В. А. Силова

МОНОГРАФИЯ

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОБУСТРОЙСТВА АГРОЛЕСОЛАНДШАФТОВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ДОНА

Волгоград*ФНЦ агроэкологии РАН*2022

УДК 528.88:631.6
ББК 26.17:40.6:43.6
С 36

Силова В. А. Геоинформационный анализ обустройства агролесоландшафтов сухостепной зоны Среднего Дона (монография). – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2022.– 132 с.

Исследования по оценке состояния агролесоландшафтов сухостепной зоны Среднего Дона на основе геоинформационных технологий позволили выявить закономерности изменений нормализованного вегетационного индекса (NDVI) посевов в агролесоландшафтах, построить математико-картографические модели значений вегетационного индекса и продуктивности агроландшафтов в системах полезащитных лесных насаждений на основе пространственно-временного анализа для условий сухостепной зоны Среднего Дона и составить карты пространственного распределения зон деградации.

Silova V. A. Geoinformation analysis of the arrangement of agroforestry landscapes of the dry steppe zone of the Middle Don (monograph). – Volgograd: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2022. – 132 p.

Studies on the assessment of the state of agroforest landscapes of the dry steppe zone of the Middle Don on the basis of geoinformation technologies allowed to identify patterns of changes in the normalized vegetation index (NDVI) of crops in agroforest landscapes, to build mathematical and cartographic models of the values of the vegetation index and productivity of agricultural landscapes in systems of protective forest plantations based on spatial and temporal analysis for the conditions of the dry steppe zone of the Middle Don and to make maps of spatial distribution degradation zones.

Монография рассмотрена и одобрена на заседании методического бюро ФНЦ агроэкологии РАН (протокол № 1 от 11.04.2022 г.)

Рецензенты: **К. Н. Кулик**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, **В. Г. Юферев**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

ISBN 978-5-6048368-2-8

© В. А. Силова, 2022
© ФНЦ агроэкологии РАН, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы обусловлена тем, что возрастающая антропогенная нагрузка на агролесоландшафты сухостепной зоны Среднего Дона приводит к ускорению процессов деградации и снижению их экологической устойчивости. В сложившейся ситуации проведение геоинформационного анализа современного состояния земель сельскохозяйственного назначения и оценки процессов деградации агроландшафтов является важным этапом в создании устойчивых агролесосистем. На территории сухостепной зоны Среднего Дона эрозионными процессами в той или иной мере охвачено до 50 % пашни и значительная часть защитных лесных насаждений. В связи с этим геоинформационный анализ агролесоландшафтов позволит своевременно определить очаги деградации, составить тематические карты как текущего, так и прогнозируемого состояния, а также на их основе осуществлять планирование мероприятий для эффективной защиты территории. Агролесомелиоративное обустройство территории сухостепной зоны Среднего Дона формируется для организации рационального использования и охраны земель. Для обеспечения мер по обустройству необходимо выявление негативных факторов, оценка их опасности и разработка системы устойчивых агролесосистем, обеспечивающих воспроизводство плодородия почв, сохранение и улучшение природных ресурсов.

Проблеме устойчивости аграрных ландшафтов и их лесомелиоративного обустройства посвящены труды таких ученых как Д. Л. Арманд, В. И. Вернадский, Б. В. Виноградов, В. В. Докучаев, Г. И. Швебс, а также современные исследования А. Т. Барабано-

ва, М. И. Белицкой, Е. А. Гаршинёва, С. Н. Волкова, В. И. Кирюшина, В. М. Кретинина, Е. А. Крюковой, К. Н. Кулика, П. В. Клюшина, М. И. Лопырева, Е. С. Павловского, В. И. Петрова, А. С. Рулева, В. Г. Юферева и др., в которых рассмотрены вопросы влияния лесной мелиорации на окружающую среду.

Целью исследований являлось выявление закономерностей деградации земель сельскохозяйственного назначения в зависимости от существующего лесомелиоративного обустройства агроландшафтов сухостепной зоны Среднего Дона.

В связи с выбранной целью были поставлены следующие задачи:

- провести анализ современного состояния земель сельскохозяйственного назначения исследуемой территории и дать оценку природным и антропогенным факторам, оказывающим влияние на функционирование современных агролесоландшафтов с использованием актуальной аэрокосмической информации;

- выполнить геоинформационное картографирование сельскохозяйственных угодий;

- выявить уровень деградации земель и сохранность лесных насаждений;

- установить основные закономерности и разработать модели деградации земель в условиях существующего лесомелиоративного обустройства;

- исследовать связь вегетационных индексов, определяемых по данным дистанционного зондирования Земли, с возможной продуктивностью озимой пшеницы в агролесоландшафте;

- провести агроэкологическую оценку устойчивости территории и эффективность лесомелиоративного обустройства агроландшафтов.

Впервые для условий сухостепной зоны Среднего Дона изучено распределение сельскохозяйственных угодий (пашни) в агролесоландшафтах. Изучена организация, конструкция и современное

состояние системы защитных лесных насаждений, дана геостатистическая оценка рельефа и почв пахотных угодий. Выявлены закономерности изменения нормализованного вегетационного индекса (NDVI) посевов в агролесоландшафтах, построены математико-картографические модели значений вегетационного индекса и продуктивности агроландшафтов в системах полезащитных лесных насаждений на основе пространственно-временного анализа для условий сухостепной зоны Среднего Дона.

Исследования агролесоландшафтов в сухостепной зоне Среднего Дона базируются на методологии дистанционной оценки состояния агроландшафтов с использованием методики геоинформационного картографирования, моделирования и ландшафтного картографического анализа по данным дистанционного зондирования. Методологическая часть работы основывается на результатах исследований ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук». Геоинформационная оценка и картографирование агролесоландшафтов сухостепной зоны применялись исходя из основных важнейших методических работ по агролесомелиоративному картографированию и ландшафтоведению, созданных и усовершенствованных следующими авторами: С. П. Альтером, А. М. Берлянтом, Б. В. Виноградовым, К. Н. Куликом, А. С. Рулевым, В. И. Сухих, В. Г. Юферевым. Источником данных дистанционного зондирования для исследования ландшафтов являлись мультиспектральные снимки со спутников Worldview 3, Sentinel 2, Landsat 8 и др. Анализ и оценка состояния агролесоландшафтов осуществлялись по фототону распределения пикселей в определенном участке космоснимка с использованием данных глобальных цифровых моделей рельефа.

Выбор объектов исследований осуществлен с использованием современных геоинформационных технологий, актуальных данных дистанционного зондирования и системного геостатисти-

ческого анализа; результаты получены на сертифицированном научном и полевом оборудовании; теория построена на обобщении литературного, архивного и экспериментального материала, полученного за время исследований. Использованы сравнения данных, полученных автором, с результатами других авторов; применены современные методы и методики сбора, анализа, моделирования и обработки информации.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБУСТРОЙСТВА АГРОЛАНДШАФТОВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Происходящие интенсивные эрозионные процессы в ландшафтах степной зоны снижают качество почвы за счет выноса наиболее плодородного слоя в гидросеть. Постоянное использование сельскохозяйственных орудий и механизмов приводит к изменению агрофизических свойств почвы. Нерегламентированное орошение приводит к заболачиванию, развитию засоления, уменьшению полезных элементов в структуре почвы, а также повышению уровня грунтовых вод. Нерациональное интенсивное использование природных ресурсов ландшафта, освоение и привлечение в хозяйственную деятельность дополнительных участков сопровождается нарушением устойчивости системы, поэтому необходимо организовать территории ландшафтов таким образом, чтобы обеспечить условия стабильного землепользования.

Теоретико-методологические основы организации агроландшафтов основываются на природе законов экологии, как единой и взаимосвязанной системы сбалансированных ландшафтных элементов.

Природно-экологический баланс – важнейшая составляющая реализации сельскохозяйственной деятельности. Научное направление ландшафтно-экологического землеустройства предполагает прочную связь между устройством территории и сохранением полезных качеств почв, повышение их плодородия, защиту от эрозии, рекультивацию нарушенных земель, создание защитных лесных насаждений для обеспечения получения ста-

бильно высоких урожаев и сохранения продуктивности сельскохозяйственных земель.

Единая устойчивая система обычного порядка эксплуатации с учетом активного, но бережного использования сельскохозяйственного производства и сохранением экологического равновесия в ландшафте, дает научное представление о ландшафтном природопользовании.

К середине XIX века значительно возросло число работ, посвященных методам и методикам, как в ландшафтоведении, так и в смежных науках.

С возникновением потребности в изучении закономерностей динамики природной сред, выдающиеся ученые занимались обобщением данных и уточнением более конкретных физико-географических закономерностей. Так, в 1930 г. появилась работа А. А. Григорьева, посвященная программе и методам комплексного исследования территории [7].

В современных условиях необходимо изучение вопросов состояния и происхождения объектов, прогнозирование сложных систем, охватывающих природные комплексы, нахождение закономерностей и проведение исследований, направленных на дальнейшее развитие методики.

Факт взаимодействия методов бесспорен. Одной из существенных черт сравнительного метода в ландшафтоведении является тесное взаимодействие составляющих его частных методов: картографического, количественного и ключей. В ландшафтоведении возможно оценить объективность и глубину анализа морфологической структуры компонентов ландшафта на основе карт, применяя количественные методы на объектах картографирования.

Охарактеризовав отдельные методические приемы и отдельные группы методов, оставили в стороне вопрос их соподчинения, координации и взаимодействия. Многие ученые признали господство в современной географии важнейшего метода – райо-

нирования и типологии, отрицающего значение сравнительного метода [68-70].

В целом можно резюмировать, что разработка рациональных методов оптимальных программ различных видов ландшафтных исследований относится к числу сложных задач. Современный опыт показывает, что при решении задач играют сравнительный, исторический, математический и картографический методы, как правило, взаимодействующие.

Труды Докучаева объединяют не только ученых, но и тех, кто занимался вопросами истории развития географической науки, изучением геоэкологического направления [54-56].

Сущность такого подхода отражена в принципе генетической и относительной однородности Милькова [115-117]. Генерализация должна приводить к созданию обобщенной характеристики картины в целом или обобщенных картографических образов, переходящих к единицам более масштабного ранга. Из-за антропогенного влияния на агроландшафты с целью оптимизации их структуры и функционирования, необходимо проектировать экотоны, так как благодаря их барьерным функциям будет повышаться степень устойчивости [10, 45].

С точки зрения современных ученых геоэкологическая безопасность формирует комплекс мероприятий, содействующий поддержанию экологического баланса на всей территории страны в целом [44].

Развитию эколого-ландшафтного подхода в землеустройстве занимался В. В. Докучаев, отмечая, что основы земледелия, способы обработки почв, должны соответствовать издревле существующим условиям конкретной части страны. Планировалось стабилизировать территорию ландшафтов путем хозяйственной деятельности с учетом ведущейся сельскохозяйственной деятельности и во избежание развития негативных процессов [54-56].

Над изучением эколого-ландшафтного устройства труди-

лись такие ученые, как С. Н. Волков [38, 39], А. А. Варламов [26, 27], А. Н. Каштанов [6, 8, 74-76], В. И. Кирюшин [77-81], М. И. Лопырев [109-113], Ф. Н. Мильков [2, 109, 111-113]..

Ландшафтный подход означает изучение, анализ и раскрытие взаимоотношений компонентов в экосистемах отдельного ландшафта, а также планирование последующей деятельности и эксплуатации с опорой на экологическое состояния конкретной территории [129, 135].

Суть экологического подхода в том, что природный потенциал земли будет использован при сохранении и возобновлении баланса (равновесия) агроландшафта для формирования обстановки воспроизводства потенциала [7, 79, 85125, 182, 183].

Содержание ландшафтного подхода предполагает существование многообразия зональных и природных особенностей региона. Ландшафтный подход выражается в пространственном отображении сельскохозяйственных угодий как природных образований, логическом определении их территориального образования и учете наилучшего экологического устройства ландшафта, намечая оптимальную структуру эксплуатации земель. Любой элемент предполагается как часть слаженного механизма в окружающей природной среде [121, 164].

С точки зрения учений М. И. Лопырева, основой земледелия с учетом естественных систем является согласованное и устойчивое функционирование агроландшафтов. При усиленном их использовании они сохраняют свою эколого-экономическую эффективность [2, 109, 111-113]. Поэтому в настоящее время необходимо закрепить эколого-ландшафтное обустройство как один из важнейших механизмов формирования культурных ландшафтов и их экосистем (рис. 1).

Николаев В. А. применяет термин «агроландшафт», в который включает производную и природную типизацию территории. Изучение агросистем с ландшафтной точки зрения рассматривали ученые В. И. Кирюшин, В. Д. Постолов и др. [78-82, 123, 135-137].

Рис. 1. Процесс структурирования экологически устойчивого агроландшафта при взаимодействии с лесными насаждениями

Разнообразная структура почвы определяет использование большого спектра комплекса методов и подходов. В исследованиях начала XX века появляется идея о систематизации и взаимосвязи природных элементов и компонентов. Основателем комплексного подхода стал В. В. Докучаев в 1951 г. [54-56].

Смысл этого подхода заключается в следующем: любая часть природной среды рассматриваются не изолировано, а системно во взаимной связи и обусловленности с окружающими его системами и явлениями.

Суть сравнительно-географического метода В. В. Докучаева [54-56], как родоначальника генетического почвоведения, состоит в системном рассмотрении почвы с природной средой. Реализация системного подхода в изучении почвы дала принципиальные и приоритетные основы для дальнейшего развития генетико-

почвоведческого направления в ландшафтоведении.

В конце XX века становится актуальной концепция приоритета в общественно-природной структуре экологической составляющей. Идея экологизации учений коснулась и почвоведения, в связи с чем важность приобретает экологический подход в изучении почвенного покрова.

Функции почв описаны в трудах знаменитых отечественных ученых Г. В. Добровольского, Д. С. Никитина и др. Авторами рассмотрены биохимические, окислительно-восстановительные и другие функции почв [52, 53, 122].

Иванов В. Д. отмечает важнейшую экологическую роль, выполняемую почвой в сохранении естественного баланса и жизнедеятельности биогеоценоза [67].

По мнению А. С. Владышевского, создание концепции по оценке почв на основе учета их экологических функций является существенной потребностью ввиду создания и поддержания биологического разнообразия [36].

В результате производственного процесса постепенно изнашиваются полезные свойства, эта особенность распространяется и на почву, но у нее есть способность постепенно восстанавливаться. По словам В. Ф. Валькова, по результатам трудовой деятельности почва должна сохранять свои естественные качества и плодородие [24].

Улучшение качества и биологической продуктивности растений путем внесения микробиологических препаратов для лучшего произрастания сельскохозяйственных культур описаны в трудах С. П. Заманы [61].

Мероприятия по охране почв, в основном, направлены на защиту земель от эрозии и химического загрязнения, однако организация эколого-адаптивных научно обоснованных систем земледелия, будет способствовать воспроизводству и охране почв землепользования [67].

Труды о накоплении знаний функций почв с экологической составляющей публиковались с 70-х годов XX столетия Д. С. Никитиным [122], Г. В. Добровольским [52, 53], Л. О. Карпачевским [73], С. В. Зонном [65, 66, 167], основываясь на идеях В. В. Докучаева [55-57], В. И. Вернадского [28], Б. Б. Полынова [132-135], В. А. Ковды [83, 84] о существенном значении почвы в окружающей среде.

Почва, будучи важнейшим компонентом природной среды, ее основным средством производства, несет значительную экологическую роль.

Благодаря этому необходимо оценивать почвенный покров не только как часть агропромышленного производства, но и как составляющая ландшафта и биосферы с учетом экологических факторов.

Также благодаря географическом анализу и исследовательским свойствам описания отношений, структур и соответствий, и построения математических моделей карты, по мнению П. П. Лебедева, будет раскрыт потенциал тематического картографирования [107].

Естественнонаучную основу оценки состояния агролесоландшафтов составляют биоклиматические и почвенно-экологические данные, с использованием которых формировались природно-сельскохозяйственные зоны, показатели бонитировки почв. По внутриобластным зонам (земельно-оценочным районам) и отдельным почвенным разновидностям создавалась система базисных индексов экономической оценки земель, на основании которой определяются оценочные показатели агропредприятий. Первичным объектом оценки является почва [24].

Необходимо проводить оценку отдельно по орошаемым и немелиорированным землям. Критерием является среднемноголетняя урожайность сельскохозяйственных культур на различных почвах.

В ходе оценки анализировался следующий состав информации: производственно-экономический; почвенный; климатиче-

ский; геоботанический.

При применении пространственного дифференцирования систем земледелия по ландшафтным условиям важнейшее значение имеет адаптация к различным условиям использования сельскохозяйственного производства, формам организации, структуры угодий и способы возделывания. Так на замену зональной системы земледелия приходит адаптивно-ландшафтная организация, включая в себя природные и производственные условия. С географической точки зрения сформированы положения этой теории М. И. Лопыревым, В. А. Николаевым [2, 109, 111-113, 123].

Время процессов, формирующих стабильную структуру географических и почвенных7].

В концепции ландшафтного земледелия изучаются вопросы оптимального вовлечения в агрогеосистемы эколого-морфологических компонентов, чтобы фиксировать существующую экологическую структуру в устойчивом динамическом состоянии. Проектирование агроландшафтов должно выполняться в рациональном соотношении сельскохозяйственных элементов и компонентов, а главное не ухудшать естественный ландшафт.

Необходимо создавать агромелиоративные ландшафты для улучшения среды обитания человека, которые будут соответствовать следующим требованиям: при экологически устойчивых агромелиоративных ландшафтах не должны происходить процессы ухудшения и разрушения почв; социальная и экологическая устойчивость, что говорит о соответствии всех потребностей населения, при которых наблюдается высокая сельскохозяйственная продуктивность.

В каждой природной зоне можно сделать акцент на двух особенностях – климатическое и внутреннее геолого-геоморфологическое строение. Так, территорию ландшафта можно рассмотреть в провинциальной и зональной зависимости. В связи с изменением климатических условий, рельефа и неоднородностью

почв усложняется структура и разнообразие ландшафтов.

Как следствие, геолого-геоморфологическая структура зоны области будет являться фундаментом для дифференцированного подхода и анализу ландшафтной территории.

Возможности геоинформационных технологий при решении вопросов экологического мониторинга и рационального природопользования сельхозугодий дадут стабильные урожаи и будут повышать плодородие почв [91].

Отличие природной зоны как ландшафтной провинции, включающей в себя повсеместное распространение разновидности структуры ландшафта и ареала физико-географического зонирования, лимитированное ландшафтом в районе или области в целом.

Ландшафтное обустройство как технология комплексных мероприятий, направленных на систематизирование теоретических и практических навыков в целях познания пространственно-временной структуры агроландшафтов и взаимосвязи с агроэкопедофациями, играет важную роль и значение в повышении почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в современных условиях роста экономики предприятий.

Система методических подходов это один из приемов рассматриваемых структурных элементов территории с учетом характерных качеств и их взаимосвязи между собой. Разнообразие методических подходов включают использование пространственно-сравнительного подхода. Анализируя объекты, их составные элементы, факторы, комплексы, состояние, образование, определяют схожее и особенное, коллективные характеристики находят соответствие.

Сравнительный подход определяет систему методов, в суть которого входит логический прием проведения параллели, построенной на определении сходства и различия структуры и комплекса различных ландшафтов.

При системном подходе создается модель, включающая це-

лостную структуру процедур построения практических и теоретических схем.

При историческом подходе рассматриваются перемены в комплексе объектов ландшафта или элементов его формирующего.

Картографический подход представляет собой логическое сравнение организации ландшафта, расшифровывается при ландшафтном дешифрировании.

1.1. Исследование направлений обустройства агролесоландшафтов

Историческое прошлое страны позволяет осветить насущные проблемы современного состояния агроландшафтов. В сельском хозяйстве преобладает способ удовлетворения потребностей человека путем потребительского ведения хозяйства, что привело к появлению деградированных угодий, усилению процессов деградации.

Ландшафтный подход в основном ориентирован на получение целостности рассматриваемого объекта, обусловленной взаимоотношениями его составляющих и связями со средой. Любая природная часть входит во всеобъемлющую структуру ландшафта, способна его изменить и самой измениться.

Основополагающим понятием является ландшафт. Общепринятое понятие, предложенное Н. А. Солнцевым, гласит, что он представляет собой одинаковый по происхождению, естественный от природы территориальный комплекс, обладающий схожими геологической базой, одной формой рельефа, климатическими условиями и имеющий уникальные и особенные естественные рубежи [166].

В древних отечественных летописных писаниях были приведены первоначальные сведения о деградации земель на территории Российского государства. В своих исследованиях 1751-

1763 гг. о важности приоритета природных условий в сельском хозяйстве отмечал еще М. В. Ломоносов [108]. И. А. Стебут утверждал, что необходимо вводить особенные системы земледелия в степные засушливые районы [71]. Выдающийся вклад российских ученых в том, что их труды доказывали необходимость введения новых разнообразных методов ведения сельского хозяйства с учетом местных условий и дифференцированной агротехники в системы земледелия.

Во второй половине XVIII, начале XIX века определились основные понятия агролесомелиорации в трудах таких ученых, как А. Т. Болотов [18].

В середине XIX века А. Гроссул-Толстым начались исследования и проработка материалов о географии разрушения почв. В 1773 г. С. В. Друковцев писал: «На горах пахать и делать полосы поперек горы, а вдоль горы не пахать, затем, что сок навозный будет стекать...». В последующем профессор М. И. Афонин возложил фундамент в идею делать на полях «борозды» как меру борьбы с эрозией [9].

В 1837 г. впервые было рекомендовано размещать защитные лесные полосы от неблагоприятных метеорологических условий. В дальнейшем работы А. И. Воейкова, В. В. Докучаева, А. А. Измаильского, К. А. Тимирязева, А. М. Жеребцова, П. В., Янковского и других предусматривали приемы по борьбе от разрушения плодородного слоя почвы путем вспашки поперек склона, строительства лесопосадок, приема закрепления оврагов [37, 46, 54-56, 177, 193].

Советов А. В. и Докучаев ставили основной задачей своих научных работ – разработку систем земледелия, обращая особое внимание на разнообразные природные и агрономические условия России [54-56].

Решение ландшафтно-экологических проблем степного природопользования и сохранение уникальности этих территорий впервые сформированы В. В. Докучаевым в 1892 г. и имеют до сих

пор актуальность. Познание сведений о степях дало дальнейший толчок изучению ландшафтоведения и почвоведения, географии растений [54-56].

В первой половине XIX в. с большим трудом можно было дать конкретное значение понятия «степь». Хан А. Гумбольдт [189] дал определение степи как особому географическому образованию, а Е. Ф. Зябловский, К. И. Арсеньев, К. Ф. Герман, А. Н. Бекетов и С. И. Коржинский конкретизировали особенности свойств степей России, однако объединили степные и пустынные ландшафты и строго не привязывались к почвенным разновидностям [87, 140].

Эпопея изучения теоретических основ степей отражена в трудах таких общеизвестных отечественных учёных, как Л. С. Берг [14], Ф. Н. Мильков [117, 118], Д. М. Лебедев [107], А. А. Чибилёва [44, 182, 183]. Становление географической науки в области познания новых учений о степи в XIX-XX вв. представлено в работах А. Г. Исаченко [68-70].

К концу XIX, в начале XX века знания об устройстве ландшафтов в степной зоне расширялись, в результате стало возможным выделить основные два подхода: геоботанический и географический.

Согласно первому учению, в трудах Лавренко Е. М. (1940 г.) степная территория, это те земли, на которых преобладает степная растительность в своей естественной среде [105]. Это направление было подробно изучено в трудах Г. Н. Высоцкого, С. И. Коржинского [41, 42, 87].

Подготовкой первых агролесомелиоративных карт и исследованием взаимодействия почв и растений занимался Г. Н. Высоцкий. Он же уточнил докучаевское учение в части количества тепла и влаги в почве, как важное обстоятельство в почвообразовании [41, 42].

Швебс Г. И. предложил методологию ландшафтно-контурно-мелиоративных систем земледелия для целей рационального

обустройства территории. Компоненты агроландшафта при формировании территории выстраиваются по средствам стокорегулирующих лесных полос, водосбросов, валов [186].

Бекетов А. Н., Берг Л. С., Краснов А. Н., Танфильев Г. И., Мильков Ф. Н., как основные представители географического подхода, высказывались, что степи – это географическая зона с особыми природными характеристиками. Растительность, почвенные разновидности, резкая изменчивость климата, особенности равнинного рельефа, отсутствие лесов являются отличительной чертой степной зоны [14, 140, 115-117].

Выветривание усугубляется повышенной эрозионной опасностью посевов. С 1900 г. ученые предлагали способы борьбы с выдуванием мелкозема в засушливых районах России. Последующий период исследований эрозии почв, проблемы дефляции и борьба с ней тесно связаны с большим вкладом В. В. Докучаева [54-56].

Знаменитый ученый В. В. Докучаев в своей книге «Наши степи прежде и теперь» отмечал, что степное земледелие на юге страны находится в слабом, обессиленном и аномальном состоянии, его рекомендации предусматривали:

устройство водотоков, плотин, орошение земель и др.;

защита овражной сети во избежание размыва тальвегов и склонов;

формирование агропроизводства в степях, на водораздельных территориях путем защитного формирования водоразделов; облесение песков, применение оросительной техники;

основываясь на почвенно-климатических особенностях, в условиях сельскохозяйственной деятельности установить и выделить оптимальные площади угодий;

систематические агроприемы возделывания почв [54-56].

Благодаря применению комплекса совокупных мер может быть обеспечено рациональное использование ландшафта и его восстановление. В. В. Дою земельных угодий, используя приемы

водно-мелиоративного устройства степной зоны [54-56].

Исследованиями дефляции на целинных землях занимался П. А. Костычев. Результатом его трудов стало выявление причины развития дефляционных процессов и путей предотвращение их путем посадки трав и деревянистой растительности, в результате чего происходит закрепление земельных массивов [88].

В дальнейшем понятие ландшафтного земледелия раскрывает С. Ю. Раунер. Он утверждал, что процессы рационального использования земель возможны путем совокупного отведения площадей между водными объектами и угодьями [142].

Развитие науки в области изучения эрозионных процессов были освещены Д. Л. Армандом [11], И. Д. Брауде [19], В. Р. Вильямсом [29], Г. Н. Высоцким [41, 42], М. Н. Заславским [62], А. С. Козменко [84], В. П. Мосоловым [120], С. И. Сильвестровым [163], Н. И. Сусом [5, 170], С. С. Соболевым [165] и др.

Вильясом В. Р. предложна одна из действующих теорий разрушения почв о хаотичном возделывании склонов. В основе мер, направленных на борьбу с ухудшением почв, он предлагал введение трав разных годов высева в структуру земледелия, благодаря чему снижался риск разрушения верхних слов почвенного покрова [30].

В дальнейшем было определено, что проведение противоэрозионных мероприятий, направленных на предотвращение процессов эрозии, должно строиться с учетом экологических и ландшафтных особенностей определенной территории [8, 178].

Фундаментальные учения в устройстве эродированных земель были опубликованы в трудах А. Н. Каштанова [74-76], М. И. Лопырева [2, 109-112], М. А. Орлова [126], П. С. Трегубова [178], Г. И. Швебса [186], Е. В. Полуэктова, В. Д. Иванова [4, 67] и др.

Зарубежные ученые привнесли весомый вклад в познании борьбы с разрушающими процессами почв и предотвращения от них [114, 118, 185-189]. Географ из Германии К. Троль является

основоположником ландшафтно-экологического дешифрирования снимков из космоса.

В России ведущим ученым в ландшафтной экологии стал Б. В. Виноградов [30-35]. Его взгляд на геоэкологическое картографирование проецируется в вертикальной, горизонтальной и временной интеграции элементов экосистемы, что является фундаментом для агролесомелиоративного картографирования.

На современном этапе устройства территории на эрозионно-опасных землях нужно учитывать характерные природно-хозяйственные особенности различных регионов России. Факторы, влияющие на развитие деградации, должны предусматривать систему земледельческих, лесоводческих и гидротехнических мероприятий. Поэтому применение таких лесомелиоративных мероприятий стало необходимым для создания эколого-устойчивых агроландшафтов, оптимизации ветрового режима и снегозадержания; уменьшения поверхностного стока; повышения влагообеспеченности почвы; улучшения микроклимата; предотвращения эрозионных процессов, дефляции [124].

Благодаря взаимосвязи элементов агроландшафта и лесных насаждений создаются особенные живые системные совокупности взаимодействующих компонентов окружающей среды.

Лесомелиоративное насаждение – сложная система, которая несет в себе важную роль биоценоза, решает большой спектр задач.

Лесомелиоративное обустройство в России составляет 5,2 млн га лесных площадей, которые высаживались на сельхозземлях, из них 1,2 млн га полезащитные лесные полосы.

Лесные насаждения имеют отличительные ландшафтно-стабилизирующие способности, они выполняют роль экологического каркаса территории. Агролесоландшафт, как мелиоративный комплекс вместе с исторически сложившимся ландшафтом, является максимально эффективным и устойчивым [3, 5, 6, 9, 13, 128].

Осуществление агролесомелиоративных мероприятий про-

водится в процессе реализации проектов землеустроительного проектирования. Реализация программ по развитию защитного лесоразведения и строительство лесных насаждений, лесных полос возможно только в соответствии с организационнотехническими, гидротехническими, гидромелиоративными ландшафтными принципами [184].

Агролесомелиоративная наука определяет системность взаимного функционирования лесных насаждений в ландшафте, ограниченном естественными рубежами. Важнейшие элементы, формирующие агролесомелиоративный компонент ландшафтной системы, представляют собой защитные лесные насаждения в границах сельскохозяйственных угодий, расположенных в ландшафтном комплексе закономерно повторяющихся урочищ.

Основные методы анализа и мониторинга обустройства агролесоландшафтов, оценки и картографирования нарушенных территорий в агроландшафтах с помощью аэрокосмических снимков в агролесомелиорации отражены в работах А. В. Альбенского [9], Б. В. Виноградова [30-35], Е. П. Данюлиса [51], Е. С. Павловского [10, 128], М. А. Орлова [126], В. И. Петрова [130], В. М. Кретинина [91], К. Н. Кулика [93-134], А. С. Рулева [145-147], Н. И. Суса [5, 170], В. Г. Юферева [190, 191].

1.2. Применение геоинформационных систем для изучения и оценки агролесоландшафтов

Научное обоснование теоретических знаний о состоянии и динамике изменения агролесоландшафтов формируется на применении результатов дешифрирования информации дистанционного зондирования поверхности земли. Отражение света агролесоландшафтными объектами, соотношение отраженного спектра с реальным представлением данного объекта, формирование реестра фотоэталонов, исследование диапазона отраженного света, являются

основными принципами изучения агролесоландшафтов [4, 69].

В современных условиях технологического прогресса в изучении агролесомелиоративной организации ландшафтов первостепенное место занимает картографическое геоинформационное обеспечение.

Изучение агролесоландшафтов опирается на геоинформационные технологии с использованием данных дистанционного зондирования и основывается на результатах геоморфологических, геоботанических и почвенных изысканий.

Фундамент методики исследований агролесоландшафтов заложили К. Н. Кулик [93-104], А. С. Рулев [145-147], А. С. Козьменко [84], А. Т. Барабанов [13, 164], В. Г. Юферев [190, 191], А. С. Манаенков [113] и др.

Геоинформационные технологии решают и реализуют сложные задачи по моделированию ландшафтов, таких как привязка объектов на карте и местности; определение площади и линейных размеров элементов ландшафта, сельскохозяйственных угодий; создание трехмерных моделей рельефа местности и т. д.

Информация, полученная космической цифровой съемкой, является территориально всеобъемлющей, современной, актуальной и востребованной, имеет информационную базу, потенциал которой обеспечивает регулярной мониторинг необходимых объектов исследований.

Геоинформационная система (ГИС) – информационная система организации данных, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, визуальное изображение и распределение информации, а также получение новой информации об изучаемых объектах и явлениях [16, 17, 90].

Чтобы оценить агролесоландшафты, необходима пространственная привязка информации. Это возможно благодаря геоинформационным системам. Для реализации проблем изучения агролесоландшафтов применяются дистанционные методы. Геоин-

формационная система представляет собой такую программно-аппаратную совокупность, основой которой являются цифровые тематические карты совместно с базами данных, а также условия и приборы, обеспечивающие функционирование этой системы.

Применение геоинформационных способов мониторинга и анализа для оценки агролесоландшафтов предполагает решение задач с высокой точностью при организации высокопродуктивных агроландшафтов.

В работах А. М. Берлянта отмечается, что в картах отражается пространственно-временная информация, которая базируется на результатах дистанционного зондирования, благодаря которым возможен анализ географических связей и моделирование геосистем [16, 17].

Информация, получаемая при помощи космического и авиационного съемочного оборудования, используется для дистанционной оценки агролесоландшафтов. Для целей агролесомелиоративного картографирования и анализа уровня деградации сельскохозяйственных угодий применяются аэро- и космоснимки высокого разрешения. Наиболее приемлема для анализа дистанционная съемка агролесоландшафта в узких диапазонах спектра видимого излучения.

Главным ресурсом данных о ландшафтах и их состоянии являются оптические и радарные снимки Земли.

В геоинформационной системе картографические построения предопределяют ведущую позицию для визуализации информации. Графическая система в результате отождествляет исходные данные в виде цифровых слоев карт. Использование геоинформационных технологий в картографировании ландшафтов основывается на формировании картографических слоев, отражающих основные компоненты агролесоландшафта рассматриваемого участка. Геоинформационная оценка агролесоландшафтов отличается тем, что в основе анализа предполагаются не полевые

изыскания, а камеральные компьютерные работы [17].

Важнейшая методология полевого эталонирования отражена Б. В. Виноградовым [30-35], а технология картографирования с применением комбинированного эталонирования и дешифрирования изображений детально изучена и применена в работах К. Н. Кулика [92-103]. Методика предполагает в основе полевые исследования тестовых полигонов (эталонирование), и компьютерное дешифрировании ландшафтов (экстраполяция).

В научных исследованиях Б. В. Виноградова [31-36], К. Н. Кулика [93-104], А. С. Рулева [145-147] и др. отражены современные агролесоландшафтные методики создания карт. Сбор пространственно-координированных данных, их хранение, преобразование, оптимизация агроландшафтов представляют облик электронных карт, отражающих элементы рельефа, почвенных разновидностей, растительного разнообразия в границах водосбора. В результате создаются растровые изображения с высокой точностью на основе снимков спутника WorldView-3.

Цифровые модели агролесоландшафтов – это сочетание компьютерных данных, характеризующих цифровую графику и атрибутивные данные, выраженные по основам картографии.

Компоненты агролесоландшафта определяются признаками, соответствующими графической информации. Цифровая модель агролесоландшафта состоит из следующих разделов: топологическая, геометрическая и атрибутивная.

Применение геоинформационной оценки при анализе агролесоландшафтов основывается на дешифрировании с оцифровкой растровых изображений. Оцифрованные картографические основы с привязанными координатами отражает топографическую основу.

Посредством агролесомелиоративной геоинформационной системы выполняют оценку и изучение существенных компонентов агролесоландшафтов, предполагают ландшафтное планирование для научно-исследовательских работ.

Характерной чертой растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность в зависимости от различных длин волн. Наблюдается тесная зависимость между отражением оптического излучения в красном и ближнем инфракрасном диапазонах и густотой надземной биомассы. На значения спектральных коэффициентов отражения существенное влияние оказывают множество факторов, такие как почвенные разности, условия освещения и т. д. [149].

В 1973 г. B. J. Rouse впервые был описан количественный показатель количества фитомассы. Вегетационный индекс, подразумевается именно NDVI, нормализованный разностный индекс растительности [198], сформирован на сопричастности отражения в красной и ближней инфракрасной спектральных зонах. Следовательно, плотность растительного покрова устанавливается отношением разности показателей отражения в ближней инфракрасной и красной областях спектра к сумме этих коэффициентов. Его значения изменяются в интервале от –1 до +1 [51, 195, 196, 198, 199].

Спектральные индексы считаются информативными для выделения и разграничения растительного покрова ландшафтов. Оценка и динамика вегетационного индекса обширно используется при решении поставленных задач сельского и лесного хозяйства с целью своевременного извлечения достоверных сведений на масштабных территориях со строгой периодичностью повторной съемки.

Зависимость между компонентами агролесоландшафта и NDVI, как правило, не может быть четко установлена, так как зависит от особенностей исследуемой территории, ее климатических и экологических составляющих, вызывает необходимость пространственно-временной оценки исследуемой характеристики и ответной реакции NDVI [119].

Развитие космической отрасли и усовершенствование знаний о мониторинге продуктивности посевов, продвижение под-

ходов по оценке растительного покрова ландшафтов, урожайности, является актуальной задачей, которую получают по результатам геоинформационного анализа данных и дистанционного зондирования Земли [149].

Суммируя изложенное, можно резюмировать, что знания о ландшафтах, их состоянии и продуктивности по снимкам Земли, основанные на применении спутниковых данных и дистанционного зондирования территории, активно развиваются и усовершенствуются, появляется новая информация, разрабатываются новые методы оценки и обработки сведений, растет точность получаемых данных.

Мировая практика по использованию спутниковой информации для оценки земель, не позволяет в настоящее время применить общую методологию для анализа их состояния и продуктивности сельскохозяйственных культур без учета особенностей каждого конкретного агролесоландшафта и совершенствования подходов. Вследствие этого геоинформационные исследования агролесоландшафтов с использованием данных дистанционного зондирования, а также моделирование и прогноз их изменения для сухостепной зоны являются актуальным направлением научных исследований.

2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ОБУСТРОЙСТВА И СОСТОЯНИЯ АГРОЛЕСОЛАНДШАФТОВ

Методология исследования геоинформационной оценки обустройства и состояния агролесоландшафтов определена выбором ландшафтно-динамического подхода. Ландшафтный подход соответствует задаче комплексного анализа и оценки существующего фонового (природного) состояния геосистемы, также и их антропогенные трансформации [1]. Суть ландшафтного подхода заключается в оценке территории как совокупности существующих природно-территориальных комплексов. Он включает анализ ландшафтной структуры, ее динамику, оценку устойчивости и развития природных комплексов. Методика геоинформационной оценки на основе ландшафтного подхода включает составление комплекса тематических карт, обеспечивающих анализ территории на основе дифференциации по компонентам ландшафта. При картографировании в геоинформационной среде выявляются пространственные уровни агроландшафтов, создается пространственная база для оценки ландшафтных условий и имеющихся ресурсов и существующего природно-экологического каркаса территории. Динамический подход определяет изучение изменений агролесоландшафтов во времени по определенным закономерностям. При этом изучается воздействие различных факторов на ландшафты, прогнозирование направленности и скорости процессов в агролесоландшафтах. При исследованиях динамики агролесоландшафтов выделяют пространственное изменение их границ. Необходимо учитывать уровень динамики геосистем. Агро-

лесоландшафты бывают слабо реагирующие на изменения внешних факторов – малодинамичные (литология, макрорельеф) и сильно реагирующие – динамичные, (растительный покров).

Взаимодействие между структурными составляющими ландшафтов, которое идет в условиях пространственной дифференциации факторов, приводящих к изменениям (например, радиационный поток тепла на северных и южных экспозициях склонов), можно определить как структурную динамику.

Первоочередной задачей программы исследований является выполнение теоретического обоснования методологии геоинформационной оценки обустройства агролесоландшафтов сухостепной зоны Среднего Дона.

Следующий этап – выбор тестовых полигонов и участков для проведения детальных изысканий.

Далее осуществляется ландшафтный анализ территории исследований сухостепной зоны Среднего Дона, проводятся камеральные исследования состояния ландшафтов исследуемой территории.

После сбора и обобщения сведений создается обзорная космокарта региона исследований, размещаются намеченные тестовые полигоны. После чего составляются космокарты выбранных тестовых участков.

Для того чтобы установить состояние исследуемых агролесоландшафтов и охарактеризовать обустройство территории необходимо осуществить дешифрирование и геоинформационный анализ космоснимков тестовых полигонов. Для этого подготавливаются картографические слои локальной геоинформационной системы по компонентам агролесоландшафтов сухостепной зоны Среднего Дона. Проводится геоинформационный анализ, по которому устанавливается вид и уровни деградации объектов агролесоландшафта вместе с динамикой ее распространения.

Реализация следующего этапа программы исследований со-

стоит в разработке карты пространственного распределения зон деградации лесных насаждений и пашни на тестовых участках, определяются численные значения характеристик.

Следующий этап программы исследований состоит в выявлении закономерностей изменения урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от удаления от защитных лесных насаждений по индексам NDVI.

Этап анализа ландшафтно-экологических факторов и деградационных процессов дает возможность обосновать методику использования геоинформационных технологий для оценки деградации, сохранности защитных лесомелиоративных насаждений, выполнить типизацию зон по степени напряженности эколого-хозяйственного состояния и провести зонирование однотипных территорий.

В качестве объектов исследований по левобережью реки Дон были выбраны два тестовых полигона с особыми почвенно-климатическими условиями, расположенными в одной зоне, согласно агроландшафтного зонирования территории Волгоградской обл. Целью исследования тестовых полигонов являлось определение современного состояния, сохранности и уровня деградации лесных массивов и лесных полос, пашни и сельскохозяйственных угодий в целом (рис. 2).

Изучаемые полигоны представляют собою типичный для исследуемого региона ландшафт по физико-географическим условиям, почвам, растительности, рельефу, уровню антропогенного влияния, использованию природных ресурсов для ведения хозяйственной деятельности. Они анализируются с целью исследования их состояния, проверки новейших агролесомелиоративных технологий, а также для организации управления эколого-экономической эффективностью защитного лесоразведения [10, 190].

В реализации вопросов в области агролесомелиоративного обустройства ландшафтов широко используются геоинформацион-

ные системы. Для оценки факторов, оказывающих влияние на формирование современных агролесоландшафтов, определения состояния агролесоландшафтов, уровня деградации сельскохозяйственных угодий и сохранности лесных насаждений, применялись методы геоинформационного анализа аэрокосмических снимков.

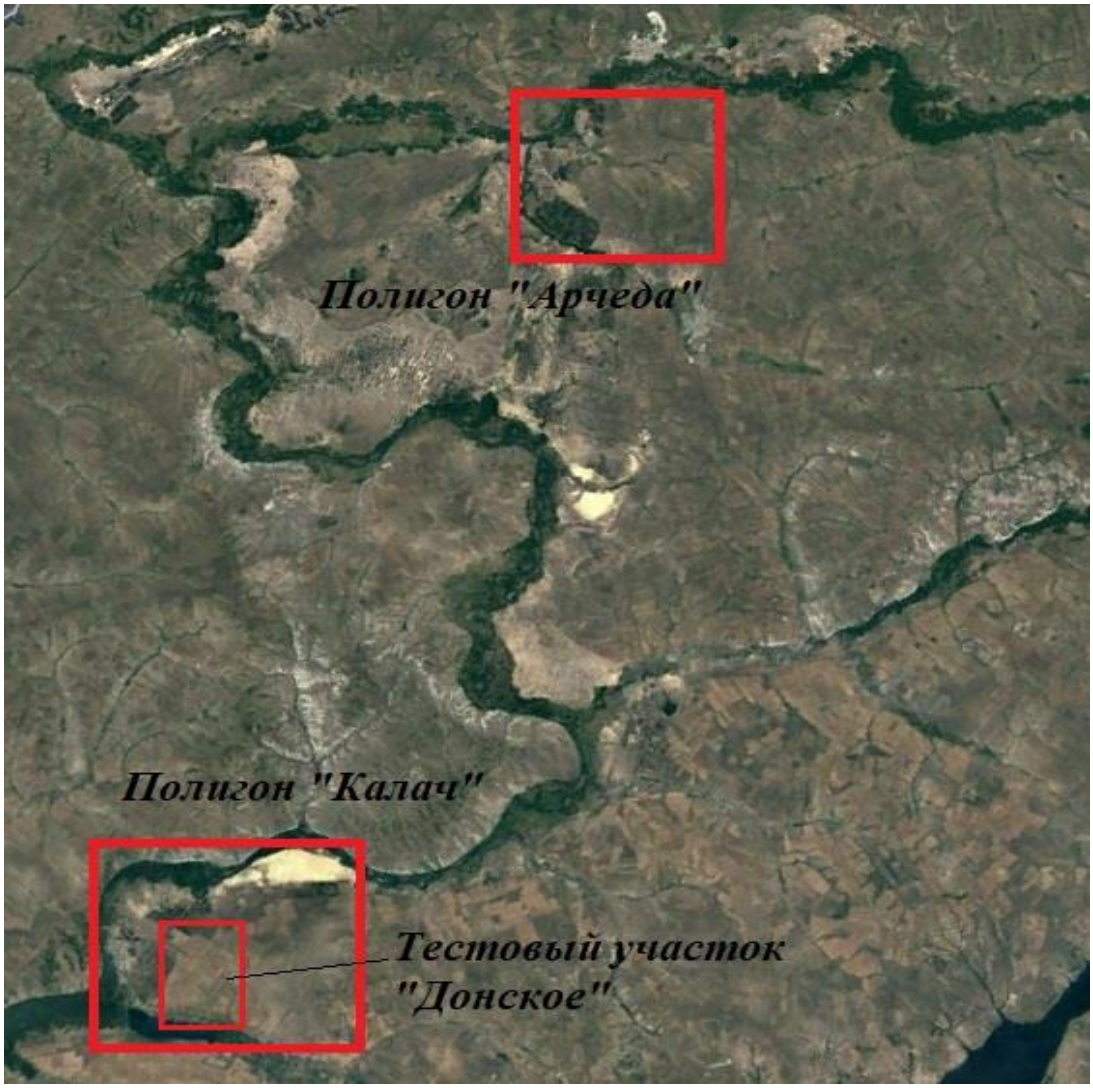


Рис. 2. Космоснимок расположения полигонов исследований

Оценка обустройства и состояния агролесоландшафтов проводится с использованием методов аэрокосмических исследований, дешифрирования космоснимков с выделением компонентов ландшафта, полевого эталонирования, при этом появляется возможность разработать систему мероприятий по сохранению био-

логического каркаса и предотвращения деградации лесных насаждений. Результаты аэрокосмосъемки, предоставляемые в цифровом формате, более удобны для использования в геоинформационных системах [151]. Оценка агролесоландшафтов основана на результатах дешифрирования космоснимков. Визуальное дешифрирование отражает непосредственные дешифровочные свойства объектов, отображаемых на космоснимках. К прямым признакам относят цвет, тон, изображение, структуру, состав, которые отчетливо распознаются на снимках. Под непрямыми (косвенными) признаками подразумевается дешифрирование исследуемого объекта по взаимосвязи с иным предметом, распознаваемом на изображении по прямым дешифровочным признакам [103, 194].

Характерной чертой геоинформационных систем является пространственный характер данных, дающий возможность исследовать как агролесоландшафт, так и его компоненты. Изучение изображения ландшафтов дает возможность создать космокарты, на базе которых с применением геоинформационных технологий разрабатываются цифровые геоинформационные слои состояния агролесоландшафтов [67]. Применение геоинформационных систем с целью рассмотрения и анализа агролесоландшафтов предоставляет возможность с высокой вероятностью дать оценку связи предметов исследуемой территории, их расположения, уточнить обстановку на полигонах и регионе исследования, разработать предложения и рекомендации производству и получить достоверные результаты.

Применение геоинформационного картографирования и анализа цифровой модели рельефа дает возможность установить геоморфологические данные, разработать картографические слои, отображающие пространственное распределение крутизны склонов, уклонов, экспозиций и др. Геоинформационный анализ состояния рельефа был осуществлен по цифровой модели местности SRTM 3 [103, 200].

Одной из возможностей геоинформационных систем является цифровое моделирование ландшафтных процессов. Моделирование ориентировано на получение дополнительных данных, функциональных зависимостей, или электронных таблиц, используемых для создания аналитических карт. Концепция агролесомелиоративного компьютерного моделирования представлена в трудах К. Н. Кулика, Н. С. Рулева и др. [43, 93, 96-99, 101, 103, 147].

Методы разработки тематических картографических моделей отличаются для конкретных компонентов агроландшафта, например, для пахотных угодий ведущим является плодородие, обуславливаемое типом почвы, количеством органических и минеральных веществ, содержащихся в ней, а для лесных насаждений важны сохранность и состояние древостоя.

Методика геоинформационного картографирования для определения обустройства и состояния агролесоландшафов заключается в следующем: на основе использования геоинформационных программных комплексов создается пространственная база данных и локальная геоинформационная система, включающая растровые, векторные, атрибутивные данные по исследуемому полигону.

В локальной ГИС разрабатываются слои

- обзорная растровая космокарта региона исследований;
- почвенная карта;
- карта рельефа;
- карта диапазонов высот;
- карта крутизны склонов;
- карта уклонов склонов;
- карта экспозиции склонов;
- карта растительности и пахотных угодий.

На основании анализа слоев проводится выделение зон, близких по геоморфологическим, климатическим почвенным или

другим условиям. При этом определяется влияние существующих условий на величину и виды деградации ландшафтов.

Обзорная карта применяется для географической оценки распределения ландшафтных зон и построения соответствующих векторных карт.

Для анализа изменения состояния ландшафтов в базу пространственных данных вводятся растровые, векторные и атрибутивные данные, включая архивные и актуальные разновременные аэрокосмоснимки. Определение изменения состояния ландшафтов проводится с учетом особенностей их функционирования.

Методика оценки деградации древесно-кустарниковой растительности обоснована в трудах Б. В. Виноградова [30-35], К. Н. Кулика [93-103], А. С. Рулева [100, 143-145], В. Г. Юферева [190, 191], В. И. Петрова [130].

Методика картографирования агроландшафтов осуществляется на следующих этапах: 1) дешифрирование аэрокосмоснимков; 2) полевое эталонирование; 3) экстраполяция дешифровочных признаков; 4) полевой контроль; 5) повторное дешифрирование и реализация полученных данных в картографическом материале [58, 145, 147].

Полевое эталонирование ведется в репрезентативных местах (тестовых участках) агролесоландшафтов, где устанавливаются соответствия между компонентами ландшафта на космоснимках и в натуре, формируются дешифровочные признаки растительности и почвенных разновидностей [145].

Условная область тестового участка составляет до 25 % от исследуемого полигона. На этих участках изучаются отличительные особенности отображения ландшафтных компонентов на космоснимках. Главным способом подобного изучения считается установление оптических данных растительности и почв при различных внешних условиях.

При полевом эталонировании проводят выявление дешиф-

ровочных признаков, визуальное сравнение формы и структуры объекта. Вследствие этого для эталонируемого объекта получают статистическое распределение свойств, а для свойств – статистическое разделение его качеств.

Геоинформационные картографические слои оценки агролесоландшафтов разрабатываются с учетом рекомендованной Б. В. Виноградовым [30-35] четырехуровневой шкалой экологического состояния "Норма", "Риск", "Кризис" и "Бедствие".

Таким образом, если основные свойства компонентов агролесоландшафта отличаются, то их нарушенность подразделяется дифференцированно для лесных насаждений, почв, пашни и пастбищ с выделением четырех основных зон для любого компонента соответственно уровню деградации.

Эталонирование проводится на участках с разными уровнями деградации "Норма", "Риск", "Кризис" и "Бедствие". Выявление соответствия характеристик деградации выполняет обследование объектов на контрольных участках.

По результатам полевого эталонирования формируется банк фотоэталонов компонентов агролесоландшафта, отображающий их главные свойства, которые используются для дешифрирования космоснимков и четкой идентификации объектов агролесоландшафта.

Для картографирования состояния агролесоландшафтов необходимо установить имеющиеся уровни их деградации. Статистический анализ является инструментом, позволяющим оценить достоверность определения характеристик компонентов ландшафтов.

Полезащитные лесные насаждения считаются биологическим каркасом агроландшафтов, так как обеспечивают его безопасность, устойчивость к негативным естественным и антропогенным воздействиям, поэтому необходимо определение их состояния.

Технология геоинформационного картографирования сохранности лесных насаждений по космоснимкам базируется на оценке соответствия выбранного объекта с эталоном.

Использование космоснимков дает возможность провести оценку сохранности растительности.

Проективное покрытие проекциями надземных частей растений подстилающей поверхности оказывает большое влияние на значение фототона изображения. Проективное покрытие местности можно установить согласно величине фототона [129].

$$S_{ПП} = 100/1 + \exp(A + BF), \quad (1)$$

где $S_{ПП}$ – площади проективного покрытия (%), F – текущее состояние фототона по космофотоснимку, A, B – коэффициенты, показывающие влияние типа почвы на величину фототона, они необходимы для дешифрирования состояния растительности [129].

По результатам дешифрования космоснимка устанавливается уровень деградации растительности и разрабатывается соответствующая карта.

С целью определения современного состояния лесных насаждений по результатам дешифрирования космоснимка выделяется контур территории, занимаемый насаждениями, полог древостоя в кулисах (рис. 3).

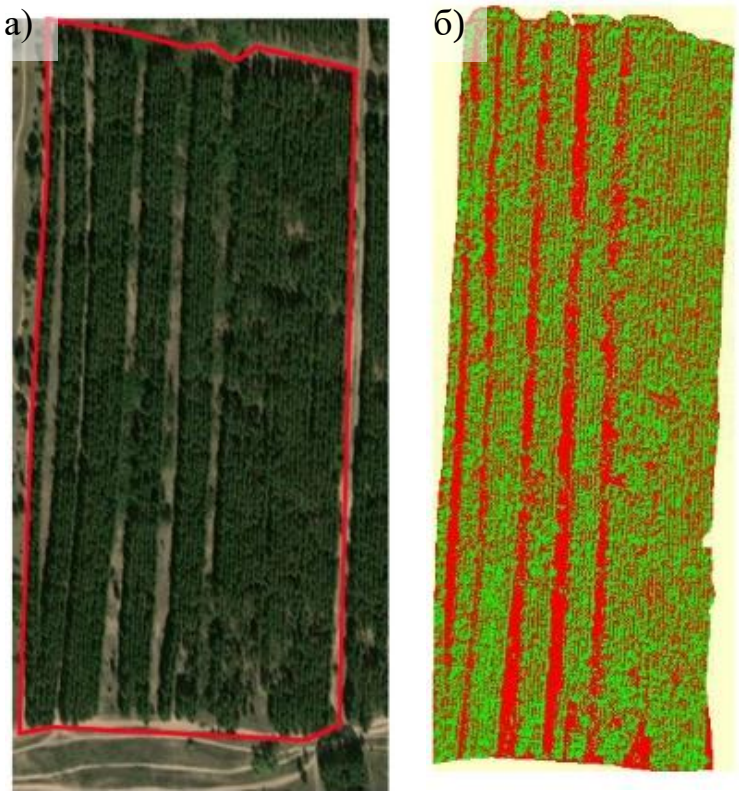


Рис. 3. Космоснимок лесного насаждения (а) и соотношение его полога к общей площади насаждения (б)

Выявить искусственные лесные насаждения на оцифрованном изображении можно по постоянным рядам деревьев в массивах либо кулисах.

Оценка состояния пашни проводится на основе оценки содержания гумуса в почве. Мощность гумусового горизонта пашни отображается заметной переменой величины фототона на изображении, величина которого зависит от содержания гумуса (рис. 4, 5). Такая зависимость обладает определенными показателями, соответствующими содержанию гумуса [129].

Рис. 4. Космоснимок участка пашни (1 – темный тон (каштановые почвы), 2 – светлый тон (частично эродированные почвы, деградированные, смытые участки)

Геоинформационный анализ обустройства агролесоландшафтов предоставляет возможность установить очаги деграда-

ции, рекомендовать мероприятия по их ликвидации, или внедрить особый порядок их использования.

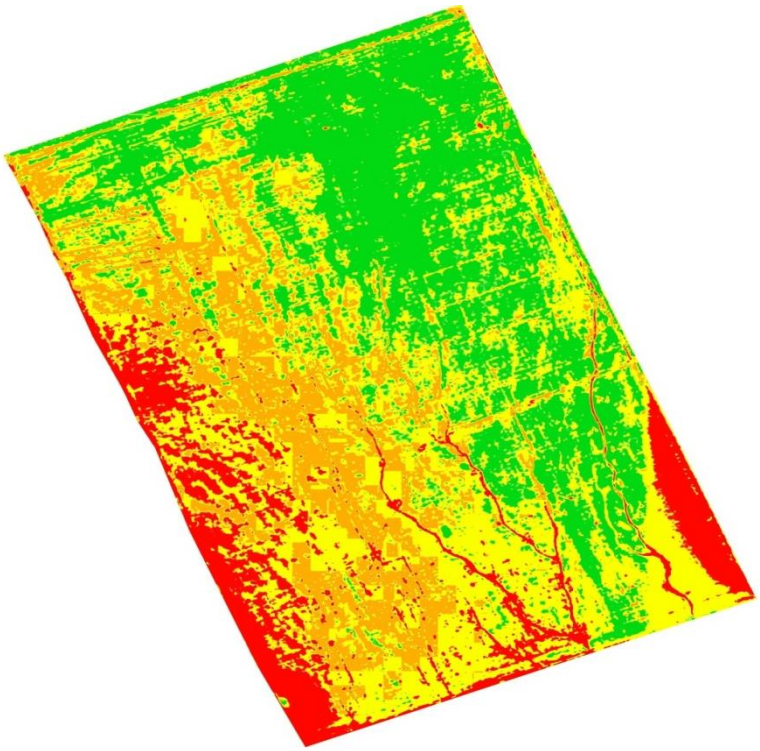


Рис. 5. Состояние пашни по уровню эрозионной деградации:
«Норма»
«Риск»
«Кризис»
«Бедствие»

Этапы построения карты динамики растительного покрова:

формирование первичных данных;

вычисление значений NDVI по исходным данным;

построение растрового изображения пространственного размещения NDVI;

классификация растровых изображений по значениям NDVI;

формирование растровых карт состояния растительности;

разработка карт динамики растительного покрова.

В результате исследований создаются карты актуального растительного покрова, которые позволяют оценить современное состояние и прогнозировать динамические процессы дальнейшего развития. На основе корреляционно-регрессионного анализа могут быть получены математические прогнозно-динамические модели динамики состояния агроландшафтов исследуемого региона.

Анализ сельскохозяйственных угодий можно проводить по значениям спектральных растительных индексов. В исследовании

используется NDVI – простой количественный показатель состояния фотосинтезирующей фитомассы [196-198].

Расчет осуществляется по формуле:

$$NDVI = (NIR – RED)/(NIR + RED), \quad (2)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра, RED – отражение в красной области спектра.

Для получения значений NDVI по космоснимкам применяют 4 и 8 спектральный канал спутника Sentinel 2, 5 и 4 спектральный канал спутника Landsat 8, или 4 и 3 спектральный канал спутников Landsat 5, 7 после радиометрической калибровки и корректировки погодных искажений. Эти каналы соответствуют красному и ближнему инфракрасному спектрам с разрешением 10 м для Sentinel 2 и 30 м для спутников Landsat. В исследованиях пространственных объектов с линейными размерами более 500 м применяются 16-дневные композиты MODIS с разрешением 250 м [196].

Вычисление индекса базируется на особенности отражения энергии поверхностью растений. Хлорофилл максимально поглощает излучение в красном диапазоне (600-700 нм), в инфракрасной сфере (700-1000 нм) находится спектр максимального отражения клеток листа. В этом случае имеется сопряженный с состоянием растительности фотосинтетический потенциал. Применение NDVI дает возможность выделить растительность и осуществить ее исследование без влияния других объектов. Значения NDVI менее нулевой отметки соответствуют антропогенным объектам (пути транспорта, здания, строения и др.), а также почве, облачности и водным объектам.

Геоинформационный анализ пространственного распределения индекса NDVI проводится в программе QGIS с помощью инструмента «калькулятор растров». Чтобы произвести анализ значений NDVI необходимо преобразование данных в векторный формат. Для этого создается векторная граница для выделения растровых данных, содержащих NDVI, и регулярная сетка. При

этом необходимо точно совместить геометрию сетки с геометрией растрового канала. Сложность состоит в том, что отображение сетки со стороной квадрата 10-30 м, а также ее перемещение затруднительно даже в масштабах одного поля, так как требует больших вычислительных мощностей. В связи с этим создается слой сетки со стороной квадрата 500 м и далее проводится визуальное совмещение геометрии векторного слоя и растрового. После совмещения, используя оверлейные операции векторной обработки данных, проводится обрезка слоя с 10-метровой сеткой на основе совмещенной 500-метровой сетки. Таким образом, геометрия сетки подстраивается под растр для дальнейшей работы. Перевод растрового слоя с NDVI в векторный формат осуществляется с помощью инструментов преобразования «растр в вектор». Необходимо отметить, что перевод значений производится с точностью до целого числа, поэтому для более четкого разграничения значений NDVI, растровый слой умножается на 10/100/1000. Далее полученный векторный слой обрезается по слою 10-метровой сетки. Полученные атрибуты векторного слоя делятся на заранее рассчитанное значение. Все необходимые данные в динамике объединяются с разных источников с помощью функции «пересечение».

Для изучения зависимости изменения значений индекса NDVI при удалении от лесных полос вычисляется ближайшее расстояние от ячейки со значением NDVI до лесополосы (рис. 6). Этот процесс проводится с помощью модуля QGIS «NNJoin», при помощи которого определяют кратчайшее расстояние между элементами векторной графики. Элементы геостатистики вычисляются с помощью функций «калькулятор полей», а также функций анализа векторов. Поэтому переход от растрового вида графики (космоснимок, значения NDVI) к векторной принципиально необходим.

Используя регулярные космоснимки объекта лесомелиорации, данные мониторинга, возможно отследить динамику про-

цессов деградации агролесоландшафтов. Для изучения ландшафтов используются высокотехнологические устройства с применением цифровых и сканерных систем, действующие в оптическом диапазоне, обеспечивающие сверхвысокое разрешение, детальность и геометрическую точность.

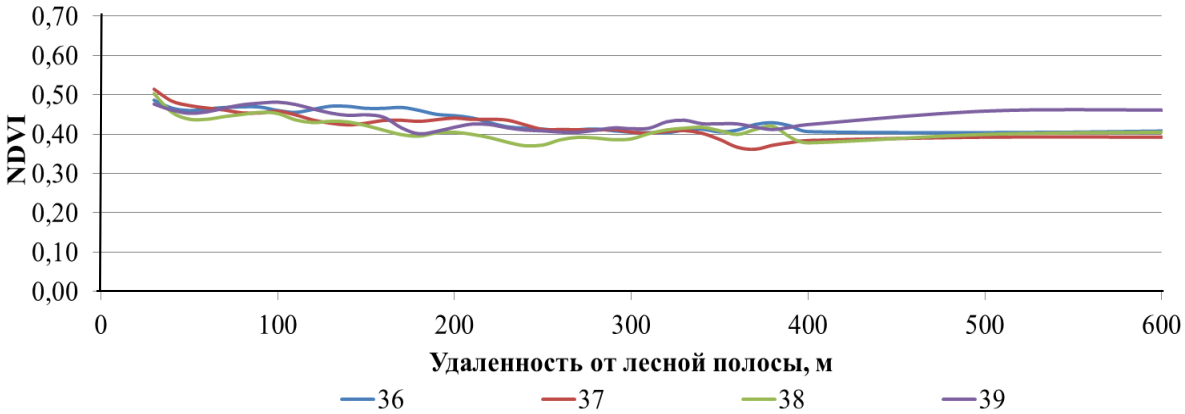


Рис. 6. Соотношение значений NDVI на поле по мере удаления от лесной полосы

Таким образом, методика использования геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли для анализа и картографирования процессов деградации агролесоландшафтов, оценки изменения влияния лесных насаждений на урожайность сельскохозяйственных культур с использованием индекса NDVI, основанная на разработанных ранее аэрокосмических методах, дает возможность осуществить комплексную оценку состояния агролесоландшафтов в сухостепной зоне России.

3. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И АНАЛИЗ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО ОБУСТРОЙСТВА АГРОЛАНДШАФТОВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ДОНА

Исследуемый регион относится к Восточно-Европейской равнине и располагается в степной зоне на юге Приволжской возвышенности, в западной части Волгоградской обл. и в долине реки Дон. В этот регион входят следующие агроландшафтные районы междуречные эрозионно-денудационные возвышенные и низменные равнины (Волго-Донское междуречье) и песчаные, пойменные аккумулятивные равнины.

В геологическом строении принимают участие четвертичные верхнемеловые отложения. Четвертичные отложения представлены осадками поймы, второй и третей надпойменных террас реки Дон и выполняют среднечетвертичный эрозионный врез в меловых образованиях в районе х. Камыши. В разрезе аллювиальных террас в верхней части преобладают мелкозернистые кварцевые пески, местами глинистые с прослоями глины. Исследуемая территория по геологическому строению представлена аллювиальными верхнечетвертичными отложениями, такими как супеси, суглинки и пески в глубину до 10,0 м, которые преобразованы в почвенный слой до 0,3 м.

По природно-сельскохозяйственному районированию исследуемая территория отнесена к сухостепной зоне, Манычско-Донской провинции южного каштаново-солонцового района, с высокой обеспеченностью теплом, сильно засушливому, с пониженной биологической продуктивностью [12].

3.1. Геоморфологические и почвенные условия

Согласно геоморфологическому районированию Волгоградской обл., территория хозяйства расположена в аккумулятивно-денудационной юго-западной оконечности Приволжской возвышенности с переходом ее в Ергени. Эту территорию в плиоцене в полном объеме занимали ергенинские отложения, после чего в четвертичном периоде претерпела денудацию. Водоразделы сформированы Ергенинскими песками, представленные слабовыпуклой формой, постепенно переходящей в склоны долин.

Район расположен на Русской платформе юго-восточной части, состоящей из осадочного чехла глубиной 3,0-4,5 км и кристаллического фундамента такой же глубины. Фундамент из гранита, гнейса, кристаллических сланцев. Чехол из горных пород разной мощности и состава. На поверхности лежат горные породы мелового периода мезозойской эры, палеогенового, неогенового и четвертичного периода кайнозойской эры. Самые распространенные в районе горные породы последней эры, представленные песками, глинами, покровными суглинками, сформированные в континентальных условиях. Рельеф территории равнинный, осложнен мелкими балочными понижениями. Абсолютные отметки поверхности от 43,2 до 93,6 м в Балтийской системе высот [12].

Рельеф района ассиметричен: крутые восточные склоны Донской гряды высотой 70-140 м и пологие западные склоны Приволжской и Ергенинской возвышенностей, между которыми расположилась Донская равнина. Склоны усеяны оврагами, густотой от 1500 до 2500 м/км^2. Длина овражно-балочной сети склонов Приволжской возвышенности и Ергеней менее 1000 м/км^2.

В геоморфологическом отношении территория поселения расположена в долине реки Дон в пределах расположения Голубинских песков.

Рельеф полигона исследований довольно разнообразен, в

основном плоскоравнинный, осложнен мелкими балочными понижениями. Абсолютные отметки поверхности от 43,2 до 93,6 м в Балтийской системе высот. Юго-западный склон представляет собой пологий склон, поверхность которого всхолмлена. Западная часть имеет бугристую поверхность. Северная, восточная и юго-восточная части характеризуются изрезанностью, балками. Балки древние. Склоны в большинстве случаев пологие, местами встречаются обрывистые. Микрорельеф представлен холмами и бугорками [120, 142].

Региону исследований присуще зона каштановых почв. По берегам Дона находится лугово-каштановые почвы с богатым травостоем и темной окраской поверхности, мощностью 40-45 см с естественным плодородием, гумусом 3,0-4,5 %, с уровнем pH = 7. Почвы в северной части района и территории у Цимлянского водохранилища и Волго-Донского канала каштановые и каштаново-солонцеватые с количеством солонцов 10-15 % и гумуса 2,0-2,8 %. Светлый оттенок почв с 5 % содержанием Na. На западе находятся светло-каштановые почвы с мощностью гумусового горизонта 8-2 %, с солонцами 20-25 % [140].

Гранулометрический состав всех подтипов почв района глинистый и тяжелосуглинистый. Почвенные разновидности представлены зональными светло-каштановыми почвами с солонцами, содержание которых варьируется от 10 до 74 %. Гранулометрический состав в основном среднесуглинистый (свыше 60 %), легкоглинистые почвы составляют 21 %, а супесчанные – около 5 % [140].

Супеси коричневато-бурые, желтовато-коричневые, желтовато-серые, темно-бурые, желтоватые, твердые до текучих, встречаются прослойки коричневатого, желтовато-коричневого, буровато-коричневого песка, а также прослойки коричневого суглинка. Мощность супесей составляет 0,5-10,0 м.

Суглинки желто- и серовато-бурые карбонатные, ожелезненные с включениями песка и прослойками супеси от твердой

до пластичной консистенции. Вскрытая мощность суглинков составляет до 9,0 м.

Супеси и суглинки, расположенные выше УГВ, проявляют просадочные свойства. Начальное просадочное давление изменяется от 0,04 до 0,18 МПа. Тип грунтовых условий по просадочности I (первый).

Пески коричневато-желтые, желтовато-коричневатые, желтовато-серые, светло-желтые, мелкие, с прослоями буровато-желтой, коричневой супеси и коричневого суглинка. Пески от маловлажных до водонасыщенных. Мощность песков от 0,2 до 7,5 м.

По суммарному содержанию легко- и среднерастворимых солей почвы не относятся к незасоленным. Коррозионная активность грунтов по отношению к стали меняется от средней до высокой.

Грунтовые воды расположены в глубинах от 1,1 до 11,5 м. Водовмещающими грунтами служат пески, супеси и суглинки. Питание подземных вод происходит за счет атмосферных осадков, разгрузка происходит в водохранилище. По химическому составу воды – гидрокарбонатно-сульфатно-натриевые [49].

Уровень грунтовых вод не является постоянным, а подвержен сезонным колебаниям. Амплитуда сезонного колебания достигает 1,2-1,5 м в зависимости от сезона и степени многоводности года. В то же время по результатам анализа, выполнявшихся ранее изысканий, можно отметить, что многолетние колебания уровня грунтовых вод незначительны, что объясняется хорошей дренированностью площади и высокой водопроводимостью грунтов. Из полезных ископаемых встречаются природные пески, глины, углеродное сырье [143].

На обследованном тестовом участке почвенный покров представлен каштановыми и темно-каштановыми, тяжелосуглинистыми, слабосолонцеватыми и солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами средними и глубокими, слабо- и среднесуглинистыми 25-50 %

Почвы в основном не засолены, очень незначительная часть их имеет слабое сульфатно-хлоридное засоление. Содержание натрия в почвенном поглощающем комплексе солонца составляет 3,5-4,2 мг на 100 г почвы. Сумма поглощенных оснований равна 28-32 мг на 100 г почвы.

Особенностями теплового режима почвы и его влияния на испарение почвенной влаги объясняется ряд характерных черт растительного покрова, в том числе свойственных многим растениям, наличие глубинной корневой системы [24, 67].

В виду неравномерного выпадения осадков, режим влажности почвогрунтов бóльшую часть года характеризуется критическим минимумом влаги.

Континентальность и засушливость климата увеличиваются с северо-запада на юго-восток. Территория исследования хорошо обеспечивается положительными температурами, их годовая сумма составляет 2700-4100 °С [140].

3.2. Геоинформационное картографирование и анализ тестового полигона «Арчеда»

Ландшафтной особенностью исследуемой территории является ее расположение в южной части Приволжской возвышенности и примыкание к пойме р. Дон.

Исследуемый полигон «Арчеда» общей площадью более 29 тыс. га расположен в границах Арчедино-Донского агроландшафта по правому берегу р. Арчеды на территории Фроловского и Михайловского р-нов Волгоградской обл., в месте впадения в р. Медведицу. Площадь пашни на данном полигоне составляет 10121,95 га (34,86 %), лесных полос – 369,2 га (1,3 %), лесных массивов 6,04 тыс. га (20,8 %). Земли Арчединско-Донских песков занимают остальную площадь (рис. 7).

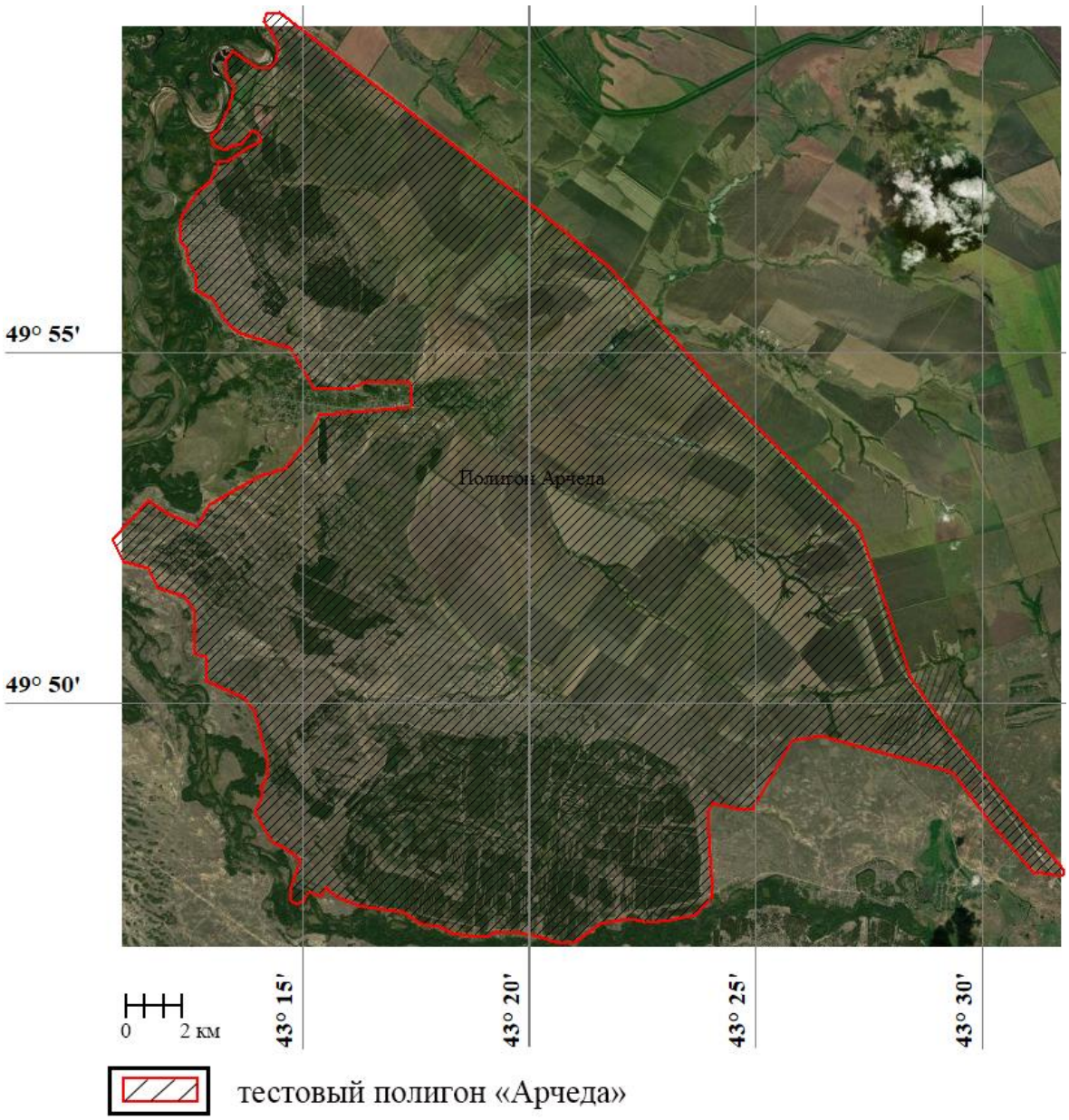


Рис. 7. Космокарта исследуемого полигона «Арчеда»

Для определения отличительных геоморфологических характеристик территории проведены исследования рельефа и разработана цифровая модель профиля полигона, которая предоставляет визуальное изображение сечения рельефа вдоль линии профиля (см. рис. 7, рис. 8).

Анализ цифровой модели рельефа позволил получить следующие результаты: точка начала измерений: 49°47′11″ с.ш.; 43°14′46″ в. д.; первоначальная высота – 88,8; конечная точка 49°55′24″с.ш.;

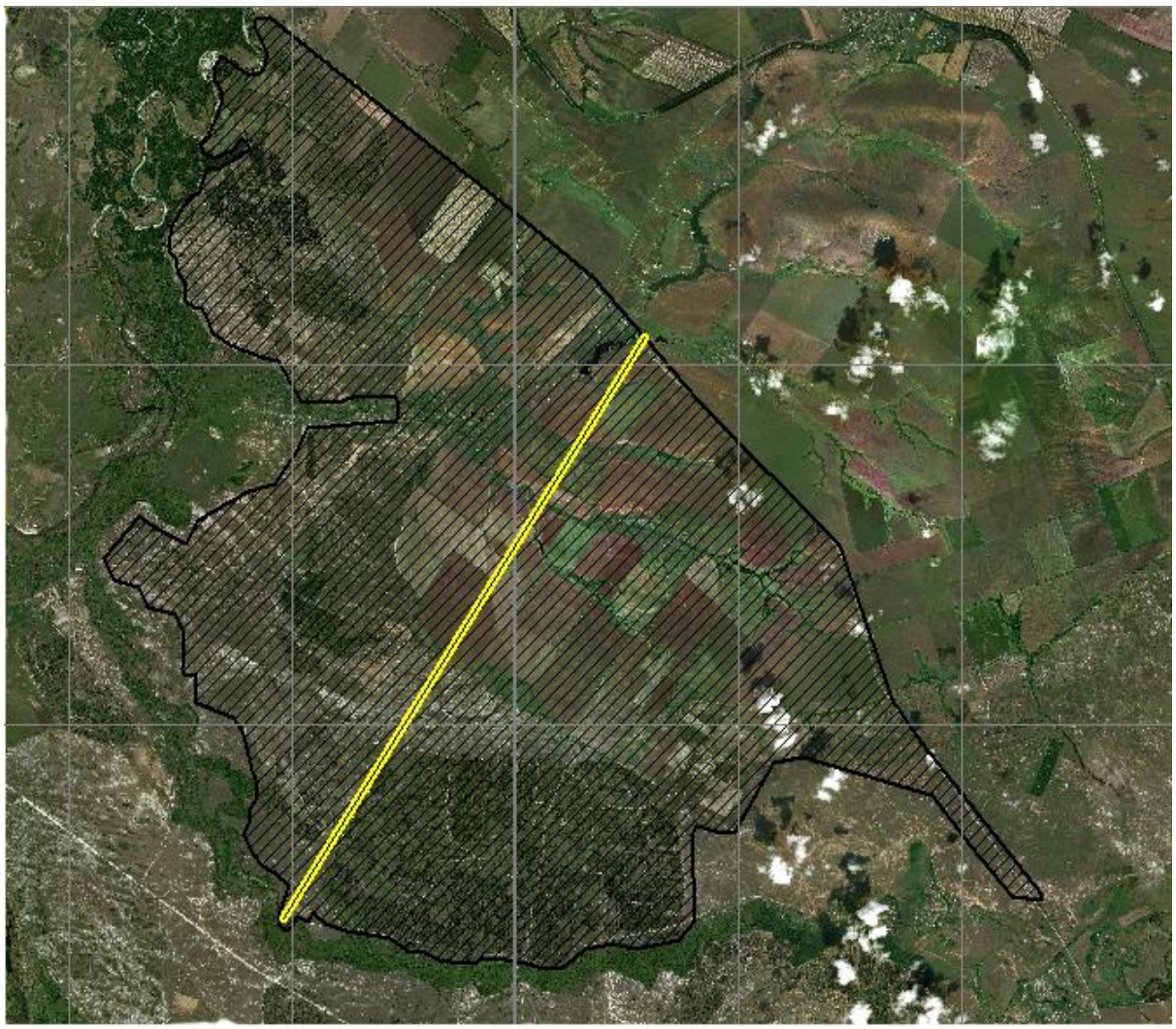


Рис. 8. Космосхема с линией профиля на полигоне полигона «Арчеда»

43°22′51″ в. д.; максимальная высота – 87,135 м; протяженность по профилю полигона «Арчеда» 18,0 км; разность высот составляет 1,8 м; минимальная высота профиля – 83,0 м; максимальная высота – 126,9 м; направление профиля 212°25'10"; крутизна поверхности полигона 0°; максимальная крутизна склона поверхности 4,15° [154].

Исследование полигона «Арчеда» позволило определить характерные черты изучаемого рельефа и установить, что перепад высотных отметок составляет 73,9 м, средний уровень высот составляет 128,6 м, полигон имеет равнинную поверхность, средняя крутизна склона составляет 1,23° (см. рис. 8, рис. 9).

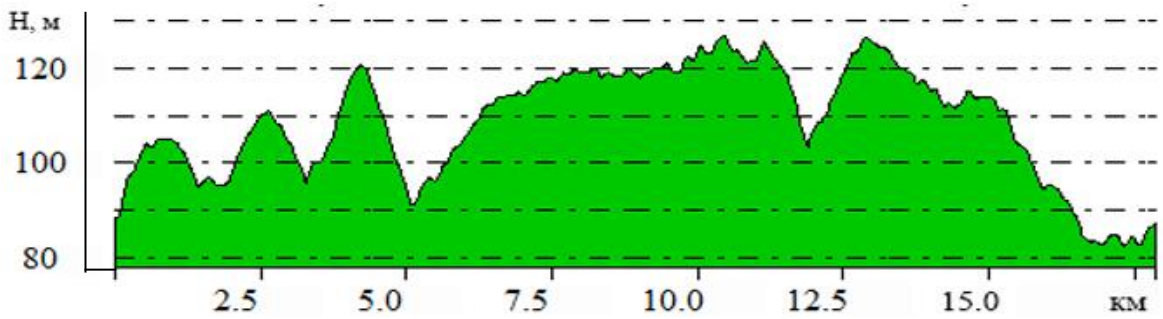


Рис. 9. Цифровой профиль рельефа на территории полигона «Арчеда»

С целью наиболее подробного изучения рельефа исследуемой территории созданы карты высот и крутизны склонов (рис. 10, 11). Сведения карты углов наклона склонов достоверно демонстрируют, что полигон расположен в небольшом интервале уг-

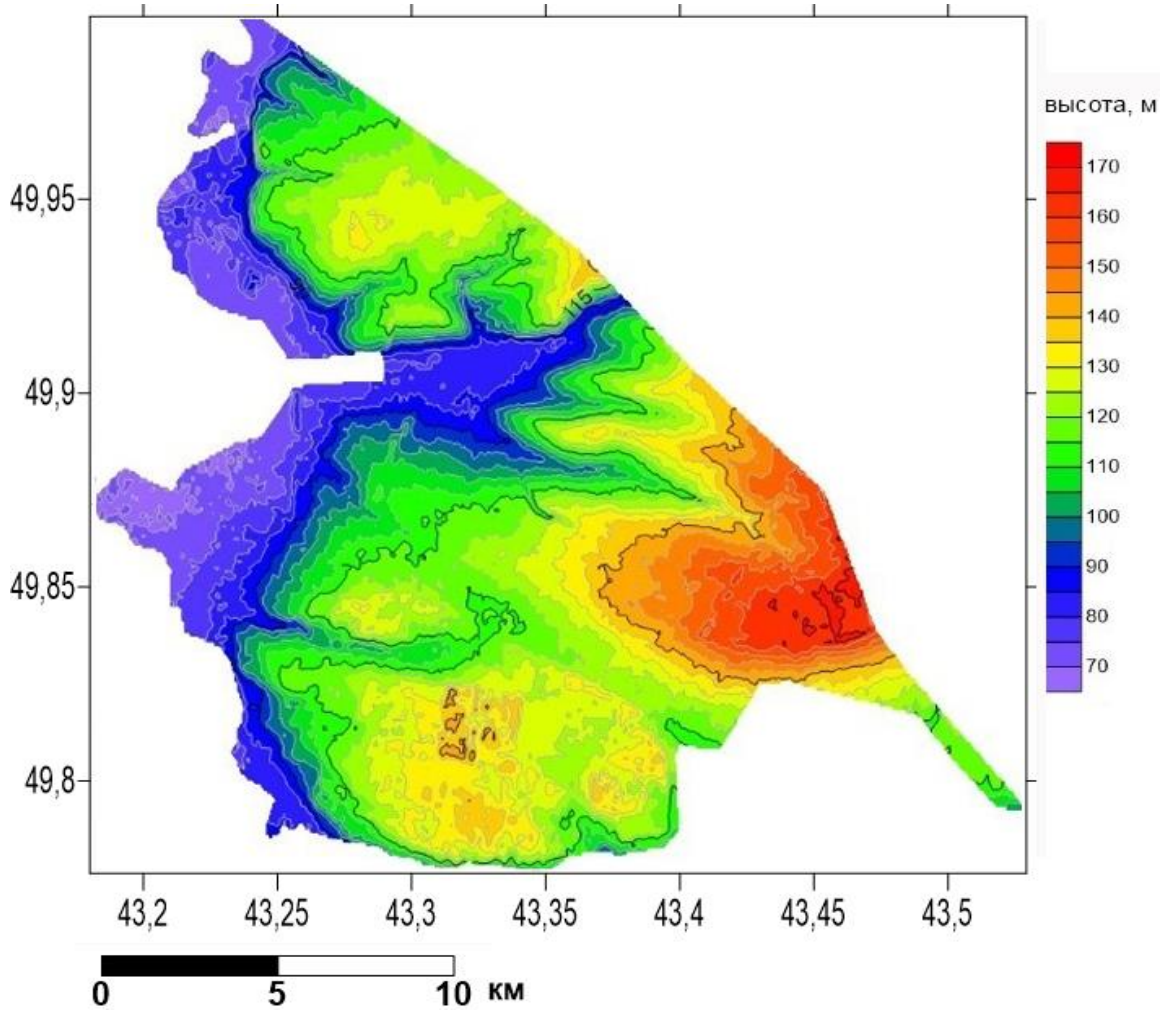


Рис. 10. Изолинейная карта высот на полигоне «Арчеда»

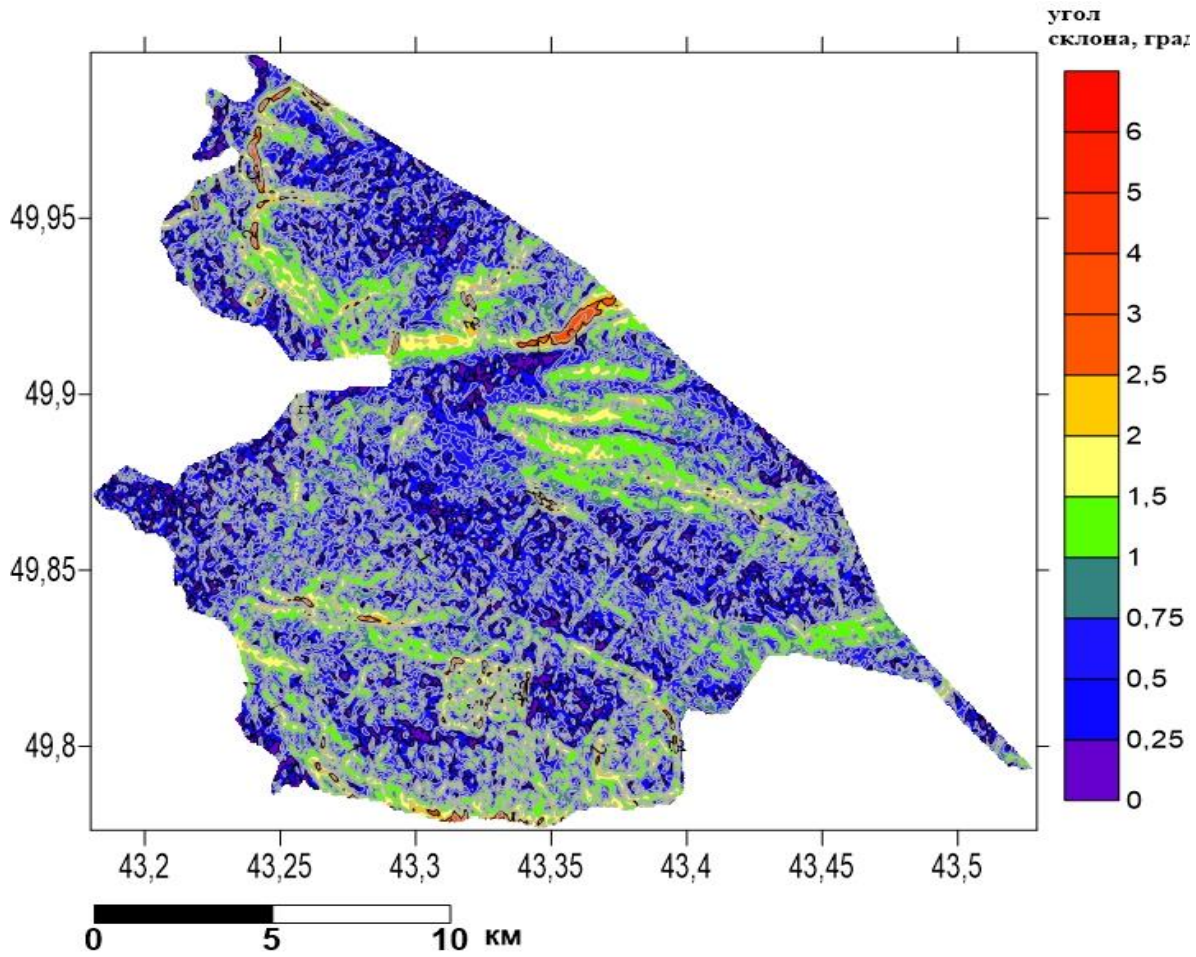


Рис. 11. Карта крутизны склонов на полигоне «Арчеда»

лов от 0 до 4°, стандартное отклонение 0,55°, средняя крутизна склона 1,23°. Построенная карта высот на полигоне «Арчеда» наиболее точно дает возможность выявить расчлененные участки и наметить объекты с целью дальнейшего детального изучения и подготовки агролесомелиоративных мероприятий.

Подготовка карты экспозиций склонов исследуемого полигона аргументируется необходимостью установления отличий в историческом формировании территории исследований с целью выявления основных характеристик склонов с учетом ориентации к сторонам света.

Наглядную карту экспозиций склонов полигона «Арчеда» отражает рис. 12. Анализ исследуемой територии указал на южную ориентацию полигона: южные склоны составляют 36,5 %, северные – 28,4, западные 21,6, восточные – 13,5 % от всей площади.

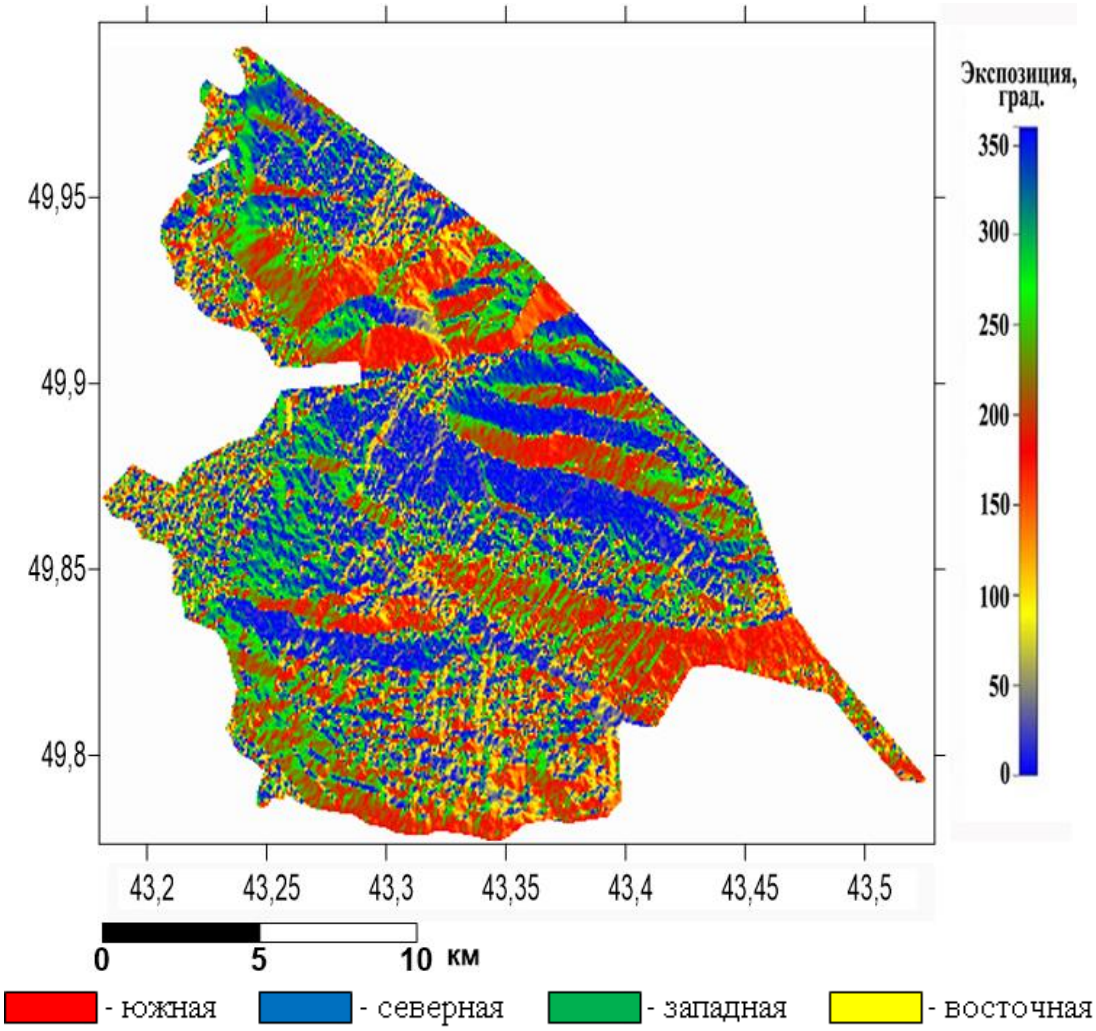


Рис. 12. Карта экспозиции склонов на полигоне «Арчеда»

Территория полигона «Арчеда» отнесена к Донской сухостепной провинции темно-каштановых и каштановых почв по почвенно-географическому районированию.

В почвенном покрове исследуемой территории присутствуют следующие типы почв: темно-каштановые, каштановые с солонцами каштановыми 20-50 %, со слабомощным гумусовым горизонтом и средней глубиной солонцового горизонта, а также слабо- и среднегумусированные пески (рис. 13). В центральной части присутствует отдельный контур каштановых почв, по границам от которого в южной и западной частях расположены темно-каштановые почвы. Пески занимают значительную площадь на территории полигона.

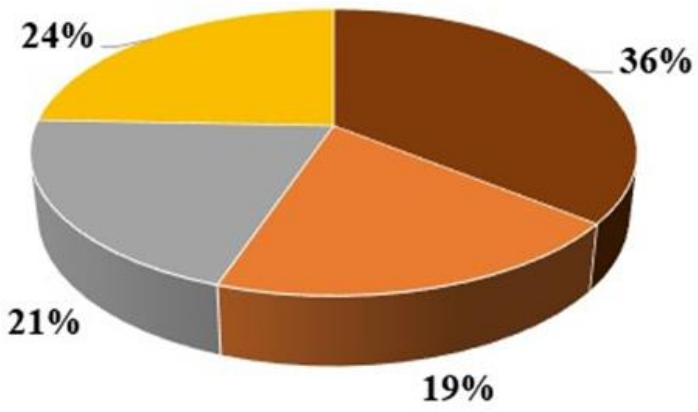


Рис. 13. Распределение типов почв на полигоне «Арчеда»:

- темно-каштановые почвы
- каштановые почвы с солонцами каштановыми 25-50 %
- пески слабогумусированные
- пески среднегумусированные

Анализ почвенного разнообразия по площади показал, что темно-каштановые почвы представлены на 10393,3 га, каштановые с солонцами каштановыми – 5635,4 га, пески занимают почти половину территории – 13007,3 га (44,8 %) (табл. 1, рис. 14).

Таблица 1

Распределение почвенных разновидностей по площади полигона «Арчеда»

Тип почвы	Площадь		
	пикс.	га	%
Темно-каштановые	81806	10393,3	36
Каштановые с солонцами каштановыми, 25-50 %	43176	5635,4	19
Пески слабогумусоровнные	47721	5935,7	21
Пески среднегумусированные	54537	7071,6	24
Итого	227240	29036,0	100

Важную роль в реализации поставленных задач по оценке сохранности искусственных лесных насаждений и анализа лесопригодности земель занимают геоинформационные технологии, которые значительно увеличивают степень достоверности и точности проводимых изысканий.

Проведенные камеральные и полевые изыскания исследуемого полигона «Арчеда» позволяют установить дешифровочные признаки пашни, лесных полос и лесных насаждений и провести оценку структуры полей и сохранности лесных насаждений [154].

В целом исследован 101 участок сельскохозяйственных угодий, площадь самого минимального участка пашни составила

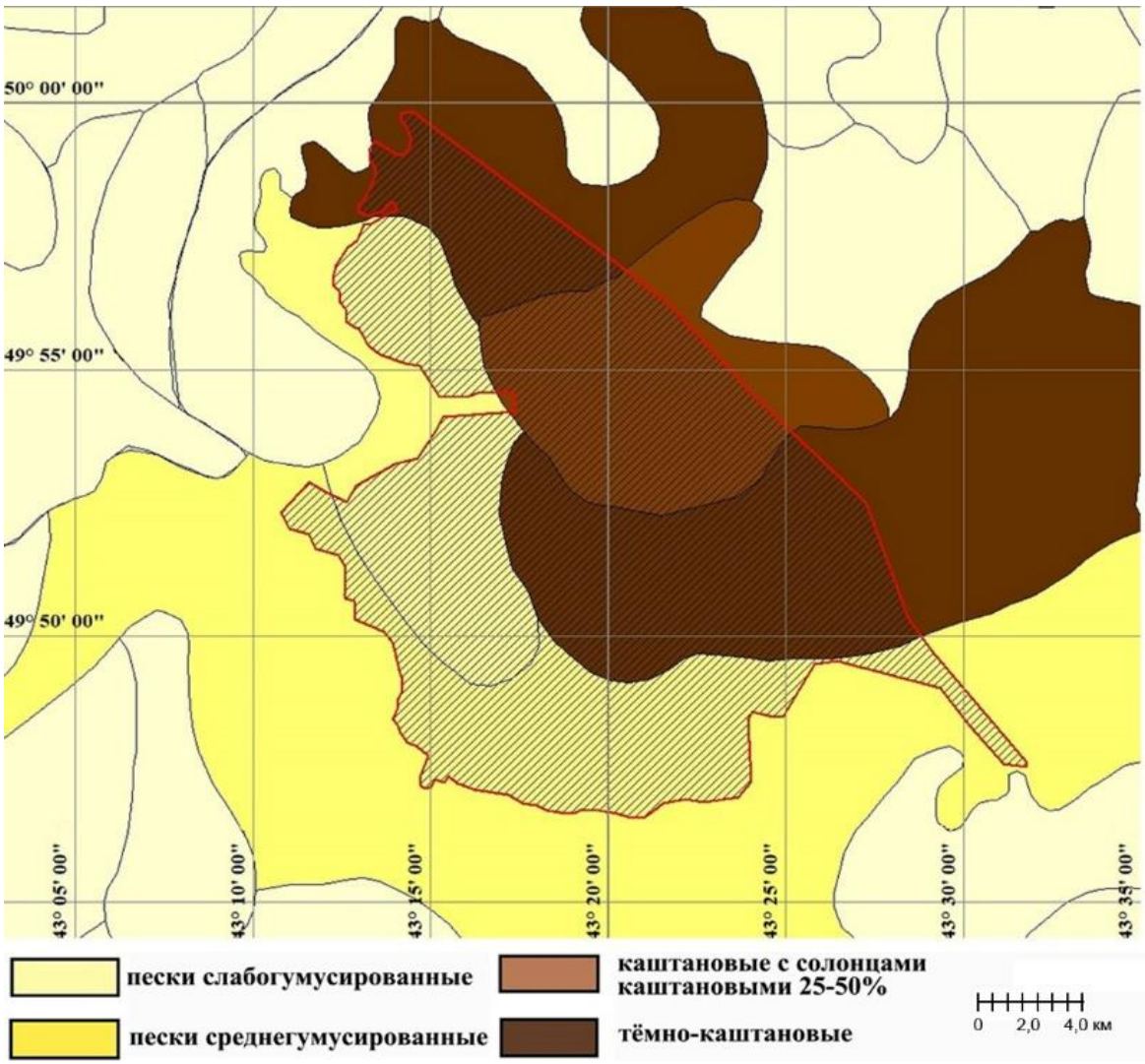


Рис.14. Карта почвенных контуров полигона «Арчеда»

0,57 га, максимального – 960,48 га, среднего – 196,54 га. Настоящий агролесоландшафт включает в себя систему защитных лесных насаждений из 74 лесных массивов, общей площадью 6040,18 га и 115 лесных полос общей площадью 369,2 га, что составляет 42,8 % всей площади водосбора. Полезащитная облесенность составила 3,64 % (рис. 15).

Потребность существования и расположения лесных массивов обусловлена закреплением Арчединско-Донских песков и защитой сельскохозяйственных угодий [153, 154].

Выявлены 37 лесных массивов общей площадью 2088,79 га (35 %), не подвергшихся деградации, отнесенных к уровню эколо-

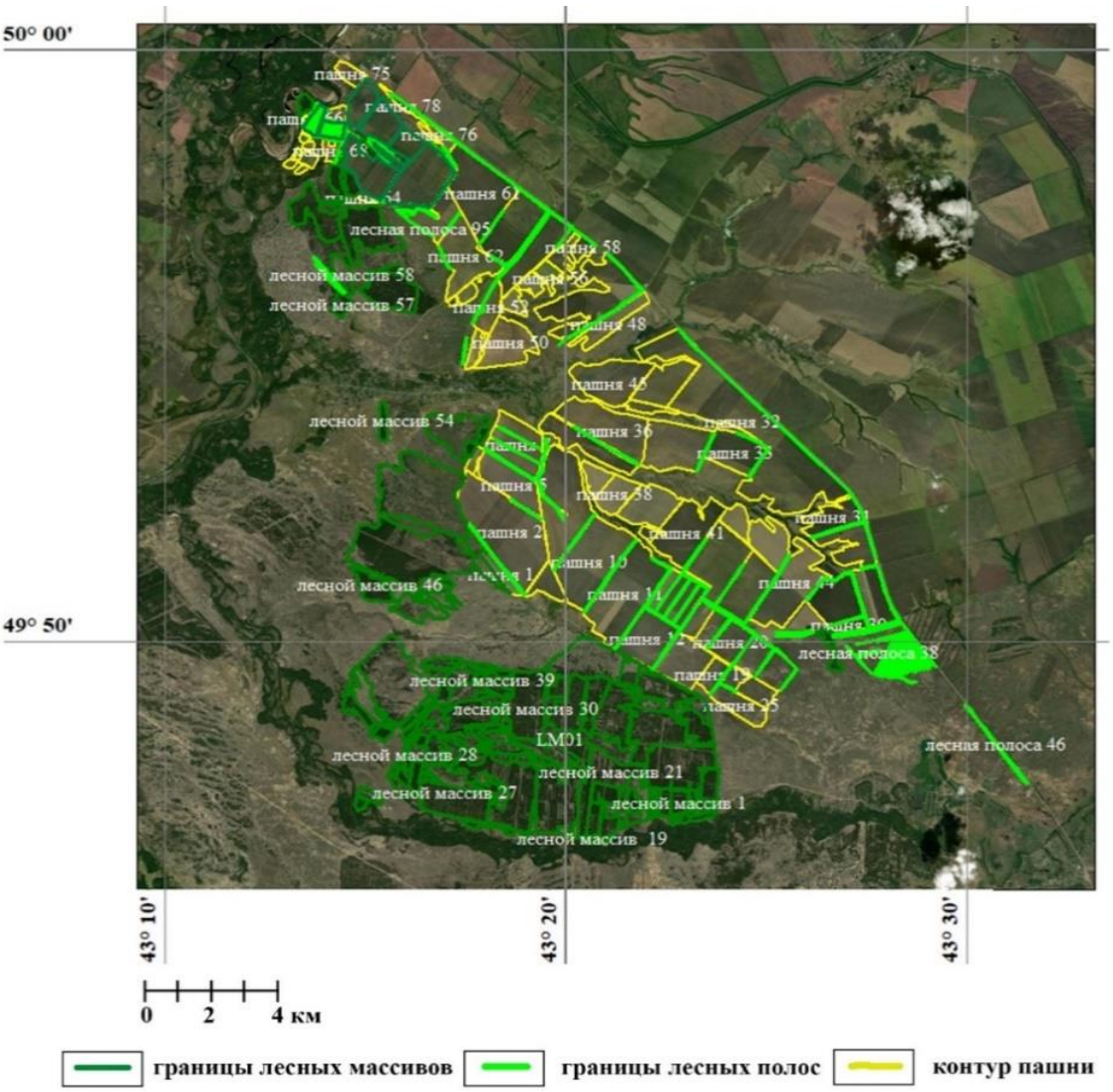


Рис. 15. Карта сельскохозяйственных угодий и защитных лесных насаждений полигона «Арчеда»

гического состояния "норма", 14 лесных массивов площадью 1176,53 га (19 %) имеют сохранность, соответствующую уровню «риск», 17 массивов площадью 2113,08 га (35 % площади всех массивов) находится в бедственном положении и еще 6 массивов площадью 661,77 га (11 %) отнесены к уровню "кризис", т. е. в сумме 46 % лесных насаждений полигона «Арчеда» не выполняют своих защитных функций в связи с их низкой сохранностью (рис. 16).

Оценка уровней экологического состояния характеризует удовлетворительное современное состояние полезащитных лесных полос. Лесные полосы полигона «Арчеда» занимают площадь

Рис. 16. Распределение сохранности лесных массивов полигона «Арчеда»

368,76 га, из них 64 лесные полосы площадью 211,46 га (57 %) относятся к степени деградированности «норма», 20 лесных полос общей площадью 90,17 га (25 %) относятся к степени «риск», это в сумме составляет 82 % общей площади полезащитных лесных полос (рис. 17).

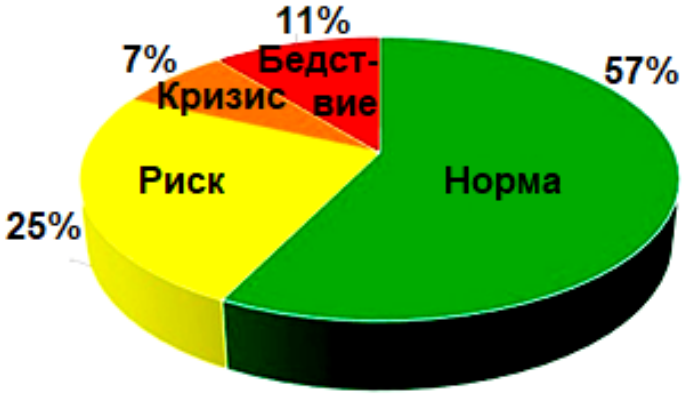


Рис. 17. Распределение сохранности лесных полос полигона «Арчеда»

Распавшиеся полностью или частично, имеющие уровень экологического состояния «бедствие», 27 лесных полос занимают площадь 39,96 га, уровень «кризис» установлен у 10 лесных полос, общей площадью 27,16 га.

На разрушенных участках рекомендуются лесовосстановительные мероприятия по реконструкции защитных лесных насаждений.

На изучаемой территории отмечается бедственное положение и общая низкая сохранность лесных полос и лесных массивов площадью 2153,05 га (рис. 18). Доля полностью разрушенных и выпавших лесных массивов составляет 46 %, а лесных полос – 18 %.

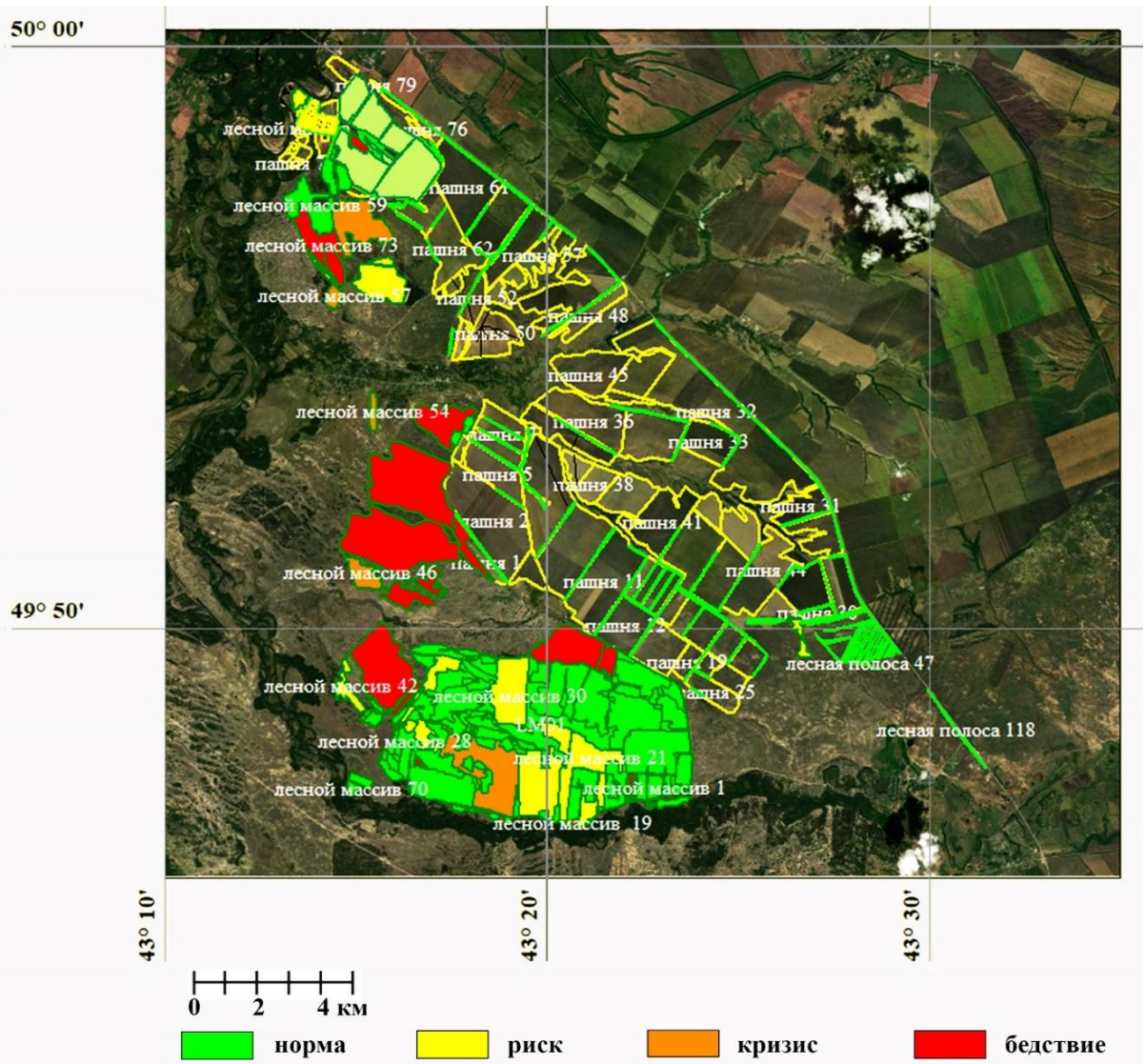


Рис.18. Карта сохранности защитных лесных насаждений полигона «Арчеда»

По методике верификации данных космоснимков Б. В. Виноградова, помимо дистанционного анализа и камеральной обработки, необходимо проводить полевое эталонирование, чтобы устанавливать взаимосвязь между характеристиками для конкретного выбранного объекта и территории в целом.

Выявляются соответствия изображения элементов ландшафтов на космоснимках и в натуре, устанавливаются дешифровочные признаки почв, растительности, рельефа и т. д. и на их основе разрабатываются обзорные и крупномасштабные схемы с определением точности проведенных исследований [30-35].

На изучаемом полигоне были выбраны наиболее характерные временные пробные площади для выявления таксационных показателей лесных насаждений, на основании которых было проведено соответствие с геоинформационными показателями.

На полигоне «Арчеда» была выбрана временная пробная площадь (рис. 19, 20), где проводились таксационные исследования и фотоэталонирование лесных насаждений (табл. 2).

Рис. 19. Временная пробная площадь ЛП № 1 тестового участка «Арчеда»: 49°50'43"с. ш.; 43°49'52"в. д. (а – изображение лесной полосы на фотоснимке, б – горизонтальная проекция полога на космоснимке)

Полевая оценка состояния и размещения полезащитных лесных полос на местности исследуемой территории полигона «Арчеда» проводилась в пробных таксационных площадях, которые отражают наиболее характерное состояние полезащитных лесных насаждений на всем рассматриваемом полигоне (прилож. 1).

Пробные таксационные площади размещены на территории полезащитной лесной полосы, вблизи залежных земель. Почвы каштановые в комплексе с солонцами каштановыми среднемощными – 25-50 %.

Рис. 20. Временная пробная площадь ЛП № 2 тестового участка «Арчеда» (а – изображение лесной полосы на фотоснимке; б – горизонтальная проекция полога на космоснимке)

Таблица 2

Таксационные показатели насаждения на тестовом участке «Арчеда»

№ ЛП, выдела	Длина, км/ширина, м	Состав насаждений	Площадь, га	Возраст, лет	Рядность/ширина междурядий, м	Сохранность, %	Конструкция	Число стволов на га	Ср. высота, м/диаметр, см	Класс бонитета	Запас стволовой древесины $м^3$/га	Сухие и усыхающие деревья, %
1	2,1/9	8Дч, 2Вп	1,88	40	3/3	65	Пл	1564	15/30	I	101	15
2	2,1/14	8Дч, 2Вп	2,88	40	3/4	83	Пл	1560	18/30	I	121	5

Породный состав представлен дубом черешчатым (*Quercus robur* L.*)* и вязом приземистым (*Ulmus pumila* L.).

Пробные таксационные площади № 1, 2. Объект: трехрядная полезащитная лесная полоса № 1. Таксационные площади (см. рис. 19, 20), состоящие из дуба черешчатого и вяза приземистого. Возраст лесного насаждения 40 лет. 80 % занимает дуб черешчатый, 20 % – вяз приземистый.

Конструкция лесной полосы продуваемая, однако ввиду отсутствия уходов и зарастания стала плотной. Таксационные показатели лесной полосы следующие: средняя высота дуба черешчатого 5,6 м, вяза приземистого 4,0 м; средний диаметр дуба черешчатого – 14,9 см, вяза приземистого – 8,5 см. Состояние лесной полосы удовлетворительное, 20 % деревьев имеют сухие вершины и ветви, на площади 7 % отмечаются погибшие сухостойные деревья, лесоводственно-мелиоративная оценка 4, санитарное состояние – III, поэтому рекомендуется проведение лесохозяйственных уходов [144].

3.3. Геоинформационное картографирование и анализ тестового полигона «Калач»

Оценка состояния земель сельскохозяйственного назначения и лесных насаждений различного назначения проводилась в районе урочища «Голубинские пески» Калачевского р-на Волгоградской обл. с применением ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования (рис. 21).

Установлено, что на территории полигона «Калач» преобладают высоты от 60 до 90 м, занимающие 50 % площади, высоты в диапазоне 90-110 м занимают около 40 % площади и приводораздельные участки, расположенные на высотах более 110 м, занимают 11 % площади. Площади, отнесенные к прирусловой части эрозионной сети, составляют 8 % от общей площади полигона «Калач» (рис. 22).

Приведенная карта углов наклона склонов отражает результаты статистического анализа распределения углов и отображает точную географическую привязку конкретных склонов, что важно и применимо для сельскохозяйственных целей. Крутизна склонов на полигоне «Калач» находится в диапазоне углов от 0 до 3°, среднее значение 0,63°, стандартное отклонение 0,55 (рис. 23).

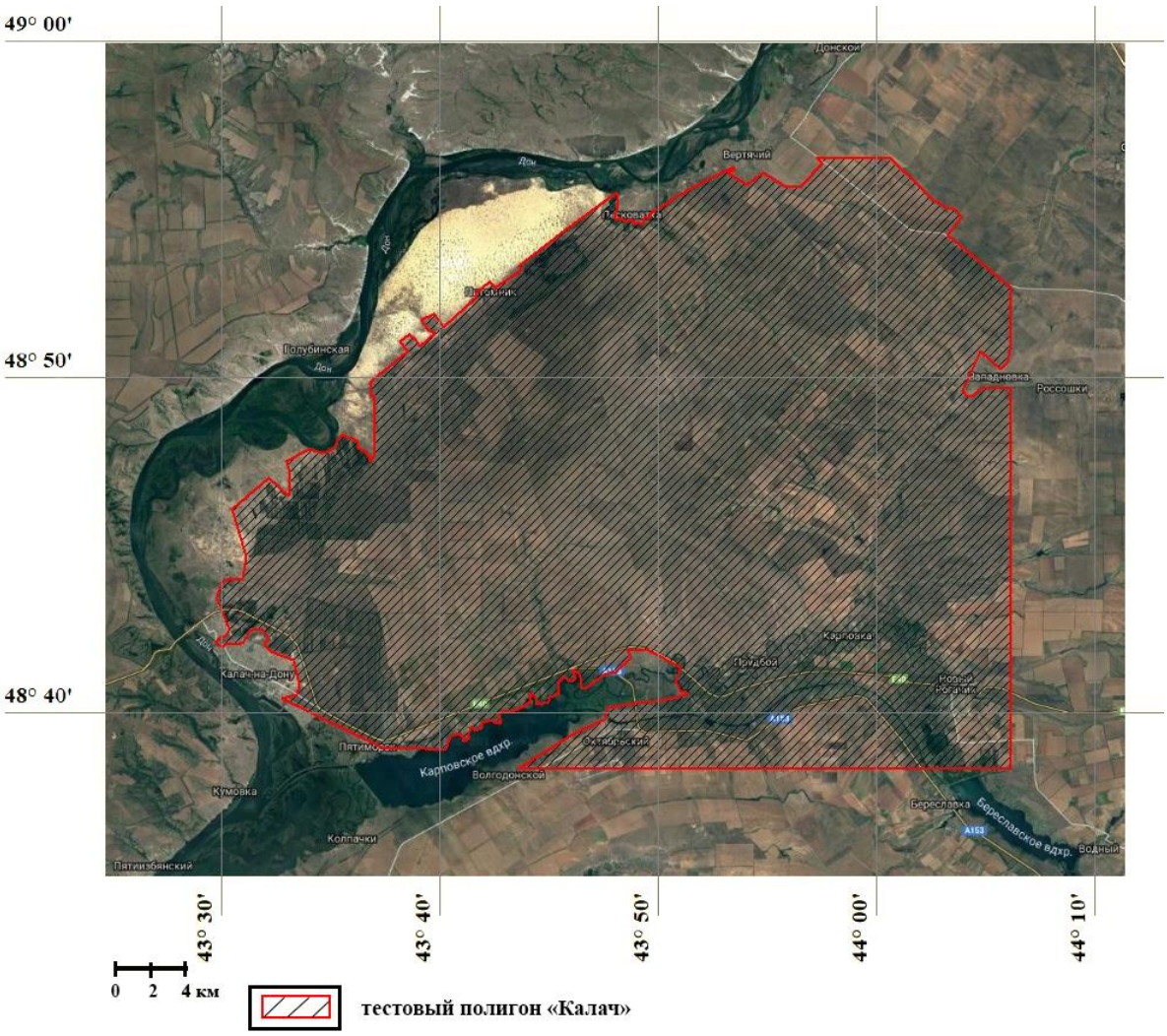


Рис. 21. Космокарта полигона «Калач»

Карта экспозиций склонов полигона «Калач» предоставляет характеристики склонов по ориентации к сторонам света (рис. 24).

Отмечено, что южные склоны занимают 33,6 %, северные склоны – 29, восточные – 19, западные 18,4 % от всей площади полигона исследования в пределах исследуемой территории.

Использование такой карты дает возможность выделить угодья, приуроченные к южным, более эродированным склонам и учитывать это обстоятельство при проведении сельскохозяйственных работ.

Анализ профилей рельефа (рис. 25, 26) позволил определить их параметры: начальная точка: 48°54′58″ с.ш.; 44°03′39″ в.д.; конечная точка 48°38′54″ с. ш.; 43°39′00″ в. д.; начальная высота –

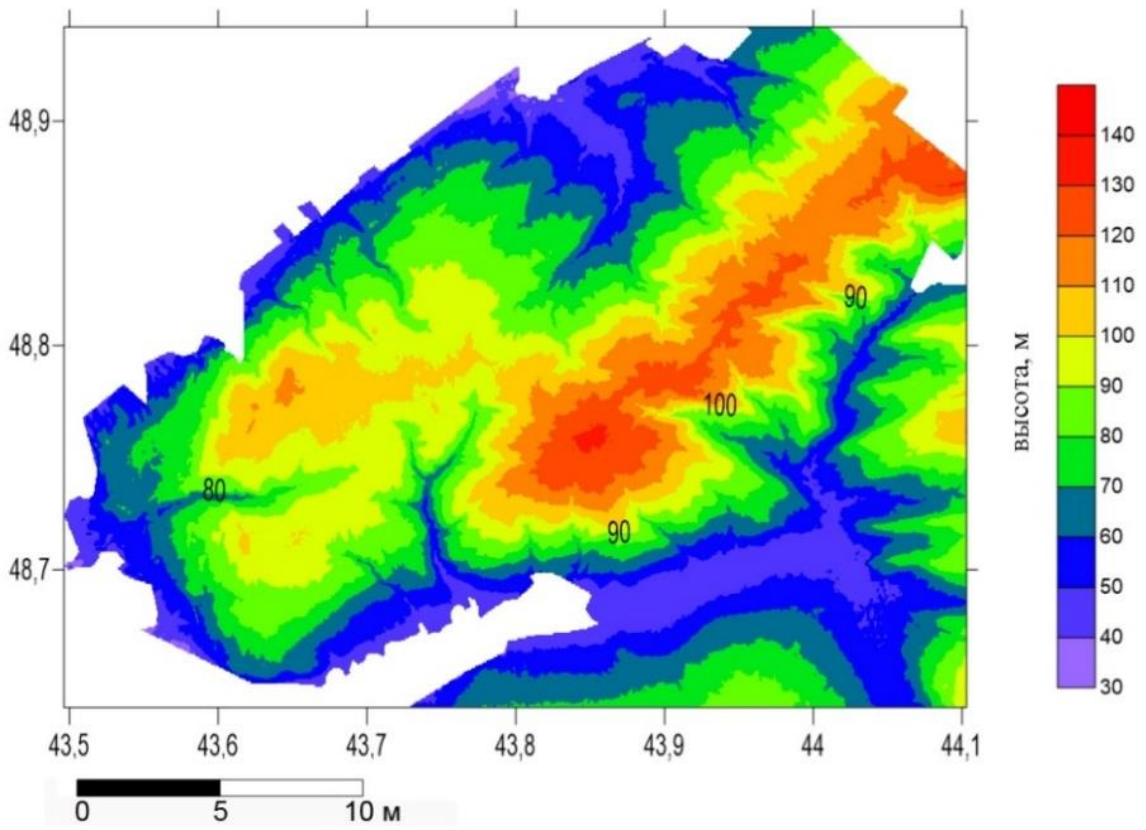


Рис. 22. Изолинейная карта диапазонов высот полигона «Калач»

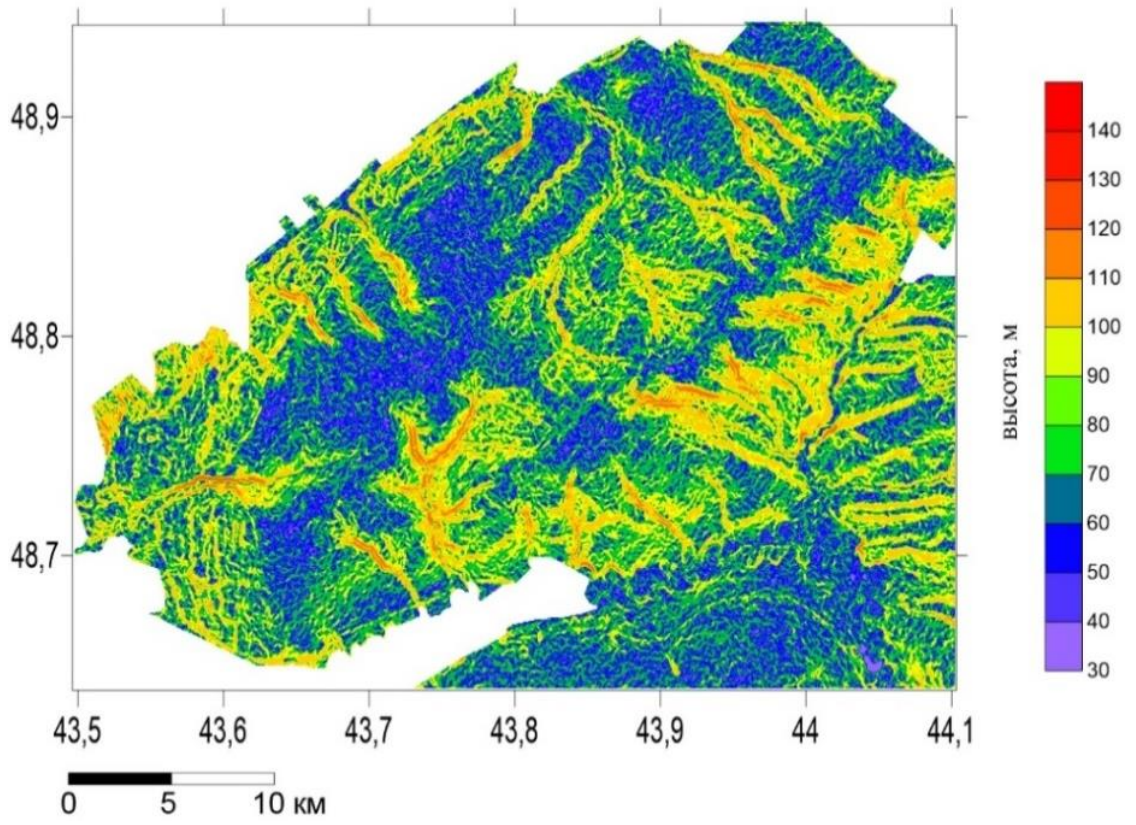


Рис. 23. Карта крутизны склонов полигона «Калач»

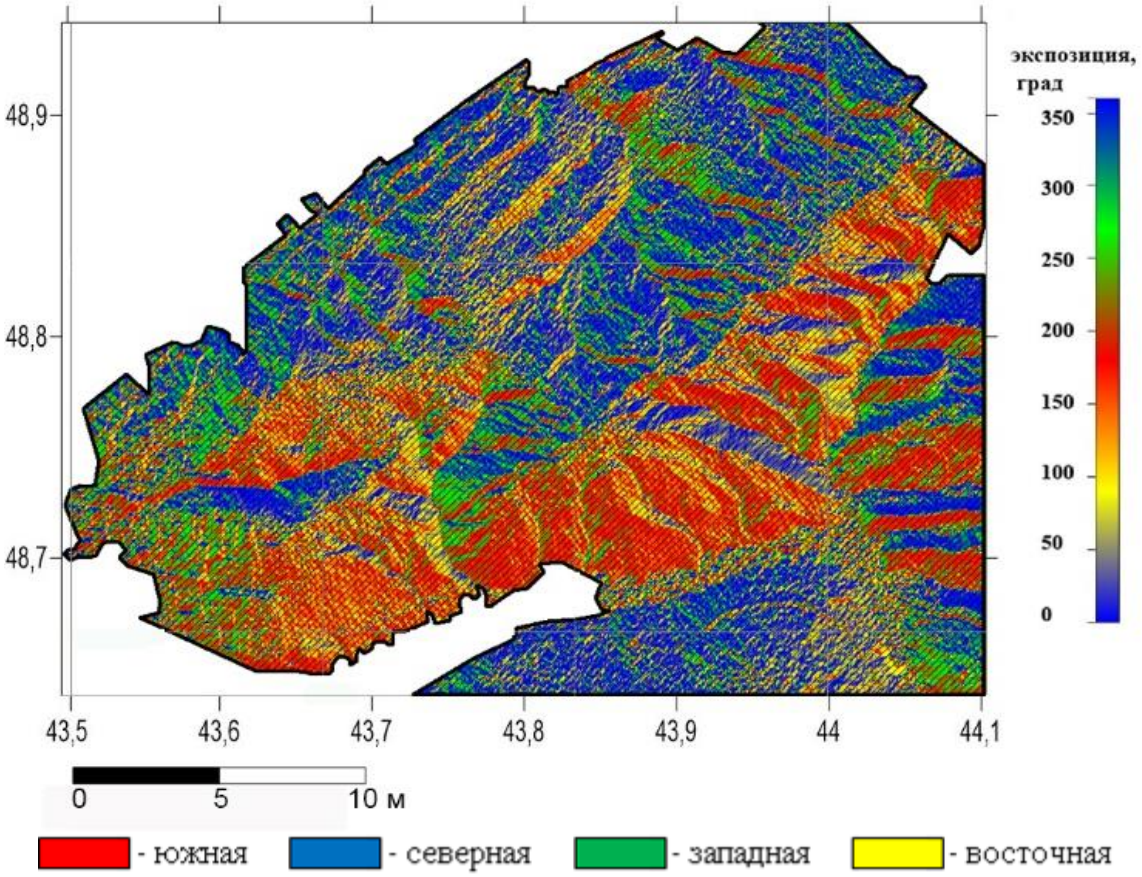


Рис. 24. Карта экспозиций склонов полигона «Калач»

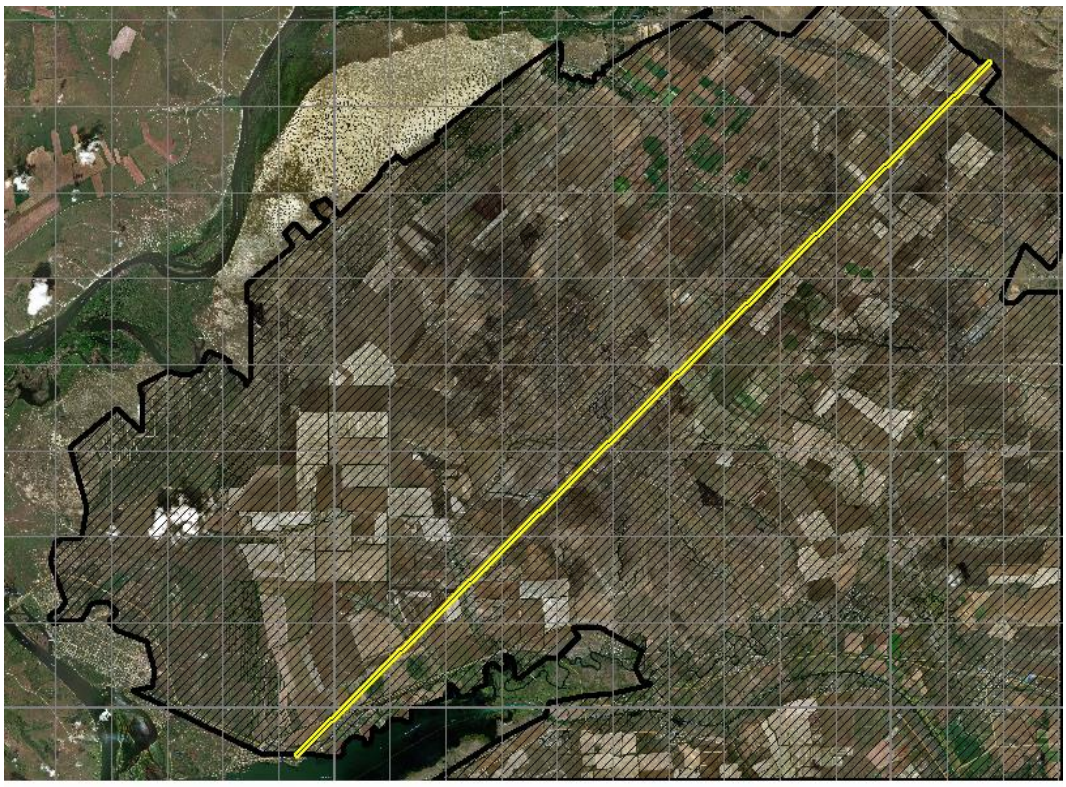


Рис.25. Космосхема с линией профиля на полигоне «Калач»

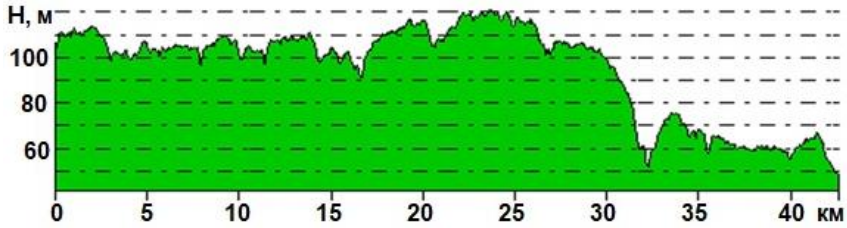


Рис. 26. Цифровой профиль рельефа на территории полигона «Калач»

105,5; конечная высота – 87,14 м; расстояние по профилю – 42,34 км; перепад высот – 59,1 м; минимальная высота – 46,4 м; максимальная высота по профилю полигона 121,42 м; азимут линии профиля 225°38'57"; средняя крутизна склона – 0,08°; максимальная крутизна – 4,41°.

Геоинформационное картографирование почвенных контуров позволило установить распределение почвенных разновидностей по площади полигона (табл. 3, рис. 27).

Таблица 3

Распределение почвенных разновидностей по площади полигона

Тип почвы	Площадь		
	пикс.	га	%
Пески	46144	17928,330	16
Каштановые	59073	22951,640	20
Каштановые с солонцами каштановыми, 25-50 %	12854	4994,160	4
Каштановые солонцеватые с солонцами каштановыми, 25-50 %	21558	8375,930	7
Смытые и намытые почвы оврагов, балок и прилегающих склонов	5123	1990,440	2
Солонцы каштановые с каштановыми солонцеватыми, 10-25 %	25100	9752,110	9
Солонцы каштановые со светло-каштановыми солонцеватыми, 25-50 %	10118	3931,147	4
Каштановые с солонцами каштановыми, 10-25 %	50805	19739,270	18
Светло-каштановые с солонцами каштановыми, 10-25 %	30179	11725,450	10
Светло-каштановые солонцеватые с солонцами каштановыми, 25-50 %	2331	905,660	1
Светло-каштановые солонцеватые с солонцами каштановыми 10-25 %	12817	4979,790	4
Светло-каштановые	8287	3219,750	3
Аллювиальные луговые насыщенные	4366	1696,320	2
Итого	288755	112190,000	100

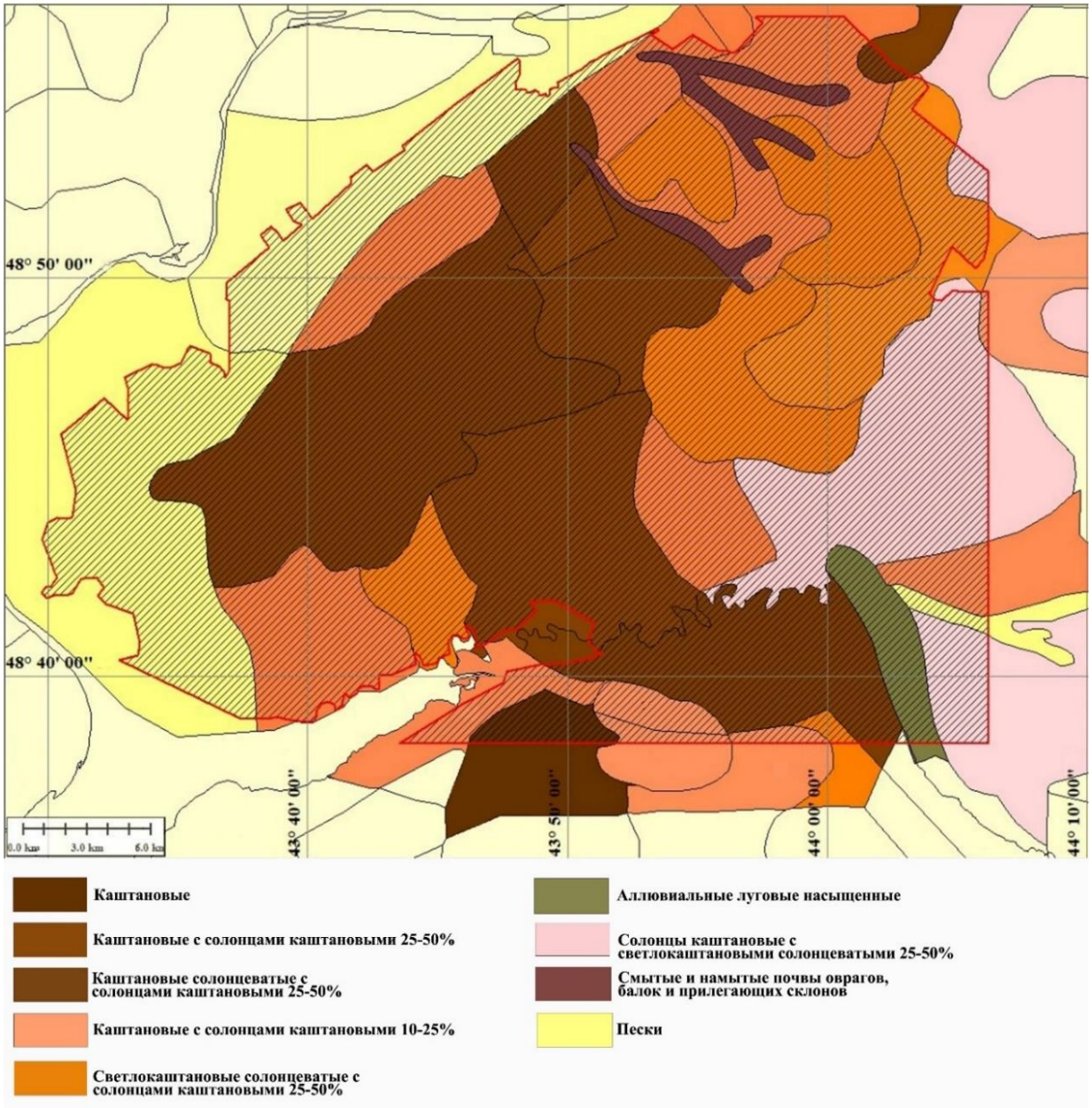


Рис. 27. Карта почвенных контуров полигона «Калач»

Установлено, что наибольшую площадь на полигоне занимают каштановые почвы (20 %) и каштановые с солонцами каштановыми 25-50% (18 %), светло-каштановые солонцеватые с солонцами каштановыми занимают около 15 %.

Основная часть полигона исследования представлена каштановыми, светло-каштановыми почвами, солонцами и песками.

Так, на полигоне «Калач» встречаются следующие почвенные разновидности (почвенная карта представлена на рис. 27):

почвы каштановые сильногумусированные среднемощные, каштановые с солонцами каштановыми 10-25 % сильногумусированные со средней и слабой мощностью гумусового горизонта, с глубоким залеганием солонцового горизонта, светло-каштановые с солонцами каштановыми 10-25 % среднегумусированные с глубокой глубиной солонцового горизонта, а также пески слабо- и среднегумусированные, смытые и намывные почвы оврагов, балок и склонов аллювиальные луговые насыщенные.

Анализ модели агролесоландшафта и оценка состояния защитных лесных насаждений исследуемой территории полигона «Калач» осуществлялась на основе разработанной локальной ГИС, составленных векторных геоинформационных картографических слоев пространственного размещения лесных полос и лесных массивов на базе растровых космоснимков спутника WorldView3, по результатам исследований общая лесистость территории составила 7,8 %. (рис. 28).

В центральной части исследуемого полигона полностью отсутствуют защитные лесные полосы и пахотные угодья, что обусловлено расчлененностью балками: Песковаткой, Сокарева, Водяной, Байрак, Парневой, Коренной, Колодезной, Матвеева.

На основе аэрокосмической информации полигона исследований проведена оценка сохранности лесных массивов, уточнены их площади и распределение по уровням деградации. Лесные массивы в количестве 108 занимают 9650,42 га и их расположение обосновывается закреплением Голубинских песков. Отмечены 75 лесных массивов площадью 7782,2 га (80,1 % от всей площади массивов), находящихся в бедственном положении, 19 массивов площадью 745,2 га (7,7 %) на уровне деградации "кризис" имеют очень низкую сохранность, а значит не выполняют защитных функций, 11 лесных массивов площадью 1074,4 га (11,1 %) имеют сохранность уровня "норма", 3 массива площадью 46,8 га (0,1 %) имеет уровень «риск» (рис. 29).

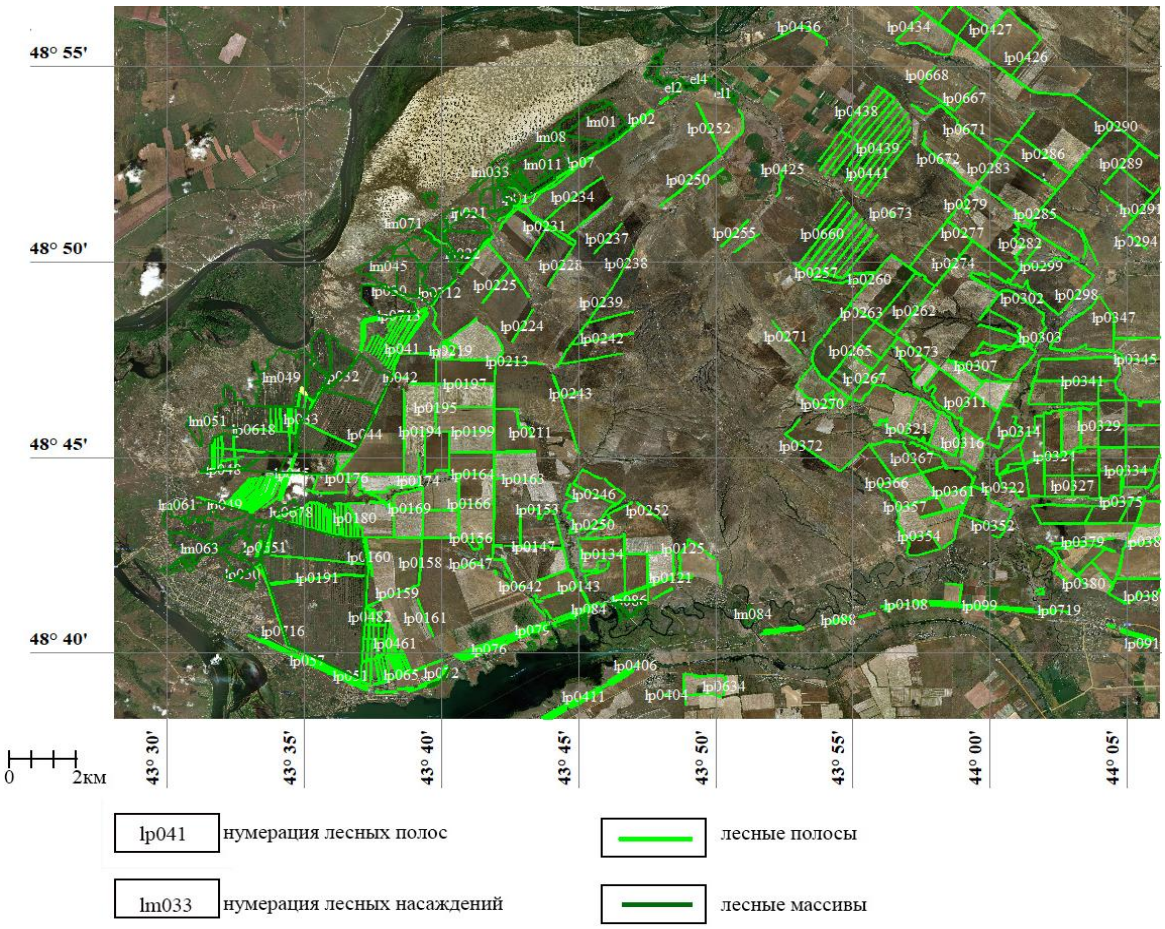


Рис. 28. Карта размещения защитных лесных насаждений на полигоне «Калач»

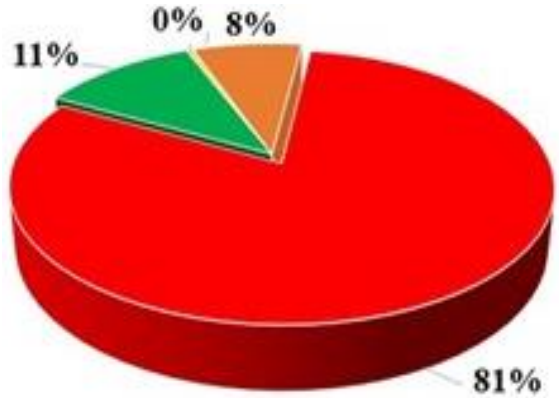


Рис. 29. Распределение сохранности лесных массивов полигона «Калач»:

- норма
- риск
- кризис
- бедствие

Пространственное расположения лесных полос и оценка их сохранности показывает неудовлетворительное текущее состояние. Установлено, что на территории исследования площадью 1262,2 га 104 лесные полосы (46 %) полностью выпали и имеют степень деградации «бедствие», 79 лесные полосы площадью 811,3 га (29 %) имеют сохранность уровня «кризис», в сумме со-

ставляют 75 % всей площади оцениваемых лесных полос. На этих участках требуются мероприятия по их восстановлению и реконструкции. На уровне «норма» находятся 289 лесных полос площадью 341,5 га, что составляет 12 % от общей площади полезащитных лесных полос, 155 лесных полос площадью 362,29 га (13 %) имеют уровень деградации «риск» (рис. 30, 31).

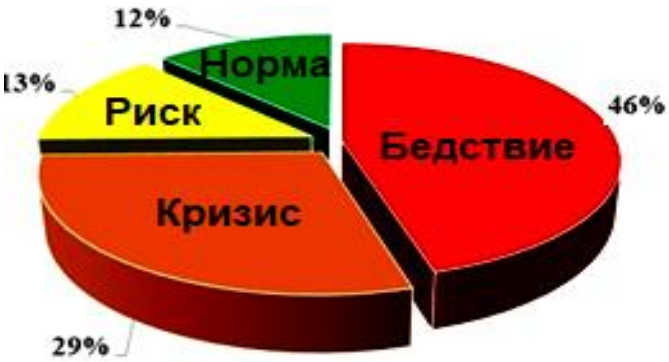


Рис. 30. Распределение сохранности лесных полос полигона «Калач»

Для проведения эталонирования состояния лесных насаждений, а также полевых изысканий на территории полигона «Калач» была намечены временные пробные площади № 1 и № 2 (рис. 32, 33), на которых осуществлялись таксационные исследования и фотоэталонирование лесных насаждений (табл. 4).

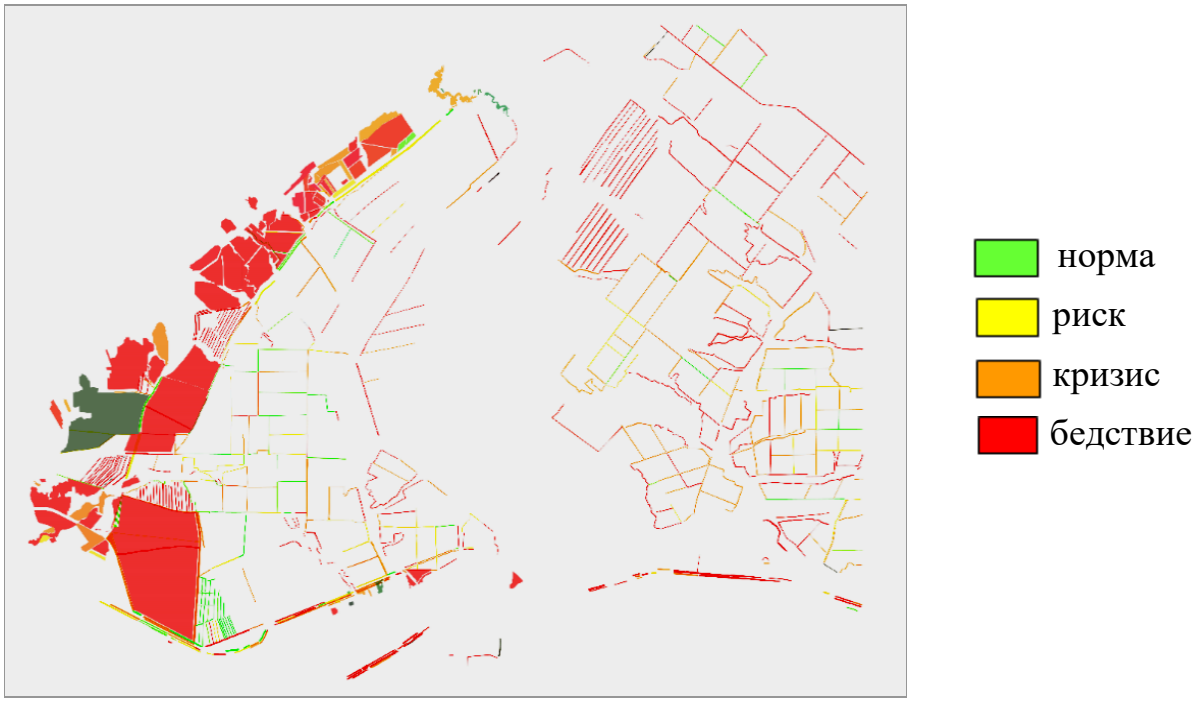


Рис. 31. Схема сохранности лесных насаждений полигона «Калач»

Рис. 32. Временная пробная площадь на фотоэталоне и космоснимке тестового участка «Донское»: 48°40'24"с. ш.; 43°39'41"в. д. (а – изображение лесной полосы на фотоснимке, б – горизонтальная проекция полога на космоснимке)

Рис. 33. Временная пробная площадь на фотоэталоне и космоснимке тестового участка «Донское»: 48°41'42"с. ш.; 43°39'10"в. д. (а – изображение лесной полосы на фотоснимке, б – горизонтальная проекция полога на космоснимке)

Таблица 4

Таксационные показатели насаждения на тестовом участке «Донское»

№ ЛП, выдела	Длина, км/ширина, м	Состав насаждений	Площадь, га	Возраст, лет	Рядность/ширина междурядий, м	Сохранность, %	Конструкция	Число стволов на га	Ср. высота, м/диаметр, см	Класс бонитета	Запас стволовой древесины $м^3$/га	Сухие и усыхающие деревья, %
161	2,3/14	10Ро	3,85	40	4/3	68	Аж	2565	11/15	I	15	10
158	3,6/18	Ро	6,57	40	7/3	83	Аж	2368	12/16	I	20	5

Полевая оценка состояния и размещения полезащитных лесных полос полигона «Калач» на местности проводилась с заложением пробных таксационных площадей (прилож. 2). Временные пробные таксационные площади проложены по полезащитной лесной полосе и заканчиваются на пашне. Почвы каштановые и светло-каштановые в комплексе с солонцами каштановыми маломощными – 25-50 %. Породный состав представлен Робинией лжеакацией (*Robínia pseudoacácia).*

Пробная таксационная площадь № 1. Объект: полезащитная лесная полоса № 3. Таксационная площадь (см. рис. 32) состоит из робинии лжеакации. Возраст лесной полосы 40 лет. Конструкция четырехрядная, вследствие зарастания и отсутствия лесомелиоративных уходов проектная конструкция лесной полосы перешла из ажурной в плотную. Таксационные показатели лесного насаждения следующие: средняя высота 11 м; средний диаметр – 15 см. Состояние полезащитной лесной полосы удовлетворительное, 20 % деревьев имеют сухие вершины и ветви. Встречаются погибшие сухостойные деревья, около 10 %. Санитарное состояние – III, лесоводственно-мелиоративная оценка 3. Характеристика насаждения и рекомендуемые мероприятия: состояние древостоя усыхающее, сильно-ослабленное, сухие сваленные ветки, полностью выпавший один ряд, сухая трава [144]. Пробная таксационная площадь № 2. Объект: полезащитная лесная полоса № 4. Таксационная площадь (см. рис. 33) состоит из робинии лжеакации. Воз-

раст насаждения 40 лет, четырехрядная. В результате зарастания и отсутствия лесомелиоративных уходов проектная конструкция лесной полосы перешла из ажурной в плотную. Таксационные показатели насаждения по породам: средняя высота робинии лжеакации 12 м; средний диаметр – 16 см соответственно. Полезащитная лесная полоса находится в удовлетворительном состоянии, 30 % деревьев имеют сухие вершины и ветви. Встречаются погибшие сухостойные деревья, около 25 %. Санитарное состояние – III, лесоводственно-мелиоративная оценка 3. Характеристика насаждения: междурядье заросшее, рядность просматривается плохо, молодой подрост. В данном случае рекомендуется проведение уходов с приданием насаждению соответствующей конструкции.

Территория тестового участка «Донское» составляет 10060 га, на площади 437,64 га размещены 130 лесных полос, которые составляют 4,3 % от общей. Уровень деградации «норма» имеют 45 лесных полос, площадь которых составляет 135,41 га, уровень деградации «риск» имеют 15 лесных полос, площадь которых 61,51 га, уровень деградации «кризис» отмечен у 38 лесных полос площадью 158,81 га и уровень деградации «бедствие» отмечен у 32 лесных полос, площадь которых 381,90 га. Соответственно 70 лесных полос полностью или частично выпали, поэтому там необходимо проведение реконструкции и лесовосстановительных мероприятий (рис. 34) [152].

Рис. 34. Распределение сохранности лесных полос тестового участка «Донское»

По проведенному геоинформационному анализу обустройства агролесоландшафта в границах тестового участка «Донское» получены сведения об актуальном состоянии защитных лесных насаждений, которые указывают о нестабильно устойчивой ландшафтной организации.

Геоинформационная оценка обустройства сельскохозяйственных угодий состояния по результатам дешифрирования космоснимков позволяет отобразить пространственное размещение и сохранность лесных полос в агролесоландшафтах. На тестовом участке «Донское», представленном в основном светло-каштановыми почвами (прилож. 3), площадь сельскохозяйственных угодий составляет 7351,16 га. Карта структуры основных компонентов тестового полигона «Донское», на которой установлены границы сельскохозяйственных угодий, построена по результатам дешифрирования космоснимков высокого разрешения спутника Sentinel-2. Комплексный анализ карт локализации полей и почвенных разновидностей предоставляет возможность осуществить выделение полей по потенциальной продуктивности.

Оценка состояния почвенного покрова проведена с использованием космоснимков путем анализа тона почвы при трансформации ее свойств, состава и качества. Тон почвы характеризует целостную картину о характерных особенностях почвы, что позволяет косвенно определить содержание веществ в почве.

Тестовый участок «Донское» представлен 36 полями (рис. 35) общей площадью пашни 7351,16 га, усредненный размер полей составляет 245,04 га, они многообразны по величине, конфигурации.

При геоинформационном анализе используется информация о рельефе, о развитии эрозионных процессов, смытости и распаханности исследуемого участка. Установлен уровень деградации пашни: «норма» распространяется на 20 % территории пашни тестового участка «Донское», что составляет 1468,08 га, уровень деградации «риск» имеют 37 % сельскохозяйственных угодий площадью

«Норма» «Риск» «Кризис» «Бедствие»

Рис. 35. Распределение пашни по уровню деградации (тестовый участок «Донское»)

2737,02 га, 29 % (2101,74 га) имеют уровень «кризис», 14 % угодий отнесены к уровню деградации «бедствие» (1044,31 га), ввиду потери плодородного слоя свыше 80 % имеют самое худшее состояние (табл. 5).

Таблица 5

Экологическая оценка состояния пашни тестового участка «Донское»

Уровень деградации	Площадь, пикс.	Площадь, га	Доля, %
Норма	20977297,80	1468,08	20,0
Риск	39017773,91	2737,02	37,2
Кризис	29997535,85	2101,74	28,6
Бедствие	14893881,44	1044,31	14,2
Итого	104886489,00	7351,16	100,0

В результате геоинформационного анализа было установлено, что сельскохозяйственные угодья площадью 53513,28 га на дату исследования не использовались по назначению, были заброшены. По степени деградации пахотных угодий на исследуемом тестовом участке «Донское» установлено, что 17 полей относятся к уровню деградации «риск», на 11 полях уровень деградации «кризис» и только 2 поля имеют степень «норма» (рис. 36, 37).

Рис. 36. Распределение уровней деградации пашни тестового участка «Донское»

Распаханные поля значительные по площади в условиях недостаточной защищенности агроландшафтов от развития эрозионных процессов являются потенциально предрасположенными к эрозии, что приводит к снижению продуктивности пашни, поэтому анализ

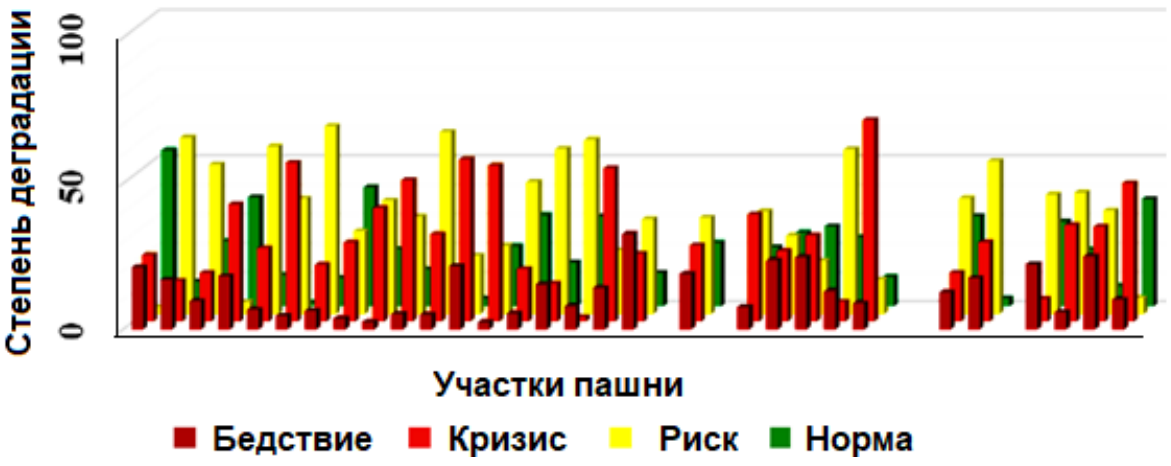


Рис. 37. Распределение полей тестового участка «Донское» по степени деградации

распределения полей по цифровой модели рельефа позволяет рассчитать потенциальный расчетный смыв почвы.

Плоскую поверхность имеют 5 полей (1162,57 га), крутизна склона до 1°, 29 полей на площади 5942,19 га имеют очень пологий склон и 1 поле (246,4 га) на рассматриваемой территории по максимальной крутизне склона можно отнести к пологому.

Таким образом, на одном из полей, общей площадью 95,97 га, средняя крутизна которого 1,03° и максимальная 1,8°, расчетный смыв составил 5,17 т/га, а со всей площади участка – 496,19 т. На следующем участке, площадь которого 248,46 га, усредненное значение крутизны склона 1,18° и максимальная крутизна 2,06°, расчетный смыв почвы составил 7,22 т/га, а со всей площади – 1793,9 т [39,154].

Геоинформационный анализ позволяет проводить оценку существующего обустройства агролесоландшафтов сухостепной зоны, предоставляет возможность осуществить прогноз состояния ландшафтных объектов и отметить закономерности изменения характеристик конкретных компонентов.

Таким образом, установлено что, лесные полосы представленные робинией лжеакацией с заросшими междурядьями, нахо-

дятся в неудовлетворительном санитарном состоянии. Использование современных геоинформационных систем вместе с актуальными космическими снимками исследуемого полигона позволяет сформировать цифровую модель элементов агроландшафта, провести анализ состояния агролесоландшафтов и сохранность лесных насаждений. Рост негативного антропогенного воздействия на агролесоландшафты в сухостепной зоне, отсутствие лесоводственных уходов за лесными насаждениями резко снижают сохранность защитных лесных насаждений.

Проведенная оценка обустройства агролесоландшафтов, основанная на геоинформационном анализе с применением методов геоинформационного моделирования, позволяет сделать следующие выводы:

- геоинформационные картографические слои компонентов агролесоландшафта на основе геоинформационных программ создают возможность провести дистанционную оценку и моделирование сохранности лесных полос и лесных массивов на основе космоснимков;

- низкая сохранность и очевидное ухудшение состояния лесных насаждений агролесоландшафтов Среднего Дона по левому берегу Дона говорит о развитии процессов деградации на этой территории;

- геоинформационная оценка сельскохозяйственных угодий, моделирование, картографирование отражают ухудшение ситуации в целом, значительные по площади угодья, предназначенные для распашки, не используются по целевому назначению, зарастают древесно-кустарниковой растительностью.

Проведенный сопряженный анализ представляет объективность дистанционных методов исследований, указывая на рост антропогенной нагрузки на агролесоландшафты и их нарушенность.

3.4. Анализ защитного влияния лесных полос с учетом вегетационного индекса NDVI на посевных площадях тестового полигона «Калач»

Благодаря геоинформационному анализу можно выявить пространственно-временные закономерности изменения NDVI посевов озимой пшеницы по мере удаления от лесных полос, на которых они размещены [187]. Оценка динамики вегетационных индексов посевных площадей во взаимосвязи с шириной благоприятного защитного влияния лесных насаждений является актуальной задачей.

Современные методы дистанционного зондирования и геоинформационные технологии предоставляют возможность для оценки и анализа многочисленных данных о полезащитных лесных полосах и сельскохозяйственных угодьях (пашнях). В результате геоиоформационного картографирования была разработана карта значений NDVI (рис. 38). Для каждого поля и конкретного участка поля были рассчитаны средние значения вегетационного индекса в границах соответствующего контура на определенную дату.

Динамика значений NDVI посевов на полях с озимой пшеницей в период 2017-2019 гг. строилась по мультиспектральным снимкам, фиксируя изменение густоты биомассы растений. Для анализа было выбрано 23 поля СП «Донское» с озимой пшеницей, значения NDVI полей наглядно показывают изменения объемов биомассы зерновых культур на полях севооборота, значения вегетационного индекса варьировали в интервале от 0,19 до 0,73.

Геоинформационный анализ картографического слоя NDVI полей на май 2017 г. (см. рис. 38) показал, что наибольшей биомассой среди зерновых обладает озимая пшеница. Следует отметить, что из 12 анализируемых полей на отдельных из них NDVI оказался очень низким (поля 13, 14, 21, 33, 59) и составлял всего 0,32-0,35; для полей 12, 15, 16 – 0,4-0,45; для поля 6 – 0,55 и только поля

7, 40, 54 имеют значение индекса 0,6-0,61. Среднее значение NDVI по всем полям озимой пшеницы на 2017 г. составляет 0,44.

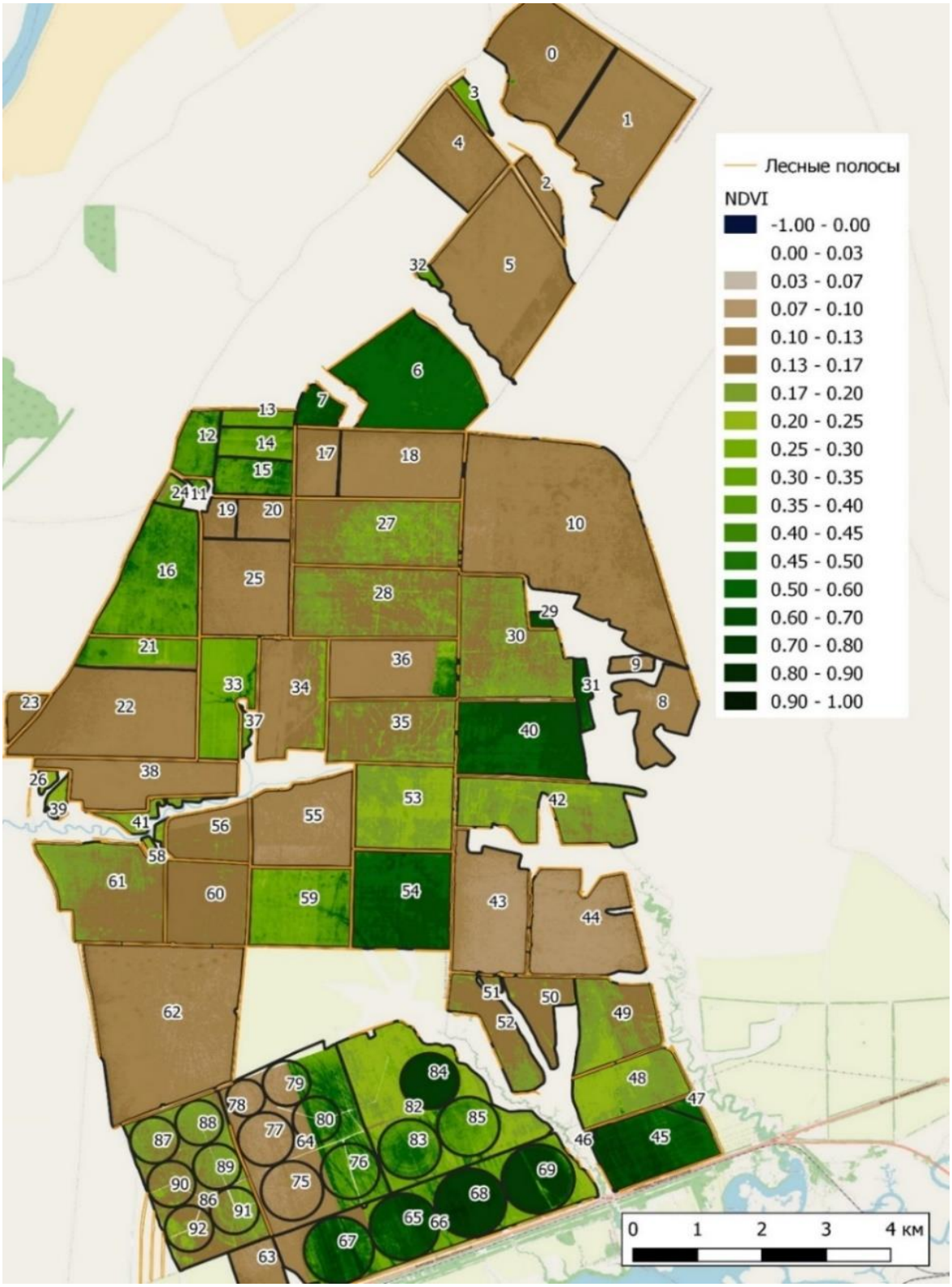


Рис. 38. Карта-схема значений NDVI тестового участка «Донское» на 2017 г.

Геоинформационный анализ картографического слоя NDVI полей на май 2018 г. (рис. 39) показал, что поля озимой пшеницы имеют наибольшие значения биомассы. Из 14 анализируемых полей в большинстве из них NDVI оказался высоким – около 0,6: на полях 62, 34, 5, 38, 55 он составлял 0,65-0,7; на полях 8, 9, 17, 18, 19, 20, 22, 36 – 0,6-0,64; и только на поле 10 – 0,59. Среднее значение по всем полям озимой пшеницы на 2018 г. составляло 0,63.

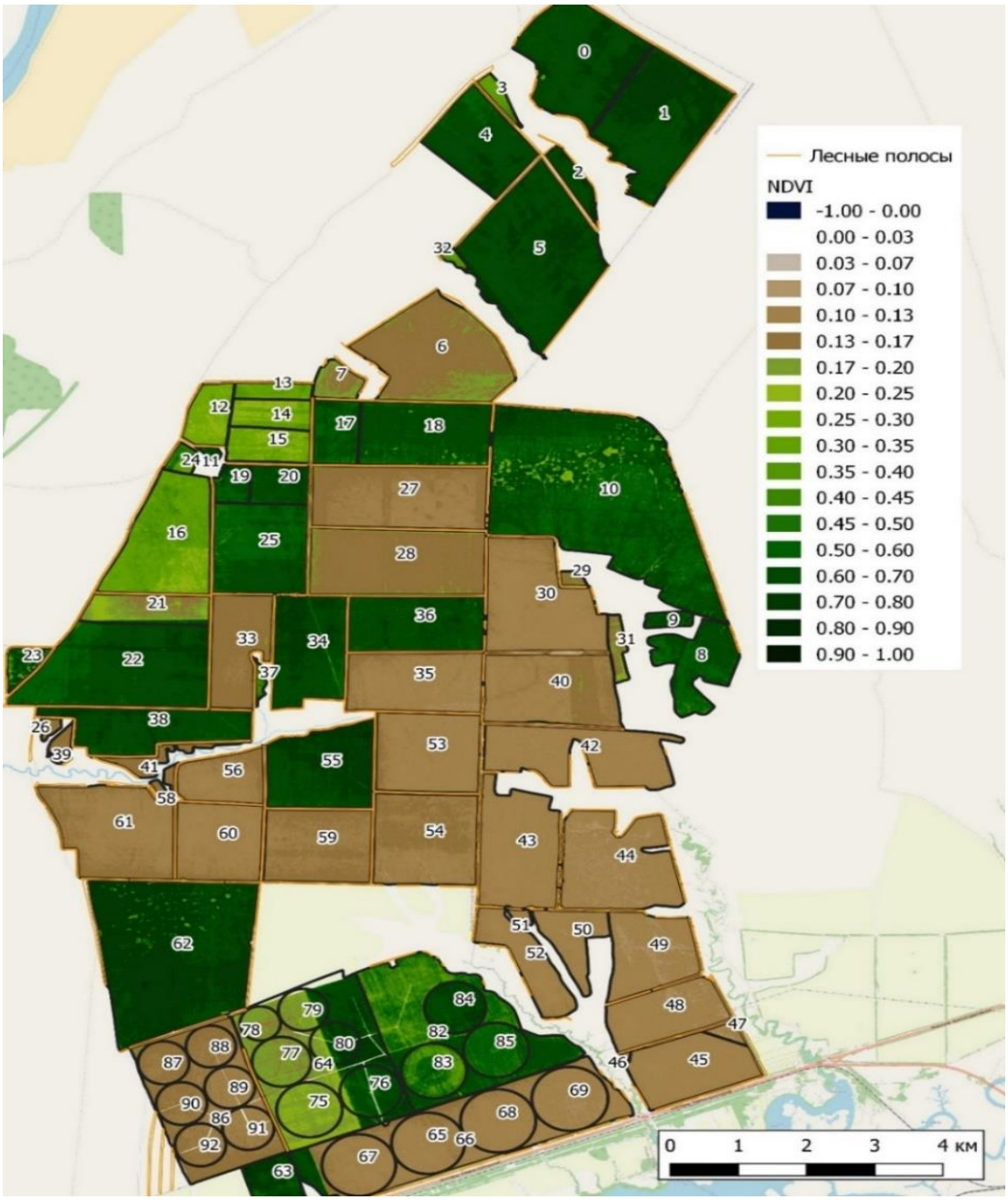


Рис. 39. Карта-схема значений NDVI тестового участка «Донское» на 2018 г.

Геоинформационный анализ картографического слоя NDVI полей на май 2019 г. (рис. 40) показал, что посевы озимой пшеницы на полях 43, 44 имеют значения NDVI значительно выше по сравнению с другими полями, в разные годы он составлял 0,70-0,73.

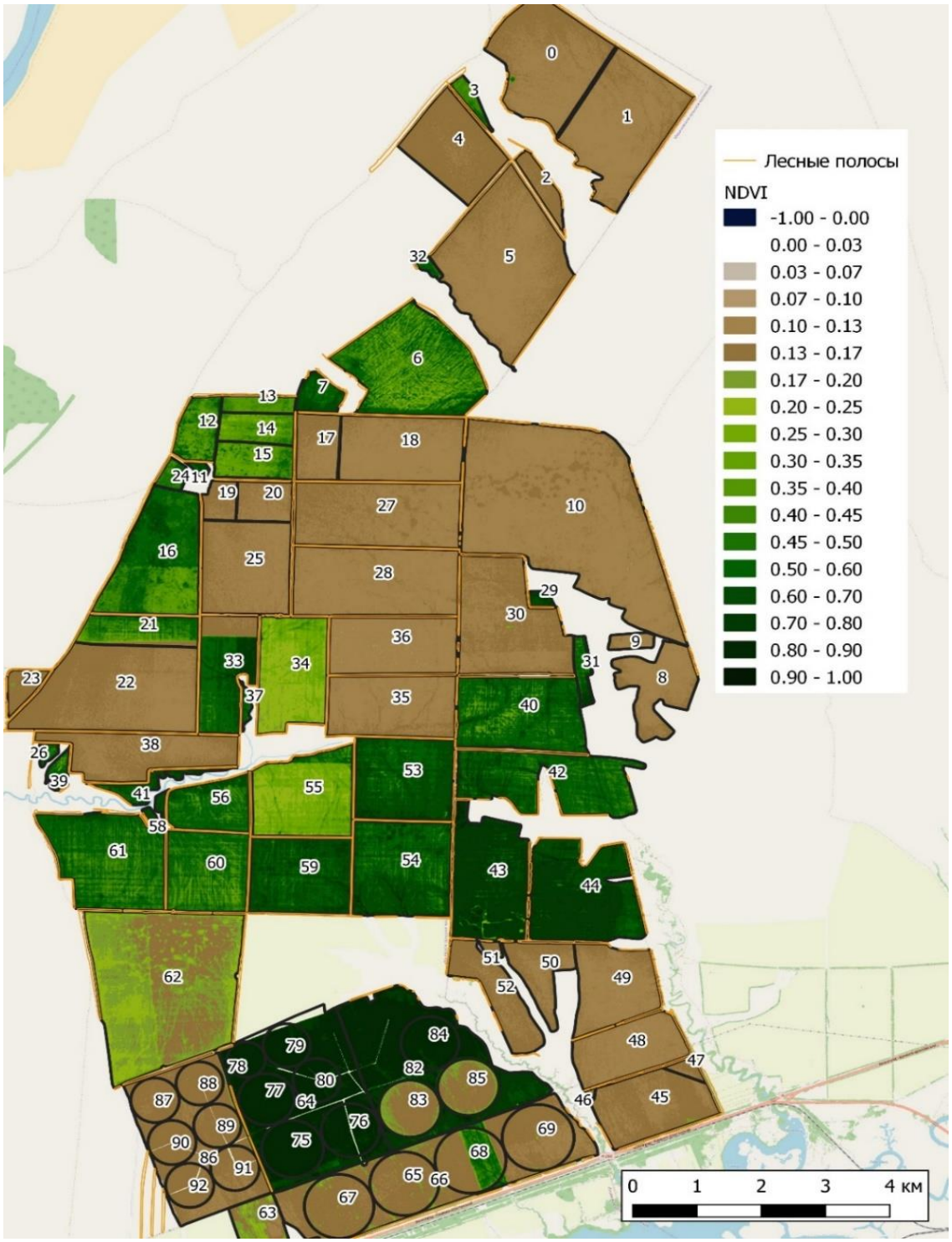


Рис. 40. Карта-схема значений NDVI тестового участка «Донское» на 2019 г.

Из 22 анализируемых полей NDVI имеет следующие значения: на поле 62 он самый низкий и составлял 0,19; для полей 34, 55 – 0,27-0,33; для полей 13, 14, 15, 21 – 0,37-0,39; для полей 6, 12, 60 – 0,43-0,47; для полей 16, 40, 42, 56, 61 – 0,5-0,53 и для полей 41, 53, 54, 59 – выше 0,62. Среднее значение по всем полям озимой пшеницы на 2019 г. составляло 0,49.

На рис. 41 приведены карты отклонений вегетационного индекса от нормы для озимых культур в сухостепной зоне на светло-каштановых почвах тестового полигона «Донское» на май 2019 г.

Установлено, что для значительного количества пахотных угодий среднее значение NDVI озимых культур находится в зоне средней нормы значений. Участки пашни со значением индекса ниже статистической нормы составляют 4,7 %. Из трех полученных изображений пространственного распределения NDVI наибольшие значения вегетационного индекса отмечены в мае 2018 г. На полученных индексных картах исследуемые поля с озимой пшеницей имеют пространственную неоднородность значений NDVI (табл. 6). Это объясняется севооборотным чередованием полей, неоднородностью типов почв, общим количеством осадков и другими факторами [15].

Наиболее стабильные значения NDVI у полей 7, 12, 13 и 21. Снижение значений вегетационного индекса отмечено на пространственно-повторяющихся полях в последующем году ввиду нарушения правил севооборотного чередования полей, и противоположно, ввиду подходящих предшественников или пара на полях, возделываемых в 2017 г., значения NDVI 2019 г. имеют большее значение (прилож. 4).

В границах полей с озимой пшеницей значения NDVI отражают сезонный рост и густоту зеленой биомассы по мере созревания растения, он будет снижаться при колошении, формировании зерна [149].

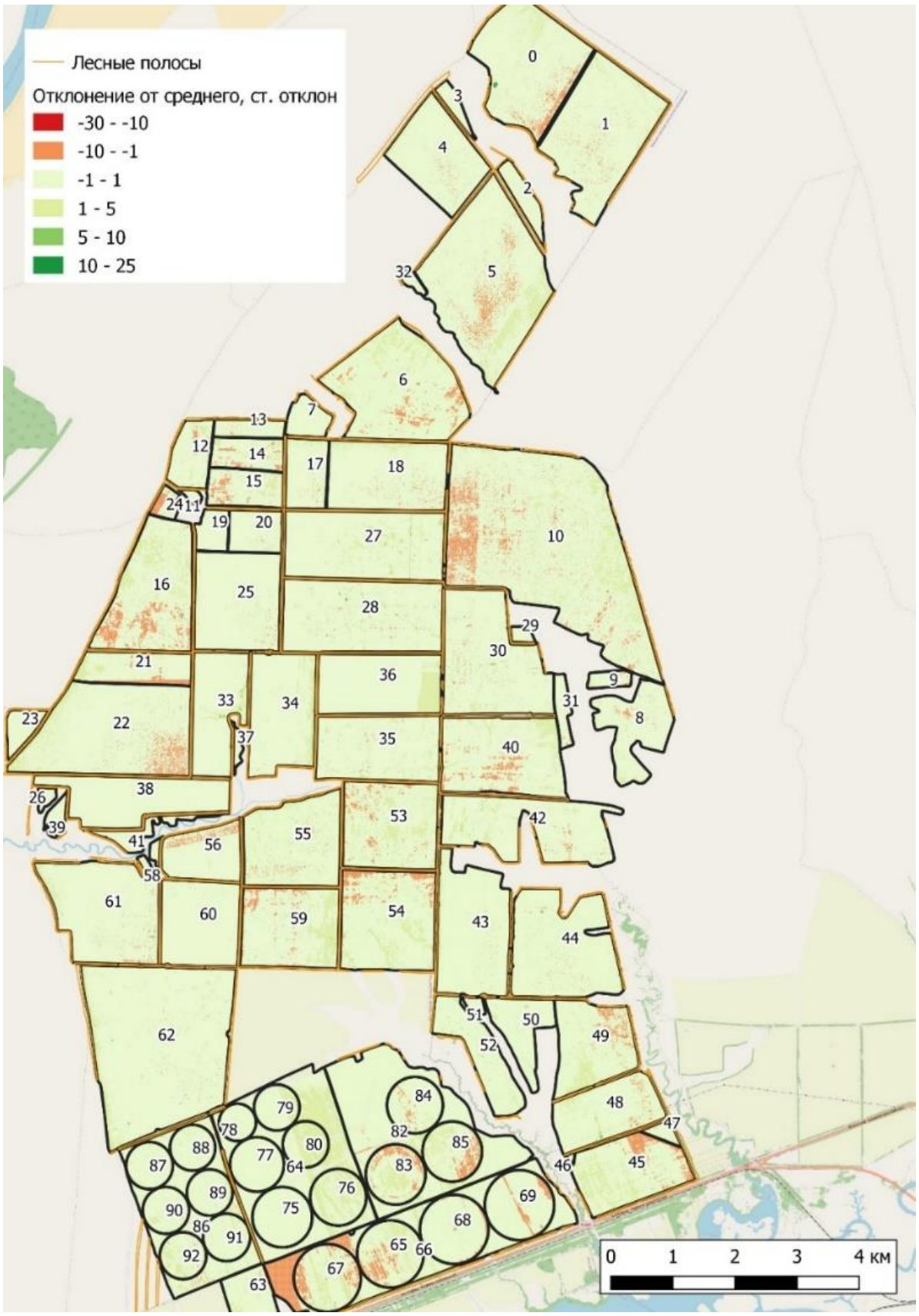


Рис. 41. Карта-схема отклонения от среднего отклонения значений NDVI тестового участка «Донское»

Таблица 6

Пространственно-временные значения NDVI тестового участка «Донское»

2017 г.		2018 г.		2019 г.	
номер поля	NDVI	номер поля	NDVI	номер поля	NDVI
6	0,55	5	0,67	6	0,46
7	0,60	8	0,63	7	0,60
12	0,41	9	0,63	12	0,43
13	0,35	10	0,59	13	0,39
14	0,35	17	0,60	14	0,39
15	0,45	18	0,62	15	0,37
16	0,40	19	0,60	16	0,50
21	0,32	20	0,63	21	0,39
33	0,32	22	0,60	34	0,27
40	0,61	34	0,68	40	0,53
54	0,61	36	0,64	41	0,63
59	0,34	38	0,65	42	0,57
		55	0,70	43	0,73
		62	0,68	44	0,70
				53	0,62
				54	0,63
				55	0,31
				56	0,52
				59	0,63
				60	0,47
				61	0,51
				62	0,19

Моделирование и анализ значений NDVI второй декады мая для озимых зерновых культур сухостепной зоны позволили отразить и состояние культуры на актуальный момент, и уровень благоприятного влияния полезащитных лесных полос на каждое поле.

Корреляционно-регрессионный анализ позволил количественно оценить тесноту и ориентацию связи, а также выявить аналитическое выражение взаимосвязи конечного итога от конкретных причинных свойств.

Зависимость стабильных значений вегетационного индекса на полях с озимой пшеницей от сохранности лесных полос и удален-

ности от них отражена на 34 полях тестового участка «Донское».

Зона влияния от 2017 г. к 2019 г. меняется. Меняется количество исследуемых полей озимой пшеницы и полезащитных лесных полос вокруг них. По данным на 2017 г., было исследовано 12 полей и 37 лесных полос, на 2018 г. 14 полей и 88 лесных полос, на 2019 г. 23 поля и 96 лесных полос соответственно (рис. 42-44).

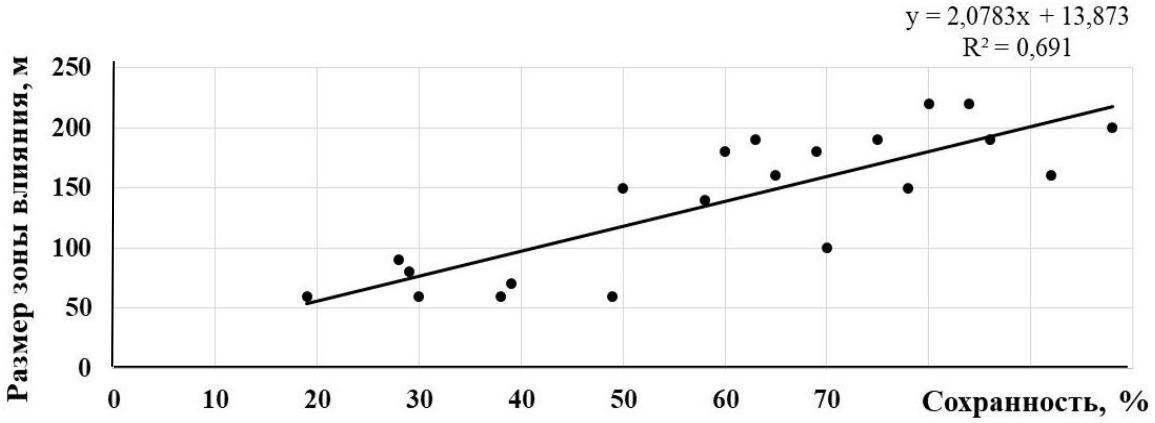


Рис. 42. Зависимость размера зоны влияния от сохранности лесных полос на 2017 г.

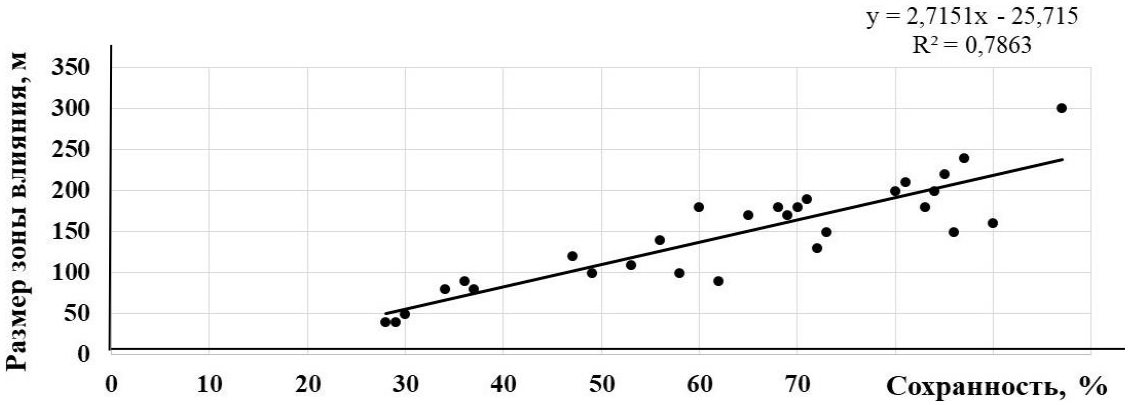


Рис. 43. Зависимость размера зоны влияния от сохранности лесных полос на 2018 г.

Теснота взаимосвязи между сохранностью лесных полос и величиной зоны ее влияния растет, что подтверждается коэффициентом корреляции.

Ширина зоны влияния увеличивается за счет большего количества исследуемых полей и лесных полос, оказывающих благоприятное воздействие на них.

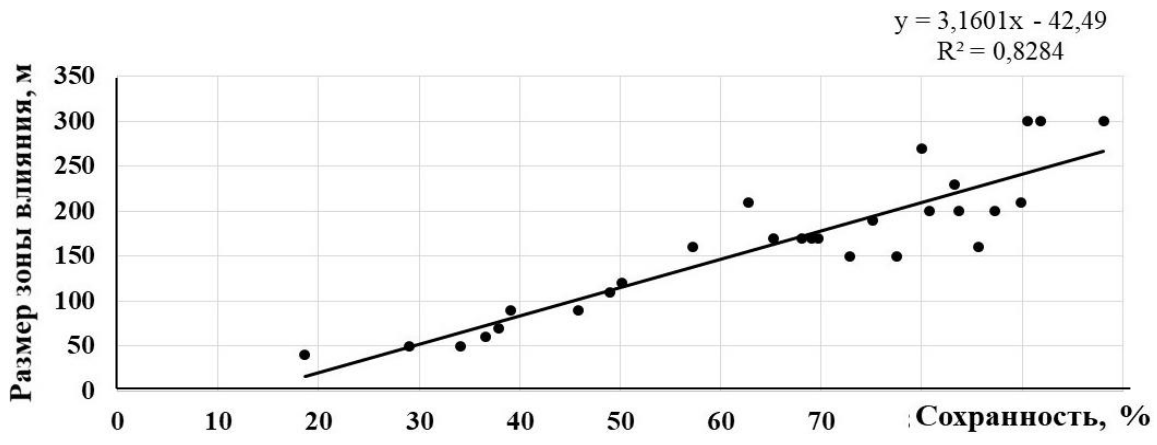


Рис. 44. Зависимость размера зоны влияния от сохранности лесных полос на 2019 г.

Так, на 2017 г. коэффициент корреляции составил 0,83, на 2018 г. – 0,88, на 2019 г. – 0,9.

Установлена тесная связь сохранности лесных насаждений и размера зоны влияния их на полях, коэффициент корреляции растет при бóльшей выборке. Получена динамика увеличения ширины зоны влияния стабильных показателей вегетационного индекса растительности с увеличением сохранности лесных полос. Так большинство полезащитных лесных полос с сохранностью до 65 % имеют зону благоприятного влияния до 150 м, а при уровне деградации «норма», сохранность которых выше 80 %, создают благоприятные защитные условия на полях на удалении свыше 200-250 м.

Данные исследования на светло-каштановых почвах по комплексному влиянию полезащитных лесных полос (их состояние и удаленность до конкретной точки поля) воздействуют на вегетационный индекс и урожайность зерновых культур. Выявлено, что объем фитомассы в выделенном диапазоне 10 × 10 м^2 каждого поля распределяется неравномерно и меняется в зависимости от удаленности от лесной полосы и ее сохранности. В границах агролесоландшафта стабильный вегетационный индекс чаще встречается в зоне от 10 до 25Н от лесных полос, имеющих уровень деградации «норма» и «риск». По мере приближения к полезащитной лесной полосе видны скачки показателей NDVI почвы,

аналитическим путем это обусловливается наличием зоны депрессии, доступной влаги в почве, и NDVI растет по мере увеличения выборки используемых данных.

Оценка тесноты корреляционной связи между сохранностью и шириной зоны влияния полезащитных лесных полос полигона «Калач» показал, что продуктивность озимой пшеницы и вегетационный индекс характеризуется тесной связью, близкой к единице. Ширина зоны влияния лесных полос, определенная по показателям NDVI, зависит от их сохранности. Исследования позволили выявить закономерность изменения ширины зоны влияния.

По средним значениям NDVI за 2017-2019 гг. (рис. 45) составлено уравнение регрессии: $y = 2{,}7372x - 21{,}625$, коэффициент корреляции между сохранностью и размером зоны влияния составил 0,94, следовательно, можно утверждать, что ширина благоприятной зоны обусловлена варьированием сохранности полезащитных лесных полос.

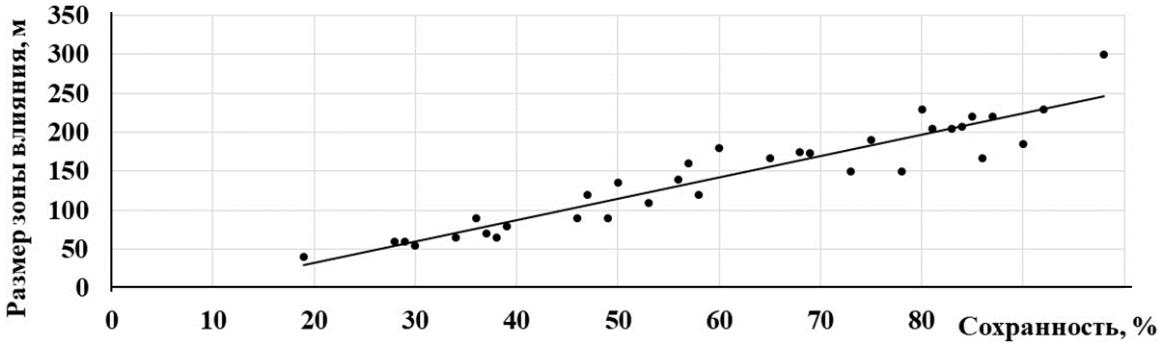


Рис. 45. Зависимость размера зоны влияния лесных полос от сохранности тестового участка «Донское» (среднее за 2017-2019 гг.)

Достоверность полученных значений линии тренда по практическим расчетам зависит от количества исходных данных. При достаточном наборе исходной информации регрессионная линейная модель представлена как наиболее значимая, что объясняет до 90 % общей вариации значений вегетационного индекса.

Влияние культуры земледелия на продуктивность можно оце-

нить по изменению линии тренда, характеризующей тенденцию изменения урожайности зерновых за 2017-2019 гг. Для оценки особенностей динамики урожайности были применены уравнения линии временной тенденции урожайности озимой пшеницы для Волгоградской обл. с использованием данных атмосферных осадков и положительных температур (рис. 46, 47).

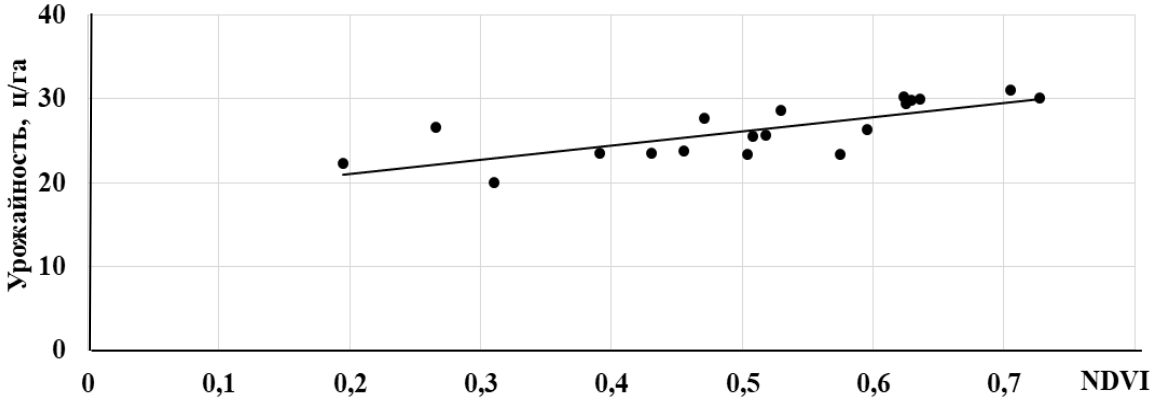


Рис. 46. Зависимость урожайности и вегетационного индекса тестового участка «Донское» на 2019 г.

Анализ урожайности озимой пшеницы за 2017-2019 гг. показывает, что зависимость выхода продукции от уровня культуры земледелия отождествляется наиболее высоким коэффициентом корреляции [165]. Гидротермический коэффициент составил в 2017 г. – 0,244; в 2018 г. – 0,426; в 2019 г. – 0,506.

Максимальная урожайность озимых зерновых отмечена в большинстве районов Волгоградской обл. В 2019 г. она составляла около 24,8 ц/га, в 2018 г. – 23,5 ц/га, в 2017 г. – 33,2 ц/га.

Существует зависимость между значениями NDVI, проективным покрытием полей, продуктивностью, состояние лесных полос, позволяющая перейти от значений индекса к показателям ширины благоприятной зоны лесных полос и их состояния. С учетом этого полученная кривая обеспеченности NDVI позволяет оценивать обеспеченность пашни фитомассой по мере удаления от защитных лесных насаждений. Продуктивность зерновых куль-

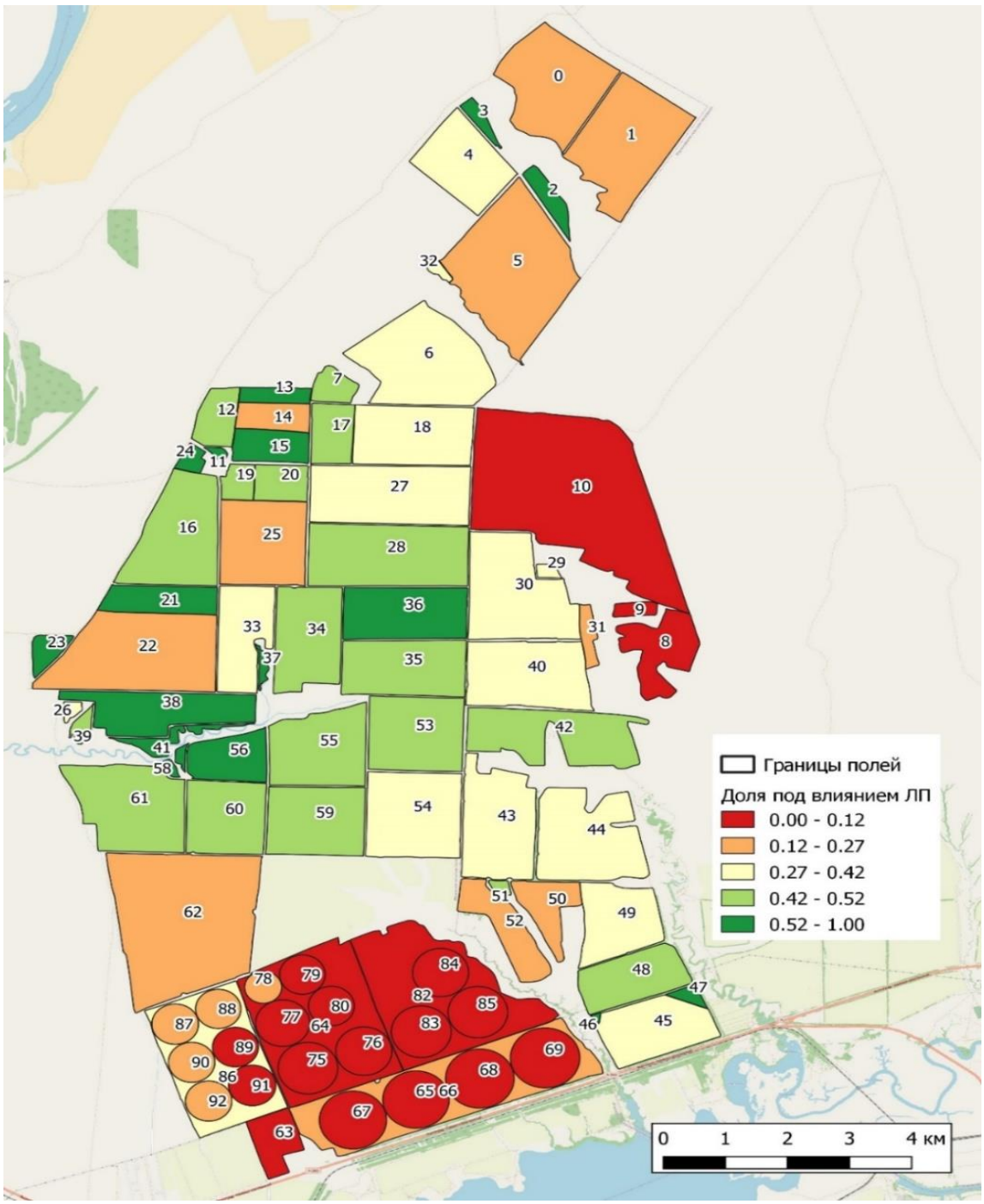


Рис. 47. Ширина благоприятного влияния лесных полос тестового участка «Донское»

тур связана с расстоянием лесной полосы от поля и агротехнологий. Получив уравнения регрессии, можно рассчитать расчетную урожайность поля, применив взаимосвязь вегетационного индекса и сохранности лесных полос.

По уравнению регрессии $y = 18,773e^{0,6529x}$ коэффициент кор-

реляции составил 0,75, что говорит о том, что тесная связь между указанными факторами объясняется тем, что в рассматриваемый период в регионе исследования основные массивы посевов занимают озимые культуры. Сведения, получаемые со спутника, определяются сходными объектами (см. рис. 46, табл. 7).

Таблица 7

Связь урожайности и вегетационного индекса тестового участка «Донское» на 2019 г.

Номер поля	Ср. NDVI	Урожайность, ц/га	
		прогнозная	фактическая
6	0,455	23,05	24,7
7	0,595	30,97	27,5
12	0,430	21,62	24,3
13	0,394	19,59	23,5
14	0,387	19,22	23,3
15	0,370	18,27	23,3
16	0,503	25,77	25,7
21	0,391	19,41	23,9
34	0,265	12,31	21,0
40	0,529	27,21	26,5
41	0,625	32,65	28,1
42	0,574	29,80	26,7
43	0,726	38,40	30,2
44	0,704	37,14	29,6
53	0,623	32,55	28,1
54	0,629	32,89	27,7
55	0,310	14,82	21,8
56	0,518	26,59	26,2
57	0,635	33,24	28,2
59	0,630	32,95	28,2
60	0,470	23,92	25,3
61	0,508	26,03	25,8
62	0,194	8,29	19,6

В регионах с преобладанием иных сельскохозяйственных культур конструкции лесных насаждений, других типов почв, рельефа с наличием интенсивных эрозионных процессов NDVI может существенно отличаться от установленного на полигоне. Но,

несмотря на некоторые условности, можно констатировать, что разработанные нами методы прогнозов урожайности озимых культур имеют явные преимущества и могут быть рекомендованы для использования в формировании прогноза урожая.

Выявленные зависимости справедливы для подобных агроландшафтов с аналогичными технологиями обработки почвы возделывания сельскохозяйственных культур.

Результатом проведенного исследования является введение вегетационного индекса NDVI в линейную регрессионную модель данных дистанционного зондирования, что ведет к существенному повышению качества проведенного анализа. Испытание моделей на трехлетнем временном периоде с двумя переменными показало их практическую применимость. Наряду со стандартными параметрами (удаленность, конфигурация, сохранность), модели включают спутниковые данные дистанционного зондирования. Заключение о качестве оценки выполнилось по итогам трехлетней выборки показателей на основе двух критериев метода и его допустимой ошибки.

Исследованиями установлено, что лишь третья часть полей тестового участка «Донское» имеет защищенную площадь меньше 40 %, остальные поля обладают бóльшей благоприятной шириной (от 42 %), однако лишь 4 поля с озимой пшеницей имеют самые высокие показатели доли защитного влияния полезащитными лесными полосами – от 52 до 96 % (см. рис. 47, прилож. 5).

При этом эти поля небольшие по площади – до 100 га. Также можно отметить, что именно на этих полях, по размеру не превышающих 200 га, вместе с ростом показателей доли защитного влияния лесных полос, вегетационного индекса растет и урожайность. Далее с ростом площадей полей размер защищенной площади уменьшается и соответственно снижается благоприятное воздействие лесных полос, их влияние уже не дает тесной зависимости с продуктивностью сельскохозяйственных угодий (рис. 48).

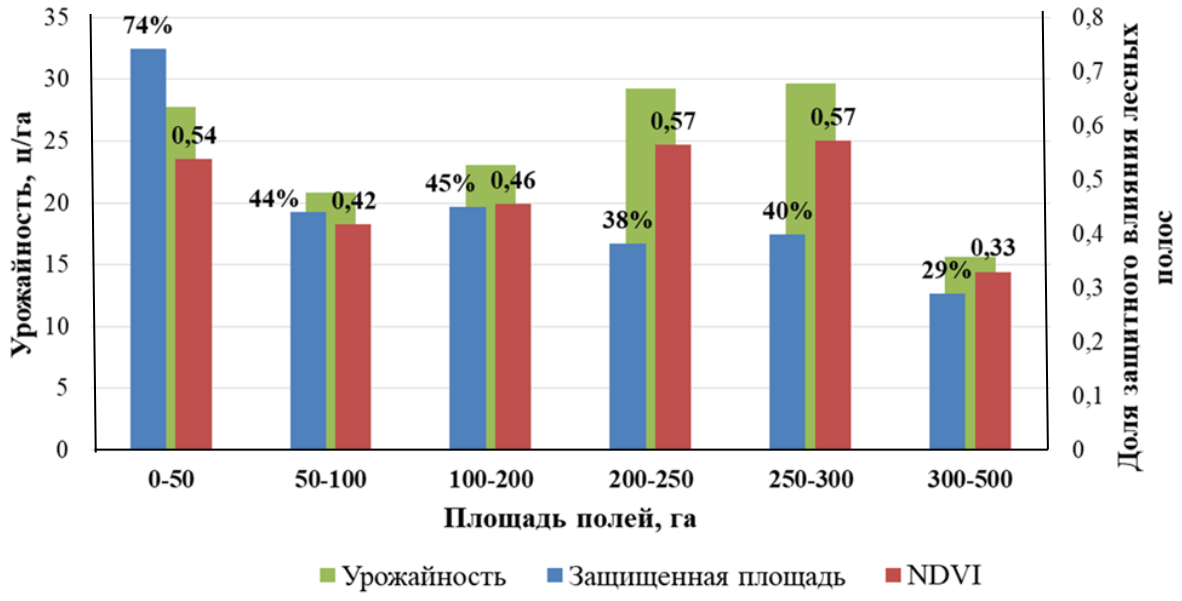


Рис. 48. Динамика урожайности по размерам полей тестового участка «Донское»

Оценка значений вегетационного индекса показала, что под благоприятным влиянием полезащитных лесных полос он в среднем на 8 % выше, чем вне зоны влияния. Расчетная урожайность аналогично выше на 3 % в зоне под защитой лесных насаждений (табл. 8).

Таблица 8

Оценка значений вегетационного индекса под благоприятным влиянием полезащитных лесных полос

Поле	NDVI		Разница, %	Урожайность, ц/га		Разница, %
	под защитой	без защиты		под защитой	без защиты	
1	2	3	4	5	6	7
6	0,49	0,42	15,45	25,38	24,10	5,32
7	0,62	0,57	8,91	28,02	27,02	3,70
12	0,46	0,41	10,45	24,74	23,89	3,54
13	0,40	0,39	2,98	23,66	23,43	0,97
14	0,41	0,36	14,96	23,82	22,77	4,59
15	0,39	0,38	3,65	23,43	23,16	1,16
16	0,50	0,51	–1,92	25,58	25,77	–0,74
21	0,47	0,35	32,97	25,02	22,74	10,07
34	0,28	0,25	11,55	21,23	20,67	2,73
40	0,55	0,53	3,98	26,67	26,25	1,59

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6	7
41	0,61	0,65	–5,85	27,73	28,47	–2,60
42	0,56	0,55	1,07	26,79	26,67	0,44
43	0,74	0,73	1,73	30,29	30,05	0,82
44	0,70	0,72	–2,85	29,44	29,84	–1,34
53	0,65	0,60	7,43	28,51	27,63	3,18
54	0,62	0,59	4,87	27,95	27,39	2,06
55	0,34	0,27	23,42	22,43	21,17	5,95
56	0,56	0,50	12,99	26,79	25,53	4,95
57	0,65	0,61	6,52	28,55	27,76	2,81
59	0,65	0,62	4,63	28,47	27,91	2,01
60	0,49	0,47	4,56	25,46	25,04	1,69
61	0,53	0,49	9,39	26,24	25,34	3,54
62	0,20	0,18	12,18	19,80	19,36	2,25
			8,00			2,60

Исследования отразили взаимосвязь, по которой увеличение сохранности полога лесной полосы влияет на рост ширины благоприятного влияния, растет доля защитного влияния лесной полосы на поле и продуктивность сельхозкультур на этом участке поля. Самая высокая урожайность отмечается там, где самые высокие показатели вегетационного индекса и наоборот (рис. 49).

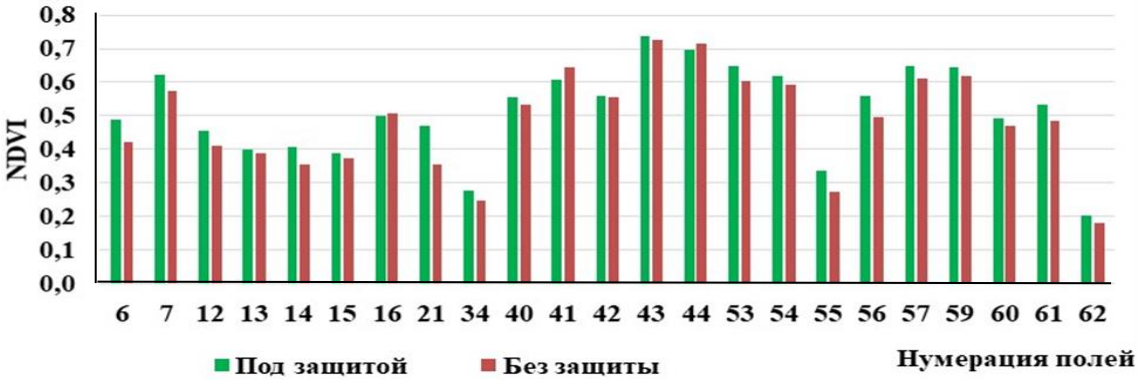


Рис. 49. Разница изменений значений NDVI в зоне/ вне влияния лесных полос на полях тестового полигона «Донское»

Анализ линейных трендов показывает, что решающими факторами, определяющими продуктивность, является состояние поле-

защитных лесных насаждений. Кроме того он показывает, выполняют ли они свои функции, влагообеспеченность посевов и термический режим мая.

Сельскохозяйственная деятельность по своей зависимости от климатических условий подвержена существенным рискам. По мере функционирования аграрного производства их снижение требует новых оптимальных способов и приемов. Особым аспектом оптимального и стабильного землепользования является внедрение современных программ и применение геоинформационных технологий, необходимых на всех его этапах, которые позволили выполнить геоинформационное картографирование и моделирование состояния агролесоландшафтов, проанализировать большие площади территорий сухостепной зоны с высокой точностью, оценить современное состояние лесных насаждений, их сохранность, защитное влияние на пахотные угодья, уровень деградации на основе аэрокосмической информации на территории исследований. Также были установлены возможности применения данных дистанционного зондирования Земли для анализа и получения показателей урожайности озимой пшеницы в агролесоландшафте.

В результате оценки состояния и анализа лесомелиоративного обустройства агроландшафтов с использованием аэрокосмических методов и геоинформационных технологий разработана цифровая модель элементов модельного агролесоландшафта, проведен анализ состояния сельскохозяйственных угодий и выявлена сохранность лесных насаждений.

По итогам геоинформационного моделирования можно сделать вывод о необходимости развития сельскохозяйственной организации на исследуемой территории:

картографические слои компонентов агролесоландшафта на основе геоинформационных программ и данных дистанционного зондирования дали возможность провести дистанционную оценку и установить сохранность лесных насаждений, которая на мо-

мент исследования находилась на уровне «кризис» и «бедствие»;

низкая сохранность состояния лесных насаждений агролесоландшафтов Среднего Дона сухостепной зоны говорит о негативной динамике процессов деградации;

геоинформационная оценка пашни показывает негативные изменения, при этом крупные по площади угодья, предназначенные для распашки, не используются по целевому назначению, переходят в залежь и зарастают древесно-кустарниковой растительностью;

анализ линейных трендов показывает зависимость величины благоприятного влияния от сохранности полезащитных лесных полос, установленные значения вегетационного индекса свидетельствуют о благоприятном влиянии полезащитных лесных полос, увеличивая продуктивность в среднем на 8 % выше , чем вне зоны их влияния;

с ростом площадей полей уменьшается защищенная площадь и соответственно снижается благоприятное воздействие лесных полос.

Внедрение современных геоинформационных технологий позволяет абсолютно точно структурировать все компоненты агролесоландшафта в пространстве, определять их качественное и количественное состояние, динамику изменения и составлять долгосрочные и перспективные программы по рациональному освоению территорий.

4. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУСТРОЙСТВА АГРОЛЕСОЛАНДШАФТА

Чтобы оценить экологическое состояние исследуемого агролесоландшафта для целей сельскохозяйственного производства необходимо более детально рассмотреть качественные показатели для оценки экологической стабильности, нагрузки. Основные лесозащитные насаждения расположены вокруг районного центра г. Калач-на-Дону, они благоприятно влияют на плодородие и высокую производительность данных почв и создания оптимальных условий для микроклимата.

Для оценки экологической эффективности обустройства агролесоландшафта необходимо выяснить устойчивость современного ландшафта. На основе оценки устойчивости агроландшафтов можно провести агроэкологическую оценку территории, включающую в себя: оценку степени сельскохозяйственного освоения, оценку общей устойчивости территории, оценку деградации сельскохозяйственных угодий, оценку экологической стабильности агроландшафта (учитывая площади биотических элементов, коэффициент значимости и геоморфологической устойчивости), оценку степени антропогенной нагрузки.

За последнее десятилетие площади пашни сократились свыше, чем на 20 тыс. га, при этом земли сельскохозяйственного назначения почти не уменьшились, а лишь изменились в своей структуре (рис. 50).

Преобладающая площадь сельскохозяйственных угодий 307137,0 га или 72,8 %, размещается в составе категории земли сельскохозяйственного назначения, в которой площадь пашни

225931,2 га (53,58 %). Пастбища занимают 95326,25 га (20,83 %). На многолетние насаждения и сенокосы приходится 592 га (0,14 %), от всей площади сельскохозяйственных угодий. Площадь несельскохозяйственных угодий 107053,4 га (прилож. 6). Эрозионные процессы получили развитие на 70 % сельскохозяйственных угодий. Балки и их отроги делят территорию района на крупные межбалочные водоразделы, удобные для земледелия [40, 63, 64].

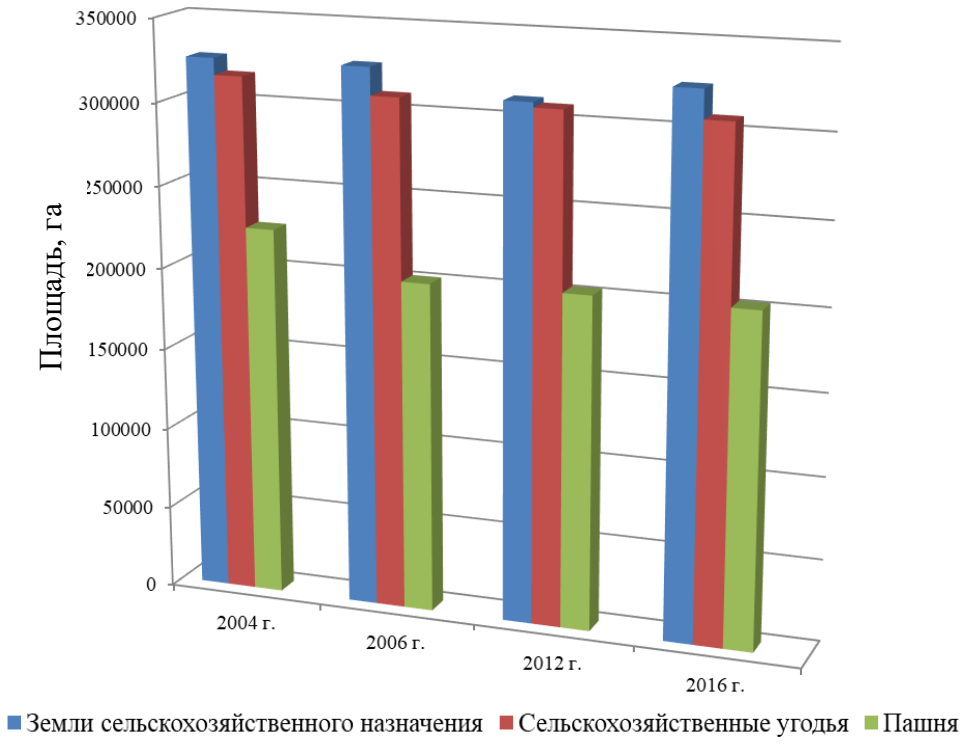


Рис. 50. Динамика изменения площадей сельскохозяйственных угодий в Калачевском р-не

Бóльшую часть территории исследований занимают земли сельскохозяйственного назначения – 326104,3 га, что составляет 77,3 % площади всей территории земель, 54 % земель вовлечены в активный хозяйственный оборот. При оценке экологической эффективности и устойчивости агролесоландшафтов необходимо определить видовое разнообразие агроэкосистем и способность их к воспроизводству, самосохранению и восстановлению потенциала почвенной продуктивности (табл. 9).

Таблица 9

Дифференциация сельских поселений по степени сельскохозяйственного освоения

Поселение	Площадь земель сельхозназначения, га	Доля земель сельхозназначения, %		Степень освоения	Класс
Береславское	25584,6	6,10	5-10	Средне освоенные	III
Бузиновское	29813,87	7,00			
Голубинское	58935,95	13,90	> 10	Достаточно освоенные	IV
Зарянское	6919,3	1,65	1-5	Слабо освоенные	II
Ильевское	17483,91	4,20			
Крепинское	53668,7	12,70	> 10	Достаточно освоенные	IV
Логовское	20241,9	4,80	1-5	Слабо освоенные	II
Ляпичевское	34983,35	8,30	5-10	Средне освоенные	III
Мариновское	8740,74	2,10	1-5	Слабо освоенные	II
Приморское	18009,39	4,30			
Советское	13004,5	3,10			
Пятиизбянское	37187,3	8,80	5-10	Средне освоенные	III
Калачевское	1530,77	0,36	< 1	Очень слабо освоенные	I

Суммарный индекс деградации, оцененный по методике В. И. Петрова, составляет 181,5, на территории исследуемого района широко распространены среднеэродированые почвы и такие формы негативных процессов как солонцеватость и ветровая эрозия (табл. 10) [48, 130, 131].

Таблица 10

Шкала индексов деградационной опасности района

Район	Индексы деградационной опасности			
	эрозия	дефляция	засоление	солонцеватость
Калачевский	70,0	28,4	19,3	63,8

Принимая за основу статистические данные о распределении земель, занятых различными видами угодий и хозяйственной

деятельности, рассчитываются показатели естественной защищенности $К_{ез}$, абсолютной $К_а$ и относительной $К_о$ антропогенной напряженности. Используя коэффициент абсолютной антропогенной напряженности $К_а$, оценивается отношение площади земель промышленности под застройками к площади лесных земель (табл. 11).

Таблица 11

Сбалансированность территориальной структуры земельных угодий сельских поселений Калачевского района

Сельское поселение	Селитные земли, га	Земли под дорогами, га	Селхозугодья, га	Лесные земли, га	$К_о$	$К_а$	$К_{ез}$
Береславское	861,90	45,12	24362,10	0	0,04	0	0,17
Бузиновское	325,70	58,98	27510,70	0	0,01	0	0,07
Голубинское	560,40	89,8	56310,00	2489,00	0,01	0,23	0,14
Зарянское	200,40	240,49	6736,80	15,20	0,07	13,2	0,26
Ильевское	349,86	701,04	16245,90	27225,20	0,02	0,01	0,38
Крепинское	484,60	278,79	52810,70	0	0,01	0	0,18
Логовское	242,80	225,09	18504,90	321,27	0,02	0,76	0,10
Ляпичевское	587,30	394,58	33340,40	158,60	0,03	3,70	0,11
Мариновское	266,30	20623,5	6480,84	228,10	3,11	1,17	0,06
Приморское	257,20	296,3	16914,90	117,60	0,03	2,19	0,08
Советское	362,54	927,75	12046,30	52,00	0,11	5,97	0,17
Пятиизбянское	579,00	153,73	34448,00	2092,00	0,02	0,28	0,09

Коэффициент относительной антропогенной напряженности $К_о$ используется для оценки отношения площади земель под застройкой и дорогами к площади сельскохозяйственных угодий и лесных земель.

Коэффициент относительной напряженности позволяет установить уровень антропогенной нагрузки на территории Мариновского сельского поселения по отношению к антропогенной нагрузке в районе в целом.

Показатель естественной защищенности $К_{ез}$ отражает отношение площадей категорий земель с соответственным коэффициентом средостабилизирующей стабильности: очень высокой ($К_{сс}$

= 1,0), высокой ($К_{сс}$ = 0,8), средней ($К_{сс}$ = 0,6) и низкой ($К_{сс}$ = 0,4) к общей площади исследуемой территории [90]. Из площади всего района только Ильевское сельское поселение выделяется со средней степенью естественной защищенности ($К_{ез}$ от 0,3 до 0,5), остальные сельские поселения имеют низкую степень ($К_{ез}$ менее 0,3).

Коэффициенты экологической стабильности рассчитаны по методике Б. И. Кочурова для геоэкологических исследований. Так экологическая стабильность Ильевского сельского поселения, на территории которого находится тестовый участок «Донское», имеет градацию экологической неустойчивой стабильности ($К_{эк.ст}$ в диапазоне 0,35-0,51), как и на территориях Зарянского и Крепинского поселений. В Ильевском сельском поселении из общей структуры землепользования 35 % занимают земли сельскохозяйственных угодий, из них 62 % это пахотные угодья (табл. 12, рис. 51).

Таблица 12

Оценка земель сельских поселений по показателям сбалансированности территориальной структуры Калачевского р-на

Поселение	Доля сельхозугодий в общей площади, %	Доля пашни в площади сельхозугодий, %	Лесистость территории, %	$К_{экст}$	$К_{ант}$
Береславское	0,84	0,82	0,010	0,31	3,68
Бузиновское	0,91	0,90	0,010	0,24	3,90
Голубинское	0,91	0,71	0,040	0,31	3,45
Зарянское	0,81	0,86	0,020	0,44	4,23
Ильевское	0,35	0,62	0,590	0,38	1,32
Крепинское	0,97	0,57	0,003	0,39	3,63
Логовское	0,88	0,81	0,020	0,27	3,63
Ляпичевское	0,94	0,75	0,010	0,28	3,69
Мариновское	0,21	0,76	0,020	0,11	1,04
Приморское	0,87	0,85	0,020	0,24	3,62
Советское	0,78	0,83	0,020	0,31	3,55
Пятиизбянское	0,56	0,75	0,040	0,19	2,16

Оценка коэффициента экологической стабильности территории происходит путем соотношения сельскохозяйственных и иных угодий, которые обладают стабилизирующим или дестабилизиру-

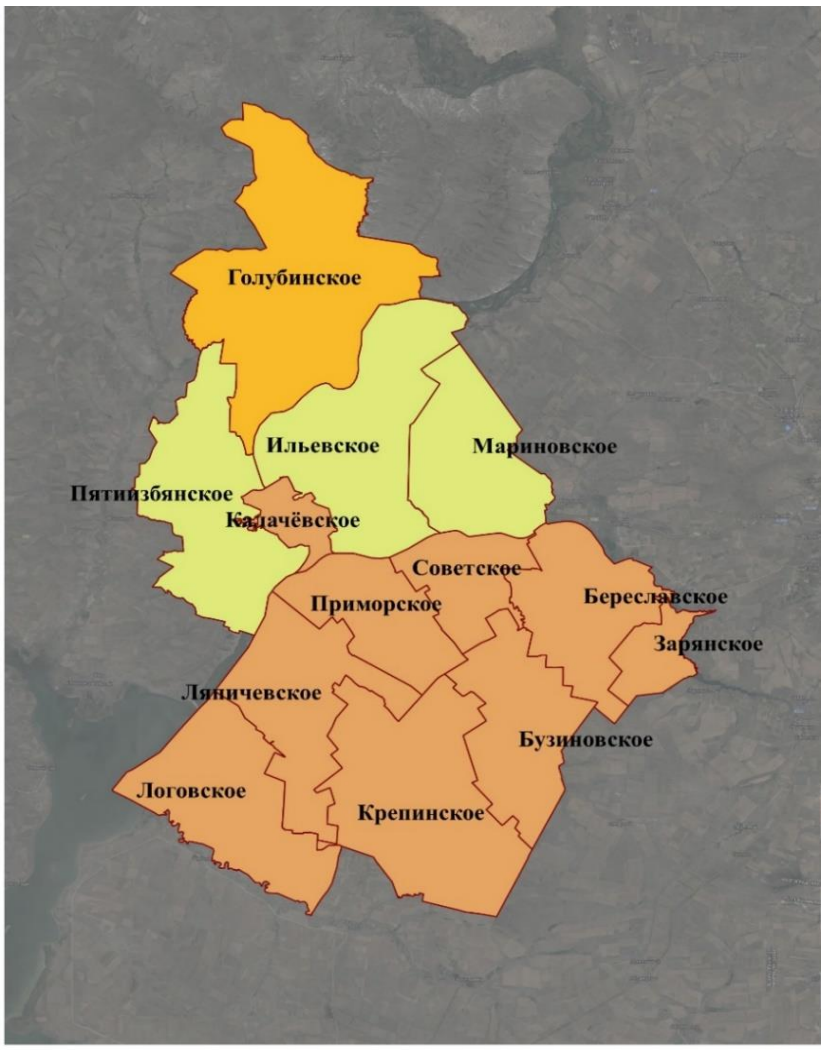
ющим влиянием на него. Она характеризует рациональное соотношение угодий и оптимальный режим использования.

М 1:700000

Рис. 51. Картограмма экологической стабильности Калачевского р-на (– земли экологически нестабильны (0-0,33); – земли экологически неустойчиво стабильны (0,34-0,50)

Основываясь на результатах табл. 14, встает необходимость оценки территории по степени антропогенной нагрузки, которая рассчитывается исходя из выделенных видов и категорий земель и соответствующих баллов степени антропогенной нагрузки (от 5 до 1) к общей площади исследуемой территории [89].

Коэффициент антропогенной нагрузки Ильевского, Мариновского и Пятиизбянского сельских поселений находится в диапазоне от 0 до 3 (рис. 52), что соответствует низкой антропогенной нагрузке на территорию.



М 1:700000

Рис. 52. Картограмма антропогенной нагрузки Калачевского р-на (– низкая антропогенная нагрузка (0-3); – умеренная антропогенная нагрузка (3-3,5); – высокая антропогенная нагрузка (3,5-4,5)

Проведенная оценка устойчивости агроландшафта позволяет характеризовать соответствие антропогенной нагрузки его экологической емкости, экологическую сбалансированность его компонентов, что позволяет создавать оптимизированную структуру.

Пашня площадью308 га имеет низкое плодородие, 33 га земель подверглись сильной степени засоления, площадь пахотных угодий с низким содержанием гумуса в почве составила 176,8 га. На территории района исследования имеются земли, пригодные для использования под любые сельскохозяйственные угодья, всего 110,8 тыс. га, это 34,1 % площади всех земель сельскохозяйственного назначения. Из них площадь пашни составила 102,6 тыс. га, соответственно 37,1%. Земли малопригодны под пашню, но пригодны преимущественно под пастбища и сенокосы. Земли, предна-

значенные для естественных угодий, составили 185,7 тыс. га (5,72 %) сельскохозяйственных угодий. К непригодным для сельскохозяйственного использования относятся земли, которые занимают 17,1 тыс. га и составляют 2,26 %. Таким образом, 115,1 га сельскохозяйственных угодий, пригодных под естественные кормовые угодья, используются под пашню [40].

Анализ данных мониторинга земель отразил основные негативные процессы, в связи с чем наиболее острые почвенно-экологические проблемы исследуемой территории только ухудшаются.

Установлено, что на исследуемой территории необходимо проведение комплексных работ по охране земель и их воспроизводству. Это агротехнические и лесомелиоративные мероприятия, направленные на восстановление существующих лесных насаждений и ведение мероприятий по реконструкции системы и строительству новых полезащитных лесных полос, снижающих эрозионные процессы и направленные на предотвращение деградационных процессов, а также на повышение плодородия почв, проведение своевременной и качественной рекультивации земель и дальнейшее использование их по целевому назначению.

По результатам проведенного геоинформационного анализа состояния лесных полос на исследуемом тестовом участке «Донское» предлагаются меры по защите земель от эрозионных процессов. Рекомендовано создание 1713,0 га лесных полос, из них 1657,8 га полезащитные ажурные лесные полосы и 55,2 га противоэрозионные лесные полосы вблизи балок и понижений (рис. 53).

Схема посадки робинии лжеакации (*Robínia pseudoacácia)* в полезащитных лесных полосах трехрядная с междурядьями 3 м, и в прибалочных – четырехрядная с междурядьями 3 м.

Дать оценку эффективности предложенных мероприятий возможно формируя однородные группы сельских поселений по экологическому состоянию [10, 89]. Расчетные коэффициенты сбалансированности территориальной структуры отражают уро-

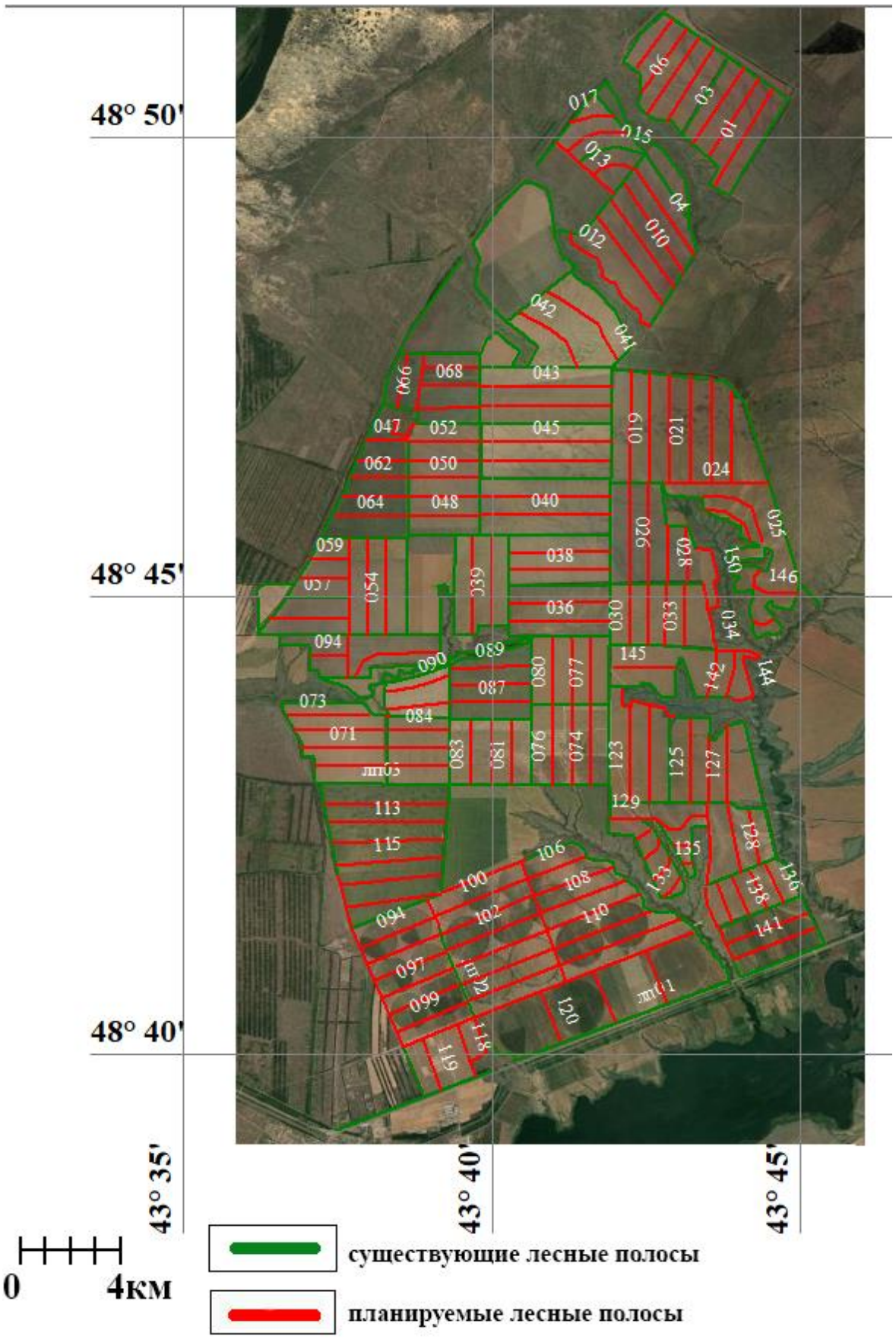


Рис. 53. Карта дополнительного размещения лесных полос на тестовом участке

вень экологической напряженности каждой из рассматриваемой территории поселений (табл. 13).

Таблица 14

Нормирование значений коэффициентов экологического состояния поселений

Коэффициент экологического состояния	Группа		
	1	2	3
$К_а$	До 1	1,00-6,00	6,0 и более
$К_{ез}$	0,30-0,5	0-0,30	0
$К_{эс}$	0,34-0,5	0-0,33	0
$К_{ан}$	0-3,0	3,01-3,50	3,5 и более

Проведено ранжирование территорий сельских поселений по однородным группам земель, характеризующих экологическое состояние, отличающиеся потребностью проведения лесомелиоративных мероприятий. Это дает возможность определить специфику конкретного сельского поселения. С применением коэффициентов относительной эколого-хозяйственной напряженности, с учетом эколого-мелиоративной роли лесных насаждений, для сельскохозяйственных регионов была проведена оценка экологического состояния (рис. 54).

В качестве основных критериев использованы показатели экологической стабильности, антропогенной нагрузки, естественной защищенности по сельским поселениям, по которым можно выделить 3 группы. Так для сбалансированных и экологически более устойчивых территорий с коэффициентом абсолютной антропогенной напряженности до 1 выделяется первая группа. При растущей антропогенной нагрузке и увеличении коэффициента напряженности, снижается экологическая стабильность и выделяются следующие две группы. В целом можно оценить уровень напряженности в районе как средний, большинство сельских поселений относятся ко второй группе. Для каждого отдельно взятого поселения рассматривалась доля пахотных угодий, застроен-

ность, степень защищенности лесными насаждениями и их влияние на агроэкосистемы в целом.

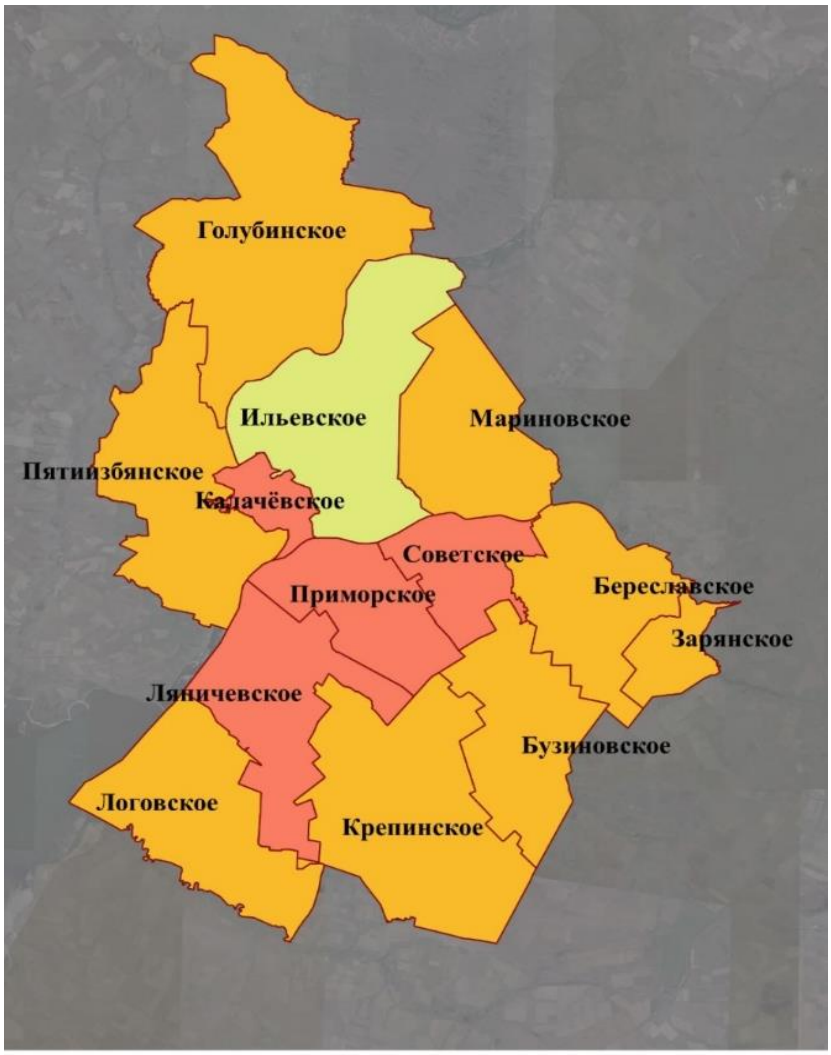


Рис. 54. Картограмма напряженности экологического состояния сельских поселений Калачевского р-на для сельхозцелей (группы экологического состояния: – 1 – 2; – 3)

По словам В. Н. Виноградова, оптимальная экологическая обстановка, устойчивая к негативным факторам, может сложиться только благодаря единой органической системе, которая включает сельскохозяйственные угодья, лесные насаждения, застроенную территорию, естественные урочища [30-35].

На территории четырех сельских поселений отмечена высокая экологическая напряженность в городском поселении Калачевском, сельских поселениях: Советском, Приморском и Ляпичевском, они отнесены к 3 группе экологического состояния, семь сельских поселений отнесены ко 2 группе, имея среднюю

антропогенную напряженность, что аргументировано высокой долей распаханности, нехваткой лесных полос, низкой лесистостью территории. И только в одном Ильевском сельском поселении отражается более экологически устойчивое положение угодий, категорий земель, что позволило выделить его в отдельную первую группу. Это объясняется тем, что сельское поселение характеризуется наличием защитных лесных насаждений и предложенные мероприятия, предполагающие создание на рассматриваемом тестовом участке устойчивого агролесоландшафта, являются объективными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование методологии и теории прогнозно-динамического агролесомелиоративного картографирования и компьютерного моделирования процессов деградации позволило разработать пространственную базу данных и локальную геоинформационную систему для геоинформационного анализа обустройства агролесоландшафтов сухостепной зоны Среднего Дона.

Интеграция методик геоинформационного анализа данных дистанционного зондирования Земли и комплексного ландшафтно-экологического анализа деградации компонентов агролесоландшафта позволила выявить взаимосвязь сохранности лесных насаждений и современного состояния сельскохозяйственных угодий в условиях сухостепной зоны Среднего Дона.

В результате исследований разработаны базовые картографические геоинформационные слои, которые отразили современное состояние агролесоландшафтов, позволили оценить уровень защищенности территории. Установлено, что защитные лесные насаждения занимают 12,2 % от общей площади тестовых полигонов, равной 141226,0 га. Определено пространственное размещение объектов, конструкция и сохранность системы защитных лесных насаждений, по которым можно сделать вывод, что полностью выпали 63 % массивных лесных насаждений и 46 % защитных лесных насаждений.

Проведена геоморфологическая оценка рельефа и разработаны аналитические карты рельефа сельскохозяйственных угодий, показывающие размещение полей в рельефе, а также карты крутизны, уклонов и экспозиции склонов, дающие возможность

выявить корреляцию изменения состояния сельскохозяйственных угодий и характеристик рельефа.

Выявлены закономерности изменения нормализованного вегетационного индекса (NDVI) посевов в агролесоландшафтах, построены математико-картографические модели взаимосвязи значений вегетационного индекса и продуктивности агроландшафтов в системах полезащитных лесных насаждений на основе пространственно-временного анализа. Исследования динамики вегетационных индексов посевов озимой пшеницы позволили выявить закономерности варьирования значений NDVI при изменении сохранности лесных полос, ширины зоны влияния для условий сухостепной зоны Среднего Дона.

Использование результатов картографирования размещения полей в ландшафте, геоинформационного анализа данных дистанционного зондирования позволят перейти к экологически обоснованному формированию эффективных агролесоландшафтов.

Полученные данные по пространственному размещению деградированных участков пашни дают возможность прогнозировать продуктивность угодий и своевременно принимать меры по восстановлению их плодородия.

На основе геоинформационного анализа данных дистанционного зондирования, результатов полевых исследований, разработаны предложения по размещению противоэрозионных насаждений.

Проведенная оценка эколого-хозяйственной напряженности на исследуемой территории при применении предложенных лесомелиоративных мероприятий показала высокую эффективность и экономическую целесообразность системной лесомелиорации ландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматический справочник по Волгоградской области. − Л.: Гидрометеоиздат, 1967.

2. Агроландшафтное проектирование: методическое пособие / М. И. Лопырев [и др.]; под ред. М. И. Лопырева. – Воронеж: ВГАУ, 2006. – 113 с.

3. Агролесомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов / И. С. Кочетов, А. Т. Баранов, Е. А. Гаршинёв [и др.]. – Волгоград, 1999. – 84 с.

4. Агролесомелиорация / Л. И Абакумова, А. Т. Барабанов, М. Н. Белицкая [и др.]; под. ред. академиков РАСХН А. Л. Иванова и К. Н. Кулика. – 5-е изд., перераб. и доп. – Волгоград: Изд. ВНИАЛМИ, 2006. – 746 с.

5. Агролесомелиорация / Под ред. проф. Н. И. Суса и Ф. И. Серебрякова. – изд. 3-е. – М.: Изд-во «Колос», 1966. – 375 с.

6. Агролесомелиорация в XX веке / А. Н. Каштанов, Е.С. Павловский, К. Н. Кулик [и др.]. – Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ, 2001. – 366 с.

7. Агроэкология / В. А. Черников, Р. М Алексахин, А. В. Голубев [и др.]; под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

8. Актуальные вопросы эрозиоведения / Под ред. А. Н. Каштанова, М. Н. Заславского. – М.: Колос, 1984. – 224 с.

9. Альбенский А. В. Сельское хозяйство и защитное лесоразведение. – М.: Колос, 1971. – 279 с.

10. Антропогенная деградация ландшафтов и экологическая безопасность / Под общ. ред. Е. С. Павловского, К. Н. Кулика // Сб. лекций Международ. учеб. курсов ЮНЕП / ЦМП, ВНИАЛМИ, 6-26 сент. 1999 г. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2000. – 512 с.

11. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте. – М., 1975. – 288 с.

12. Атлас Волгоградской области. – Киев: ГУГК СССР,1993. – 40 с.

13. Барабанов А. Т. Агролесомелиорация в почвозащитном земледелии. – Волгоград, 1993. – 156 с.

14. Берг Л. С. Очерки истории русской географической науки

(вплоть до 1923 года). – Л.: Изд-во АНСССР, Гос. тип. им. Евг. Соколовой, 1929. – 70 с.

15. Береза О. В., Страшная А. И., Лупян Е. А. О возможности прогнозирования урожайности озимой пшеницы Среднем Поволжье на основе комплексирования наземных и спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 1. – С. 18-30.

16. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. – М.: Астрея, 1997. – 64 с.

17. Берлянт А. М., Кошкарев А. В, Тикунов В. С. Картография и геоинформатика // Итоги науки и техники. Сер.: Картография. – 1991. – № 14. – С. 1-178.

18. Болотов А. Т. Избранные сочинения по агрономии, полеводству, лесоводству, ботанике. – М.: МОИП, 1952. – 324 с.

19. Брауде И. Д. Эрозия почв, засуха и борьба с ними в ЦЧО. – М.: Наука, 1965. – 140 с.

20. Брылев В. А., Рябинина Н. О. Ландшафты Волгоградской области и критерии оценки их устойчивости к внешним влияниям // Поволжский экологический вестник. – 1997. – Вып. 4. – С. 26-31.

21. Брылев В. А., Рябинина Н. О. Ландшафтно-экологический каркас Волгоградской области // Вопросы степеведения. – 2000. – № 2. – С. 119-241.

22. Брылев В. А., Рябинина Н. О. Физико-географическое (ландшафтное) районирование Волгоградской области // Стрежень: науч. ежегодник. – Волгоград: Издатель, 2001. – Вып. 2. – С. 12-23.

23. Брылев, В. А., Сагалаев В. А. Особо охраняемые природные территории. – Волгоград: Перемена, 2000. – 260 с.

24. Вальков В. Ф., Колесников С. И. Почвы Юга России. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест», 2008. – 276 с.

25. Варламов А. А. Защита почв от эрозии // Новое в жизни, науке, технике. Сер.: Сельское хозяйство. – 1984. – № 6. – 64 с.

26. Варламов А. А. Организация территории сельскохозяйственных землевладений и землепользований на эколого-ландшафтной основе. – М., 1993. – 114 с.

27. Варламов А. А., Волков С. Н. Повышение эффективности использования земли. – М.: Агропромиздат, 1991. – 61 с.

28. Вернадский В. И. Биосфера. – М. – Л. Изд-во АНСССР, 1926. – 733 с.

29. Вильямс В. Р. Собрание сочинений. В 12-ти томах. Т. 5. – М.: Сельхозгиз, 1950. – 624 с.

30. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. – М.: Наука, 1984. – 320 с.

31. Виноградов Б. В. Аэрометоды изучения растительности аридных зон. – М. – Л.: Наука, 1966. – 362 с.

32. Виноградов Б. В. Космические методы изучения природной среды. – М.: Мысль, 1976. – 286 с.

33. Виноградов Б. В. Основы ландшафтной экологии. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.

34. Виноградов Б. В. Преобразованная земля: аэрокосмические исследования. – М.: Мысль, 1981. – 295 с.

35. Виноградов, Б. В., Кондратьев Б. Я. Космические методы землеведения. – Л.: 1971. – 280 с.

36. Владышевский А. А. Экологическая составляющая в характеристике почвенных ресурсов // Почвы – национальное достояние России: материалы IV Съезда общества почвоведов. – Новосибирск, 2004. – Кн. 1. – С. 101-103.

37. Воейков А. И. Земельные улучшения и их соотношения с климатом и другими естественными условиями. – СПб, 1909. – 125 с.

38. Волков С. Н. Землеустройство. – Т. 1: Теоретические основы землеустройства. – М.: Колос, 2001. – 496 с.

39. Волков С. Н. Землеустройство. Землеустроительное проектирование. – Т. 2: Внутрихозяйственное землеустройство. – М.: Колос, 2001. – 648 с.

40. Воробьев А. В. Землеустройство и кадастровое деление Волгоградской области: справочное издание. – Волгоград: Станица-2, 2002. – 92 с.

41. Высоцкий Г. Н. Возможно ли надежное лесоразведение в степи? – Ч. 1. Природные условия // Лесовод. – 1925. – № 3. – С. 25-30.

42. Высоцкий Г. Н. Степи европейской части России // Полная энциклопедия русского сельского хозяйства. – 1905. – Т. 7. – 106 с.

43. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / В. Г. Юферев, К. Н. Кулик, А. С. Рулев [и др.]. – Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ, 2010. – 102 с.

44. Геоэкологические проблемы степного региона / Под ред. чл.-кор. РАН А. А. Чибилева. – Екатеринбург: УрОРАН. – 2005. – 375 с.

45. Голеусов П. В., Лисецкий Ф. Н. Воспроизводство почв в антропо-

генно нарушенных ландшафтах лесостепи. – М.: Изд. ГЕОС. – 2009. – 206 с.

46. Гудзон Н. Охрана почвы и борьба с эрозией / Пер. с англ. – М.: Колос, 1974. – 304 с.

47. Дегтярева Е. Т., Жуликова А. Н. Почвы Волгоградской области. – Волгоград, 1970. – 320 с.

48. Денисова Е. В. Влияние деградационных процессов на формирование кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения на территории Волгоградской области // Научно-методический электронный журнал. – 2015. – Т. 13. – С. 3396-3400.

49. Дзыбов Д. С. Агростепи. – Ставрополь: Аргус, 2010. – 256 с.

50. Динамическая геоморфология / Под ред. Ананьева Г. С., Симонова Ю. Г., Спиридонова А. И. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 445 с.

51. Дистанционное зондирование в лесном хозяйстве / Е. П. Данюлис, В. М. Жирин, В. И. Сухих [и др.]; ред. О. Е. Политова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 222.

52. Добровольский Г. В. Экология и почвоведение // Почвоведение. – 1989. – № 12.

53. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Экологические функции почвы. – М.: Наука, 1990. – 270 с.

54. Докучаев В. В. Избранные сочинения. – М.: Сельхозгиз,1954. – 708 с.

55. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь // Классики русской агрохимии в борьбе с засухой. − М. – Л.: Сельхозгиз, 1951. – С. 101-109.

56. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 152 с.

57. Донцов А. В. Региональные особенности борьбы с эрозией почв // Актуальные проблемы обеспечения современного землеустройства: материалы Международ. науч.-практ. форума, посвящ. 95-летию основания факультета и кафедры землеустройства Государственного университета по землеустройству. – М.: ГУЗ, 2014. – С. 688-696.

58. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: «Колос», 1973. – 336 с.

59. Жученко А. А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). – Пущино: Пущин. науч. центр Рос. акад. наук. Отд. науч.-техн. информ, 1995. – 119 с.

60. Жученко А. А., Урсул А. Д. Стратегия адаптивной интенсифика-

ции сельскохозяйственного производства. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 304 с.

61. Замана С. П., Кондратьева Т. Д. Влияние препарата Агроактив на систему почва-растение в экологически неблагоприятных условиях // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – Ч. 1. – № 11 (18). – С. 48-51.

62. Заславский М. Н. Эрозиоведение: учебник для студентов географ. и почв. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1983. – 320 с.

63. Земельные ресурсы Волгоградской области и их оценка: сб. / Под ред. А. В. Воробьева. – Волгоград, 2006. – 44 с.

64. Земельный фонд Волгоградской области: сб. / Под ред. А. В. Воробьева. – Волгоград: ООО Издательство «Волгоград», 2003. – 48 с.

65. Зонн С. В. Почвы. Юго-восток Европейской части СССР. − М. – Л. − С. 170-204.

66. Зонн С. В. Современные проблемы генезиса и географии почвы. – М.: Наука, 1983. – 168 с.

67. Иванов В. Д., Кузнецова Е. В., Шевченко В. Е. Почвы Центрального Черноземья в начале третьего тысячелетия // Агроэкологический вестник. − 2003. − № 5. − С.4.

68. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. − М.: Высш. шк., 1991. – 366 с.

69. Исаченко А. Г. Развитие географических идей. – М.: Мысль, 1971. – 416 с.

70. Исаченко А. Г., Шляпников А. А. Ландшафты (Природа мира). – М.: Мысль, 1989. – 504 с.

71. Истощение и удобрение почвы / [Соч.]. И. А. Стебута. – М.: Унив. тип., ценз., 1869. – 35 с.

72. Каличенко Н. П. Принципы формирования противоэрозионных лесомелиоративных систем по водосборам для создания оптимизированных агролесоландшафтов // Научное наследие В. В. Докучаева и современное земледелие: сб. тр. − М.: Изд-во РАСХН, 1992. – 190 с.

73. Карпачевский Л. О. Экологическое почвоведение. − М.: ГЕОС, 2005. – 336 с.

74. Каштанов А. Н. Защита почв от ветровой и водной эрозии. − М.: Россельхозиздат, 1974. – 243 с.

75. Каштанов А. Н. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / Под ред. акад. ВАСХНИЛ

А. Н. Каштанова. − М.: Колос, 1983. – 336 с.

76. Каштанов А. Н., Лисецкий Ф. Н., Швебс Г. И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. − М.: Колос, 1994. − 127 с.

77. Кирюшин В. И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. – Пущино, 1993. − 64 с.

78. Кирюшин В. И. Методика разработки адаптивно ландшафтных систем земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. – М., 1995. – 79 с.

79. Кирюшин В. И. Принципы формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Аграрная наука. – 1993. – № 3. – С. 7-11.

80. Кирюшин В. И. Экологизация земледелия и технологическая политика. – М.: МСХА, 2000. – 473 с.

81. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. – М., 1996. – 366 с.

82. Ковда В. А. Основы учения о почвах. − М., 1973.

83. Ковда В. А. Почвы Прикаспийской низменности (северо-западная часть). − М. – Л.: Изд-во АН СССР,1950. − 254с.

84. Козьменко А. С. Основы противоэрозионной мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1954. − 424 с

85. Колтунов Н. М. Эколого-ландшафтная организация территории. − М.: ИК «Родник», 1998. – 126 с.

86. Конокотин Н. Г. Экономические основы и методы противоэрозионной организации территории (теория, методика, практика): дис. ... д. экон. н. – М., 1998. − 373 с.

87. Коржинский С. И. Гетерогенезис и эволюция. К теории происхождения видов. // Записки Академии наук по физико-математическому отделению. − 1899. − Т. 9, № 2. − С. 1-94.

88. Костычев П. А. Избранные труды. – М.: Изд. АНСССР, 1951. – 145 с.

89. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. – Смоленск, 1999. – 154 с.

90. Кошкарев А. В. Понятия и термины геоинформатики и ее окружения: учебно-справочное пособие; Российская академия наук, Институт географии. – М.: ИГЕМ РАН, 2000. – 76 с.

91. Кретинин В. М. Лесомелиорация и ландшафт // Бюллетень ВНИАЛМИ. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1993. – Вып. 1 (105). – С. 50-59.

92. Кулик А. В. Влияние защитных лесных насаждений на эколого-

хозяйственное состояние территории Волгоградской области: автореф. к. с.-х. н. – Волгоград, 2008. – 22 с.

93. Кулик К. Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. – 248 с.

94. Кулик К. Н. Агролесомелиоративное картографирование Северо-Западного Прикаспия: автореф. дис. … д. с.-х. н. – Волгоград, 1996. – 48 с.

95. Кулик К. Н. Агролесомелиорация в системе комплексных мероприятий по борьбе с деградацией, опустыниванием и засухой // Научное обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства в засушливых зонах России: сб. материалов науч. сессии, Саратов, 4-6 июл., 2000 г. – М.: Изд. РАСХН, 2000. – Ч. 1. – С. 115-128.

96. Кулик К. Н. Аэрокосмический мониторинг водной и ветровой эрозии // Восстановление и использование эродированных земель: сб. лекций Междунарад. учеб. курсов ЮНЕП / ЦМП / ВНИАЛМИ. – М. – Волгоград, 1998. – С. 157-169.

97. Кулик К. Н. Картографирование засоленных орошаемых земель и аридных пастбищ с использованием дистанционных методов // Охрана и использование сельскохозяйственных земель, подверженных засолению: сб. ст. – М.: Изд. ЦМП, 1995. – С. 68-74.

98. Кулик К. Н. Оценка, картографирование, мониторинг и прогноз опустынивания // Антропогенная деградация ландшафтов и экологическая безопасность: сб. лекций Международ. учеб. курсов ЮНЕП / ЦМП / ВНИАЛМИ. – М. – Волгоград, 2000. – С. 142-150.

99. Кулик К. Н., Манаенкова Н. С. Составление изолинейных карт лесистости по аэрокосмическим фотоматериалам // Лесное хозяйство. – 1996. – № 4. – С. 45-46.

100. Кулик К. Н., Рулев А. С. Ландшафты Волгоградской области и их картографирование по космическим снимкам // Агролесоландшафты: проблемы, свойства, управление и оценка: сб. науч. тр. – Волгоград, 1995. – Вып. 1(106). – С. 41-55.

101. Кулик К. Н., Рулев А. С., Манаенкова Н. С. Аэрокосмические методы изучения динамики деградации и восстановления агроландшафтов степной и полупустынной зон // Степи Евразии. Сохранение природного разнообразия и мониторинг состояния экосистем: материалы Международ. симпозиума. – Оренбург, 1997. – С. 155-156.

102. Кулик К. Н., Рулев А. С., Манаенкова Н. С. Ландшафтная агроле-

сомелиорация деградированных земель // Защитное лесоразведение: история, достижения, перспективы: сб. науч. тр. – Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ, 1998. – Вып. 1(108). – С. 69-80.

103. Кулик К. Н., Рулев А. С., Юферев В. Г. Применение информационных технологий в агролесомелиоративном картографировании // Проблемы опустынивания и защита биологического разнообразия природохозяйственных комплексов аридных регионов России: материалы Международ. науч.-практ. конф. – М. Современные тетради, 2003. – С. 46-50.

104. Лавренко Е. М. Степи // Растительность Европейской части СССР. – Л.: Наука, 1980. − С. 203-272.

105. Ландшафтное планирование с элементами инженерной биологии / А. В. Дроздов, Н. А, Алексеенко, А. Н Антипов [и др.] // Известия. Сер.: Географическая. – 2007. – № 3. – С. 115-124.

106. Лебедев Д. М., Никулина Р. И. Академические экспедиции последних десятилетий XVIII века. − Л.: Наука, 1991. – 146 с.

107. Лебедев П. П. Научные основы картографического обеспечения системы земельного кадастра: автореф. дис. …д. тех. н. – М., 2001. – 55 с.

108. Ломоносов М. В., Леймлейна Г. Г. О слоях земли и другие работы по геологии, с предисловиями и пояснениями // Естествовед. – 1949. – 212 с.

109. Лопырев М. И. Основы агроландшафтоведения: учеб. пособие. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1996. – 184 с.

110. Лопырев М. И., Макаренко С. А. Агроландшафты и земледелие: уч. пособие. – Воронеж: ВГАУ, 2001. – 168 с.

111. Лопырев М. И., Постолов В. Д. Почвозащитная организация территории склонов для противоэрозионного проектирования: методические рекомендации и указ. – Воронеж, 1986. – 45 с.

112. Лопырев М. И., Рябов Е. И. Защита земель от эрозии и охрана природы: учеб. пособие для вузов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 240 с.

113. Манаенков А. С. Развитие основ степного и защитного лесоразведения: теоретические, прикладные аспекты и задачи в современных условиях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 2(30). – С. 5-23.

114. Мансвельт Я. Д., Мюлдер Дж. Особенности адаптивного развития сельского хозяйства в Европе // Аграрная наука. −1994. − № 4. − С. 22-25.

115. Мильков Ф. Н. Природные зоны СССР. − М.: Мысль,1977. – 293 с.

116. Мильков Ф. Н. Человек и ландшафты. − М.: Мысль, 1973. – 224 с.

117. Мильков Ф. Н., Гвоздецкий Н. И. Физическая география СССР. − М.: Мысль,1976. – С. 207-276.

118. Михалев С. С., Михайлова Т. Д. Концепции развития сельского хозяйства в России и за рубежом // Аграрная наука. − 1995. − № 4. − С. 43-45.

119. Моделирование динамики вегетационного индекса NDVI озимой пшеницы в условиях ЦФО / А. Г. Буховец, Е. А Семин, Е. И. Костенко [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2(57). – С. 186-199.

120. Мосолов В. П. Рельеф местности и вопросы земледелия. − М.: Сельхозгиз, 1949. − 31 с.

121. Научные основы современных систем земледелия / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. − М.: Агропромиздат,1988. − С. 255.

122. Никитин Е. Д. Берегите почву. − М.: Знание,1990. – 60 с.

123. Николаев В. А. Ландшафты азиатских степей. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 288 с.

124. Обедиентова Г. В. Эрозионные циклы и формирование долины Волги. − М.: «Наука», 1977. − 239 с.

125. Околелова А. А., Безугова О. С., Егорова Г. С. Экологические принципы сохранения почвенного покрова. − Волгоград: ВолгГТУ, 2006. − 96 с.

126. Орлов М. А. Полезащитные лесные полосы в сухом и орошаемом земледелии Астраханской области. − Астрахань: Изд-во «Волга», 1948. − 70 с.

127. Орлова А. С., Безуглова О. С. Биогеохимия. − Ростов на Дону: Феникс, 2000. – 300 с.

128. Павловский Е. С. Защитные лесные насаждения − системообразующий элемент ландшафта агротерритории // Вестник Российской академии наук. − 2002. − № 3. − С. 17-18.

129. Пат. RU № 2327107 C1 Российская Федерация, МПК G01C 11/00. Способ определения состояния пастбищ, подверженных деградации / В. Г. Юферев, К. Н. Кулик, А. С. Рулев, К. Б. Бакурова; заявитель ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии. − № 2006112379/28; заявл. 13. 04. 2006; опубл. 20.06.2008, Бюл. № 17; приоритет от 13.04.2008. – 3 с.

130. Петров В. И. Размещение защитных лесных насаждений на аридных пастбищах // Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство / Отв. ред. В. И. Кирюшин, А. Л. Иванов − М.: Росинформагро-

тех, 2005. − С. 386-390.

131. Петров В. И., Кулик К. Н. Аэрокосмические методы лесомелиоративной оценки и мониторинга аридных территорий // Лесомелиоративные методы повышения продуктивности сельскохозяйственного производства и охраны природы. – Волгоград, 1985. – С. 61-64.

132. Полынов Б. Б. Избранные труды / Под ред. И. В. Тюрина, А. А. Саукова, вступ. ст. А. И. Перельмана. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 751 с.

133. Полынов Б. Б. Кора выветривания. − Ч. 1: Процессы выветривания. Основные фазы и формы выветривания и их распределение. – Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – 210 с.

134. Полынов Б. Б. Ландшафт и почва // Природа. − 1925. − № 1-3. − С. 73-84.

135. Полынов Б. Б. Учение о ландшафтах // Вопросы географии. − 1953. − Сб. 33. − С. 30-44.

136. Постолов В. Д. Эффективность использования и охрана земельных ресурсов в условиях осуществления земельной реформы. – Воронеж: ВГАУ, 1997. – 152 с.

137. Постолов В. Д., Темнышова В. А. Формирование ландшафтной системы Волгоградской области с учетом почвенно-климатических особенностей // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. − 2013. − № 1. − С. 405-409.

138. Постолов В. Д., Темнышова В. А., Лютова В. В. Конструирование агроландшафтов как способ повышения экологической устойчивости землепользования // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. − 2013. − № 2. – С. 351-354.

139. Почвенно-географическое районирование СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 422 с.

140. Почвы Волгоградской области / А. Н. Бекетов, А. Н Краснов, Г. И Танфильев [и др.]. – Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во. – 1970.

141. Применение аэрокосмических методов в агролесомелиорации: методические рекомендации / К. Н. Кулик, В. И. Петров, И. Г. Зыков [и др.]. – М., 1991. – 56 с.

142. Раунер С. Ю. О русском лесе и русских реках. – СПб, 1903. – 205 с.

143. Редкие виды растений и животных Калачевского района Волгоградской области: материалы для «Красной книги растений и животных

Волгоградской области». – Волгоград: Издатель, 2004 – 200 с.

144. Родимцева А. В. Агролесомелиоративная оценка и геоинформационное картографирование полезащитных лесных насаждений в агроландшафтах Южного Урала: автореф. … к. с.-х. н. – Оренбург, 2016. – 23 с.

145. Рулев А. С. Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации. – Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ, 2007. – 160 с.

146. Рулев А. С. Теоретические основы и методология агромелиорации деградированных ландшафтов: автореф. дис. … д. с-х. н. – Волгоград, 2002. – 48 с.

147. Рулев А. С., Анопин В. Н. Картографирование деградированных ландшафтов Нижнего Поволжья. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2007. – 168 с.

148. Рябинина Н. О. Степеведение. – Волгоград: Изд-во Волгоград. Гос. ун-та, 2014. − 470 с.

149. Савицкая О. В. Методы спутникового мониторинга оценки состояния и продуктивности посевов зерновых культур: автореф. дис. … к. геогр. н. − Обнинск, 2016. – 30 с.

150. Силова В. А. Агролесомелиорация деградированных ландшафтов // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы Международ. науч.-практ. конф. (г. Грозный, 14 мая 2019 г.). – Махачкала: АЛЕФ, 2019. – С. 208-213.

151. Силова В. А. Анализ агролесоландшафтов, подверженных эрозионным процессам, на основе моделирования и данных дистанционного зондирования / Научно-агрономический журнал. – 2020. − № 3(110). – С. 23-26.

152. Силова В. А. Геоинформационный анализ агролесоландшафтов // Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса: материалы Нац. науч.-практ. конф.; ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева», 12 дек. 2019 г. – Рязань, 2019. − С. 161-166.

153. Силова В. А. Геоинформационный анализ агролесоландшафтов в границах Фроловского района // Промышленность и сельское хозяйство. − 2020. − № 7(24). − С. 67-70.

154. Силова В. А. Геоинформационный анализ обустройства агролесоландшафтов // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 10. – С. 18-22.

155. Силова В. А. Организация территории с учетом факторов проявления эрозии // Кадастровое и эколого-ландшафтное обеспечение землеустройства в современных условиях: материалы Международ. науч.-практ.

конф. − Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. − Ч. I. − С. 361-364.

156. Силова В. А. Оценка деградации пашни с применением ГИС-технологий // Научно-агрономический журнал. – 2019. – № 4(107). – С. 17-19.

157. Силова В. А. Оценка деградационных процессов сухостепной зоны на основании геоинформационного анализа // Промышленность и сельское хозяйство. − 2019. – № 10. – С. 59-62.

158. Силова В. А. Потребность Волгоградской области в защитном лесоразведении // Международный научно-исследовательский журнал. − 2017. − № 7-2(61). − С. 48-50.

159. Силова В. А. Регулирования эколого-ландшафтного устройства территории в условиях рискованного земледелия // World science: problems and innovations: материалы XIV Международ. науч.-практ. конф. В 2 ч. − Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. − Ч. 1. − С. 185-187.

160. Силова В. А. Совершенствование методики устройства комплекса противоэрозионных мероприятий в условиях агроландшафтов степи // Тенденции и проблемы развития земельного законодательства: материалы к Парламентским слушаниям Совета Федерации Федерального Собрания РФ и к Столыпинским чтениям в Гос. ун-те по землеустройству, 19 апр. 2018 г.; под общ. ред. С. Н. Волкова, А. А. Фомина. – М.: ГУЗ, 2018. − С. 210-215.

161. Силова В. А. Формирование экологического каркаса в условиях деградации агролесоландшафтов // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства: материалы I Международ. науч.-практ. конф. факультета землеустройства и кадастров ВГАУ (30 апр. 2019 г.). – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2019. − С. 309-312.

162. Силова В. А. Эффективное использование сельскохозяйственных угодий, повышение их плодородия в степной и пустынных зонах // Региональные проблемы устойчивого развития сельской местности: Всерос. науч.-практ. конф. − Пенза, 2019. − С. 192-194.

163. Сильвестров С. И. Эрозия и севообороты. − М.: Сельхозгиз, 1949. − 245 с.

164. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года / А. Л. Иванов, К. Н. Кулик, А. Т. Барабанов [и др.]. – Волгоград: ИПК ВГСХА «Нива», 2009. – 304 с.

165. Соболев С. С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. Т. 1. − М. – Л., 1948. – 306 с.

166. Солнцев Н. А. Учение о ландшафте: избранные труды. − М.: Изд-во МГУ, 2001. − 383 с.

167. Степи Русской равнины / С. В. Зонн [и др.]. – М.: Наука, 1994. – 223 с.

168. Судовский Д., Жеребцова А. М. Материалы по изучению русских почв. – СПб: Типография Высочайше утвержд. Товарищ. « Общественная польза», 1898. − Вып. 11. − С. 32-36.

169. Сурмач Г. П. Водная эрозия и борьба с ней. − Л.: Гидрометеоиздат, 1976. − 253 с.

170. Сус Н. И. Лесомелиорация и борьба с засухой на Юго-Востоке. – Л.: Гос. науч.-мелиорац. ин-т, 1926. − 36 с.

171. Темнышова В. А. Достоинство устройства ландшафтно-экологических систем орошаемых земель Волгоградской области // Международный научно-исследовательский журнал. − 2013. − № 9-3(16). − С. 60.

172. Темнышова В. А. Потребность Волгоградской области в защитном лесоразведении // ISJ Theoretical & Applied Science (12), (ISPC Integration of Science&Education, 30.04.2014, Valencia, Venezuela). – 2014.− № 4. − P. 188-191.

173. Темнышова В. А. Современное состояние агроландшафта Волгоградской области // Наука и Инновации в XXI столетии: проблемы и пути решения: Международ. науч.-практ. конф., 29.09.2015 г., Великобритания, г. Лондон. – Центр Научно-Практических Студий, 2015. – С. 26-28.

174. Темнышова В. А. Современное состояние компонентов агроландшафта Волгоградской области // Международный научно-исследовательский журнал. − 2015. − № 9-3(40). − С. 40-42.

175. Темнышова В. А. Устройство агроландшафтов как средство формирования экологически устойчивых землепользований Волгоградской области // Applied Sciences in Europe: tendencies sof contemporary development, proceeding sof the 1 st International scientific conference. ORT Publishing. − Stuttgart. − 2013. − P. 19-21.

176. Темнышова В. А. Формирование рациональной организации территории на эколого-ландшафтной основе на территории Волгоградской области // ISJ Theoretical & Applied Science 10 (18) , 30.10.2014. − Brighton, United Kingdom, 2014. − С. 37-40.

177. Тимирязев К. А. Наука и демократия // Сочинения. − Т. IX. Сборник статей 1904-1919. − М.: Сельхозгиз, 1939. − 495 с

178. Трегубов П. С., Зверхановский Ц. В. Борьба с эрозией почв в Нечерноземье. − Л.: Колос, 1981. − 160 с.

179. Трофимов И. А. Агроландшафтно-экологическая оптимизация

угодий // Земледелие. − 2002. − № 6. − С. 2-4.

180. Устойчивость земледелия: проблемы и пути решения / В. Ф. Сайко, А. М. Малиенко [и др.]. − 2-е изд., перераб. и доп. − Киев: Урожай, 1993. − 319 с.

181. Чечин С. Д. Совершенствование использования агроресурсного потенциала Воронежской области методами ландшафтно-экологического землеустройства: дис. … к. экон. н. – М.: РГБ, 2003. – 22 с.

182. Чибилев А. А. Основы степеведения. – Оренбург: Димур, 1998. – 120 с.

183. Чибилев А. А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. – Свердловск: УрОРАН, 1992. – 172 с.

184. Чупахин В. М., Авдрияшин М. В. Ландшафты и землеустройство. − М.: Агропромиздат, 1989. – 255 с.

185. Шабаев А. И. Почвозащитное земледелие. − Саратов, 1985. − 96 с.

186. Швебс Г. И. Теоретические основы эрозиоведения. – Киев – Одесса: ВШ, 1981. − 219 с.

187. Шинкаренко, С. С. Фитомелиоративное картографирование пастбищ Приэльтонья на основе геоинформационных технологий: автореф. дис. … к. с.-х. н. − Волгоград, 2015. − 24 с.

188. Щербаков А. П., Володин В. М., Михайлова Н. Ф. Ландшафтное земледелие и агробиоэнергетика // Земледелие. − 1994. − № 2. − С. 6-7.

189. Энгельгардт М. А., Гумбольдт А. Его жизнь, путешествия и научная деятельность. − СПб: Общественная польза, 1891. − 96 с.

190. Юферев В. Г. Агролесомелиоративное картографирование и моделирование деградационных процессов на основе аэрокосмического мониторинга и геоинформационных технологий: автореф. дис. … д. с.-х. н. – Волгоград, 2009.

191. Юферев В. Г. Дистанционный мониторинг состояния и динамики агроландшафтов // Земледелие. – 2007. – № 3. – С. 8-9.

192. Яковенко Н. Ю. Защита сельскохозяйственных земель // Аграрная наука. − 2002. − № 5. − С. 19-20.

193. Янковский П. В. Доклад // Мелиорационный журнал. − 1915. − № 3-4. – С. 23-26.

194. Deering D. W. Rangeland reflectance characteristics measured by air-craft and spacecraft sensors: Texas A & M University, College Station. − 1978. – 338 p.

195. Hinds Umweltrechtliche Einschränkungen der Souverdnitdt Völkerrechtliche Prdventionspflichten zur Verhinderung von Umweltschdden: Frankfurt, 1997. – S. 22.

196. Huete A., Justice C., W. Van Leeuwen. Modis vegetation index (MOD13) // Algorithm theoretical basis document, Version 3. – 1999. − 120 p.

197. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS / J. W. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell [et al.] / Third ERTS Symposium, NASA SP-351. – 1973. – Vol. 1. – P. 309-317.

198. Preprocessing transformations and their effects on multi-spectral recognition / F. J. Kriegler, W. A. Malila, R. F. Nalepka [et al.] // Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment. – 1969. – P. 97-131.

199. Rcnsch H.-D. Die Grbnen: Wdhlerbasis, politische Entwicklung, Programmatic Gewerkschaftsiche Monatshefte-Kcln. – 1983. – № 2. – S. 105.

200. Геологическая служба США (USGS) [Электронный ресурс]: URL:https://earthexplorer.usgs.gov (дата обращения 01.09.2020).

Приложение 1

Таксационно-мелиоративная характеристика полезащитных лесных полос полигона «Арчеда»

Кол-во лес-ных полос	Сос-тав насаж-дений	Воз-раст, лет	Ряд-ность/ ширина между-рядий, м	Со-мкну-тость крон, %	Кон-струк-ция	Число ство-лов на га	Средн. высо-та, м/ диа-метр, см	Класс бони-тета	Запас ство-ловой древе-сины, $м^3$/га	Сухие и усы-хаю-щие дере-вья, %
20	8Дч, 2Вп	40	3/3	80	Пл	1500	15/28	II	1640	10
22	8Дч, 2Вп	40	3/4	80	Пл	1700	18/30	I	2675	5
18	Яп, Вп	45	7/3	70	Пл	1800	13,8/28	III	1280	10
15	Яп, Вп	45	7/3	70	Пл	1650	16,5/25	II	960	15
27	8Дч, 2Вп	40	3/3	80	Пл	1550	17/30	I	3100	10
30	8Дч, 2Вп	40	3/4	80	Пл	1560	17/35	I	5400	5
20	8Дч, 2Вп	40	3/3	80	Пл	1500	15/28	II	1640	10
22	8Дч, 2Вп	40	3/4	80	Пл	1700	18/ 30	I	2675	5
18	Яп, Вп	45	7/3	70	Пл	1800	13,8/28	III	1280	10
15	Яп, Вп	45	7/3	70	Пл	1650	16,5/25	II	960	15

Примечание. Дч – дуб черешчатый, Вп – вяз приземистый, Пл – площадная конструкция.

Приложение 2

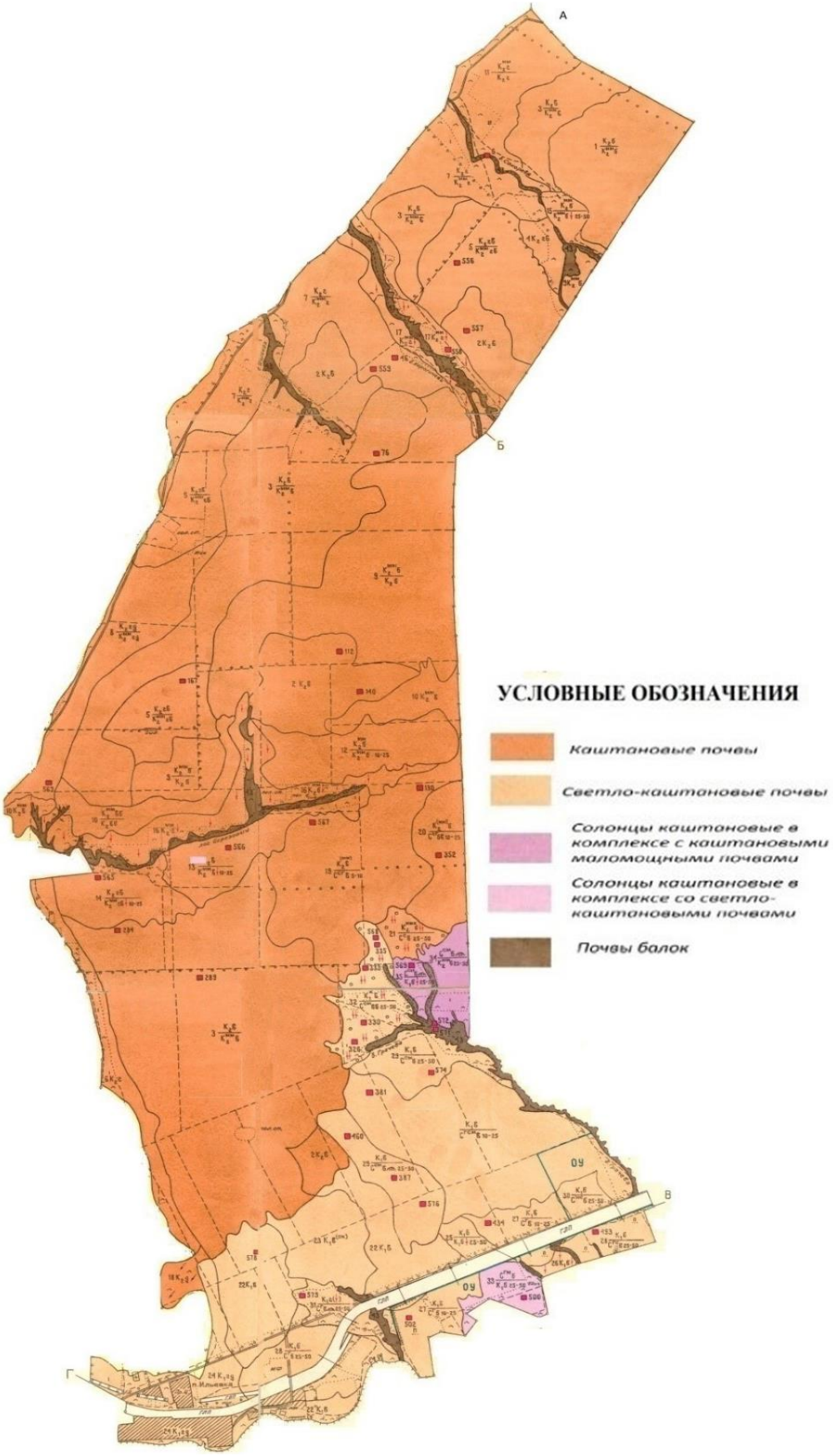
Таксационно-мелиоративная характеристика полезащитных лесных полос полигона «Калач»

Кол-во лес-ных полос	Сос-тав насаж-дений	Воз-раст, лет	Ряд-ность/ ширина между-рядий, м	Со-мкну-тость крон, %	Кон-струк-ция	Число ство-лов на га	Средн. высо-та, м/ диа-метр, см	Класс бони-тета	Запас ство-ловой древе-сины, $м^3$/га	Сухие и усы-хаю-щие дере-вья, %
10	10Ро	40	4/3	80	Аж	1578	12/16	III	124	15
22	6Яз, 4Ро	40	4/3	70	Аж	1158	11/15	III	151	20
30	10Ро	40	7/3	80	Аж	1158	12/15	III	225	15
22	6Яз, 4Ро	40	4/3	70	Аж	978	11/18	III	220	10
12	10Ро	40	7/3	80	Аж	1778	12,5/16	II	167	25
22	6Яз, 4Ро	40	4/3	70	Аж	1756	12/15	III	250	10
15	10Ро	40	7/3	80	Аж	2130	10,5/14	III	147	15
28	10Ро	40	73	80	Аж	1980	12/14	III	292	25
23	6Яз, 4Ро	40	4/3	80	Аж	2340	14/17	II	592	20
20	6Яз, 4Ро	40	4/3	70	Аж	2200	12/17	III	415	35

Примечание. Ро – робиния лжеакация, Яз – ясень зеленый, Аж – ажурная конструкция.

Приложение 3

Почвенное разнообразие исследуемого объекта



Приложение 4

Размер зоны влияния лесных полос

Номер лесной полосы	2017 г., м	2018 г., м	2019 г., м	Среднее (2017-2019 гг.), м
1	2	3	4	5
19	40		40	40
28	90	40	50	60
29	80	40		60
30	60	50		55
34		80	50	65
36		90		90
37		80	60	70
38	60		70	65
39	70		90	80
46			90	90
47		120		120
49	60	100	110	90
50	150		120	135
53		110		110
56		140		140
57			160	160
58	140	100		120
60	180	180		180
62		90		
63	190		210	
65	160	170	170	166
68		180	170	175
69	180	170	170	173
70	100	180	170	
71		190		
72		130		
73		150	150	150
75	190		190	190
78	150		150	150
80	220	200	270	230
81		210	200	205
83		180	230	205
84	220	200	200	206
85		220		220
86	190	150	160	166

1	2	3	4	5
87		240	200	220
90		160	210	185
91			300	
92	160		300	230
97		300		
98	200		300	300

Приложение 5

Размер доли защитного влияния лесных полос

Номер лесной полосы	Площадь, $м^2$	Защищенная площадь, $м^2$	Доля под влиянием лесных полос, %
1	2	3	4
0	2699661	524029	19
1	2937964	513703	17
2	359188	225170	63
3	180822	154313	85
4	1728516	576941	33
5	4100305	517067	13
6	3028284	938538	31
7	372768	192386	52
8	1247885	6094	0
9	173178	0	0
10	7578390	887059	12
11	52268	52268	100
12	646966	327047	51
13	322828	241403	75
14	585596	116081	20
15	713245	378294	53
16	2507581	1064810	42
17	746372	388691	52
18	2086433	704777	34
19	327496	167986	51
20	570631	249518	44
21	911677	485508	53
22	3525701	866523	25
23	302230	248495	82
24	171155	125571	73
25	2146935	532022	25
26	82515	23613	29
27	2756526	1065513	39
28	2905867	1433256	49
29	85411	35289	41
30	2773834	942624	34
31	248047	41820	17
32	91751	35203	38
33	1530698	582676	38
34	1972867	891879	45
35	2023401	929467	46

1	2	3	4
36	1889414	1038865	55
37	90020	52869	59
38	1824655	1007613	55
39	159101	66116	42
40	2352411	801220	34
41	320456	307939	96
42	2320789	1048541	45
43	2337639	685854	29
44	2584310	820822	32
45	1727533	592909	34
46	15603	13124	84
47	127549	108254	85
48	1464064	624843	43
49	1601391	606019	38
50	818708	217949	27
51	72932	38001	52
52	1093037	206435	19
53	2080380	943346	45
54	2380682	959058	40
55	2081070	870151	42
56	1028346	567568	55
57	58890	58890	100
58	47432	47432	100
59	1975025	839300	42
60	1696517	764960	45
61	2592086	1180538	46
62	5604433	1519827	27
63	716550	56070	8
64	2062514	251878	12
65	899483	37107	4
66	1641908	361496	22
67	915632	37771	4
68	953708	29876	3
69	978975	24147	2
75	726381	31479	4
76	639691	0	0
77	591099	53709	9
78	278787	63751	23
79	421297	0	0

Окончание прилож. 5

1	2	3	4
80	425664	0	0
82	2788235	97474	3
83	724599	0	0
84	634933	0	0
85	719653	0	0
86	1276781	463523	36
91	449158	53471	12
88	418020	64014	15
89	425396	48499	11
92	438253	87260	20
87	443250	55822	13
90	436157	85715	20
		34357139	30

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение..... 3
1. Теоретические основы изучения обустройства агроландшафтов сухостепной зоны……..... 7
1.1. Исследование направлений обустройства агролесоландшафтов 16
1.2. Применение геоинформационных систем для изучения и оценки агролесоландшафтов……. 22
2. Методология и методика геоинформационной оценки обустройства и состояния агролесоландшафтов…… 28
3. Оценка состояния и анализ лесомелиоративного обустройства агроландшафтов сухостепной зоны Среднего Дона..... 42
3.1. Геоморфологические и почвенные условия …….. 43
3.2. Геоинформационное картографирование и анализ тестового полигона «Арчеда»……..... 46
3.3. Геоинформационное картографирование и анализ тестового полигона «Калач …… 59
3.4. Анализ защитного влияния лесных полос с учетом вегетационного индекса NDVI на посевных площадях тестового полигона «Калач»…… 76
4. Оценка экологической эффективности обустройства агролесоландшафта…… 94
Заключение……..…….. 106
Литература..…….……...……... 108
Приложение……... 123

Силова Виктория Александровна

МОНОГРАФИЯ

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОБУСТРОЙСТВА
АГРОЛЕСОЛАНДШАФТОВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ДОНА

Компьютерная верстка В. Г. Гирявенко
Ответственный за выпуск В. С. Млечко

Подписано в печать 30.12.2022.
Формат 60×84 1/16
Объем 7,12 уч.-изд. л. Заказ 12.
Тираж 500 (первый завод 70).

Печатно-множительный сектор ФНЦ агроэкологии РАН.
400062, Волгоград, Университетский проспект, 97.