

На правах рукописи



АРЧАКОВ ДЕНИС ИГОРЕВИЧ

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

Специальность – 1.6.21. Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Новочеркасск – 2025

Работа выполнена на кафедре экологических технологий природопользования лесохозяйственного факультета Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ

Научный руководитель: **Турчин Тарас Ярославович**,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО ДонГАУ, старший научный сотрудник;
филиал ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС», директор

Официальные оппоненты: **Лысенко Алексей Владимирович**,
доктор географических наук, доцент,
Северо-Кавказский федеральный университет,
профессор департамента географии и геоинформатики
факультета международных отношений

Сушко Кирилл Сергеевич,
кандидат географических наук,
Южный научный центр РАН, старший научный сотрудник

Защита диссертации состоится **01 октября 2025 г. в 15:00** на заседании диссертационного совета ЮФУ801.01.11 по географическим наукам на базе Института наук о Земле Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, к. 201 (202).

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке им. Ю.А. Жданова Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Р. Зорге, 21Ж и на сайте Южного федерального университета <https://hub.sfedu.ru/diss/show/1339501/>

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Отзыв на автореферат в 2-х экз. (с указанием даты, полностью ФИО, учёной степени со специальностью, звания, организации, подразделения, должности, адреса, телефона, e-mail), заверенный печатью организации, просим направлять по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40, к. 208, ученому секретарю диссертационного совета ЮФУ801.01.11 Решетняк О.С., а также в формате pdf на e-mail: osreshetnyak@sfedu.ru (до отправки по почте).

Ученый секретарь
диссертационного совета



Решетняк Ольга Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 (Конвенция ООН..., 1994).

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. 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 (Закруткин, 1996; Закруткин, 2000). Иванченко А. М. на базе Южного федерального университета в 2022 г. защитила диссертацию, посвященной теме геоэкологической оценки современного состояния Ростовской области (Иванченко, 2022). Трубник Р. Г. и Федоров Ю. А. опубликовывают монографию «Оценка экологического состояния донных отложений водных объектов юга России по триаде химико-биологических показателей» (2023) (Трубник, Федоров, 2023). 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 (Безуглова, 2024; Безуглова и др, 2022; Безуглова, Жумбей, 2022; Минкина, 2024; Жумбей, Безуглова, 2022; Жумбей и др., 2022).

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 по-

казатели 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 (Кулик, 2004). Анализ геоэкологического состояния местности основан на методиках картографирования и дешифрирования спутниковых снимков Landsat-5, 7, 8, 9 и Sentinel-2 (Юферов, 2010, Mutti, 2020), оценке природных условий жизни населения (Назаревский, 1984), эколого-хозяйственного баланса (Кочуров, 1991) и прогнозирования (Салугин, 2001). 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 лиственным 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 адап-

тационных 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, 2022); «XVIII Большой географический фестиваль» (г. Санкт-Петербург, 2022); «Музей-заповедник: экология и культура» (ст. Вешенская, 2022); «Антропогенная трансформация геопространства: меняющийся мир – штрихи к портрету» (г. Волгоград), 2023; «XX Большой географический фе-

стиваль» (г. Санкт-Петербург, 2024); «Воспроизводство, использование, охрана, защита и биоразнообразие лесов на юге европейской части России» (ст. Вешенская, 2024).

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 карта-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».

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

Рассмотрены основные направления научных исследований с XIX по XXI в.: оценка лесорастительных и физико-географических условий, рационализация природопользования, методы закрепления песков (Гаель, Гумилев, 1966; Гумилев, 2006; Зюзь, 1990; Савелов, 1905; Сукачев, 1950; Сухоруков, 1903). В настоящее время, актуальными направлениями исследований являются: динамика процессов опустынивания, влияние антропогенной нагрузки и рационализация природопользования (Безуглова, 2023; Бердников, 2022; Беспалова, 2020; Вальков, 2016; Власенко, Кулик, 2017;

Евстегнеева, 2022; Закруткин, 2000; Ивлиева, Райчева, 2000; Колесников, 2024; Матишов, 2022; Минкина, 2018; Решетняк, 2019; Свинцов, 1999; Турчина, 2019; Федоров, 2017).

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЗАНСКО-ВЕШЕНСКОГО ПЕСЧАНОГО МАССИВА

Раздел 2.1. Песчаный массив площадью 119 тыс. га расположен на надпойменных террасах р. Дон южной оконечности Калачской возвышенности. С юга массив ограничен р. Дон, с запада – р. Песковатка, с севера коренным берегом р. Дон, с востока – административной границей Ростовской и Волгоградской областей.

Раздел 2.2 посвящен общим сведениям о территории песчаного массива. Расположение массива относительно основных транспортных путей и рынка сбыта продукции является окраинным. Экономическая специализация – сельское хозяйство.

Раздел 2.3. Подстилающая поверхность на данном участке представлена четвертичными, неогеновыми, палеогеновыми, меловыми и каменноугольными породами.

Раздел 2.4. Рельеф песчаного массива равнинный. Представлен тремя надпойменными террасами.

В разделе 2.5 выявлены климатические особенности. Климат относится к континентальному типу с неустойчивой зимой и умеренно-засушливым летом. Большая часть территории песчаного массива расположена в пределах изотермы +8°C. С 1966 по 2022 гг. прослеживается тренд на повышение среднегодовой температуры воздуха на 2°C и осадков на 1 мм. Среднегодовое количество осадков – 472 мм. Для осадков характерны циклы пять-шесть лет.

Индекс аридности (NIA) варьирует в значениях от 0,3 (периодически аридный) до 0,8 – аридный). По значению гидротермического коэффициента территория относится к одной природной зоне – типичная степь со степенью увлажнения 0,7-0,8. Значение показателя определяет видовой состав травянистой и древесной растительности, используемых для закрепления песков.

Раздел 2.6 описывает поверхностные и подземные водные ресурсы. Уровень грунтовых вод на массиве неравномерен (от 0-5 до 10 м и более). Малые реки в межженный период могут пересыхать.

В разделе 2.7 дана характеристика почвенного покрова. Светлогумусовые песчаные и супесчаные почвы (серопески), темногумусовые супесчаные глубоко ожелезненные почвы занимают основную часть территории (более 60%).

Раздел 2.8 посвящен описанию естественного растительного покрова, который представлен степным, лесным и лугово-болотными видами.

На основе анализа природно-климатических особенностей песчаный массив по естественным границам разделен на три зоны (рисунок 1).



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

3. МЕТОДИКА АНАЛИЗА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Раздел 3.1. Для повышения точности дешифрирования и уточнения данных проведен ландшафтно-экологический анализ состояния ландшафтов, основанный на усовершенствованной пятиэтапной схеме оценки фитоэкологических условий местности Кулика К. Н. (2004).

Раздел 3.2 посвящен методическому вопросу анализа геоэкологического состояния местности, который состоял из расчета коэффициентов эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ) территории по Кочурову Б. И. (1991) и составления долгосрочного прогноза динамики площадей ландшафтов.

4. ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТНОСТИ

Для анализа ландшафтно-экологических особенностей песчаного массива были выбраны шесть ключевых участков с наиболее типичными природными условиями и

сочетанием ландшафтов (рисунок 2). Под ландшафтом в работе понимается конкретный природно-территориальный комплекс, согласно Исаченко А. Г. (1991). В автореферате для примера подробно рассматривается только один ключевой участок («Верхнечирский»).

Раздел 4.1. На ключевом участке «Буруны №1» основные процессы трансформации ландшафтов связаны с образованием ветровой тени благодаря рядом расположенным древесным насаждениям, с перемещением песков, с увеличением количества осадков выше среднего (433 мм). Отмечено незначительное снижение индекса измененности ландшафта (Ил), в пределах уровня экологического состояния «бедствие». Требуется постоянный мониторинг и проведение лесомелиоративных мероприятий.

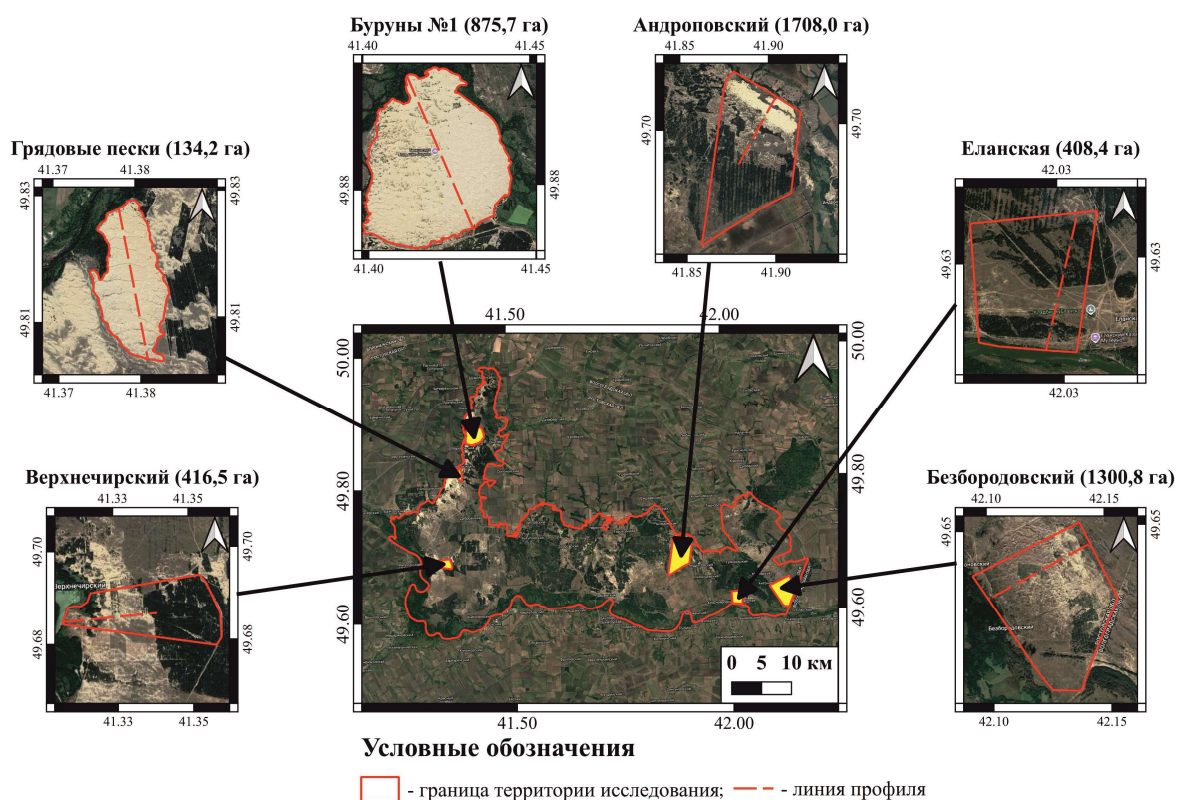


Рисунок 2 – Ключевые участки для ландшафтно-экологической оценки территории Казанско-Вешенского песчаного массива

Раздел 4.2. На ключевом участке «Грядовые пески» процесс зарастания песков связан с увеличением количества выпавших осадков и глубины залегания грунтовых вод, уменьшения дефляционноопасных ветров и наличием ветровой тени от лесонасаждений. Значение Ил оставалось стабильным на уровне «бедствие» ($R^2=0,82$). На ключевом участке не зафиксировано влияния какого-либо фактора на изменение экологического состояния местности.

Раздел 4.3. На ключевом участке «Верхнечирский» преобладают гумусовые типичные почвы. Растительный покров представлен разнотравной степью, культурами сосны и пойменным лесом (рисунок 3).

За последний 21 год площадь под открытыми и слабозаросшими песками увеличилась на 8,5 %, хвойными лесонасаждениями на 2,7 %, лиственным древостоем и кустарниками на 0,9 %, пойменным лесом на 0,5 %; уменьшилась под среднезаросшими песками на 0,5 % и заросшими на 12,2 % (рисунок 4).

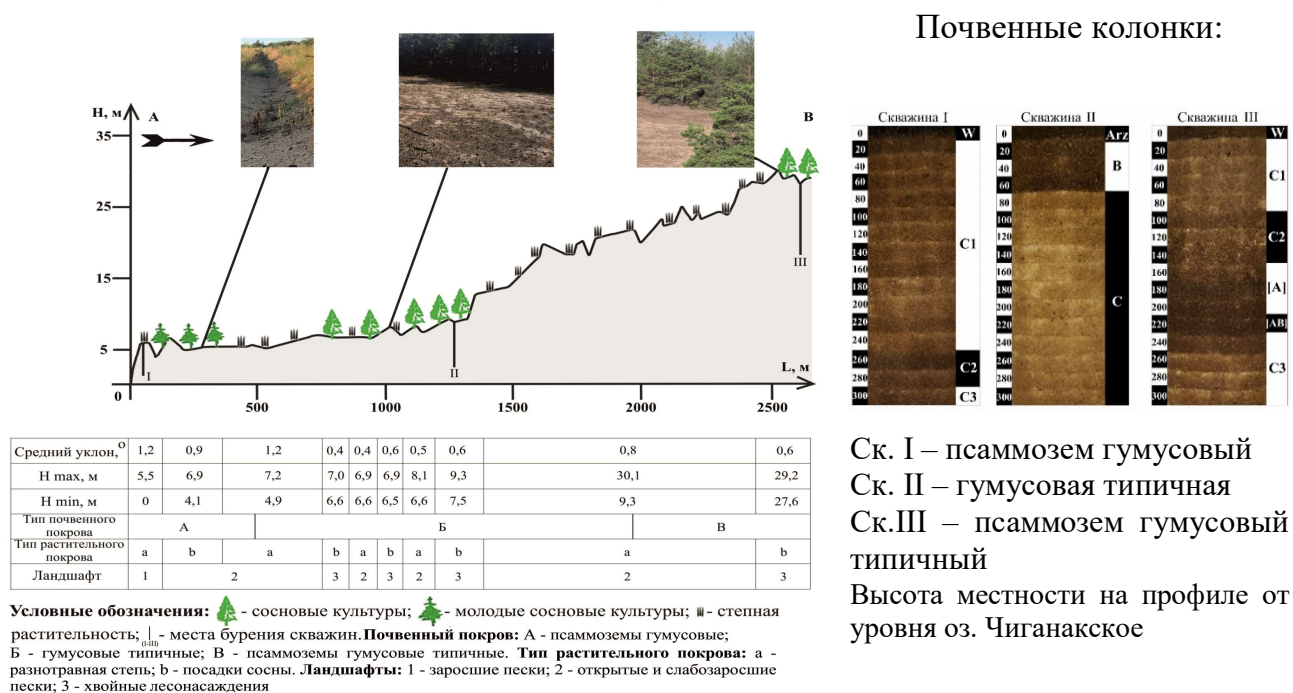


Рисунок 3 – Ландшафтно-экологический профиль и почвенные колонки на примере ключевого участка «Верхнечирский»

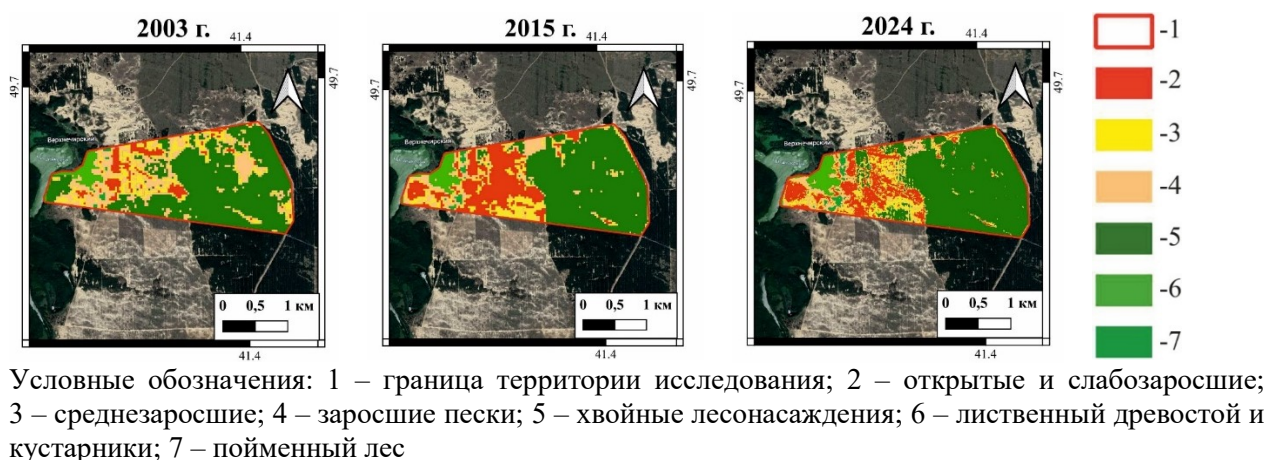


Рисунок 4 – Динамика ландшафтов ключевого участка «Верхнечирский» с 2003 по 2024 гг.

На трансформацию ландшафтов оказывали влияние лесомелиоративные мероприятия, сильные ветра, глубоко залегающие грунтовые воды, а также пожар 2004 г (рисунок 5). Ключевой участок относился к территории со слабым уровнем деградации и подверженности процессам опустынивания, Ил – «норма». Данный уровень поддерживался за счет наличия значительных площадей защитных лесонасаждений, лиственного древостоя и кустарников, пойменного леса.

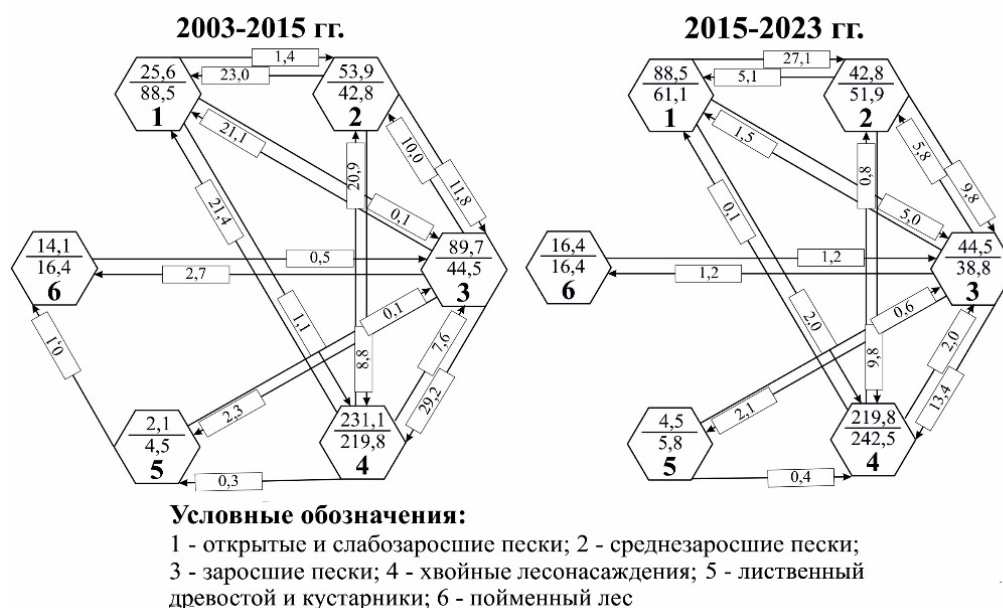


Рисунок 5 – Ориентированные графы трансформации ландшафтов на ключевом участке «Верхнечирский», га

Раздел 4.4. На ключевом участке «Андроповский» уменьшение занимаемой территории открытыми и слаборосшими песками и их трансформацией в среднезаросшие и заросшие связано с периодом повышенного количества осадков. Увеличение площади защитных лесонасаждений связано с ростом самосева, а их деградация – с неблагоприятными лесорастительными условиями. Зафиксирована постоянная динамика на снижение балла Ил из-за уменьшения доли сильнодеградированных земель в формировании общей экологической напряженности, уровень которой снизился с «риск» на «норму».

Раздел 4.5. На ключевом участке «Еланская» открытые и слаборосшие пески заросли за счет сокращения выпаса скота. Увеличение или уменьшение занимаемой территории среднезаросшими песками связано с количеством выпавших осадков. Общий Ил колеблется от уровня «риск» до «нормы». Процесс улучшения экологической ситуации на ключевом участке связан со снижением интенсивности хозяйствен-

ной деятельности и возобновлением лесомелиоративных работ, а также оптимального состояния защитных лесонасаждений.

Раздел 4.6. При изучении ключевого участка «Безбородовский» установлено, что причиной динамики ландшафтов являлся пожар 1998 г. После наблюдался процесс восстановления территории, на который повлияли природно-климатические факторы и лесомелиоративные мероприятия по восстановлению лесонасаждений. Значение Ил соответствовало уровню измененности ландшафта «риск».

5. АНАЛИЗ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЕСЧАНОГО МАССИВА

Раздел 5.1. На основе динамики площади ландшафтов песчаного массива за 2005, 2015 и 2023 гг. (таблица 1) проведен анализ его геоэкологического состояния по методике расчета эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ) территории Кочурова Б. И., как самого песчаного массива, так и по отдельным его зонам (западная, центральная и восточная) с определением коэффициентов абсолютной и относительной защищенности, площади земель экологического фонда и коэффициента естественной защищенности ландшафтов.

Таблица 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

Отмечено, что песчаные земли относятся к одной категории (пастбищные угодья), что не может отражать объективность оценки геоэкологического состояния массива. Данная методика разрабатывалась для урбанизированных территорий, поэтому на основе Национальных программ действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО)

была разработана авторская классификация песчаных земель с учетом дифференциации их по степени деградации и устойчивости к процессам дефляции (таблица 2).

После расчета ЭХБ по предложенной классификации ландшафтов, геоэкологическое состояние территории песчаного массива оценено как благоприятное. Если рассчитывать ЭХБ по Кочурову Б. И., то общее геоэкологическое состояние песчаного массива оценивается как среднее. Ресурсостабилизирующий (экологический) фонд занимает меньшую площадь на массиве, чем при доработанной классификации земель.

Таблица 2 – Ранжирование ландшафтов по степени антропогенной нагрузки

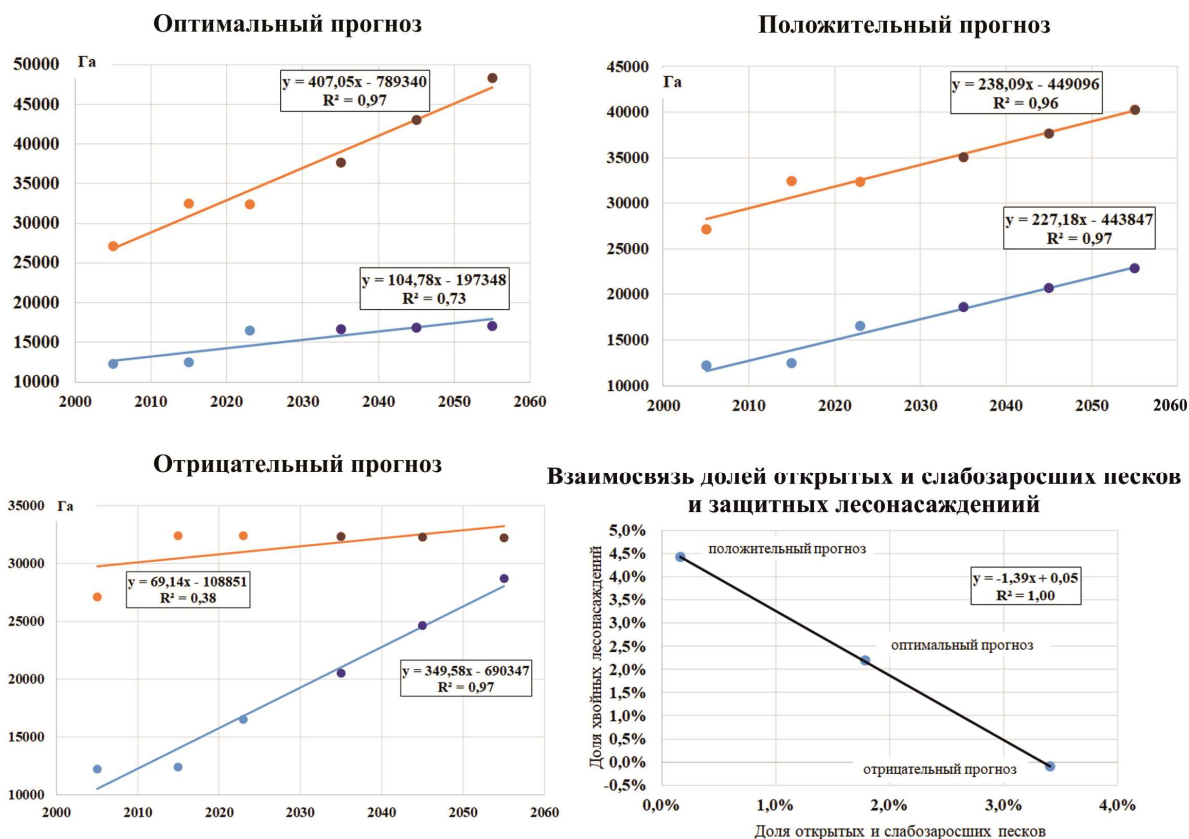
Вид нагрузки	Классификация по Кочурову Б.И.	Авторская классификация на основе НПДБО (2000, 2024)
АН ₁	–	лиственный древостой и кустарники
АН ₂	лиственный древостой и кустарники	хвойные лесонасаждения
АН ₃	хвойные лесонасаждения	заросшие пески
АН ₄	пески	среднезаросшие пески
АН ₅	пашня	пашня
АН ₆	селитебные территории	открытые и слабозаросшие пески, селитебные территории

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.

Важным этапом анализа геоэкологического состояния песчаного массива является составление долгосрочного прогноза развития тех ландшафтов, которые имеют наибольшую долю влияния на него.

Для составления прогноза были выбраны ландшафты с наибольшей долей в экологическом фонде и среди деградированных территорий: АН₂ (хвойные лесонасаждения) и АН₆ (открытые и слабозаросшие пески, селитебные территории). Для расчета по трем вероятным сценариям развития (положительный, оптимальный и отрицательный) определено изменение доли, занимаемой ими территории по годам. Данное действие необходимо для разделения полученных результатов на две группы сценариев прогнозирования: положительный и отрицательный. Сравнение шло между

периодами 2005-2015 и 2015-2023 гг. Далее рассчитано среднее значение в пределах каждого из сценариев. На основе среднего значения между показателями определяется прогноз по третьему сценарию – оптимальный. Для расчета прогноза на долгосрочный период необходимо вычислить произведение общей площади песчаного массива (га) и суммы доли нагрузки за предыдущий период (%) и изменение доли нагрузки (%) по любому из сценариев (рисунок 6).



Условные обозначения: исходные: ● - АН₂, ● - АН₆.

Прогнозируемые: ● - АН₂, ● - АН₆. Линии тренда: — - АН₂, — - АН₆.

Рисунок 6 – Прогноз динамики площадей хвойных лесонасаждений и открытых и слабозаросших песков до 2055 г.

Согласно рассчитанному прогнозу, земли хвойных лесонасаждений наиболее вероятно будут развиваться по оптимальному и положительному сценариям, что означает увеличение экологического фонда территории. Для полностью деградированных территорий вероятнее всего осуществление оптимального или отрицательного прогноза. На последнем графике показана прямая зависимость долей при разных прогнозах хвойных лесонасаждений и открытых и слабозаросших песков ($R^2=1,0$).

Раздел 5.2. Предложения по оптимизации природопользования направлены на комплексное освоение песков. Основной породой для лесоразведения на песчаных

почвах является сосна обыкновенная и крымская. Для фитомелиорации рекомендуется применять посев смесей житняка с эспарцетом. На массиве выделены зоны проведения лесо- и фитомелиоративных мероприятий. Установлено, что на песчаном массиве можно достигнуть увеличения кормовой емкости пастбищ. В 2023 г. в рамках выполнения НПДБО составлены и утверждены акты внедрения в производство научно-исследовательских работ.

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 количе-

ства 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 вырубке 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 ди-

намики 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 ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных изданиях, входящих в Перечень ВАК

1. Ландшафтно-экологический анализ Казанско-Вешенского песчаного массива / Д. И. Арчаков, Т. Я. Турчин, А. С. Хныкин, Т. Н. Лебедева // Астраханский вестник экологического образования. – 2024. – № 5(83). – С. 4-12. – DOI 10.36698/2304-5957-2024-5-4-12 (ВАК, К3).
2. 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. (ВАК, RCSI, K2).
3. Арчаков, Д. И. Агроклиматические условия Казанско-Вешенского песчаного массива / Д. И. Арчаков, Т. Я. Турчин, Е. С. Кулакова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – №3(75). – С. 156-165. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-03-18 (ВАК, RCSI, K2).
4. Арчаков, Д. И. Анализ Казанско-Вешенского песчаного массива по индексу антропогенной нарушенности ландшафта / Д. И. Арчаков, С. А. Истомина, 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 (ВАК, RCSI, K2).

5. Итоги работы Южно-европейской НИЛОС по созданию «Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области» / Т. Я. Турчин, Ю. А. Ребриев, Е. Н. Пронина, Д. И. Арчаков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса а: наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – №4(76). – С. 70-80. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-04-07 (ВАК, RCSI, K2).

Статьи в журналах, индексируемых в РИНЦ

6. Хныкин, А. С. Влияние пастбищной растительности на водный баланс лизиметрических моделей / А. С. Хныкин, Д. И. Арчаков // Научно-агрономический журнал. – 2021. – № 4(115). – С. 25-29. – DOI 10.34736/FNC.2021.115.4.004 (K3).

Публикации в сборниках трудов конференций

7. 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, г. Волгоград, 11-12 декабря 2023 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный университет" редакционная коллегия: Е. А. Иванцова (ответственный редактор) [и др.]. – Волгоград : ВолГУ, 2024. – С. 92-96.

8. Арчаков, Д. И. Анализ очага опустынивания Казанско-Вешенского песчаного массива / Д. И. Арчаков, Т. Н. Лебедева // Воспроизводство, использование, охрана, защита и биоразнообразие лесов на юге европейской части России : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, посвященный 75-летию Южно-европейской научно-исследовательской лесной опытной станции / ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ВНИИЛМ). – Пушкино : ВНИИЛМ, 2024. – С. 144-149.

9. Арчаков, Д. И. Анализ территории ключевого участка Казанско-Вешенского песчаного массива по степени подверженности процессам опустынивания / Д. И. Арчаков // Сборник материалов участников XX Большого географического фестиваля, посвящённого празднованию 300-летия Санкт-Петербургского государственного университета и Российской академии наук. – Санкт-Петербург : Свое издательство, 2024. – С. 294-299.

10. Арчаков, Д. И. Анализ территории ключевого участка Казанско-Вёшенского песчаного массива по индексу антропогенной нарушенности ландшафта / Д. И. Арчаков, В. А. Брыжина // Сборник материалов участников XVIII Большого географического фестиваля, посвящённого 150-летию со дня рождения российского кругосветного путешественника, исследователя Дальнего Востока В. К. Арсеньева (1872-1930 гг.), 80-летию со дня рождения российского экономгеографа, заведующего кафедрой экономической и социальной географии СПбГУ А. А. Анохина (1942-2021 гг.) и 100-летию со дня рождения выдающегося географа-ландшафтоведа, основоположника экологической географии А. Г. Исаченко (1922-2018 гг.). – Санкт-Петербург : Свое издательство, 2022. – С. 272-276.

11. Арчаков, Д. И. История изучения и хозяйственного освоения Казанско-Вёшенского песчаного массива / Д. И. Арчаков, Т. Я. Турчин // Музей-заповедник: экология и культура : материалы VIII Международной научно-практической конференции (станция Вёшенская, 12-13 октября 2022 года) / Министерство культуры Российской Федерации, Государственный музей-заповедник М. А. Шолохова ; составители: Т. Ю. Балак, О. Г. Турчина ; редакционная коллегия: О. А. Анистратенко (председатель) [и др.]. – станция Вешенская, Ростовская область: Государственный музей-заповедник М. А. Шолохова, 2022 – С. 69-75.

12. Арчаков, Д. И. Физико-географическое описание Казанско-Вёшенского песчаного массива / Д. И. Арчаков // Сборник материалов участников XIX Большого географического фестиваля, посвящённого 220-летию со дня начала первой русской кругосветной экспедиции под руководством И. Ф. Крузенштерна и Ю. Ф. Лисянского (1803-1806 гг.). – Санкт-Петербург : Свое издательство, 2023. – С. 61-65.

13. Лебедева, Т. Н. Оценка питьевых качеств родников Казанско-Вешенского песчаного массива / Т. Н. Лебедева, Д. И. Арчаков // Агроресомелиорация – основа адаптивно-ландшафтного земледелия : материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной 125-летию со дня рождения советского ученого, специалиста по лесоведению и лесоводству, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, члена-корреспондента ВАСХНИЛ Анатолия Васильевича Альбенского (19 октября 1899 - 4 июля 1984). – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2024. – С. 21-25.

Монографии

14. Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области : монография / Т. Я. Турчин, Ю. А. Ребриев, Д. И. Арчаков [и др.] ; под редакцией К. Н. Кулика ; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [и др.]. – Волгоград ; Ростов-на-Дону : ФНЦ агроэкологии РАН, 2024. – 239 с. – ISBN 978-5-9631-1162-8.

Патенты/свидетельства

15. 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, С. А. Истомин, Д. И. Арчаков [и др.] ; правообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук».