

*На правах рукописи*

АЛЬ-ЧААБАВИ МОХАММЕД РАХИМА АБДУЛЛАХ

**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И  
ВОЗМОЖНОСТЬ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО ОБУСТРОЙСТВА  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ  
ЮЖНОЙ ЧАСТИ МЕЖДУРЕЧЬЯ ТИГРА И ЕВФРАТА**

4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры,  
агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Волгоград – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный университет»

**Научный руководитель:** **Иванцова Елена Анатольевна,**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Маштаков Дмитрий Анатольевич**  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», кафедра лесного хозяйства и ландшафтного строительства, профессор

**Силова Виктория Александровна**  
кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», лаборатория геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, научный сотрудник

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится 9 ноября 2023 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 24.1.251.01 на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» по адресу: 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» и на сайте Центра <https://vfanc.ru/>; e-mail: [avfanc@yandex.ru](mailto:avfanc@yandex.ru), тел./факс: 8(8442) 96-85-25

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,  
кандидат сельскохозяйственных наук



Хужахметова  
Алия Шамильевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Актуальность работы определяется тем, что снижение плодородия земель сельскохозяйственного назначения обусловлено их нерациональным использованием, действием природных факторов, отсутствием мер по предотвращению разрушения плодородного слоя, что приводит к деградации, которая выражается в первую очередь их засолением, водной и ветровой эрозией. В связи с этим анализ существующего состояния сельскохозяйственных ландшафтов на основе тематического геоинформационного картографирования по данным дистанционного зондирования Земли обеспечит их комплексную оценку, своевременное выявление и определение степени деградации, а на основе полученных результатов разработать эффективную лесомелиоративную защиту сельскохозяйственных земель.

**Степень разработанности темы.** Геоинформационные исследования с использованием данных дистанционного зондирования обеспечивают комплексную оценку земель сельскохозяйственного назначения. В работах Б.В. Виноградова (1984; 1998), К.Н. Кулика (1989; 1991; 2010), и др. приведена актуальность этого научного направления. Дистанционное зондирование дает возможность получать информацию о современном состоянии территории, которая содержится в спектральных диапазонах отраженного излучения от поверхности Земли, основные результаты исследования оптических свойств ландшафтов приведены в работах Н.А. Михайловой (1986), В.И. Кравцовой (1976; 1977), R. Pernar (2003), A.S. Rulev (2015) и др. Использование этой информации для картографирования и оценки состояния земель дает возможность актуализации имеющихся карт. Методология и методики дистанционного исследования агроландшафтов, разработаны авторами: А.М. Берлянтом (1997), Б.В. Виноградовым (1984; 1998), К.Н. Куликом, А.С. Рулевым, В.Г. Юферевым (2010) и др. Разработка космокарт обеспечивает пространственную информацию о распределении деградации в сельскохозяйственных ландшафтах. Применение аэрокосмических методов изучения состояния и геоинформационных технологий с использованием автоматизированного распознавания объектов и их качеств дает возможность проводить тематическое картографирование пространственного распределения видов и степеней деградации сельскохозяйственных ландшафтов, основы геоинформационного картографирования приведены в работах А.М. Берлянта (1997), А.В. Кошкарёва (1982; 1987; 1991), К.Н. Кулика, В.Г. Юферева (2010), Н. Н. Бобровицкой (1986) и др.

Результаты картографирования дают возможность сократить время на планирование работ по реабилитации и агролесомелиоративному обустройству сельскохозяйственных ландшафтов.

**Цель и задачи исследования.** Цель исследований - геоинформационный анализ, картографическая оценка состояния и возможность агролесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных ландшафтов южной части между речья Тигра и Евфрата.

**Задачи исследований:**

- разработка модифицированной методики и геоинформационной оценки

состояния сельскохозяйственных ландшафтов, отличающейся совмещенным анализом рельефа, лесных насаждений, структуры полей, почвенных контуров;

- разработка модифицированной методики геоинформационной оценки состояния и выявления степени деградации сельскохозяйственных ландшафтов, отличающейся совмещенным анализом рельефа, лесных насаждений, структуры полей и почвенных контуров;

- разработка локальной ГИС и создание тематических электронных карт сельскохозяйственных ландшафтов, отличающихся многомерным картографированием тематической ситуации и определением использования и степени деградации угодий;

- разработка уточненных карт почвенных контуров для тестовых полигонов провинции Майсан;

- определение пространственных характеристик рельефа, распределения крутизны склонов и уклоны для тестовых полигонов провинции Майсан;

- геоинформационное картографирование состояния лесомелиоративных насаждений на территории исследований, а также определение уровня и возможности агролесомелиоративного обустройства территории.

**Объектом исследований** были выбраны земли сельскохозяйственного назначения провинции Майсан, которые являются эталонами, характерными для пойменных сельскохозяйственных угодий юга Ирака. Такой выбор обеспечивает возможность применение полученных результатов для анализа состояния сельскохозяйственных земель - аналогов.

Геоинформационные технологии используются для компьютерной обработки пространственных данных, в том числе о состоянии сельскохозяйственных ландшафтов, для дешифрирования космоснимков и создания картографических слоев, которые провести оценку степеней деградации и их пространственное распределение на объектах исследований. Состояние и степени деградации сельскохозяйственных ландшафтов определяются с использованием космоснимков высокого и сверхвысокого разрешения, позволяющих с определенной характеристиками аппаратуры точно установить их параметры, зафиксировать местоположение и выявить тренд изменения.

**Предметом исследования** является состояние сельскохозяйственных земель провинции Майсан.

**Научная новизна работы.** Впервые для условий юга Ирака была разработана модифицированная методика геоинформационной оценки состояния сельскохозяйственных ландшафтов юго-востока Ирака, отличающаяся совмещенным анализом рельефа, лесных насаждений, структуры полей и почвенных контуров, на основе фотограмметрического анализа космоснимков в среде ГИС разработаны актуальные тематические картографические слои сельскохозяйственных ландшафтов южной части междуречья Тигра и Евфрата.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость работы определена получением новых данных о состоянии сельскохозяйственных угодий, характерных для южной части междуречья Тигра и Евфрата, об особенностях геоморфологических характеристик территории и определении возможности их агролесомелиорации для защиты от природных воздействий

при хозяйственном использовании, а также модификацией методики геоинформационной оценки состояния сельскохозяйственных ландшафтов юго-востока Ирака.

Практическая значимость обусловлена возможностью использования полученных данных для лесомелиорации агроландшафтов. Результаты исследований могут стать основой для применения лесомелиорации в целях защиты сельскохозяйственных угодий от деградации на юге Ирака, будут содействовать восстановлению плодородия почв сельскохозяйственных земель, что обеспечит сокращение потерь от воздействия природных и антропогенных негативных факторов.

Материалы диссертационной работы внедрены в учебный процесс в ФГБОУ ВО ВолГАУ по направлению подготовки 35.03.01 Лесное дело, а также в ФГАОУ ВО ВолГУ по направлениям подготовки 05.03.03 Картография и геоинформатика, 05.03.06 Экология и природопользование.

**Методология и методы исследования.** Оценка состояния сельскохозяйственных ландшафтов южной части междуречья Тигра и Евфрата базируется на методологии геоинформационной оценки состояния агроландшафтов с использованием данных дистанционного зондирования Земли и анализа тематических карт. Использование космических снимков для оценки состояния сельскохозяйственных угодий дает возможность выявления их состояния на территории исследований, обеспечивая значительное снижение полевых исследований. Большой объем данных, полученных в результате исследований, обеспечивают экономическую эффективность и достоверность исследований. Спектральная съемка спутниковыми съемочными системами дает возможность получить актуальные данные на территорию исследований. Геоинформационный анализ состояния агролесоландшафтов осуществлялся по синтезированному растру выбранных спектральных каналов с использованием данных цифровых моделей местности.

#### **Основные научные положения, выносимые на защиту:**

1. Модификация методики геоинформационного анализа данных спектральной съемки спутниковыми съемочными системами с учетом результатов ландшафтного анализа позволяет разработать картографические слои и пространственную базу данных по оценке как современного состояния сельскохозяйственных угодий, а также и выявить его взаимосвязи с природно-антропогенными условиями функционирования.

2. Предложения по формированию и лесомелиоративному обустройству агроландшафтов с учетом лесомелиоративных условий юго-востока Ирака, разработанные на основе геоинформационного анализа данных спутниковой спектральной съемки, оценки степени деградации и результатов наземных исследований дают возможность предотвратить деградацию и сохранить плодородие почв.

3. Применение предложенных лесомелиоративных мероприятий по предотвращению деградации агроландшафтов дает возможность повысить эколого-экономическую эффективность хозяйственного использования сельскохозяйственных земель.

**Достоверность полученных результатов.** Выбор объектов для проведения исследований проведен с применением актуальных технологий геоинформационного анализа космоснимков, статистической обработки полученных данных; результаты камеральных и полевых исследований получены на сертифицированном научном и полевом оборудовании. Достоверность результатов и обоснованность научных положений подтверждены достаточным объемом аналитического и экспериментального материала, репрезентативностью выборки, применением общепринятых методик, современных статистических методов анализа, программного обеспечения и критериев оценки.

**Апробация результатов.** Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на международной и всероссийской научно-практических конференциях «Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество» (Волгоград, 2019); «Современная биология и биотехнология: проблемы, тенденции, перспективы» (Волгоград, 2021).

**Область исследования.** Работа выполнена в области знаний о закономерностях развития деградации земель сельскохозяйственного назначения в южной части междуречья Тигра и Евфрата, особенностей их пространственного размещения в условиях интенсивного антропогенного воздействия: Исследования посвящены изучению возможности применения агролесомелиоративного обустройства для защиты земель от деградации. Проведена экономическая оценка эффективности агролесомелиорации сельскохозяйственных земель.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 7 научных работ, общим объёмом 3,3 п.л., на долю автора приходится 2,5 п.л. или 76%. В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, опубликовано 3 статьи (доля участия автора – 1,4 п.л., или 68%).

**Личный вклад автора** состоит в проведении теоретических и полевых исследований, анализе проблемы и определении задач исследований, выборе системы методов и объектов исследования, получении исходных данных, обработке результатов исследований и их анализе, подготовке публикаций. Доля личного участия в написании диссертации и автореферата составляет свыше 90%.

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 151 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, предложений производству, списка использованной литературы и приложений; содержит 18 таблиц, 89 рисунков и приложений. Список литературы включает 117 наименований, в том числе 14 на иностранных языках.

Автор благодарен за руководство и консультации научному руководителю д.с.-х.н., профессору Е.А. Иванцовой и заведующему лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН д.с.-х.н. В.Г. Юфереву.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Анализ физико-географических условий исследуемой территории показал, что Южная часть Месопотамской низменности представляет собой заболоченную аллювиальную низменность; высота рельефа здесь не превышает 100 м. Для области проведения исследований характерно жаркое и сухое лето (средняя температура воздуха  $+41^{\circ}\text{C}$ ), среднее многолетнее количество осадков с июня по сентябрь включительно составляет 0,3 мм, а с октября по май - 94,6 мм. Территория сложена аллювиальными отложениями и характеризуется в основном равнинным, плоским рельефом. Плодородные аллювиально-луговые и луговые почвы, по большей части засолены. Для пойм рек характерна тугайная лесная растительность с кустарниковым подлеском, включающая тополя, ивы, гребенщик. На юго-востоке страны большие заболоченные массивы заняты тростниково-камышовыми зарослями и солончаковой растительностью. Равнина расчленена руслами рек, сток которых направлен в Евфрат или внутренние впадины и озера. Тигр и Евфрат в пределах Эль-Джазиры текут в узких долинах, наиболее глубоко врезанных на севере и северо-западе. Перенос реками большого количества продуктов смыва способствует образованию наносов, которые засоляют поверхность, что существенно ограничивает сельскохозяйственное использование земель.

### ГЛАВА 2. ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Использование результатов дистанционного зондирования сельскохозяйственных ландшафтов обеспечивает получение информации о состоянии их поверхности (Б.В. Виноградов, 1984). Аэрокосмические данные обеспечивают высокую экономическую эффективность и научную достоверность исследований (В.Г. Юфев, 2007). Применение геоинформационных технологий обеспечивает разработку картографических слов, отражающих информацию, привязанную к географическим координатам (К.Н. Кулик, 1989). Дешифрирование космоснимков является основой для выявления состояния сельскохозяйственных ландшафтов и их оценки (Л.А. Богомолов, 1976). Для анализа наземных объектов применяются оптические сканерные снимки и результаты радарного обследования, полученные современными спутниками. Оптико-электронные системы, установленные на спутниках, предоставляют информацию о подстилающей поверхности в различных диапазонах электромагнитных волн (А.И. Бакланов, 2018; Ф. Свейн, 1983). Наибольший практический интерес представляют мультиспектральные данные спутников нового поколения, Sentinel 2 (13 спектральных каналов), Landsat 8, 9 (11 спектральных каналов). Снимки сверхвысокого разрешения можно получить со спутников WorldView-3 (8 каналов) (D.P. Roy, 2016). Спутники, как правило, ведут съемку в панхроматическом и

мультиспектральном режимах (В.Г. Юферев, 2010). При определении состояния сельскохозяйственных ландшафтов определяется уровень деградации и пространственное положение участков (В.Г. Юферев, 2007). В связи с этим проблема научного обоснования результатов картографирования уровня деградации земель является актуальной задачей, которая решается при совместном анализе космоснимков исследуемой территории, крупномасштабной топографической картографической основы и цифровой модели рельефа с учетом дополнительных данных, получаемых при полевых исследованиях.

В работах Б.В. Виноградова (1993), К.Н. Кулика (1988), А.М. Чандра, (2008) представлены современные способы составления тематических карт. Использование геоинформационных систем (ГИС) рассматривали А.М. Берлянт (1997), А.В. Кошкарёв (1990). В ГИС каждый объект соответствует некоторому пространству, по которому можно получить новую информацию. Состояние агроландшафтов, осложнено изменениями внешних условий, которые приводят к развитию деградации (В.Г. Юферев, 2012). Динамические критерии деградации определяются скоростью неблагоприятных изменений угодий. Цифровые модели агроландшафтов – это цифровое представление пространственных данных, включая математические модели, цифровые карты, и атрибуты (В.И. Беляев, 1989; А.В. Кошкарёв, 1982). Основой создания моделей является выявление закономерностей изменения параметров сельскохозяйственных угодий по результатам анализа космических съемок в течение установленного времени. Таким образом, установлено, что негативные природные факторы и интенсификация сельскохозяйственного производства приводит к истощению почв. Ограниченность площадей земель, пригодных для ведения сельского хозяйства, требует повышения качества почв, возврата в сельскохозяйственный оборот деградированных и заброшенных земель. Для объективной оценки состояния и эффективного восстановления ресурсов необходим постоянный мониторинг сельскохозяйственных земель. Применение инновационных ресурсосберегающих технологий обеспечивает предотвращения деградации и восстановления плодородия почв.

### **ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ**

Геоинформационный анализ состояния сельскохозяйственных ландшафтов базируется на использовании возможностей и инструментов геоинформационных программ для компьютерной обработки пространственных данных. Проведение исследований основано на использовании растровой, векторной и атрибутивной информации о территории, включающей как результаты дистанционного зондирования, так и совокупность данных: топографические, почвенные, ландшафтные карты, векторные карты границ полей и др. (В.Г. Юферев, 2009). Использование спектральных каналов дает возможность



классификации состояния растительности и почв по значениям растительных и почвенных индексов, таких как NDVI, SAVI, IPVI и др. (А.Т. Забун, 2009; W.A. Ahmad, 2017; D.P. Roy, 2016; H.E. Beck, 2011). Для проведения исследований особенностей рельефа территории Ирака используются данные глобальных цифровых моделей SRTM и AsterGDEM (С.Т. Моула, 2005). Исследования проводились в период 2020-2022 гг. на территории провинции Майсан площадью 1607,2 тыс. га. Сельскохозяйственные земли в здесь занимают около 640 тыс. га, из них пашня - 636,8 тыс. га. Дистанционная оценка состояния пашни базируется на зависимости тона изображения от содержания гумуса, оценка пастбищ - на проективном покрытии растительностью, для лесных насаждений оценивается сохранность по полноте полога древостоя (В.Г. Юферев, 2004). Анализ данных дает возможность оценить, как состояние агроландшафтов, так и их динамику при периодической съемке.

Объектом исследований являлась юго-восточная часть междуречья Тигра и Евфрата, на территории провинции Майсан (рисунок 1).

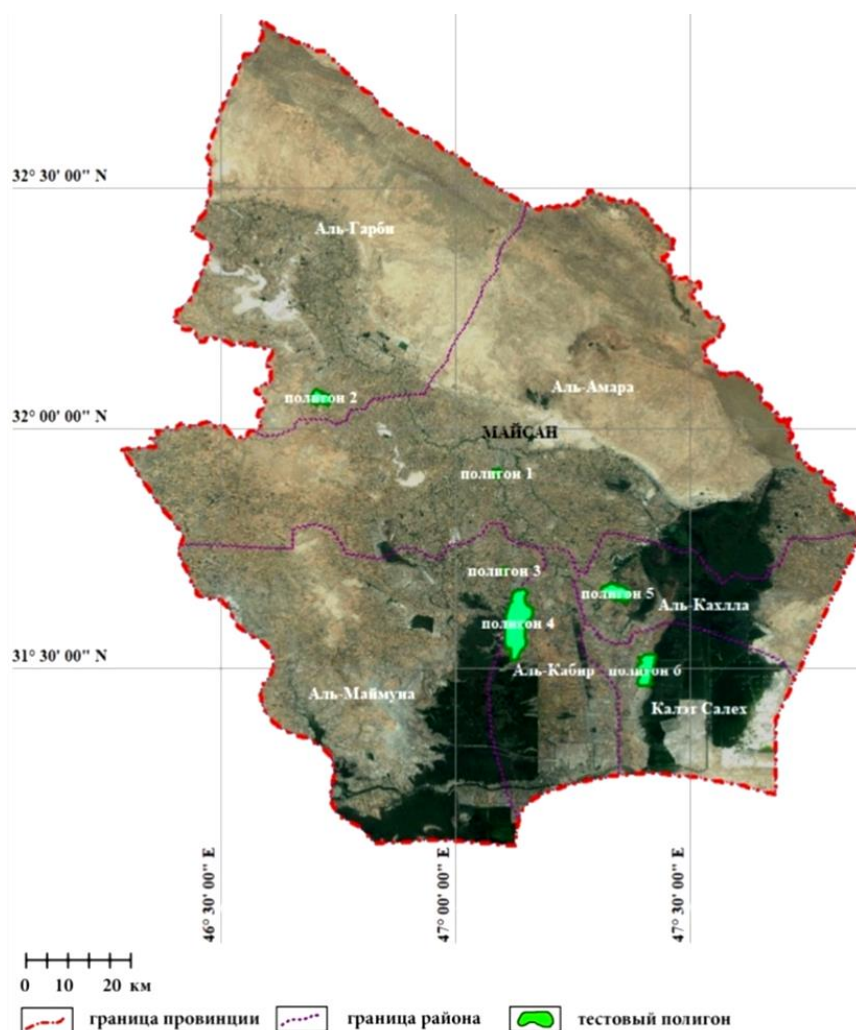


Рисунок 1 – Обзорная космокарта провинции Майсан с тестовыми полигонами

В основу исследований положена методология геоинформационного анализа пространственных данных.

Программа исследований, включает: модификацию методики геоинформационного картографирования для анализа состояния агроландшафтов междуречья Тигра и Евфрата; дешифрирование и дистанционную оценку состояния; разработку тематических карт использования земель; разработку карт состояния агроландшафтов; разработку рекомендаций по лесомелиоративному обустройству территории исследований.

Для разработки карт используется комплекс геоинформационных программ: QGIS, ENVI, Surfer и др. Наиболее доступными являются космоснимки "Sentinel 2", "WorldView 3", "Landsat-7, 8, 9" и др. Для анализа состояния маломерных объектов и защитных лесных полос используются космоснимки с разрешением от 0,3 до 10 м, для оценки состояния лесных массивов, пашни и пастбищ используются снимки с разрешением 10–30 м.

Картографирование контуров объектов проводится с использованием инструментов векторизации с построением полигонов по контрольным точкам. Для оценки состояния тестовых участков используются космокарты крупного масштаба – не менее 1:25 000. Космокарты угодий создаются с использованием ГИС по следующему алгоритму: с использованием обзорной карты выделяют контуром объект исследований; определяют координаты, площадь и плановые параметры контуров; разрабатывается новый слой - космокарта "объект исследований"; осуществляется трансформация космокарты до рабочего масштаба; выбирается картографическая проекция; вводится необходимая атрибутивная информация; создается макет карты.

Для построения цифровой модели рельефа (ЦМР) выбирают источники данных, содержащие данные о высотах. Такие данные могут быть получены из глобальной цифровой модели рельефа, таблиц высот с географическими координатами, данными GPS (ГЛОНАСС) наблюдений и данными геодезических работ. Методика геоинформационного картографирования рельефа включает: определение пространственного положения объекта; получение геоморфологических данных об объекте из ЦМР; выбор контура полигона; векторизация изолиний высот; определение характеристик контрольных точек; разработку таблиц данных пространственного положения точек высот; коррекцию таблиц пространственного положения точек высот по контрольным точкам; разработку рабочего проекта с картографическими слоями; создание слоя – цифровая модель рельефа тестового участка.

Анализ рельефа сельскохозяйственных ландшафтов осуществляется с использованием разработанных цифровых моделей и математической обработки таблиц цифровой модели рельефа. Пример карты рельефа по ЦМР для территории провинции Майсан приведен на рисунке 2.

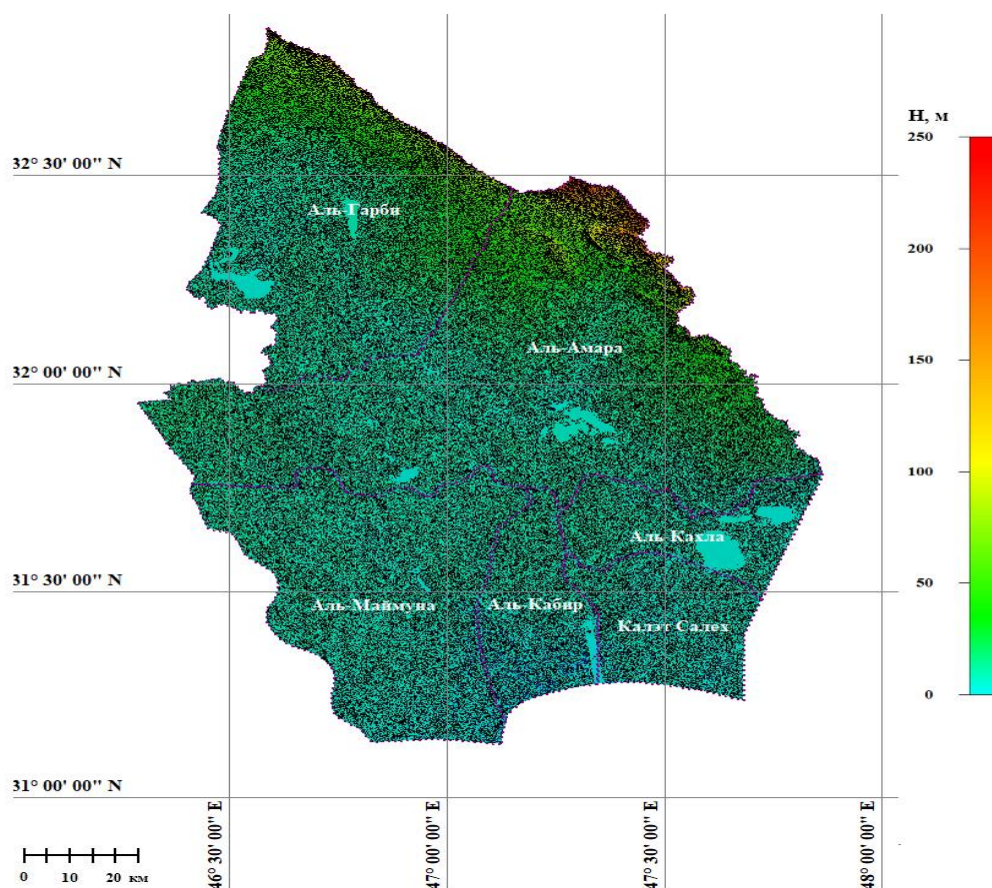


Рисунок 2 – Карта рельефа провинции Майсан

Оценка состояния лесных насаждений проводится по сохранившейся площади, установленной по результатам анализа космоснимка и данных наземных исследований. При этом применяется методика, основанная на запатентованном способе (Пат. RU № 2330242), где состояние насаждений оценивается по сохранности лесных насаждений в сравнении с проектной площадью. Полевое эталонирование проводится по методике Б.В. Виноградова (1984). Результаты получают в результате обработки статистических данных 10 контрольных точек с доверительной вероятностью 0,95 на каждом тестовом участке. Оценка состояния сельхозугодий основана на дешифрировании космоснимков высокого разрешения (1-10 м). Внутрихозяйственная структура полей устанавливается по данным сельскохозяйственного управления провинции Майсан (М.Х. Ал-Алак, 2011). При этом определяется общее количество полей, защищенных и не защищенных лесными насаждениями. Определяется площадь, размеры, статистические характеристики размещения полей. Таким образом, в результате анализа существующей методологии и методик исследований агролесоландшафтов с использованием инструментов геоинформационных систем предложен вариант модифицированной методики исследования сельскохозяйственных угодий, создания агролесомелиоративных защитных насаждений для предотвращения деградации почв и ухудшения условий функционирования сельскохозяйственных угодий.

## ГЛАВА 4. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО ОБУСТРОЙСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МЕЖДУРЕЧЬЯ ТИГРА И ЕВФРАТА

Геоморфологические условия определяют как возможность использования земель, так и их плодородие, а также степень влияния таких условий на процессы деградации при воздействии природных факторов, вызывающих ветровую и водную эрозию. Объектом геоинформационного анализа является рельеф сельскохозяйственных ландшафтов провинции Майсан, включающей водосборы притоков реки Тигр.

Для анализа изменения высот был разработан картографический слой – рельеф и построен профиль (рисунок 3, 4).

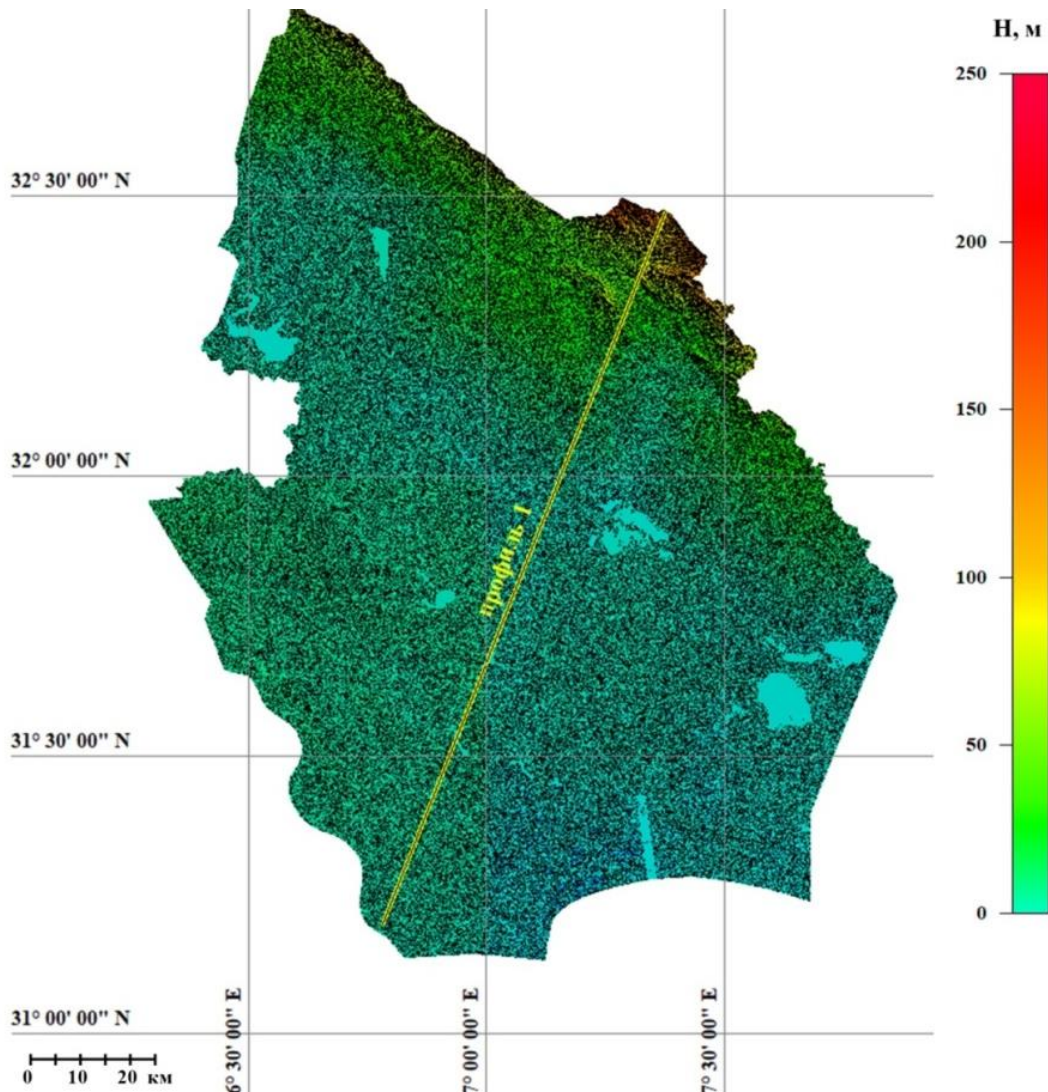


Рисунок 3 - Визуализация локальной цифровой модели рельефа провинции Майсан

32° 28' 19" с.ш., 47° 22' 40" в.д.

31° 11' 46" с.ш., 46° 46' 56" в.д.

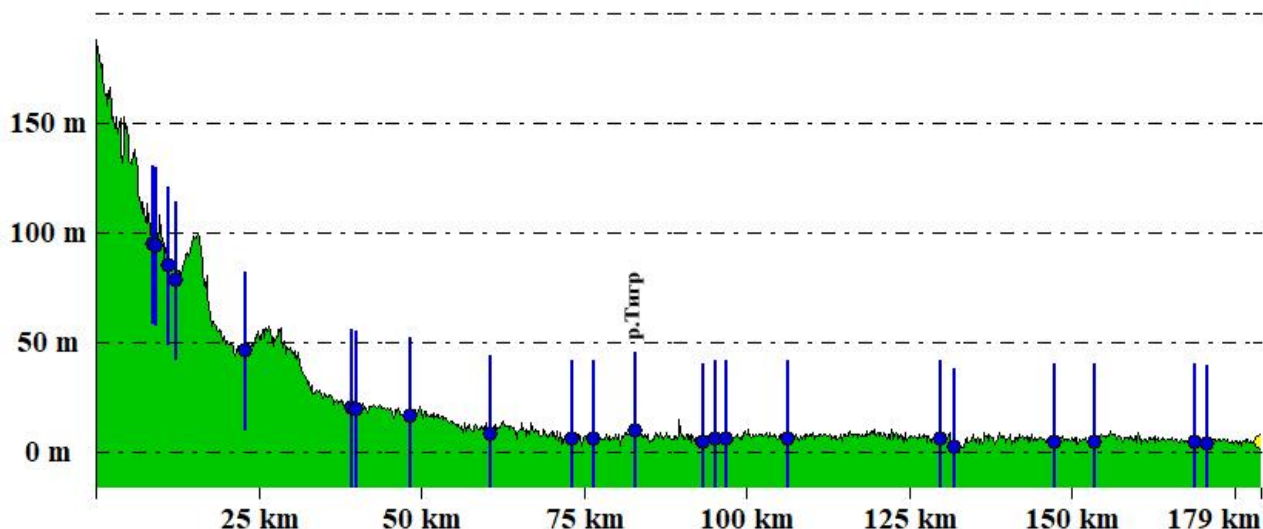


Рисунок 4 – Профиль рельефа провинции Майсан (линия профиля 1)

Исследования распределения площади провинции по высотам показали преимущественно равнинный характер территории.

Геоинформационный анализ рельефа позволил определить основные пространственные характеристики рельефа провинции Майсан (таблица 1).

Таблица 1 – Пространственные характеристики рельефа

Наименование объекта	Площадь, тыс. га	Минимальная высота, м	Максимальная высота, м	Средняя высота, м	Стандартное отклонение высот, м	Максимальная крутизна склона, ° [уклон, %]	Средний крутизна склона, ° [уклон, %]	Стандартное отклонение крутизны склона, °
провинция Майсан	1607,2	0	261	16	22	32 [63]	1,6 [2,8]	1,00

Установлено, что основная часть поверхности рельефа провинции Майсан (81,1%) имеет высоты от 0 до 20 м над уровнем мирового океана. Основные водотоки расположены по левому берегу р. Тигр. Крутизна склонов здесь достигает 5°, перепад высот - 112 м (в границах Ирака).

Распределение площади по диапазонам высот показано на рисунке 5.

В результате исследований установлено, что рельеф территории исследований по правобережью в основном равнинный, а левый берег реки Тигр в северной части провинции представляет собой склоновые земли с незначительной крутизной.

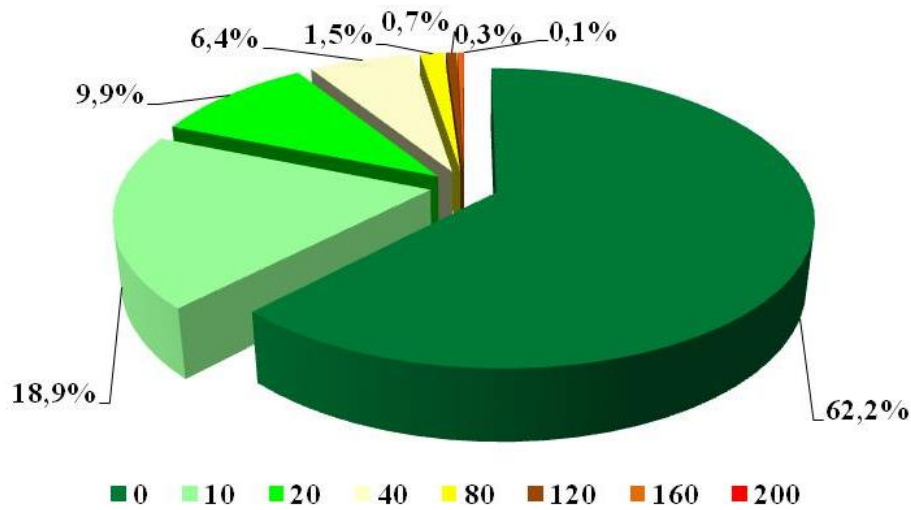


Рисунок 5 – Распределение площади территории провинции Майсан по диапазонам высот

Таким образом, картографирование рельефа дает точную географическую привязку величин различных типов поверхности, что имеет большое значение при планировании лесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных ландшафтов и организации сельскохозяйственного производства.

На территории провинции Майсан почвы в основном легкого гранулометрического состава, в том числе аллювиальные, солонцовые, солончаки и пески, каменистые почвы. Минеральная основа почв - гипс. Эти почвы довольно плодородны, однако процесс засоления привел к выводу части полей из использования. По результатам исследований разработан картографический слой - карта почвенных контуров (рисунок 6).

В результате исследований установлено, что из 1607,2 тыс. га общей площади 51% территории занимают слабогумусированные пески с большим содержанием илистых и глинистых фракций, 22% - аллювиальные пойменные, 21 % - аллювиальные болотные, 6% - аллювиальные дельтовые и 0,3 % - каменистые почвы. Большая часть почв в различной степени засолены.

Геоинформационное картографирование полигонов проведено для 6 тестовых полигонов (Амара, Шарки, Мухан, Кабир, Кахла, Джулуб), с использованием спектрональных космоснимков спутника Sentinel 2 от 5 марта 2021 года, разрешением 10 м, цифровой модели местности SRTM 3.

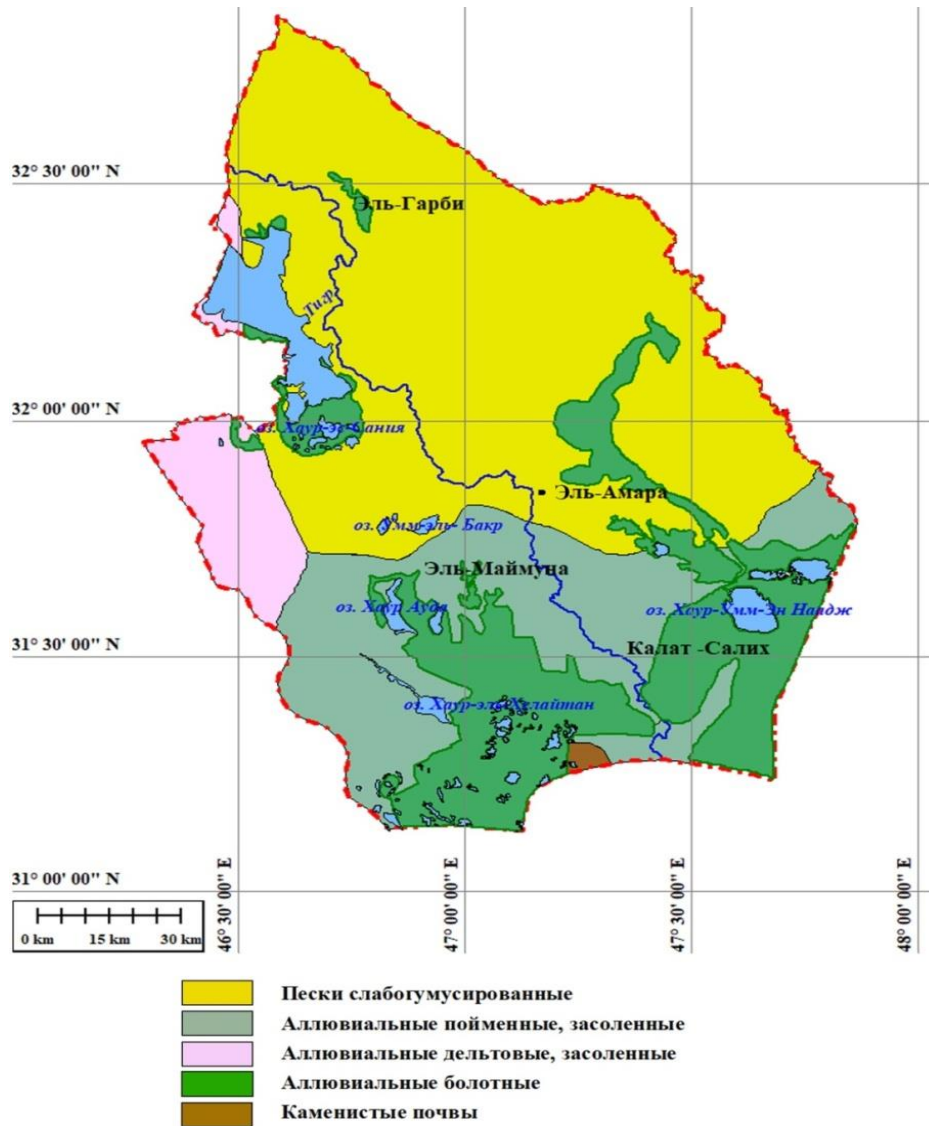


Рисунок 6 – Уточненная почвенная карта территории провинции Майсан

Гидрологические исследования пространственного распределения почвенных контуров, метеорологических условий, уровней залегания и засоленности грунтовых вод на основе данных Департамента лабораторий, управления подземных вод провинции Майсан дали возможность определить пространственное размещение контуров лесомелиоративных категорий, типов и выделов (рисунок 7).

Установлены характеристики земель сельскохозяйственного назначения и агролесомелиоративного обустройства территории тестового полигона «Амара» площадью 196,1 га (рисунок 8). Древесная растительность на территории исследований представлена следующими видами: хурма восточная (*Diospyros kaki*), робиния-лжеакация (*Robinia pseudoacacia*), ясень китайский (*Ailanthus altissima*), мирт обыкновенный (*Myrtus communis*), фисташка (*Pistacia terebinthus*), тополь белый, евфратский и черный (*Populus alba*, *P. euphratica*, *P. nigra*).





Вдоль каналов и русел в древостое представлены тамариксы (*Tamarix spp.*), акации (*Acacia spp.*), мескит выполненный (*Prosopis farcta*), ивы (*Salix spp.*), мескит (*Prosopis juliflora*).

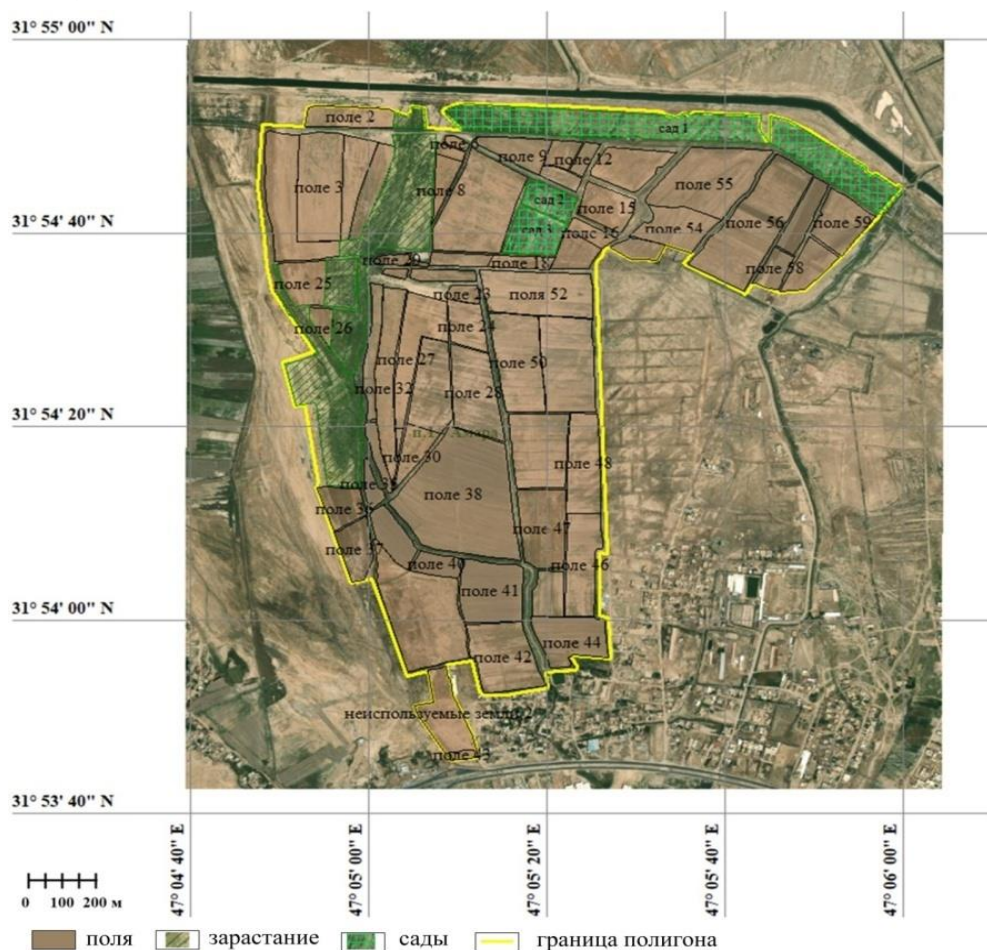


Рисунок 8 – Космокарта полигона Амара и структура использования земель (спутник WorldView 3)

На юге распространены азадирахта индийская (*Melia indica*), манго индийское (*Mangifera indica*), финиковая пальма (*Phoenix dactilifera*), акация арабийская (*Acacia arabica*), альбиция (*Albiz zialebbek*), зизифусы (*Zizyphus spp.*), тамариксы (*Tamarix spp.*). Состояние и использование угодий определялось по космоснимкам Sentinel 2 (разрешение 10 м) и WorldView 3, (разрешением менее 1 м). Дешифрирование контуров проведено с использованием программного комплекса ENVI 5.3.

На территорию полигона создана аналитическая карта угодий (см. рисунок 8) и установлены характеристики 71 участка. Анализ структуры показал, что под пашню используется 62% территории, сады занимают 7%, лесные насаждения – 9%, каналы и дороги – 14%, неиспользуемые – 8%.

На полигоне Амара проведены полевые исследования, получены данные и полевые фотоэталонны по результатам профилирования 10 ландшафтных точек. Характеристики линии профиля: высота рельефа в начальной точке – 9 м; высота рельефа в конце профиля – 7 м; протяженность профиля – 1109 м.

Результаты анализа образцов почв в точках по профилю полевого участка показали чрезвычайный уровень засоления территории (более 3%). Слабо засолены (0,44%) образцы почв на 2 участках из 10. Образцы почв на 3 участках засолены в средней степени (1,25%). На рисунке 9 представлен космоснимок территории вокруг точки 4 полевого профиля.



Рисунок 9 – Космоснимок (1) и фотозаталон (2) территории вокруг точки 4

Точка имеет высоту рельефа 8,5 м, почва засолена в сильной степени. Растительность представлена растениями *Suaeda vera*, *Tamarix aphylla* и *Artemisia judaica*.

Установлено, что наибольшую площадь 64,4 га (32,8%) занимают угодья с очень сильным и сильным засолением. Сильное засоление приводит к полной потере урожая. Поля (64,4 га) с таким уровнем засоления выводятся из использования. Древесно-кустарниковая растительность занимает площадь 13,3 га (без учета плантаций финиковых пальм). По берегам каналов в основном кустарник тамариск и финиковые пальмы.

На карте (рисунок 10) приведено пространственное размещение деревьев и кустарников на территории полигона. Площадь насаждений с учетом плантаций пальм составляет около 4%. Возможные направления лесомелиорации орошаемых земель на рассматриваемой территории заключается в высаживании кустарниковых кулис из *Tamarix xaphylla* и *Phoenix dactylifera* вдоль орошаемых каналов.

Таким образом, геоинформационные исследования тестовых полигонов на территории провинции Майсан позволили установить пространственные характеристики рельефа, площади обрабатываемых земель, выявить фактическое использование земель для производства сельскохозяйственной продукции и выявить структуру древесной растительности. Установлено, что в основном древесная растительность (включая кустарники) произрастает по берегам оросительных, дренажных каналов и по увлажненным понижениям. Отмечается за-

растание заброшенных, необрабатываемых полей полукустарниками и травянистыми растениями. Агролесомелиоративное обустройство исследуемой территории практически отсутствует.

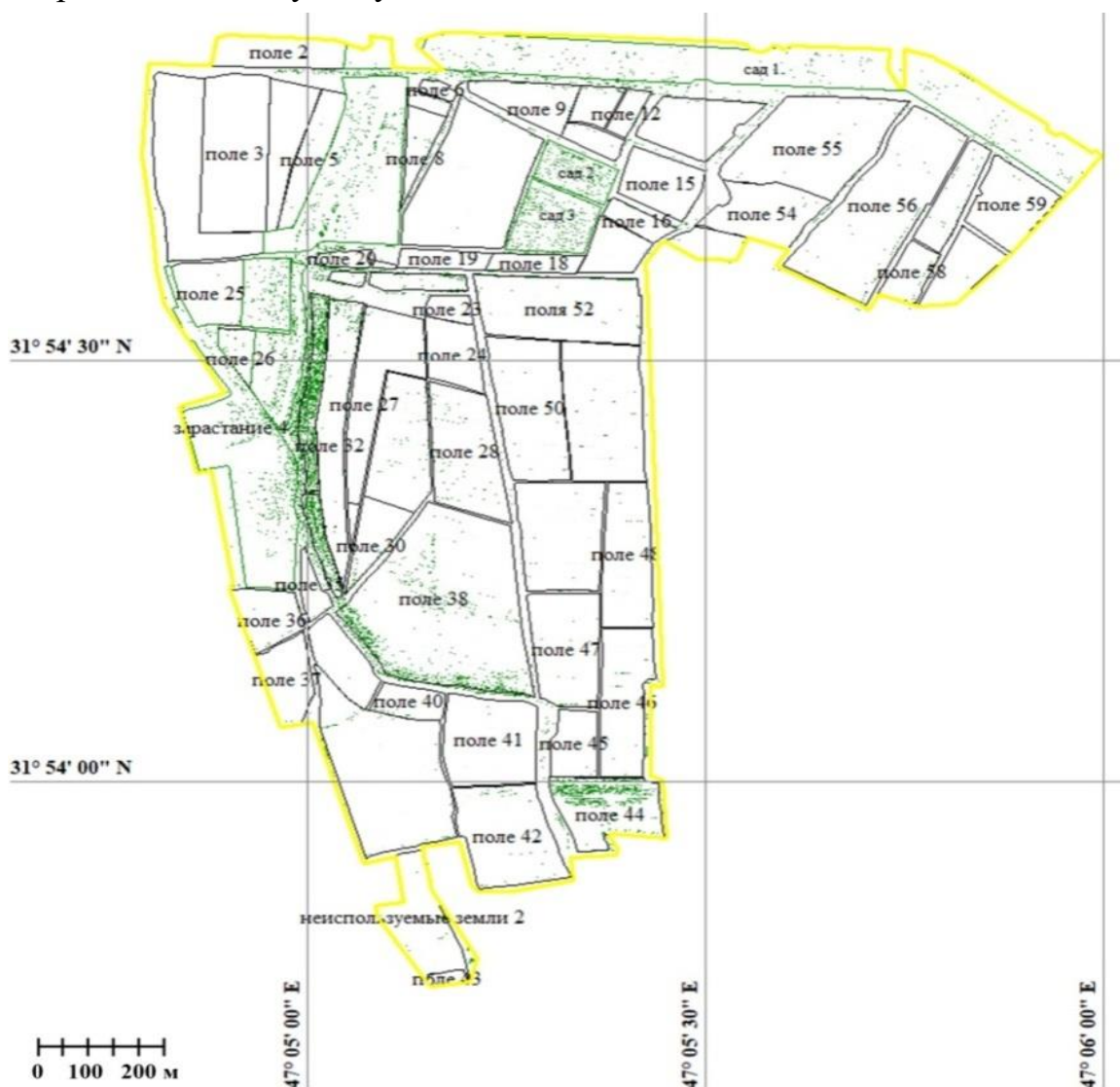


Рисунок 10 – Карта древесной растительности на полигоне Амара

Посадки деревьев целенаправленно для защиты пашни от дефляции и водной эрозии отсутствуют. Имеются посадки плантаций финиковых пальм (преимущественно), хурмы восточной, апельсинов и др., однако они расположены вблизи оросительных каналов.

## ГЛАВА 5. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МЕЖДУРЕЧЬЯ ТИГРА И ЕВФРАТА

Эколого-экономическая эффективность геоинформационных исследований сельскохозяйственных ландшафтов на юго-востоке Ирака обусловлена разработкой новых приемов геоинформационного анализа агроландшафтов. Гео-

экономический подход дает возможность провести материальную оценку лесомелиорации агроландшафтов.

Методической основой исследований является «Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель ...», 1994». Определение ущерба с ее использованием дает возможность определить экономические потери от деградации земель, и основано на средней рыночной стоимости участков земель. Размер ущерба рассчитывается по формуле:

$$U = Hc \times S \times Kэ \times Kс + Dx \times S \times Kв,$$

где  $U$  - размер ущерба от деградации почв и земель (руб.);  $Hc$  - норматив стоимости;  $Dx$  - годовой доход с единицы площади (руб.),  $S$  - площадь деградированных почв и земель (га);  $Kэ$  - коэффициент экологической ситуации территории,  $Kв$  - коэффициент пересчета в зависимости от периода восстановления деградированных земель;  $Kс$  - коэффициент пересчета в зависимости от изменения степени деградации почв и земель;  $Kп$  - коэффициент для особо охраняемых территорий.

Принимаем условно стоимость 1 га поля «пашня Д» тестового участка 130, равную 10000 руб. Применяя вышеприведенные коэффициенты для участка (учетная стоимость 1 т озимой пшеницы 17000 руб.), потери дохода учитываются через коэффициент потери посевной площади равный 0,1468. При восстановлении пашни через 5 лет только на тестовом участке площадью 1,116 га ущерб от потери стоимости и неполученного дохода составляет 11517,16 руб. в год.

Эффективность геоинформационной оценки ландшафтов обусловлена уменьшением прямых затрат полевых исследований. Критерием эффективности ( $\lambdaэ$ ) выбрано отношение времени, затрачиваемого на картографирование традиционными методами –  $t_T$ , ко времени, затраченному с использованием ГИС-технологий –  $t_{ГИС}$

$$\lambdaэ = t_T / t_{ГИС}$$

где  $t_T$  - время, затраченное на полевые исследования;  $t_{ГИС}$  - время, затраченное на выборочные полевые исследования.

Эффективность геоинформационного анализа состояния агролесоландшафтов можно установить через среднерыночную стоимость услуг по картографированию земель. При этом необходимо учитывать то, что в этом случае проводится традиционное картографирование топографической ситуации, без учета состояния ландшафтов. Таким образом, геоинформационный анализ состояния агролесоландшафтов обеспечивает снижение стоимости исследований (без учета стоимости космоснимков) до 1000 руб. за гектар, чем обеспечивается снижение стоимости крупномасштабного картографирования в 2-5 раз.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный геоинформационный анализ состояния и оценка возможности агролесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных ландшафтов

южной части междуречья Тигра и Евфрата позволили установить, что существующие природно-климатические условия и рост сельскохозяйственного производства приводит к истощению почв.

Дефицит площадей земель, пригодных для ведения сельского хозяйства, требует восстановления качества почв, возврата в сельскохозяйственный оборот деградированных и заброшенных земель. Для объективной оценки состояния и эффективного восстановления земельных ресурсов необходим постоянный мониторинг сельскохозяйственных земель.

Применение инновационных ресурсосберегающих агротехнологий и лесомелиорация агроландшафтов дает возможность предотвращения деградации и восстановления плодородия почв.

Анализ состояния засоленных земель по данным дистанционного зондирования, основывается на том, что засоление процесс слабо-динамичный и засоление площадей практически не изменяется.

Регулярность космосъемки и ее доступность повышает достоверность результатов оценки состояния агроландшафтов, а анализ разновременных снимков дает возможность определить динамику текущих процессов.

Геоинформационные системы могут применяться для дифференцированного моделирования сельскохозяйственных ландшафтов по отдельным элементам с целью решения задач лесомелиоративного обустройства ландшафтов. Использование ГИС для анализа сельскохозяйственных ландшафтов дает возможность выявить закономерности изменения параметров, характеризующих процессы деградации объектов.

Картографирование и моделирование с использованием данных дистанционного зондирования представляют интерес как методы для выявления состояния сельскохозяйственных ландшафтов. Основой создания моделей является изучение изменений значений параметров сельскохозяйственных угодий по результатам космических съемок в течение установленного времени.

Предложен вариант модифицированной методики исследования сельскохозяйственных угодий агроландшафтов с использованием геоинформационных систем, создания агролесомелиоративных защитных насаждений для предотвращения деградации почв и ухудшения условий функционирования агроландшафтов.

Анализ изменения высот ( $H$ ) по длине профиля ( $L$ ) показывает, что по выбранному направлению профиля – от максимальной высоты над уровнем мирового океана линия понижения рельефа описывается натуральной экспонентой с ошибкой среднего 4,3 м при перепаде высот 184 м, что составляет 2,3% по высоте.

$$H=172*EXP(-0,000058*L)+6, RMSE = 4,3, R^2= 0,984$$

В результате исследований установлено пространственное распределение типов почв и доли почвенных контуров на территории провинции Майсан; при этом 51% территории занято слабогумусированными песками с большим со-

держанием илистых и глинистых фракций, 22% территории занято аллювиальными пойменными почвами, аллювиальные болотные занимают почти 21%, около 6% - аллювиальными дельтовыми почвами и 0,3 % - каменистыми почвами. Большая часть почв в различной степени засолена.

На территории полигонов исследований установлено преобладание сельскохозяйственных угодий - пашни и садов. Бесплодные земли и засоленные участки не используются для выращивания сельскохозяйственных культур, часть из них зарастает галофитами ввиду их сильного засоления (общее содержание солей в почве более 3%).

Агролесомелиоративное обустройство практически отсутствует. По берегам каналов произрастают отдельные группы древесных растений (в основном кустарник тамарикс (*Tamarix aphylla*) и финиковые пальмы (*Phoenix dactylifera*). По периметру участков присутствуют плантации финиковых пальм. На разработанных картах приведено пространственное размещение деревьев и кустарников на территории полигона, в том числе, на зарастающих, выведенных из использования полях.

Установлено, что в основном древесная растительность (включая кустарники) произрастает по берегам оросительных, дренажных каналов и по увлажненным понижениям. Заброшенные, необрабатываемые поля зарастают полукустарниками и травянистыми растениями (*Suaeda vera*, *Artemisia judaica*, *Cynodon dactylon*, *Spergularia rubra*).

Главным фактором деградации земель сельскохозяйственного назначения на территории исследований является засоление, которое связано с широким использованием систем орошения. Большая часть неиспользуемых земель на территории исследований сильно засолена и непригодна для выращивания сельскохозяйственной продукции. Вторым по значимости фактором, вызывающим деградацию, является дефляция, крайним проявлением которой являются пыльные бури, которые выносят наиболее плодородную часть почвы, снижая ее плодородие.

В связи с этим использование методов агролесомелиорации для защиты почв от дефляции с учетом долговременного, биологического характера их воздействия на агролесоландшафты будет экономически эффективно и действительно для их сохранения как объектов хозяйственного использования.

Геоинформационная оценка состояния агролесоландшафтов обеспечивает экономию средств на проведение исследований на 1000 руб. за гектар, что уменьшает стоимость крупномасштабного геоинформационного картографирования в 2-5 раз.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ**

Возможные направления лесомелиорации орошаемых земель на рассматриваемой территории обоснованы особенностями рельефа территории, которая представляет собой практически плоскую, субгоризонтальную поверхность с не-

значительным уклоном ( $0,01^\circ$ ) и с большим количеством микропонижений, формирующих морфоскульптуру водосбора. Площадь с крутизной склонов менее 1 градуса занимает около 94% территории. Поэтому основным процессом выноса частиц почвы с обрабатываемых полей является дефляция.

Гидрологические процессы, обуславливающие перенос почвенных частиц, связаны в основном с затоплением территории во время паводков, однако в последнее время в связи с зарегулированностью стока, наличием большого количества гидротехнических сооружений и разбором воды на орошение влияние этих процессов уменьшилось. Таким образом, применение лесомелиорации агроландшафтов на территории исследований должно быть направлено на защиту полей от дефляции.

Основным видом деградации угодий является засоление полей. Практически на территории исследований, в той или иной мере засолено большинство земель. В этом случае лесомелиоративное обустройство земель сельскохозяйственного назначения заключается в высаживании полезащитных кустарниковых кулис из солеустойчивых кустарников *Tamarix aphylla*, однорядных насаждений *Phoenix dactylifera*, при отсутствии засоления *Populus nigra* форма пирамидальная вдоль берегов орошаемых каналов. В связи с тем, что средняя ширина полей между оросительными каналами различная, предлагается для защиты методами агролесомелиорации объединять их в группы полей шириной до 250 м. Так как рубежи высаживания насаждений определены конфигурацией оросительных систем, а не направлением преобладающих ветров, при преимущественно аллювиальном пойменном типе почв с большим содержанием песчаных фракций, то для организации лесомелиоративного каркаса можно использовать предлагаемый диапазон ширины защищаемой территории. Тамарикс безлистный в местных условиях может достигать высоты до 18 м, что дает возможность использовать его для создания полезащитных лесных насаждений на засоленных территориях. Финиковые пальмы и тополь черный широко используются при лесомелиорации орошаемых земель и могут быть рекомендованы для использования.

Результаты исследований могут быть использованы органами управления для мониторинга состояния земель и принятия решений по организации сельскохозяйственного производства на территории провинции Майсан.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшее развитие темы исследований связано с разработкой теоретической основы восстановления плодородия деградированных и заброшенных земель с использованием лесомелиоративных технологий, разработки рекомендаций по применению технологий защиты сельскохозяйственных земель от деградации; разработки новых способов объективной оценки их состояния с ис-

пользованием геоинформационного картографирования и результатов аэрокосмосъемки. Важным этапом является разработка современных технологий мониторинга сельскохозяйственных земель для предотвращения потери плодородия почв.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ*

1. **Аль-Чаабави, М.Р.А.** Состояние и структура сельскохозяйственных угодий на полигоне Джулуб в провинции Майсан (Ирак) / **М.Р.А. Аль-Чаабави, Е.А. Иванцова, Д.А. Солодовников** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее образование. – 2023. – № 2(70). – С. 253-261. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-06

2. **Аль-Чаабави, М.Р.А.** Определение состояния земель сельскохозяйственного назначения в провинции Майсан (Ирак) на основе пространственных данных/ **М.Р.А. Аль-Чаабави, Е.А. Иванцова** // Успехи современного естествознания. – 2022. - № 8. – С. 7-12. DOI: 10.17513/use.37862

3. **Аль-Чаабави, М.Р.А.** Полевое эталонирование космоснимков агроландшафтов на территории южной части Месопотамской низменности / **М.Р.А. Аль-Чаабави, Е.А. Иванцова** // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 9. – С. 7-13. DOI: [10.17513/use.37885](https://doi.org/10.17513/use.37885)

*публикации в других научных изданиях*

4. **Аль-Чаабави, М.Р.А.** Геоинформационный анализ состояния сельскохозяйственных земель на юге Ирака / **М.Р.А. Аль-Чаабави, Е.А. Иванцова, В.Г. Юферев** // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12. № 1. – С. 38-44.

5. **Аль-Чаабави, М.Р.А.** Оценка экологического состояния агроландшафтов в южной части междуречья Тигра и Евфрата с использованием данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий: теоретические основы и предпосылки / **М.Р.А. Аль-Чаабави, Е.А. Иванцова** // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 12-20.

6. **Аль-Чаабави, М.Р.А.** Экологические проблемы Ирака / **М.Р.А. Аль-Чаабави, Е.А. Иванцова, Ю.О.А. Абдулрахман** // Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество: материалы V международной научно-практической конференции. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2019. – С. 44-47.

7. **Аль-Чаабави, М.Р.А.** Компьютерное геоинформационное картографирование рельефа южной части междуречья Тигра и Евфрата / **М.Р.А. Аль-Чаабави, Е.А. Иванцова** // Современная биология и биотехнология: проблемы, тенденции, перспективы: материалы всероссийской научно-практической конференции. – Волгоград: Издательство ВолГУ, 2022. – С. 89-94.