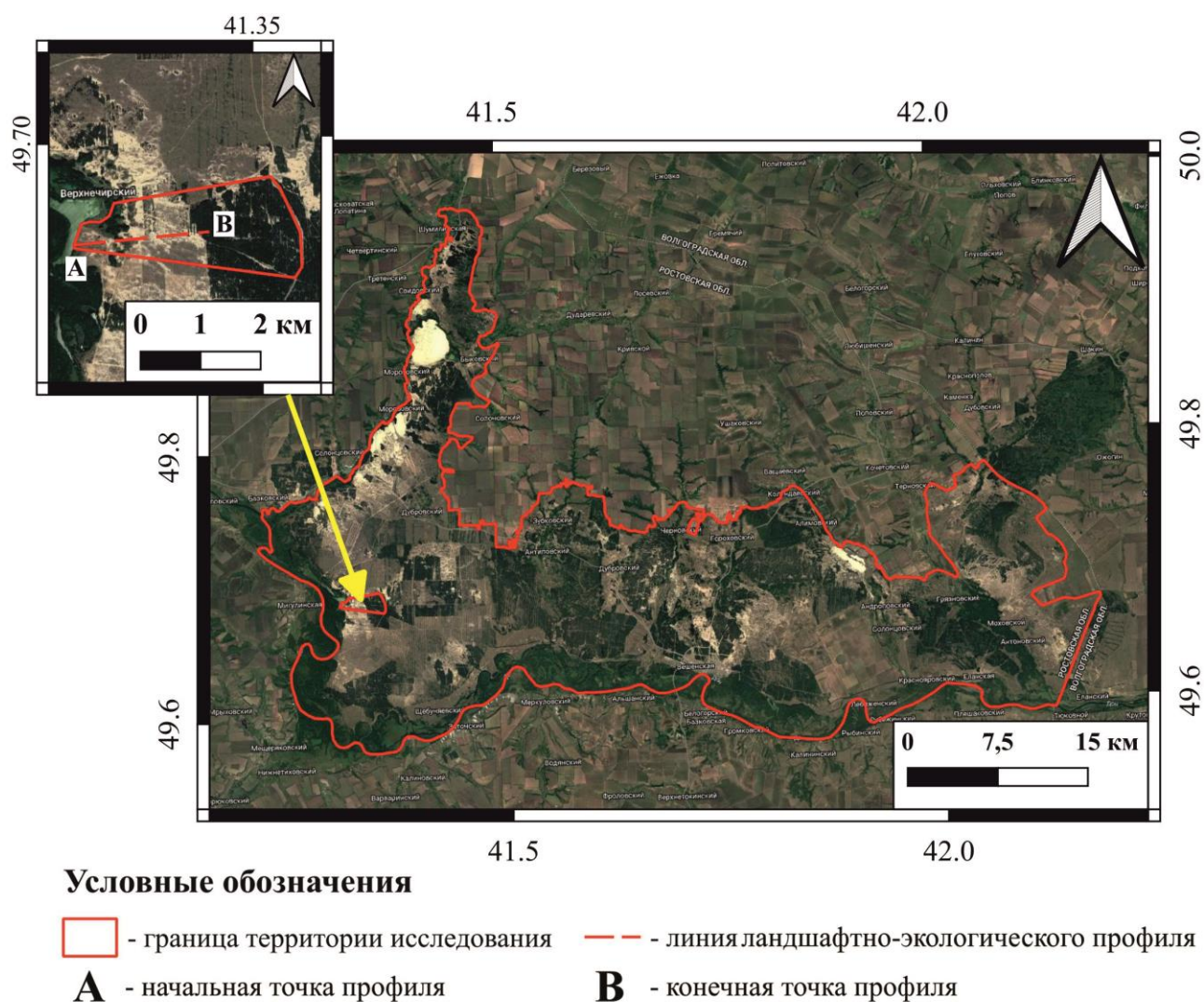
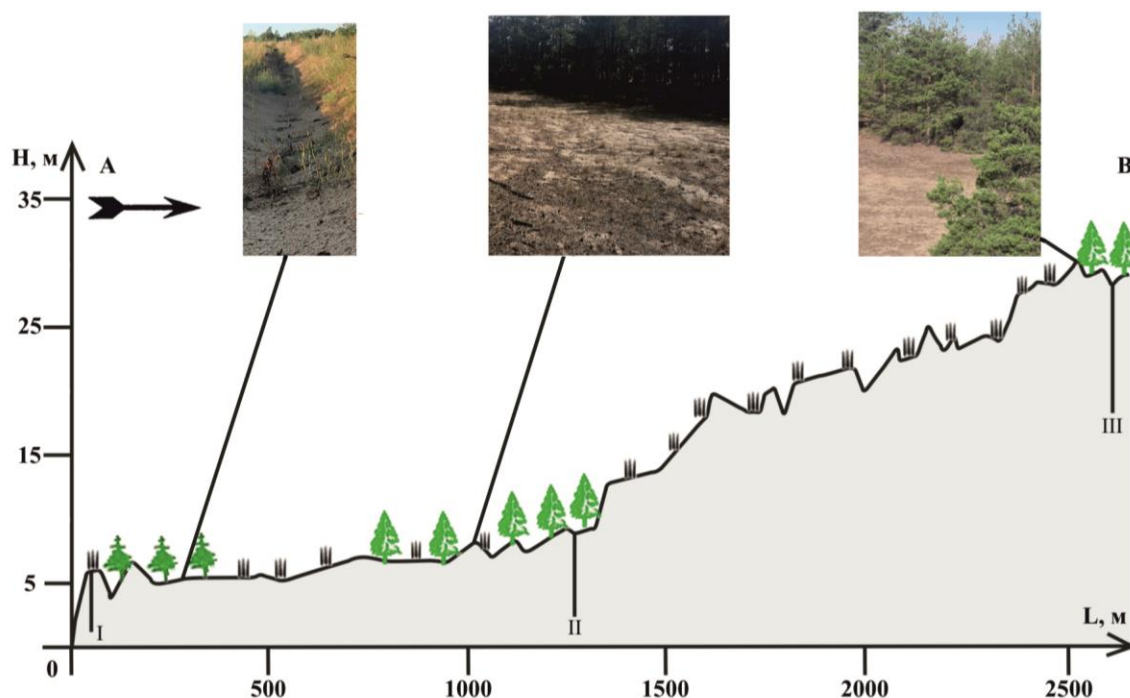


Рисунок 4.13 – Расположение ключевого участка «Верхнечирский» на территории песчаного массива

На втором этапе выполнения работ, после проведения рекогносцировочного

осмотра выполнено нивелирование местности методом из середины. Участок характеризует типичные природные условия западной части массива. На данном ключевом участке ландшафтно-экологический профиль проложен в северо-восточном направлении по азимуту 80-95° протяженностью 2726 м. Начальной точкой профиля являлась пойма оз. Чиганакское, окончанием – лесной массив сосны обыкновенной (рисунок 4.14).



Средний уклон, °	1,2	0,9	1,2	0,4	0,4	0,6	0,5	0,6	0,8	0,6
H max, м	5,5	6,9	7,2	7,0	6,9	6,9	8,1	9,3	30,1	29,2
H min, м	0	4,1	4,9	6,6	6,6	6,5	6,6	7,5	9,3	27,6
Тип почвенного покрова	А		Б						В	
Тип растительного покрова	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
Ландшафт	1	2		3	2	3	2	3	2	3

Условные обозначения: - сосновые культуры; - молодые лесонасаждения сосны; - степная растительность; - места бурения скважин. **Почвенный покров:** А - псаммоземы гумусовые; Б - гумусовые типичные; В - псаммоземы гумусовые типичные. **Тип растительного покрова:** а - разнотравная степь; б - посадки сосны. **Ландшафты:** 1 - заросшие пески; 2 - открытые и слабозаросшие пески; 3 - хвойные лесонасаждения

Рисунок 4.14 – Ландшафтно-экологический профиль на ключевом участке «Верхнечирский» (высота над уровнем оз. Чиганакское)

Начало маршрута профиля характеризуется крутым подъемом от озера на 5 м и наличием молодых сосновых лесонасаждений возрастом 2-3 года. После молодых

посадок местность представлена песчаным бугристым и грядовым рельефом. В середине ландшафтно-экологического профиля расположены сосновые лесонасаждения, а также горельники, которые являются следами пожара 2004 г.

Средний уклон колеблется в пределах от 0,4 до 1,2° здесь зафиксировано три типа склона по Прокаеву В. И. (1975): ровные (от 0,0 до 0,4°) расположены от 750 до 1000 м на профиле; ровные, близкие к горизонтальным (от 0,5 до 1,0°) являются преобладающим типом, занимая почти половину маршрута профилирования; очень пологие (от 1,0 до 3,0°) зафиксированы в начале ландшафтно-экологического профиля. Максимальная высота над уровнем оз. Чиганакское – 30,1 м, а самая большая разница между перепадами высот – 20,8 м.

На территории осуществлено бурение трех скважин на глубину 3 м вдоль линии профиля для установления почвенного покрова (рисунок 4.15).

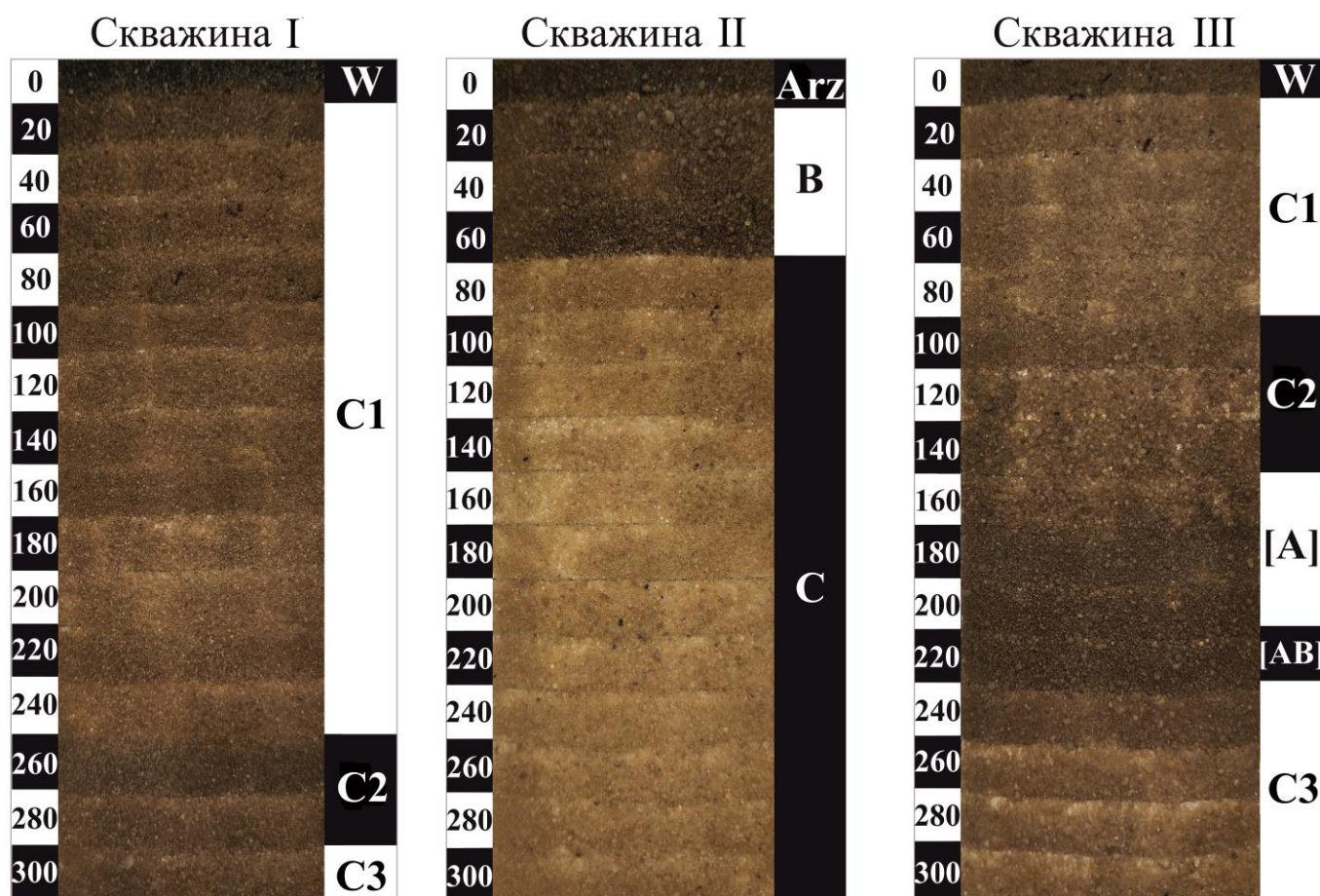


Рисунок 4.15 – Почвенные колонки «Верхнечирский» (глубина в см)

Первая скважина пробурена возле оз. Чиганакское. Почва псаммозем гумусовый (W-C1-C2-C3): W (0-20 см), цвет 10YR 2/1 (черный), песчаный, бесструктурный; C1 (20-260 см), цвет 10YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; C2 (260-300 см), цвет 10YR 4/3 (коричневый), песчаный, бесструктурный; C3 (от 300 см), цвет 10YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный.

Вторая расположена на территории лесонасаждений взрослой сосны на середине маршрута профилирования. Почва гумусовая типичная (Arz-B-C): Arz (0-20 см), цвет 10YR 3/3 (темно-коричневый), песчаный, бесструктурный; B (20-80 см), цвет 10YR 4/3 (коричневый), песчаный, бесструктурный; C (80-300 см), цвет 10YR 6/4 (светло-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный.

Третья скважина бурилась в конце маршрута профилирования, где расположен массив защитных лесонасаждений. Почва псаммозем гумусовый типичный (W-C1-C2-[A]-[AB]-C3): W (0-20 см), цвет 10YR 4/2 (темно-серовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; C1 (20-100 см), цвет 10YR 5/4 (желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; C2 (100-160 см), цвет 10YR 5/3 (коричневый), песчаный, бесструктурный; [A] (160-220 см), цвет 10YR 3/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; [AB] (220-240 см), цвет 10YR 3/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; C3 (240-300 см), цвет неоднородный 10YR 5/3 (коричневый), 10YR 6/4 (светло-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный.

На протяжении линии профиля и по всему ключевому участку описывалась растительность. Были выделены три основных ее типа: пойменная растительность, разнотравная степь, сосновые лесонасаждения.

– В пойме оз. Чиганакское произрастают: клен татарский (*Acer tataricum* L.), ива остролистная (*Salix acutifolia* Willd.), тополь черный (*Populus nigra* L.), осина обыкновенная (*Populus tremula* L.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), ежевика сизая (*Rubus caesius* L.), конский щавель (*Rumex confertus* Willd.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), осока колхидская (*Carex colchica* J.Gay), череда трехраздельная (*Bidens tripartita* L.), дикая спаржа (*Asparagus acutifolius* L.), мята

луговая (*Mentha arvensis* L.).

– Степная растительность представлена разнотравьем: осока песчаная (*Carex arenaria* L.), василек русский (*Centaurea ruthenica* Lam.), чабрец палласа (*Thymus pallasianus* Heinr.Braun), типчак желобчатый (*Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin), ковыль песчаный (*Stipa pennata* subsp. *sabulosa* Pacz.), львиный зев (*Antirrhinum* L.), молочай Сегье (*Euphorbia seguieriana* Neck.) вейник наземный (*Calamagrostis epigéjos* (L.) Roth), цмин песчаный (*Helichrysum arenarium* L.), различные виды полыни (*Artemisia*), раkitник русский (*Chamaecytisus ruthenicus* Fisch. ex Woł.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), дикая рожь (*Secale cereale* L.), несколько видов мхов (*Muscus*) и лишайников (*Lichenes*). При этом необходимо отметить, что к середине ландшафтно-экологического профиля видовой состав степной растительности значительно беднее, чем в начале. В посадках середины маршрута профиля

– Сосновые лесонасаждения размещены в середине и в конце профиля, они представлены сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) III-го бонитета по Орлову М. М. (1911). В начале маршрута ландшафтно-экологического профиля были зафиксированы молодые лесонасаждения сосны крымской (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Lamb.), высаженные на месте сгоревших.

На этапе экстраполяции выполнено дешифрирование территории ключевого участка космических снимков Landsat-5, 8, 9 и Sentinel-2, с 2003 по 2024 гг. Для анализа динамики ландшафтов выделены основные их виды в автоматическом режиме, выполнена полуавтоматическая классификация раstra с обучением и ручной корректировкой данных (рисунок 4.16).

В 2003 г. на территории исследования открытые и слабозаросшие пески носили очаговый характер распространения и были сосредоточены в центральной зоне участка. На 2015 и 2024 гг. они стали занимать западную, южную и центральную части территории. Такая динамика открытых и слабозаросших песков повлекла за собой их трансформацию в заросшие и среднезаросшие пески, которые после пожара 2004 г. к 2024 не смогли полностью восстановиться. Хвойные лесонасаждения в 2003 г. занимали западную, центральную и восточную (возле озера) части местности. В

2015 г. после пожара основная часть сосновых насаждений сосредоточена на западе в виде одного лесного массива, а в 2024 г. наблюдается восстановление посадок в центральной части.

Проанализировав полученные карта-схемы, отражающие ретроспективу исследуемой территории с помощью инструмента «калькулятор полей», получены данные занимаемой площади каждого ландшафта на территории ключевого участка за 2003, 2015 и 2024 гг. (таблица 4.5).

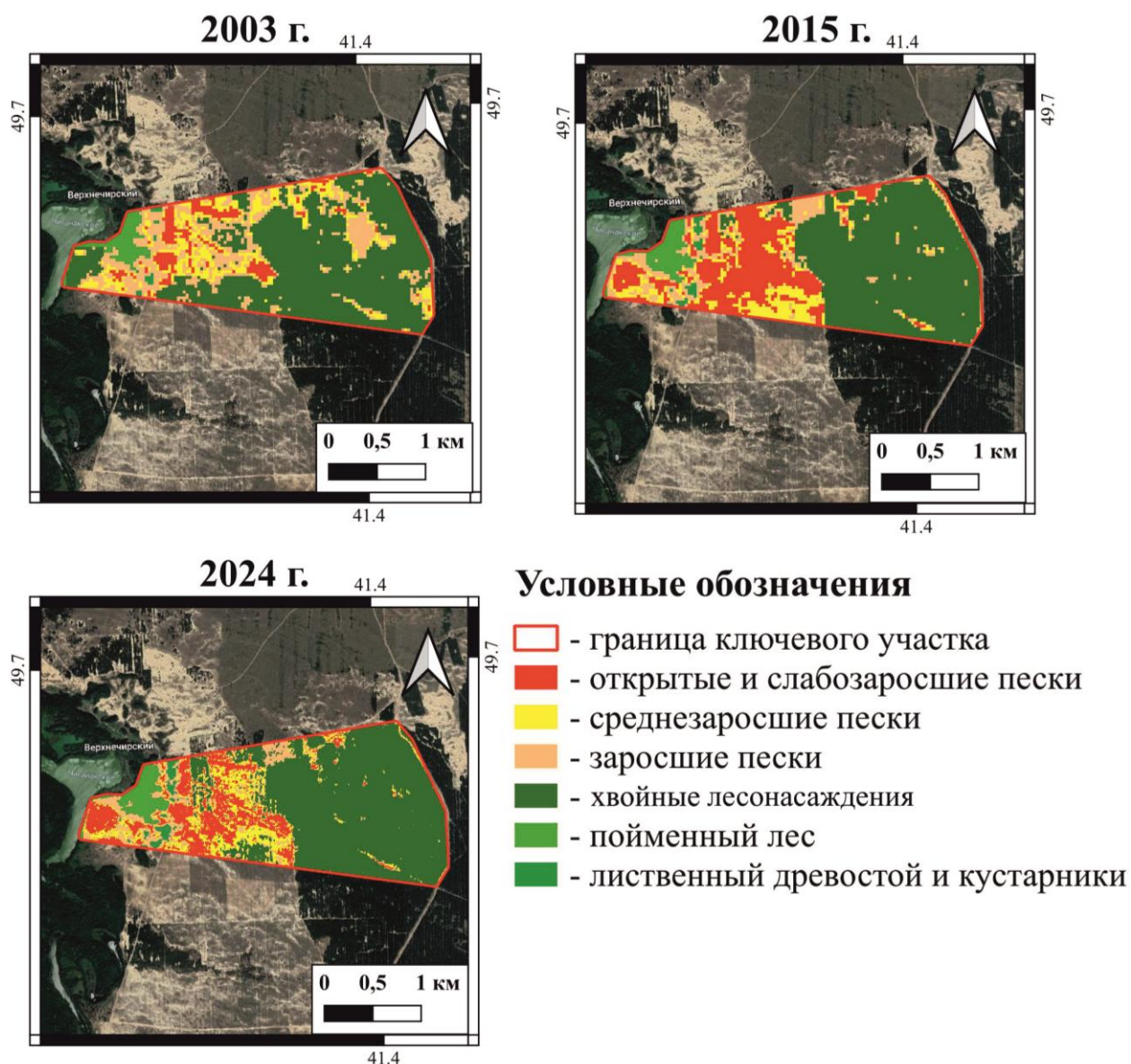


Рисунок 4.16 – Динамика ландшафтов ключевого участка «Верхнечирский» с 2003 по 2024 гг. (М 1:55000)

Таблица 4.5 – Динамика ландшафтов на территории ключевого участка «Верхнечирский» с 2003 по 2024 гг.

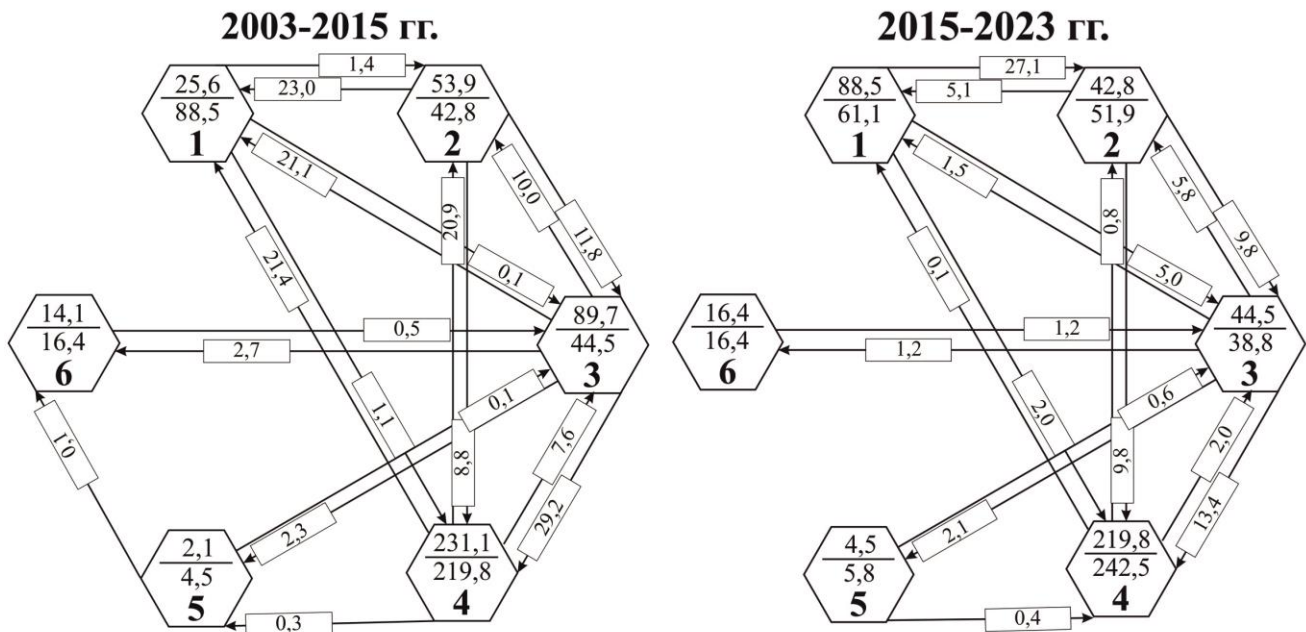
Ландшафт	Площадь, га		
	2003 г.	2015 г.	2024 г.
Открытые и слабозаросшие пески	25,6	88,5	61,1
Среднезаросшие пески	53,9	42,8	51,9
Заросшие пески	89,7	44,5	38,8
Хвойные лесонасаждения	231,1	219,8	242,5
Лиственный древостой и кустарники	2,1	4,5	5,8
Пойменный лес	14,1	16,4	16,4
Всего	416,5		

Открытые и слабозаросшие пески в 2003 г. занимали 6,2% от общей площади участка; среднезаросшие – 13,0%; заросшие – 21,5%; лиственный древостой и кустарники – 0,5%, хвойные лесонасаждения – 55,5%, пойменный лес – 3,4%. Коренное изменение экологической ситуации произошло в 2004 г. из-за пожара, в результате которого сгорели лесонасаждения сосны в южной и восточной части участка. Так наиболее заметная разница в занимаемой территории между 2003 и 2015 гг. наблюдалась на открытых и слабозаросших песках и составила 62,9 га, среднезаросших – 11,1 га, заросших – 45,2 га. Хвойные лесонасаждения незначительно изменили занимаемую площадь (сократилась на 11,3 га). С применением методов дистанционного зондирования Земли, было установлено, что ландшафт, к которому относятся открытые и слабозаросшие пески занимал 14,7% от всей территории участка, среднезаросшие – 12,5%, заросшие – 9,3%, хвойные лесонасаждения – 58,2%, лиственный древостой и кустарники – 1,4% и пойменный лес – 3,9%. На основе полученной информации можно сделать вывод о том, что занимаемая площадь открытых и слабозаросших песков с 2015 по 2024 гг. сократилась на 27,4 га, среднезаросших на 9,1 га, а заросших на 5,7 га.

Дальнейшее исследование было направлено на установление причин трансформации ландшафтов. Для этого составлялись ориентированные графы, на которых показана подробная модель процессов за периоды с 2003 по 2015 гг. и с 2015 по 2023 гг. (рисунок 4.17).

Проанализировав полученные изображения, можно сделать вывод о том, что все

типы песков активно трансформировались. Исключением является отсутствие переходов между пойменным лесом и открытыми и слаборосшими, а также среднеросшими песками. Первостепенной причиной нестабильности площади ландшафтов, как отмечалось выше по тексту, является пожар, который произошел в 2004 г. с последующим периодом восстановления экологического состояния территории. В промежуток с 2015 по 2024 гг. на динамику площади песков оказывали влияние две причины. Во-первых, на данной местности проводились лесомелиоративные мероприятия по восстановлению сосновых массивов. Во-вторых, ключевой участок расположен в зоне перевеваемых песков, где частые сильные ветра выдувают семена травянистой растительности, что снижает темпы зарастания, а также отмечается наличие глубоко залегающего уровня грунтовых вод (5-10 м).



Условные обозначения:

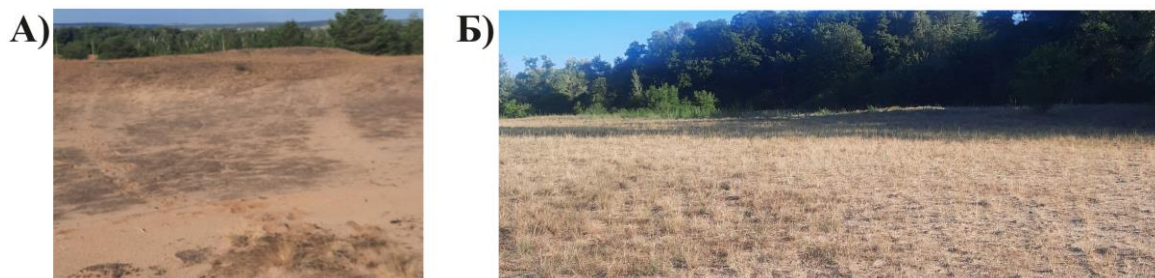
- 1 - открытые и слаборосшие пески; 2 - среднеросшие пески;
- 3 - заросшие пески; 4 - хвойные лесонасаждения; 5 - лиственный
- древостой и кустарники; 6 - пойменный лес

Рисунок 4.17 – Ориентированные графы трансформации ландшафтов на ключевом участке «Верхнечирский»

Увеличение площади хвойных лесонасаждений связано не только с проведенными лесомелиоративными мероприятиями, но и распространением самосева сосны. В тоже время лиственный древостой и кустарники стали занимать те территории, на которых до пожара находились хвойные защитные лесонасаждения. Ландшафт пойменного леса

активно трансформировался в заросшие пески.

Предпоследним этапом являлся выезд на местность для уточнения сомнительных участков (рисунок 4.18)



Условные обозначения: **А** - уточнение переходов разных типов песков; **Б** - уточнение границы лиственного древостоя.

Рисунок 4.18 – Уточнение сомнительных участков «Верхнечирский»

При дешифрировании потребовалось уточнение участков границ лиственного древостоя и кустарников, а также песков различной степени зарастания. Уточнение на местности границ песков связано с тем, что низкое пространственное разрешение спутника не позволяет их точно выделить в местах, где идет их частое чередование (если от границы одного ландшафта песков до другого менее 10 м на местности), лиственной растительности – из-за крон деревьев, которые закрывают собой часть заросших песков.

Для оценки экологического состояния рассматриваемой территории была проведена классификация ландшафтов согласно установленным рангам и рассмотрена динамика Ил за 2003, 2015 и 2024 гг. Открытые и слабозаросшие, а также среднезаросшие пески относятся к четвертому рангу; заросшие пески к третьему; хвойные лесонасаждения, лиственный древостой и кустарники, пойменный лес к первому (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Динамика измененности ландшафтов на территории ключевого участка «Верхнечирский» с 2003 по 2024 гг.

Ландшафт	Ранг	2003 г.	2015 г.	2024 г.
Открытые и слабозаросшие пески	4	0,25	0,85	0,59
Среднезаросшие пески	4	0,52	0,41	0,50

Заросшие пески	3	0,65	0,32	0,28
Хвойные лесонасаждения	1	0,55	0,53	0,58
Лиственный древостой и кустарники	1	0,01	0,01	0,01
Пойменный лес	1	0,03	0,04	0,04
Всего	–	2,01	2,16	2,00

Открытые и слабозаросшие пески в период с 2003 по 2015 гг. увеличили свой балл на 0,60 с годовым средним приростом показателя 0,05 балла. Общее значение индекса в 2024 г. составило 0,59 балла, что на 0,26 меньше, чем в 2015 г. Среднезаросшие пески показали высокий балл в 2003 г., а самый низкий – в 2015 г. Общая разница в значении показателя является незначительным между 2003 и 2024 гг., составив 0,02 балла. На заросших песках за весь временной период показатель снижался. Значительная разница баллов на данном ландшафте была зафиксирована с 2003 и 2015 гг., которая составила 0,33. Значение у хвойных лесонасаждений в пределах от 0,53 до 0,58 баллов. Показатель в лиственном древостое и кустарниках, пойменном лесу оставался стабильным с 2003 по 2024 гг. По результатам полученных значений для каждого ландшафта был рассчитан общий Ил территории (рисунок 4.19).

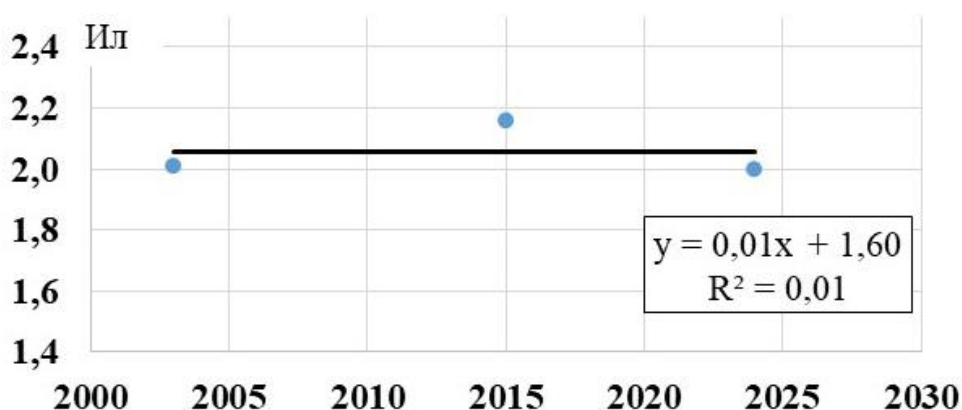


Рисунок 4.19 – Динамика индекса измененности ландшафта на ключевом участке «Верхнечирский»

Ключевой участок на всем протяжении рассматриваемого временного периода относился к территории со слабым уровнем деградации и подверженности процессам

опустынивания, т.е. к уровню «норма». Данный уровень поддерживался за счет того, что более половины от общей площади участка в совокупности составляли защитные лесонасаждения, лиственный древостой и кустарники, пойменный лес.

4.4. Ключевой участок «Андроповский»

Ключевой участок «Андроповский» площадью 1708 га расположен в центральной части песчаного массива возле х. Андроповский и х. Солдатовский на территории Шолоховского района Ростовской области. С севера он ограничен р. Зимовная, с юга – сельскохозяйственными полями, с востока – дорогой без асфальтового покрытия, с запада – границей открытых песков и пойменным лесом р. Зимовная (рисунок 4.20).

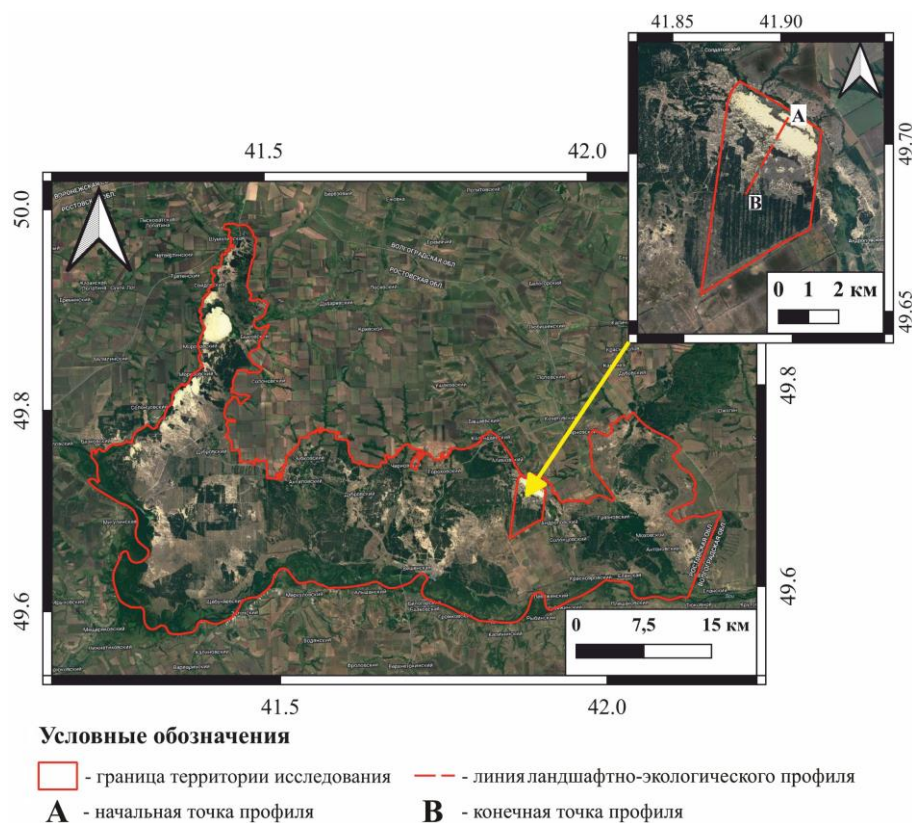
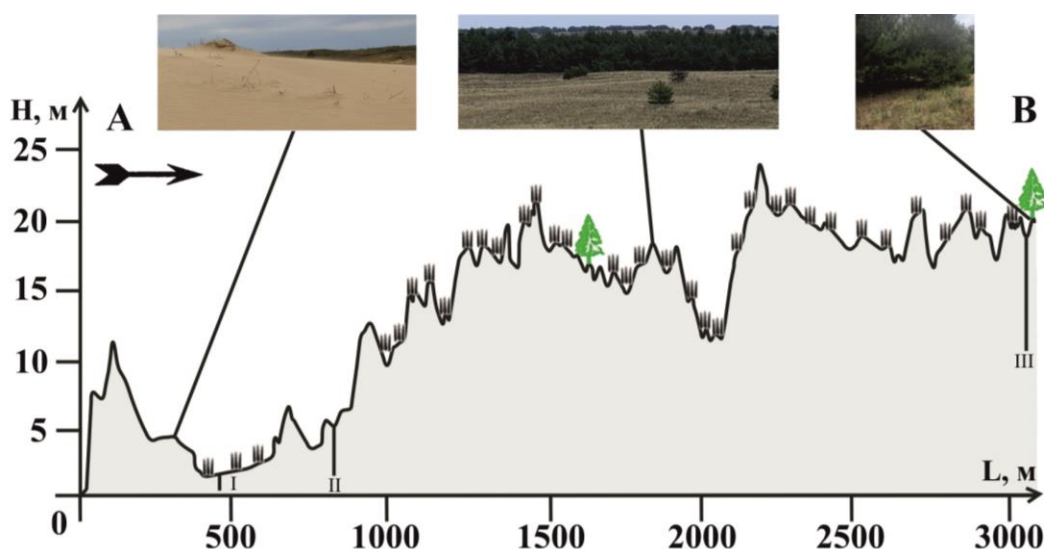


Рисунок 4.20 – Расположение ключевого участка «Андроповский» на территории песчаного массива

При анализе территории песчаного массива по спутниковому снимку отмечен очаг опустынивания, расположенный в северной части рассматриваемого участка. На предварительном этапе были выделены следующие ландшафты: открытые и слабозаросшие пески, среднезаросшие, заросшие пески, хвойные лесонасаждения, лиственный древостой и кустарники. На северо-востоке ключевого участка протекает р. Зимовная, которая представляет собой выход грунтовых вод на поверхность [132]. Для проведения этапа полевого эталонирования определен маршрут ландшафтно-экологического профиля (рисунок 4.21).

При выполнении второго этапа проложен профиль в юго-юго-западном направлении по азимуту 210-220° протяженностью 3073 м. Начальной точкой являлся урез воды в меженный период р. Зимовная, окончанием – лесной массив, состоящий из лесонасаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestri* L.).



Средний уклон, °	1,7	1,1	1,4	0,5	0,6	1,1	1,4
Н max, м	12,1	3,1	14,5	22,4	16,3	23,8	18,9
Н min, м	0	2,6	3,1	0,8	15,9	12,3	18,0
Тип почвенного покрова	А	Б	А	Б		В	
Тип растительного покрова	-	а	-	а	б	а	б
Ландшафт	1	2	1	2	3	2	3

Условные обозначения: ■ - степная растительность; 🌲 - лесонасаждения сосны; I, II, III - места бурения скважин.
Почвенный и непочвенный покров: А - пески; Б - гумусово-стратифицированные поверхностно-псевдофибровые; В - гумусовые постагrogenные. **Тип растительного покрова:** а - типчакково-полынная степь; б - лесонасаждения сосны. **Ландшафты:** 1 - открытые и слабозаросшие пески; 2 - заросшие пески; 3 - хвойные лесонасаждения.

Рисунок 4.21 – Ландшафтно-экологический профиль на ключевом участке «Андроповский» (высота над уровнем р. Зимовная)

На данном профиле переход от начала маршрута к основной части сопровождался резким подъемом на местности (около 7,5 м). Также хорошо прослеживались переходы к пескам с различной степенью проективного покрытия. На местности отмечены открытые пески, заросшая депрессия (древний водоток р. Зимовная) и заросшие пески. Массивы хвойных лесонасаждений расположены в середине и конце профиля. На протяжении маршрута профилирования зафиксировано два типа крутизны склонов по классификации Прокаева В. И. (1975): ровные, близкие к горизонтальным (от 0,5 до 1,0°) в середине профиля и очень пологие (от 1,0 до 3,0°) на оставшихся участках. Максимальная высота над уровнем р. Зимовная составляет 23,8 м. По линии профиля, буровым методом, проводился отбор проб на трех скважинах для установления типа почвенного покрова (рисунок 4.22).

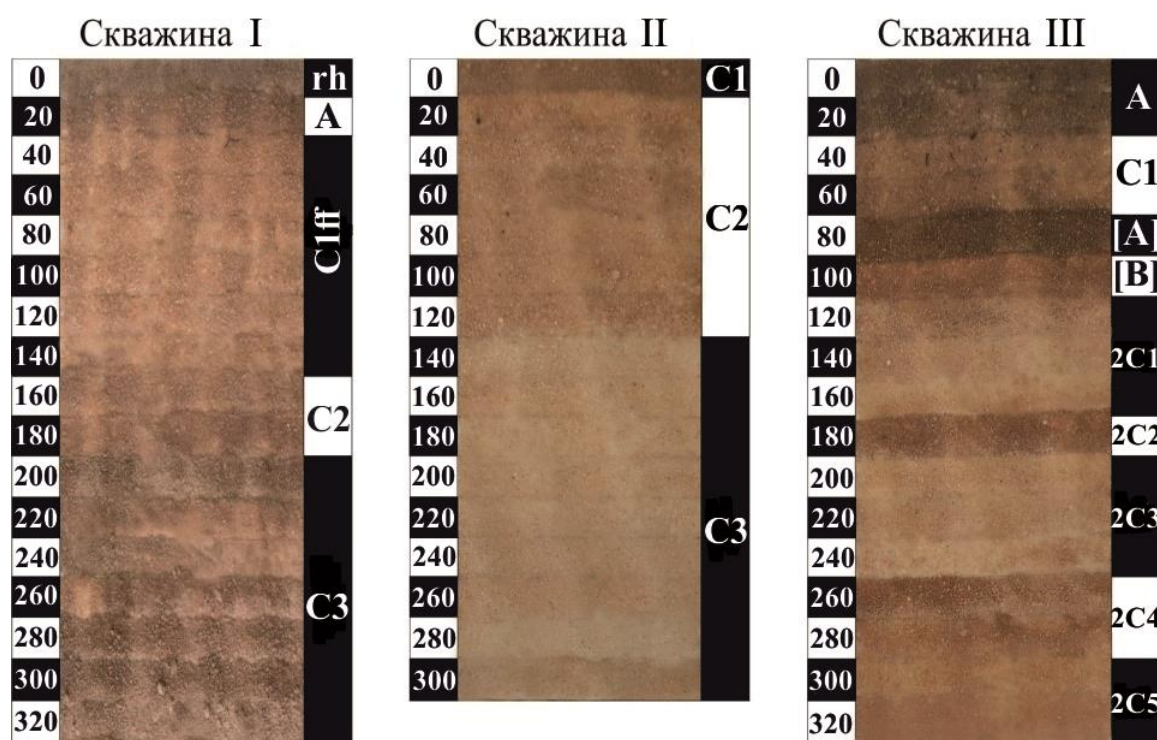


Рисунок 4.22 – Почвенные колонки «Андроповский» (глубина в см)

Первая скважина расположена в начале ландшафтно-экологического профиля на территории древнего водотока. Почва гумусово-стратифицированная (rh-A-C1ff-C2-C3): rh (0-20 см), цвет 10YR 4/3 (коричневый), песчаный, бесструктурный; A (20-40 см), цвет 10YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный;

C1ff (40-160 см), цвет 10YR 4/6 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный, с псевдофибрами; C2 (160-200 см), цвет 10YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый; C3 (200-320 см), цвет 10YR 4/3 (коричневый), супесчаный, бесструктурный.

Вторая скважина – в котловине выдувания на открытых песках. Почва – пески (C1-C2-C3): C1 (0-20 см), цвет 10YR 5/3 (коричневый), песчаный, бесструктурный; C2 (20-140 см), цвет 10YR 6/4 (светло-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; C3 (140-300 см), цвет неоднородный 2,5Y 7/3 (бледно-коричневый), 2,5Y 8/2 (светло-коричневый), 2,5Y 7/2 (светло-серый), песчаный, бесструктурный.

Третья расположена в конце маршрута профилирования возле посадок сосны обыкновенной. Почва гумусовая постагрогенная (A-C1-[A]-[B]-2C1-2C2-2C3-2C4-2C5): A (0-40 см), цвет 10YR 4/2 (темно-серовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; C1 (40-80 см), цвет 10YR 4/3 (коричневый), песчаный, бесструктурный; [A] (80-100 см), цвет 10YR 4/2 (темно-серовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; [B] (100-120 см), цвет 10YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бес-структурный; 2C1 (120-180 см), цвет 10YR 5/4 (желто-коричневый), песчаный, бес-структурный; 2C2 (180-200 см) .цвет 10YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; 2C3 (200-260 см), цвет 10YR 6/3 (бледно-коричневый), песчаный, бесструктурный; 2C4 (260-300 см), цвет 10YR 5/4 (желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; 2C5 (300-320 см), цвет 10YR 6/6 (коричневато-желтый), песчаный, бесструктурный.

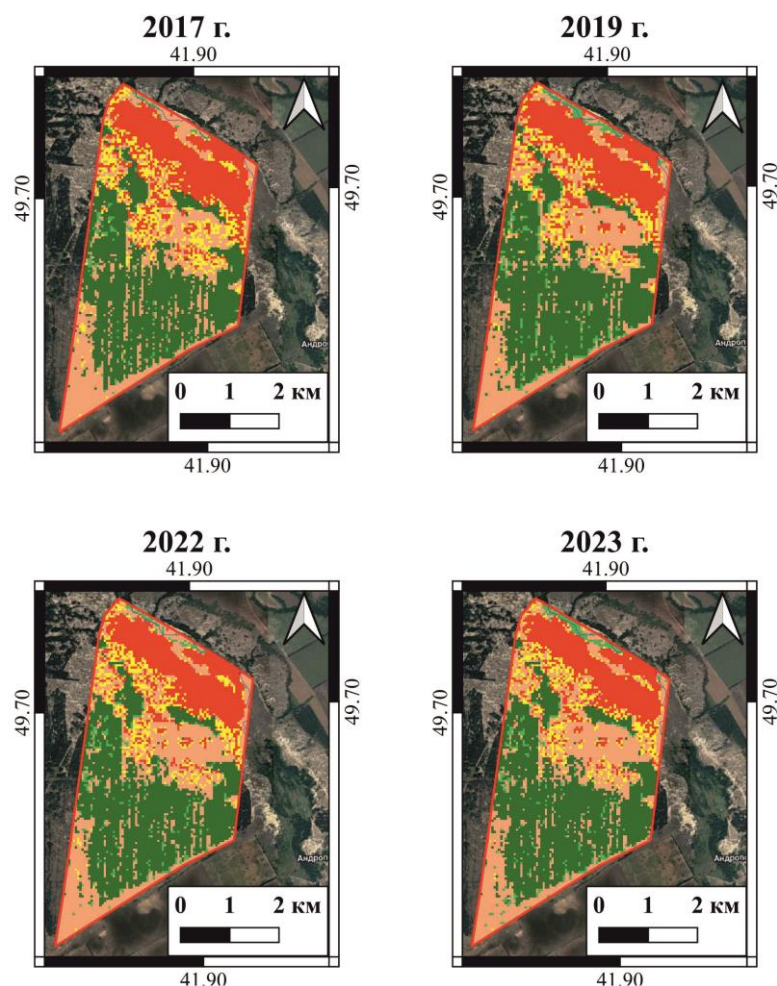
По линии профиля были выделены три основных типа растительности:

– Степная растительность представлена – типчаково-полынное разнотравье: различные виды полыни (*Artemisia*), типчак желобчатый (*Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin), пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.), костер ржаной (*Bromus secalinus* L.), цмин песчаный (*Helichrysum arenarium* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.).

– Сосновые лесонасаждения: состоят из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по Орлову М. М. (1911) в середине профиля IV бонитет, а в конце – I бонитет.

На этапе экстраполяции, на основе спутниковых снимков Landsat-8, 9, Sentinel-2 и применения методов дешифрирования была выполнена краткосрочная ретроспектива рассматриваемой территории за 2017, 2019, 2022 и 2023 гг. (рисунок 4.23).

Согласно полученным карта-схемам, на всем протяжении рассматриваемого временного периода открытые и слабозаросшие пески сосредоточены в северной части ключевого участка. Среднезаросшие пески расположены в северной части (около массива, который образуют открытые и слабозаросшие пески) и небольших по площадям зонах на востоке.



Условные обозначения

- | | | | |
|---|----------------------------------|---|-------------------------------------|
|  | - граница ключевого участка |  | - заросшие пески |
|  | - открытые и слабозаросшие пески |  | - хвойные лесонасаждения |
|  | - среднезаросшие пески |  | - лиственный древостой и кустарники |

Рисунок 4.23 – Динамика элементов ландшафтов ключевого участка «Андроповский» с 2017 по 2023 гг.

Заросшие пески распространены в центральной и южной частях участка, в том числе и среди сосновых лесонасаждений. Хвойные лесонасаждения, занимают практически полностью южную часть участка, также встречаясь отдельными массивами около открытых и слабозаросших песков. Лиственный древостой и кустарники сосредоточены в северной части ключевого участка в метрах с близким залеганием грунтовых вод или выхода их на поверхность, а также среди хвойных лесонасаждений. Полученные сведения о динамике ландшафтов на территории исследуемого участка были систематизированы и представлены в табличном виде (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Динамика измененности ландшафтов на территории ключевого участка «Андроповский» с 2017 по 2023 гг.

Ландшафт	Площадь, га			
	2017 г.	2019 г.	2022 г.	2023 г.
Открытые и слабозаросшие пески	368,2	337,3	324,5	301,3
Среднезаросшие пески	177,9	129,2	139,9	132,6
Заросшие пески	489,4	495,7	532,1	549,2
Хвойные лесонасаждения	636,5	659,6	643,7	644,5
Лиственный древостой и кустарники	36,0	86,2	67,8	80,4
Всего	1708,0			

Открытые и слабозаросшие пески, в период 2017-2023 гг. постепенно сократили занимаемую площадь (с 21,6% до 17,7%). Доля среднезаросших песков с 2017 по 2019 гг. резко уменьшилась на 48,7 га, но в 2022 г. увеличилась на 10,7 га. В 2023 г. данный ландшафт занимал 7,8% территории ключевого участка. Заросшие пески постепенно увеличили свою площадь, что особенно заметно в период с 2019 по 2022 гг. В 2023 г. они вместе с лесонасаждениями сосны занимали около 3/4 рассматриваемой территории. Хвойные лесонасаждения с 2017 по 2019 гг. произрастали на 38,6% участка. В 2022-2023 гг. их площадь сократилась менее чем на 1 га. Лиственный древостой и кустарники в 2017 г. составляли всего 2,1%, а в 2019 г. – 5,0%. В 2023 г. они увеличили свою площадь по отношению к 2022 г. на 12,6 га.

Следующим шагом являлось составление ориентированных графов, которые были получены в результате наложения друг на друга shp-файлов в программе QGIS

за периоды с 2017 по 2019 гг., с 2019 по 2022 гг., с 2022 по 2023 гг. для установления причин трансформации ландшафтов на рассматриваемой территории песчаного массива (рисунок 4.24).

Уменьшение занимаемой территории открытыми и слабозаросшими песками и их трансформацией в среднезаросшие и заросшие связано с климатическим фактором. С 2017 по 2023 гг. наблюдался период с осадками выше среднего значения в 433 мм, что повлияло на увеличение степени зарастания среднезаросших песков и повлекло увеличение занимаемой площади заросших.

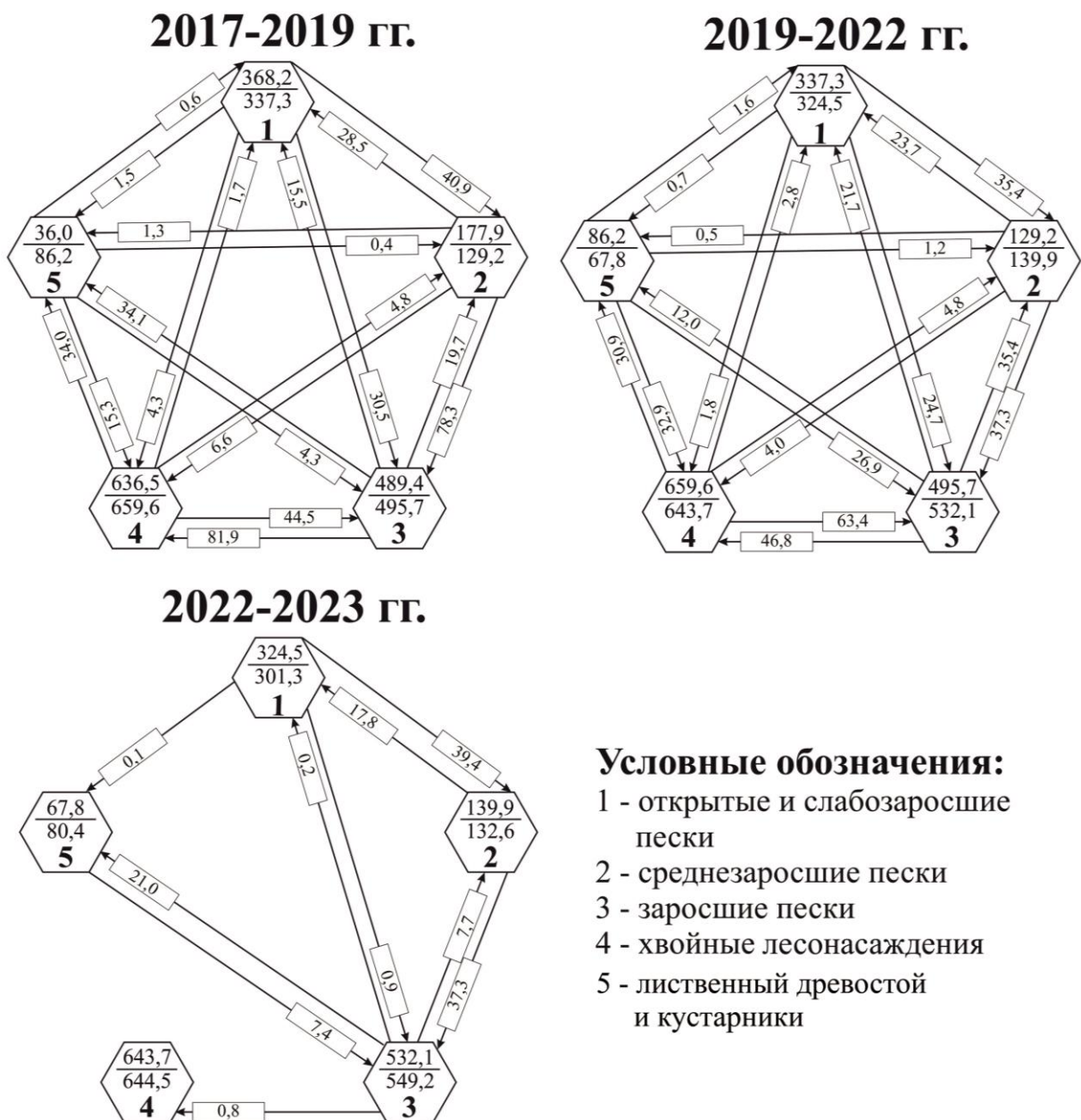
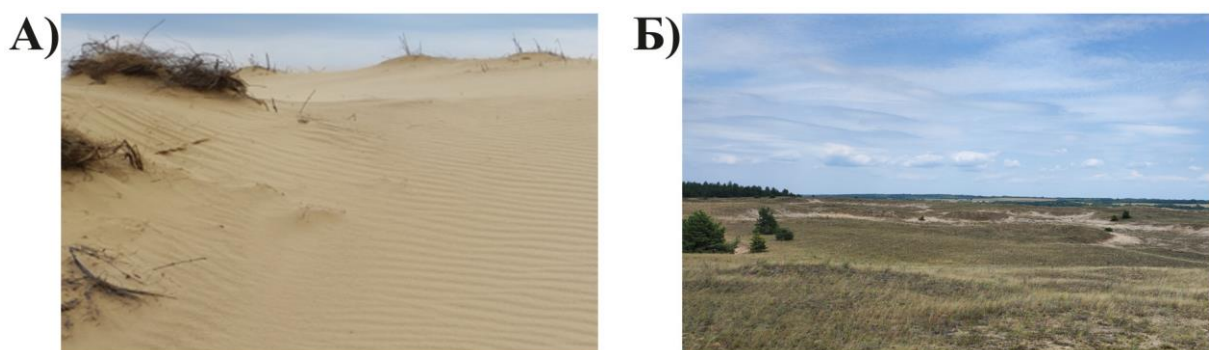


Рисунок 4.24 – Ориентированные графы трансформации ландшафтов на ключевом участке «Андроповский»

Общей причиной зарастания песков является также малое количество дефляционноопасных ветров из-за наличия защитных лесных насаждений и аренных лесов вокруг исследуемой территории. У хвойных лесонасаждений выявлены активные процессы трансформации с заросшими песками и лиственным древостоем. Увеличение площади защитных лесных насаждений связано с ростом самосева, а их деградация – с неблагоприятными лесорастительными условиями возле открытых и слабозаросших песков. Площадь лиственного древостоя и кустарников в основном изменялась на севере ключевого участка. Это связано с близким залеганием уровня грунтовых вод, который напрямую влияет на возможность их произрастания в условиях песчаных земель. Второй причиной является угнетение сосной лиственных кустарников, находящихся внутри защитных лесных массивов.

Следующим этапом являлся дополнительный выезд на местность для уточнения сомнительных участков, которые возникли при дешифрировании (рисунок 4.25).



Условные обозначения: **А** - уточнение наличия травянистой растительности на открытых и слабозаросших песках; **Б** - уточнения наличия лиственного древостоя и кустарников на заросших песках.

Рисунок 4.25 – Уточнение сомнительных участков «Андроповский»

Ими оказались участки травянистой растительности на открытых и слабозаросших песках, представленный единично лиственный древостой и кустарники на заросших песках, что связано с низким пространственным разрешением спутниковых снимков. Один пиксель составляет 10 м² на местности, что не всегда позволяет фиксировать небольшие объекты на местности.

Последний этап представлял расчет Ил для оценки состояния экологической напряженности на территории ключевого участка. Для этого каждый ландшафт был соотнесен с рангом земель. К четвертому рангу были отнесены открытые и слабозаросшие, среднезаросшие пески, к третьему – заросшие пески и к первому – хвойные лесонасаждения, лиственный древостой и кустарники (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Динамика измененности ландшафтов на территории ключевого участка «Андроповский» с 2017 по 2023 гг.

Ландшафт	Ранг	2017 г.	2019 г.	2022 г.	2023 г.
Открытые и слабозаросшие пески	4	0,86	0,79	0,76	0,71
Среднезаросшие пески	4	0,42	0,30	0,33	0,31
Заросшие пески	3	0,86	0,87	0,93	0,96
Хвойные лесонасаждения	1	0,37	0,39	0,38	0,38
Лиственный древостой и кустарники	1	0,02	0,05	0,04	0,05
Всего Ил	–	2,53	2,40	2,44	2,41

С 2017 по 2023 гг. наблюдалась постоянная динамика, направленная на снижение балла открытых и слабозаросших песков, что является положительным явлением, т.к. это свидетельствует о снижении доли сильнодеградированных земель в формировании общей экологической напряженности. В среднезаросших песках за период с 2017 по 2019 гг. балл уменьшился на 0,12, что как было установлено ранее, является следствием процесса их зарастания. Заросшие пески напротив, увеличили свое влияние на формирование экологического состояния территории. С 2017 по 2023 гг. их балл увеличился на 0,10. Хвойные лесонасаждения на всем протяжении рассматриваемого периода имели стабильное значение, в пределах 0,02 балла. Лиственный древостой и кустарники увеличили свой балл на 0,03. В 2017 г. на участке «Андроповский» наблюдался умеренный уровень деградации со сниженной устойчивостью экосистем, т.е. был уровень индекса измененности ландшафтов – «риск». Общий Ил с 2019 по 2023 г. позволил отнести территорию к уровню «норма» со слабым уровнем деградации и развития процессов опустынивания даже с учетом

того, что на ней представлен очаг открытых и слабозаросших песков, который при сохранении благоприятных тенденций может начать постепенно зарастать (рисунок 4.26).

В результате установлено, что на ключевом участке за период с 2017 по 2023 гг. общий тренд Ил направлен на снижение общего балла, т.е. наблюдался процесс улучшения экологического состояния за счет положительного преобразования ландшафтов.

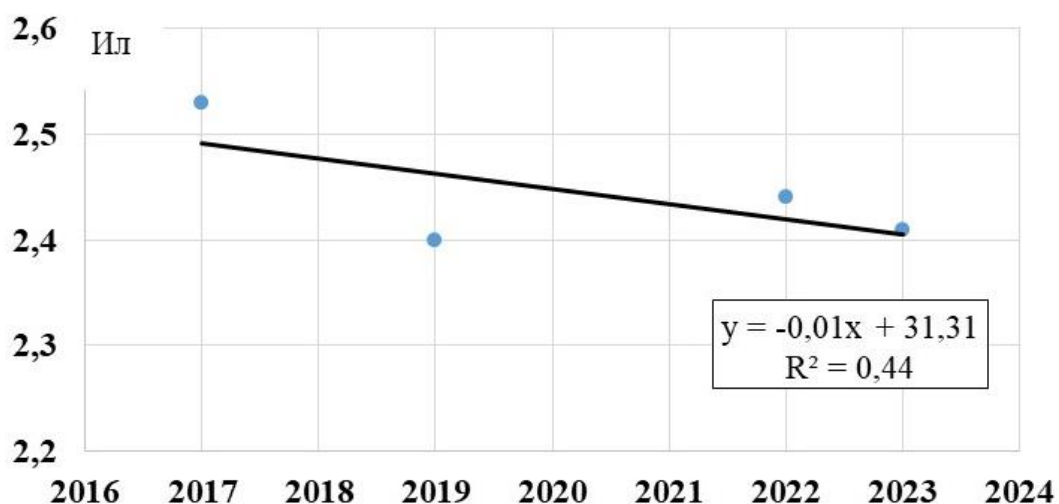


Рисунок 4.26 – Динамика индекса измененности ландшафта на ключевом участке «Андроповский»

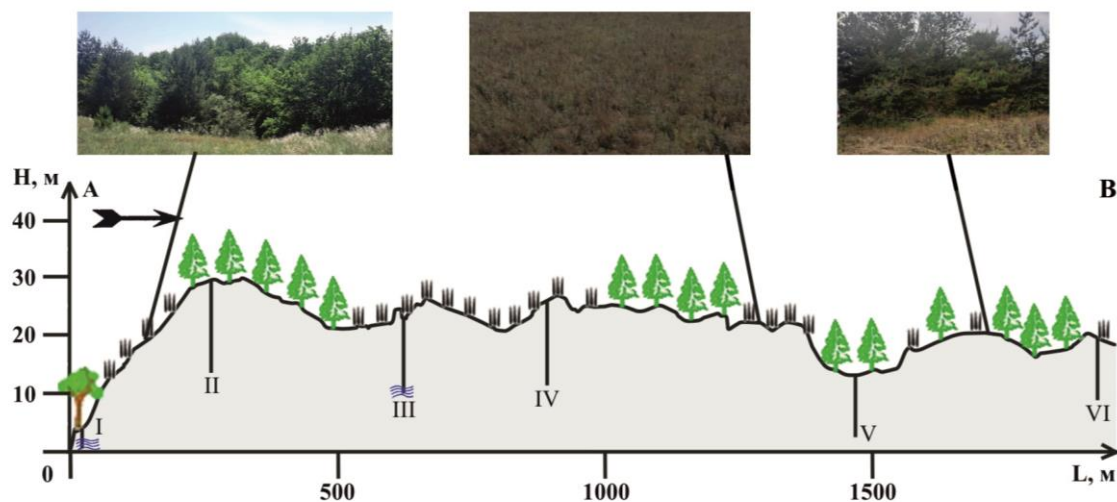
В 2019 г. наблюдалось его снижение до 2,4, что может быть связано с увеличением занимаемой площади лиственным древостоем и кустарниками, хвойными лесонасаждениями и заросшими песками.

4.5. Ключевой участок «Еланская»

Ключевой участок «Еланская» площадью 248 га расположен к западу от станции Еланская, возле р. Дон. На юге ограничен поймой р. Дон, на востоке ст.

период, окончание – за посадкой сосны обыкновенной в северной части участка (рисунок 4.28).

Рельеф профиля характеризуется постепенным подъемом от р. Дон на надпойменную террасу. Максимальное значение среднего уклона составляет $4,9^\circ$, минимальное – $0,2^\circ$.



Средний уклон, $^\circ$	2,5	4,9	0,8	1,3	0,7	0,7	1,2	1,1	1,4	0,2	2,5	0,9
H max, м	4,9	28,6	29,8	27,5	24,8	22,1	19,6	16,1	17,4	18,0	17,6	20,5
H min, м	0	4,9	22,5	22,5	21,3	19,6	12,4	13,2	16,9	17,4	16,1	20,0
Тип почвенного покрова	A	Б		В	Г		В					
Тип растительного покрова	a	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c	b
Ландшафт	1	2	3	2	3	4	3	4	3	4	5	4

Условные обозначения: - пойменный лес; - степная растительность; - сосновые лесонасаждения; - уровень грунтовых вод; - места бурения скважин. **Почвенный покров:** А - аллювиальные светлогумусовые типичные; Б - гумусовые типичные; В - светлогумусовые типичные; Г - светлогумусовые золово-гумусово аккумулятивные. **Тип растительного покрова:** а - пойменный лес; б - типчаково-ковыльная степь; с - сосновые лесонасаждения. **Ландшафты:** 1 - пойменный лес; 2 - среднезаросшие пески; 3 - хвойные лесонасаждения; 4 - заросшие пески; 5 - водоохранная лесная полоса

Рисунок 4.28 – Ландшафтно-экологический профиль ключевого участка «Еланская» (высота над уровнем р. Дон)

По классификации крутизны склонов Прокаева В. И. (1975) были зафиксированы следующие уклоны: ровные (менее $0,5^\circ$); ровные, близкие к горизонтальным (от $0,5$ до 1°); очень пологие (от 1 до 3°); и пологие (от 3 до 5°). Максимальная высота составляет $27,5$ м над уровнем р. Дон.

На ключевом участке осуществлено бурение шести скважин (рисунок 4.29) для определения почвенного покрова вдоль линии профиля буром Кулика Н. Ф.:

– Первая скважина расположена в пойменном лесу около р. Дон. Почва аллювиальная светлогумусовая типичная (A-C1-C2-C3-C4): A (0-20 см), цвет 10YR 3/2 (очень темный серовато-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый; C1 (20-160 см), цвет 10YR 5/3 (коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый; C2 (160-180 см), цвет 10 YR 4/2 (темно-серовато-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый; C3 (180-370 см), цвет 10 YR 4/3 (коричневый), 10YR 3/3 (темно-коричневый), 10YR 5/3 (коричневый) и 10YR 7/3 (очень бледно-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый, также обнаружен обломочный материал; C4 (370-440 см), цвет 10YR 7/3 (очень бледно-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый, содержит обломочный материал.

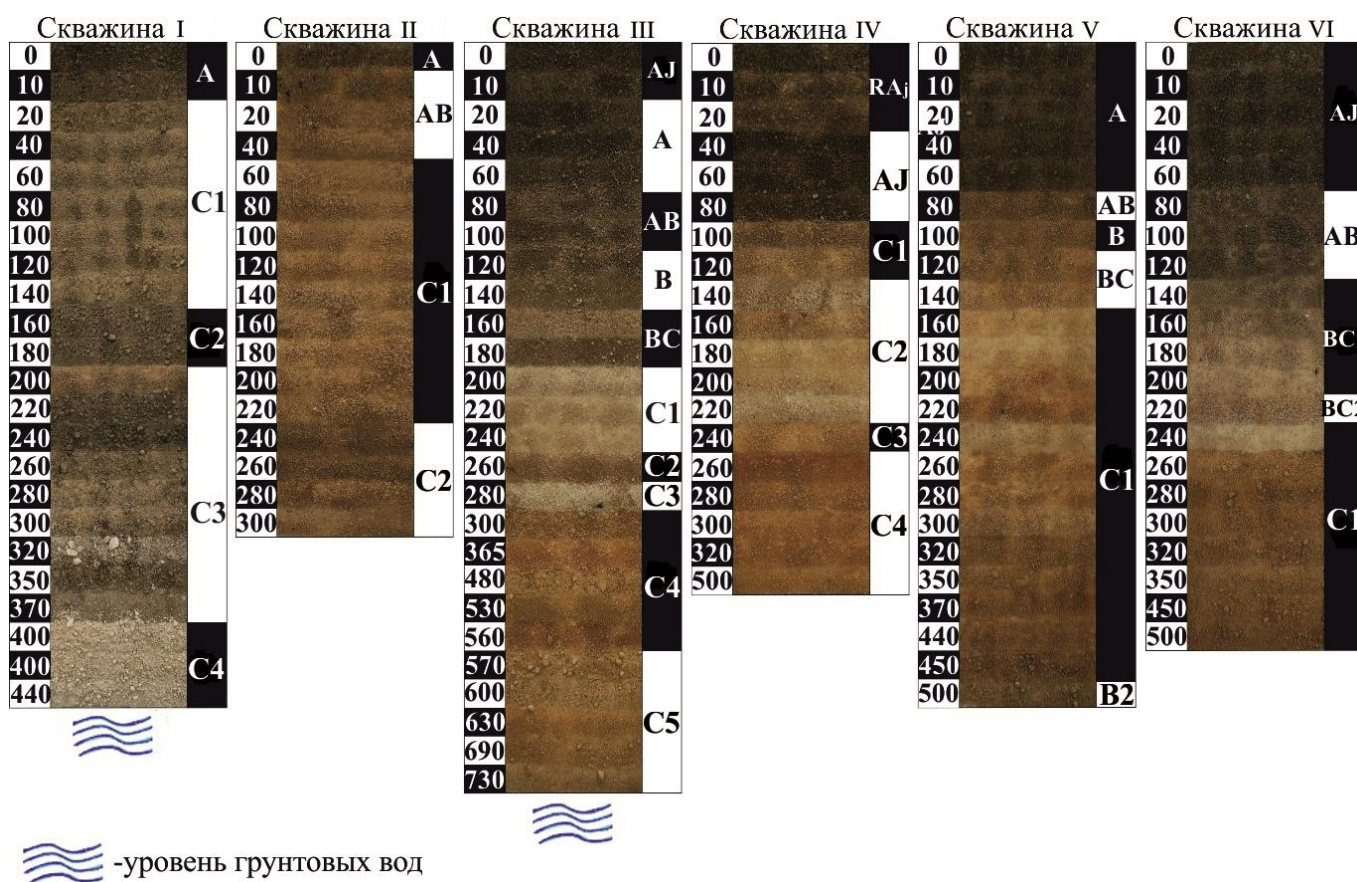


Рисунок 4.29 – Почвенные колонки «Еланская» (глубина в см)

Вторая скважина расположена после подъема на надпойменную террасу в посадках угнетенной сосны обыкновенной. Почва гумусовая типичная (А-АВ-С1-С2): А (0-10 см), цвет 10YR 3/3 (темно-коричневый), песчаный, бесструктурный; АВ (10-40 см), цвет 10YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; С1 (40-220 см), цвет 10YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; С2 (220-300 см), цвет 10YR 3/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный.

Третья скважина была пробурена в межбугровом понижении, после первого массива защитных лесных лесонасаждений. Почва светлогумусовая типичная (АJ-А-АВ-В-ВС-С1-С2-С3-С4-С5): АJ (0-10 см), цвет 7,5YR 3/2 (темно-коричневый), песчаный, бесструктурный с дерниной; А (10-60 см), цвет 7,5YR 3/1 (светло-серый), песчаный, бесструктурный; АВ (60-100 см), цвет 7,5YR 3/2 (темно-коричневый), песчаный, бесструктурный; В (100-140 см), цвет 7,5YR 3/2 (темно-коричневый), песчаный, бесструктурный; ВС (140-180 см), цвет неоднородный 10YR 5/3 (коричневый), 10YR 4/3 (коричневый), песчаный бесструктурный; С1 (200-240 см), цвет 10YR 6/3 (бледно-коричневый), песчаный, бесструктурный; С2 (260-280 см), цвет 10YR 5/3 (коричневый), песчаный бесструктурный; С3 (280-300 см), цвет 2,5YR 7/2 (бледно-красный), песчаный, бесструктурный; С4 (300-560 см), цвет неоднородный 10YR 4/6 (темно-желтый коричневый), 10YR 5/6 (желтовато-коричневый), 10YR 5/4 (желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; С5 (560-730 см), цвет неоднородный 10YR 5/8 (желтовато-коричневый), 10YR 5/4 (желтовато-коричневый), 10YR 6/3 (светло-коричневый). На глубине 730 см достигнут уровень грунтовых вод.

Четвертая скважина расположена на участке, заросшем травянистой степной растительностью перед посадками сосны в середине маршрута профилирования. Почва светлогумусовая эолово-гумусово-аккумулятивная (RАj-АJ-С1-С2-С3-С4): RАj (0-20 см), цвет 10YR 3/3 (темно-коричневый), песчаный, бес-структурный; АJ (20-80 см), цвет 10 YR 3/2 (очень темный серовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; С1 (80-120 см), цвет 10 YR 4/3 (коричневый), песчаный, бесструктурный; С2 (120-220 см), цвет неоднородный 10 YR 6/4 (светло-желтовато-

коричневый), 10YR 6/6 (коричневато-желтый), 10YR 6/3 (бледно-коричневый), песчаный, бесструктурный; С3 (220-240 см), цвет 10YR 6/6 (коричне-вато-желтый), песчаный, бесструктурный; С4 (240-500 см), цвет 10YR 4/6 (темно-желтовато-коричневый), супесчаный, не-прочно-комковатый.

Пятая скважина была пробурена в посадке сосны обыкновенной. Почва светлогумусовая типичная (А-АВ-В-ВС-С1-В2): А (0-60 см), цвет 10YR 3/2 (очень темный серовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; АВ (60-80 см), цвет 10YR 3/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; В (80-100 см), цвет 10YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; ВС (100-140 см), цвет 10 YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый; С1 (140-450 см) цвет неоднородный 10YR 6/4 (светло-желтовато-коричневый), 10YR 5/6 (желто-коричневый), 10 YR 5/4 (желтовато-коричневый), 10 YR 4/6 (темно-желтовато-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый; В2 (450-500 см), цвет 10YR 6/4 (светло-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный.

Шестая скважина расположена после водоохранной лесной полосы. Почва светлогумусовая типичная (АJ-АВ-ВС1-ВС2-С1): АJ (0-60 см), цвет 10YR 2/1 (черный), песчаный, бесструктурный; горизонт АВ (60-120 см), цвет 10YR 3/2 (очень темный серовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; ВС1 (120-200 см), цвет 10YR 5/3 (коричневый). песчаный, бесструктурный; ВС2 (200-220 см), цвет 10YR 5/3 (коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый; С1 (240-500 см), цвет 10YR 5/4 (желтовато-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый.

На протяжении ландшафтно-экологического профиля была описана растительность. На местности выделены три основных ее типа:

– Пойменный лес: в нем произрастают клен татарский (*Acer tataricum* L.), ива остролистная (*Salix acutifolia* Willd.), тополь черный (*Populus nigra* L.), осина обыкновенная (*Populus tremula* L.), вяз (*Ulmus* L.).

– Степная растительность: представлены различные виды полыни (*Artemisia*), типчак желобчатый (*Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin), пырей ползучий (*Elymus repens* L.), костер полевой (*Bromus arvensis* L.), цмин песчаный (*Helichrysum arenfrrium* L.), тысячелистник желтый (*Achillea millefolium* L.).

– Сосновые лесонасаждения: представлены сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). При таксономическом описании лесного массива по бонитеровочной шкале Орлова М. М. (1911) [8] лесонасаждения отнесены к V бонитету. У многих деревьев на данном участке отмечена многоствольность. В середине и конце ландшафтно-экологического профиля сосновые лесонасаждения относятся ко II бонитету.

На этапе экстраполяции для проведения ретроспективного анализа были дешифрованы спутниковые снимки Landsat-4, 5, 8 и Sentinel-2 за 1985, 1995, 2005, 2015 и 2023 гг. (рисунок 4.30).

При визуальной оценке карт установлено, что открытые и слабозаросшие пески в 1985 г. были распределены практически по всей территории участка. В остальные года они располагались в восточной и южной частях ключевого участка. Хвойные лесонасаждения разделены на два массива. Первый расположен возле пойменного леса, а второй на надпойменной террасе, севернее ст. Еланская. Заросшие пески в 2005 г. занимали наибольшую часть ключевого участка. К 2015 г. они сильно деградировали в центральной и восточной части рассматриваемой территории и перешли в среднезаросшие пески.

Открытые и слабозаросшие пески в период 1985-2023 гг. значительно сократили занимаемую площадь (с 28,4 % до 5,9%). Доля среднезаросших песков с 1985 по 2005 гг. резко уменьшилась на 31,3 га, но в период с 2005 по 2015 гг. увеличилась на 48,9 га. В 2023 г. данный ландшафт занимал 16,6% территории участка. Заросшие пески увеличили занимаемую площадь, что особенно заметно в период с 1985 по 2005 гг. К 2023 г. в совокупности с хвойными лесонасаждениями они составили около 3/4 рассматриваемой территории. Сосновые защитные лесонасаждения постепенно увеличили свою площадь (с 103,1 га в 1985 г. до 144,6 га в 2023 г.). Лиственный древостой и кустарники в 1985 г. составляли всего 0,5%, а в 2005 г. достигали максимума –7,4%. Водоохранная лесная полоса за рассматриваемый временной промежуток увеличила занимаемую территорию на 7,7 га, такая же динамика характерна для пойменного леса.

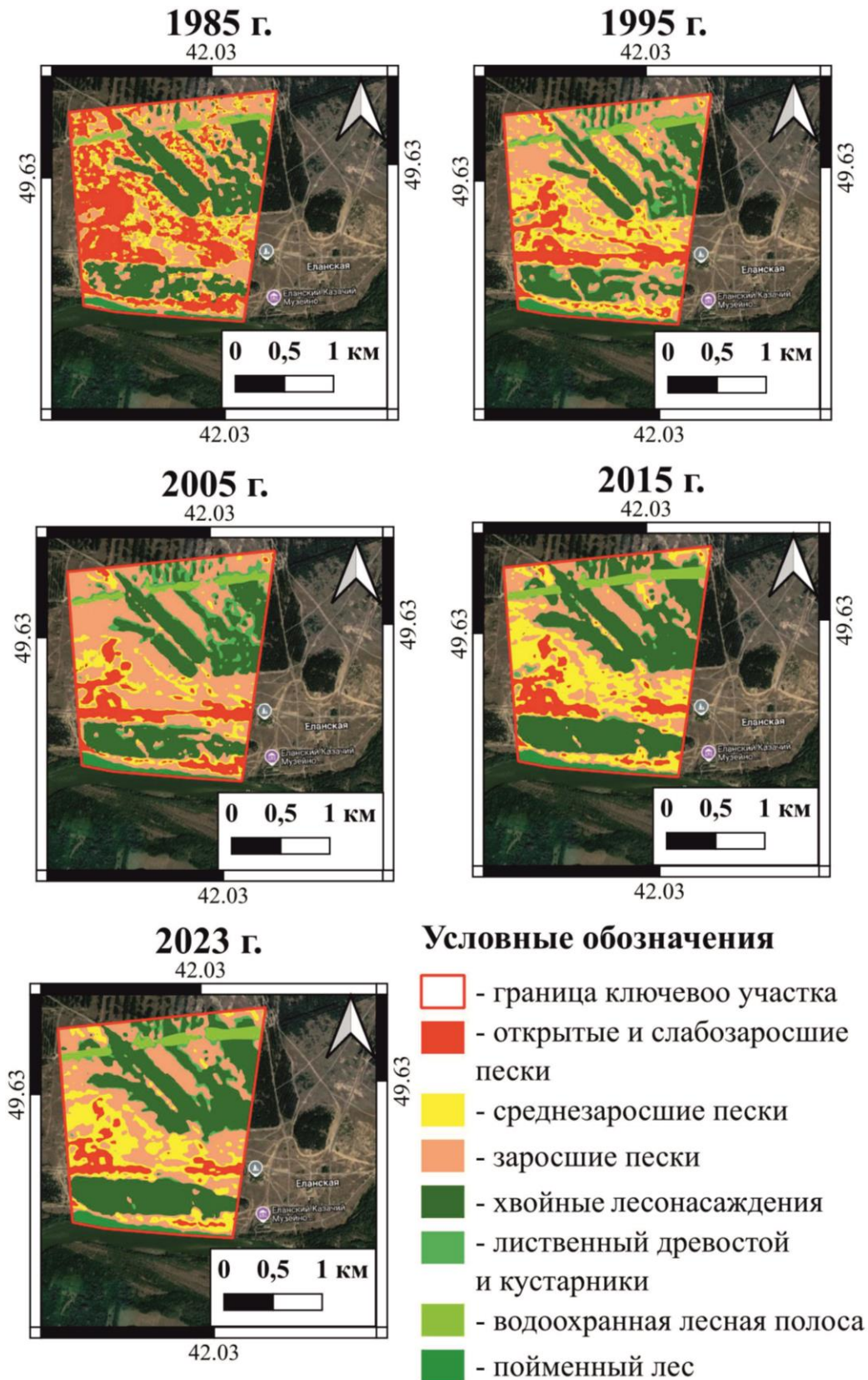


Рисунок 4.30 – Динамика ландшафтов ключевого участка «Еланская» с 1985 по 2023 гг.

После дешифрирования спутниковых снимков, получены сведения о динамике ландшафтов на территории исследуемого участка (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Динамика ландшафтов на территории ключевого участка «Еланская» с 1985 по 2023 гг.

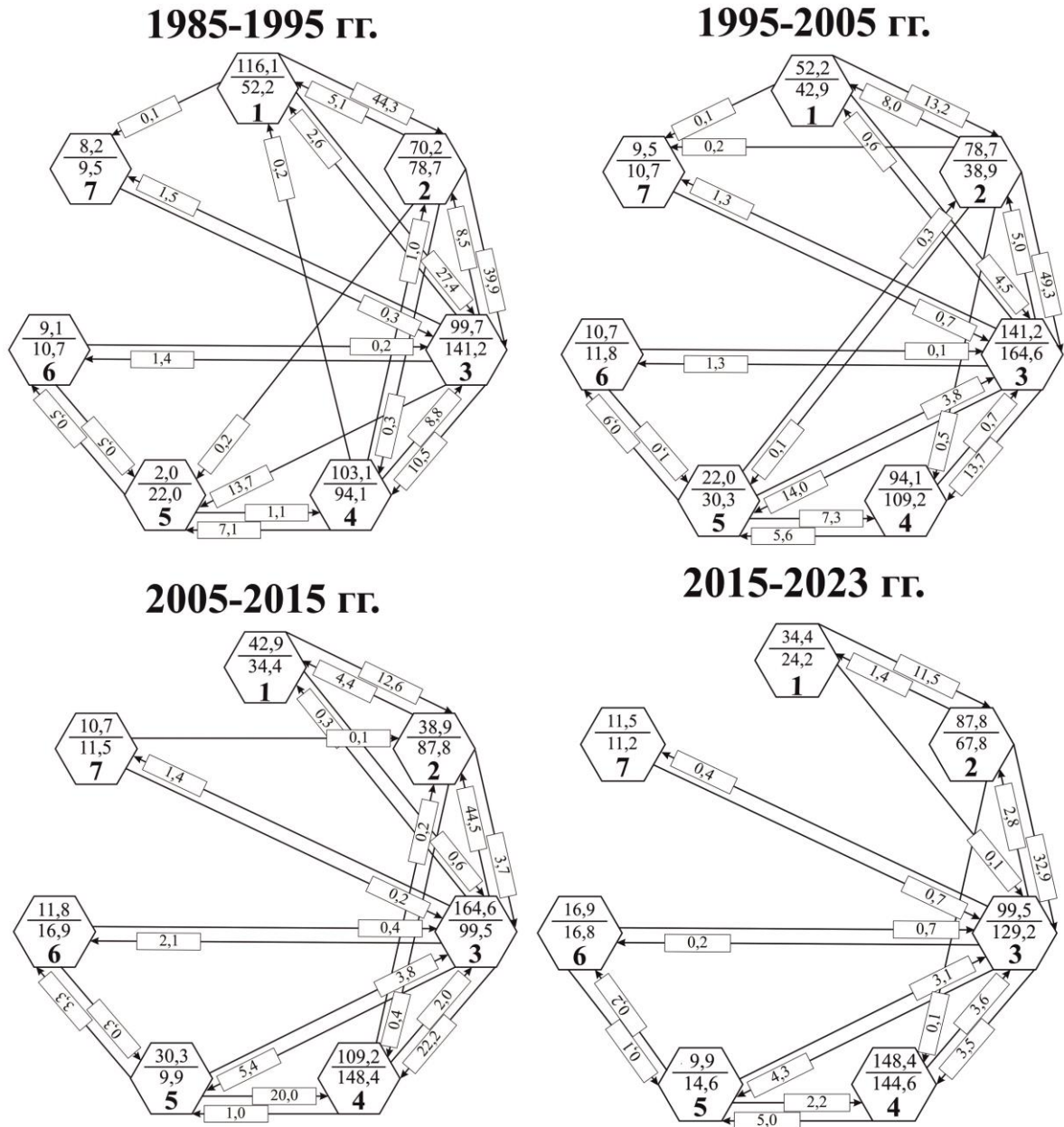
Ландшафт	Площадь, га				
	1985 г.	1995 г.	2005 г.	2015 г.	2023 г.
Открытые и слабозаросшие пески	116,1	52,2	42,9	34,4	24,2
Среднезаросшие пески	70,2	78,7	38,9	87,8	67,8
Заросшие пески	99,7	141,2	164,6	99,5	129,2
Хвойные лесонасаждения	103,1	94,1	109,2	148,4	144,6
Водоохранная лесная полоса	9,1	10,7	11,8	16,9	16,8
Лиственный древостой и кустарники	2,0	22,0	30,3	9,9	14,6
Пойменный лес	8,2	9,5	10,7	11,5	11,2
Всего	408,4				

Для установления причин трансформации ландшафтов были составлены ориентированные графы с 1985 по 1995 гг., с 1995 по 2005 гг., с 2005 по 2015 гг., с 2015 по 2023 гг. (рисунок 4.31).

В результате анализа установлено, что наиболее активные процессы трансформации характерны для песков различной степени зарастания. Открытые и слабозаросшие пески с 1985 по 1995 гг. активно заросли за счет уменьшения антропогенного воздействия на территорию, связанную с сокращением выпаса скота, что, в свою очередь, повлияло на увеличение площади среднезаросших и заросших песков. На дальнейшую динамику ландшафтов, после 1995 г. активно повлияли природно-климатические факторы. Увеличение или уменьшение занимаемой территории среднезаросшими песками напрямую связано с количеством выпавших атмосферных осадков и уровнем грунтовых вод и воды в р. Дон [109; 119].

За период с 1995 по 2005 гг. шесть из десяти лет количество осадков было выше среднего (433 мм), а с 2005 по 2015 гг. – недостаточным. Трансформация заросших песков в хвойные лесонасаждения происходила за счет увеличения самосева сосны и постепенного возобновления лесомелиоративных мероприятий. Сосновые лесонасаждения на некоторых участках уменьшили занимаемую территорию из-за отсутствия ухода за ними. На этих землях с 1985 по 1995 гг. распространились

кустарники. Лиственный древостой и кустарники активнее всего трансформировались в заросшие пески и хвойные лесонасаждения. Это объясняется их соседним расположением на местности, уменьшения количества выпавших осадков, снижением уровня грунтовых вод.



Условные обозначения:

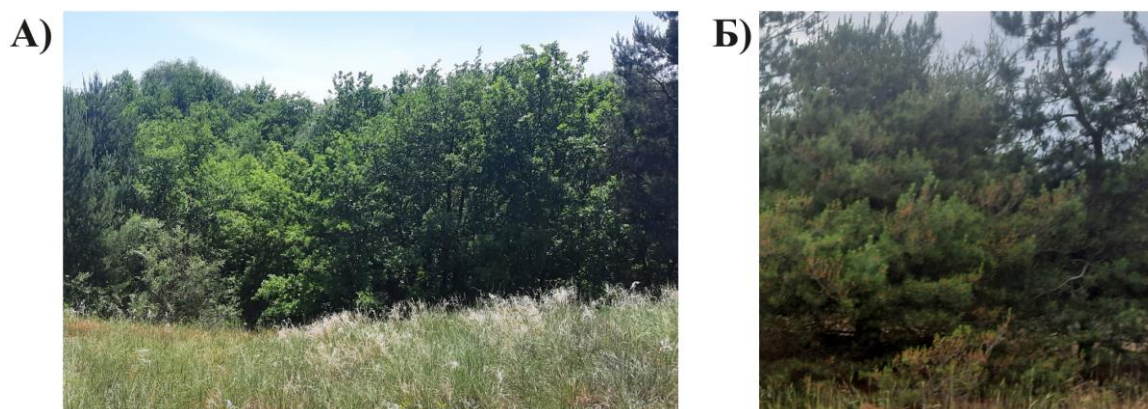
- 1 - открытые и слабозаросшие пески; 2 - среднезаросшие пески;
 3 - заросшие пески; 4 - хвойные лесонасаждения; 5 - лиственный древостой и кустарники; 6 - водоохранная лесная полоса; 7 - пойменный лес

Рисунок 4.31 – Ориентированные графы трансформации ландшафтов на ключевом участке «Еланская»

Пойменный лес увеличил занимаемую площадь за счет снижения антропогенной деятельности, которая связана не только с уменьшением рекреационной нагрузки, но и сокращением вырубке древесных пород. Отсутствие трансформации между данным ландшафтом, хвойными лесонасаждениями, водоохраной лесной полосой, и с 2005 г. открытыми и слабозаросшими песками объясняется их расположением на изучаемой местности.

После всех проведенных работ совершен выезд на ключевой участок с целью уточнения непосещенных и сомнительных участков (рисунок 4.32).

На данном ключевом участке при дешифрировании возникали трудности с выявлением точной границы пойменного леса, т.к. кроны деревьев частично перекрывали территории с заросшими песками. Второй основной трудностью являлось то, что иногда при использовании индексов или комбинации каналов спутникового снимка значения индекса или пикселя заросших песков совпадали с хвойными посадками, что особенно было заметно при использовании NDVI.



Условные обозначения: А - уточнение границы заросших песков и пойменного леса;
 Б - уточнение границы заросших песков и хвойных насаждений.

Рисунок 4.32 – Уточнение сомнительных участков «Еланская»

Выделенные для оценки экологического состояния ландшафты были дифференцированы по рангам. При этом отсутствуют второй (водные объекты) и пятый (селитебные территории) ранги. По степени измененности (нарушенности) ландшафта на ключевом участке отмечены все четыре уровня. Территории, относящиеся к первому рангу (лиственный древостой и кустарники, хвойные, пойменный лес) составляют более 70% участка. Земли третьего ранга состоят из

заросших песков и занимают порядка 32% территории. К четвертому рангу относятся открытые и слабозаросшие, среднезаросшие пески (около 22% территории всего участка) (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Динамика измененности ландшафтов на территории ключевого участка «Еланская» с 1985 по 2023 гг.

Ландшафт	Ранг	1985 г.	1995 г.	2005 г.	2015 г.	2023 г.
Открытые и слабозаросшие пески	4	1,14	0,51	0,42	0,34	0,24
Среднезаросшие пески	4	0,69	0,77	0,38	0,86	0,66
Заросшие пески	3	0,73	1,04	1,21	0,73	0,95
Хвойные лесонасаждения	1	0,25	0,23	0,27	0,36	0,35
Лиственный древостой и кустарники	1	0,01	0,05	0,07	0,02	0,04
Водоохранная лесная полоса	1	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Пойменный лес	1	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Всего Ил	–	2,86	2,65	2,41	2,38	2,31

Открытые и слабозаросшие пески в начале рассматриваемого временного периода имели высший балл, что связано с высокой их долей в общей территории участка. Но в связи с природно-климатическими факторами и уменьшением антропогенного влияния в 2023 г. было достигнуто значение в 0,24 балла, т.е. разница между началом и концом периода составила почти один балл (0,90 балла). Среднезаросшие пески получили наименьший балл в 2005 г. (0,38 балла), а наивысший в 2015 г. (0,86 балла). В заросших песках балл колеблется в значениях от 0,73, которое было достигнуто в 1985 и 2015 гг. и до 1,21 в 2005 г. Разница в лиственном древостое и кустарниках между 1985 и 2023 гг. составила 0,03 балла. Ландшафты пойменного леса и водоохранной лесной полосы были наиболее стабильными на протяжении рассматриваемого времени. Общий индекс измененности ландшафта территории исследования колеблется от уровня «риск» (значение в пределах 2,51-3,20 балла) с 1985 по 1995 гг., что означало умеренный уровень деградации, снижение продуктивности и устойчивости экосистем, до «нормы» (значение менее 2,50 балла) в последующие временные промежутки.

Процесс улучшения экологической ситуации на ключевом участке, прежде всего, связан со снижением интенсивности хозяйственной деятельности и возобновлению лесомелиоративных работ, а также оптимального состояния защитных лесонасаждений. За период с 1985 по 2023 гг. динамики Ил построен график (рисунок 4.33).

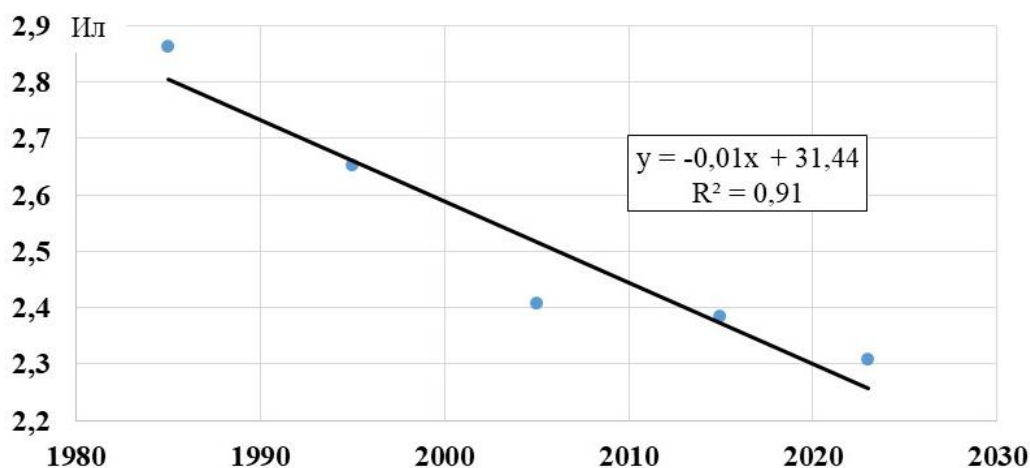


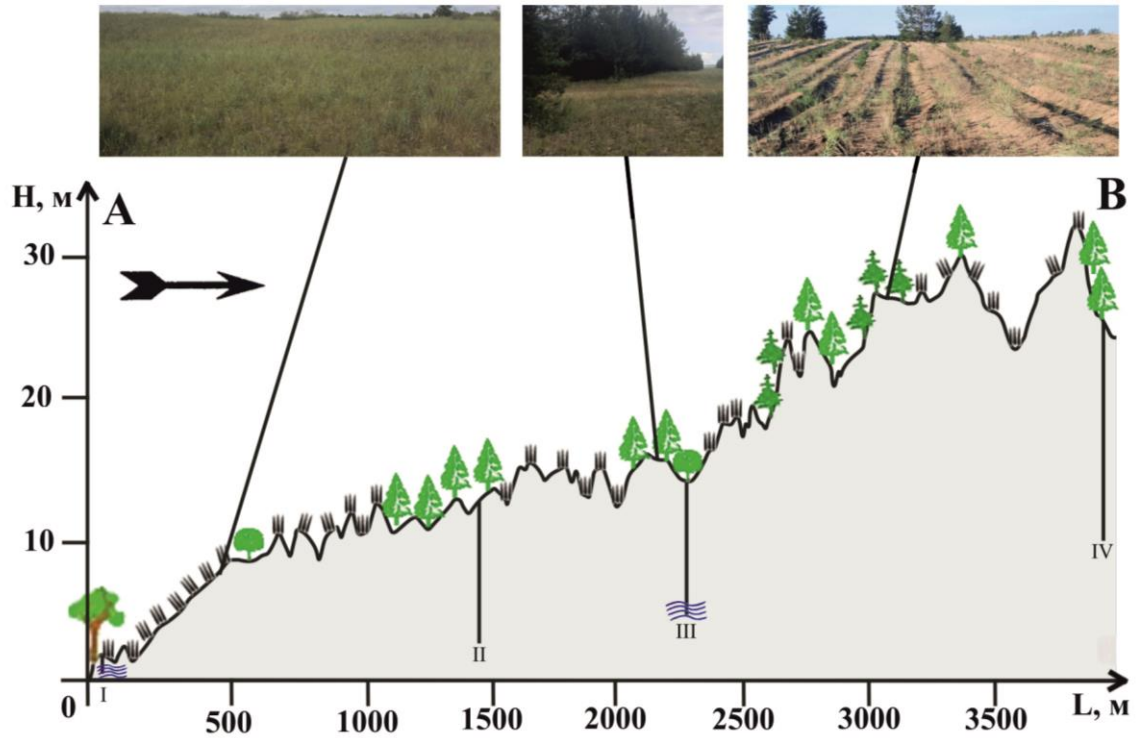
Рисунок 4.33 – Динамика индекса измененности ландшафта на ключевом участке «Еланская»

На основе полученных данных установлено, что на ключевом участке «Еланская» общий тренд динамики Ил направлен на снижение показателя и свидетельствует о том, что деградированные земли постепенно восстанавливаются, снижают темпы процессы дефляции. В дальнейшем это укрепит благоприятную экологическую обстановку.

4.6. Ключевой участок «Безбородовский»

Ключевой участок «Безбородовский» площадью 1301,0 га расположен в юго-восточной части песчаного массива. С севера он ограничен дорогой без асфальтового

Для местности характерной чертой рельефа является постепенный подъем от поймы р. Елань на надпойменную террасу. Вдоль линии профиля участки со степной растительностью чередуются со старовозрастными и молодыми лесонасаждениями сосны, а также участками открытых песков.



Средний уклон, °	1,6	0,7	0,7	0,7	0,5	0,9	0,7	0,7	0,4	0,8	1,3	1,2	0,3	0,7	1,4	0,7
H max, м	2,5	9,2	9,4	11,2	12,5	14,6	15,0	15,2	17,3	17,6	19,8	26,1	26,4	29,2	33,5	29,2
H min, м	0	2,5	9,1	9,0	10,5	12,0	13,5	12,5	15,2	16,3	17,7	18,4	25,5	28,6	24,7	24,4
Тип почвенного покрова	A	Б						В					Г			
Тип растительного покрова	a	b	c	b	d	b	d	c	b	d	b	d	b	d	b	d
Ландшафт	1	2	3	4	5	6	5	3	6	5	6	5	6	5	6	5

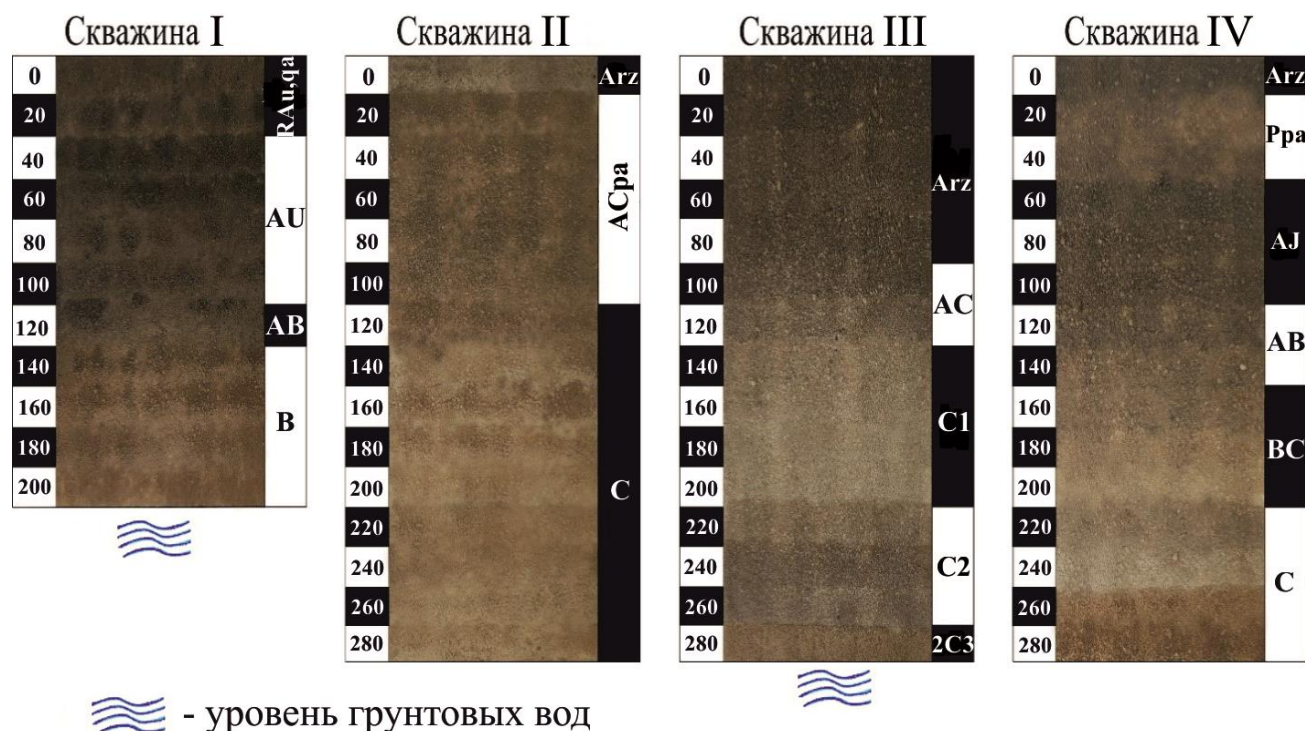
Условные обозначения: - пойменный лес; - степная растительность; - лиственные насаждения; - сосновые культуры; - молодые сосновые лесонасаждения; - уровень грунтовых вод, (I-IV) - места бурения скважин. **Почвенный покров:** А - темногумусовые поверхностно-водно-аккумулятивные; Б - гумусовые постагрогенные; В - гумусовые типичные; Г - агроземы светлые постагрогенные. **Тип растительного покрова:** а - пойменный лес; b - типчаково-ковыльная степь; с - аренная растительность; d - сосновые лесонасаждения. **Ландшафты:** 1 - пойменный лес; 2 - заросшие пески; 3 - лиственный древостой и кустарники; 4 - среднезаросшие пески; 5 - хвойные лесонасаждения

Рисунок 4.35 – Ландшафтно-экологический профиль на ключевом участке «Безбородовский» (высота над уровнем р. Елань)

На исследуемой территории зафиксированы горельники. Средняя крутизна склонов варьирует в пределах от 0,3° до 1,4°. По классификации Прокаева В. И. (1975)

встречаются склоны: ровные, близкие к горизонтальным (0,5-1,0°), преобладающие на всем протяжении нивелирного хода и очень пологие (от 1,0 до 3,0°), расположенные в начале и конце профиля. Максимальная высота ландшафтно-экологического профиля составила 33,5 м.

По линии профиля проведено ручное бурение четырех скважин с отбором образцов для изучения типа почвенного покрова (рисунок 4.36).



≡ - уровень грунтовых вод

Рисунок 4.36 – Почвенные колонки «Безбородовский» (глубина в см)

Первая скважина расположена в начале профиля возле поймы р. Елань. Почва темногумусовая поверхностно-водно-аккумулятивная (RAu,qa-AU-AB-B): RAu,qa (0-20 см), цвет 10YR 3/2 (очень темно-серовато-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый; AU (20-120 см), цвет 10YR 2/1 (черный), су-песчаный, непрочно-комковатый; AB (120-140 см), цвет 10YR 3/2 (очень темно-серовато-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый; B (140-200 см), цвет неоднородный 10YR 4/4, 10YR 4/6 (темно-желтовато-коричневый), супесчаный, не-прочно-комковатый. На глубине 200 см был достигнут уровень грунтовых вод.

Второе место бурения расположено в лесном массиве сосны. Почва гумусовая постагрогенная (Arz-ACpa-C): Arz с дерниной (0-20 см), цвет 10YR 5/3 (коричневый),

песчаный, бесструктурный; АСра (20-120 см), цвет 10YR 4/3 (коричневый), песчаный, бесструктурный; С (120-280 см), цвет неоднородный и представлен 10YR 4/3 (коричневый), 10YR 6/2 (светло-коричневато-серый), 10YR 5/4 (желтовато-коричневый), 10YR 6/3 (бледно-коричневый), 10YR 5/3 (серовато-коричневый), 10YR 6/6 (коричневато-желтый), песчаный, бесструктурный.

Третья скважина располагалась около лесонасаждений сосны обыкновенной в понижении. Почва гумусовая типичная (Arz-AC-C1-C2-2C3): Arz с дерниной (0-100 см), цвет 10YR 3/2 (очень темно-серовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; AC (100-140 см), цвет 10YR 4/2 (темно-серовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; C1 (140-200 см) цвет 2,5 YR 6/2 (бледно-красный), песчаный, бесструктурный; C2 (200-280 см), цвет неоднородный и представлен 10YR 6/3 (бледно-коричневый), 10YR 5/3 (коричневый), 10YR 6/2 (светло-коричневато-серый), песчаный, бесструктурный; 2C3 (от 280 см), цвет 10YR 5/4 (желтовато-коричневый), супесчаный, непрочно-комковатый. На глубине 280 см достигнут уровень грунтовых вод.

Четвертая скважина располагалась в конце профиля среди посадок молодой сосны. Почва агрозем светлый постагрогенный (Arz-Ppa-AJ-AB-BC-C): Arz с дерниной (0-20 см), цвет 10YR 3/3 (темно-коричневый), песчаный, бесструктурный; Ppa (20-60 см) цвет 10YR 3/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; AJ (60-120 см), цвет 10YR 3/2 (очень темно-серовато-коричневый), песчаный, бесструктурный; AB (120-160 см), цвет 10YR 3/3 (темно-коричневый), песчаный, бесструктурный; BC (160-220 см), цвет неоднородный 10YR 3/3 (темно-коричневый), 10YR 5/4 (желтовато-коричневый), 10YR 6/4 (светло-желтовато-коричневый), песчаный, бес-структурный; C (220-280 см) цвет неоднородный и представлен 10 YR 5/3 (коричневый), 10YR 6/3 (бледно-коричневый), 7,5YR 5/4 (коричневый), 10YR 4/4 (темно-желтовато-коричневый), песчаный, бес-структурный а на глубине 260-280 см – супесчаный, непрочно-комковатый

На протяжении ландшафтно-экологического профиля выделены четыре основных типа растительности:

– Пойменный лес: произрастает клен татарский (*Acer tataricum* L.), ива розмаринолистная (*Salix rosmarinifolia* L.), тополь черный (*Populus nigra* L.), осина обыкновенная (*Populus tremula* L.), вяз грузинский (*Ulmus minor* Mill.);

– Степная растительность представлена типчаково-ковыльной степью: различные виды полыни (*Artemisia* sp.) и ковыля (*Stipa* sp.), молочай прутьевидный (*Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.), вейник (*Calamagrostis* Adans), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), цмин песчаный (*Helichrysum arenarium* L.), наголоватка, ракитник днепровский (*Chamaecytisus borysthenicus* (Gruner) Klask.), пырея ползучего (*Elytrigia repens* L.), ковыль Тырса (*Stipa capillata* L.), некоторые виды осоки (*Carex* sp.). К концу ландшафтно-экологического профиля степная растительность разряженная.

– Хвойные лесонасаждения: представлены сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и крымской (*Pinus pallasiana* D.). На ключевом участке по Орлову М. М. (1911) был установлен бонитет сосны, сохранившейся после пожара, и молодых сосновых лесонасаждений в конце маршрута профилирования. Сохранившийся после пожара массив относится к V бонитету, а молодых посадок ко II бонитету;

– Лиственные лесонасаждения: состоят из вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.).

На этапе экстраполяции выполнена ретроспектива рассматриваемой территории. Составлены карта-схемы за 1985, 1995, 2005 (спутниковый снимок Landsat-4, 5), 2015 и 2023 гг. (спутниковые снимки Landsat-8-9, Sentinel-2) (рисунок 4.37).

Селитебная территория (х. Безбородовский) расположена в восточной части ключевого участка и на всем протяжении рассматриваемого периода не меняла своих административных границ. Открытые и слабозаросшие пески с 1985 по 1995 гг. распространены в южной, центральной и восточной частях участка, а в период с 2005 по 2023 гг. наблюдалась территориальная концентрация в центральной и восточной частях. Среднезаросшие пески в 1985-1995 г. занимали территории возле открытых и слабозаросших песков, а также среди защитных лесных насаждений, но с 2005 по 2023 гг. они сосредоточены в западной части. Заросшие пески в начале

рассматриваемого периода располагались в северо-западную часть ключевого участка, а к концу они расширились до центральной и южной.

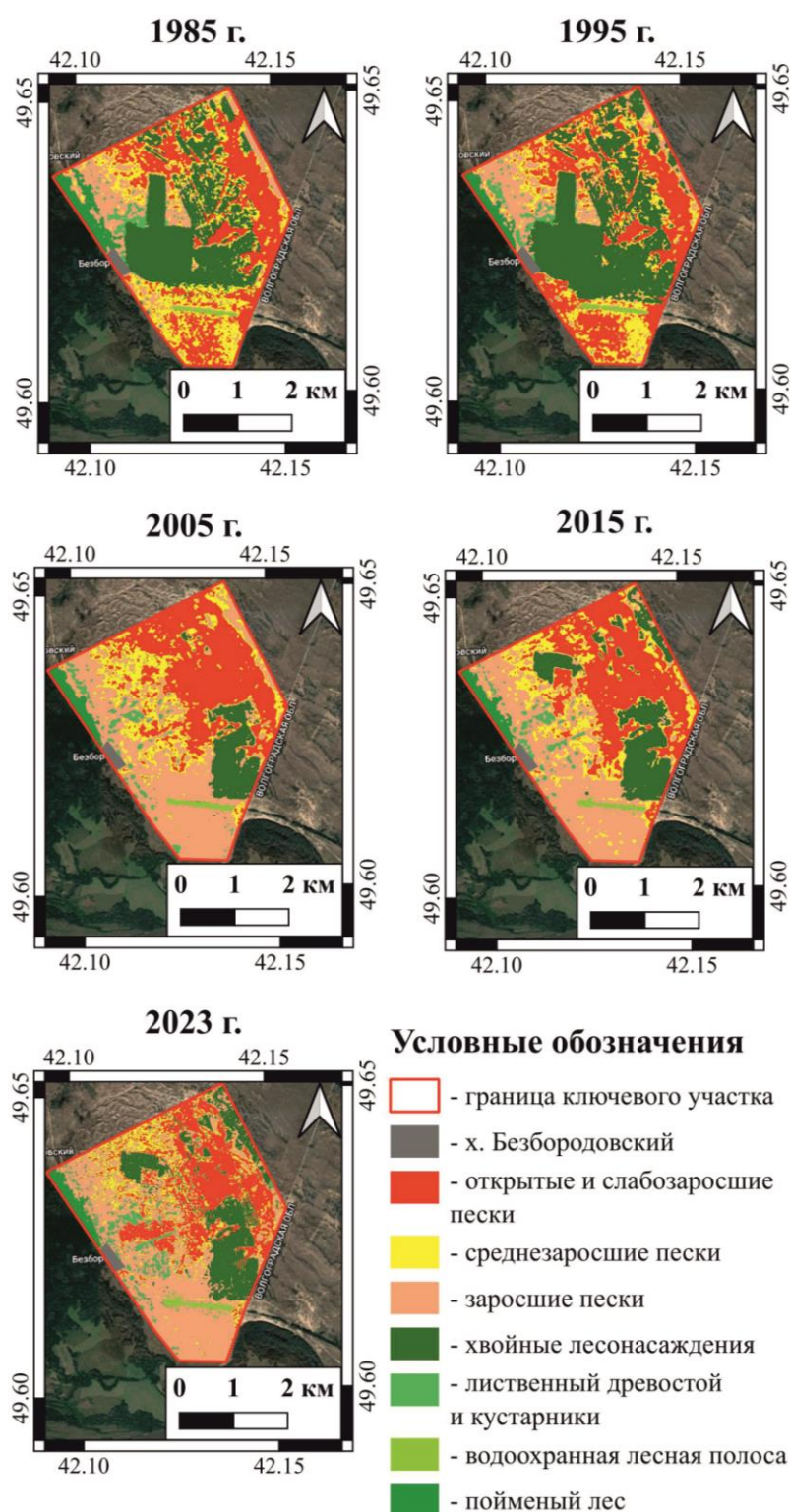


Рисунок 4.37 –Динамика ландшафтов на ключевом участке «Безбородовский» с 1985 по 2023 гг.

В результате проведения визуального анализа составленных карта-схем с 1985 по 1995 гг. наблюдалась стабильная экологическая ситуация на территории исследования. Коренное отрицательное преобразование ландшафтов происходит за период с 1995 по 2005 гг. из-за пожара, а с 2005 по 2023 гг. наблюдался процесс постепенного восстановления территории.

Для дальнейшего изучения динамики ландшафтов на исследуемом ключевом участке с помощью инструмента «калькулятор полей» в программе QGIS была составлена таблица с площадными показателями с 1985 по 2023 гг. (таблица 4.11)

Таблица 4.11 – Динамика ландшафтов на территории ключевого участка «Безбородовский» с 1985 по 2023 гг.

Ландшафт	Площадь, га				
	1985 г.	1995 г.	2005 г.	2015 г.	2023 г.
Открытые и слабозаросшие пески	352,2	296,4	427,3	381,5	314,8
Среднезаросшие пески	271,6	244,4	223,9	203,3	184,0
Заросшие пески	188,6	194,2	449,5	435,1	477,9
Хвойные лесонасаждения	391,1	488,6	110,3	189,5	212,8
Лиственный древостой и кустарники	36,0	24,5	33,3	31,5	50,4
Водоохранная лесная полоса	9,6	10,6	12,3	13,9	16,3
Пойменный лес	41,0	31,4	33,5	35,3	33,9
х. Безбородовский	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
Всего	1300,8				

В период с 1985 по 1995 гг. наблюдалось значительное сокращение занимаемой площади открытых и слабозаросших песков на 55,8 га. На среднезаросших песках также наблюдался процесс зарастания. В 1985 г. данный ландшафт занимал 20,9% от общей площади ключевого участка, а в 1995 г. уже 18,8%, т.е. среднезаросшие пески уменьшились на 2,1%. Заросшие пески за данный временной промежуток незначительно расширили свою территорию на 5,6 га. Хвойные лесонасаждения с 1985 по 1995 гг. увеличили занимаемую площадь на 6,5%. Если в начале они произрастали на территории 30,1%, то в 1995 г. на 37,6%. Лиственный древостой и кустарники, а также пойменный лес уменьшили занимаемую территорию на 11,5 га, и на 9,6 га, соответственно. Водоохранная лесная полоса, напротив, увеличилась на

1 га за счет разрастания в приопушечных рядах. Для периода 1995-2005 гг. характерно коренное преобразование ландшафтов на ключевом участке. Так зафиксирован резкий рост площади открытых и слабозаросших, заросших песков (на 130,9 и 255,3 га, соответственно) и значительное сокращение занимаемой территории защитными лесонасаждениями (на 378,3 га). В последующие рассматриваемые временные рамки наблюдался процесс восстановления территории после пожара. Так с 2005 по 2023 гг. сокращение занимаемой площади отмечено: на открытых и слабозаросших песках на 112 га, на среднезаросших песках на 39,9 га; ее увеличение на заросших песках на 28,4 га, хвойных лесонасаждениях на 102,5 га, лиственном древостое и кустарниках на 17,1 га, водоохранной лесной полосе на 4,0 га и пойменном лесе на 0,4 га [16].

Методом наложения слоев в ГИС-программе были получены данные для составления ориентированных графов, что позволило выявить основные причины трансформации ландшафтов (рисунок 4.38).

На всем протяжении рассматриваемого временного периода наблюдалась трансформация между ландшафтами песков и хвойными лесонасаждениями. С 1985 по 1995 гг. уменьшение доли открытых и слабозаросших, среднезаросших песков связано с защитой территории от процессов дефляции искусственными лесонасаждениями и периодами с повышенным количеством осадков (более 433 мм в 1985, 1987-1990, 1993 и 1995 гг.), а также проводимых лесомелиоративных работ и увеличения самосева сосны. Интенсификация хозяйственной деятельности, в данный период является причиной уменьшения занимаемой территории пойменного леса.

При рассмотрении орграфа с 1995 по 2005 гг. основной причиной резкой деградации территории является пожар 1998 г., в результате которого образовался очаг опустынивания, составляющий 32,9% территории участка. В оставшийся временной промежуток процесс восстановления территории обусловлен климатическими факторами, связанный с увеличением осадков, уменьшением влияния хозяйственной деятельности, созданием новых защитных лесных массивов и, местами, с повышением уровня грунтовых вод. При этом полностью отсутствует трансформация ландшафтов между открытыми и слабозаросшими песками, водоохранной лесной полосой и пойменным лесом.

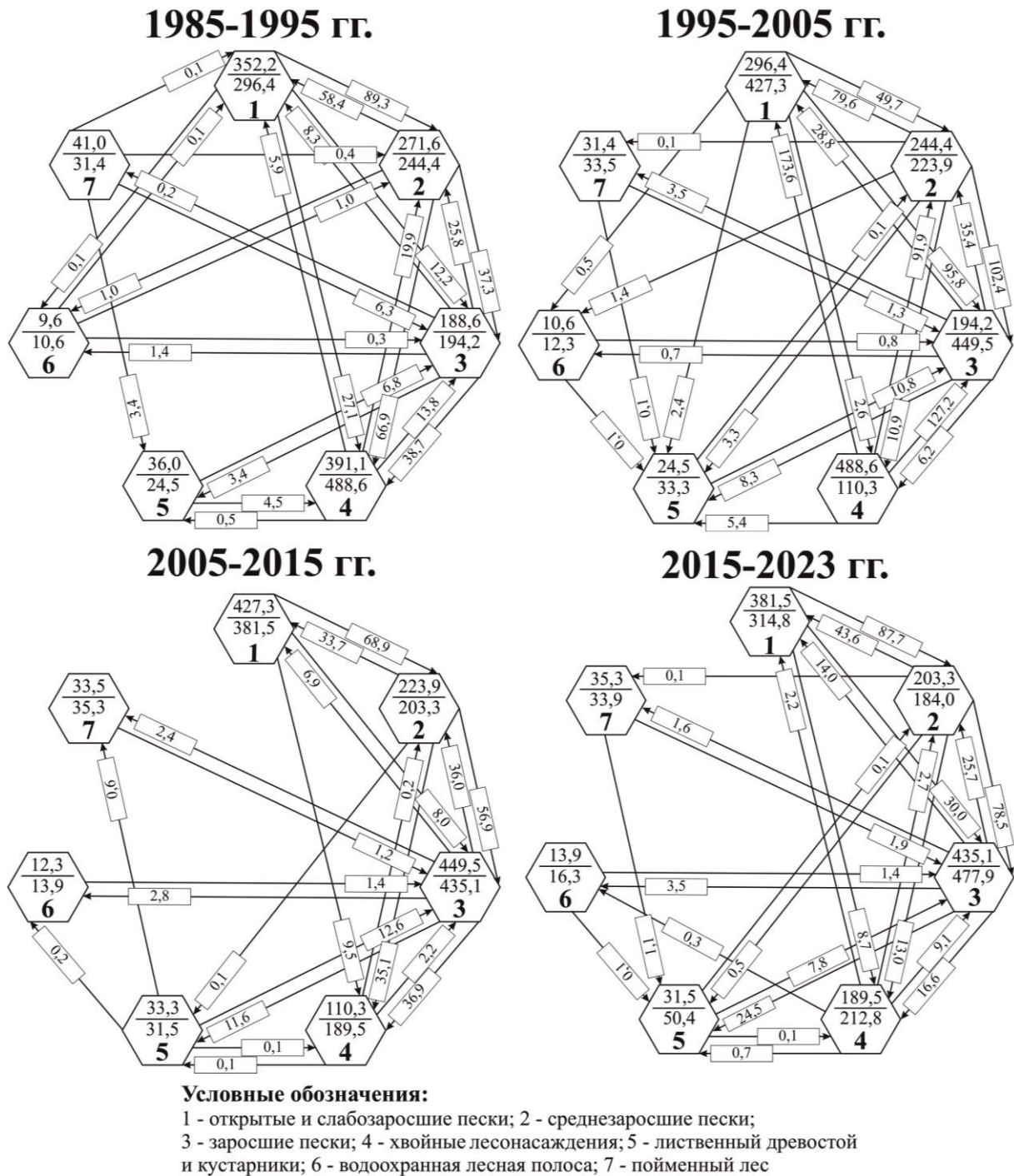


Рисунок 4.38 – Ориентированные графы трансформации ландшафтов на ключевом участке «Безбородовский»

В конце всех работ совершен выезд на территорию для того, чтобы посетить участки, которые вызвали сомнения при дешифрировании (рисунок 4.39).

При дешифрировании спутниковых снимков затруднения вызвало выявление таких объектов как лиственный древостой и кустарники среди заросших песков, а также самосева сосны, который расположен на границе перехода открытых и слабозаросших и заросших песков.



Условные обозначения: **А** - уточнение на местности распространения лиственного древостоя и кустарников; **Б** - уточнение расположения самосева сосны на границе перехода заросших на открытые и слабозаросшие пески.

Рисунок 4.39 – Уточнение сомнительных участков «Безбородовский»

Основной причиной является низкое пространственное разрешение снимков (от 30 м/пикс. до 10 м/ пикс.), которое при составлении изображения в разных цветовых спектрах, а также расчета индексов может не выявлять единичные объекты на местности.

При оценке измененности ландшафта (Ил) и его динамики на ключевом участке, рассматриваемые ландшафты были распределены по рангам для проведения дальнейших расчетов (таблица 4.12, рисунок 4.40).

Таблица 4.9 – Динамика измененности ландшафтов на территории ключевого участка «Безбородовский» с 1985 по 2023 гг.

Ландшафт	Ранг	1985 г.	1995 г.	2005 г.	2015 г.	2023 г.
Открытые и слабозаросшие пески	4	1,08	0,91	1,31	1,17	0,97
Среднезаросшие пески	4	0,84	0,75	0,69	0,63	0,57
Заросшие пески	3	0,43	0,45	1,04	1,00	1,10
Хвойные лесонасаждения	1	0,30	0,38	0,08	0,15	0,16
Лиственный древостой и кустарники	1	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04
Водоохранная лесная полоса	1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Пойменный лес	1	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
х. Безбородовский	5	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Всего	–	2,76	2,58	3,22	3,05	2,92

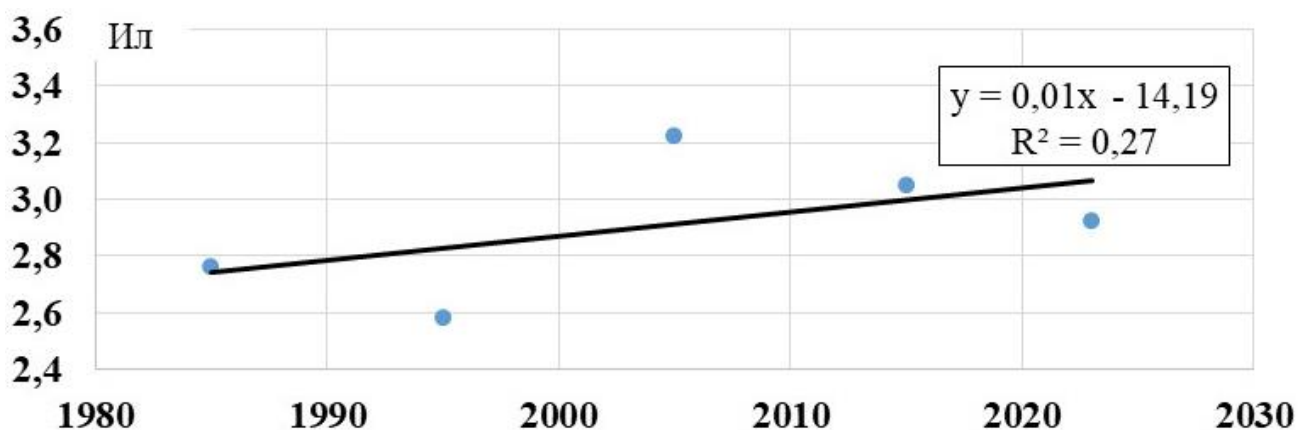


Рисунок 4.40 – Динамика индекса измененности ландшафта на ключевом участке «Безбородовский»

Динамика баллов наблюдается в тех ландшафтах, которые были подвержены пожару. Максимальное значение балла на открытых и слабозаросших песках достигало в 2005 г. – 1,31, а минимальное в 1995 г. – 0,91 балла. На среднезаросших песках, не смотря на пирогенное воздействие, балл постепенно уменьшался. Разница между 1985 и 2023 гг. составила всего 0,27, что связано с их трансформацией под влиянием внешних факторов в открытые и слабозаросшие, а позже в заросшие пески, у которых наблюдался резкий рост показателя в период с 1995 по 2005 гг. Значение балла хвойных лесонасаждений резко снижается 1998 г. на 0,30, достигая в 2005 г. 0,08 балла, но затем он к 2023 г. вырастает до 0,16 балла. На остальных ландшафтах наблюдались незначительные отклонения от исходного значения. В период с 1985 до 2005 г. и с 2015 по 2023 гг. ключевой участок относился к уровню измененности ландшафта «риск», т.е. территории с умеренным уровнем деградации и пониженной устойчивостью к любым воздействиям экосистемы. В 2005 г. из-за пожара, территория ключевого участка относилась к уровню индекса «кризис» (более 3,20 балла), т.е. был сильный уровень деградации и снижение продуктивности, а также потеря устойчивости экосистемы к внешним воздействиям. На составленном графике индекса измененности ландшафта наблюдается его снижение до 2005 г. после чего он к 2023 г. снизился до 2,92.

Выводы

Для анализа ландшафтно-экологических особенностей песчаного массива были выбраны шесть ключевых участков с наиболее типичными природными условиями и сочетанием ландшафтов для местности в западной («Буруны №1», «Грядовые пески», «Верхнечирский»), центральной («Андроповский») и восточной частях массива («Еланская», «Безбородовский»). На каждом из них отражена динамика ландшафтов как под влиянием хозяйственной деятельности, так и природно-климатическими факторами. Основным критерием выбора временного периода являлось наличие или отсутствие динамики площади ландшафтов, которое выявлялось в результате визуального анализа общедоступных разновременных рядов архивных спутниковых снимков.

На западной части массива, как отмечал Дубянский В. А. (1949) в своей работе «Пески Среднего Дона и использование их в сельском и лесном хозяйстве», расположена зона отечнораваемых песков, где из-за частых сильных ветров образовались очаги открытых и слабозаросших песков [80]. Так для ключевого участка «Буруны №1», в результате проведенной ландшафтно-экологической оценки с 2005 по 2022 гг. характерные уклоны местности ровные, близкие к горизонтальным и очень пологие. Максимальная разница высот составила 14,8 м. Преобладает непочвенный покров, представленный песками, а растительность представлена степным разнотравьем. На местности выделены следующие ландшафты: открытые и слабозаросшие, среднезаросшие, заросшие пески, лиственный древостой и кустарники. Основные процессы трансформации ландшафтов связаны с природно-климатическими факторами. Индекс Ил за рассматриваемый период имел незначительные колебания в пределах значений 3,90-3,94, что свидетельствует об уровне экологического состояния «бедствие».

На ключевом участке «Грядовые пески» с 1995 по 2023 гг. во время проведения работ по ландшафтно-экологической оценки местности было установлено, что на местности представлено три типа уклона: ровные, близкие к горизонтальным, очень пологие и пологие. Максимальный перепад высот составил 24,8 м. Преобладающим

является непочвенный покров – пески. Растительный покров представлен разнотравной степью. В результате составления карта-схем территории были выделены такие ландшафты как: открытые и слабозаросшие, среднезаросшие пески, лиственный древостой и кустарники. Основной причиной трансформации ландшафтов являются природно-климатические факторы. Расчет индекса измененности ландшафта показал, что экологическое состояние характеризуется уровнем «бедствие» и остается стабильным с незначительными колебаниями за весь период наблюдений.

Ландшафтно-экологическая оценка территории ключевого участка «Верхнечирский» с 2003 по 2024 гг. выявила, что средний уклон на протяжении маршрута профилирования представлен двумя типами: ровный; и ровный, близкий к горизонтальному. Максимальный перепад высот составил 20,8 м. Преобладают – гумусовые типичные почвы, но также отмечены псаммоземы гумусовые и псаммоземы гумусовые типичные. Тип растительного покрова на ключевом участке представлен разнотравной степью, сосновыми лесонасаждениями разных возрастов и пойменным лесом. На данной местности, в результате дешифрирования спутниковых снимков, представлены ландшафты: открытые и слабозаросшие, среднезаросшие, заросшие пески, хвойные лесонасаждения, пойменный лес, лиственный древостой и кустарники. Основные значительные процессы трансформации ландшафтов наблюдались в период с 2003 по 2015 гг., что связано с пожаром в 2004 г. и последующим периодом восстановления территории, в том числе, с проводимыми лесомелиоративными мероприятиями. Но, не смотря на сильное внешнее воздействие, которое испытала территория, ее Ил оставался в значении уровня «норма» на всем протяжении исследований, с небольшим увеличением общего балла в сторону ухудшения за 2015 г. на 0,16 единиц.

В целом, необходимо отметить, что для ключевых участков в западной зоне песчаного массива характерно стабильное значение Ил на всем протяжении выбранных периодов наблюдений. И если на данный показатель на первых двух участках влияют природно-климатические факторы, которые удерживают

экологическое состояние на одном уровне, то на последнем, уровень «норма» достигнут благодаря массивам защитных лесных насаждений.

В центральной части массива работа выполнялась на ключевом участке «Андроповский». Согласно проведенному ландшафтно-экологическому профилированию установлено, что на местности встречаются два типа крутизны склонов: ровные, близкие к горизонтальным и очень пологие. Максимальный перепад высот составил 21,6 м. Почвенный покров представлен: гумусово-стратифицированными поверхностно-псевдофибровыми и гумусовыми постагрогенными почвами, а непочвенный покров – песками. Тип растительного покрова представлен типчаково-полынной степью и массивами сосны обыкновенной. При картографировании территории были выделены следующие ландшафты: открытые и слабозаросшие, среднезаросшие, заросшие пески, хвойные лесонасаждения, лиственный древостой и кустарники. При анализе ориентированных графов были выявлены основные причины трансформации ландшафтов, которые объединяются в группу природно-климатических факторов. Тренд динамики экологического состояния с 2017 по 2023 гг. на ключевом участке направлен на снижение балла Ил. Территория исследования в 2017 г. относилась к уровню измененности «риск», а в последующие – «норма». Ключевой участок «Андроповский» отражает типичное сочетание ландшафтов для центральной части массива, где участки лиственного древостоя и кустарников, хвойных лесонасаждений резко переходят в участки открытых и слабозаросших песков, которые распространены небольшими ареалами, или в среднезаросшие и заросшие пески. При этом переход песков различной степени зарастания между собой плавные.

В восточной части песчаного массива для проведения ландшафтно-экологической оценки местности были выбраны участки в непосредственной близости к населенным пунктам. Для анализа ключевого участка «Еланская» был выбран период с 1985 по 2023 гг. По маршруту ландшафтно-экологического профиля было зафиксировано четыре типа уклонов (ровные; ровные, близкие к горизонтальным; очень пологие; пологие). Максимальный перепад высот составил 23,7 м. Почвенный покров: аллювиальные светлогумусовые типичные, гумусовые

типичные, светлогумусовые типичные, светлогумусовые эолово-гумусовые аккумулятивные почвы. По линии профиля растительный покров состоит из следующих типов: пойменный лес, типчаково-ковыльная степь и массивов сосны обыкновенной. При составлении карта-схем для анализа ретроспективного анализа ключевого участка были выделены такие ландшафты как: открытые и слабозаросшие, среднезаросшие, заросшие пески, хвойные лесонасаждения, водоохранная лесная полоса, лиственный древостой и кустарники, пойменный лес. Установлено несколько причин трансформации ландшафтов – это хозяйственная и рекреационная деятельность, а также природно-климатические факторы. Оценка экологического состояния показала, что территория в 1985 и 1995 гг. относилась к уровню индекса «риск», а с 2005 по 2023 гг., когда наблюдался процесс восстановления территории, общий Ил понизился до уровня «норма».

Ландшафтно-экологический анализ ключевого участка «Безбородовский» позволил установить, что на территории встречаются два типа крутизны склонов: ровные, близкие к горизонтальным и очень пологие, максимальный перепад высот составил 8,8 м. Почвенный покров: темногоумусовые поверхностно-водно-аккумулятивные, гумусовые постагрогенные, гумусовые типичные почвы и агроземы светлые постагрогенные. При дешифрировании спутниковых снимков за 1985, 1995, 2005, 2015 и 2023 гг. были выявлены восемь ландшафтов: селитебные территории, открытые и слабозаросшие, среднезаросшие, заросшие пески, хвойные лесонасаждения, лиственный древостой и кустарники, водоохранная лесная полоса, пойменный лес. По составленным ориентированным графам было установлено, что до 1995 г. наблюдались незначительные процессы трансформации ландшафтов. В период с 1995 по 2005 гг. основной причиной активной их динамики являлся пожар, который произошел в 1998 г. В течении дальнейшего рассматриваемого временного периода наблюдался процесс восстановления территории, на который повлияли как природно-климатические факторы, так и осуществляемые лесомелиоративные мероприятия по восстановлению защитных лесных насаждений. Для оценки экологического состояния на территории ключевого участка был рассчитан индекс измененности ландшафта, который показал, что с 1985 по 1995 гг. и с 2015 по 2023

гг. участок относился к территории с уровнем измененности «риск». Исключением являлось состояние участка в 2005 г., когда подсчитанный балл поднялся до уровня «кризис».

Ключевые участки в восточной части песчаного массива позволили проследить динамику процессов восстановления ландшафтов возле селитебных территорий при существенном влиянии антропогенного фактора.

При проведении исследования было зафиксировано, что отсутствие процессов трансформации между ландшафтами обуславливается их местоположением на местности, а также степени их экологической устойчивости к внешним воздействиям. Выбор участков, на которых проводилось полевое эталонирование обуславливается трудностями опознания объектов при дешифрировании спутниковых снимков. Это вызвано их пространственным разрешением, значение которого колеблется от 30 м/пикс. до 10 м/пикс., а также если рассматриваемые объекты не опознаются в результате рассмотрения исходного снимка при различных комбинациях каналов, расчета индексов или визуальном рассмотрении.

Оценка ландшафтно-экологического состояния территории по ключевым участкам позволило выявить дешифровочные признаки на местности для их экстраполяции при дешифрировании всей территории песчаного массива, а также дальнейшего проведения анализа геоэкологического состояния.

ГЛАВА 5. АНАЛИЗ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЕСЧАНОГО МАССИВА

5.1. Анализ геоэкологического состояния

На современном этапе использование методов дистанционного зондирования Земли и полевых исследований для оценки геоэкологического состояния территории позволяет провести целый комплекс работ с наибольшей достоверностью полученной информации [14; 15; 69].

На первом этапе анализа, согласно методике, были дешифрованы спутниковые снимки и составлены карта-схемы характерных ландшафтов песчаного массива по состоянию на август 2005, 2015 и 2023 гг., позволяющие провести ретроспективный анализ их динамики (рисунок 5.1).

При проведении визуального анализа полученных изображений установлено, что открытые и слабозаросшие пески в 2005 г. были распространены на западной, юго-западной и восточной частях массива. За 2015-2023 гг. наблюдается их зарастание в юго-западной части, увеличение занимаемой ими территории возле ст. Вешенская, а также в восточной части массива за р. Елань. Среднезаросшие пески в период с 2005 по 2023 гг. распространены в тех же зонах, что и открытые и слабозаросшие пески. Они постепенно занимали участки, которые были под открытыми и слабозаросшими песками. Заросшие пески приурочены к участкам защитных лесных насаждений и зонам с наличием достаточного количества влаги для роста степной растительности. Хвойные лесонасаждения почти равномерно распределены по западной и центральной части массива, за исключением восточной, где они занимают малую часть левобережья р. Елань. Лиственный древостой и кустарники (включая поймы рек) за рассматриваемый период значительно сократили

занимаемую площадь, в основном это зоны произрастания аренных лесов второй и третьей надпойменных террас.

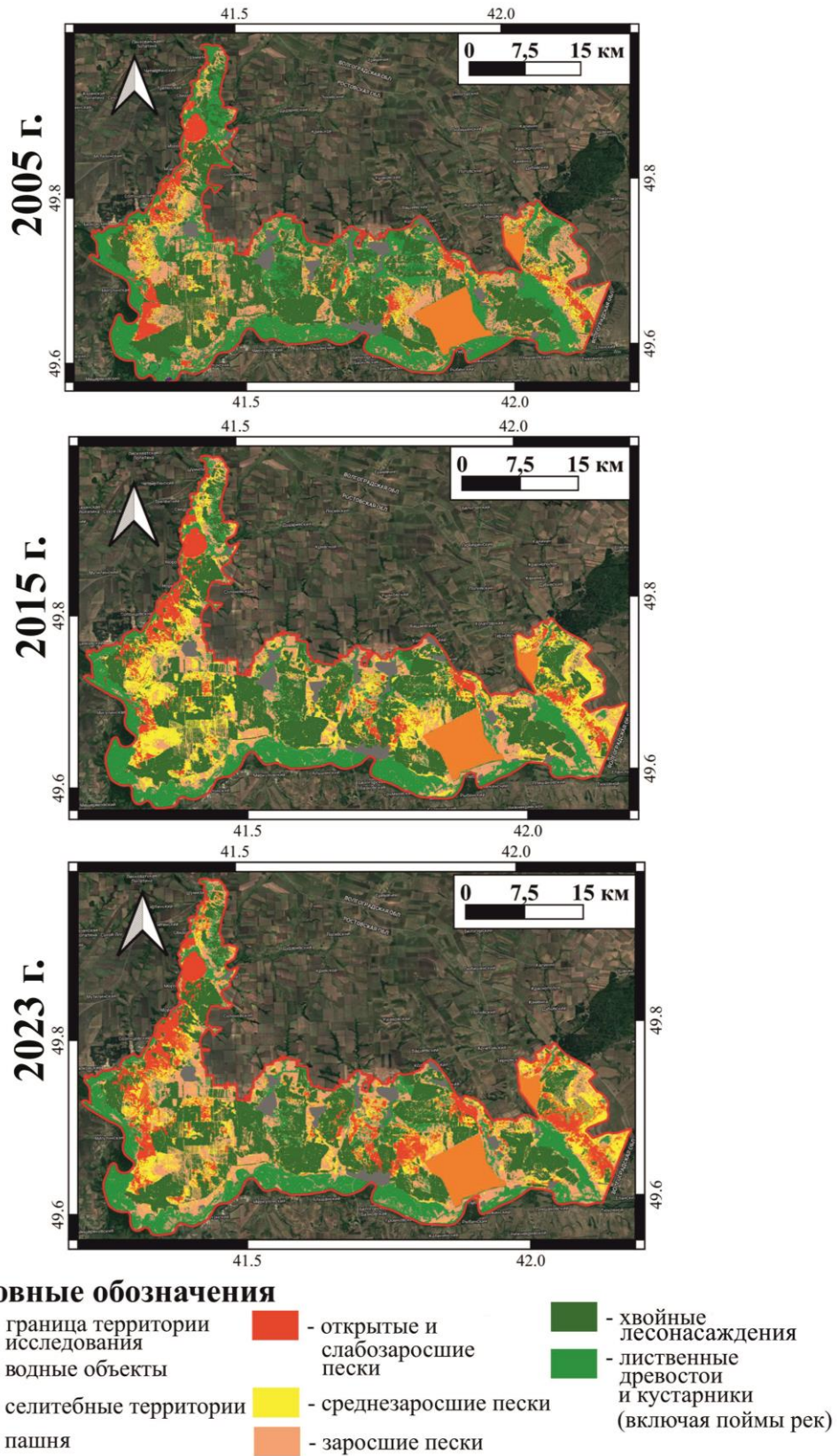


Рисунок 5.1 – Динамика ландшафтов Казанско-Вешенского песчаного массива с 2005 по 2023 гг. (М 1:600000)

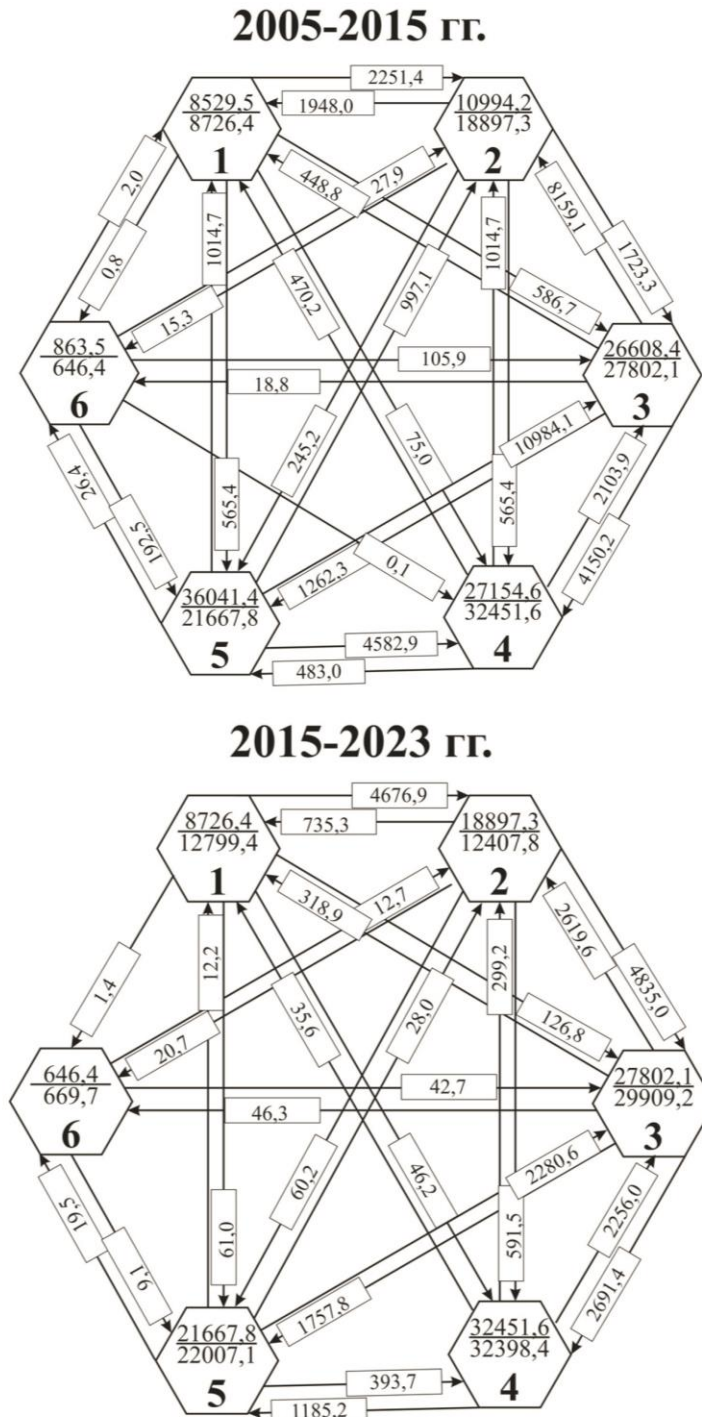
Для получения данных о территории, которую занимает каждый из выделенных ландшафтов, в программе QGIS, после преобразования всех слоев в векторный формат, с помощью инструмента «калькулятор полей» была вычислена площадь каждого класса (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Динамика ландшафтов на территории Казанско-Вешенского песчаного массива с 2005 по 2023 гг.

Ландшафт	Динамика площадей					
	2005 г.		2015 г.		2023 г.	
	га	%	га	%	га	%
Открытые и слабозаросшие пески	8529,5	7,1	8726,4	7,3	12799,4	10,7
Среднезаросшие пески	10994,2	9,2	18897,3	15,8	12407,8	10,4
Заросшие пески	26608,4	22,3	27802,1	23,3	29909,2	25,0
Хвойные лесонасаждения	27154,6	22,7	32451,6	27,2	32398,4	27,1
Лиственный древостой и кустарники (включая поймы рек)	36041,4	30,2	21667,8	18,1	22007,1	18,4
Пашня	5608,5	4,7	5608,5	4,7	5608,5	4,7
Селитебные территории	3723,3	3,1	3723,3	3,1	3723,3	3,1
Водные объекты	863,5	0,7	646,4	0,5	669,7	0,6
Всего	119523,4					

В результате анализа полученных данных установлено, что открытые и слабозаросшие пески в период с 2005 по 2023 гг. увеличили свою площадь на 4269 га. Среднезаросшие пески в 2005 г. составили 9,2% рассматриваемой территории. Пик по занимаемой ими площади пришелся на 2015 г., когда одна часть открытых песков начала постепенно зарастать, а другая появилась на месте заросших песков и древесно-кустарниковой растительности. В результате на заросших песках отмечена тенденция к увеличению их площади. За рассматриваемый период она увеличилась на 3300,78 га. Хвойные лесонасаждения в 2005 г. занимали 22,7% от общей площади песчаного массива, а в 2023 г. – 27,1%. Общая площадь, занимаемая лесами в 2023 г., на песчаном массиве составляла 54405,46 га (45,5% всей территории исследования), что является хорошим показателем, т.к. в рекомендациях оптимальная степень лесистости в степной зоне должна варьировать в диапазоне 10-15% [44; 62].

Для подробного изучения взаимодействия ландшафтов и определения причин перехода земель из одного типа в другой, были построены ориентированные графы, в которых показана динамика площадей в разные временные интервалы (рисунок 5.2).



Условные обозначения:

- 1 - открытые и слабозаросшие пески; 2 - среднезаросшие пески;
- 3 - заросшие пески; 4 - хвойные лесонасаждения; 5 - лиственный древостой и кустарники (включая поймы рек); 6 - водные объекты.

Рисунок 5.2 – Ориентированные графы за 2005-2015 и 2015 и 2023 гг. взаимодействия ландшафтов на песчаном массиве

В природе, как правило, процессы опустынивания проявляются параллельно с восстановлением земель, с разницей в том, с какой интенсивностью они проходят. Следовательно, в схемах отображены и процессы деградации и зарастания территорий по естественным или антропогенным причинам [134].

Так, согласно полученным изображениям можно сказать, что динамика зарастания песков, связана с несколькими причинами, а именно: с периодами достаточного количества выпавших осадков (более 433 мм), отсутствием или малым количеством ветров со скоростью более 10 м/с, локальным увеличением территории защитных лесонасаждений. Причины деградации ландшафтов на территории песчаного массива примерно схожи друг с другом. Так одной из основных антропогенных причин являются пожары, после которых образуются открытые пески, а при благоприятных климатических условиях – среднезаросшие. Так же к ним относится отсутствие ухода за искусственными лесонасаждениями, бесконтрольная вырубка древесных пород, распашка песчаных земель и перевыпас скота. К естественным причинам относятся: увеличение количества и продолжительности дефляционноопасных ветров, периодов засух и суховеев, среднегодовой температуры воздуха; недостаточное количество осадков, снижение уровня грунтовых вод т.е. повышения аридности климата.

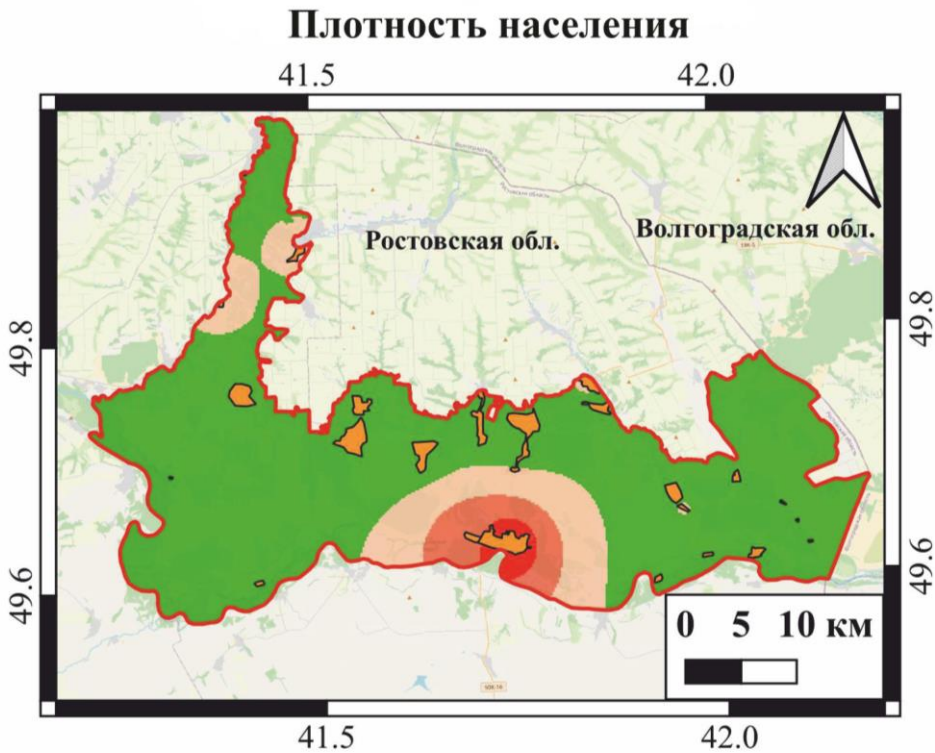
При подробном рассмотрении ориентированного графа занимаемой водными объектами за 2005-2015 гг. отмечено сокращение территории на 217,1 га. Так согласно литературным данным Косолапова А. Е. (2018), начиная с 2007 г. на реках Донского бассейна наблюдается маловодный период. Водность крупных водных объектов, таких как р. Дон, напрямую зависит от водности малых рек, образующих водосборный бассейн [109, 119]. Данное явление повлекло за собой снижение уровня грунтовых вод, что в совокупности с другими причинами вызвало резкое сокращение занимаемой площади пойменных лесов и их появление на месте, где отступила вода. Так же данное явление не обошло стороной аренные леса, которые при визуальном рассмотрении карта-схем, значительно сократились. Отмечено увеличение среднезаросших песков, образование заросших песков на месте пойменной и луговой растительности, появление хвойных на месте лиственных пород. В промежуток 2015-

2023 гг. наблюдался процесс восстановления ландшафтов, где произошли пожары, а также дальнейшее зарастание среднезаросших песков в связи с достаточным количеством выпавших атмосферных осадков, но при этом из-за увеличения дефляционноопасных ветров выросла площадь открытых и слабозаросших песков на востоке массива. При этом наблюдались выпадения посадок сосны, а на их месте появление песчаной степной и кустарниковой растительности.

На втором этапе для первичного выявления зон повышенной антропогенной нагрузки на песчаном массиве проанализированы такие показатели как плотность населения, транспорта, а также дорожной сети [65] (рисунок 5.3).

Самая высокая плотность населения наблюдается в южной центральной части массива, т. к. там расположен областной центр Шолоховского района – ст. Вешенская. На большей территории массива плотность не превышает 385,29 чел/км², а средняя составляет около 7 чел/км². Помимо основного большого очага концентрации населения, присутствуют и маленькие по плотности в пределах от 385,29 до 762,74 чел/км². На основе среднего показателя количества личных транспортных средств на душу населения по Ростовской области (0,34 автомобиля) рассчитано примерное количество автомобилей на территории массива (5033 шт.). Максимальная концентрация плотности автомобилей зафиксирована в районе ст. Вешенская, что подтверждается схемой дорожной сети. На карта-схеме (рисунок 5.3) отображены основные дороги, используемые местным населением. Многие дороги без твердого покрытия являются периодически используемыми, вследствие чего они могут зарастать травянистой растительностью или же появляться новые, которые

МОЖНО ВЫЯВИТЬ ЛИШЬ ПО СВЕЖИМ СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ.



Условные обозначения

- - дорожная сеть
- - граница территории исследования
- - населенные пункты

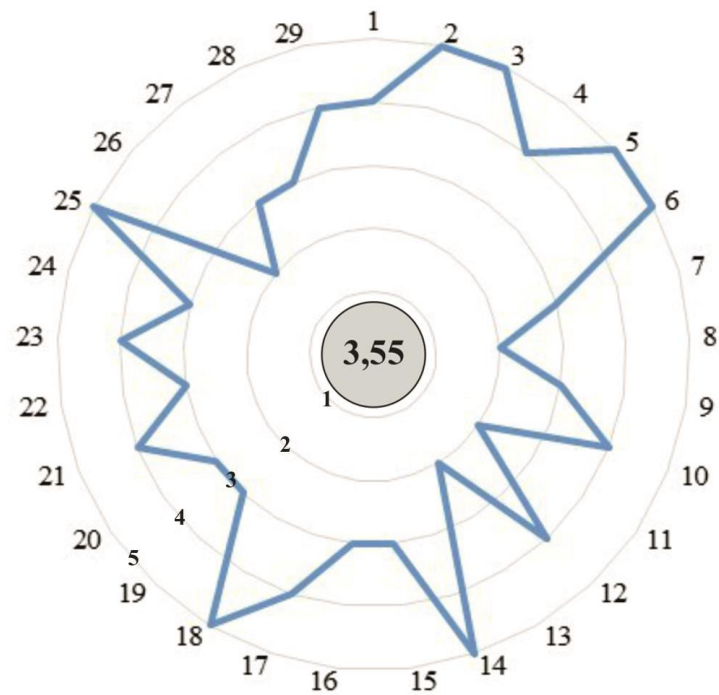
<i>Плотность населения</i>	
	- 7,8-385,3 чел/км ²
	- 385,3-762,7 чел/км ²
	- 762,7-1140,2 чел/км ²
	- 1140,0-1517,7 чел/км ²

Рисунок 5.3 – Карта-схемы для первичного выявления зон антропогенной нагрузки на территории исследования (М 1:700000)

Стоит отметить, что показатели плотности населения и количества транспортных средств полностью тождественны, соответственно карта-схемы будут полностью одинаковые. Проанализировав изображения, можно утверждать, что высокая плотность населения, личного транспорта, а также дорожно-транспортной сети наблюдается в районе областного центра Шолоховского района, соответственно данная местность является очагом максимальной антропогенной нагрузки, которая требует постоянного мониторинга.

На третьем этапе территория исследования проанализирована на основе карты «Оценка природных условий жизни населения СССР». Согласно методике этой оценки, чем выше балл, тем благоприятнее условия. Средняя оценка совокупности внеклиматических условий составляет 3 балла. Наименьший балл получили такие составляющие, как наличие кровососущих насекомых и обеспеченность подземными водами (местами основная подача воды осуществляется при помощи водозаборных сооружений из подземных источников), а наибольший: годовые суммы солнечной радиации. абсолютная высота местности, сейсмичность и заболоченность. Климатические условия считаются благоприятными (4 балла). Наименьший балл отмечен для эффективных эквивалентных температур января (это та температура, которая ощущается человеком при определенной относительной влажности воздуха и движении его с различной скоростью в помещении), наибольший в таких показателях как эффективные эквивалентные температуры июля и температурный режим лета (рисунок 5.4).

Общий балл территории, по близлежащей к песчаному массиву местности-ключу, которая использовалась для расчета по пятибалльной шкале, составляет 3,55. Данный показатель относит территорию с наиболее благоприятными условиями для проживания и ведения хозяйственной деятельности. При рассмотрении некоторых условий стоит учитывать, что в район оценки входит не только массив, но и местность вокруг него (приложение Г) [163].



Условные обозначения:

3,55 - общий балл территории исследования; 1-5 - балл элементов природных условий.

Элементы условий: 1 - продолжительность дня и ночи; 2 - годовые суммы солнечной радиации; 3 - абсолютная высота местности; 4 - глубина расчлененности рельефа; 5 - сейсмичность; 6 - заболоченность; 7 - обеспеченность поверхностными водами; 8 - обеспеченность подземными водами; 9 - естественное озеленение; 10 - природные условия отдыха и оздоровления; 11 - наличие кровососущих насекомых; 12 - наличие болезней с природной очаговостью; 13 - эффективные эквивалентные температуры января; 14 - эффективные эквивалентные температуры июля; 15 - теплоощущение человека зимой; 16 - теплоощущение человека летом; 17 - температурный режим зимы; 18 - температурный режим лета; 19 - продолжительность экстремального периода; 20 - продолжительность безморозного периода; 21 - продолжительность отопительного периода; 22 - годовые амплитуды среднесуточных температур; 23 - сумма температур за вегетационный период; 24 - продолжительность пасмурного периода; 25 - продолжительность периода с осадками; 26 - продолжительность периода со снегом; 27 - сила ветра; 28 - среднегодовая продолжительность метели; 29 - степень разнообразия и привлекательности ландшафта.

Рисунок 5.4 – Оценка природных условий жизни населения
Казанско-Вешенского песчаного массива по Назаревскому О. Г [170]

4 этап – оценка эколого-хозяйственного баланса территории. Его анализ основан на карта-схемах, которые были составлены на первом этапе, изучения динамики характерных ландшафтов песчаного массива за 2005-2023 гг. При этом, для углубленного изучения показателей, проведены расчеты по выделенным зонам территории исследования, а именно: западной (занимающей 44% территории), центральной (38%) и восточной (18%). Согласно оригинальной методике, на основе информации из литературных источников по хозяйственному использованию песчаных земель и карта-схеме хозяйственных угодий Гаеля А. Г. [60] ландшафты были классифицированы по степени антропогенной нагрузки (рисунок 5.5).

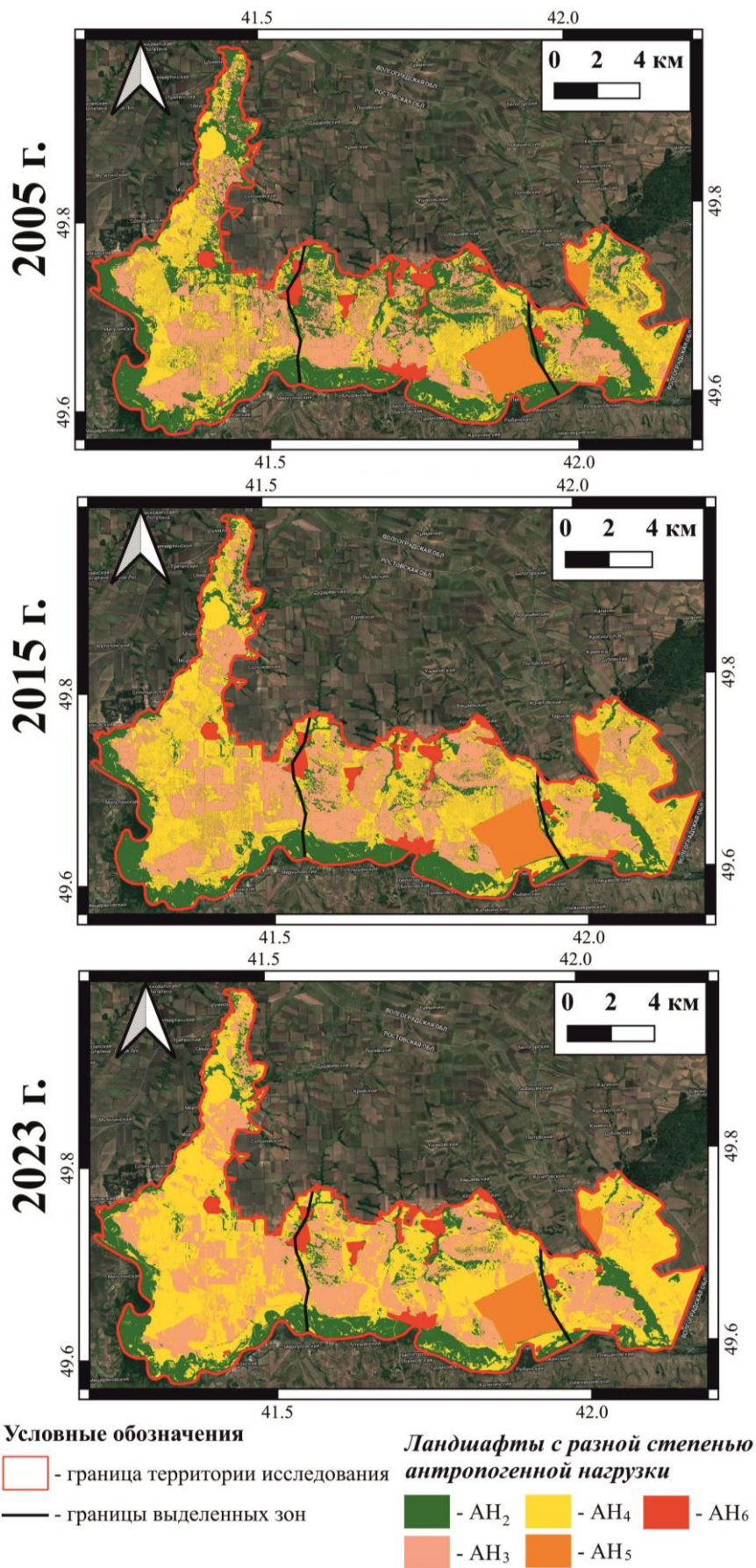


Рисунок 5.5 – Карта-схемы динамики ландшафтов Казанско-Вешенского песчаного массива классифицированных по степени антропогенной нагрузки, по методике Кочурова Б. И. (М 1:700000)

Согласно переклассифицированным карта-схемам участки со степенью АН₁ (наименее подверженные нагрузке) на массиве отсутствует. Лиственный древостой и кустарники (включая поймы рек) с 2005 по 2023 гг. занимали от 27 до 30% территории песчаного массива, являются ограниченно используемыми и были отнесены к АН₂. Хвойные лесонасаждения, представленные лесными массивами сосны обыкновенной и крымской, являются многолетними лесонасаждениями т.е. согласно используемой градации отнесены к АН₃. В 2005 г. они занимали около 23%, в 2015 и 2023 гг. – 30%. Все типы песков относятся к АН₄, т. к. они являются пастбищными угодьями [61]. Пески, на всем протяжении рассматриваемого временного периода, являются преобладающим видом ландшафтов в общей структуре земель массива. Так в 2005 г. они занимали около 40% всей территории исследования, в 2015 г. и 2023 гг. – 47%. Земли пашни составляют всего 4,7%. Они относятся к группе АН₅ и в период с 2005 по 2023 гг. их площадь не менялась, как и селитебных территорий (чуть более 3%), которые на карта-схемах обозначены как АН₆.

В результате проведенного дешифрирования на первом этапе осуществления анализа геоэкологического состояния и классификации ландшафтов по группам антропогенной нагрузки Кочурова (1991) было установлено, что отсутствуют орошаемые и осушаемые территории, относящиеся к АН₅. Также стоит отметить, что согласно методике оценки ЭХБ, при ранжировании территории водные объекты не относятся ни к одной из представленных групп из-за чего площадь занимаемой ими территории не учитывалась. В результате, песчаный массив в 2005 г. занимал площадь 118659,9 га, в 2015 г. – 118877,0 га, а в 2023 г. – 118853,6 га.

На основе полученных данных были рассчитаны коэффициенты для расчета ЭХБ (таблица 5.2). Самыми основными являются: коэффициент естественной защищенности ($K_{ез}$) и экологический фонд территории ($P_{эф}$), т.к. они напрямую отражают геоэкологическое состояние территории.

Таблица 5.2 – Результат расчета коэффициентов ЭХБ по методике Кочурова Б.И. для территории Казанско-Вешенского песчаного массива за 2005, 2015 и 2023 гг.

Год	Показатели						
	K _a		K _o		K _{ез}		R _{эф}
	значение, усл. ед.	уровень	условная единица	уровень	значение, усл. ед.	уровень	площадь, га
Песчаный массив, всего							
2005	0,10	низкий	0,88	низкий	0,54	повышенный	63578,72
2015	0,17	низкий	1,20	низкий	0,50	средний	58975,52
2023	0,11	низкий	1,18	низкий	0,50	средний	59091,24
Западная зона массива							
2005	0,08	низкий	0,83	низкий	0,56	повышенный	28851,10
2015	0,12	низкий	1,16	низкий	0,52	повышенный	26985,02
2023	0,12	низкий	1,11	низкий	0,52	повышенный	27026,30
Центральная зона массива							
2005	0,16	низкий	0,80	низкий	0,51	повышенный	23284,26
2015	0,12	низкий	1,10	низкий	0,47	средний	21319,84
2023	0,26	низкий	0,90	низкий	0,52	повышенный	21495,26
Восточная зона массива							
2005	0,03	низкий	1,21	низкий	0,52	повышенный	11443,36
2015	0,06	низкий	1,55	низкий	0,49	средний	10670,66
2023	0,06	низкий	1,70	низкий	0,48	средний	10569,72

Примечание: K_a – коэффициент абсолютной экологической напряженности; K_o – коэффициент относительной экологической напряженности.

Исходя из полученных данных установлено, что коэффициент абсолютной напряженности с 2005 по 2015 гг. на всем песчаном массиве изменился всего на 0,07 усл. ед., а в период с 2015 по 2023 гг. наоборот уменьшился на 0,01. За этот же период показатель относительной напряженности изменялся динамичнее – увеличился на 0,30-0,32 усл. ед. Ресурсостабилизирующий (экологический) фонд, состоящий из песков, лиственного древостоя и хвойных лесонасаждений изменился почти на 4500 га составив около 50% от общей площади всего массива, что напрямую отразилось на значении естественной защищенности территории, которое характеризовалось в 2023 г. как средняя, но на границе с повышенной.

Анализ коэффициента ЭХБ песчаного массива по отдельным зонам показал, что уровень K_a , как и на всю территорию исследования, в 2005 г. был низким, изменяясь только в период с 2005 по 2015 гг. Так в западной и восточной зонах он увеличился незначительно – на 0,04 и 0,03 усл. ед., соответственно. В центральной сначала наблюдается уменьшение значения K_a на 0,04 усл. ед. а затем отмечен его резкий рост на 0,12 усл. ед. на 2023 г. Значения K_o являются нестабильными во всех зонах: сначала увеличение, а затем незначительное его уменьшение, кроме восточной зоны, где наблюдалось постепенное его сокращение. Защищенность территории в 2005 г. – повышенная, а в 2015 и 2023 гг. – средняя. Такая же динамика $P_{эф}$ отмечена в восточной зоне.

Полученные результаты проведенных расчетов по методике расчета ЭХБ территории по Кочурову Б.И. показывают, что естественная защищенность территории находится на среднем уровне. Это означает что в эколого-хозяйственном балансе территории имеются нарушения, т. к. все типы песков являются пастбищными угодьями (т.е. постоянно используемые территории с определенной нагрузкой), а значения защищенности расположены на границе изменения уровней нагрузки. Но необходимо помнить о том, что данный способ классификации ландшафтов составлялся для территорий, где большую долю составляют крупные городские агломерации, влияющие на прилегающие территории. Если же рассматривать территорию исследования, то доминирующими ландшафтами, которые в значительной степени влияют на экологический баланс являются пески различной степени зарастания. В Субрегиональной национальной программе действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО) для Северного Кавказа (Ростовская область, Ставропольский край) (2000), разработанной ВНИАЛМИ и монографии «Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области» (2024), над которой совместно работали Южно-европейская НИЛОС и ФНЦ агроэкологии РАН, указывается, что открытые и слабозаросшие пески относятся к категории сильнодеградированных земель, среднезаросшие к землям со средней степенью деградации, а заросшие к слабодеградированным и являются сформировавшейся экосистемой и пригодными для хозяйственного использования.

Самыми устойчивыми к процессам опустынивания являются пойменные и аренные леса, и чуть менее – хвойные лесонасаждения. Это объясняется экологическим законом – чем больше видовое разнообразие в ландшафте, тем он устойчивее к различным воздействиям на него [171;223]. В связи с вышеизложенным, считаем необходимым внести изменения в методику расчета ЭХБ путем изменения классификации выделенных ландшафтов для песчаных земель, учитывая степень деградации и их устойчивости к процессам опустынивания используя, в том числе, информацию, полученную во время проведения полевых работ на местности.

В результате проведенной переклассификации были выделены шесть категорий земель. Лиственный древостой и кустарники (включая поймы рек) относятся к землям с наивысшей устойчивостью к процессам опустынивания ($АН_1$); хвойные лесонасаждения относятся к категории земель обладающие высокой устойчивостью ($АН_2$); заросшие пески – к территориям с низкой степенью деградации с низкой устойчивостью ($АН_3$); среднезаросшие пески, а также постоянно или периодически распахиваемые земли ($АН_4$); пашни ($АН_5$); открытые и слабозаросшие пески, а также селитебные территории, которые являются полностью деградированными землями ($АН_6$) (рисунок 5.6). Если ландшафты оказались в одном уровне, вычислялась сумма их общей площади. Данные расчетов коэффициентов, приведены в табличный вид (таблица 5.3).

Согласно полученным данным K_a является низким как на всем песчаном массиве, так и на трех зонах. Наименьшее значение абсолютной напряженности отмечается в центральной зоне массива за 2005 г., а наибольший – в восточной за 2023 г., где он достигает почти единицу. При вычислении коэффициента абсолютной напряженности на общую территорию исследования можно отметить, что значение резко возрастает с 2005 по 2015 гг., а в период с 2015-2023 гг. снижается на 0,02 усл. ед. Если рассматривать по зонам, то данный показатель резко возрастает в период 2005-2015 гг. и до 2023 г. продолжил увеличиваться, что говорит об увеличении экологической напряженности.

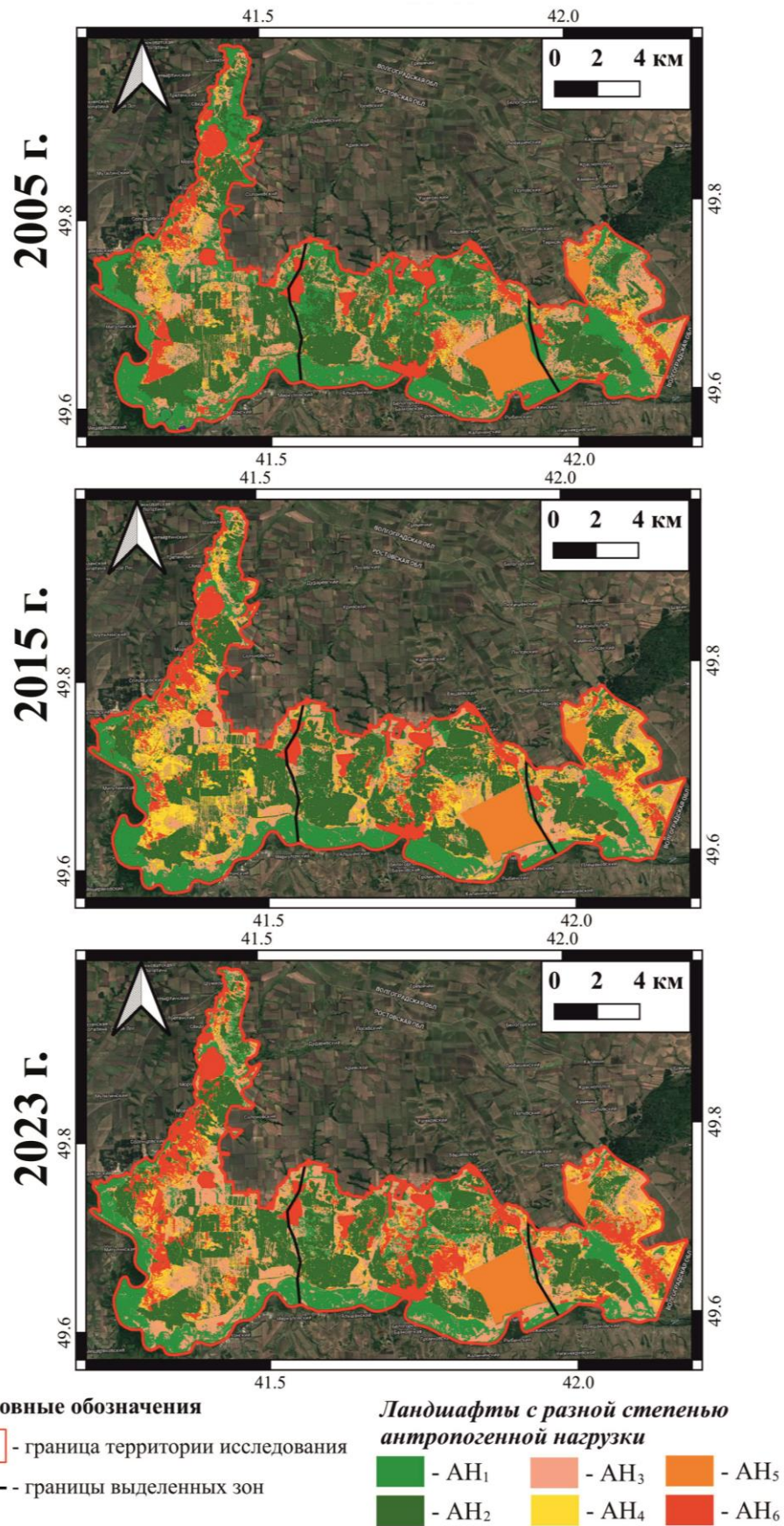


Рисунок 5.6 – Карта-схемы динамики ландшафтов Казанско-Вешенского песчаного массива классифицированных по степени антропогенной нагрузки, на основе предложенной авторской градации (М 1:700000)

Таблица 5.3 – Результат расчета коэффициентов ЭХБ по предложенной авторской классификации ландшафтов для территории Казанско-Вешенского песчаного массива за 2005, 2015 и 2023 гг.

Год	Показатели						
	K _a		K _o		K _{ез}		R _{эф}
	значение, усл. ед.	уровень	условная единица	уровень	значение, усл. ед.	уровень	пло- щадь, га
Песчаный массив, всего							
2005	0,34	низкий	0,32	низкий	0,66	повышен ный	78127,80
2015	0,57	низкий	0,45	низкий	0,60	повышен ный	71869,26
2023	0,55	низкий	0,41	низкий	0,61	повышен ный	71917,04
Западная зона массива							
2005	0,41	низкий	0,28	низкий	0,68	повышен ный	34879,78
2015	0,61	низкий	0,43	низкий	0,62	повышен ный	32244,76
2023	0,77	низкий	0,33	низкий	0,64	повышен ный	33121,14
Центральная зона массива							
2005	0,29	низкий	0,36	низкий	0,64	повышен ный	29191,48
2015	0,53	низкий	0,45	низкий	0,59	повышен ный	26732,26
2023	0,65	низкий	0,43	низкий	0,58	повышен ный	26409,16
Восточная зона массива							
2005	0,30	низкий	0,35	низкий	0,64	повышен ный	12405,54
2015	0,56	низкий	0,51	низкий	0,59	повышен ный	12892,24
2023	0,95	низкий	0,58	низкий	0,56	повышен ный	12156,49

Для относительной напряженности характерна похожая динамика значения K_o. Отличие состоит в том, что в большинстве случаев данный показатель в период 2015-2023 гг. уменьшается, кроме восточной зоны массива, где он постоянно растет. Максимальное значение K_o наблюдается в восточной зоне за 2023 г., а минимальное в центральной за 2005 г. Экологический фонд, от которого напрямую зависит показатель естественной защищенности территории, а, следовательно, геоэкологическое состояние объекта исследования, на протяжении рассматриваемого

временного промежутка, занимает более 60% песчаного массива, а по его зонам колеблется от 56% до 66% (рисунок 5.7).

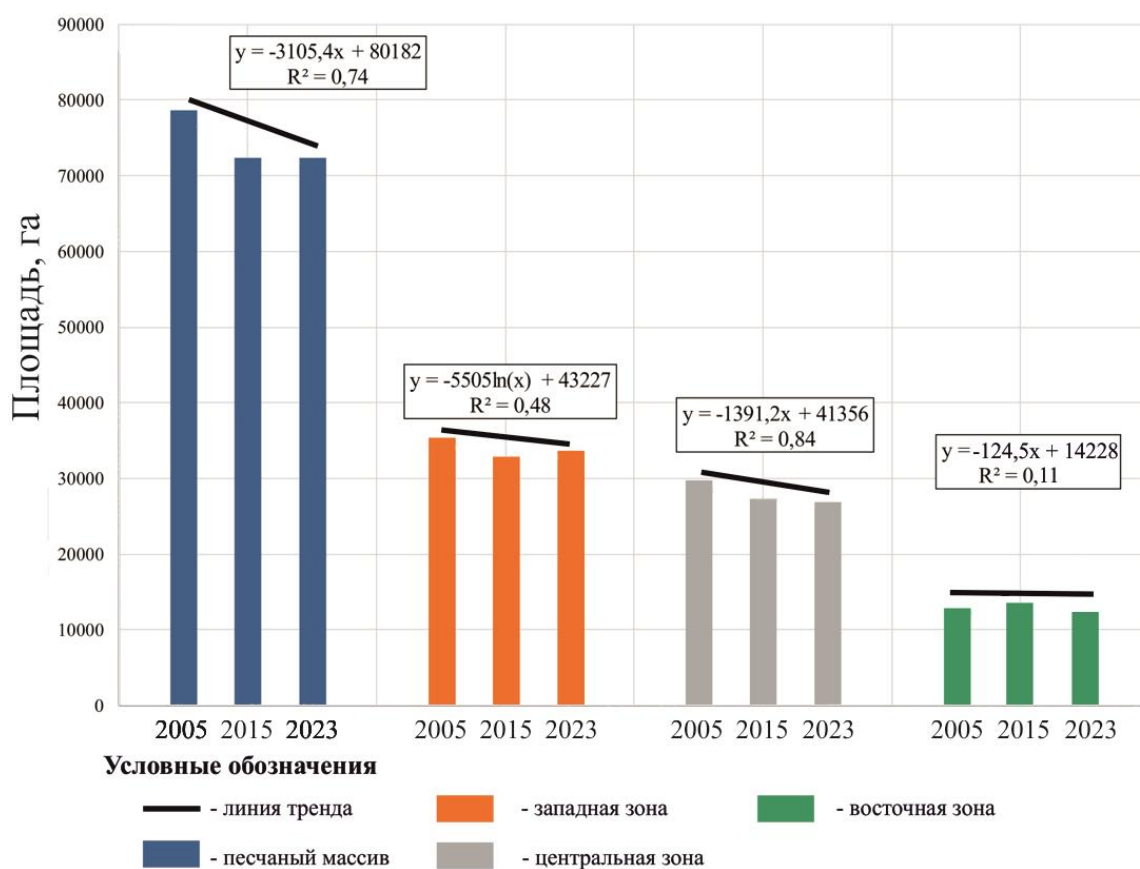


Рисунок 5.7 – Динамика площади показателя $P_{эф}$ на Казанско-Вешенском песчаном массиве с 2005 по 2023 гг.

Согласно проведенным исследованиям за период 2005-2023 гг. на массиве и его отдельных зонах отмечен тренд на уменьшение занимаемой площади ландшафтами, входящими в экологический фонд. В восточной части массива линия тренда расположена почти горизонтально, что говорит о слабой интенсивности процессов опустынивания. Скорость изменения площади $P_{эф}$ на песчаном массиве за 2005-2015 гг. уменьшалась в среднем на 625,85 га в год, а за 2015-2023 гг., наоборот, происходил обратный процесс, площадь фонда увеличивалась на 5,97 га в год. В западной и центральной зонах с 2005 по 2015 гг. отмечена интенсивность уменьшения экологического фонда занимаемой площади на 263,50 и 2454,90 га в год, соответственно. Но в период 2015-2023 гг. наблюдалось его увеличение на 2,26 и 40,39 га в год, соответственно. В восточной зоне зафиксирован обратный процесс, т.

е. в 2005-2015 гг. площадь увеличилась на 48,64 га в год, а в 2015-2023 гг. – уменьшилась на 91,97 га в год.

Сравнивая полученные результаты расчета ЭХБ по Кочурову Б. И. и предложенной классификации наблюдается значительная разница в полученных данных. Так K_a в первом случае не превышал 0,26 усл. ед., а во втором почти достиг единицы. Разница в относительной напряженности составила в два, а в некоторых случаях и в три раза больше в предложенном подходе деления ландшафтов на уровни. Площадь территории, состоящая из земель экологического фонда, после переклассификации значительно увеличилась (от 2000 до 20000 га) и как следствие это увеличило значения $K_{эз}$. В результате сравнения, можно сделать вывод о том, что классификация ландшафтов по оригинальной методике занижает площадь экологического фонда и значения коэффициента естественной защищенности, уровень которого достигает среднего. При переклассификации на основе разработанных национальных программ по борьбе с опустыниванием, за счет отнесения заросших песков к ненарушенным ландшафтам, площадь $P_{эф}$ значительно увеличилась, а деградированных земель уменьшилась, что охарактеризовало песчаный массив как территорию с повышенной защищенностью.

Пятый этап – прогнозирование. Для составления прогноза развития основных территорий с одинаковой степенью АН, была определена доля от общей площади массива за 2005, 2015 и 2023 года (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Доля территорий с разной степенью антропогенной нагрузки за 2005, 2015, 2023 гг., %

Степень антропогенной нагрузки	Ландшафт	2005 г.	2015 г.	2023 г.
АН ₁	лиственный древостой и кустарники	30,8	18,6	19,0
АН ₂	хвойные лесонасаждения	22,7	27,2	27,1
АН ₃	заросшие пески	22,3	23,3	25,0
АН ₄	среднезаросшие пески	9,2	15,8	10,4
АН ₅	пашня	4,7	4,7	4,7
АН ₆	открытые и слабозаросшие пески, селитебные территории	10,3	10,4	13,8

В результате анализа выявлено, что в 2015 и 2023 гг. наибольший процент экологического фонда составляют хвойные лесонасаждения, которые относятся к АН₂, а из деградированных земель – открытые и слабозаросшие пески, вместе с селитебными территориями – АН₆. Эти территории являются преобладающими, поэтому, в первую очередь, от их динамики будут зависеть коэффициенты ЭХБ, следовательно, прогноз основывался на изменении площади этих групп.

Если рассматривать более подробно данные степени, то необходимо отметить, что у обоих наблюдается тренд на увеличение площади с коэффициентом аппроксимации 0,72 и 0,79 (рисунок 5.8). В 2015 г. у АН₂ наблюдается резкий рост занимаемой территории и сохранение значения до 2023 г., а у АН₆ резкий его рост в 2023 г.

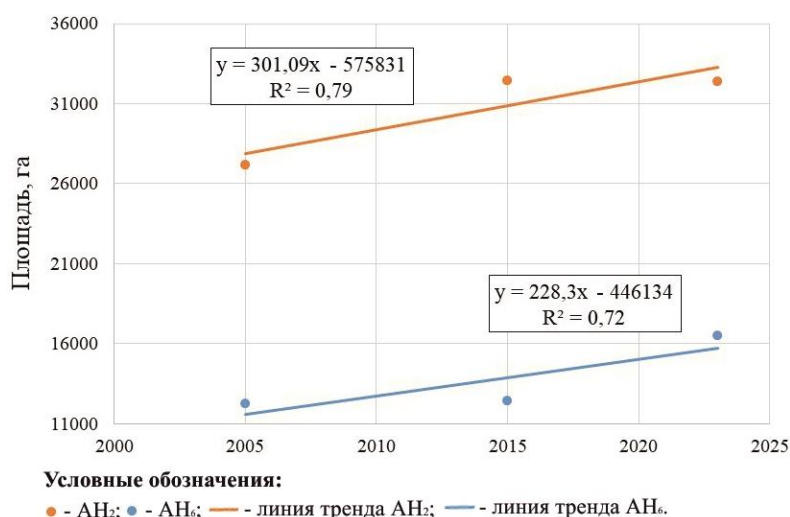


Рисунок 5.8 – Динамика и тренд показателей АН₂ и АН₆

Вторым шагом являлось вычисление разницы между долями в периоды 2005-2015 гг. и 2015-2023 гг. и классификация полученных результатов для дальнейшего составления прогноза по трем вероятным сценариям. При этом необходимо учитывать, что увеличение значения процента будет относиться к положительному сценарию для хвойных лесонасаждений, в то время как для открытых и слабозаросших песков с селитебной территорией к отрицательному (таблица 5.5).

Территория, занимаемая АН₂ при положительном прогнозе за каждое последующие десятилетие будет увеличиваться на 4,4%, и он может быть реализован при условии увеличения объема лесомелиоративных работ, связанных с

восстановлением, уходом и созданием защитных лесных лесонасаждений, а также сохранением основных параметров климатических условий, которые наблюдались с 2005 по 2023 гг. Оптимальный прогноз может быть реализован при условии сохранении темпов посадки сосны и климатических показателей, не выбивающихся из нормы для данного региона. Отрицательный прогноз реализуется при условии полного прекращения лесомелиоративных работ, а также деградации лесозащитных насаждений при небольшом приросте территории за счет самосева сосны, усугубить ситуацию могут климатические аномалии.

Таблица 5.5 – Разница между долями степени АН в % от общей площади песчаного массива 2005-2015 гг. и 2015-2023 гг.

Степень антропогенной нагрузки	Положительный прогноз развития	Оптимальный прогноз развития	Отрицательный прогноз развития
АН ₂	4,4	2,2	-0,1
АН ₆	0,2	1,8	3,4

В АН₆ за динамичный объект принимаются открытые и слабозаросшие пески, т.к. селитебные территории не меняли своих границ с 2005 по 2023 гг. Осуществление благоприятного прогноза возможно при сочетании нескольких условий: отсутствие частых периодов засух и суховеев, достаточного для данной зоны количества атмосферных осадков, малого количества дефляционноопасных ветров, пожаров и восстановления лесных массивов. Для оптимального прогноза развития ландшафта необходимо соблюдение тех же условий, что и для положительного варианта с тем отличием, что климатические условия будут периодически благоприятные, возникающие небольшие по площади пожары и сокращение объема лесомелиоративных работ. Отрицательный прогноз может быть реализован если количество ветров со скоростью от 10 м/с и более возрастет, будут частые засушливые периоды, в следствии чего возрастет количество дней с засухой и суховеями, средней температурой воздуха в период вегетации выше нормы, большие по площади пожары, а также значительным сокращением мероприятий по уходу, восстановлению и созданию сосновых массивов.

В результате, на основе полученных значений был рассчитан прогноз для рассматриваемых значений АН на 2035, 2045 и 2055 гг. Данный временной промежуток обусловлен изначально выбранным временным рядом (таблица 5.6).

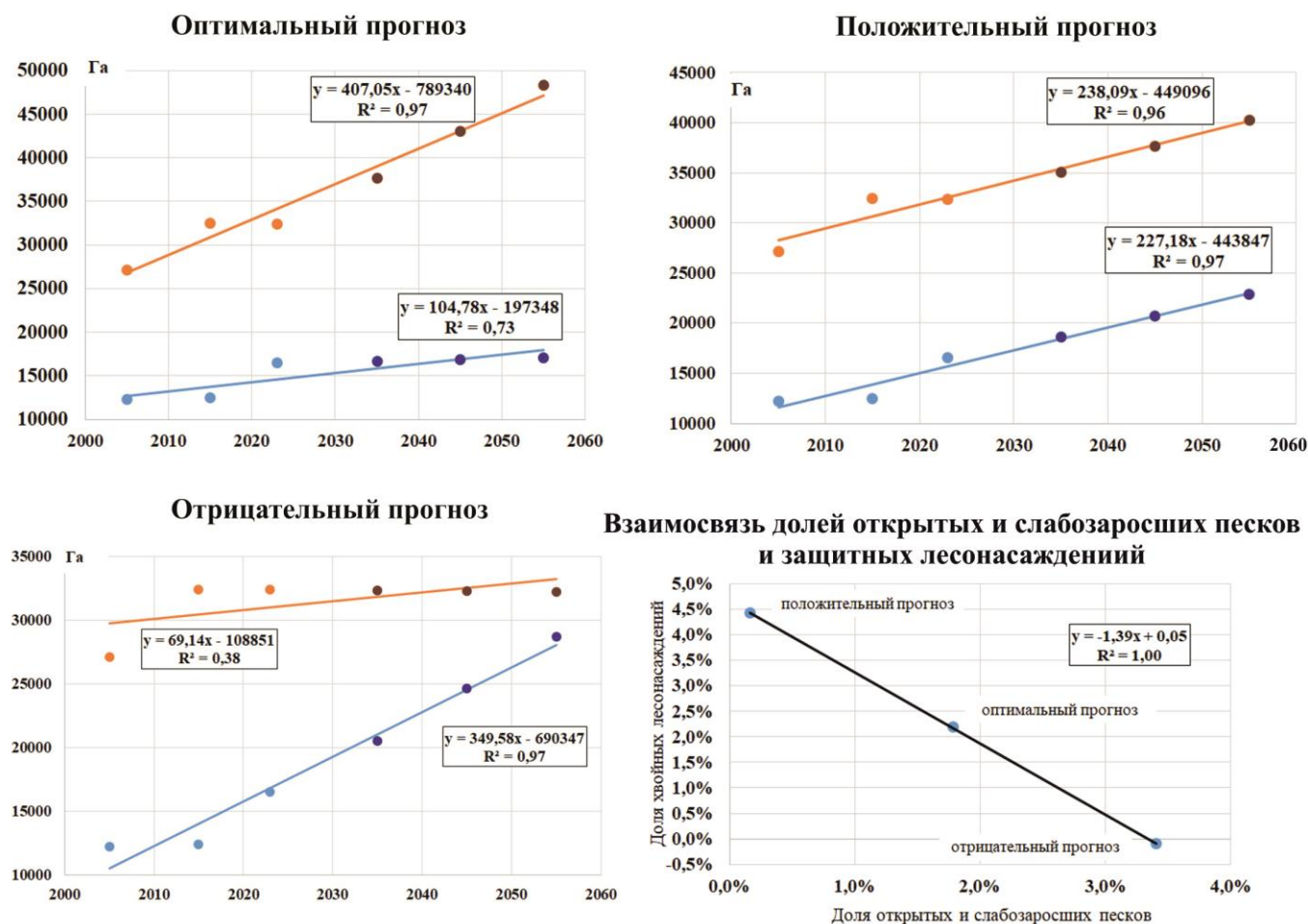
Таблица 5.6 – Результаты прогнозирования территории АН₂ и АН₆ на 2035, 2045 и 2055 гг.

Степень АН	Площадь, га					
	временной ряд			прогнозируемый временной ряд		
	2005 г.	2015 г.	2023 г.	2035 г.	2045 г.	2055 г.
Положительный прогноз						
АН ₂	27154,6	32451,6	32398,4	37695,4	42992,4	48289,4
АН ₆	12252,8	12449,7	16522,7	16691,1	16888,0	17084,9
Оптимальный прогноз						
АН ₂	27154,6	32451,6	32398,4	35020,3	37642,2	40264,1
АН ₆	12252,8	12449,7	16522,7	18629,2	20764,1	22899,1
Отрицательный прогноз						
АН ₂	27154,6	32451,6	32398,4	32345,2	32292,0	32238,8
АН ₆	12252,8	12449,7	16522,7	20567,2	24640,2	28713,2

Площадь хвойных лесонасаждений (АН₂) по отношению к 2023 г. при отрицательном прогнозе постепенно и незначительно сокращаются, достигая в 2055 г. 32238,8 га, но несмотря на это территория при данном прогнозе является больше, чем в 2005 г. на 5084,2 га. При оптимальном сценарии происходит постепенное увеличение площади каждые десять лет на 2622 га. Самый благоприятный сценарий предполагает, что искусственные лесонасаждения будут увеличиваться на 529,7 га, на каждый прогнозируемый год.

Отрицательный прогноз по АН₆ демонстрирует стремительный рост площади открытых и слабозаросших песков в прогнозируемый период более чем в 1,5 раза, по сравнению с 2023 г. По оптимальному варианту будущего развития рассматриваемой категории АН его площадь будет увеличиваться в пределах 2-3 тыс. га каждое десятилетие. Пески в 2055 г. согласно положительному прогнозу, незначительно увеличат свою площадь чуть более чем на 500 га по сравнению с 2023 г. При любом прогнозе АН₆ увеличивает свою территорию в пределах песчаного массива. Это связано с тем, что рассмотренные ранее данные с 2005 по 2023 г. показали общий тренд на увеличение площади.

Последним действием анализа геоэкологического состояния на этапе прогнозирования является составление обобщенных изменения площади территорий за рассматриваемые периоды (рисунок 5.9). На них отражены полученные данные по всем рассматриваемым вариантам развития территорий и построены линии тренда с учетом имеющейся информации о занимаемых площадях с 2005 по 2023 гг.



Условные обозначения: исходные: ● - AN₂, ● - AN₆.

Прогнозируемые: ● - AN₂, ● - AN₆. Линии тренда: — - AN₂, — - AN₆.

Рисунок 5.9 – Прогнозируемая динамика и тренд показателей AN₂ и AN₆

Если рассматривать коэффициент аппроксимации, то для AN₂ наименее вероятно осуществление отрицательного прогноза, т.к. R^2 наименьший из всех, а точность прогноза данного варианта составляет 61,6%. В остальных случаях точность в пределах 97,5-98,4%, что говорит о том, что развитие будет идти либо по оптимальному, либо по благоприятному варианту. Но при этом во всех трех вариантах прогноза отмечается общий тренд на увеличение занимаемой площади

хвойных лесонасаждений, даже несмотря на то, что при наихудшем развитии событий их территория сокращается. Для открытых и слабозаросших песков, напротив, точность прогноза, при котором территория будет незначительно увеличиваться, составляет 85,4%, и вероятность осуществления данного сценария развития самая низкая. Наиболее вероятно осуществление оптимального и отрицательного прогноза, их точность одинаковая и составляет 98,5%.

На последнем графике показана прямая зависимость долей при разных прогнозах хвойных лесонасаждений и открытых и слабозаросших песков ($R^2=1$). При уменьшении доли прогнозного роста хвойных лесонасаждений увеличивается прогнозная доля открытых и слабозаросших песков и, наоборот, при увеличении доли хвойных лесонасаждений уменьшается доля открытых и слабозаросших песков.

5.2. Предложения по оптимизации природопользования

В настоящее время наиболее эффективным и экономически целесообразным способом использования песков является их комплексное освоение, при котором они могут приносить максимальную экономическую пользу на фоне сохранения устойчивого развития экосистем песчаных территорий [5; 69; 160; 175].

В настоящее время земли песчаного массива используется в основном как пастбищные угодья. Незначительное использование территории для выращивания сельскохозяйственных культур вызвано тем, что теоретически разработанные и применяемые на практике системы земледелия, и агротехнические приемы слабо применимы к песчаным почвам. Песчаные земли неустойчивы к хозяйственной нагрузке и легко подвергаются дефляции. Лишаясь растительного покрова при перевыпасе или интенсивном сельскохозяйственном использовании, они приходят в движение, формируя барханные цепи. На этих почвах может быть развито

садоводство и виноградарство, но они практикуются только местным населением на приусадебных участках [193].

На песках Среднего Дона для закрепления песков традиционно используются лесомелиоративные и фитомелиоративные приемы (Павловский, 1994). В лесных насаждениях, состоящих из сосны обыкновенной и сосны крымской, при близком уровне залегания грунтовых вод (от 1,5 до 3,0 м) и при наличии погребенных почв бонитет может достигать I-II класса, а на глубоководных легкопесчаных почвах может не превышать III-го класса. На эоловых наносах песка, слагающего бугры, бонитет снижается до IV-V. В котловинах выдувания – Va-Vб классов [60; 99].

На основе составленной карта-схемы динамики ландшафтов (см. рисунок 5.6) выявлены наиболее деградированные территории, т. е. открытые и слабозаросшие, среднезаросшие пески, в сумме составляющие 25207,2 га (рисунок 5.10). Данные земли в первую очередь нуждаются в проведении пескозакрепительных мероприятий для предотвращения дальнейшего развития процессов дефляции.

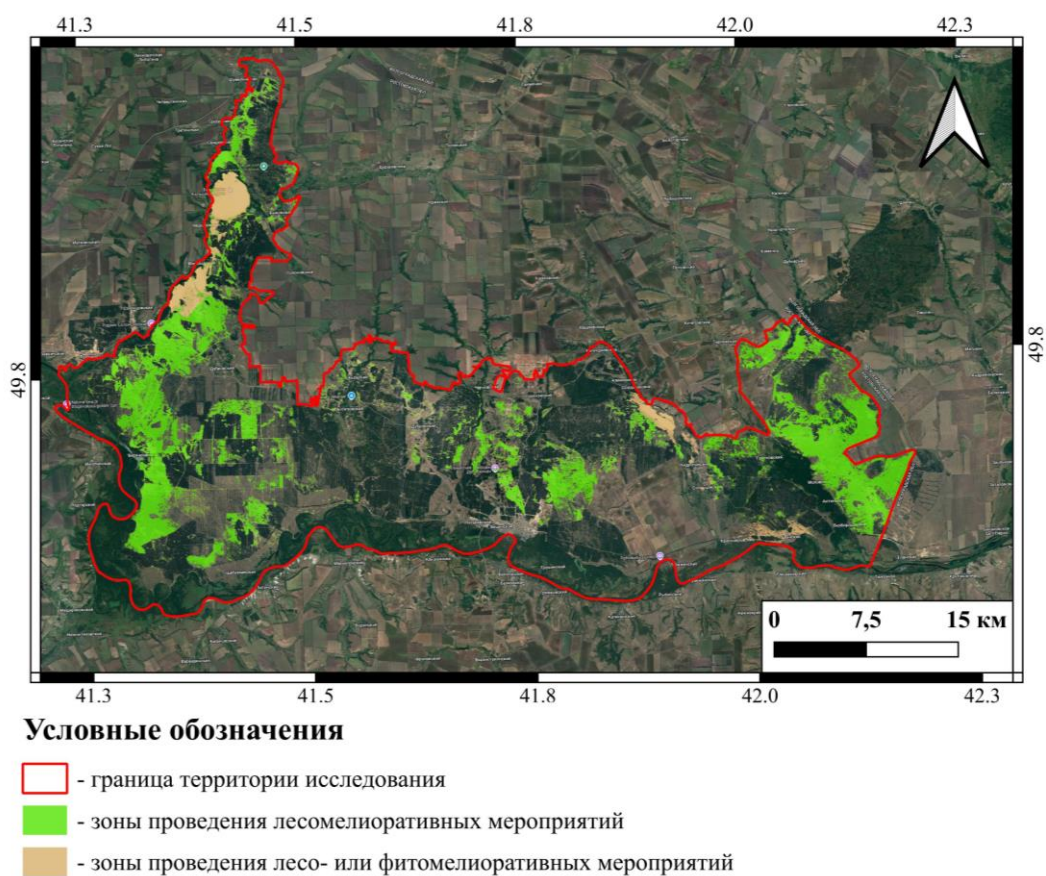


Рисунок 5.10 – Карта-схема территорий Казанско-Вешенского песчаного массива, нуждающихся в проведении мелиоративных мероприятий (М 1:400000)

Выделенные зоны лесомелиоративных мероприятий, в основном, расположены на местах, где ранее существовали лесные массивы или где есть возможность увеличить их территорию для закрепления деградированных земель. Для зоны проведения фитомелиоративных работ по закреплению открытых песков, также возможно создание сосновых массивов, но при этом необходимо учитывать, что на данных землях они будут иметь низкий класс бонитета или относиться к низкобонитетным лесонасаждениям.

Основным назначением защитных лесонасаждений на песчаных землях является закрепление песков и формирование лесопастбищ [274]. На первом этапе для их посадки необходима подготовка почвы, исключая конкуренцию естественного травостоя. Для предотвращения ветровой эрозии обработка почв ведется полосами, ширина которых зависит от характера почв и степени развития почвенного покрова [116]. Ранее, в XX в. наиболее оптимальной считалась посадка по Нижнеднепровскому способу глубокого частичного рыхления грунта (глубиной 40 см) и шириной междурядья 2,5 м. [46; 219].

Стоит учитывать, что закладка лесонасаждений при сплошном облесении обладает существенными недостатками. Лесной массив создается в 2-3 приема, при этом увеличивается продолжительность облесительных работ с 8-10 до 15-20 лет [65; 97].

Основной породой для лесоразведения на песчаных почвах является сосна обыкновенная и сосна крымская. Установлено, что лучшим периодом для ее посадки в данных условиях является конец марта – начало апреля, когда запасы влаги в почве достигают максимума при отдаленных грунтовых водах [220].

Основными способами создания лесных насаждений на песках Среднего Дона является посадка семян, саженцев, черенков. Наиболее эффективен способ посадки семян в сроки после снеготаяния. Данный факт обусловлен тем, что быстрый рост температуры и сухости воздуха с активным ветровым режимом может привести к потере влаги и отпаду саженцев. Период приживания – первые 2-4 недели после посадки [43; 98; 179-182]. Оптимальная густота лесонасаждений с точки зрения лучшего роста и накопления стволовой массы с возрастом изменяется. Так,

Тольский А. П. (1921) установил, что для лесонасаждения сосны оптимальной густотой является 4,8-6,6 тыс. дер/га. Основной причиной изменения оптимальной густоты лесонасаждений с возрастом является площадь питания, необходимая для нормального роста и развития дерева. В настоящее время ширина междурядья посадки составляет 3-4 м, а густота посадки 3,6 тыс. дер/га [79; 130; 131].

Степные недеградированные участки с легкими почвами рекомендуется использовать как сенокосы и пастбища. Пастбищные угодья занимают почти половину песчаного массива – это степи на песчаных почвах, а также участки открытых песков, которые образовались в результате неконтролируемого выпаса. Такие земли должны исключаться из пастбищного использования под самозарастание. Следовательно, целесообразным будет проведение мероприятий по повышению качества пастбищных угодий [86;146]. Одной из кормовых трав, пригодной для посева, является житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum*. L), который на рассматриваемой территории встречается в диком виде. Он высевается по стерне озимой ржи дисковой сеялкой на глубину не более 2-3 см в количестве 14-20 кг/га семян. Сенокосение возможно после 2-3 лет, а контролируемый выпас со второго года [131; 193].

На открытых склонах и в междувалистых понижениях Гаель А. Г. рекомендует применять посев смесей житняка с эспарцетом (*Onobrychis*) или чистые посевы последнего. Эспарцет также растет на песчаном массиве в диком виде и ценен тем, что является накопителем в почве азота из атмосферы. Семена высеваются в количестве 50 кг/га на глубину 4-5 см по пару или по стерне и требуют предварительной 20-ти дневной световой обработки [56]. На подвижных развеваемых песках, с глубоким залеганием грунтовых вод, возможно применение механической защиты как древесной, так и травянистой растительности. Механические защиты различных конструкций в течении 1-2 лет сохраняют поверхность неподвижной, что позволяет прижиться растениям. Всего используют несколько видов защит: клеточные и рядовые [179-182; 273]. Клеточные защиты представляют собой секции площадью 2 или 3 м² и используются для защиты ценных хозяйственных объектов.

При применении рядовых защит пучки тростника укладываются непрерывными рядами через 4-5 м перпендикулярно дефлируемым ветрам [179; 207].

Таким образом, можно утверждать, что на песчаном массиве существует полная возможность увеличить кормовую емкость пастбищ, но для этого требуется четкое понимание особенностей легких почв. Иначе распашка может привести к развитию ветровой эрозии и гибели лесонасаждений так же, как и неконтролируемый выпас скота [189].

В 2023 г. в рамках выполнения Важнейшего инновационного проекта государственного значения «Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Ростовской области» совместно с сотрудниками филиала ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС» составлены и утверждены акты внедрения в производство научно-исследовательских работ (приложения Д, Е). Данные мероприятия представляют собой создание новых защитных лесонасаждений, состоящих из сосны обыкновенной. Предложенные лесомелиоративные работы направлены на закрепление и облесение территорий массива как в Верхнедонском, так и в Шолоховском районах.

Выводы

Анализ геоэкологического состояния песчаного массива был осуществлен по шести этапам. На первом этапе для анализа динамики ландшафтов были составлены карта-схемы территории всего песчаного массива. При визуальном анализе данных схем установлено, что основные очаги открытых и слабозаросших песков сосредоточены в западной и восточной частях массива, а в центральной, их расположение носит очаговый характер. Также сильные изменения отмечены в лиственном древостое и кустарниках (включая пойменные леса). Это отражалось в сокращении занимаемой территории аренных лесов и насаждений. Для установления причин динамики ландшафтов были составлены ориентированные графы за периоды с 2005 по 2015 гг. и с 2015 по 2023 гг. В результате проведенной работы выявлены две основные группы причин трансформации: природно-климатические факторы и

антропогенные. В первой группе наибольшее влияние оказывали осадки, повторяемость дефляционноопасных ветров, уровень грунтовых вод и степень аридности климата, а во второй – пожары, перевыпас скота, распашка земель и несоблюдения технологий агролесомелиоративных мероприятий по уходу за лесонасаждениями.

На втором этапе территория песчаного массива была проанализирована на выявление потенциальных зон антропогенной нагрузки с помощью показателей плотности населения, количества транспорта и расположения дорожной сети. В результате анализа установлено, что на территории исследования основная точка концентрации населения, транспорта и автомобильных дорог расположена в ст. Вешенская.

Третьим этапом являлась оценка природных условий жизни населения. Данная работа выполнялась на основе карты «Оценка природных условий жизни населения СССР». В результате установлено, что территория объекта исследования характеризуется как с наиболее благоприятными условиями для проживания человека и ведения хозяйственной деятельности. Общий балл составил 3,55.

На четвертом этапе был проведен расчет эколого-хозяйственного баланса территории как самого песчаного массива, так и по отдельным его зонам (западная, центральная и восточная) с расчетом коэффициентов абсолютной и относительной защищенности, площади земель экологического фонда и коэффициента естественной защищенности. Для этого на основе карта-схем, которые были составлены на первом этапе, была проведена классификация ландшафтов по степени нагрузки на основе методики Кочурова Б. И. В результате расчетов полученных данных, было установлено, что в 2005 г. на песчаном массиве был повышенный уровень естественной защищенности, который с 2015 по 2023 гг. стал средним. Если рассматривать показатель по отдельным зонам, то уровень K_{e3} в западной зоне повышенный, в центральной за 2005 и 2023 гг. он повышенный, но в 2015 г. – средний; в восточной за 2005 г. – повышенный, с 2015 по 2023 гг. – средний. Значения K_a и K_o являлись низкими на всем протяжении рассматриваемого периода.

При оценке ЭХБ территории по Кочурову Б. И. было отмечено, что песчаные земли относятся к землям одной категории (АН₄ или пастбищные угодья), что не может отражать объективность оценки геоэкологического состояния песчаного массива, так как изначально данная методика разрабатывалась для территорий с крупными городскими агломерациями. Поэтому на основе классификации земель по степени деградации используемых в национальных программах действий по борьбе с опустыниванием была предложена классификация песчаных земель согласно их степени деградации и устойчивости к процессам дефляции. После проведенного расчета коэффициент естественной защищенности как на всем массиве, так и на отдельных его зонах стал повышенным за счет увеличения площади территорий, входящих в экологический фонд. Коэффициенты относительной и абсолютной экологической напряженности не превышали значений низкого уровня. Дополнительно была проанализирована динамика земель, относящихся к Р_{эф}. На песчаном массиве наблюдался тренд на снижение площади территории экологического фонда, которую подтверждает проведенный анализ на отдельные зоны. Так, в западной и центральной зонах была отмечена отрицательная динамика данных земель, а в восточной зоне наблюдались незначительные изменения площади за рассматриваемый период, линия тренда почти в горизонтальном направлении.

В целом, необходимо отметить, что если рассчитывать эколого-хозяйственный баланс по Кочурову Б. И., то общее геоэкологическое состояние песчаного массива оценивается как среднее, что связано с тем, что ресурсостабилизирующий (экологический) фонд занимает меньшую площадь на массиве, чем при доработанной классификации земель.

После расчета ЭХБ по предложенной классификации ландшафтов, геоэкологическое состояние благоприятное. Но стоит учитывать тот факт, что песчаные земли особенно чувствительны к внешнему воздействию как природных, так и антропогенных факторов. Засушливый год с сильными дефляционноопасными ветрами, неконтролируемый выпас скота, нерациональное земледелие может повлечь за собой активизацию процессов дефляции вплоть до образования новых очагов опустынивания и угнетения защитных лесонасаждений.

Для составления прогноза развития территории были выбраны ландшафты, доля которых в общем по песчаному массиву являлась наибольшей в экологическом фонде и среди деградированных территорий. Так, было установлено, что наибольшее влияние имели земли АН₂ (хвойные лесонасаждения) и АН₆ (открытые и слабозаросшие пески, а также селитебные территории). Для расчета по трем вероятным сценариям развития (положительный, оптимальный и отрицательный) данных ландшафтов для каждого АН было осуществлено вычисление разницы между долями. Согласно прогнозу, земли хвойных лесонасаждений наиболее вероятно будут развиваться по оптимальному и благоприятному сценарию, что означает увеличение экологического фонда территории. В целом для полностью деградированных территорий вероятнее всего осуществление оптимального или отрицательного прогноза.

Предложения по оптимизации природопользования направлены на комплексное освоение песков. Для этого на основе карта-схемы динамики ландшафтов песчаного массива за 2023 г., были выявлены наиболее деградированные земли (открытые и слабозаросшие пески, а также среднезаросшие пески) и составлена карта-схема территорий нуждающихся в проведении мелиоративных мероприятий. Выделены зоны проведения лесомелиоративных и фитомелиоративных мероприятий. Установлено, что на песчаном массиве можно достигнуть увеличение кормовой емкости для пастбищ. Совместно с сотрудниками филиала ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС» разработаны акты внедрения в производство в рамках реализации «Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием в Ростовской области».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Географическое положение Казанско-Вешенского песчаного массива относительно транспортных путей обусловило неравномерное заселение территории и низкую плотность населения, отсутствие промышленности. Общая разница в распределении средней температуры воздуха по территории составляет менее 1°C. За период с 1966 по 2022 гг. прослеживается тренд ее повышения на 2°C. Для осадков характерны циклы (пять-шесть лет). Значения индекса аридности за 57 лет варьируют от 0,3 до 0,8. Установлена прямая связь между NIA и количеством выпавших осадков ($R^2=0,67$). Повторяемость дефляционноопасных ветров преимущественно восточного направления. В восточной части территории массива грунтовые воды залегают на глубине более 5 м, в центральной – менее 5 м, в западной на разных уровнях. Темногумусовые супесчаные глубоко ожелезненные почвы преобладают в восточной части массива, светлогумусовые песчаные и супесчаные в западной. Аллювиально-темногумусовые почвы занимают пойму р. Дон и ее притоков. В центральной части массива расположен небольшой участок пахотных угодий с агрочерноземами. Полученные данные о физико-географических особенностях позволили выделить на территории песчаного массива по естественным границам три зоны: западную (от р. Песковатка до р. Левая), центральную (от р. Левая до р. Зимовная) и восточную (от р. Зимовная до границы Ростовской области).

2. Для проведения ландшафтно-экологической оценки выбраны шесть ключевых участков, отражающих наиболее характерное сочетание ландшафтов песчаного массива. Для западной зоны с измененностью ландшафта уровня «бедствие» («Буруны №1», «Грядовые пески») основной причиной трансформации является перемещение открытого песка по направлению преобладающего дефляционноопасного ветра, а также образования ветровой тени от защитных лесонасаждений, увеличения количества осадков. Участок «Верхнечирский» после пожара 2004 г. на настоящий момент характеризуется слабым уровнем деградации,

вследствие, проведенных лесомелиоративных мероприятий по восстановлению сосновых массивов, а также заселению пройденных пожаром территорий лиственными древесными породами и кустарниковыми видами. Для ключевого участка «Андроповский» центральной зоны выявлен переход из состояния ландшафта «риск» в «норму» из-за увеличения степени зарастания песков как травянистой, так и древесной растительностью. Ключевые участки восточной части расположены возле селитебных территорий. Для «Еланская» изменение уровня экологического состояния ландшафта с «риск» на «норму» произошло за счет уменьшения антропогенного воздействия на территорию, связанную с сокращением выпаса скота, уменьшением рекреационной нагрузки на пойменные земли, снижения вырубки древесных пород, возобновления лесомелиоративных работ. Основной причиной резкой деградации территории ключевого участка «Безбородовский» является пожар 1998 г., в результате которого образовался очаг открытых песков. Несмотря на создание, в последующие периоды, защитных лесных насаждений, низкой антропогенной нагрузки, благоприятных погодных условий, уровень экологического состояния ландшафта оценен как «риск».

3. На основе анализа методики определения эколого-хозяйственного состояния территорий по Кочурову Б.И. выявлено недостаточное ранжирование нарушенных земель по степеням антропогенной нагрузки для оценки песчаных ландшафтов. Согласно этой методике песчаные земли относятся к одной категории, что не может отражать объективность оценки геоэкологического состояния, так как изначально данная методика разрабатывалась для территорий с крупными городскими агломерациями. Автором осуществлена модификация формулы с учетом степени деградации песчаных ландшафтов и их устойчивости к процессам опустынивания путем дифференциации песчаных земель по степени зарастания, наличия пойменных и аренных лесов, хвойных лесонасаждений. После проведенного расчета эколого-хозяйственного баланса коэффициент естественной защищенности стал повышенным за счет увеличения площади территорий экологического фонда. Коэффициенты относительной и абсолютной экологической напряженности не превышали значений низкого уровня.

4. Наибольшую долю экологического фонда составляют хвойные лесонасаждения, а из деградированных земель – открытые и слабозаросшие пески, поэтому от динамики их площадей зависит результат оценки ЭХБ. Осуществлен прогноз этих изменений по трем вероятным сценариям. При положительном прогнозе за каждое последующее десятилетие на 4,4% от территории песчаного массива будет увеличиваться площадь под хвойными лесонасаждениями при условии увеличения объема лесомелиоративных работ и сохранении основных климатических параметров на существующем уровне. Оптимальный прогноз может быть реализован при условии сохранения темпов увеличения открытых и слабозаросших песков на 1,8%, а также на 2,2% лесопосадочных работ, направленных на комплексное освоение песков с помощью проведения лесо- и фитомелиоративных мероприятий. Отрицательный прогноз реализуется при условии полного прекращения лесомелиоративных работ, деградации лесозащитных насаждений, климатических аномалий, при которых увеличение открытых песков будет достигать 3,4% за десятилетие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимов И.К. Использование космической информации и наземное профилирование при наблюдениях за динамикой ландшафтов обсыхающего побережья Аральского моря / И.К. Абросимов, М.Б. Кирпикова // Геодезия, аэрофотосъемка, картография: Экспресс-информация. – 1988. – №5-6. – С. 42-43.
2. Агроклиматические ресурсы Ростовской области /Ростовская гидрометеорологическая обсерватория. – Л. : Гидрометеиздат, 1972. 251 с.
3. Агролесомелиоративная наука в XX веке / А.Н. Каштанова [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2001. – 366 с.
4. Агроэкологические проблемы Российского Прикаспия : материалы научно-практической конференции – Волгоград: ВНИАЛМИ. – 1994. – 234 с.
5. Аковецкий В.И. Дешифрирование снимков / В. И. Аковецкий. – М.: Недра, 1983. – 120 с.
6. Альтер С.П. Ландшафтный метод дешифрирования аэрофотоснимков / С.П. Альтер : учеб. пособие – Москва – Ленинград: Наука : 1966. – 88 с.
7. Аношко В.С. Методы географического прогнозирования изменений осушенных почв и ландшафтов / В.С. Аношко [и др.] // Природные ресурсы. – 2002. – № 4. – 2002. – С. 67-86.
8. Анучин Н.Г. Лесная таксация : учебник для ВУЗов / Н.Г. Анучин. – М. - Л., 1960. – 512 с.
9. Арчаков Д.И. Агроклиматические условия казанско-Вешенского песчаного массива / Арчаков Д.И., Турчин Т.Я., Кулакова Е.С. // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. – 2024. – №3(75). – С156-165. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-18.
10. Арчаков Д.И. Анализ Казанско-Вешенского песчаного массива по индексу антропогенной нарушенности ландшафта / Д.И. Арчаков, С.А. Истомин, Т.Н. Лебедева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия:

География. Геоэкология. – 2024. – № 2. – С. 107-113. DOI 10.17308/geo/1609-0683/2024/2/107-113.

11. Арчаков Д.И. Анализ методов картографирования растительного покрова Казанско-Вешенского песчаного массива / Д.И. Арчаков, Т.Я. Турчин // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2023. – № 3. – С. 88-97. DOI 10.31857/S0869780923030025.

12. Арчаков Д.И. Анализ очага опустынивания Казанско-Вешенского песчаного массива / Д.И. Арчаков, Т.Н. Лебедева // Сборник статей, посвященный 75-летию Южно-европейской научно-исследовательской лесной опытной станции «Воспроизводство, использование, охрана, защита и биоразнообразие лесов на юге европейской части России» 3-5 сентября 2024 г. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2024. – С. 144-149. ISBN 978-594219-303-4.

13. Арчаков Д.И. Анализ территории ключевого участка Казанско-Вешенского песчаного массива по индексу антропогенной нарушенности ландшафта / Д.И. Арчаков, В.А. Брыжина, Т.Я. Турчин // Сборник материалов участников XVIII Большого географического фестиваля 8-10 апреля 2022 г.– СПб.: СПбГУ, 2022. – С. 272-276. EDN TRSMLJ.

14. Арчаков Д.И. Анализ территории ключевого участка Казанско-Вешенского песчаного массива по индексу подверженности процессам опустынивания / Д.И. Арчаков, Т.Я. Турчин // Сборник материалов участников XX Большого географического фестиваля 5-7 апреля 2024 г.– СПб.: СПбГУ, 2024. – С. 272-276. EDN TRSMLJ.

15. Арчаков Д.И. климатические условия Казанско-Вешенского песчаного массива / Д.И. Арчаков, С.А. Истомина, Т.Н. Лебедева // Антропогенная трансформация геопространства: меняющийся мир - штрихи к портрету : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Волгоград, 11–12 декабря 2023 года. – Волгоград: Волгоградский государственный университет, 2024. – С. 92-96. EDN BNXDUL.

16. Арчаков Д.И. Ландшафтно-экологический анализ Казанско-Вешенского песчаного массива / Д. И. Арчаков [и др.] // Астраханский вестник экологического образования. – 2024. – № 5(83). – С. 4-12. DOI 10.36698/2304-5957-2024-5-4-12.

17. Арчаков Д.И. Оценка современного экономико-географического положения города Волгограда / Д.И. Арчаков // Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество : материалы V Международной научно-практической конференции, Волгоград, 01-04 октября 2019 года / Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, Волгоградский государственный университет. – Волгоград : Волгоградский государственный университет, 2019. – С. 363-366.

18. Арчаков Д.И. Физико-географическое описание Казанско-Вешенского песчаного массива / Д.И. Арчаков, Т.Я. Турчин // Сборник материалов участников XIX Большого географического фестиваля» 8-10 апреля 2023 г. – СПб.: СПбГУ, 2023 – С. 61-65. EDN FERIGZ.

19. Атлас Ростовской области: картографическая основа. – 1:50 000, 1:100 000, 1:2 500 000. - Ростов-на-Дону : Полиграф Сервис, 2010. – 232 с.: цв. карт.

20. Афанасьева Т.В. Использование аэрометодов при картировании и исследовании почв : учеб. пособие / Т.В. Афанасьева. – М.: Изд-во Московского Университета, 1965. – 158 с.

21. Бабаев А.Г. Проблемы освоения пустынь / А.Г. Бабаев. – Ашхабад (Туркменистан): Ылым, 1995. – С. 340.

22. Бабаев А.М. Методика изучения по аэроснимкам степени антропогенного воздействия в пустыне / А.М. Бабаев. Проблемы освоения пустынь, 1979. – №1. – С. 24-32.

23. Бадмахалгаев А.Л. О необходимости увеличения зоны фитомелиоративных работ вокруг очага опустынивания (зоны риска возникновения очага дефляции-зрвод) / А.Л. Бадмахалгаев, А.О. Батрашкеева // Инновационная наука. – 2022. – № 11-1. – С. 35-38. EDN LOCALX.

24. Бакинова Т.И. Пастбищные ресурсы аридных территорий: оценка состояния и использования / Т.И. Бакинова. – Элиста, 2013. – 146 с.

25. Безуглова О. С. Динамика деградации земель Ростовской области / О. С. Безуглова [и др.] // Известия РАН. Серия географическая. – 2022. – Т. 86, № 1. – С. 41-54. DOI: 10.318557/S2587556622010034

26. Безуглова О. С. Экобиомониторинг почв : учебное пособие / О. С. Безуглова // Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Биолого-почвенный факультет – Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального университета, 2024. – 183 с. ISBN 978-5-9275-4590-2.

27. Безуглова О.С. Динамика деградации земель в Ростовской области / О.С. Безуглова, О.Г. Назаренко, И.Н. Ильинская // Аридные экосистемы. – 2020. – Т. 26, № 2(83). – С. 10-15. EDN KWOАНВ.

28. Безуглова О.С. Почвы Ростовской области : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности и направлению высшего профессионального образования 020701 и 020700 «Почвоведение» / О.С. Безуглова, М.М. Хырхырова // Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный ун-т», Биолого-почвенный факультет – Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального университета, 2008. – 350 с.

29. Белов С.В. Аэрофотосъемка лесов : учеб. пособие / С.В. Белов. – Москва – Ленинград : АН СССР, 1959. – 219 с.

30. Белов С.В. Теоретические основы аэрофотосъемки лесов и использование аэроснимков для изучения лесного фонда : автореф. дисс.. д-ра сельскохозяйств. наук: / Белов Сергей Викторович. – Красноярск, Институт леса и древесины Сибирского отделения Акад. наук СССР, 1961. – 56 с.

31. Белов Ф.А. Геология СССР. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР. Часть 1. Геологическое описание. / Ф.А. Белов, А.И. Егоров, Н.И. Погребенов // М.: Недра, 1969. – Том 46. –550 с.

32. Беляев А.И. Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ Российской Федерации инновационными экологически безопасными ресурсосберегающими технологиями /

А. И. Беляев [и др.]. – Волгоград : Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2021. – 68 с. ISBN 978-5-6044587-9-2.

33. Бердников С.В. Методы геоинформационного моделирования морских и наземных экосистем юга России / С.В. Бердников [и др.] // Труды Южного научного центра Российской академии наук / ред. С.В. Бердников. – Ростов-на-Дону – 2022. – Т. 10. – С. 55-77. DOI 10.23885/1993-6621-2022-10-55-77.

34. Бердников С.В. Новые подходы и методы изучения опасных природных явлений на Юге России: береговые процессы / С.В. Бердников // Опасные природные явления и социальные процессы в Причерноморье, Приазовье и Прикаспии на протяжении XX–XXI вв. : Материалы круглого стола, Ростов-на-Дону, 24 апреля 2019 года. – Ростов-на-Дону: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук", 2019. – С. 18-27. – EDN IYYUTE.

35. Бережная А.В. Влияние внесения донных отложений на эмиссию углекислого газа серопесками / А. В. Бережная [и др.] // Актуальные проблемы экологии и природопользования : Сборник материалов. 100-летию Юрия Николаевича Куражковского. – Ростов-на-Дону – Таганрог : Южный федеральный университет, 2023. – С. 13-14. – EDN НАРАQY.

36. Беспалова Л.А. Абразионные процессы и их последствия / Л.А. Беспалова, А.Е. Цыганкова // Труды Южного научного центра Российской академии наук. – Ростов-на-Дону – 2020. – Т. 8. – С. 97-110. – DOI 10.23885/1993-6621-2020-8-97-110. – EDN VZXXIV.

37. Беспалова Л.А. Полевые гидролого-географические исследования озер и подземных вод : учебно-методическое пособие / Л.А. Беспалова, Е.В. Беспалова – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2023. – 41 с. – EDN OXKFFQ.

38. Беспалова Л.А. Практикум по гидрологии Постановка и проведение наблюдений на реках : Учебно-методическое пособие / Л.А. Беспалова, С.В. Бердников. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2016. – 47 с. – EDN XGWMQF.

39. Бессарабов С.Ф. Лесные защитные насаждения / С.Ф. Бессарабов, М.М. Лазарев, С.Н. Адрианов. – М. : Сельхозиздат, 1963. – 600 с.
40. Брылев В.А. Принципы и методы составления среднемасштабной областной экологической карты (на примере Волгоградской области): Методические рекомендации / В.А. Брылев, З.В. Агарков, А.И. Шугаев. – Волгоград: Перемена, 1992. – 40 с.
41. Вальков В.Ф. Почвоведение : учебник / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 527 с. ISBN 978-5-9916-8457-6.
42. Введение в геоэкологию: учебник для ВУЗов / ред. В.Н. Экзарьян. – М. : Пробел, 2000. – 208 с.
43. Вдовенко А.В. Лесомелиорация ландшафтов (на примере песчаных земель) / А. В. Вдовенко [и др.] // Волгоградский государственный аграрный университет. – Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. – 88 с. EDN LPFWCN.
44. Вельмовский П.В. Ландшафтные критерии степной лесомелиорации / П.В. Вельмовский [и др.] // Известия ОГАУ. – 2016. №1 (57). – С. 10-12.
45. Виноградов Б. В. Основы ландшафтной экологии. / Б. В. Виноградов. – М.: ГЕОС, 1998. – С. 418.
46. Виноградов Б.В. Растительные индикаторы / Б.В. Виноградов. М.: Высшая школа, 1964. – 361 с.
47. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов. – М.: Наука, – 1984. – 248 с.
48. Виноградов Б.В. Индикаторы опустынивания и их аэрокосмический мониторинг / Б.В. Виноградов // Проблемы опустынивания земель. – 1980. – № 4. – С. 35-43.
49. Виноградов Б.В. Картографирование климатической аридности территории Калмыкии / Б.В. Виноградов, А.Д. Сорокин, П.Б. Федотов // Биота и природная среда Калмыкии. – М. : 1995. – С. 253-258.
50. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии / Б.В. Виноградов. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.

51. Виноградов В.Н. Комплексное освоение Нижнеднепровских песков. / В.Н. Виноградов – Одесса: Маяк, 1964. – 176 с.

52. Власенко М.В. Особенности развития растительного покрова песчаных территорий Донского бассейна под влиянием выпаса скота / М.В. Власенко // Актуальные вопросы и инновации в животноводстве : Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора С.Г. Леушина, 300-летию Российской академии наук и 90-летию создания Оренбургского научно-исследовательского института молочно-мясного скотоводства в системе Наркомата зерновых и животноводческих совхозов СССР, Оренбург, 22–23 мая 2024 года. – Оренбург : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук", 2024. – С. 114-118. – EDN GJWXOC.

53. Власенко М.В. Рациональное использование пастбищных угодий Чирского песчаного массива / М.В. Власенко, В.В. Бородычев, А.К. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 113-123. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-14. – EDN LRDNAQ.

54. Власенко М.В. Эколого-ботанический анализ лекарственной флоры Арчедино-Донского песчаного массива на основных типах местообитания / М.В. Власенко, А.К. Кулик // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1 (57). – С. 78 - 84. EDN: TMVOVR.

55. Вопросы изучения земель и их оценки: сборник научных трудов / ред. С.И. Носов – М.: ГИЗР, 1981. – 147 с.

56. Воробьев А.В. Передел / А.В. Воробьев. – Волгоград: Станица, 1996. – 144 с.

57. Всероссийская перепись населения 2010 г. – Режим доступа: URL:https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm (дата обращения: 05.09. 2022).

58. Гаель А.Г. Облесение бугристых песков засушливых областей. / А.Г. Гаель – М.: Государственное издательство географической литературы, 1952. – 218 с.

59. Гаель А.Г. Пески и песчаные почвы. / А.Г. Гаель, Л.Ф. Смирнова. – М. : Наука, 1999. – 460 с.
60. Гаель А.Г. Пески Нижнего Дона : Труды Центральной Лесной опытной станции. / А.Г. Гаель. – М. : Сельхозгиз. 1930. – 195 с.
61. Гаель А.Г. Разновозрастные почвы на песках Дона и передвижение народов за исторический период / А.Г. Гаель, Л.Н. Гумилев // Известия Академии наук СССР, Серия география. – 1966. – № 1. – С. 11-20.
62. Гераськин М.М. Агроэкологическая роль полевых защитных лесных полос в организации территории землепользования / М.М. Гераськин, В.И. Каргин, И.Ф. Каргин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 3. – С. 31-34. EDN SCVLBB.
63. Глухова А. И. Водные ресурсы. / А. И. Глухова [и др.]. – Ростов-на-Дону: Ростовский университет, 1981. – 248 с.
64. Глушанкова Н.И. Неоплейстоцен Окско-Донской перигляциально-лессовой провинции: стратиграфия, палеогеография, корреляция / Н.И. Глушанкова, А.К. Агаджанян // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2021. – Т. 29, № 5. – С. 85-112. DOI 10.31857/S0869592X21050033.
65. Глушко Е.В. Изучение процессов опустынивания засушливых районов Азии по космическим снимкам / Е.В. Глушко // Геодезия, аэрофотосъемка, картография: Экспресс-информация. – 1988. – № 5-6. – С. 39-41.
66. Годзевич Б.Л. Концепция системно-экологического природопользования / Б.Л. Годзевич // Вестник СГУ. – 1999. - Вып. 19. – С.8-17.
67. Горбачев Б.Н. Карта растительности Ростовской области / Б.Н. Горбачев // Геоботаническое картографирование. – 1967. – № 1967. – С. 32-41. EDN DURDEV.
68. Государственная программа развития агролесомелиоративных работ в России. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 1994. – 188 с.
69. Григорьев А.А. Антропогенное воздействие на природную среду по наблюдениям из космоса. / А.А. Григорьев. – Л.: Наука, 1985. – 239 с.
70. Гумилев Л.Н. Древняя Русь и великая степь. / Л.Н. Гумилев. – М. : Эксмо, 2006. – 508 с. ISBN 5-699-16502-9.

71. Демьянов В.В. Элементы вероятностного картирования. Индикаторный кригинг / В.В. Демьянов, М.Ф. Каневский, Е.А. Савельева // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 1999. – № 11. – С. 88-98. EDN IMNGOT.
72. Дмитриев П.А. Псаммофитная растительность бассейна Дона (в границах Ростовской области) / П.А. Дмитриев // V Всероссийская геоботаническая школа-конференция с международным участием, Санкт-Петербург, 04–09 октября 2015 года. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Информ-Навигатор», 2015. – С. 60. EDN VMPKER.
73. Добровольский В. Г. Тихий кризис планеты / В. Г. Добровольский // Вестник Российской академии наук. – 1997. – Т. 67, № 4. – С. 313-320.
74. Докучаев В.В. Картография русских почв [Электронный ресурс]: объяснительный текст к почвенной карте Европейской России / В.В. Докучаев, В.И. Чаславский. – СПб.: 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): цв., зв.
75. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь / В.В. Докучаев. – М. : Огиз, 1936. – 117 с.
76. Докучаев В.В. Сочинения. Т. VI Преобразования природы степей : работы по исследованию почв, оценке земель, учение о зональности и классификация почв 1888 – 1900 / В.В. Докучаев. – М. : изд-во Академии наук СССР, 1951. – 595 с.
77. Дорошенко В.В. Геоинформационный анализ динамики площадей очагов опустынивания в восточной части Ставропольского края / В.В. Дорошенко // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 59-66.
78. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. / Б.А. Доспехов. – М.: Колос. – 1979. – 416 с.
79. Дрюченко М.М. Методы облесения Нижнеднепровских песков и перспектива дальнейшей научно-исследовательской работы на них / М.М. Дрюченко // Облесение и сельскохозяйственное использование Нижнеднепровских песков. – Киев, 1962. – С. 7-22.
80. Дубянский В.А. Пески Среднего Дона и использование их в сельском и лесном хозяйстве. / В.А. Дубянский. – М. : Сельхозгиз, 1949. – 270 с.

81. Дюжев П.К. Виноградарство Дона / П.К. Дюжев [и др.]. – Ростов-на-Дону : 1956. – 248 с.
82. Евстегнеева Н.А. Изменение активности дегидрогеназ в серопесках Ростовской области при загрязнении тяжелыми металлами, металлоидами и неметаллами / Н.А. Евстегнеева, С.И. Колесников // Биологическое разнообразие и биоресурсы степной зоны в условиях изменяющегося климата : Сборник материалов Международной научной конференции, посвященной 95-летию Ботанического сада Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, 24–29 мая 2022 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2022. – С. 643-647. EDN IAQMUT.
83. Евстегнеева Н.А. Сравнительная оценка токсичности химических элементов по численности бактерий в серопесках / Н. А. Евстегнеева [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2022. – № 3(215). – С. 120-128. DOI 10.18522/1026-2237-2022-3-120-128.
84. Еремин Э.А. Антропогенная ландшафтная оптимизация эколого-хозяйственного баланса территории: на примере Краснодарского края: дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.24 / Еремин Элвин Александрович – Краснодар, 2005. – 210 с.
85. Ермаков Ю.Г. Физическая география материков и океанов: учебник для ВУЗов /Ю.Г. Ермаков [и др.]. –М. : Высшая школа, 1988.—592 с.
86. Жданов В.Е. Оценка состояния и продуктивности природных кормовых угодий аридных зон / В.Е. Жданов, И.Е. Слодаткин, И.А. Трофимов // Использование авиационных и космических исследований земли в интересах Госагропрома СССР. – М., 1988. – С. 67-81.
87. Жуланов Г.Ф. Мероприятия по облесению и закреплению придонских песков / Г. Ф. Жуланов [и др.] // Сборник научных работ Донской НИЛОС. – Ростов-на-Дону: Ростовское книжное издательство, 1960. – Выпуск 1. – С. 47-70.
88. Жумбей А. И. Анализ состояния растительного покрова на территории ООПТ с применением дистанционного зондирования [Электронный ресурс] / А. И. Жумбей, О. С. Безуглова, Ю. А. Литвинов // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-

производственный журнал. – 2022. – № 2. – С. 1-18. Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_208.pdf. DOI: 10.51419/202122208.

89. Жумбей А. И. Диагностика процессов деградации почв юго-востока Ростовской области с применением геоинформационных технологий / А. И. Жумбей, О. С. Безуглова // Наука Юга России. – 2022. – Т. 18, № 3. – С. 43-59. DOI: 10.7868/S25000640220306.

90. Жумбей А. И. Диагностика состояния почвенного покрова государственного природного заказника «Цимлянский» и процессов эрозии песков [Электронный ресурс] / А. И. Жумбей, О. С. Безуглова // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 4. – С. 1-11. Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/4/st_422.pdf. DOI: 10.51419/202124422.

91. Закруткин В.Е. Геохимия : учебное пособие / В.Е. Закруткин, О.А. Бессонов, Г.Ю. Скляренко. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2021. – 220 с. – ISBN 978-5-9275-3772-3.

92. Закруткин В.Е. Использование ГИС-технологий при анализе гидроэкологической ситуации в угледобывающих районах (на примере Восточного Донбасса) / В.Е. Закруткин [и др.]// Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 2(180). – С. 85-89. – EDN SCLORR.

93. Закруткин В.Е. О допустимых антропогенных нагрузках на водосборах рек степной зоны Юга России (в пределах Ростовской области) / В.Е. Закруткин, О.С. Решетняк, Е.В. Усова // Степи Северной Евразии : Материалы X международного симпозиума (Международного степного форума), Оренбург, 27 мая – 02 2024 года. – Оренбург : Институт степи Уральского отделения РАН, 2024. – С. 463-468. – DOI 10.24412/cl-37200-2024-463-468.

94. Закруткин В. Е. Экологический атлас Ростовской области / В. Е. Закруткин [и др.]. Ростов-на-Дону : Северо-Кавказский научный центр высшей школы федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Южный федеральный университет, 2000. – 120 с. EDN: WNXMRA.

95. Закруткин В. Е. Экологический атлас Ростовской области: структура, содержание и методика оценки ситуации / В. Е. Закруткин [и др.] // Геоинформационные системы и картографирование. – 1999. – № 1. – С. 88-95. ISSN 0373-2444.
96. Занозин В.В. Исследования степени антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов / В.В. Занозин, А.Н. Бармин, М.В. Валов // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань: изд-во АГУ. – 2019. – N 4 (75). – С. 168-183.
97. Защитное лесоразведение в СССР / ред. Е.С. Павловский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.
98. Зюзь Н.С. Закладка культур сосны на песках без применения ручного труда / Н. С. Зюзь, М.Е. Лобачева, Ю.М. Жданов // Бюллетень ВНИАЛМИ – Волгоград: ВНИАЛМИ. – 1981. – Вып. 1 (23). – С. 12-16.
99. Зюзь Н.С. Культура сосны на песках Юго-Востока. / Н.С. Зюзь. – М. : Агропром, 1990. – 155 с.
100. Иванов А.Е. Комплексное освоение песков. / А.Е. Иванов, М.М. Дрюченко. – М. : Сельхозиздат. – 1962. – 431 с.
101. Иванов И.В. История отечественного почвоведения. / И.В. Иванов. – М. : Наука, 2003. – 397 с.
102. Иванченко А.М. Геоэкологическая оценка современного состояния Ростовской области : дис... к-та геогр. наук : 16.21.00 : / Иванченко Анастасия Михайловна. – 2022. – 176 с. EDN XPVKWF.
103. Ивлиева О.В. Геоэкологическая оценка особо охраняемых природных территорий Ростовской области / О.В. Ивлиева, Т.Ю. Хибухина // Проблемы региональной экологии. – 2017. – № 4. – С. 70-74. EDN ZUFYYB.
104. Ивлиева О.В. Перспективы развития экологического туризма в Шолоховском районе Ростовской области / О.В. Ивлиева, Т.Ю. Хибухина // Туризм в глубине России : Сборник трудов IV Всероссийского научного семинара, Пермь, 24–28 июля 2016 года. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2016. – С. 118-121. – EDN WXUOXR.

105. Ивлиева О.В. Физико-географические условия Шолоховского района. / О.В. Ивлиева, А.В. Райчева // Природа Государственного музея-заповедника М.А. Шолохова. – Ростов-на-Дону : ООО «Ростиздат», 2000. – С. 18-26.

106. Идрисов И.А. Использование голоценовых отложений юго-востока Ростовской области для установления древней антропогенной деятельности в степных регионах / И.А. Идрисов, Н.И. Шишлина // Аридные экосистемы. 2022. №3 (92).

107. Исаченко А.Г. Методы прикладных ландшафтных исследований. / А.Г. Исаченко. – Л.: Наука, 1980. – 240 с.

108. Исследования структуры и строения растительного покрова / ред. Н.И. Рорышина. – Л.: Ленинградский университет, 1973. – 286 с.

109. Истомин А.П. Оценка современного состояния участка среднего течения реки дон в районе станицы Трехостровская / А.П. Истомин, А.С. Межевова, С.А. Истомин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – №3(71). – С. 201-212. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-205.

110. Казаков Л.К. Ландшафтоведение с основами ландшафтного планирования : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Л.К. Казаков. – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 336 с.

111. Карасев И.Ф. Гидрометрия : учебник / И.Ф. Карасев, И.Г. Шумков. – Л.: Гидрометеиздат. – 1985. – 380 с.

112. Карта поземных вод. М-37, (38) (Воронеж) // Государственная геологическая карта Российской Федерации. Спб. ВСЕГЕИ, 2000.

113. Колесников А.М. Михайловские колхозные лесоводы / А.М. Колесников // Защитное лесоразведение (Из опыта работы колхозов и лесхозов Сталинградской, Куйбышевской, Ростовской, Белгородской, Тамбовской областей и Башкирской АССР) : сборник научных трудов – М.: 1958. – С. 29-35.

114. Колесников С.И. Основы промышленной экологии : учебник / С.И. Колесников. – М.: Конус. – 2024. – 228 с.

115. Комаров А.А. Сравнительная характеристика различных вегетационных индексов при оценке состояния растительного покрова кормовых трав / А.А. Комаров, А.Д. Кирсанов, С.Н. Малашин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2(63). – С. 18-29. DOI 10.24412/2078-1318-2021-2-18-29.

116. Концепция адаптивного лесоаграрного природопользования в аридной зоне (на примере Российского Прикаспия). – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1996. – 32 с.

117. Королев В.А. Особенности эколого-геологической системы Арчединско-Донских песков / В.А. Королев // Экосистемы. – 2023. – № 35. – С. 138-154. EDN LQLLAX.

118. Космическая география. Полигонные исследования / ред. Ю.Г. Симонов. – М.: издательство МГУ, 1988. – 128 с.

119. Косолапов А.Е. Управление водными ресурсам Нижнего Дона в условиях противоречивых интересов водопользователей / А.Е. Косолапов, И.В. Коржов // Водные ресурсы России: современное состояние и управление: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Сочи: ООО «Лик», 2018. – Т. 1. – С. 183-190.

120. Костяев А.В. Итоги деятельности песчаной организации (1898-1909) в разных губерниях Европейской России / А.В. Костяев. – Ленинград, 1910. – 50 с.

121. Котляров Д.А. Общая география : Учебно-методическое пособие для студентов бакалавриата по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)» профиль подготовки «История и общественные науки» / Д.А. Котляров. – Санкт-Петербург : Издательство "Наукоемкие технологии", 2024. – 332 с. ISBN 978-5-907804-62-3.

122. Кочуров Б.И. Геоэкология (География экологических ситуаций): учебное пособие / Б.И. Кочуров. М. : Издательство МГОП, 1998. – 122 с.

123. Кочуров Б.И. Оценка эколого-хозяйственного состояния территории административного района / Б.И. Кочуров, Ю.Г. Иванов // География и природные ресурсы. – 1987. – №4. – С. 49-54.

124. Кочуров Б.И. Территориальный баланс состояния природы и хозяйства (на примере Усть-Коксинского района Горного Алтая) / Б.И. Кочуров, Ю.Г. Иванов // География и природные ресурсы. – 1991. – № 3. – С. 4-17.
125. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б.И. Кочуров. – М.-Смоленск : Маджента, 2003. – 384 с.
126. Кравченко В.И. Облесение бугристых песков в Вешенском лесхозе / В.И. Кравченко, А.И. Мельников // Лесное хозяйство. – 1975. – №7. – С. 51-54.
127. Краткая агроклиматическая характеристика Ростовской области / Главное управление гидрометеорологической службы при Совете министров СССР. Северо-Кавказское управление гидрометеослужбы. – Ростов-на-Дону. 1957. 220 с.
128. Кривов А.В. Эколого-хозяйственный баланс и устойчивое развитие локальной территории: на примере Торбеевского района Республики Мордовия: дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.36 / Александр Васильевич Кривов – Саранск, 2009. – 191 с.
129. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выделения зон чрезвычайной экологической ситуации или зон экологического бедствия. – М.: Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 1992. – 58 с.
130. Крючков С.Н. Лесоразведение в засушливых условиях / С.Н. Крючков, Г.Я. Маттис. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 300 с.
131. Кулик А. К. Теоретические основы и технологии адаптивного лесоаграрного освоения придонских песков / А.К. Кулик, А.В. Вдовенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4(40). – С. 68-75. EDN VHDRNN.
132. Кулик А.К. Типы водного режима песчаных массивов реки Дон / А.К. Кулик, Р.Н. Балкушкин // Аридные экосистемы. – 2022. – Т. 28, № 4(93). – С. 37-45. – DOI 10.24412/1993-3916-2022-4-37-45.
133. Кулик А. К. Формирование водного режима на песках Арчединско-Донского массива в зависимости от распространения растительных формаций / А. К. Кулик, [и др.] // Аридные экосистемы. – 2021. – Т. 27, № 4(89). – С. 50-58. EDN RBQANA.

134. Кулик К.Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов / К.Н. Кулик. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2004. – 247 с. ISBN 5-900761-34-7.

135. Кулик К.Н. Агролесомелиорация в России: история и стратегия развития / К.Н. Кулик, Е.С. Павловский, И.П. Свинцов // Вестник РАСХН. – 2008. – №4 – С. 28-30.

136. Кулик К.Н. Глобальные процессы дефляции в степных экосистемах / К.Н. Кулик, А.С. Рулев, А.Н. Сажин // Метеорология и гидрология. – 2018. – № 9. – С. 72-80. EDN UZKXYS.

137. Кулик К.Н. Дистанционно-картографическая оценка деградационных процессов в агроландшафтах Юга России / К.Н. Кулик, А.С. Рулев, В.Г. Юферев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – № 4(16). – С. 12-25. EDN KYCPAD.

138. Кулик К.Н. Картографирование фитоэкологических условий Арчедино-Донских песков по материалам аэрокосмической информации / К.Н. Кулик // Проблемы комплексного освоения песков и мелиорации пастбищ. – Волгоград. – 1984. – Вып. 2(82). – С. 125-132.

139. Кулик К.Н. Компьютерное моделирование динамики экологического состояния агроландшафтов на примере биосферного заповедника «Черные земли» / К.Н. Кулик В.Г. Юферев, К.Б. Бакурова // материалы IV международного симпозиума «Степи северной Евразии», 4-8 сентября 2006 г. Оренбург. – Оренбург : Институт степи УрОРАН, 2006. – С. 405-409.

140. Кулик К.Н. Применение информационных технологий в геоэкологическом картографировании /, А.С. Рулев, В.Г. Юферев, К.Б. Бакурова // Вестник Калмыцкого института социально-экономических и правовых исследований. – 2004. – № 2. – С. 57-64. EDN XIGWWD.

141. Кулик К.Н. Прогноз развития защитного лесоразведения в России до 2020 года / К.Н. Кулик, А.Т. Барабанов, А.С. Манаенков // Проблемы прогнозирования. – 2015. – № 4(151). – С. 48-57. EDN VKCFYR.

142. Кулик Н.Ф. Водный режим песков юго-востока Европейской части СССР: автореф. дис... д-ра. биол. наук : 03.00.00 / Кулик Николай Филиппович. – М. : МГУ им М. В. Ломоносова, 1970. – 28 с.

143. Кулик Н.Ф. Лесомелиорация песчаных земель и их хозяйственное освоение : учебное пособие / Н. Ф. Кулик. Новочеркасск. – 1987. – 97 с.

144. Курбанов Р.Н. Возраст карангатской трансгрессии (поздний плейстоцен) Черного моря / Р.Н. Курбанов [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2019. – №6. – С. 29-40.

145. Куролап С.А. Интегральная оценка природноресурсного потенциала / С.А. Куролап, В.И. Федотов, В.Ю. Куприенко // Медико-экологический атлас Воронежской области. – Воронеж, 2010. – С. 10-15.

146. Лачко О.А. Эколого-экспериментальные основы создания пастбищных агроценозов в Северо-Западном Прикаспии : автореф. дис... д-ра биол. наук : 11.00.11 / Лачко Ольга Альфредовна. – Москва, 1991. – 50 с. EDN ZLAYXL.

147. Лисицин К.И. О законах распределения пресных и соленых вод в сухих суглинистых степях в связи с рельефом / К.И. Лисицин // – Новочеркасск: Знание, 1927. – 32 с.

148. Лурье П.М. Региональные особенности изменения климата на юге России и их последствия (на примере Ростовской области) / П. М. Лурье // Географические исследования Краснодарского края – Краснодар : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный университет», 2010. – С. 83-92. EDN TBKMWZ.

149. Ляпушкн И.И. Славяно-Русские поселения IX-XII ст. на Дону и Тамани по археологическим памятникам. М. : 1941. –246 с.

150. Макарова Н.В. Дискуссионные вопросы стратиграфии четвертичных отложений Русской равнины / Н.В. Макарова, В.И. Макаров // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. – 2004. – №65. – С. 64-75.

151. Макушкин П.И. Оценка санитарного состояния аренных дубняков Казанско-Вешенского песчаного массива / П.И. Макушкин, Т.Я. Турчин, И.П. Макушкина // Приоритетные направления развития науки и образования : сборник

статей II Международной научно-практической конференции, Пенза, 10 мая 2018 года. - Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – С. 80-85. EDN XNKOVF.

152. Манаенков А.С. Закрепление и облесение песков засушливой зоны / А.С. Манаенков, А.К. Кулик. – Волгоград : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт», 2016. – 55 с. ISBN 978-5-900761-93-0.

153. Манаенков А.С. Научные основы оценки эффективности лесохозяйственного освоения песков степной зоны / А.С. Манаенков, Е.А. Корнеева // Агролесомелиорация и защитное лесоразведение – история и перспективы развития : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Волгоград, 19–21 октября 2023 года. – Волгоград : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», 2023. – С. 59-63. EDN GRBCJP.

154. Матвеев Ш. Прогнозно-картографическое моделирование климата Ростовской области по данным метеостанций / Ш. Матвеев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 4-3(79). – С. 44-47. DOI 10.24412/2500-1000-2023-4-3-44-47.

155. Матишов Г.Г. Важнейшие задачи в изучении опасных явлений степной зоны аридного климата / Г.Г. Матишов // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления - III») : материалы III Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова, Ростов-на-Дону, 15–19 июня 2021 года. – Ростов-на-Дону : Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук», 2021. – С. 7-12. EDN KMWJBD.

156. Матишов Г.Г. Гидрохимический состав подземных вод и их применение в рыбоводческих хозяйствах / Г.Г. Матишов [и др.] // Наука Юга России. – 2023. – Т. 19, № 4. – С. 93-102. – DOI 10.7868/S25000640230409.

157. Матишов Г.Г. Методология и опыт разработки климатических атласов / Г.Г. Матишов [и др.] // Труды Южного научного центра Российской академии наук. Том IV. – Ростов-на-Дону : Южный научный центр РАН, 2009. – С. 21-48. EDN VDVNRT.

158. Матишов Г.Г. Современные климатические изменения и проблемы водных транспортных путей (Севморпуть, Волго-Дон - Азовская магистраль) / Г.Г. Матишов // Развитие водных транспортных магистралей в условиях глобального изменения климата на территории Российской Федерации (Евразии) («Опасные явления – IV») : Материалы IV Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова , Ростов-на-Дону, 05–09 сентября 2022 года. – Ростов-на-Дону: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук», 2022. – С. 14-21. EDN BRXTCU.

159. Мезенцев В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич. Л. : Гидрометеиздат, 1969. – 168 с.

160. Методические указания по изысканиям и проектированию мероприятий комплексного освоения песков юга и юго-востока Европейской части СССР. – М.: ВАСХНИЛ, 1985. – 78 с.

161. Минкина Т.М. Методы физико-химического анализа почв : учебное пособие по дисциплине "Инструментальные методы анализа и их применение в почвоведении" для студентов, магистров и аспирантов по специальности «Почвоведение» / Т.М. Минкина [и др.]. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2015. – 67 с. ISBN 978-5-9275-1530-1.

162. Минкина Т.М. Почвы геохимических ландшафтов Нижнего Дона и их экологическая характеристика : монография / Т.М. Минкина [и др.]. – Ростов-на-Дону - Таганрог : Южный федеральный университет, 2018. – 158 с. ISBN 978-5-9275-2737-3.

163. Минкина Т.М. Состав соединений тяжелых металлов в почвах / Т. М. Минкина, О.Г. Назаренко, Г.В. Мотузова. – Ростов-на-Дону : Ростов, 2009. – 208 с. EDN QHUYSJ.

164. Минников И.В. Динамика эколого-хозяйственного баланса землепользования Воронежской области в условиях региональных климатических изменений / И.В. Минников // Региональные эффекты глобальных изменений климата : материалы международной научной конференции (Воронеж, 26-27.06.2012). – Воронеж, 2012. – С. 417-419.

165. Минников И.В. Оценка эколого-хозяйственного баланса территории Воронежской области / И.В. Минников, С.А. Куролап // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 129-136. EDN QYPDGF.

166. Миронов В.В. Облесение песков Юго-Востока / В. В. Миронов. - М. : Лесная промышленность, 1970. – 168 с.

167. Миронов В.В. Антропогенное остепнение пустынных пастбищ северо-западной части Прикаспийской низменности / В.В. Миронов // Успехи современной биологии. – 1998. – Т. 118, вып. 5. – С. 597-612.

168. Миронова И.В. Ландшафтная оптимизация структуры землепользования на основе оценки эколого-хозяйственного состояния земель (на примере Орловской области) : дис... канд. геогр. наук : 25.00.26 / Ирина Владимировна Миронова – Орел, 2012. – 207 с.

169. Можаяев Е.Е. Оценка сценариев изменения климата для прогноза социально-экономического развития / Е.Е. Можаяев, Е.Н. Закабунина, Е.В. Данилов // Вестник Екатеринбургского института. – 2024. – № 2(66). – С. 55-65. EDN QUDNQJ.

170. Назаревский О.Р. Оценка природных условий жизни населения СССР / О.Р. Назаревский. – М.: ГУГК, 1984.

171. Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области: монография / К. Н. Кулик [и др]. – Волгоград – Ростов-на-Дону: ФНЦ агроэкологии РАН, – 2024. – 240 с. ISBN 978-5-9631-1162-8.

172. Новопокровский И.В. Растительность Донского края (ботанико-географический очерк) : из работ Почвенной партии Мелиоративного подотдела / И.В. Новопокровский. – Ростов-на-Дону, 1921. – 47 с.

173. Общесоюзная инструкция по проведению геоботанического обследования природных кормовых угодий и составлению крупномасштабных геоботанических карт. – М.: Колос, 1984. – 105 с.

174. Орлинский А.С. Эколого-хозяйственная сбалансированность и устойчивое развитие Ростовской области : : автореф. дис... к-та геогр. наук : 25.00.36 / Орлинский Андрей Сергеевич. – Ростов-на-Дону, 2006. – 23 с. EDN NKHXZL.

175. Орлова И.В. Динамика и сбалансированность структуры землепользования приграничных степных районов Западной Сибири / И.В. Орлова // Степной бюллетень. Осень – зима. – 2006. – №21-22. – С 45-50.

176. Павлов А.П. Геологическая история европейских земель и морей в связи с историей ископаемого человека / А.П. Павлов. – М. - Л. : издательство РАН СССР, 1936. – 343 с.

177. Павловский Е.С. Полувековой юбилей / Е.С. Павловский // Защитное лесоразведение: история, достижения, перспективы (к 50-летию постановления «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР»): сборник статей ВНИАЛМИ. – Волгоград, ВНИАЛМИ, 1998. – С. 5-24.

178. Петренко Е.С. Учитель и друг / Е.С. Петренко // Лесной вестник. Мытищи: 2009. – №4. – С. 14-15.

179. Петров В.И. Лес против песков / В.И. Петров // Наука и человечество. – М.: Знание, 1988. – С. 346-349.

180. Петров П.М. Мировой опыт облесения и закрепления подвижных песков в пустынях Земного шара / П.М. Петров. – Л., 1974. – 48 с.

181. Петров П.М. Подвижные пески и борьба с ними. / П.М. Петров. – М.: Географиздат, 1960. – 456 с.

182. Петров П.М. Пустыни Земного шара. / П.М. Петров. – Л.: Наука, 1973. – 453 с.

183. Плетнева С.А. Печенеги, торки и половцы в южнорусских степях. // Труды Волго-Донской археологической экспедиции. Том I. / С.А. Плетнева. №62. М.-Л. : 1958. – С. 151-226.
184. Плетнева С.А. Саркел и «шёлковый путь» / С.А. Плетнева. – Воронеж: ВорГУ, 1996. – 168 с. ISBN 5-7455-0912-0.
185. Погорелов А.В. О состоянии Краснодарского водохранилища / А.В. Погорелов [и др.] // Вестник Краснодарского регионального отделения Русского географического общества. – Краснодар, 2020. – С. 314-318. EDN QFPIIL.
186. Покровский М.Н. Русская история с древнейших времён. Т. I./ М.Н. Покровский, Н.М. Никольский, В.Н. Сторожев. — М. : Мир, 1913. – 365 с.
187. Польшов Б.Б. Геохимические ландшафты / Б.Б. Польшов // Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. – М. - Л. : издательство АН СССР, 1946. – С. 171-182.
188. Польшов Б.Б. Кора выветривания / Б.Б. Польшов. Л.: Академия наук СССР, 1934. – 1 т. – 240 с.
189. Предложения по рациональному использованию песчаных земель Волгоградской области. – Волгоград, 1986. – 32 с.
190. Прозоров Л.Л. Введение в геоэкологию : учебник для ВУЗов / Л.Л. Прозоров, В.Н. Экзарян. – М.: «ПРОБЕЛ», 2000. С. 208.
191. Прокаев В.И. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование / В.И. Прокаев. – Свердловск : Издательство Свердловского государственного педагогического института, 1975. – Ч. II. – 111 с.
192. Пятых Г.Г. Срубная общность Восточной Европы. / Г.Г. Пятых, В.С. Горбунов // Российская археология. – 2010. – №3. – С. 274-180. EDN MSXGDH.
193. Рекомендации по комплексному освоению песков юга и юго-востока Европейской части СССР (часть 1). / ред. Т.А. Ищенко М.: «Колос», 1978. – 24 с.
194. Решетняк О.С. Изменчивость химического состава и качества речных вод в бассейне Р. Дона за многолетний период / О. С. Решетняк // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа : Коллективная монография по материалам XI Всероссийской научно-технической конференции с международным

участием. Том XII. – М. : Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, 2022. – С. 515-520. EDN WKBRUJ.

195. Решетняк О.С. Многолетние тенденции изменчивости химического состава и качества речных вод степной зоны Европейской части России / О. С. Решетняк // Степи Северной Евразии : Материалы X международного симпозиума (Международного степного форума), Оренбург, 27 мая – 02 2024 года. – Оренбург : Институт степи Уральского отделения РАН, 2024. – С. 1083-1089. DOI 10.24412/cl-37200-2024-1083-1089.

196. Решетняк О.С. Состояние экосистемы Нижнего Дона в современных условиях антропогенного воздействия / О.С. Решетняк, Н.В. Решетняк, В.Н. Решетняк // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2019. – № 4. – С. 234-240. DOI 10.23885/2500-123X-2019-2-4-234-240.

197. Рорышина Н.И. Исследования структуры и строения растительного покрова / Н.И. Рорышина. – Л.: Ленинградский университет, 1974. – 286 с.

198. Рулев А.С. Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации / А.С. Рулев. – Волгоград : Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, 2007. – 160 с.

199. Рулев А.С. Геоинформационное картографирование и моделирование эрозионных ландшафтов / А.С. Рулев, В.Г. Юферев, М.В. Юферев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2015. – 150 с.

200. Рычагов Г.И. Дискуссионные вопросы структуры и динамики московского и калининского оледенений Европейской России / Г.И. Рычагов, С.И. Антонов, Н.Г. Судакова // XXXVI пленум Геоморфологической комиссии Российской академии : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Барнаул, 24–28 сентября 2018 года. – Барнаул: Алтайский государственный университет, 2018. – С. 339-342. EDN NZMUVF.

201. Савелов Л.М. Донское дворянство. / Л.М. Савелов. – М. : Историкородословное общество, 1905. – 25 с.

202. Сажин А.Н. Географические закономерности современной дефляции в степях Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин : автореф. дис... д-ра геогр наук : 11.00.04 / Сажин Анатолий Николаевич. – М.: МГУ, 1995. – 35 с.

203. Салугин А. Н. Математические модели динамики и прогноза эволюции аридных экосистем / А.Н. Салугин, К.Н. Кулик. – ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2006. – 180 с.

204. Салугин А.Н. Гидрофизические характеристики песчаных почв: моделирование восстановления водоудерживающей способности / А.Н. Салугин, А.К. Кулик // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 6. – С. 51-55. EDN ZXLBVDV.

205. Салугин А.Н. Моделирование формирования грунтовых вод песчаных массивов Придонья (на примере Етеревского песчаного массива) / А.Н. Салугин, А.К. Кулик, Р.Н. Балкушкин // Аридные экосистемы. – 2023. – Т. 29, № 1(94). – С. 131-142. DOI 10.24412/1993-3916-2023-1-131-145.

206. Салугин А.Н. Моделирование, прогноз и оптимальное управление в экологии почвенно-растительного покрова Калмыкии / А.Н. Салугин, К.Н. Кулик // Аридные экосистемы. – 2001. – Т. 7, № 14-15. – С. 11-21.

207. Сатыбалдин М.А. Закрепление подвижных песков в Иргизском районе: опыт проектирования / М.А. Сатыбалдин, Л.В. Яковлева // Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 09 декабря 2022 года. – Комсомольск-на-Амуре: Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет, 2022. – С. 211-216. EDN VYJPWV.

208. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019621979 Российская Федерация. Физические и химические свойства почв ООПТ "Кундрюченские пески" (Усть-Донецкий район Ростовской области) : № 2019621704 : заявл. 07.10.2019 : опубл. 30.10.2019 / О. С. Безуглова [и др.] ; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (Южный федеральный университет). EDN ARERVH.

209. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023620726 Российская Федерация. Валовой химический состав в почвах особо охраняемых территорий северо-востока Ростовской области : № 2023620274 : заявл. 10.02.2023 : опубл. 28.02.2023 / О. С. Безуглова, С. Н. Горбов, С. С. Тагивердиев, Н. В. Сальник ; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет». EDN VXILEG.

210. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623280 Российская Федерация. Изменение длины корней пшеницы в серопесках при загрязнении теллуrom и таллием : № 2023622998 : заявл. 19.09.2023 : опубл. 28.09.2023 / Н. А. Евстегнеева, С. И. Колесников ; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет». EDN DLZDHI.

211. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623811 Российская Федерация. «База данных климатических показателей для оценки и моделирования фитоэкологических условий и прогноза динамики процессов деградации экосистем» : № 2023623606 : заявл. 30.10.2023 : опубл. 08.11.2023 / К.Н. Кулик [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук».

212. Северо-Кавказский мелиорационный бюллетень : ежемесячный журнал, посвященный мелиорационным интересам областей: Войска Донского, Кубанского и Терского и губерний: Астраханской, Ставропольской и Черноморской, 1916 – № 1-11/12. – 14-16 с.

213. Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата / Г.Т. Селянинов // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1928, Вып. 20 – С.165-177.

214. Сиротенко О.Д. Методы оценки изменений климата для сельского хозяйства и землепользования : методическое пособие / О.Д. Сиротенко. – М. : ГУ «ВНИИСХМ», 2007. – 78 с.

215. Скляренко Г.Ю. Оценка качества подземных вод Ростовской области / Г.Ю. Скляренко, В.Е. Закруткин // Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество : материалы V Международной научно-практической конференции, Волгоград, 01–04 октября 2019 года / Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, Волгоградский государственный университет. – Волгоград : Волгоградский государственный университет, 2019. – С. 126-131. EDN PNDQSH.

216. Скрипка Г.И. Использование беспилотных летательных аппаратов для определения параметров рельефа водоохранных зон и берегов водных объектов / Г.И. Скрипка, [и др.] // Московский экономический журнал. – 2023. – Т. 8, № 7. DOI 10.55186/2413046X202387333.

217. Смирнова Л.Ф. Закономерности и факторы ветровой эрозии легких почв и ее распространение на террасовых песках Среднего Дона : автореферат дис. ... канд. биол. наук / Смирнова Л.Ф. – Кишинев, 1964. – 22 с.

218. Смирнова Л.Ф. Изменение влажности песчаных и супесчаных почв при изоляции от испарения / Л.Ф. Смирнова, Л.О. Карпачевский, Н.И. Петрова // Почвоведение. – 2001. – №3. – С. 309-314.

219. Создание лесопастбищ на подвижных песках юго-востока европейской части СССР : Рекомендации. – М.: Госагропром СССР, 1986. – 26 с.

220. Справочник агролесомелиоратора. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 248 с.

221. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2020 года / К.Н. Кулик [и др.]. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2008. – 34 с.

222. Стригунов Ю.В. Влияние динамики климатических факторов на изменение климата в Ростовской области / Ю.В. Стригунов // Современные проблемы и пути их решения в науке, производстве и образовании. – 2013. – № 1. – С. 163-166. EDN RSQXHN.

223. Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО) для Северного Кавказа (Ростовская область, Ставропольский край) / ред. Е.С. Павловский, А.Т. Барабанов, Е.А. Гаршинев, Н.С.

Зюзь, М.Ю. Климова, З.И. Маланина, В.И. Петров, С. Э. Тихонов – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2000. – 183 с. JSBN 5-900761-19-3.

224. Сукачев В.Н. Сталинский план преобразования природы / В.Н. Сукачев – М. : АН СССР, 1950. – 32 с.

225. Сухоруков В.Д. Историческое и статистическое описание земли Войска Донского. / В.Д. Сухоруков. – Новочеркасск, 1903. – 324 с.

226. Трофимов А.М. Количественный метод определения величины антропогенной нагрузки на территорию / А.М. Трофимов [и др.] // География и природные ресурсы. – 1992. – №2. – С. 22-28.

227. Трубник Р. Г. Оценка экологического состояния донных отложений водных объектов Юга России по триаде химико-биологических показателей : монография / Р. Г. Трубник, Ю. А. Федоров. – Ростов-на-Дону-Москва : Бюро пропаганды Ростовской писательской организации, 2023. – 120 с. EDN WFAWLB.

228. Турчин Т.Я. Аренные леса степного Придонья / Т.Я. Турчин, Т.А. Турчина // Научная мысль Кавказа. – 2007. – № 1(49). – С. 50-54. EDN IJUEAX.

229. Турчин Т.Я. Естественные степные дубравы Донского бассейна и их восстановление / Т.Я. Турчин. – М. : Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, 2004. – 309 с. ISBN 5-94219-104-2.

230. Турчин Т.Я. Итоги работы Южно-европейской НИЛОС по созданию «Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области» / Т.Я. Турчин [и др.]. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. – 2024. – №4(76). – С71-80. DOI 10.32786/2071-9485-2024-04-07.

231. Турчина Т.А. Лесовосстановление на песках юго-востока России: современные проблемы и вызовы / Т.А. Турчина // Лесохозяйственная информация. – 2019. – № 3. – С. 167-179. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.14.

232. Турчина Т.А. Приживаемость и особенности роста лесных культур сосны крымской в песках Среднего Дона при разной доступности грунтовых вод / Т.А. Турчина, О.А. Банникова // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2019. – Т.15. № 3. – С. 74-80.

233. Федоров Ю.А. Аналитический обзор: эмиссия и поглощение парниковых газов почвами. Экологические проблемы / Ю.А. Федоров, В.В. Сухоруков, Р.Г. Трубник // Антропогенная трансформация природной среды. – 2021. – Т. 7, № 1. – С. 6-34. DOI 10.17072/2410-8553-2021-1-6-34.

234. Федоров Ю.А. Использование современных методов и технологий для оценки антропогенного воздействия на донные отложения и изучения хронологии загрязнения водных экосистем / Ю.А. Федоров [и др.] // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения : сборник научных трудов: посвящается Году экологии в России и 50-летию Института водных проблем РАН, Сочи, 02–07 октября 2017 года. – Сочи: ООО «Лик», 2017. – С. 442-448. EDN ZRZHWD.

235. Федоров Ю.А. Эмиссия метана почвами степной зоны Ростовской области / Ю.А. Федоров, Д.Н. Гарькуша // Известия Русского географического общества. – 2010. – Т. 142, № 2. – С. 45.

236. Федяева В. В. Редкие виды растений на территориях охраняемых ландшафтов Ростовской области / В.В. Федяева [и др.]// Живые и биокосные системы. – 2021. – № 35. DOI 10.18522/2308-9709-2021-35-2.

237. Формозов А.А. Древнейшие этапы истории Европейской России / А.А. Формозов. – М. : Наука, 2003. – 130 с. ISBN 5-02-009839-6.

238. Харин Н.Г. Дистанционные методы изучения растительности / Н. Г. Харин. – М.: Наука, 1975. – 132 с.

239. Харин Н.Г. Изучение антропогенного опустынивания по космическим снимкам / Н.Г. Харин, Г.С. Каленов // Проблемы освоения пустынь. – 1978. – № 4. – С. 25-28.

240. Холмовой Г.В. Об эволюции аллювиального осадконакопления в геологической истории (на примере Воронежской антеклизы) / Г. В. Холмовой // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2006. – № 2. – С. 58-62. EDN KHOYNV.

241. Цепина Н.И. Оценка фитотоксичности серебра на почвах разной устойчивости: бурых лесных, черноземах и серопесках / Н.И. Цепина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия:

Естественные науки. – 2020. – № 3(207). – С. 107-112. DOI 10.18522/1026-2237-2020-3-107-112.

242. Цехомский А.М. Кварцевые пески, песчаники, кварциты СССР / А.М. Цехомский, Д.И. Карстенс. – Л.: Недра, 1982. –158 с.

243. Чеплянский И.Я. Образование и накопление горючих материалов в почвенном покрове хвойных насаждений Казанско-Вешенского песчаного массива / И.Я. Чеплянский, И.Ю. Шилин // Сборник научных трудов по итогам научно-практической конференции, посвященной 60-летию НГМА. – Новочеркасск : НГМА, 2007. – С. 64-67.

244. Чеплянский И.Я. Особенности искусственного восстановления гарей в степном Придонуе / И.Я. Чеплянский // Повышение устойчивости и продуктивности дубрав, опыт и перспективы выращивания насаждений лиственницы в европейской части России: Материалы совещания-семинара. – Чебоксары : Новое время, 2005. – 367 с.

245. Шапошников А.П. Эрозия и лесомелиорация в борьбе с ней / А.П. Шапошников. – Сталинград : Областное книгоиздательство, 1947. – 78 с.

246. Швецов Н.Ю. Экологические маршруты на территории Ростовской области и Шолоховского района / Н.Ю. Швецов, Ю.В. Телепина, Н.В. Иванисова // World science: problems and innovations 30 июня 2021 года – 2021. – С. 64-67. EDN AMQEDK.

247. Шерин С.А. Анализ точности дешифрирования ДЗЗ в рамках работ по инвентаризации фонда лесовосстановления / С.А. Шерин // Избранные доклады 70-й Юбилейной университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых : Материалы конференции, Томск, 18 апреля 2024 года. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 1024-1027. EDN НКALRN.

248. Шилов Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов [и др.]. Смоленск: Издательство Ойкумена, 2004. – 342 с.

249. Шинкаренко С.С. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге европейской России / С.С. Шинкаренко // Проблемы устойчивого развития и

эколого-экономической безопасности регионов : Материалы XVI Международной научно-практической конференции, Волжский, 25–26 ноября 2021 года. – Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью "Сфера", 2022. – С. 187-189. EDN NUWUWN.

250. Щеглов Д.И. Основы геоморфологии: учебное пособие / Д.И. Щеглов, А.И. Громовик; Воронежский государственный университет. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. – 178 с.

251. Экономическая энциклопедия регионов России. Ростовская область / ред. Ф.И. Шахмалов – Волгоград : «Экономика», 2005. – 503 с.

252. Энциклопедия агролесомелиорации / ред. Е.С. Павловский. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2004. – 677 с.

253. Юферев В.Г. Аэрокосмический мониторинг ландшафтов / В.Г. Юферев // Вавиловские чтения – 2007: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 120-й годовщине со дня рождения Николая Ивановича Вавилова 26-30 ноября 2007 г. – Саратов: Научная книга, 2007. – С. 262-263.

254. Юферев В.Г. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / В.Г. Юферев [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. – 102 с.

255. Юферев В.Г. Дистанционный мониторинг состояния и динамики агроландшафтов / В.Г. Юферев // Земледелие. – 2007. – № 3. – С. 8-9.

256. Юферев В.Г. Картографирование состояния защитных лесных насаждений по аэрокосмоснимкам / В.Г. Юферев [и др.] // Роль и место агролесомелиорации в современном обществе: материалы международной научно-практической конференции, г. Волгоград, 10-13 окт. 2006 г. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2007. – С. 250-260.

257. Архив погоды Ростовской, Волгоградской, Воронежской областей [Электронный ресурс]: архивы погоды [сайт] – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/>.

258. Архив погоды Ростовской, Волгоградской, Воронежской областей [Электронный ресурс]: архивы погоды [сайт] – Режим доступа: <http://pogoda-service.ru/>.

259. Большая Российская энциклопедия [Электронный ресурс]: Бонитет леса [сайт]. Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/bonitet-lesa-fddcd7>.
260. Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского [Электронный ресурс]: общая гидрогеологическая карта [сайт] https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/archiv_sv_maps/492743/492743_1-10.jpg
261. Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и / или опустынивание, особенно в Африке [Электронный ресурс]: конвенция / 1994. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/901893003> (дата обращения: 03.12.2023).
262. Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области (минприроды РО) [Электронный ресурс]: Растительность Ростовской области [сайт]. Режим доступа: <https://минприродыро.рф/about/suborg/51/>.
263. Официальный портал Правительства Ростовской области [Электронный ресурс]: геологическая карта Ростовской области [сайт] <https://www.donland.ru/activity/861/>.
264. Forman R.T. Landscape ecology / R.T. Forman, M. Gordon. – N.- Y. : Wiley & Sons, 1986 – 620 p.
265. Haoyang X. Application of Remote Sensing in Desertification Monitoring / X. Haoyang // Highlights in Science Engineering and Technology. – 2023. – Vol 69. – P. 161-166. DOI: 10.54097/hset.v69i.11899.
266. Munsell soil color book 2019. Munsell Color. Soil Survey Staff. 1993. Soil Survey Manual. USDA, Soil Conservation Service : Agrocultural Handbook, 2019. – No 18, U. S. Gov. Print. Office, Washington, D. C.
267. Musik H.B. Temporal changes of Landsat MSS albedo estimates in arid rangeland / H.B. Musik // Remote Sensing Enviroment. – 1986. – V. 20, № I. – P. 107-120. DOI: 10.1016/0034-4257(86)90017-9.
268. Mutti P. NDVI time series stochastic models for the forecast of vegetation dynamics over desertification hotspots / P. Mutti et al. // International Journal of Remote Sensing. – 2020. – Vol. 41, no 7. – P 2759-2788. DOI: 10.1080/01431161.2019.1697008.

269. Poornazari N. Land degradation assessment in the dust hotspot of Southeastern Ahvaz, Iran / N. Poornazari et al // *Land Degradation and Development*. – 2022. – Vol. 32, no 3. – P. 1-60. DOI: 10.1002/ldr.3748.

270. Provisional Methodology for assessment and mapping of desertification FAO. - Rome: UNEP, 1984. – 86 p.

271. Rivera-Marin D. The use of remote sensing for desertification studies: A review / D. Rivera-Marin, D. Jadunandan, B. Ogutu // *Journal of Arid Environments*. – 2022. – Vol. 206, no 2. – P. 1-11. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2022.104829/.

272. Szyga-Pluta. K. Assessment of Changing Agroclimatic Conditions in Poland Based on Selected Indicators / K. Szyga-Pluta // *Atmosphere*. – 2022. – N 13. – P. 1-15. DOI: 10.3390/atmos13081232.

273. Unkovich M.J. A review of the potential constrains to crop production on sandy soils in low rainfall south-eastern Australia and priorities for research : A technical report for the Grains Research and Development Corporatio / M.J. Unkovich. – Mallee Sustainable Farming, Mildura NSW. – 2014. – 96 p.

274. Xiang YU. Anover review of desertification in Xinjiang, Northwest China / YU Xiang, LEI Jiaqiang, GAO Xin // *Journal of Arid Land* – 2022. – 14(2). – p 1181-1195. DOI 10.1007/s40333-022-0077-x.

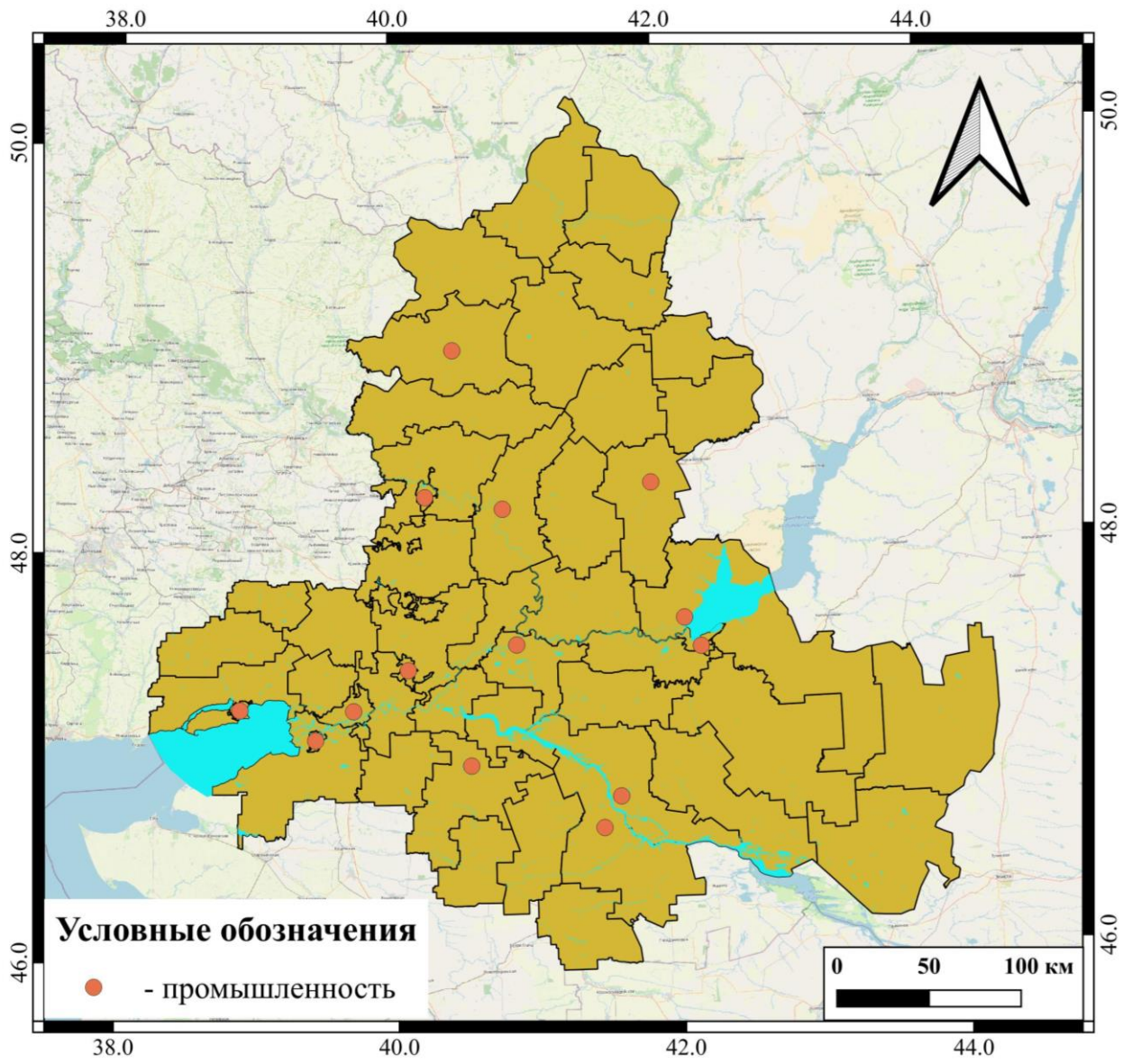
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Численность населения, постоянно проживающего населения на Казанско-Вешенском песчаном массиве за 2010 г.

Населенный пункт	Численность, чел.	В %
Шолоховский район		
х. Грязновский	4	0,03
х. Моховской	22	0,15
х. Антоновский	7	0,05
х. Безбородовский	2	0,01
ст. Еланская	76	0,51
х. Андроповский	324	2,19
х. Солонцовский	129	0,87
х. Краснояровский	35	0,24
х. Лебяженский	88	0,59
х. Алимовский	27	0,18
х. Колундаевский	691	4,67
х. Гороховский	486	3,28
х. Черновский	124	0,84
ст. Вешенская	9317	62,94
х. Пигаревский	838	5,66
х. Дубровский	735	4,97
х. Антиповский	460	3,11
х. Зубковский	236	1,59
х. Щебуняевский	20	0,14
Верхнедонской район		
х. Верхнечирский	427	2,88
х. Дубровский	137	0,93
х. Морозовский	81	0,55
х. Быковский	402	2,72
х. Гребенниковский	135	0,91
Всего	14803	100

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Карта-схема промышленных центров Ростовской области



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623811

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации базы данных
№ 2023623811

«База данных климатических показателей для оценки и моделирования фитозкологических условий и прогноза динамики процессов деградации экосистем»

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (RU)*

Авторы: *Кулик Константин Николаевич (RU), Истомин Сергей Александрович (RU), Арчаков Денис Игоревич (RU), Истомин Александр Петрович (RU), Кулик Алексей Константинович (RU)*

Заявка № **2023623606**
Дата поступления **30 октября 2023 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных **08 ноября 2023 г.**



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности
Ю. С. Зубов

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Оценка природных условий жизни населения Казанско-Вешенского песчаного массива по Назаревскому О. Г. (1984)

Наименование отдельных элементов природных условий	Балл	Благоприятность (в сравнении с условиями средней полосы Европейской части СССР)
Внеклиматические условия		
Продолжительность дня и ночи	4	наиболее благоприятно
Годовые суммы солнечной радиации	5	наиболее благоприятно
Абсолютная высота местности	5	наиболее благоприятно
Глубина расчлененности рельефа	4	наиболее благоприятно
Сейсмичность	5	наиболее благоприятно
Заболоченность	5	наиболее благоприятно
Обеспеченность поверхностными водами	3	благоприятно
Обеспеченность подземными водами	2	малоблагоприятно
Естественное озеленение	3	благоприятно
Природные условия отдыха и оздоровления	4	наиболее благоприятно
Наличие кровососущих насекомых	2	малоблагоприятно
Наличие болезней с природной очаговостью	4	наиболее благоприятно
Климатические условия		
Эффективные эквивалентные температуры января	2	малоблагоприятно
Эффективные эквивалентные температуры июля	5	наиболее благоприятно
Теплоощущение человека зимой	3	благоприятно
Теплоощущение человека летом	3	благоприятно
Температурный режим зимы	4	наиболее благоприятно
Температурный режим лета	5	наиболее благоприятно
Продолжительность экстремального периода	3	благоприятно
Продолжительность безморозного периода	3	благоприятно
Продолжительность отопительного периода	4	наиболее благоприятно
Годовые амплитуды среднесуточных температур	3	благоприятно
Сумма температур за вегетационный период	4	наиболее благоприятно
Продолжительность пасмурного периода	3	благоприятно
Продолжительность периода с осадками	5	наиболее благоприятно
Продолжительность периода со снегом	2	малоблагоприятно
Сила ветра	3	благоприятно
Среднегодовая продолжительность метели	3	благоприятно
Прочие условия		
Степень разнообразия и привлекательности ландшафта	4	наиболее благоприятно
Общий балл	3,55	наиболее благоприятно

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Справка об использовании результатов исследований диссертационной работы



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЛЕСНОГО
ХОЗЯЙСТВА**

**Федеральное бюджетное учреждение
Всероссийский научно
исследовательский институт
лесоводства и механизации лесного
хозяйства (ФБУ ВНИИЛМ)**

**Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская
научно – исследовательская лесная опытная
станция» (Филиал ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС»)**

Адрес: ул. Сосновая, 59 «в», станция Вешенская,
Ростовская область, 346270
Тел.: (86353) 22-2-60, e-mail: donnilos@mail.ru

Исх. № 128 от 17.07.2024г.

Младшему научному
сотруднику
лаборатории гидрологии
агроресоландшафтов
ФНЦ агроэкологии РАН

Д.И. Арчакову
archakov-di@vfanc.ru
400062, Волгоградская
область,
г. Волгоград,
пр-кт Университетский, 97

СПРАВКА

об использовании результатов исследований

Дана Арчакову Денису Игоревичу о том, что результаты его диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата географических наук «Геоэкологическое состояние песчаных массивов р. Дон (на примере Казанско-Вешенских песков)» использованы филиалом федерального бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» «Южно-европейская научно-исследовательская лесная опытная станция» в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Расширение системы климатического и экологического мониторинга и прогнозирования на территории Российской Федерации в целях обеспечения адаптационных решений в отраслевом и региональном разрезах, включая борьбу с опустыниванием» (соглашение № 169-15-2023-001 от 01.03.2023 г.).

Справка дана для предъявления по месту требования.

Директор филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС», д.с.-х.н.



Турчин Т. Я.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Акты внедрения в производство научно-технических работ

«Утверждаю»

Начальник Верхнедонского межрайонного
отдела Министерства природных ресурсов и
экологии Ростовской области



П. И. Макушкин
6 октября 2023 года

«Утверждаю»

Директор филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС»



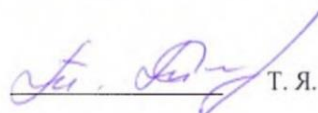
Т. Я. Турчин
6 октября 2023 года

АКТ

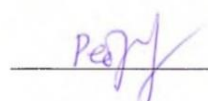
внедрения в производство научно-исследовательских работ

1. **Наименование продукции для производственной проверки:** Технология создания культур сосны обыкновенной на полигоне «№ 48 Верхнедонской Буруны № 3».
2. **Тема научно-исследовательских работ:** Важнейший инновационный проект государственного значения (ВИП ГЗ) «Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Ростовской области» (НПДБО Ростовской области).
3. **Кем и когда принято решение о проверке:** Научно-техническим советом филиала ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС» протокол № 18 от 06.10.2023 г.
4. **Календарные сроки проверки:** 06.10.2023 г.
5. **Наименование и адрес предприятия, принявшего решение о проверке:** Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС», Ростовская область, Шолоховский район, ст. Вешенская, ул. Сосновая, 59 в.
6. **Место внедрения продукции:** Российская Федерация, Верхнедонской межрайонный отдел Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области, Верхнедонское лесничество, Дубровское участковое лесничество, квартал 22.
7. **Краткая характеристика объекта внедрения и его назначение. Фактическая эффективность:** На части полигона «№ 48 Верхнедонской Буруны № 3», частично расположенного в квартале 22 Дубровского участкового лесничества (выд. 13; 31 га), рекомендуется создать новые культуры сосны обыкновенной по следующей технологии:
 - планировка и расчистка участка;
 - осенняя нарезка борозд трактором Т-150 (ДТ-75) в агрегате с рыхлителем РН-60;
 - обработка корневых систем семян сосны от майского хруща (Валлар) и с целью лучшего корнеобразования (Корневин);
 - ранневесенняя механизированная посадка двухлетних укрупненных семян сосны обыкновенной в дно борозды (МТЗ-80 + СЛН-1);
 - размещение растений 3,0 × 0,8 м, густота посадки – 4,1 тыс. шт./га;
 - дополнение (при необходимости весной следующего года);
 - агротехнические уходы: седлания рядов культур трактором МТЗ-80 в агрегате с культиватором КЛБ-1,7 по схеме: первый год – 5 раз, второй год – 4 раза, третий – 3 раза, четвертый – 2 раза, пятый – 1 раз;
 - обустройство минерализованной полосы по периметру участка.
8. **Объем внедрения:** Лесные культуры сосны обыкновенной на площади 31 га.
9. **Рекомендации по дальнейшему внедрению разработки:** Перевод песков в лесные земли и создание культур сосны обыкновенной позволит трансформировать эти территории в земли, занятые лесом, и более качественно использовать лесной фонд.

Руководитель от филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС», д.с.-х. наук

 Т. Я. Турчин

Исполнитель от филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС», к.б.наук

 Ю. А. Ребров

«Утверждаю»

Начальник Верхнедонского межрайонного
отдела Министерства природных ресурсов и
экологии Ростовской области



П. И. Макушкин
6 октября 2023 года

«Утверждаю»

Директор филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС»



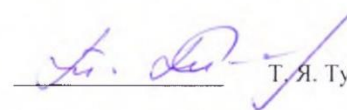
Т. Я. Турчин
6 октября 2023 года

АКТ

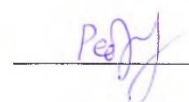
внедрения в производство научно-исследовательских работ

1. **Наименование продукции для производственной проверки:** Технология создания культур сосны обыкновенной на полигоне «№ 47 Верхнедонской Буруны № 2».
2. **Тема научно-исследовательских работ:** Важнейший инновационный проект государственного значения (ВИП ГЗ) «Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Ростовской области» (НПДБО Ростовской области).
3. **Кем и когда принято решение о проверке:** Научно-техническим советом филиала ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС» протокол № 18 от 06.10.2023 г.
4. **Календарные сроки проверки:** 06.10.2023 г.
5. **Наименование и адрес предприятия, принявшего решение о проверке:** Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС», Ростовская область, Шолоховский район, ст. Вешенская, ул. Сосновая, 59 в.
6. **Место внедрения продукции:** Российская Федерация, Верхнедонской межрайонный отдел Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области, Верхнедонское лесничество, Быковское участковое лесничество, квартал 71.
7. **Краткая характеристика объекта внедрения и его назначение. Фактическая эффективность:** На части полигона «№ 47 Верхнедонской Буруны № 2», частично расположенного в квартале 71 Быковского участкового лесничества (выд. 1: 69 га), рекомендуется создать новые культуры сосны обыкновенной по следующей технологии:
 - планировка и расчистка участка;
 - осенняя нарезка борозд трактором Т-150 (ДТ-75) в агрегате с рыхлителем РН-60;
 - обработка корневых систем сеянцев сосны от майского хруща (Валлар) и с целью лучшего корнеобразования (Корнсвин);
 - ранневесенняя механизированная посадка двухлетних укрупненных сеянцев сосны обыкновенной в дно борозды (МТЗ-80 + СЛН-1);
 - размещение растений 3,0 × 0,8 м, густота посадки – 4,1 тыс. шт./га;
 - дополнение (при необходимости весной следующего года);
 - агротехнические уходы: седлания рядов культур трактором МТЗ-80 в агрегате с культиватором КЛБ-1,7 по схеме: первый год – 5 раз, второй год – 4 раза, третий – 3 раза, четвертый – 2 раза, пятый – 1 раз;
 - обустройство минерализованной полосы по периметру участка.
8. **Объем внедрения:** Лесные культуры сосны обыкновенной на площади 69 га.
9. **Рекомендации по дальнейшему внедрению разработки:** Перевод песков в лесные земли и создание культур сосны обыкновенной позволит трансформировать эти территории в земли, занятые лесом, и более качественно использовать лесной фонд.

Руководитель от филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС», д. с.-х. н.

 Т. Я. Турчин

Исполнитель от филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС», к. б. н.

 Ю. А. Ребриев

«Утверждаю»

Начальник Верхнедонского межрайонного
отдела Министерства природных ресурсов и
экологии Ростовской области



П. И. Макушкин
6 октября 2023 года

«Утверждаю»

Директор филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС»



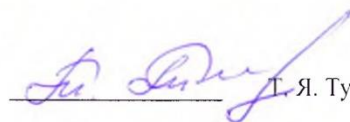
Т. Я. Турчин
6 октября 2023 года

АКТ

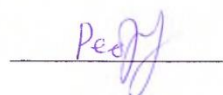
внедрения в производство научно-исследовательских работ

1. **Наименование продукции для производственной проверки:** Технология создания культур сосны обыкновенной на полигоне «№ 46 Верхнедонской Буруны № 1».
2. **Тема научно-исследовательских работ:** Важнейший инновационный проект государственного значения (ВИП ГЗ) «Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Ростовской области» (НПДБО Ростовской области).
3. **Кем и когда принято решение о проверке:** Научно-техническим советом филиала ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС» протокол № 18 от 06.10.2023 г.
4. **Календарные сроки проверки:** 06.10.2023 г.
5. **Наименование и адрес предприятия, принявшего решение о проверке:** Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС», Ростовская область, Шолоховский район, ст. Вешенская, ул. Сосновая, 59 в.
6. **Место внедрения продукции:** Российская Федерация, Верхнедонской межрайонный отдел Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области, Верхнедонское лесничество, Быковское участковое лесничество, квартал 41.
7. **Краткая характеристика объекта внедрения и его назначение. Фактическая эффективность:** На части полигона «№ 46 Верхнедонской Буруны № 1», частично расположенного в квартале 41 Быковского участкового лесничества (выд. 1; 60 га), рекомендуется создать новые культуры сосны обыкновенной по следующей технологии:
 - планировка и расчистка участка;
 - осенняя нарезка борозд трактором Т-150 (ДТ-75) в агрегате с рыхлителем РН-60;
 - обработка корневых систем сеянцев сосны от майского хруща (Валлар) и с целью лучшего корнеобразования (Корневин);
 - ранневесенняя механизированная посадка двухлетних укрупненных сеянцев сосны обыкновенной в дно борозды (МТЗ-80 + СЛН-1);
 - размещение растений $3,0 \times 0,8$ м, густота посадки – 4,1 тыс. шт./га;
 - дополнение (при необходимости весной следующего года);
 - агротехнические уходы: седлания рядов культур трактором МТЗ-80 в агрегате с культиватором КЛБ-1,7 по схеме: первый год – 5 раз, второй год – 4 раза, третий – 3 раза, четвертый – 2 раза, пятый – 1 раз;
 - обустройство минерализованной полосы по периметру участка.
8. **Объем внедрения:** Лесные культуры сосны обыкновенной на площади 60 га.
9. **Рекомендации по дальнейшему внедрению разработки:** Перевод песков в лесные земли и создание культур сосны обыкновенной позволит трансформировать эти территории в земли, занятые лесом, и более качественно использовать лесной фонд.

Руководитель от филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС», д. с.-х. н.


Т. Я. Турчин

Исполнитель от филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС», к. б. н.


Ю. А. Ребриев

«Утверждаю»

Начальник Шолоховского межрайонного
отдела Министерства природных ресурсов и
экологии Ростовской области



П. И. Никулин
6 октября 2023 года

«Утверждаю»

Директор филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛЮС»



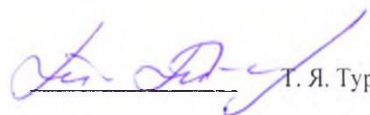
Т. Я. Турчин
6 октября 2023 года

АКТ

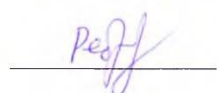
внедрения в производство научно-исследовательских работ

1. **Наименование продукции для производственной проверки:** Технология создания культур сосны обыкновенной на полигоне «№ 43 Шолоховский песчаный массив № 1».
2. **Тема научно-исследовательских работ:** Важнейший инновационный проект государственного значения (ВИП ГЗ) «Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Ростовской области» (НПДБО Ростовской области).
3. **Кем и когда принято решение о проверке:** Научно-техническим советом филиала ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛЮС» протокол № 18 от 06.10.2023 г.
4. **Календарные сроки проверки:** 06.10.2023 г.
5. **Наименование и адрес предприятия, принявшего решение о проверке:** Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛЮС», Ростовская область, Шолоховский район, ст. Вешенская, ул. Сосновая, 59 в.
6. **Место внедрения продукции:** Российская Федерация, Шолоховский межрайонный отдел Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области, Шолоховское лесничество, Колундаевское участковое лесничество, квартал 57.
7. **Краткая характеристика объекта внедрения и его назначение. Фактическая эффективность:** На части полигона «№ 43 Шолоховский песчаный массив № 1», частично расположенного в квартале 57 (выд. 1; 78 га) Колундаевского участкового лесничества, рекомендуется создать новые культуры сосны обыкновенной по следующей технологии:
 - планировка и расчистка участка;
 - осенняя нарезка борозд трактором Т-150 (ДТ-75) в агрегате с рыхлителем РН-60;
 - обработка корневых систем сеянцев сосны от майского хруща (Валлар) и с целью лучшего корнеобразования (Корневин);
 - ранневесенняя механизированная посадка двухлетних укрупненных сеянцев сосны обыкновенной в дно борозды (МТЗ-80 + СЛН-1);
 - размещение растений 3,0 × 0,8 м, густота посадки – 4,1 тыс. шт./га;
 - дополнение (при необходимости весной следующего года);
 - агротехнические уходы: седлания рядов культур трактором МТЗ-80 в агрегате с культиватором КЛБ-1,7 по схеме: первый год – 5 раз, второй год – 4 раза, третий – 3 раза, четвертый – 2 раза, пятый – 1 раз;
 - обустройство минерализованной полосы по периметру участка.
8. **Объем внедрения:** Лесные культуры сосны обыкновенной на площади 78 га.
9. **Рекомендации по дальнейшему внедрению разработки:** Перевод песков в лесные земли и создание культур сосны обыкновенной позволит трансформировать эти территории в земли, занятые лесом, и более качественно использовать лесной фонд.

Руководитель от филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛЮС», д. с.-х. н.


Т. Я. Турчин

Исполнитель от филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛЮС», к. б. н.


Ю. А. Ребриев

«Утверждаю»

Начальник Шолоховского межрайонного
отдела Министерства природных ресурсов и
экологии Ростовской области



П. И. Никулин
6 октября 2023 года

«Утверждаю»

Директор филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС»



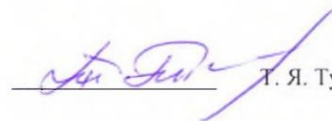
Т. Я. Турчин
6 октября 2023 года

АКТ

внедрения в производство научно-исследовательских работ

1. **Наименование продукции для производственной проверки:** Технология создания культуры сосны обыкновенной на полигоне «№ 45 Шолоховский песчаный массив № 3».
2. **Тема научно-исследовательских работ:** Важнейший инновационный проект государственного значения (ВИП ГЗ) «Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием в Ростовской области» (НПДБО Ростовской области).
3. **Кем и когда принято решение о проверке:** Научно-техническим советом филиала ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС» протокол № 18 от 06.10.2023 г.
4. **Календарные сроки проверки:** 06.10.2023 г.
5. **Наименование и адрес предприятия, принявшего решение о проверке:** Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС», Ростовская область, Шолоховский район, ст. Вешенская, ул. Сосновая, 59 в.
6. **Место внедрения продукции:** Российская Федерация, Шолоховский межрайонный отдел Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области, Шолоховское лесничество, Вешенское участковое лесничество, квартал 38-39.
7. **Краткая характеристика объекта внедрения и его назначение. Фактическая эффективность:** На части полигона «№ 45 Шолоховский песчаный массив № 3», частично расположенного в квартале 38 Вешенского участкового лесничества (выд. 2; 6,6 га) и квартале 39 Вешенского участкового лесничества (выд. , рекомендуется создать новые культуры сосны обыкновенной по следующей технологии:
 - планировка и расчистка участка;
 - осенняя нарезка борозд трактором Т-150 (ДТ-75) в агрегате с рыхлителем РН-60;
 - обработка корневых систем сеянцев сосны от майского хруща (Валлар) и с целью лучшего корнеобразования (Корневин);
 - ранневесенняя механизированная посадка двухлетних укрупненных сеянцев сосны обыкновенной в дно борозды (МТЗ-80 + СЛН-1);
 - размещение растений 3,0 × 0,8 м, густота посадки – 4,1 тыс. шт./га;
 - дополнение (при необходимости весной следующего года);
 - агротехнические уходы: седлания рядов культур трактором МТЗ-80 в агрегате с культиватором КЛБ-1,7 по схеме: первый год – 5 раз, второй год – 4 раза, третий – 3 раза, четвертый – 2 раза, пятый – 1 раз;
 - обустройство минерализованной полосы по периметру участка.
8. **Объем внедрения:** Лесные культуры сосны обыкновенной на площади 60 га.
9. **Рекомендации по дальнейшему внедрению разработки:** Перевод песков в лесные земли и создание культур сосны обыкновенной позволит трансформировать эти территории в земли, занятые лесом, и более качественно использовать лесной фонд.

Руководитель от филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС», д. с.-х. н.


Т. Я. Турчин

Исполнитель от филиала ФБУ ВНИИЛМ
«Южно-европейская НИЛОС», к. б. н.


Ю. А. Ребриев