

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*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

Диссертация

на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель –  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор  
Иванцова Елена Анатольевна

Волгоград – 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	12
1.1. Климат.....	12
1.2 Геоморфологические характеристики территории южной части междуречья Тигра и Евфрата.....	12
1.3 Почвы.....	14
1.4 Растительный покров.....	14
1.5 Гидрографическая сеть.....	16
ГЛАВА 2. ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ.....	18
2.1 Теоретические предпосылки выявления состояния сельскохозяйственных ландшафтов по результатам космического зондирования.....	20
2.2 Теоретические основы картографирования состояния сельскохозяйственных ландшафтов по результатам космического зондирования.....	24
2.3 Картографическое моделирование сельскохозяйственных ландшафтов.....	28
2.4 Полевое эталонирование космоснимков сельскохозяйственных ландшафтов.....	29
ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ.....	33
3.1 Программа и объект исследований.....	33
3.2 Методология геоинформационного исследования сельскохозяйственных ландшафтов.....	37
3.3 Методика геоинформационного исследования рельефа в ландшафтах.....	40
3.4 Методика геоинформационного исследования лесных насаждений в сельскохозяйственных ландшафтах.....	45
3.5 Методика геоинформационного исследования состояния почв сельскохозяйственных угодий.....	48
ГЛАВА 4. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО ОБУСТРОЙСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МЕЖДУРЕЧЬЯ ТИГРА И ЕВФРАТА.....	50

4.1 Геоинформационное анализ рельефа сельскохозяйственных ландшафтов провинции Майсан.....	50
4.2 Геоинформационное анализ почв сельскохозяйственных ландшафтов провинции Майсан.....	60
4.3 Геоинформационный анализ распределения земель и агролесомелиоративного обустройства тестовых полигонов провинции Майсан.....	65
<b>ГЛАВА 5. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МЕЖДУРЕЧЬЯ ТИГРА И ЕВФРАТА.....</b>	<b>123</b>
5.1 Эколого-экономическая оценка состояния сельскохозяйственных ландшафтов южной части междуречья Тигра и Евфрата.....	123
5.2 Эффективность применения геоинформационных технологий для картографирования состояния сельскохозяйственных ландшафтов.....	127
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>130</b>
<b>ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ.....</b>	<b>133</b>
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....</b>	<b>134</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>135</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>149</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Особенности сельскохозяйственных земель Ирака обусловлено его географическим положением в зоне Персидского залива. Территория государства размещается в большей части в пойме рек Тигр и Евфрат. С востока Ирак имеет границу с Ираном, на юго-востоке - с Кувейтом, на западе – с Иорданией и Сирией, на севере - с Турцией, на юге - с Саудовской Аравией [1].

Площадь земель сельскохозяйственного назначения в Республике Ирак составляет 9250,0 тыс. га из них 5200 тыс. га – пашня [10]. На территории государства ведение сельского хозяйства осложнено природно-климатическими условиями. При этом большая часть земель, используемых для выращивания сельскохозяйственной продукции расположена в зонах недостаточного и неравномерного увлажнения. Недостаточное количество осадков (среднее их многолетнее значение для провинции Майсан не превышает 100 мм) наблюдается практически повсеместно, поэтому значительные площади (3525 тыс. га) отведены под орошение. При этом значительные площади земель подвержены водной и ветровой эрозии, засолению, опустыниванию и другим видам деградации [31].

На территории Ирака в условиях отсутствия мероприятий по предотвращению деградации теряется плодородие почв, что ведет к выводу из хозяйственного оборота сельскохозяйственных угодий [96, 97, 41].

Провинция Майсан (иракское название - мухафаза) имеет площадь более 1,6 млн га. Административный центр - город Эль – Амара. Территория провинции расположена в южной части Месопотамской низменности.

В провинции Майсан земли сельскохозяйственного назначения расположены в системе водосборов рек Тигр и Евфрат. Юг Месопотамии традиционно используется для выращивания сельскохозяйственных культур, что обусловило высокую антропогенную нагрузку, и, как следствие, потерю плодородия почв. Восстановление их плодородия в комплексе с мерами по защите земель от водной и ветровой эрозии методами агролесомелиорации позволит обеспечить развития сельскохозяйственного производства в Ираке.

Обеспечение устойчивого функционирования агроландшафтов на основе проведения их агролесомелиоративного обустройства, является актуальной задачей, решение которой позволит остановить потерю плодородия почв и обеспечит повышение продуктивности полей.

Деградация нарушенных в процессе сельскохозяйственного производства земель в первую очередь вызвана разрушением структуры почвы в отличие от естественных земель. При воздействии на почву при проведении сельскохозяйственных работ увеличивается вероятность ее разрушения от водной и ветровой эрозии. При этом эффект от совместного действия антропогенных и природных факторов, может привести к полной потере плодородия почв и выводу земель их использования (например, засоление при орошении, эрозия плодородного слоя при распашке и др.). Ненормируемое использования земель для производства сельскохозяйственной продукции, отсутствие восстановления плодородия почв, отсутствие инновационных технологий обработки почвы является основными причинами, приводящими к деградации земель.

По данным отдела сельскохозяйственных земель сельскохозяйственного управления провинции Майсан площадь земель сельскохозяйственного назначения составляет 641,1 тыс. га [4].

**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 [25], К.Н. Кулика [51], 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 [66], В.И. Кравцовой [46, 47], R. Pernar [102], A.S. Rulev [104] 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, Б.В. Виноградовым, К.Н. Куликом, А.С. Рулевым, В.Г. Юферевым и др. [18, 26, 34, 64, 87]. 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, Н. Н. Бобровицкой, А.В. Кошкарёва, К.Н. Кулика, В.Г. Юферева, и др. [17, 20, 42, 55, 89].

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 междуречья 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 точностью 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 [7, 10]. 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. Спектрональная 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 спектрально-зональной 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 спектрально-зональной 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 зав. лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН д. с.-х. н. В.Г. Юфереву.

## **ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

### **1.1 Климат**

Климат Ирака субтропический средиземноморский. Для такого климата типичен жаркий, сухой летний период. Среднее количество осадков для территории провинции Майсан с июня по сентябрь включительно составляет 0,3 мм, сумма среднесуточных температур 123990°. Зима теплая, сумма среднесуточных температур составляет 44372°.

Среднее многолетнее количество осадков в Майсане с октября по май включительно составляет 94,6 мм, Наиболее выражено жаркое, сухое лето (июнь – октябрь), зима короткая и прохладная (декабрь – март).

В июле отмечены средние суточные температуры +41,1°C, средние максимальные составляют +47,1°C, средние минимальные составляют +35,1°C, абсолютный максимум +57°C. Среднесуточные температуры января +14,5° С, средний январский максимум +18,6° С, минимум составляет +10,4°C.

Дефляционно-опасные ветры северо-западных румбов преобладают летом, средняя скорость - 7,7 м/с, зимой преобладают ветры северо-восточных румбов, средняя скорость - 5,4 м/с [5, 81, 84].

### **1.2 Геоморфологические характеристики территории южной части междуречья Тигра и Евфрата**

Территория Ирака в основном размещена в Месопотамской низменности. Месопотамская низменность представлена понижением между Аравийской плитой и предгорьями Альпийско-Гималайского пояса.

Северная часть низменности представлена денудационно-аккумулятивной равниной, с минимальной высотой 200 м и максимальной до 500 м. Здесь присутствуют отдельные останцовые образования - Синдjar, высотой до 1460 м.

Южная часть низменности является заболоченной аллювиальной областью, высота рельефа здесь не превышает 100 м. Юго-запад территории Ирака размещен на окончании Аравийской плиты. Здесь характерен рельеф с понижением от 900 м. На этой территории преобладает пустынный ландшафт Сирийской пустыни и пустыни Эль-Хиджара. С севера Ирак ограничен Армянским нагорьем, переходящим на северо-востоке страны в Иранское с высотами более 3000 м [19].

На территории Ирака присутствуют четыре природных района: горный, равнина Эль-Джазира, аллювиальные равнины юга и пустынные плато юго-запада.

Северный горный район является отрогом Восточного Тавра, а северо-восточные горы являются отрогами Загроса. Поверхность этого района притянулась от долины Тигра к северо-востоку с повышением рельефа от 500 до 2000 м. Отдельные массивы имеют высоту выше 2000 м, а вершины в выше 3000 м. На границе с Ираном находится высочайшая вершина страны – 3607 м.

Горы складчатые с крутыми склонами и выровненными хребтами протянулись вдоль Ирако - Турецкой и Ирако - Иранской границы.

Эль-Джазира - холмистая равнина, приуроченная к среднему течению рек Тигр и Евфрат, и размещается севернее городов Самарра и Хит. Эта равнина повышается на север от 100 до 450 м.

На востоке расположены хребты Макхуль и Хамрин (максимальная высота 526 м.). На северо-западе горы Синдjar (вершина Шельмира высотой 1460 м). Эль-Джазира расчленена множеством русел, сток направлен в Евфрат или внутренние впадины и озера.

Нижняя Месопотамия расположена на юго-востоке Ирака и занимает

площадь 12 млн. га. Для территории характерно сложение аллювиальными отложениями. Рельеф равнинный, плоский, высоты в основном менее 100 м (на севере, - 40 м, на юге – 2 м).

Рельеф местами пересечен естественными береговыми валами, протоками, оросительными и дренажными каналами. Уклон русел рек незначителен, поэтому сток невелик, на юго-востоке сформировались болота. На равнине имеется много озер. Наиболее большие по площади озера Эль-Хаббания, Эль-Хаммар, Эль-Мильх и Эс-Саадия.

Юго-западный район – пустынный, протяженностью 800 км. Как часть Сирийско-Аравийского плато, понижается к р. Евфрат и на юг. Поверхность щебнисто-галечниковая с останцовыми холмами и возвышениями. На территории имеются барханные песчаные массивы. Плато ограничено уступом высотой до 6 м [6, 67].

### **1.3 Почвы**

В Южной части Месопотамской низменности расположены контуры наиболее плодородных засоленных в разной степени аллювиально-луговых и луговых почв. Для юго-западной части характерны засоленные в разной степени сероземы субтропических степей и полупустынь. Отмечены каштановые почвы сухих и пустынных степей. В пустынных областях преобладают пески [58, 59, 78, 105].

### **1.4 Растительный покров**

В пойме Евфрата, Тигра и их притоков расположена тугайная растительность, преобладающие древесные породы тополя, ивы и гребенщик. Большие болотные области заросли тростниково-камышовыми зарослями и

галофитной растительностью. В долинах рек Ирака, вплоть до Персидского залива, созданы плантации финиковой пальмы.

Природная растительность на территории исследований представлена следующими растениями: *Artemisia judaica* - Полынь иудейская; *Beta vulgaris* L. - Свёкла обыкновенная; *Arundo donax* L. - Арундо тростниковый; *Spergularia rubra* - Торичник (Песчанка) красный; *Silybum marianum* (L.) Gaertn - Расторопша пятнистая; *Cynodon dactylon* (L.) Pers - Свиной пальчатый; *Melilotus officinalis* (L.) Pall. – Донник лекарственный; *Capsella bursa-pastoris* L. - Пастушья сумка обыкновенная; *Lolium rigidum* Gaudin - Плевел жёсткий. На засоленных землях *Suaeda vera* Forssk. – Сведа настоящая и *Tamarix aphylla* - Тамарикс безлистный [8, 101].

Анализ физико-географических условий показал, что южная часть междуречья р. Тигр и р. Евфрат представляет собой заболоченную аллювиальную низменность, высота рельефа здесь не превышает 100 м. Здесь характерно жаркое и сухое лето, среднее многолетнее количество осадков с июня по сентябрь включительно составляет 0,3 мм со средней температурой +41°C, 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, в разной степени засолены.

Для пойм рек характерна тугайная растительность, включающая в основном тополя, ивы и гребенчик. Большие заболоченные территории заросли тростниково-камышовыми зарослями и галофитами.

Равнина сильно расчленена руслами рек. Перенос реками большого количества продуктов смыва способствует образованию наносов, которые засоляют поверхность, что существенно ограничивает сельскохозяйственное использование земель.

## 1.5 Гидрографическая сеть

Главные реки Ирака - Тигр и Евфрат, они протекают через Месопотамскую низменность с северо-запада на юго-восток. Они впадают в реку Шатт-эль-Араб, которая далее впадает в Персидский залив. Евфрат в Ираке не имеет значимых притоков, поэтому практически весь сток расходуется на орошение. Тигр имеет притоки пополняющие его.

Южная часть Месопотамской низменности насыщена озёрами и водно-болотными угодьями, самые крупные озера Тартар, Эль-Мильх, Эль-Хаммар, Эс-Саадия, Эль-Хаббания.

Реки Тигр и Евфрат имеют большое значение для хозяйства Ирака. Евфрат образуется от слияния рек Карасу и Мурат и через территорию Сирии проходит в Ирак. Длина Евфрата от истока до слияния с рекой Тигр около 3060 км. Слияние Евфрата и Тигра образует реку Шатт-эль Араб длиной 190 км.

Река Тигр длиной 1850 км и вытекает из оз. Хазар. По территории Ирака его длина около 1500 км. В реку Тигр впадают притоки с истоком в горах северо-восточного Ирака. Наиболее значимые притоки – Большой Заб, Малый Заб, Дияла, Керхе, Эль-Узайм.

Паводки в Ираке связаны с характером питания рек и могут быть обширными, с затоплением больших территорий.

Для рек Ирака характерен перенос большого количества продуктов смыва и образование наносов до 22 млн. т в год, которые остаются в пойме во время паводков. Осадки содержат большое количество солей, которые засоляют поверхность. В ходе этих процессов увеличиваются площади засоленных почв, что приводит к прекращению сельскохозяйственного использования земель [1, 83].

В результате исследований установлено, что физико-географические условия на территории юго-востока Ирака, представленного в исследовании территорией провинции Майсан, способствуют развитию процессов водной



эрозии, дефляции и засолению сельскохозяйственных угодий, что приводит к сокращению площади, используемой для выращивания сельскохозяйственной продукции. Такая ситуация вызывает необходимость применения мероприятий по защите земель от деградации методами лесной мелиорации.

## ГЛАВА 2. ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Состояние земель, используемых для выращивания сельскохозяйственной продукции, оценивается, в первую очередь, по сохранению плодородия почв. Почвы сельскохозяйственных угодий требуют рационального использования, с учетом того, что при их использовании не только выносятся питательные элементы, но и изменяется ее характеристики. Для поддержания продуктивности угодий необходимо применение современных технологий обработки, соблюдение определенных норм и систем земледелия, внесение качественных удобрений и др., а также создание защитных лесных насаждений. Размещение сельскохозяйственных полей в агроландшафтах зависит от рельефа, типа и плодородия почвы, доступной влаги. Для территории провинции Майсан характерны риски ведения сельскохозяйственного хозяйства, определенные природно-климатическими факторами; выраженной сезонностью, наличием затоплений и засух, сильным засолением почв и др.

По определению [31] деградированные земли – это те участки, на которых идет ухудшение плодородия почв и их других характеристик при воздействии природных и антропогенных факторов. В настоящее время используют термины: «деградация земель сельскохозяйственного назначения», «деградация почвенного покрова», «пастбищная деградация», «деградация агроландшафта» и т.д. [10]. В "Сводном докладе .... [79]

приведены сведения, что почти 2 млрд. га сельскохозяйственных земель подвергаются интенсивному использованию. В результате отчуждения таких земель на другие цели их площадь сокращается на 1,0 % в год.

Степень деградации пашни влияет на качество и урожайность выращиваемых растений, в связи с тем, что при этом снижается эффект от применяемых агротехнологий. Установлено пять основных типов деградации: физическая; химическая; физико-химическая; биологическая и гидрологическая.

Физическая деградация проходит в процессе удаления частиц почвы с полей и в результате непосредственного воздействия на почву. Сюда отнесены: водная эрозия, дефляция, работы по перемещению почв и переуплотнение, перемешивание слоев; изменение структуры и др.

Следствием физической деградации почв является ухудшение их водно-воздушного, питательного и теплового режимов, физических и физико-механических свойств

Химическая деградация почвы связана с выносом биологически активных элементов, засолением, аккумуляцией тяжелых металлов и др. При этом снижается активность полезной микрофлоры, и оказывается токсичное воздействие на сельскохозяйственные культуры.

Физико-химическая деградация приводит к ухудшению почвенной среды, изменению подвижности элементов, снижению устойчивости почвы.

Биологическая деградация связана со снижением количества органического вещества, уменьшением микробиологической активности, накоплением органических загрязнителей.

Гидрологическая деградация является следствием избыточного увлажнения почв профиля, как в результате нерационального орошения и поднятия уровня грунтовых вод, которое вызывает изменение свойств почвы.

Таким образом, проводимые исследования позволили сделать следующие выводы:

- природные факторы и интенсификация использования полей при выращивании сельскохозяйственных культур приводит к истощению почв; ограниченная площадь угодий, пригодных для сельскохозяйственного применения, вызывает необходимость улучшения качества почвы, восстановления плодородия деградированных и заброшенных земель;
- для определения состояния агроландшафтов и эффективного использования ресурсов необходима организация дистанционного и наземного мониторинга состояния сельскохозяйственных земель;
- для защиты от негативного воздействия природно-климатических факторов необходимо создание защитных лесных насаждений, адаптированных к условиям юго-востока Ирака.

### **2.1 Теоретические предпосылки выявления состояния сельскохозяйственных ландшафтов по результатам космического зондирования**

Использование космического оптического зондирования для оценки агроландшафтов позволит получить данные о состоянии их видимой поверхности на большой территории за короткий период времени, снижая при этом объем необходимых полевых исследований. Большой объем данных, получаемых в результате космического оптического зондирования, обеспечивает экономическую обоснованность и высокую достоверность результатов исследований. При использовании космоснимков для выявления состояния агроландшафтов можно получить данные как о состоянии сельхозугодий на момент съемки, но и об изменениях, проходящих в них.

Использование информации космосъемки обеспечивает получение результатов, которые недостижимы при полевых исследованиях. Геоинформационный анализ и картографирование данных космического мониторинга [56] позволяет разработать карты, показывающие актуальные аналитические данные, позволяющие оценить состояние агроландшафтов, что обеспечивает высокий уровень научных исследований.

Основой для геоинформационного анализа и оценки состояния агроландшафтов используются методы визуального и автоматизированного дешифрирование информации космоснимков исследуемой территории [21]. Современный анализ агроландшафтов базируется на информации оптической и радарной космосъемки.

Современная съемочная аппаратура, установленная на спутниках, позволяет получить данные о земной поверхности в определенных диапазонах длин волн электромагнитного спектра [14]. При этом часто используют канал "панхром", с диапазоном съемки от 380 до 800 нм. Снимки в этом диапазоне имеют более высокое разрешение, чем снимки в узком спектральном диапазоне, поэтому используются для коррекции разрешения синтезированного изображения [10]. Многоканальные съемочные аппараты осуществляют съемку в отдельных узких субдиапазонах, как видимого, так и инфракрасного диапазона [114]. Мультиспектральные данные доступны в высоком разрешении со спутника Sentinel 2, имеющего 13 каналов съемки, Landsat 8 и 9 (11 каналов). Снимки сверхвысокого разрешения доступны со спутника WorldView-3 (8 каналов) [115].

Разрешение снимка обусловлено растровым типом цифрового изображения и определяется размером элементарной ячейки раstra пикселя на местности, что в свою очередь определяет возможность дешифрирования объектов, представленных на изображении. Пространственное разрешение съемки определяется как разрешением цифровой матрицы съемочного аппарата, так и расстоянием от спутника до поверхности. Разрешение космоснимка можно установить как: сверхвысокое до 1 м; высокое от 1 до 10 м; среднее от 10 до 30 м; низкое более 30 м.

Оптические космоснимки обеспечивают:

- разработку и актуализацию цифровых карт;
- оценку состояния агроландшафтов;
- определение характеристик сельскохозяйственных земель;
- оценку хозяйственной нагрузки;

- оценку результатов воздействия природно-климатических факторов.

В таблицах 2.1– 2.3 показаны характеристики современных оптических космических аппаратов.

Таблица 2.1 - Характеристики съемочной аппаратуры спутника WorldView-3

Спектральный диапазон	Длина волны, нм	Разрешение, м
панхроматический:	450 — 800	0,31
фиолетовый	400–450	1,24
синий	450–510	1,24
зеленый	510–580	1,24
желтый	585–625	1,24
красный 1	630–690 красный	1,24
красный 2	705–745	1,24
ближний инфракрасный 1	770–895	1,24
ближний инфракрасный 2	860–1040	1,24
средний инфракрасный 1	1195–1225 (SWIR-1)	3,72
средний инфракрасный 2	1550–1590 (SWIR-2)	3,72
средний инфракрасный 3	1640–1680 (SWIR-3)	3,72
средний инфракрасный 4	1710–1750 (SWIR-4)	3,72
Точность геопозиционирования	3,5 м	
Ширина полосы съемки, км	13,1	

Распознавание двумерных и трехмерных компонентов отличается тем, что плоские компоненты (дороги, поля др.) сохраняют форму без искажений на снимке, а трехмерные имеют искажения по высоте в связи со свойствами центральной проекции. Компоненты, расположенные в центре снимка, имеют минимальные искажения. В других случаях искажения связаны с наклоном линии проецирования. Такие искажения дают возможность определять высоту объектов, расположенных на снимке.

Цвет и тон пикселя в растре является важной характеристикой изображения компонентов агроландшафта на космоснимках, в связи с тем, что цвет отражает определенные свойства наземных объектов.

Особенности водных объектов в том, что вода поглощает большую часть энергии солнечного спектра, поэтому тон водной поверхности темно

зеленый или почти черный. Для неглубоких участков водных объектов, в связи с отражением дна и водорослей изображения имеют более светлый тон.

Таблица 2.2 - Характеристики съемочной аппаратуры спутника Sentinel 2

Спектральный диапазон	Длина волны, нм.	Разрешение, м
1 - аэрозоль	443,9	60
2 - синий	490	10
3 зеленый	560	10
4 - красный	665	10
5 – красный 1	705	20
6 – красный 2	740	20
7 – красный 3	783	20
8 – ближний инфракрасный	842	10
8а - ближний инфракрасный 1	865	20
9 - ближний инфракрасный 2	945	60
10 - дальний инфракрасный 2	1375	60
11- дальний инфракрасный 2	1610	20
12 - дальний инфракрасный 2	2190	20
Точность геопозиционирования	20 м, без наземных контрольных точек	

Таблица 2.3 - Характеристика спектральных диапазонов спутника Landsat 8

Спектральный канал	Длины волн, мкм	Разрешение, м
1 - Побережья и аэрозоли	433 - 453	30
2 - Синий	450 - 515	30
3 - Зеленый	525 - 600	30
4 - Красный	630 - 680	30
5 - Ближний ИК	845 - 885	30
6 - Ближний ИК	1.560 - 1.660	30
7 - Ближний ИК	2.100 - 2.300	30
8 - Панхроматический	500 - 680	15
9 - Перистые облака	1.360 - 1.390	30
10 - Дальний ИК	130 - 11.30	100
11 - Дальний ИК	11.50 - 12.50	100
Точность геопозиционирования	12 м	

Для дешифрирования растительных сообществ надо иметь в виду, что они в период вегетации изменяют тон изображения, что связано с изменениями в развитии растений [10].

Дешифрирование засоленных земель имеет особенности в том, что

солончаки в сухое время года покрываются выходами солей и тон изображения очень светлый, с синим оттенком, иногда белый [10].

В связи с этим, можно сделать вывод о том, что при анализе и распознавании космоснимков, отображающих агроландшафт, необходимо учитывать взаимосвязи всех компонентов, таких как рельеф, почвы, растительность, гидрографическую сеть, климат и др., влияющих на состояние агроландшафтов.

## **2.2 Теоретические основы картографирования состояния сельскохозяйственных ландшафтов по результатам космического зондирования**

Оптические снимки поверхности Земли фиксируют отраженную компонентами агроландшафта энергию [96], величина которой обусловлена их оптическими свойствами. Космический мониторинг агроландшафтов связан с оценкой изменений характеристик отражения энергии компонентами ландшафта, связанные с параметрами его функционирования. Основными задачами при теоретическом обосновании геоинформационной оценки состояния сельскохозяйственных ландшафтов являются: изучение параметров отражения энергии компонентами агроландшафтов, сопоставление характеристик отражения с состоянием сельскохозяйственных угодий, составления фотоэталонов угодий, анализ спектральных характеристик отраженной энергии.

При проведении оценки состояния агроландшафтов необходимо выявить наличие и степень изменений параметров, характеризующих их состояние, а также пространственное положение таких изменений в ландшафте [91]. В связи с этим проблема научного обоснования геоинформационной оценки деградации сельскохозяйственных земель для определения ее степени является актуальной для анализа изображений агроландшафтов на космоснимках, разработки крупномасштабных карт и коррекции цифровой модели агроландшафта с учетом данных, получаемых



при наземных исследованиях.

Картографическое обеспечение на основе данных дистанционного зондирования Земли с использованием геоинформационных систем в настоящее время является незаменимым инструментом для обоснования лесомелиоративной защиты ландшафтов от деградации. Анализ состояния агроландшафтов проводится в среде, разработанной локальной географической информационной системы путем формирования тематических цифровых карт.

Определение состояния сельскохозяйственных угодий проводится с применением геоинформационных картографических систем и данных дистанционного зондирования с учетом их комплексных обследований в полевых условиях.

Методы разработаны Б.В. Виноградовым, К.Н. Куликом, А.С. Рулевым, В.Г. Юферевым и др. [24, 29, 52, 87].

Геоинформационные исследования проводятся с использованием специальных аналитических программы, например, QGIS 3.28 и представляет собой создание и анализ геоинформационных систем для комплексного анализа агроландшафтов юго-востока Ирака.

Картографирование земель сельскохозяйственного назначения с использованием космических снимков проводится с превалярованием камеральных работ на полевые.

Картографирование на основе космических снимков по методике Б. В. Виноградова содержит:

- 1) предварительное дешифрирование изображений космоснимков;
- 2) полевое эталонирование участков агроландшафтов;
- 3) экстраполяцию результатов дешифрирования на аналогичные участки;
- 4) полевой контроль соответствия полученных камеральных данных реальному состоянию агроландшафтов;
- 5) окончательное определение состояния агроландшафтов и

составление аналитических карт.

В работах Кулика К.Н. и др. исследователей [53, 89, 28, 36] обоснованы современные методы картографирования агроландшафтов с использованием возможностей геоинформационных систем. Основные операции по разработке тематических карт проводятся в среде ГИС. Модели агроландшафтов создаются в виде цифровых картографических слоев, показывающих геоморфологические характеристики, положение почвенных контуров на местности, состояние посевов и др.

Геоинформационное картографирование обеспечивает:

- определение пространственного положения полигонов исследования на местности;
- определение особенностей рельефа и геометрических характеристик изучаемой территории;
- уточнение границ полей;
- создание модели агроландшафта.

Такие подходы соответствуют направлению исследований – оценке состояния агроландшафтов южной части междуречья Тигра и Евфрата

Геоинформационные системы обеспечивают получение на основе анализа пространственной информации и новых знаний об объектах и явлениях в пространстве Берлянт А.М., Кошкарев А.В., [17, 42, 43]).

В ГИС карта не является обычным, неизменным изображением. Каждый объект, сохраненный в ГИС, соответствует некоторому пространству, которое можно изучить, получить новую информацию и сохранить ее в базе данных.

Оценка основана на использовании анализа зависимости изображения полей на космоснимках от количественных характеристик реального состояния сельскохозяйственных угодий и на разработке карт состояния рассматриваемых территорий [42].

Б.В. Виноградов разработал шкалу экологического состояния ландшафтов по четырем степеням норма, риск, кризис и бедствие [27], на

базе чего, проводится геоинформационная оценка степени деградации агроландшафтов.

Состояние сельскохозяйственных земель в провинции Майсан, обусловлено жесткими природно-климатическими условиями, которые приводят к деградации обрабатываемых полей [88].

Деградация агроландшафтов определена не только фактическим снижением продуктивности под действием различных факторов, но и скоростью нарастания деградации. Динамические критерии дают возможность прогноза развития деградации. По динамичности деградации выделено четыре класса [29, 57]. Стабильные и слабо динамичные агроландшафты со скоростью роста деградированной площади менее 0,5% в год. Умеренно динамичные - 1-2%. Средне динамичные - 2-3%. Сильно динамичные – 3 % и более.

Сравнение изменения состояния сельскохозяйственных земель за определенное время позволяет создать модели для прогноза их состояния [75].

Состав и структура данных в ГИС определяются объектами, ландшафтными особенностями, в том числе рельефом, лесными насаждениями, почвой и др., а также и процессами (дефляция, смыв почвы, деградация растительности и др.).

В результате выявлено, что оценка состояния агроландшафтов, с использованием географических информационных систем на основе анализа данных дистанционного зондирования, обеспечивает определение характеристик и пространственного положения деградированных участков на полях.

Такой подход позволяет выбрать методы их защиты от деградации, разработать системные модели агролесоландшафтов для управления их хозяйственным использованием.

Космоснимки сельскохозяйственных угодий для оценки их состояния должны иметь высокое и сверхвысокое разрешение [113].

Систематичность и актуальность космосъемки и повышают достоверность результатов оценки состояния агроландшафтов, а использование разновременных снимков обеспечивает оценку динамики деградации [110, 106, 111, 112].

### **2.3 Картографическое моделирование сельскохозяйственных ландшафтов**

Цифровые модели сельскохозяйственных ландшафтов представляют собой цифровое представление пространственных данных, включая математические модели, цифровые карты, и атрибуты [16, 44].

Объектом геоинформационного моделирования является аграрный ландшафт с лесомелиоративными насаждениями, с определенным набором свойств. Агроландшафты классифицируются по их пространственному положению на местности, по приуроченности к элементам водосбора, почвенным, растительным и др. условиям.

Положение объектов в пространстве определяется топологией векторных примитивов [77]: точка, которая не имеет размерности; линия имеет одно измерение; полигон имеет два измерения и тело, которое имеет три измерения.

Характеристики агроландшафта в модели приводятся в виде таблиц атрибутов, имеющих пространственную привязку к графическим объектам. Атрибуты могут быть результатом обработки данных внешних источников или рассчитываются при помощи инструментов геоинформационной системы.

Цифровая картографическая модель агроландшафта включает геоморфологическую, почвенную, гидрологическую, лесомелиоративную, морфометрическую и атрибутивную часть.

Базовыми моделями пространственных данных сельскохозяйственных угодий, являются: растровая модель, используемая для представления распределения объектов и оценки их состояния, векторная модель,

определяющая границы объектов, и регулярно-ячеистая модель, дающая возможность использования дополнительных значений, характеризующих сельскохозяйственные угодья [82, 69].

Имеющиеся в геоинформационных программах инструменты, обеспечивают получение геометрических данных о выделенных объектах (площадь, периметр, и др.).

Широкое распространение данных глобальных цифровых моделей высот дает возможность построить для выбранного участка совокупность пространственно-определенных высотных отметок в виде регулярной сетки с определенным размером ячейки. Источниками данных для создания глобальных ЦМР являются радарная, спутниковая съемка местности. Наиболее известны модели SRTM(Shuttle Radar Topography Mission) и AsterGDEM [117, 109]. Трехмерная визуализация ЦМР основана на реализации возможностей компьютерной графики при формировании трехмерных изображений.

#### **2.4 Полевое эталонирование космоснимков сельскохозяйственных ландшафтов**

Полевое эталонирование, обеспечивает достоверность дешифрирования данных дистанционного зондирования. Эталоном является изображение объекта или его свойств на космоснимке сопоставленное с объектом или его свойствами, полученными непосредственными измерениями. При проведении эталонирования определяются характеристики сельскохозяйственных ландшафтов, которые впоследствии можно выявить по космоснимкам, таких как высота деревьев и их диаметр, конструкция, состояние и породный состав лесных насаждений, посевов, почв и пастбищ. Методика эталонирования основана на комбинированном эталонировании и дешифрировании изображений, разработанных Б.В. Виноградовым [30] и усовершенствованных в работах К.Н. Кулика [50, 54].

Методика основана на полевом эталонировании тестовых участков и экстраполяции результатов камерального дешифрирования сельскохозяйственных угодий на аналогичные угодья.

Полевое эталонирование является основой формирования обучающей выборки при компьютерной классификации космоснимков.

На тестовых участках изучаются компоненты сельскохозяйственных ландшафтов и определяются существующие связи. При этом определяется соответствие изображения элементам ландшафтов, устанавливаются дешифровочные признаки и на их основе разрабатываются таблицы соответствия. При проведении полевых исследований строится экологический профиль и проводится изучение состава экосистем и связи между их элементами.

Полевые исследования проводятся более детально, чем установленный масштаб разрабатываемой карты.

Площадь тестовых участков определяется с учетом цели исследования и может составлять 0,02 – 0,25 площади исследований.

Выявление дешифровочных признаков при эталонировании выполняется при сопоставлении статистического распределения признаков и свойств, что позволяет установить достоверность распознавания и погрешность метода [30].

Для эталонирования необходимо исследовать участки с различными степенями деградации, как было указано выше, «Бедствие», «Кризис», «Риск» и «Норма». Деградация сельскохозяйственных ландшафтов определяется по отдельным критериям для защитных лесных насаждений, почвенных контуров и участков пастбищ. Общим условием для проведения эталонирования является подбор тестовых участков с четырьмя степенями деградации.

В результате можно предложить последовательность эталонирования, включающую:

1. Дистанционную съемку тестовых участков.

2. Дешифрирование снимков, выбранных тестовых по известным признакам.
3. Привязку снимков тестовых участков к географическим координатам.
4. Создание геоинформационных картографических слоев тестовых участков с выделением векторными контурами их границ.
5. Предварительную обработку полученных данных и предварительное выделение типичных участков со установленными степенями деградации.
6. Полевые исследования проводят для определения: типа почвы, геоботанического описания растительного сообщества, проведения фотоэталонирования поверхности и построения ландшафтного профиля.
7. Создание справочников эталонов состояния агроландшафтов.
8. Статистическую оценку деградации участков агроландшафтов.
9. Картографирования агроландшафтов с созданием векторов границ и заполнением атрибутов.

Для проведения статистической обработки результатов эталонирования надо разрабатывать эталоны не менее чем для 10 контрольных точек [37].

Таким образом, изучение проблемы деградации агроландшафтов в провинции Майсан показало, что применение геоинформационных систем для дифференцированного моделирования и картографирования сельскохозяйственных ландшафтов по отдельным элементам с целью решения различных задач лесомелиоративного обустройства ландшафтов актуально для рассматриваемых территорий Ирака. 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 при

дешифрировании космоснимков, определения изменения площади деградированных земель и др.

Изучение изменений земель за определенный период времени по результатам космических съемок является основой создания пространственно-временных моделей состояния сельскохозяйственных угодий.

По результатам полевого эталонирования создается справочник фотоэталонов по компонентам агроландшафта и по их основным характеристикам, обеспечивающим дешифрирование космоснимков и точную идентификацию объектов агроландшафта.



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

### 3.1 Программа и объект исследований

Геоинформационный анализ состояния сельскохозяйственных ландшафтов базируется на использовании возможностей и инструментов геоинформационных программ для компьютерной обработки пространственных данных. Проведение исследований основано на использовании растровой и атрибутивной информации о состоянии территории, включающей как результаты дистанционного зондирования, так и совокупность тематических карт: топографические, почвенные, ландшафтные карты, векторные карты границ полей и др. [90].

Использование спектрональных каналов дает возможность выделения, картографирования и классификации состояния растительности и почв по значениям растительных и почвенных индексов, таких как NDVI, SAVI, IPVI и др. [38, 34, 105, 98, 99, 93, 95]. Дополнительно используются данные GPS позиционирования, полученные при проведении полевых исследований. Для проведения исследований особенностей рельефа территории используются данные глобальных цифровых моделей SRTM и Aster GDEM. При анализе пространственного распределения морфометрических характеристик высот с использованием цифровых моделей рельефа применяются имеющиеся в геоинформационных программах инструменты или специализированные программы для получения новых расчетных данных. При реализации интерполяции

имеющихся данных в программах реализуется выбор методов, адекватных задачам исследований.

Состояние сельскохозяйственных ландшафтов зависит от состояния компонентов: почв, растительности, наличия доступной влаги, климатических условий, а также наличия мелиоративных средств и насаждений.

Исследования проводились на территории провинции Майсан, площадью 1607,2 тыс. га. Под сельскохозяйственные угодья здесь используется около 640 тыс. га территории, из них основную часть занимает пашня - 636,8 тыс. га., остальное сады.

Сельскохозяйственные ландшафты отличаются по происхождению, своим свойствам, что соответственно требует индивидуальных методик дистанционной оценки их состояния [91]. 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 [92].

Анализ данных дистанционного зондирования обеспечивает не только оценку состояние сельскохозяйственных ландшафтов на момент съемки, но и оценить их динамику при сравнении информации периодической съемки. Картографирование обеспечивает пространственную фиксацию тематической информации дает возможность проектирования обустройства сельскохозяйственных ландшафтов по объективным данным.

Деграция земель сельскохозяйственного назначения связана в первую очередь с изменением плодородия почв, что приводит к снижению продуктивности полей [40, 49, 72, 106]. На территории исследований потеря плодородия связана в основном с засолением почв [32, 59, 73].

Вторым по влиянию фактором, снижающим плодородие, является дефляция, при которой снижение плодородия проходит с выносом плодородных частиц с полей в результате воздействия ветра и пыльных бурь.

Водная эрозия проявляется в основном в виде переноса частиц почв

при паводках и сильных ливнях зимой.

Для решения проблемы анализа состояния сельскохозяйственных ландшафтов были поставлена программа исследований, включающая:

- адаптацию методики геоинформационного картографирования для анализа состояния сельскохозяйственных ландшафтов междуречья Тигра и Евфрата;

- дешифрирование и дистанционная оценка состояния сельскохозяйственных ландшафтов;

- разработку тематических карт использования сельскохозяйственных угодий на территории.

- разработку геоинформационных картографических слоев состояния компонентов сельскохозяйственных ландшафтов.

- разработку рекомендаций по лесомелиоративному обустройству сельскохозяйственных ландшафтов территории исследований.

Объектом исследований являлась юго-восточная часть междуречья Тигра и Евфрата на территории провинции Майсан.

Для проведения исследований были заложены 6 тестовых полигонов, представленных на рисунке 3.1. Эти полигоны представляют основные группы агроландшафтов провинции Майсан.

Объекты для проведения исследований характерны для сельскохозяйственных ландшафтов территории провинции Майсан и могут быть эталонами для подобных аналогичных ландшафтов. В связи с этим, данные, установленные в результате дешифрирования космоснимков и использованные для картографирования сельскохозяйственных ландшафтов, могут быть экстраполированы и на соответствующие территории.

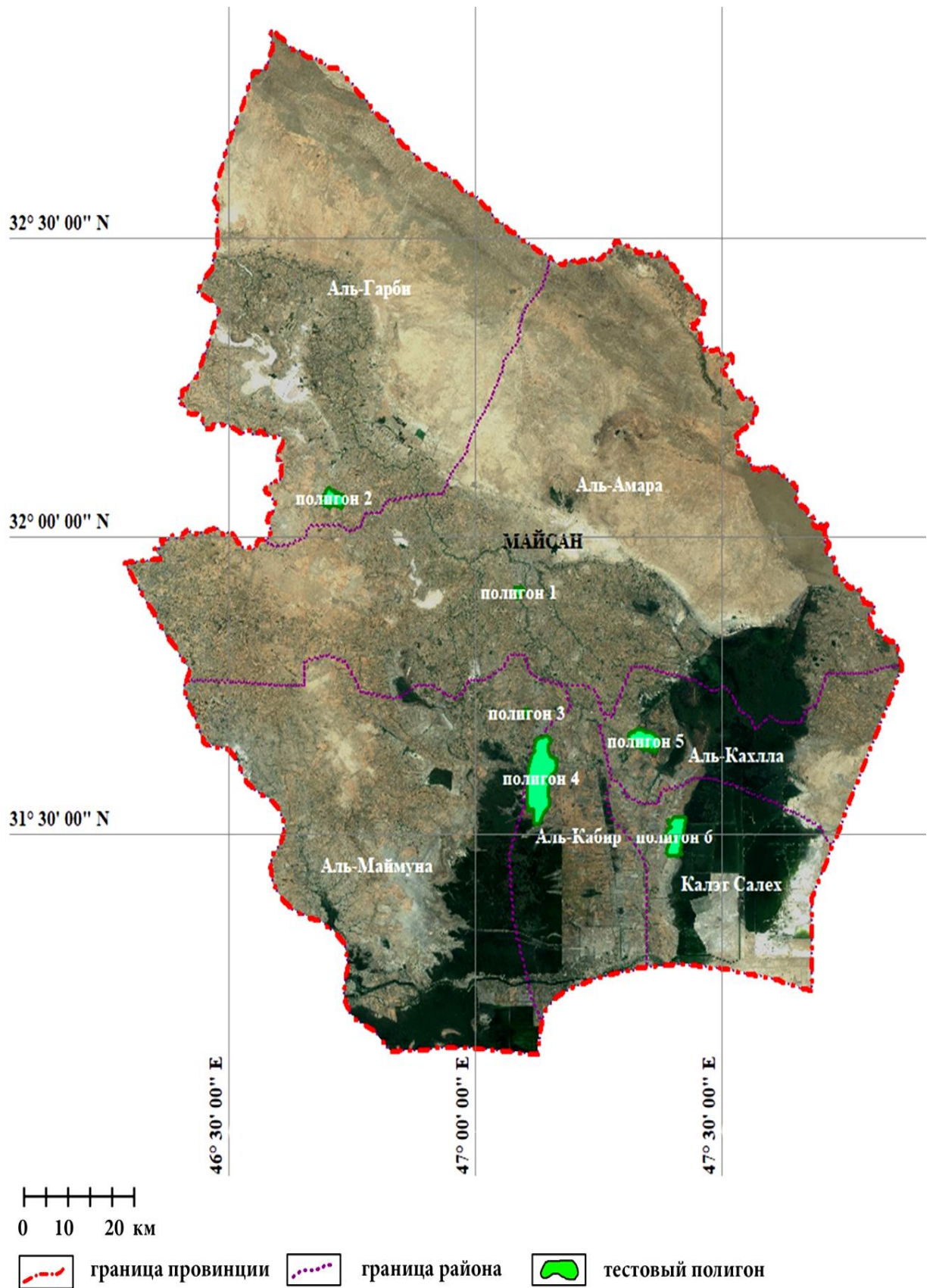


Рисунок 3.1 – Обзорная космокарта провинции Майсан с тестовыми полигонами

### **3.2 Методология геоинформационного исследования сельскохозяйственных ландшафтов**

В основу исследований сельскохозяйственных ландшафтов положена методология геоинформационного анализа пространственных данных и использования космоснимков для определения их состояния с использованием тематических карт, обеспечивающих возможность выявления их состояния в условиях природно-климатического и антропогенного воздействия.

Пространственная база данных создается для анализа информации и оценки состояния сельскохозяйственных ландшафтов. Геоинформационная система, состоящая из картографических слоев различного содержания, включает космокарты исследуемых сельскохозяйственных ландшафтов, карты, отражающие геоморфологические почвенные и климатические особенности территории исследований и карты их состояния. Для разработки карт используется комплекс геоинформационных программ: QGIS, ENVI, Surfer и др., на основе которых разрабатывается цифровой образ сельскохозяйственных ландшафтов.

Космоснимки являются источником данных о пространственном положении объектов на территории исследований и состоянии сельскохозяйственных ландшафтов [22]. Отображаемая на снимках территория находится в определенном состоянии, соответствующем комплексу внешних и внутренних условий, существующим в момент съемки [47]. Определение состояния сельскохозяйственных ландшафтов проводится на основании дешифрирования данных, при котором выделяют наиболее важные по прямым и косвенным признакам, которые определяют состояние ландшафта.

Выбор космоснимков для проведения исследований сельскохозяйственных ландшафтов зависит от площади сельскохозяйственного объекта и, параметров, которые необходимо установить. Детальность растрового изображения определяется его

разрешением, то есть размером пикселя на местности. Так как основой распознавания объектов является его форма, цвет, структура и др., то размер пикселя является решающим. Наиболее доступными для большинства исследователей являются космоснимки со спутников «Sentinel 2», «WorldView 3», «Landsat-7,8, 9» и др. (см. таблицы 2.1- 2.3). Космоснимки являются основой для создания космокарт и анализа пространственного распределения участков деградации на территории исследований.

Процесс распознавания объектов, отображаемых на снимке, основан на закономерностях отражения электромагнитной энергии компонентами ландшафта и на их применении для оценки их состояния [48]. Космоснимок должен быть контрастным. Контуров объекта должны четко выделяться, хорошо распознаваться и отличаться от контуров других объектов.

Критерии состояния сельскохозяйственных ландшафтов, должны количественно определять их характеристики, и при этом иметь достаточную корреляцию с их состоянием. Для оценки состояния сельскохозяйственных ландшафтов используются пространственные источники данных, в том числе картографические, текстовые данные и данные картографических сервисов сети Интернет. Для анализа состояния отдельных малоразмерных объектов и защитных лесных полос используются космические снимки с разрешением до 10 м, для оценки состояния лесных массивов, пашни и пастбищ используются снимки с разрешением 10 – 30 м.

Космоснимки с разрешением более 30 м используются для анализа масштабных явлений, таких как пыльные бури или крупные очаги ландшафтных пожаров [100]. Обзорная карта разрабатывается на основе космоснимков для определения пространственного размещения сельскохозяйственных угодий и определения положения объектов исследований. Масштаб обзорной космокарты принимается 1:1000000, 1:2000000 при этом формируется общее поле данных на всей территории исследований. Она разрабатывается в виде отдельного слоя (в программах QGIS, ARCGIS и др.). Привязка к географическим координатам проводится с

использованием встроенных инструментов ГИС или по данным исходных файлов, получаемых от специализированных сервисов, обычно это файлы типа geotiff, jpg2000. Далее проводится сверка координат с известными координатами объектов. Повышения точности привязки снимка достигается за счет коррекции координат космокарты.

Картографирование контуров проводится в векторном формате графики. Объективно точнее проводить контуры объектов с использованием космоснимков, привязка которых зависит от точности аппаратуры позиционирования спутника. Размещение контуров осуществляется построением полигонов по контрольным точкам с установленными координатами или наложением информации на существующий растровый слой. В итоге дешифрирования, обработки и трансформирования космоснимков разрабатывается обзорная карта территории исследований.

Для оценки состояния составляющих элементов сельскохозяйственных ландшафтов используются космокарты крупного масштаба – не менее 1:25 000.

Космокарты сельскохозяйственных угодий создаются с использованием ГИС по следующему алгоритму:

- с использованием обзорной карты, контуром выделяют объект исследований;
- при помощи инструментов геоинформационных систем определяют координаты, площадь и другие плановые параметры контуров;
- устанавливается расстояние до контрольных пунктов;
- разрабатывается новый слой - космокарта «объект исследований»;
- осуществляется трансформация космокарты до получения нужного масштаба;
- выбирается картографическая проекция;
- вводится необходимая атрибутивная информация.

Необходимо отметить, что разрешение исходных космоснимков должно обеспечивать соответствующий масштаб космокарты.

В результате использования космоснимков разрабатываются актуальные космокарты сельскохозяйственных ландшафтов, выявляются контуры, степень деградации и другие особенности ландшафта, которые отображаются на космоснимках.

### **3.3 Методика геоинформационного исследования рельефа в ландшафтах**

Структурно-геоморфологические составляющие ландшафта в пространстве имеют общие и отчётливые границы, которые определяют особенности таких составляющих, что необходимо учитывать при изучении совокупных свойств агроландшафта. В связи с этим, при агролесомелиоративном обустройстве земель сельскохозяйственного назначения необходим комплексный подход, учитывающий морфоструктуру ландшафта. При этом можно провести геоморфологическую и почвенную дифференциацию территории [85].

С достаточной точностью можно определить геоморфологические характеристики агроландшафта на основе аэрокосмической информации, глобальных цифровых моделей рельефа и инструментов анализа геоинформационных систем.

Геоинформационные системы дают возможность применения пространственных данных для оценки состояния агроландшафтов, а систематический мониторинг, компьютерное картографирование и статистический анализ обеспечивают их высокий научный уровень.

При исследованиях геоморфологических характеристик изучаемой территории выбирают источники данных, содержащие данные о высотах рельефа. Это могут быть цифровые модели рельефа, могут быть таблицы отметок высот с их географическими координатами, таблицы данных, GNSS, GPS, ГЛОНАСС измерений, а также данными, полученными при проведении топографических работ. Все данные имеют пространственную привязку,



поэтому обрабатываются в геоинформационных программах для уточнения и коррекции ЦМР полигонов исследований.

Объединение данных трехмерных карт рельефа с набором производных расчетных данных, полученных на основе ЦМР, представляет цифровую геоморфологическую модель [3]. Современные геоинформационные программные комплексы имеют большой выбор модулей обработки данных, что обеспечивает получение необходимых результатов.

Методика геоинформационного картографирования рельефа включает:

1. Определение пространственного положения объекта исследований.
2. Поиск геоморфологических данных об объекте исследований в глобальных цифровых моделях высот.
3. Выбор необходимого для моделирования рельефа контура полигона.
4. При необходимости проводится векторизация изолиний высот по данным крупномасштабных топографических карт.
5. Определяются контрольные точки с точными данными о высоте и координатах.
6. Разрабатываются таблицы данных пространственного положения точек высот.
7. Проводится коррекция таблиц пространственного положения точек высот по контрольным точкам.
8. В геоинформационной программе разрабатывается рабочий проект для создания геоинформационных картографических слоев.
9. В рабочем проекте создается слой – цифровая модель рельефа и проводится импорт электронных таблиц в проект.
10. Проводится визуализация рельефа по ЦМР с использованием встроенных инструментов.

Визуализация охватывает все пространство объекта в целом и обеспечивает восприятия рельефа территории. Геоморфологический анализ агроландшафтов проводят на основе полученных цифровых моделей при помощи встроенных инструментов и математической обработки первичных

пространственных данных.

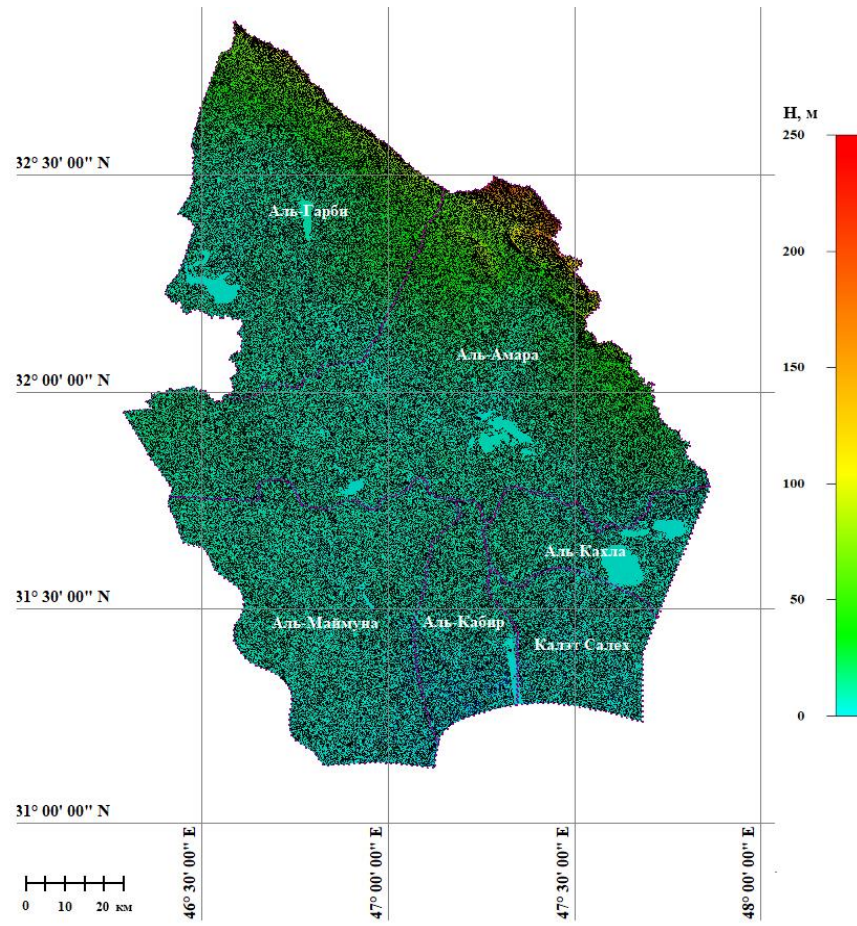
Для моделирования рельефа, разработки изолинейных карт регулярных цифровых моделей используется картографическая программа Surfer, обеспечивающая создания цифровых моделей в виде таблиц и математической обработки их данных. В этой программе можно разработать изолинейную карту: пространственного распределения точек высот рельефа; диапазонов высот с заданным шагом; пластики рельефа; углов наклона склонов; уклонов; направления уклонов.

Кроме того, выделить морфоизографу, разделяющую выпуклые и вогнутые поверхности; построить цифровые профили высот по выбранным линиям; построить карту водосборов с водотоками; выполнить визуализацию трехмерной модели рельефа.

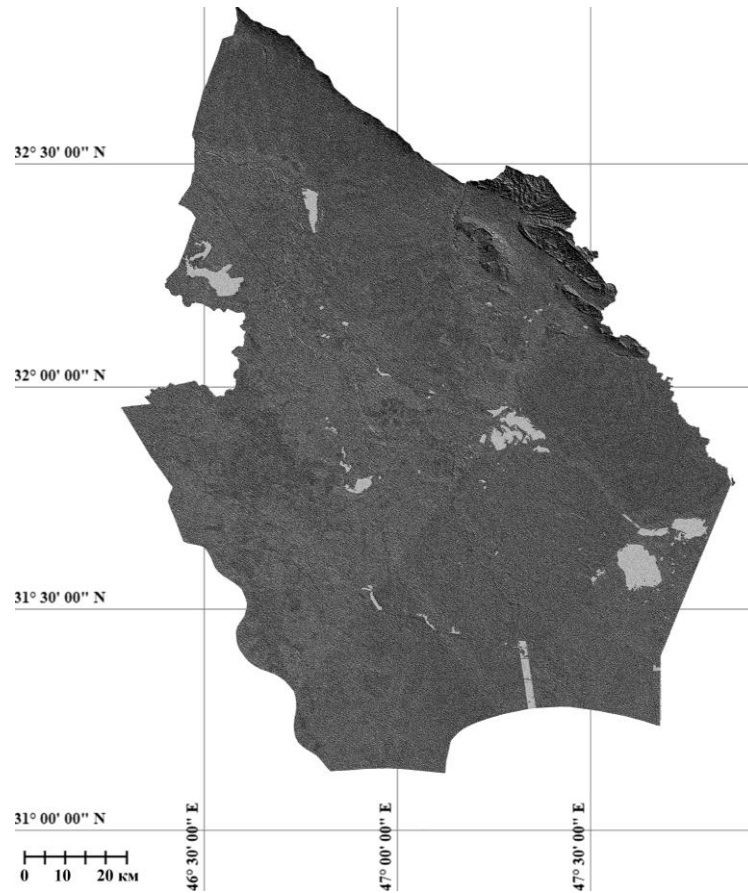
Методика анализа рельефа включает:

- построение линий водоразделов для выделенного водосбора по цифровой модели рельефа;
- коррекцию линий водоразделов по космическим снимкам;
- векторизацию границ водосборов;
- определение пространственных координат водосбора;
- расчет геометрических параметров водосбора;
- построение векторной карты диапазонов высот;
- разработку карты крутизны склонов и уклонов;
- построение профиля рельефа с использованием ЦМР;
- расчет характеристик профиля с определением их статистических характеристик;
- визуализацию трехмерной модели рельефа.

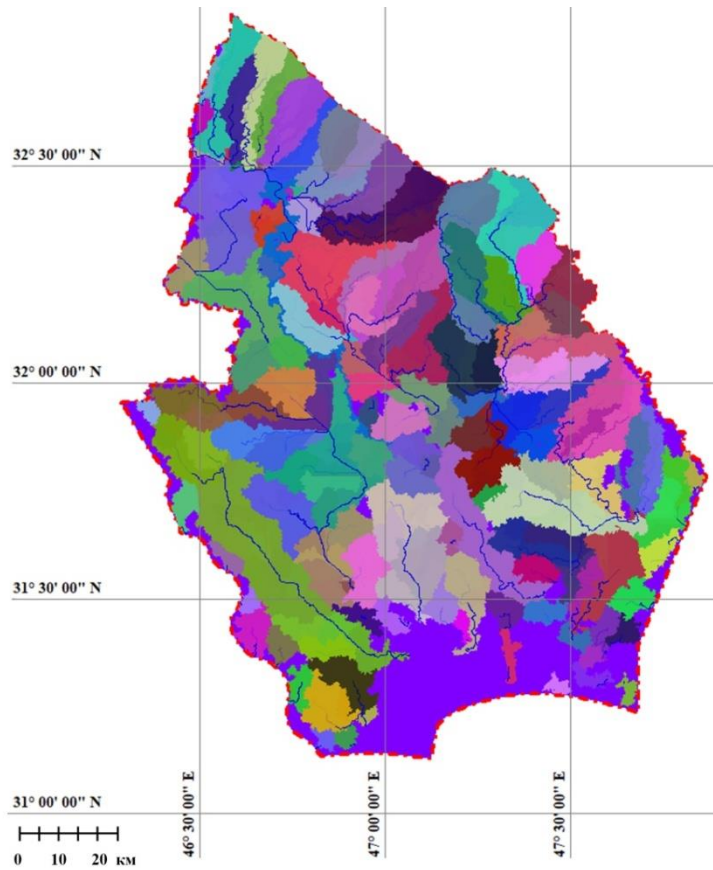
Пример разработанных ГИС слоев для территории провинции Майсан приведен на рисунке 3.2.



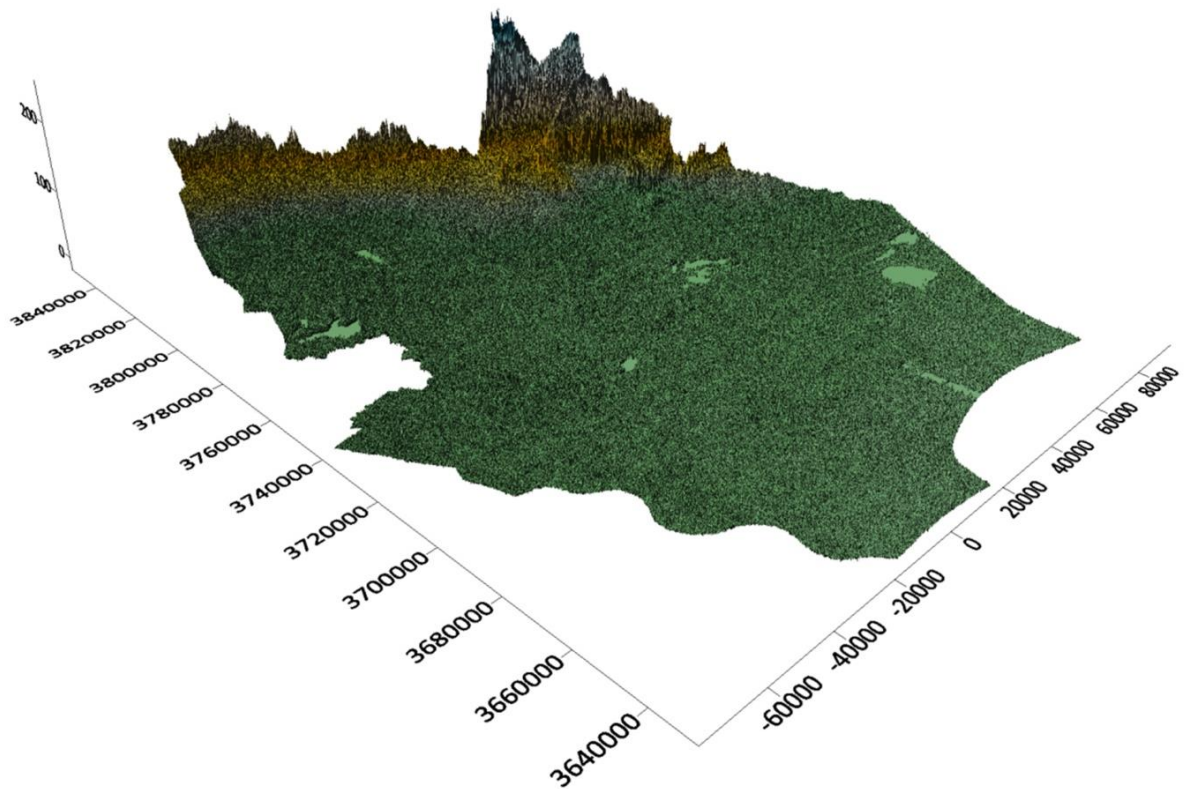
1



2



3



4

Рисунок 3.2 - Аналитические карты рельефа провинции Майсан: 1 – высот; 2 – пластики рельефа; 3 – водосборов; 4 – трехмерная модель рельефа

### **3.4 Методика геоинформационного исследования лесных насаждений в сельскохозяйственных ландшафтах**

При дистанционных исследованиях состояния лесных насаждений на основании космической съемки сельскохозяйственных ландшафтов проводится дешифрирование изображения космоснимков, выделение контурами территории, занимаемой лесными насаждениями, и осуществляется оценка характеристик, которые можно определить по прямым и косвенным признакам.

Оценка состояния лесных насаждений проводится по результатам анализа распределения пикселей на космоснимке и сравнении полученных данных с данными наземных исследований. Для оценки лесных насаждений применяется методика [70], выявления значений величины тона (R-G-B) пикселей снимка, соответствующих установленному уровню состояния. Состояние насаждений оценивается по комплексному критерию сохранности лесных насаждений в сравнении, с каким-либо исходным значением (например, площадь полога).

Цифровая космокарта создается для проведения геоинформационного анализа космоснимка. Такая карта обеспечивает отображение сохранности лесных насаждений. По космокарте проводится классификация изменений, прошедших в лесных насаждениях.

Детализация космокарты определена разрешением исходных спектральных космоснимков. Ошибка геопозиционирования является одной из характеристик спутника, используемого для получения космоснимков исследуемой территории.

Оценка состояния лесных насаждений в южной части междуречья Тигра и Евфрата проводится по результатам космосъемки в период с середины февраля, когда полог древостоя наиболее контрастен. Время суток предпочтительно должно соответствовать астрономическому полудню, когда тени минимальны.

Покрытие облачностью изображения на космоснимке должно быть минимальным, при этом тени от облачности не должны закрывать изучаемые объекты.

Анализ распределения и количества пикселей проводят по гистограммам, которые дают возможность установить количество пикселей, отнесенных к установленному уровню состояния лесных насаждений [71]. Защитные лесные насаждения, высаживаемые для предотвращения деградации сельскохозяйственных угодий высаживаются вдоль сторон обрабатываемых полей и представлены на космоснимках как прямолинейные объекты с различной плотностью насыщения, которые выделяются на фоне полей темно-зеленым тоном.

Полевое эталонирование проводится по модернизированной методике Б.В. Виноградова [25] при которой проводят:

1. Предварительную дистанционную съемку территории исследований.
2. Предварительное дешифрирование снимков.
3. Выбор по снимкам тестовых участков насаждений для проведения эталонирования.
4. Разработку космокарты насаждений с уточнением их географических координат.
5. Анализ сохранности лесных насаждений и выделение характерных контуров со степенями деградации «Норма», «Риск», «Кризис» и «Бедствие».
6. Контрольное обследование эталонных насаждений в полевых условиях с проведением контрольной съемки.
7. Разработка каталога эталонов сохранности.
8. Коррекцию карт сохранности лесных насаждений по данным полевого эталонирования с использованием геоинформационных систем.
9. Введение в ГИС полученной атрибутивной информации.

В результате обработки статистических данных 10 контрольных точек на каждом тестовом участке получают результаты исследований с

доверительной вероятностью 0,95.

Оценка пространственного положения лесных насаждений осуществляется в ГИС по созданной космокарте.

Для этого выполняются следующие действия:

1. Выделение контуров существующих лесных насаждений по космоснимку.
2. Вычисление геометрических и пространственных параметров насаждений.
3. Составление таблиц характеристик насаждений.
4. Определение сохранности полога лесных насаждений.
5. Разработка карты деградации лесных насаждений по сохранности.
6. Создание картографического слоя направлений преобладающих ветров.
7. Выявление направлений расположения главных и вспомогательных лесных полос по основному направлению ветров.
8. Разработка карты контуров обрабатываемых полей.
9. Разработка карты оросительных каналов.
10. Разработка карты почвенных контуров.
11. Определение пространственного размещения основных и дополнительных полос по нормам, рекомендованным для существующего типа почв.
12. Разработка изолинейной карты рельефа сельскохозяйственных угодий.
13. Разработка карты гидрографической сети.
14. Выделение на карте гидрографической сети рубежей размещения противозерозионных насаждений.
15. Разработка картографического слоя – план оптимального размещения лесных насаждений системы защиты сельскохозяйственных ландшафтов от деградации.

### **3.5 Методика геоинформационного исследования состояния почв сельскохозяйственных угодий**

Оценка состояния пашни основана на использовании крупномасштабных космокарт, разрабатываемых по космоснимкам высокого разрешения (1-10 м). По этим картам определяются контуры полей, используемых для выращивания сельскохозяйственной продукции. Внутрихозяйственная структура полей устанавливается по данным хозяйств и сельскохозяйственного управления провинции Майсан [4]. При этом устанавливается общее количество полей, защищенных и не защищенных лесными насаждениями. Определяется площадь и размеры участков. Выявляются статистические характеристики размещения пашни на территории исследований, которые заносят в таблицы.

Совместный анализ карт размещения пашни и почвенных контуров позволяет провести дифференциацию полей по потенциальной продуктивности.

Методика геоинформационного исследования состояния почв осуществляется следующим образом:

1. Осуществляется космическая съемка территории с высоким разрешением.
2. Время съемки соответствует основной обработке полей.
3. Разрабатывается космокарта исследуемой территории масштаба 1:25000.
4. Выделяется и картографируется контурная макроструктура полей.
5. Определяется количество полей, используемых под пашню.
6. Разрабатывается карта контуров пространственного размещения пашни.
7. Определяются геометрические характеристики контуров.
8. Устанавливаются статистические характеристики пространственного размещения полей и заносятся в таблицы.



9. Создается карта почвенных контуров на исследуемой территории.
10. Осуществляется анализ карт размещения пашни и почвенных контуров.
11. Разрабатывается карта распределения пашни по потенциальной продуктивности.
12. Осуществляется анализ состояния полей, определяется пространственное положение и площадь участков в соответствии степеням суммарной деградации.
13. Создается карта суммарной деградации с пространственным размещением деградированных участков.

Таким образом, в результате анализа существующей методологии и методик исследований агролесоландшафтов с использованием инструментов геоинформационных программных комплексов разработана модифицированная методика оценки состояния сельскохозяйственных угодий, учитывающий суммарный индекс и пространственное распределение участков с учетом суммарной (при совместном проявлении разных видов) деградации, для планирования и создания защитных лесных насаждений для сохранения плодородия почв и улучшения условий функционирования агроландшафтов.

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

Использование территорий для ведения сельскохозяйственной деятельности в большой степени зависит от геоморфологических условий.

Рельеф предопределяет как возможность сельскохозяйственного использования земель, так и их плодородие.

При антропогенном воздействии на почвенный покров кардинально изменяются условия функционирования агроландшафтов. Значительное значение имеют способы обработки почв. При этом происходит изменение характеристик верхнего слоя почвы, что изменяет его плотность и пористость. В результате обработки почвенные слои изменяют свое положение и смешиваются, меняется микрорельеф, разрушается почвенная экосистема. Влияние геоморфологических условий на процессы деградации обусловлены тем, что от таких условий зависит степень воздействия природных факторов, вызывающих ветровую и водную эрозию.

### **4.1 Геоинформационное анализ рельефа сельскохозяйственных ландшафтов провинции Майсан**

Развитие деградации сельскохозяйственных угодий связано с пространственными характеристиками территории их размещения. В связи с этим геоморфологический анализ пространственных характеристик рельефа дает возможность установить параметры, влияющие на деградацию земель.

Для оценки состояния агроландшафтов на основе водосборного

подхода, при котором учитывается влияние структуры водосборов на закономерности деградации сельскохозяйственных угодий [7].

Рельеф сельскохозяйственных ландшафтов провинции Майсан исследовался на водосборе реки Тигр. Водосбор реки Евфрат не относится к территории исследований. Глобальная цифровая модель местности SRTM 1 является основой для определения геоморфологических характеристик агроландшафта.

Анализ рельефа агроландшафтов с использованием геоинформационных программ представляет собой результат картографирования его характеристик с использованием как цифровых моделей рельефа, так и данных дистанционного зондирования и полевых исследований. В итоге создаются картографические геоинформационные слои определения пространственного распределения параметров рельефа, необходимых для определения условий функционирования агроландшафтов.

Изолинейное картографирование представляет собой специальный инструмент, дающий возможность анализа данных о рельефе. Для углубленного анализа рельефа создаются изолинейные карты распределения высот, крутизны склонов, уклонов и экспозиций склонов. В результате для рассматриваемых водосборов разработаны карты: векторная карта диапазонов высот, изолинейная карта крутизны и уклонов склонов, векторная карта экспозиции склонов.

Картографирование рельефа основных водосборов полигона исследований осуществлялось в виде картографических слоев на основе геоинформационного анализа их цифровых моделей [8].

Для анализа изменения высот в геоинформационной системе был разработан картографический слой – рельеф и проведен профиль (рисунок 4.1). Анализ данных ЦМР позволяет охарактеризовать рельеф территории, построить профиль и определить закономерности изменения высоты по главному направлению его изменения (рисунок 4.2).

Исследования распределения площади территории провинции по

высотам показали преимущественно равнинный характер (рисунок 4.3)

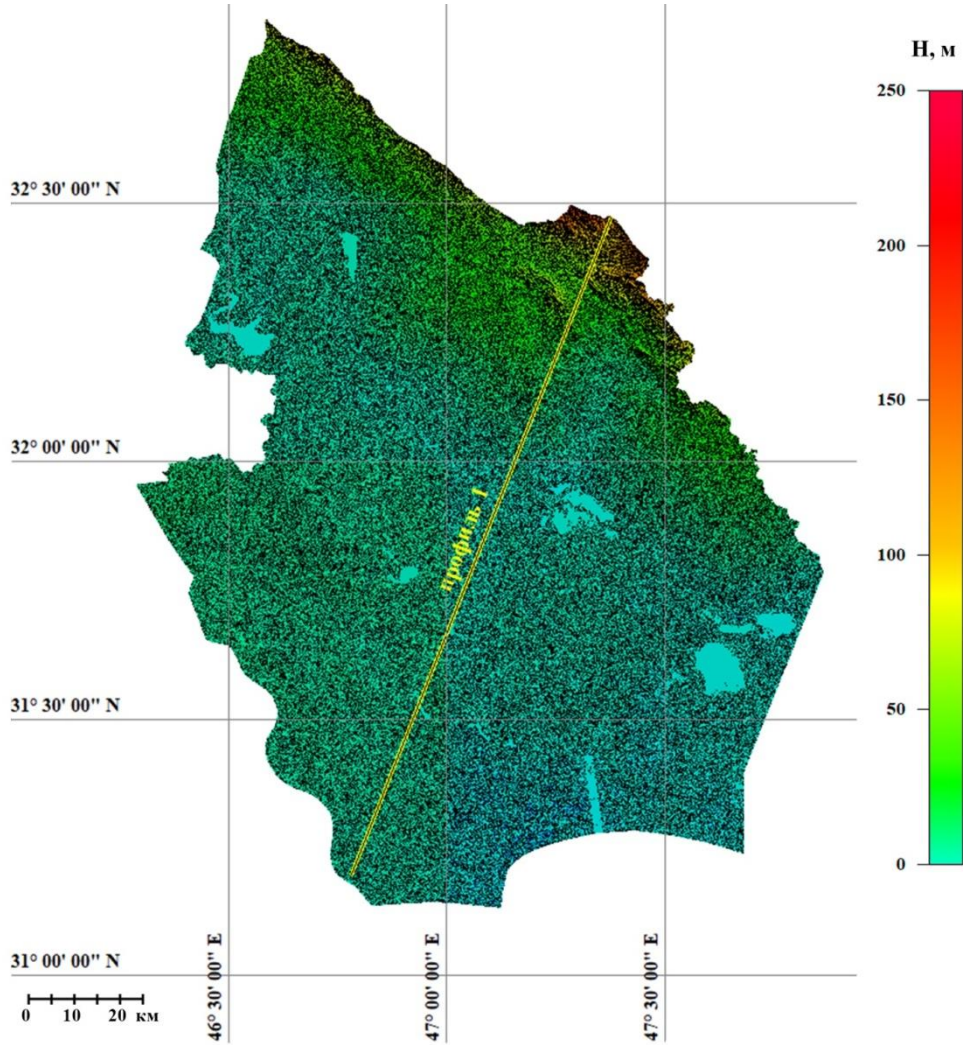


Рисунок 4.1 - Визуализация локальной цифровой модели рельефа провинции Майсан

32° 28' 19" с.ш., 47° 22' 40" в.д.

31° 11' 46" с.ш., 46° 46' 56" в.д.

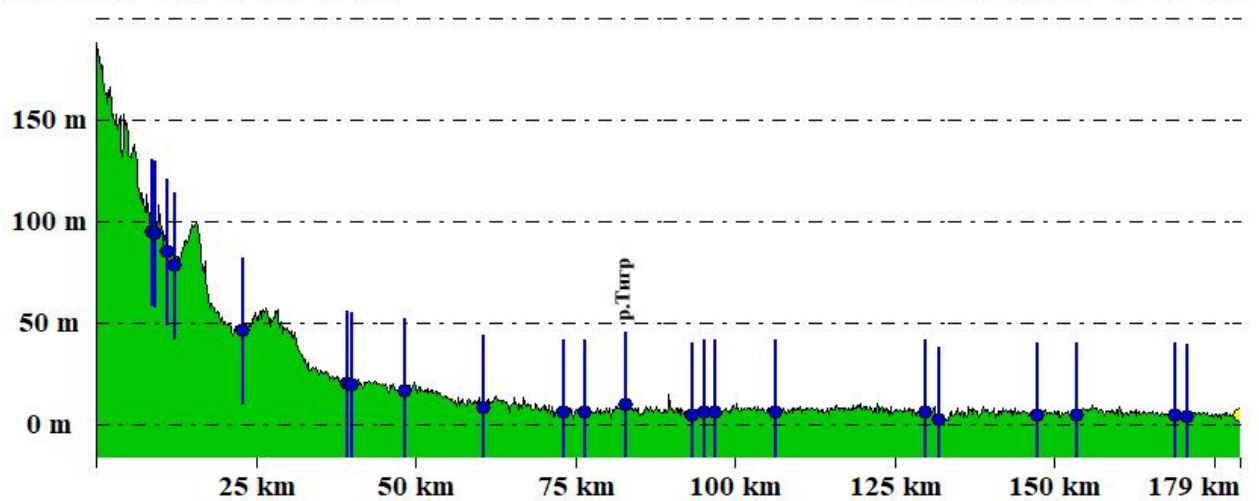


Рисунок 4.2 - Профиль рельефа провинции Майсан (линия профиля 1)

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, что обеспечило возможность разработки математической модели изменения абсолютных высот по выбранному профилю:

$$H=172*EXP(-0,000058*L)+6, \text{ RMSE} = 4,3$$

Параметры профиля следующие: длина профиля 179 км, точка начала профиля 32° 28' 19" N, 47° 22' 40" E, азимут 201° 53' 13", минимальная высота 2 м, высота рельефа в начале профиля 188 м, точка конца профиля 31° 11' 46" N, 46° 46' 56" E, высота рельефа в конце профиля 4 м, средняя крутизна по профилю 0,06°, максимальная крутизна по профилю 5,18°. Геоморфологический анализ дал возможность выявить основные характеристики рельефа на территории исследований (таблица 4.1).

Таблица 4.1. - Пространственные характеристики рельефа

Объект	Площадь, исследований тыс. га	H min, м	H max, м	H ср, м	Станд.откл. H, м	Крутизна склона max, °	Крутизна склона, ср.°	Станд.откл. крутизны склона, °
Ландшафт провинции Майсан	1607	0	261	16	22	32	1,6	1,00

На рисунке 4.4 приведено распределение площади территории провинции по диапазонам высот. Установлено, что основная часть поверхности (81,1%) имеет высоты от 0 до 20 м над уровнем мирового океана.

На рисунке 4.5 представлена карта элементарных водосборов водотоков в бассейне реки Тигр на территории провинции Майсан. Основные

водотоки расположены по левому берегу р. Тигр. Профиль, построенный в северной части русла Тигра (рисунок 4.6) позволил установить, что крутизна склонов здесь достигает  $5^\circ$ , перепад высот 112 м (в границах Ирака).

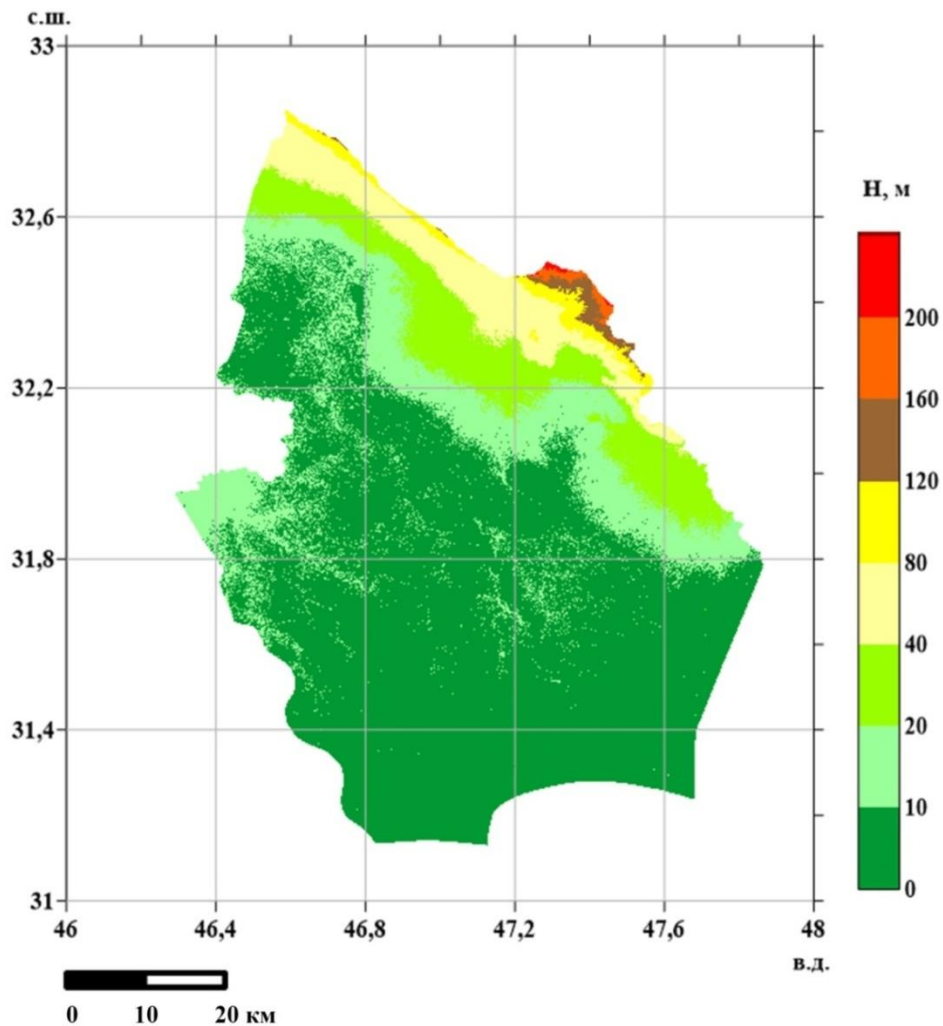


Рисунок 4.3 – Карта распределения площади территории провинции Майсан по диапазонам высот

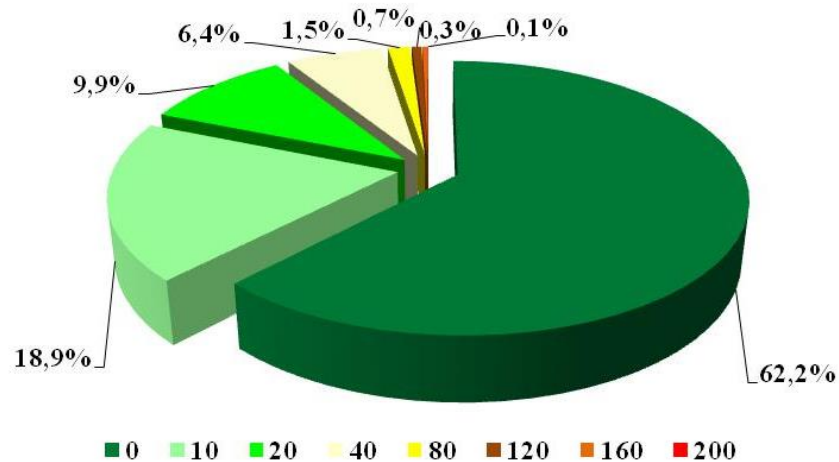


Рисунок 4.4 – Распределение площади территории провинции Майсан по диапазонам высот

Правый берег Тигра практически плоская поверхность с незначительным уклоном ( $0,01^\circ$ ) в сторону русла, с большим количеством микропонижений, формирующих морфоскульптуру правобережья, минимальная высота по профилю по правому берегу реки составляет 2,2 м.

Параметры профиля "Север", построенного по цифровой модели SRTM 3 от точки с координатами  $32^\circ 41' 45''$  с. ш.,  $46^\circ 49' 24''$  в. д. до точки с координатами  $32^\circ 14' 14''$  с. ш.,  $46^\circ 25' 08''$  в. д. на протяжении 75,2 км характеризуются перепадом высот 113,4 м, при начальной высоте профиля 124,2 м (она же максимальная) и конечной высоте 10,8 м (минимальная 4 м).

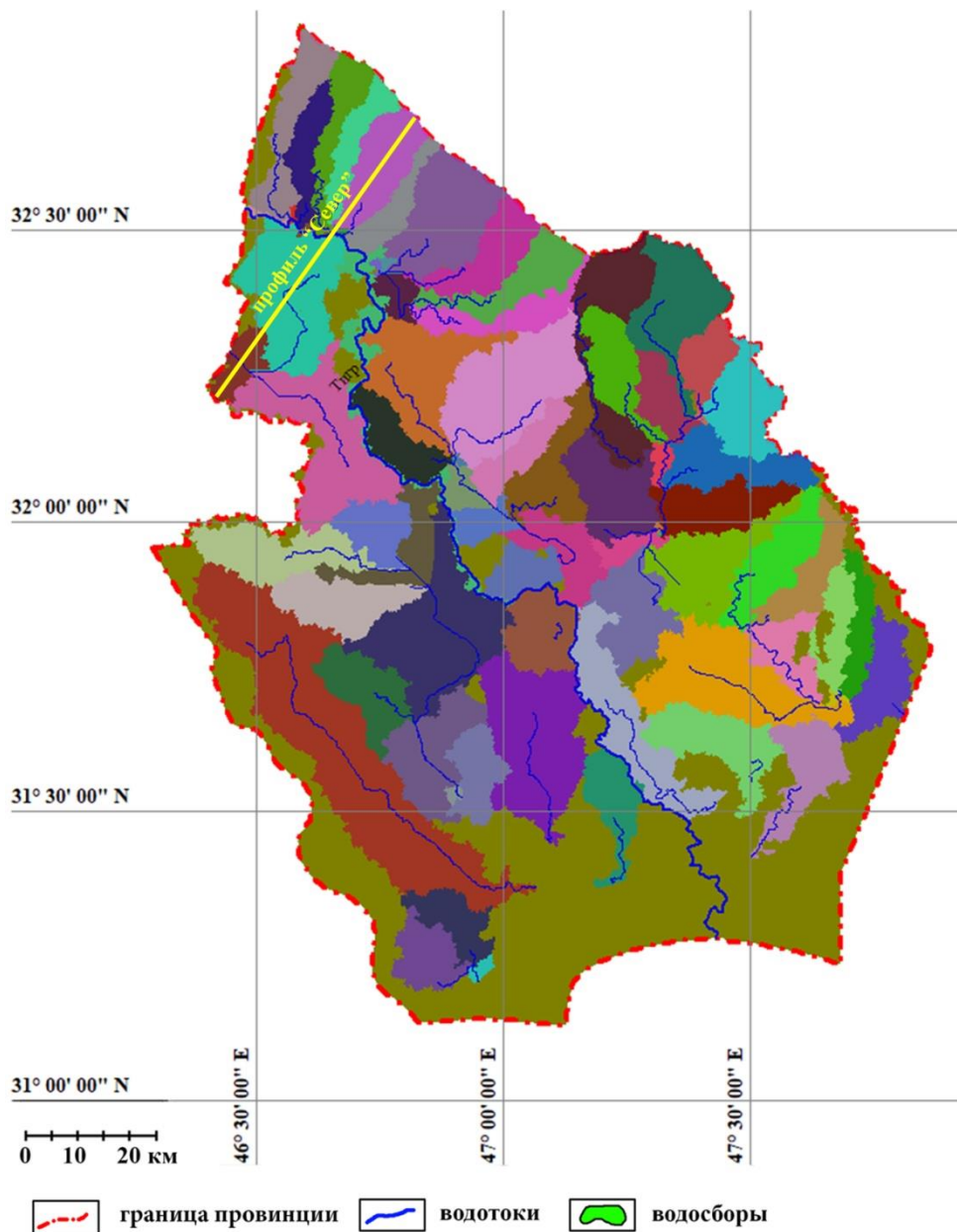


Рисунок 4.5 - Карта основных водосборов бассейна реки Тигр

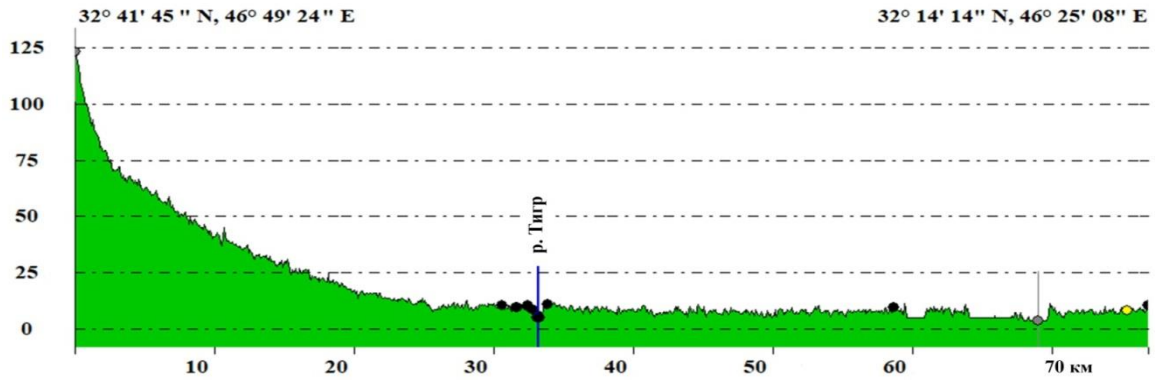


Рисунок 4.6 – Профиль котены реки Тигр в северной части провинции Майсан

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. Берега Тигра представляют собой мощные илесто-суглинистые отложения, благодаря чему во многих местах русло реки лежит выше уровня равнины (см. рис 4.7).

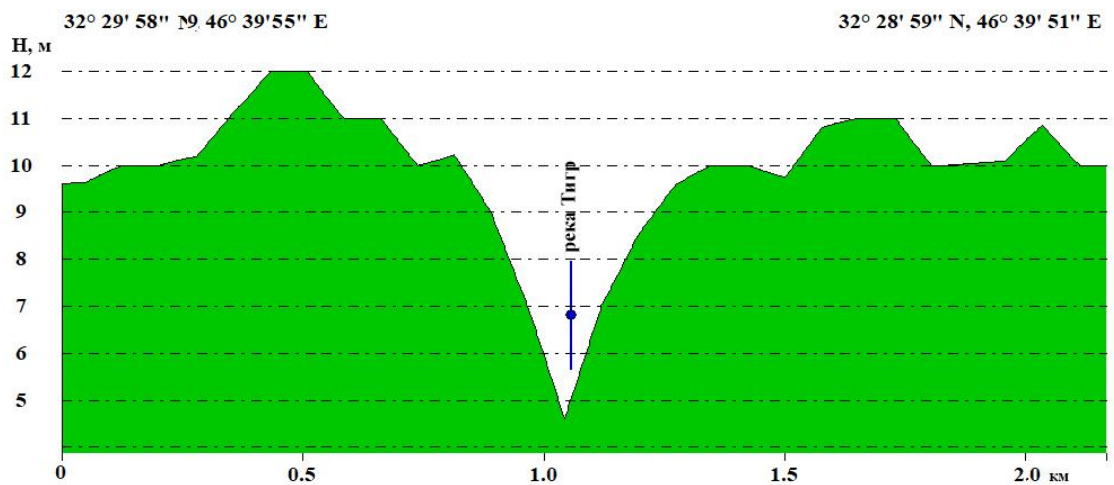


Рисунок 4.7 – Типичный профиль прирусловой части котены реки Тигр

Таким образом, геоинформационная оценка характеристик агроландшафта дает возможность выявления условий, в которых осуществляется производство сельскохозяйственной продукции и определения возможности лесомелиорации агроландшафтов для защиты их от деградации. Геоинформационный анализ разноплановой информации о состоянии агроландшафта дает возможность определить основные характеристики склоновых и равнинных участков в них. Выявление



принадлежности обрабатываемых полей к определенной экспозиции склонов дает возможность учитывать инсоляцию при проектировании защитных лесных насаждений. Для территории исследований была разработана карта экспозиции склонов (рисунок 4.8), и рассчитаны по экспозиции площади территории (рисунок 4.9).

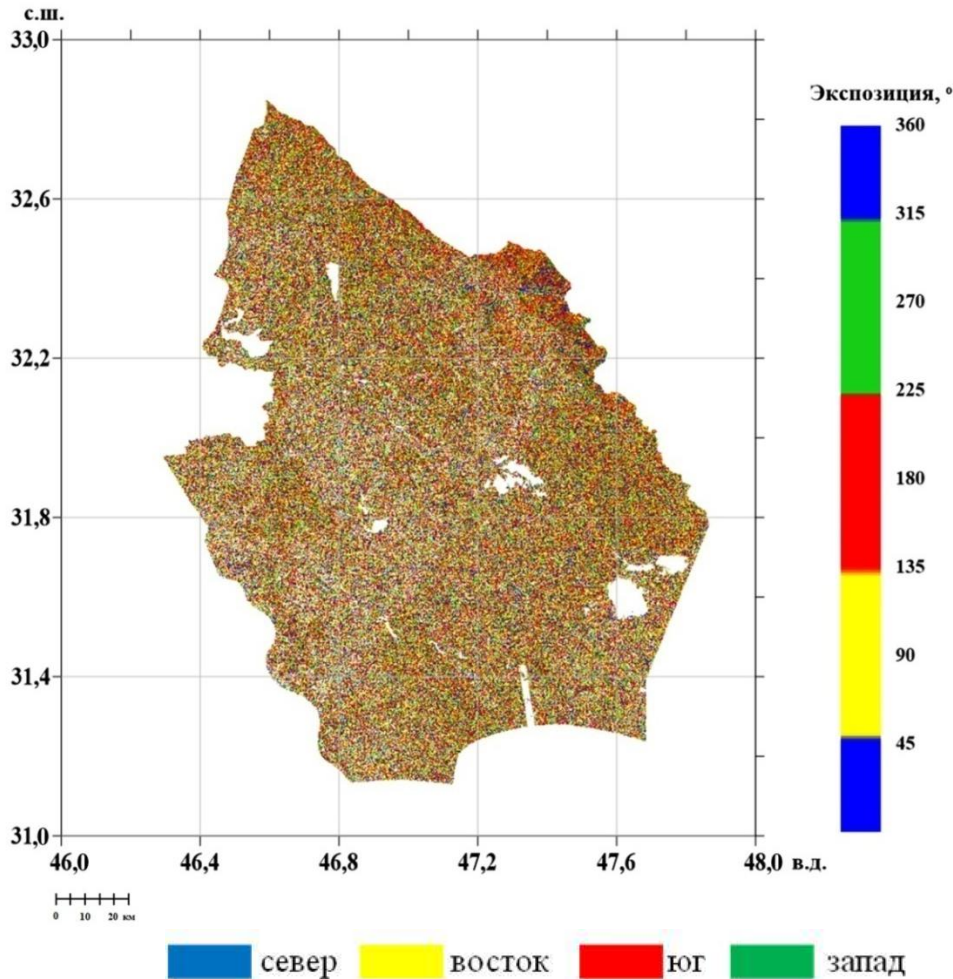


Рисунок 4.8- Карта экспозиций склонов территории провинции Майсан

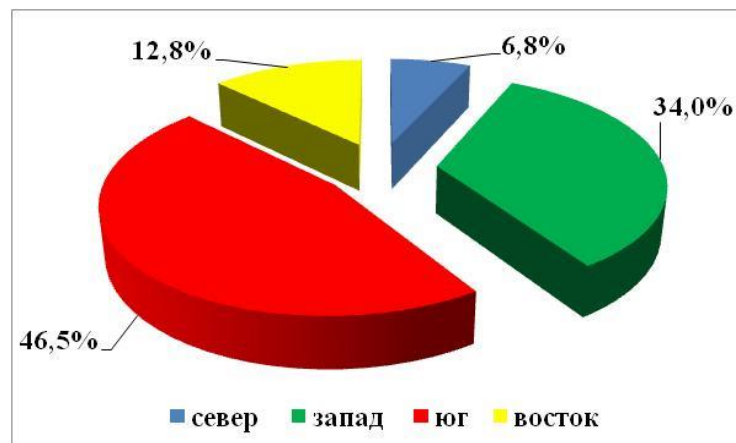


Рисунок 4.9- Распределение площади провинции Майсан по экспозиции склонов

Исследование распределения площади провинции Майсан по экспозиции склонов выявило, что склоны южных румбов занимают наибольшую площадь 747 тыс. га, западные склоны занимают площадь 546 тыс. га, северные склоны – 109 тыс. га и восточные – 205 тыс. га.

Для анализа крутизны склонов построена соответствующая карта, которая показывает пространственное положение участков ландшафта, имеющих определенные углы (рисунок 4.10). Распределение территории провинции по диапазонам крутизны склонов показало (рисунок 4.11), что более 94% ее площади практически равнина с общей крутизной около  $0,25^\circ$  в направлении на юг.

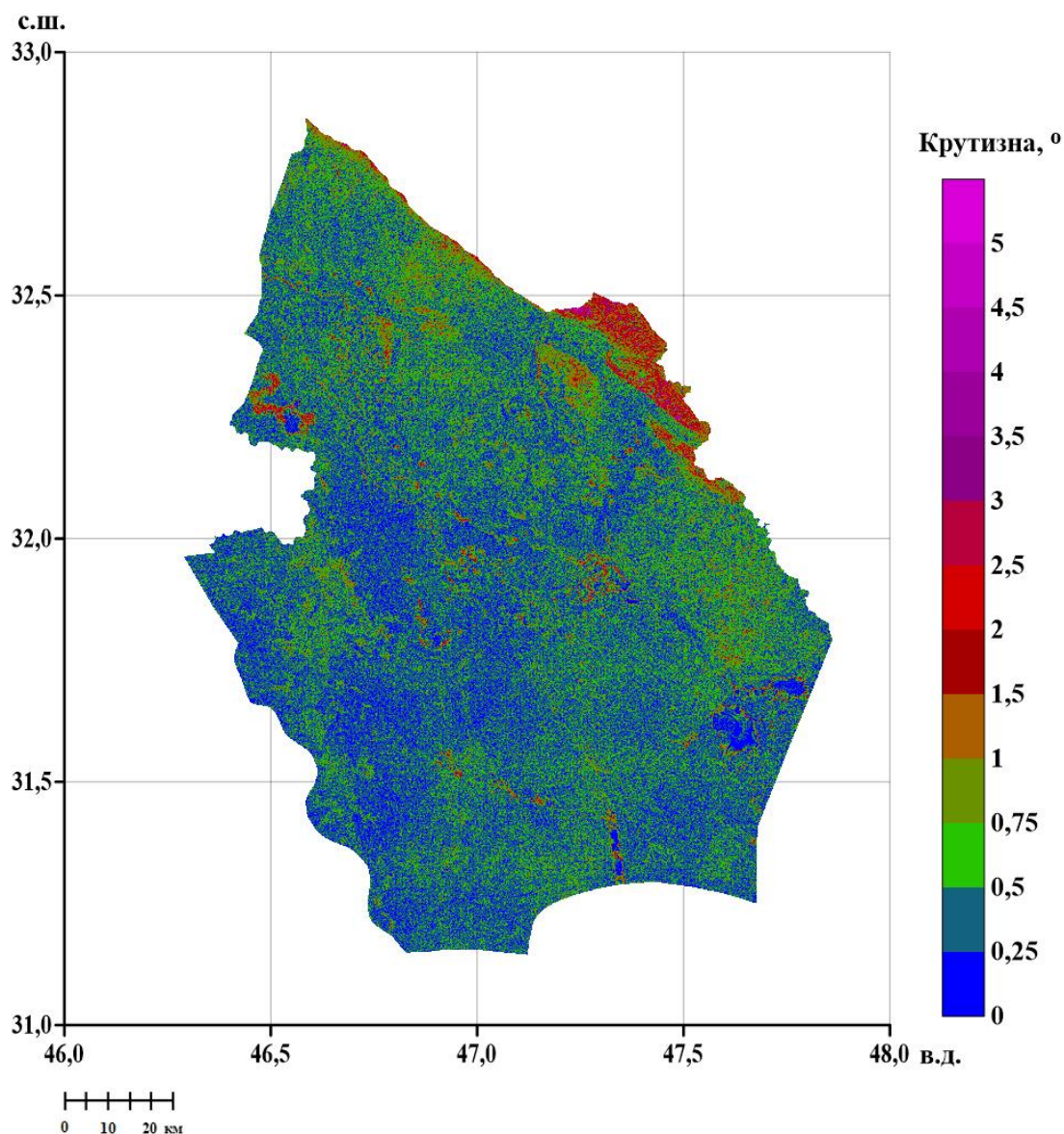


Рисунок 4.10 – Карта крутизны склонов на территории провинции Майсан

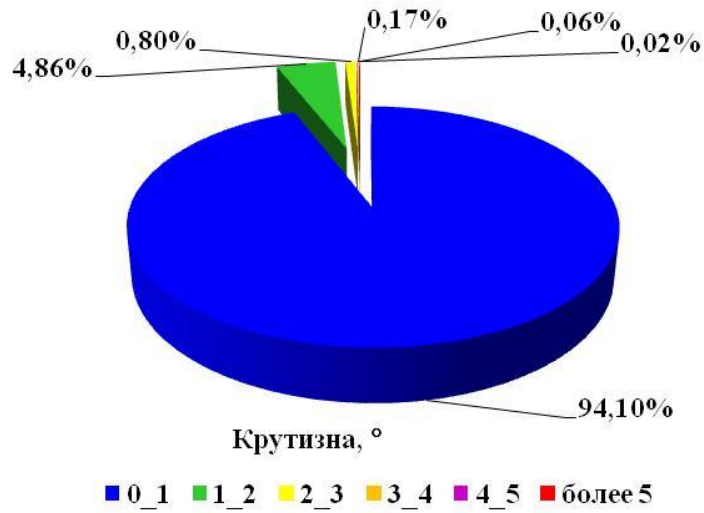


Рисунок 4.11 - Распределение территории провинции Майсан по диапазонам крутизны склонов

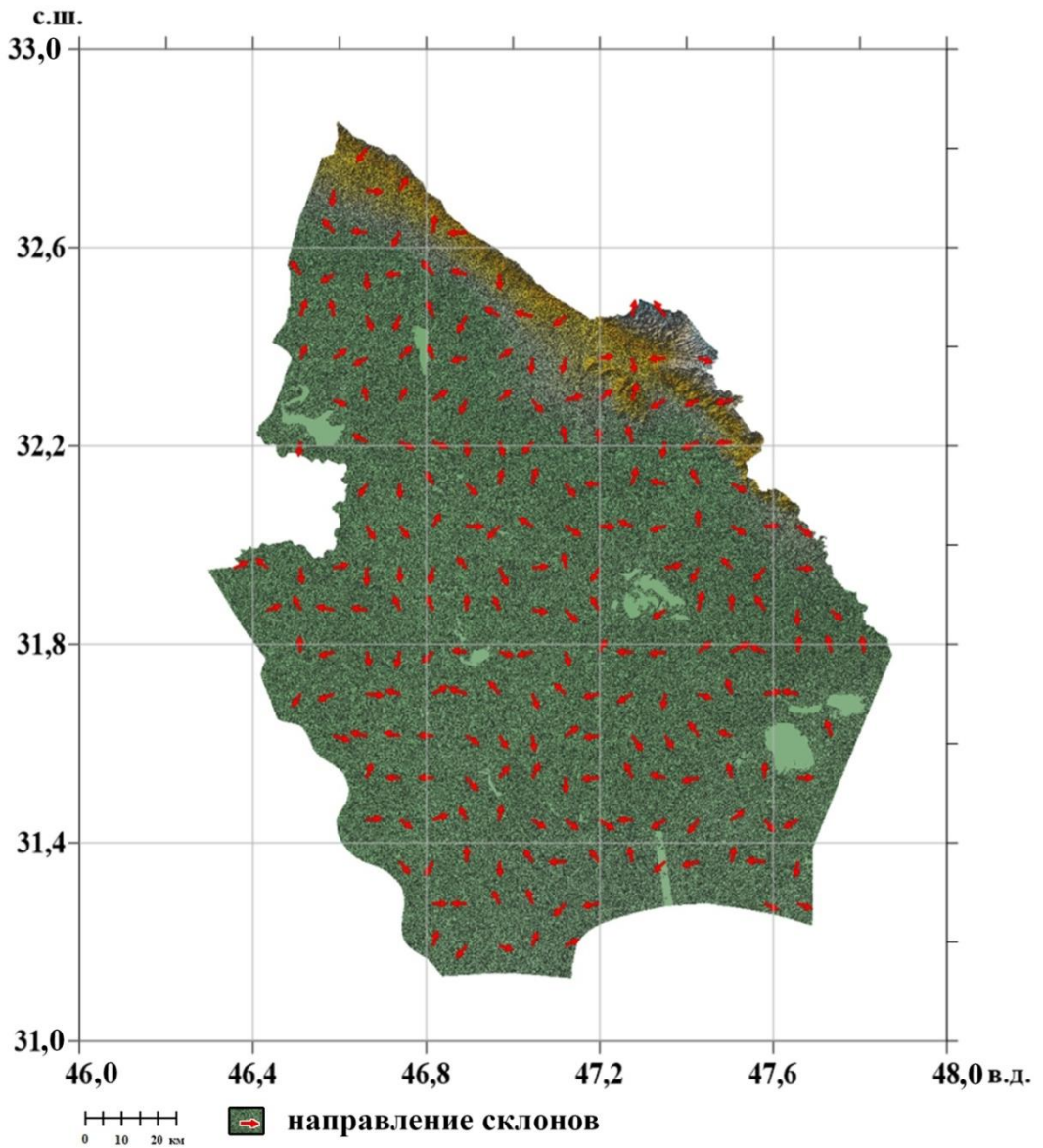


Рисунок 4.12 – Карта направлений склонов на территории провинции Майсан

Таким образом, картографирование рельефа провинции Майсан дает возможность установить пространственные характеристики различных типов поверхности, что обеспечивает разработку планов по лесомелиорации сельскохозяйственных угодий и обеспечения устойчивого производства сельскохозяйственной продукции. В результате исследований установлены особенности рельефа территория провинции, что позволяет выбирать тип, конструкцию и параметры лесомелиоративного обустройства агроландшафтов.

#### **4.2 Геоинформационное анализ почв сельскохозяйственных ландшафтов провинции Майсан**

На территории провинции Майсан почвы, как правило, разреженные и очень мелкие, в том числе аллювиальные, солонцовые, солончаки и пески, встречаются каменистые почвы, минеральная основа почв - гипс. Характерной особенностью каменистых почв является полупроницаемость, что обуславливает ограниченные возможности для роста различных видов растительности. В таких почвах мало питательных веществ и минералов[9].

На территории провинции Майсан присутствуют следующие типы почв: пески слабогумусированные с большим содержанием илистых и глинистых фракций; аллювиальные, пойменные почвы в комплексе с солонцами. На всей территории провинции Майсан распространены почвы солонцового типа и солончаки в комплексе с аллювиальными почвами; аллювиальные дельтовые почвы, засоленные; каменистые почвы. Эти почвы довольно плодородны, однако засоление, привело к выводу части полей из использования.

Геоинформационные технологии обеспечивают возможность уточнения существующей почвенной карты Ирака (М 1:2200000), масштаб которой не дает исчерпывающей информации о распределении почвенных контуров на территории исследований. Использование доступного картографического материала, а также космоснимков для коррекции

позволяет разработать крупномасштабные почвенные картографические слои на тестовые полигоны в провинции Майсан.

В итоге комплексного геоинформационного анализа данных разработан слой - карта почвенных контуров М 1:1000000 (рисунок 4.13).

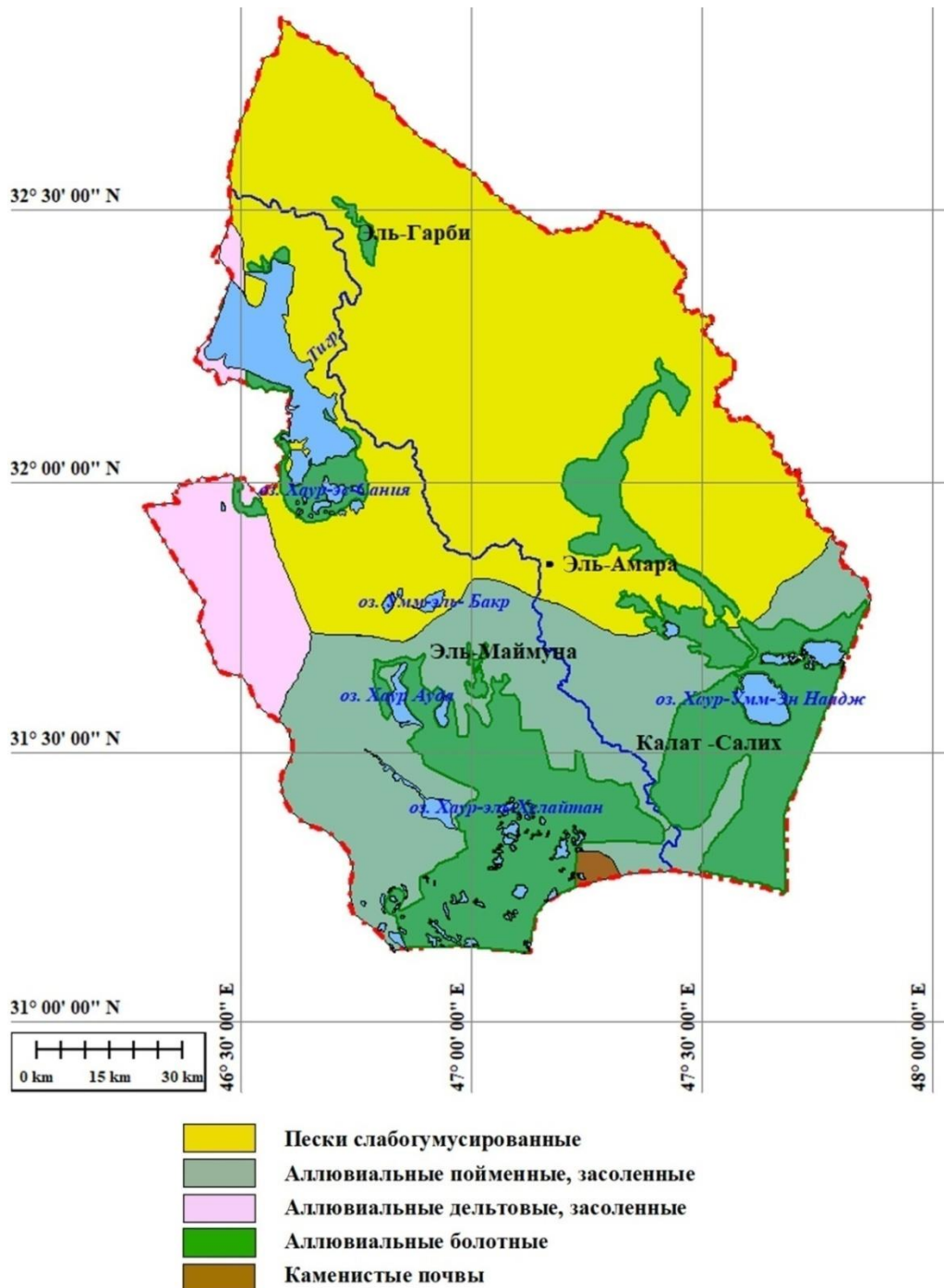


Рисунок 4.13 – Уточненная почвенная карта территории провинции Майсан

По результатам исследований установлены площади почвенных

контуров на территории исследований (таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Площади почвенных контуров на территории исследований

Тип почвы	Площадь, га	Периметр, м
Пески слабогумусированные	816441	801436
Аллювиальные пойменные, засоленные	355423	910783
Аллювиальные дельтовые, засоленные	94487	282195
Аллювиальные болотные	336276	1549806
Каменистые почвы	4869	33162
Всего	1607200	3577382

Распределение площади почвенных контуров на территории исследований приведено на рисунке 4.14.

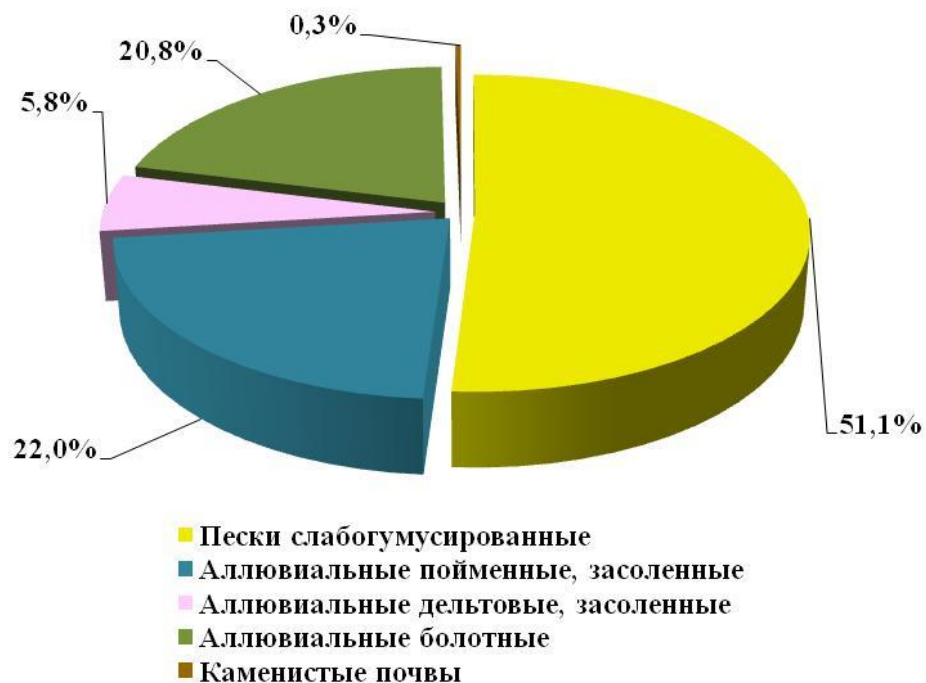


Рисунок 4.14 - Распределение площади почвенных контуров на территории провинции Майсан

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

Гидрологические исследования пространственного распределения почвенных контуров, метеорологических условий, уровней залегания и засоленности грунтовых вод на основе данных Департамента лабораторий, управления подземных вод провинции Майсан (таблица 4.3) дали возможность определить пространственное размещение контуров лесомелиоративных категорий, типов и выделов.

Таблица 4.3 - Уровни залегания и засоленности грунтовых вод

№	название	координаты У, (N)	координаты Х, (E)	засол. общ, г/л	глубина залегания, м	засол. сульф, г/л
1	Тииб Шарки	32° 23' 00"	47° 11' 00"	0,9	45	-
2	Джамиет Асифа	32° 26' 00"	47° 12' 00"	1,03	50	2,3
3	Джамиет Асифа 3	32° 26' 00"	47° 12' 00"	0,68	70	2,24
4	Рефаэи 1	31° 41' 00"	46° 40' 00"	42,39	140	7,44
5	Ажиил	32° 24' 00"	47° 12' 00"	1,43	48	2,125
6	Гадбан 1	32° 22' 00"	47° 08' 00"	1,95	48	2,05
7	Социализм	32° 22' 00"	47° 08' 00"	1,07	69	1,844
8	Шархани	32° 26' 00"	47° 10' 00""	0,20	72	0,888
9	Шархани 1	32° 25' 00"	47° 15' 00""	0,28	72	1,56
10	Сафинэт Аль Нажаат	31° 51' 00""	46° 22' 47"	0,89	12	1,633
11	Аль Мазура	32° 19' 18" ,	47° 07' 45"	0,82	42	1,23
12	Кумет	31° 59' 57"	46° 49' 55"	8,49	25	7,056
13	Тииб 18	32° 23' 21"	46° 49' 55"	0,12	80	0,266
14	Тииб 18	32° 25' 36"	47° 13' 14"	0,41	65	1,16
15	Тииб 2	2° 22' 05"	47° 18' 23"	0,89	72	1,089
16	Зайнаб Кубра	31° 50' 57"	46° 25' 51"	7,03	12	5,28
17	Абу-Грейбат 16	32° 21' 42"	47° 16' 39"	2,80	47	1,76
18	Река Саад	32° 01' 31"	46° 57' 38"	0,98	11	1,82

Профиль уровня залегания грунтовых вод и карта лесомелиоративных категорий и выделов представлены на рисунках 4.15 и 4.16.

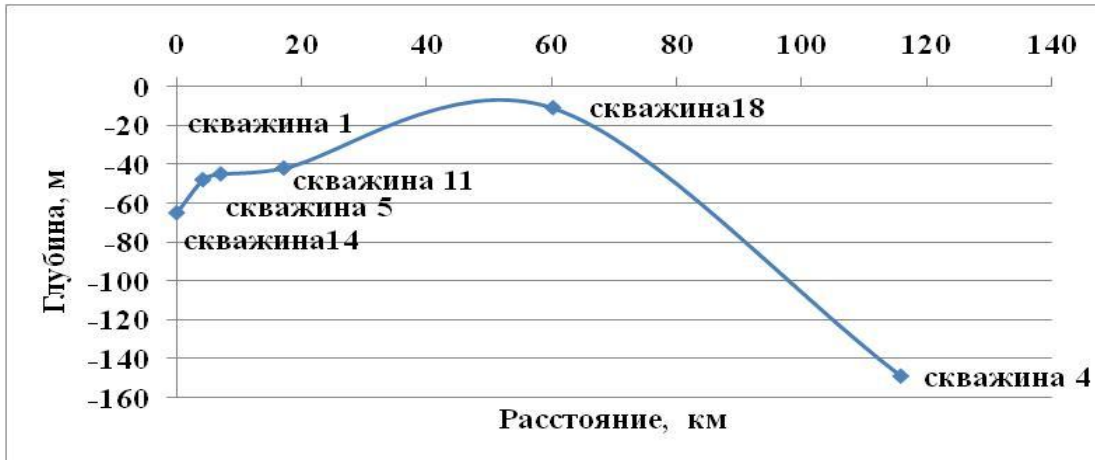


Рисунок 4.15 – Профиль уровня залегания грунтовых вод

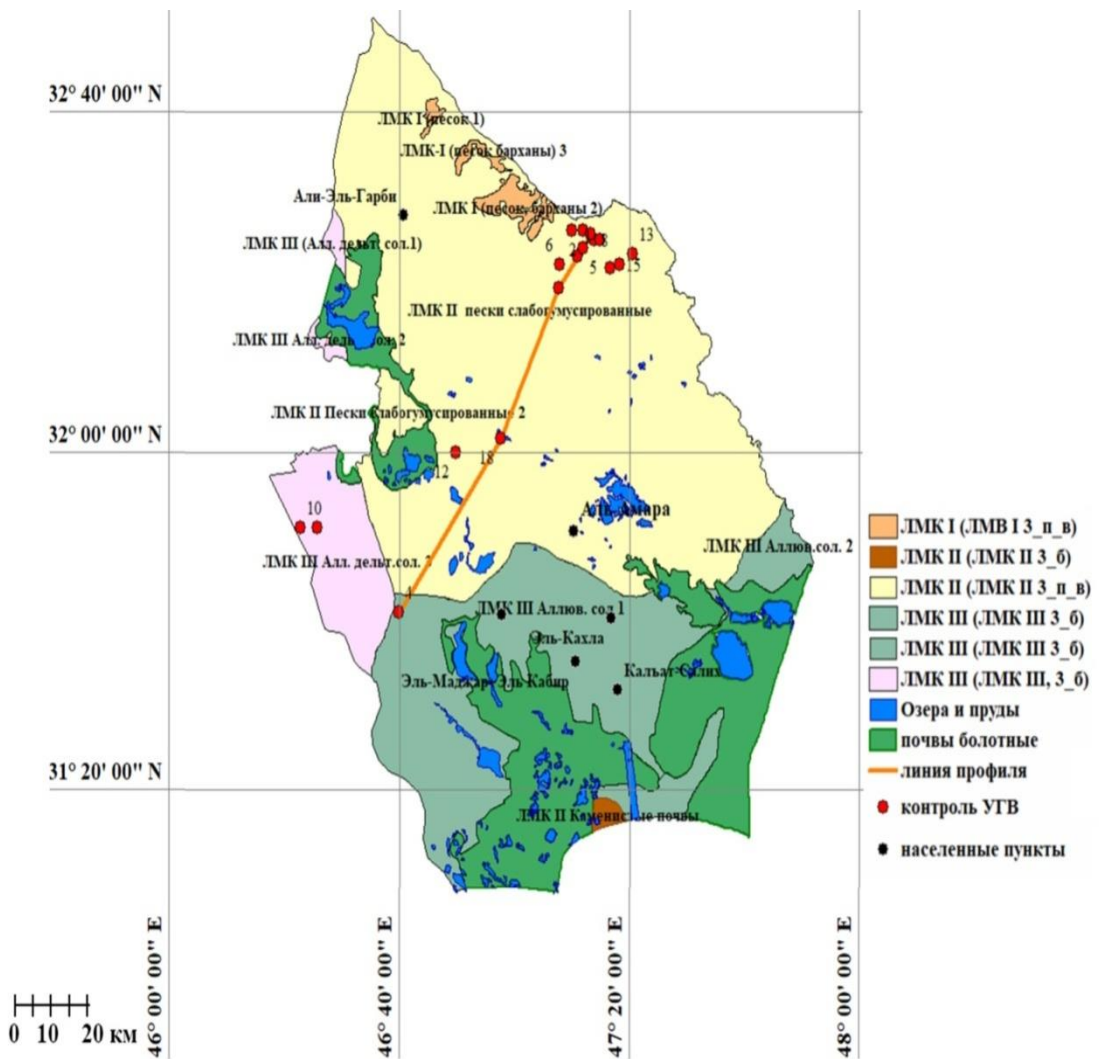


Рисунок 4.16 – Карта лесомелиоративных категорий и выделов территории провинции Майсан



Построенный гидрологический профиль дает возможность установить изменение уровня грунтовых вод по протяженности профиля, что обеспечивает возможность определения лесомелиоративных категорий территории провинции Майсан на основе Методических рекомендаций [65].

### **4.3 Геоинформационный анализ распределения земель и агролесомелиоративного обустройства тестовых полигонов провинции Майсан**

В главе 3 диссертации было показано, что на территории исследований были выбраны 6 тестовых полигонов (Амара, Шарки, Мухан, Кабир, Кахла, Джулуб), отличающиеся почвенными условиями и процессами деградации.

Геоинформационное картографирование проведено с использованием спектрзональных космоснимков спутника Sentinel 2 от 5 марта 2021 года, разрешением 10 м, отражающих актуальное состояние тестовых полигонов, цифровой модели местности SRTM 1 и данных полевых исследований, в результате разработаны космокарты тестовых полигонов. Общие данные, характеризующие текущие характеристики участков приведены в табл. 4.4.

Геоинформационный анализ распределения земель и агролесомелиоративного обустройства проведен на территории тестового полигона «Амара».

На полигоне расположены сельскохозяйственные угодья, включающие сады и пашню. По рельефу территория полигона представляет собой аллювиальную равнину (рисунок 4.17).

Таблица 4. 4 - Характеристики тестовых полигонов

Наименование полигона	Амара	Шарки	Мухан	Кабир	Кахла	Джулуб
Площадь, га	196,1	1078,9	63,9	674,2	1591,6	1724,4
Периметр, м	9991	18314	4163	13600	22798	21377
Экспозиция	Е (80°)	Е (90°)	Е (92°)	Е (89°)	Е (90°)	Е (93°)
Средняя высота рельефа, м	7,0	8,4	8,4	8,6	8,6	5,3
Максимальная высота рельефа, м	10,0	13,0	12,0	14	16,0	11,0
Минимальная высота рельефа, м	2,0	5,0	4,0	4	3,0	0,0
Средняя крутизна поверхности, °	1,4	1,2	1,7	1,5	1,5	1,6
Средний уклон, %	2,4	2,0	3,0	2,6	2,6	2,8
Координаты В.Д	47,1	46,7	47,1	47,1	47,3	47,4
Координаты С.Ш	31,9	32,1	31,7	31,7	31,7	31,5
Максимальная крутизна, °	4,7	3,9	4,8	5,0	5,4	6,4
Максимальный уклон, %	8,3	6,9	8,3	8,8	9,5	11,3
Стандартное отклонение высот рельефа, м	1,1	0,8	1,2	1,1	1,1	1,3
Стандартное отклонение крутизны поверхности, °	0,7	0,6	0,8	0,7	0,7	0,7



Рисунок 4.17 – Космокарта полигона «Амара» (спутник WorldView 3)

Почвы на территории полигона аллювиальные, слабогумусированные с содержанием песка до 58%, соответственно содержание илистых и глинистых фракций составляет 42%. Таким образом, гранулометрический состав почв легкосуглинистый и суглинистый [10].

Древесная растительность на территории исследований представлена такими видами, как хурма восточная (*Diospyros kaki*), робиния-лжеакация (*Robinia pseudoacacia*) ясень китайский (*Ailanthus altissima*), мирт обыкновенный (*Myrtus communis*), фисташка (*Pistacia terebinthus*) тополя белый, евфратский и черный (*Populus alba*, *P. euphratica*, *P. nigra*).

По берегам оросительных каналов произрастают тамариксы (*Tamarix spp.*), акации, мескит выполненный (*Prosopis farcta*) ивы (*Salix spp.*), мескит (*Prosopis juliflora*). На юге распространены Азадирахта индийская (*Melia indica* A. Juss. Brandis), Манго индийское (*Mangifera indica*), финиковая пальма (*Phoenix dactylifera*), зизифусы из сем. Крушиновых (*Zizyphus spp.*), тамариксы, акация арабийская (*Acacia arabica*) и альбиция (*Albizzia lebbek*) [8, 9].

Оценка состояния агроландшафтов на полигоне «Амара» проводилась на основе данных космической съемки спутников Sentinel 2 с разрешением 10 м и спутников WorldView 3, с разрешением менее 1 м [9].

Характеристики рельефа на полигоне «Амара» (см. таблица 4.4) определены в результате совместного анализа цифровой модели местности SRTM 1 и изображений космоснимков, визуализация комплексной модели представлена на рисунке 4.18.

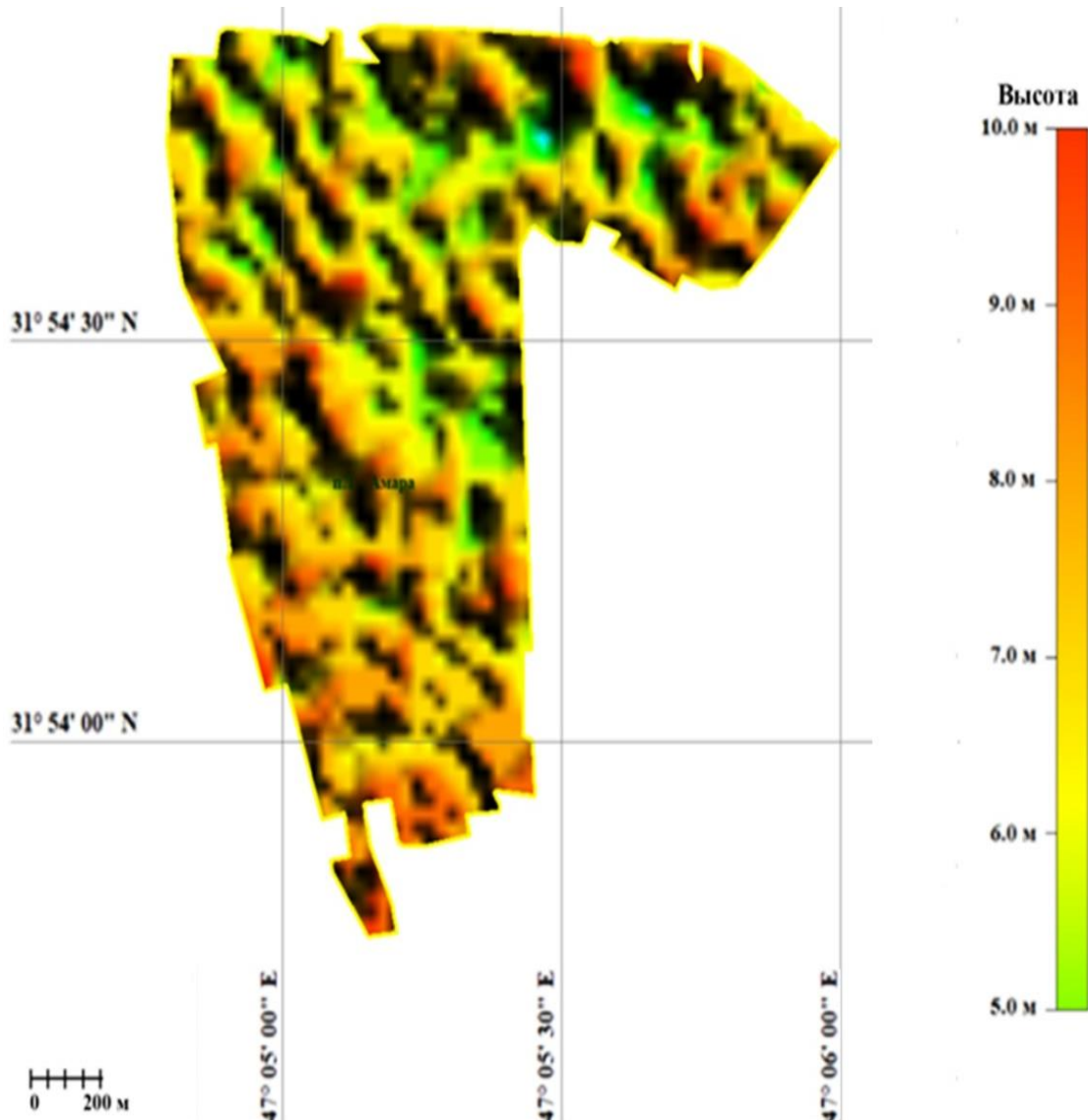


Рисунок 4. 18 – Карта рельефа тестового полигона

Оценка была проведена по соотношению характеристик изображения на космоснимках и на фотоэталонах территории исследований. Распознавание контуров с различным состоянием было проведено с применением программы анализа растровых изображений ENVI 5.3. Географическое положение полигона  $31^{\circ} 54' 26''$  с.ш.,  $47^{\circ} 05' 18''$  в.д.

На рисунке 4.19 представлена космокарта с нанесенными изолиниями высот и местами локальных возвышений и понижений.

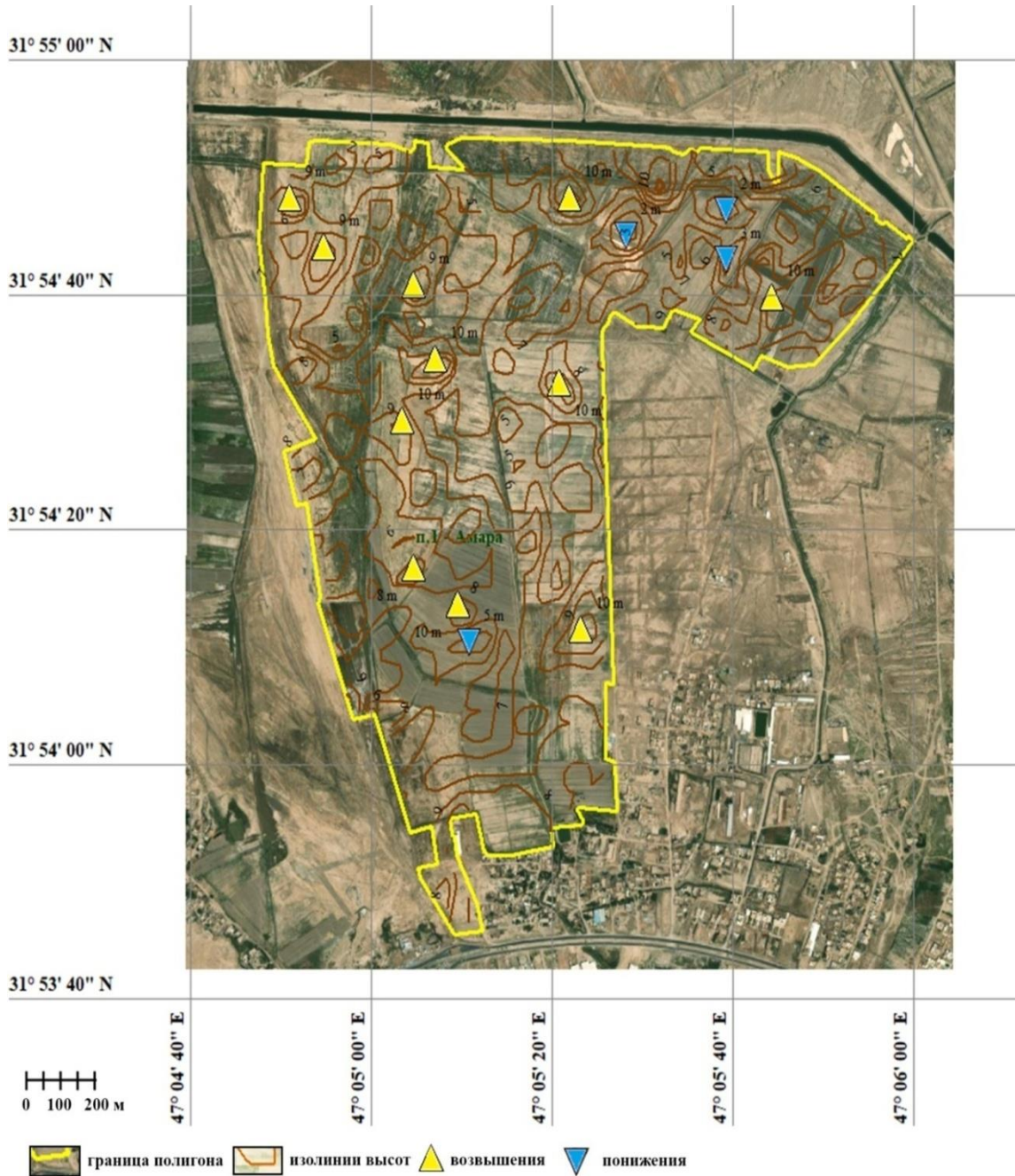


Рисунок 4.19 - Космокарта локальных возвышений и понижений рельефа на тестовом полигоне «Амара»

Установлен равнинный характер территории полигона «Амара» площадью 196,1 га, Средняя высота рельефа составляет 7 м, при стандартном отклонении - 1,1 м. Наличие на исследуемой территории валов, высотой около 2 м, ограждающих оросительные каналы и пониженные участки, преобразует рельеф в антропогенно-трансформированный [9].

Изолинии высот на карте (см. рисунок 4.19) дают возможность выявления структуры рельефа на территории исследований. Использование такой карты обеспечивает информацией по учету дополнительного увлажнения сельхозугодий. Выявление и анализ пространственной структуры использования земель на территории тестового полигона «Амара» по актуальным космоснимкам обеспечило создание аналитической карты угодий (рисунок 4.20) и установление их основных характеристик (таблица 4.5).

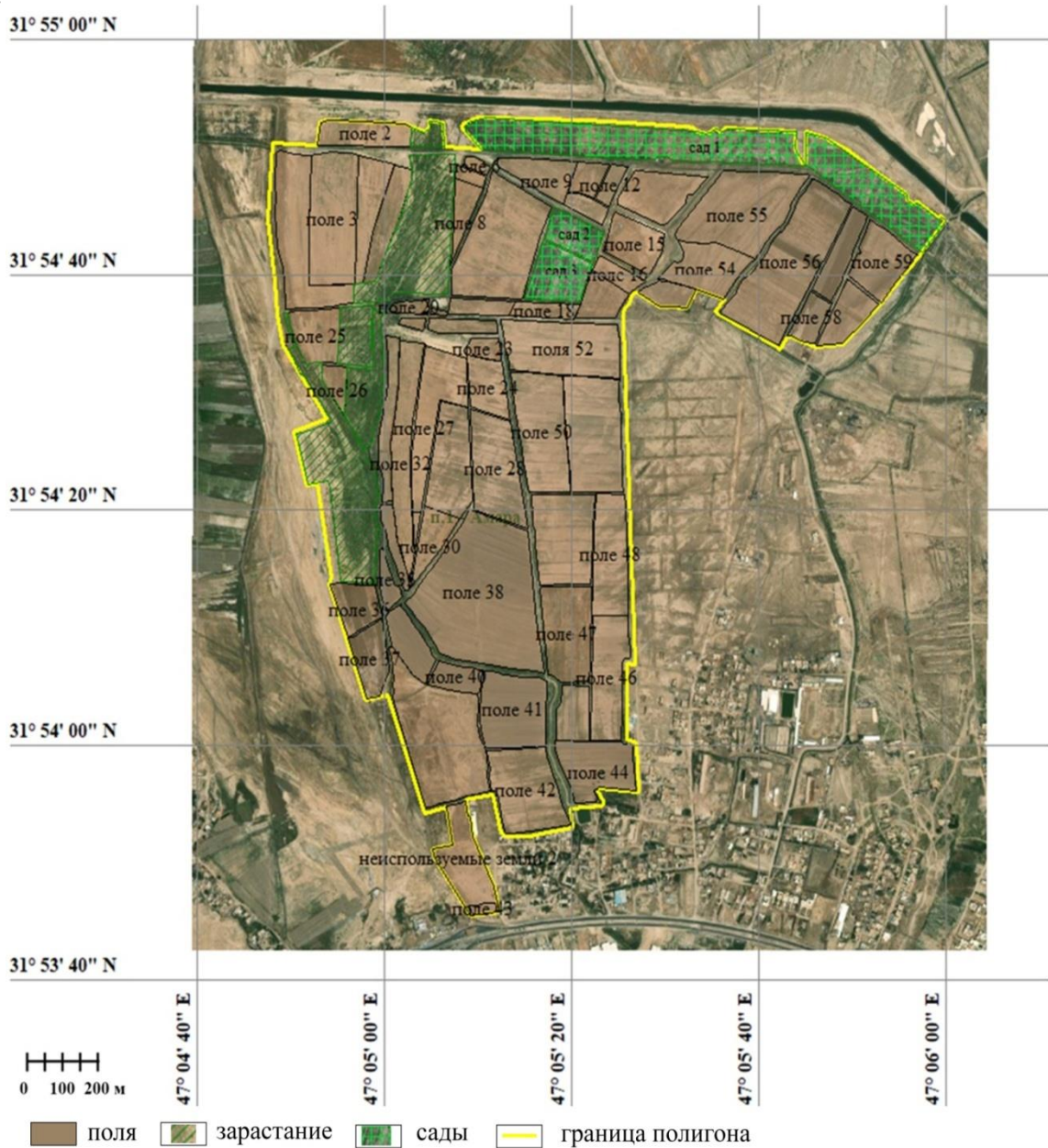


Рисунок 4.20 – Карта пространственной структуры использования земель на территории тестового полигона «Амара»

Таблица 4.5 – Характеристики сельскохозяйственных угодий на полигоне «Амара»

Объект	Площадь, га	Средняя высота рельефа, м	Средняя крутизна, °	Средний уклон, %	Максимальная высота рельефа, м	Максимальная крутизна, °	Минимальная высота рельефа, м	Стандартное отклонение высоты, м	Стандартное отклонение крутизны, °
поле 1	0,06	5,90	1,52	2,65	7	2,33	5	0,50	0,60
поле 2	1,64	5,98	1,31	2,29	8	2,18	4	0,90	0,42
поле 3	4,59	6,78	2,01	3,50	9	3,58	5	1,07	0,66
поле 4	1,88	6,00	1,32	2,30	7	2,24	5	0,41	0,49
поле 5	1,61	6,29	1,69	2,95	8	3,39	4	0,85	0,52
поле 6	0,22	5,23	1,29	2,25	6	1,63	5	0,24	0,11
поле 7	0,28	5,71	1,39	2,43	7	2,06	5	0,56	0,27
поле 8	0,88	6,32	1,27	2,23	8	2,72	5	0,62	0,30
поле 9	1,53	6,61	1,47	2,57	8	3,22	6	0,55	0,60
поле 10	0,68	8,43	2,45	4,27	10	3,81	6	0,76	0,56
поле 11	0,56	5,81	1,51	2,64	8	3,23	5	0,49	0,76
поле 12	0,48	7,02	2,15	3,76	9	3,13	6	0,64	0,58
поле 13	5,84	5,91	1,12	1,95	7	2,96	5	0,65	0,54
поле 14	2,18	5,04	2,61	4,55	10	5,49	2	1,56	0,98
поле 15	1,75	6,05	2,00	3,49	8	4,32	3	1,21	0,98
поле 16	0,63	6,64	0,90	1,57	7	1,98	6	0,40	0,51
поле 17	1,12	6,30	1,21	2,12	7	2,28	5	0,70	0,65
поле 18	0,70	5,84	1,27	2,22	7	1,85	5	0,38	0,27
поле 19	0,72	6,05	1,28	2,23	7	2,37	5	0,59	0,43
поле 20	0,35	6,75	1,73	3,03	8	2,80	5	0,67	0,45
поле 21	0,69	6,65	2,17	3,79	9	3,55	5	0,94	0,60
поле 22	0,18	7,62	1,81	3,16	8	2,86	7	0,36	0,45
поле 23	0,49	6,61	1,61	2,81	8	3,37	6	0,51	0,67
поле 24	1,48	6,25	1,02	1,79	7	2,19	5	0,35	0,42
поле 25	1,70	7,14	1,86	3,24	9	3,45	5	1,12	0,68
поле 26	0,60	7,42	0,80	1,40	9	1,22	7	0,45	0,22
поле 27	3,15	7,31	1,78	3,10	9	3,22	5	1,00	0,60
поле 28	3,48	6,61	1,23	2,14	9	2,17	5	0,93	0,53
поле 29	3,05	7,12	1,53	2,67	9	2,28	5	0,85	0,40
поле 30	1,20	6,73	0,92	1,60	8	2,33	6	0,47	0,47
поле 31	0,14	6,12	0,60	1,06	7	1,15	6	0,27	0,34
поле 32	3,14	7,29	1,28	2,23	10	2,81	6	0,90	0,53
поле 33	1,35	7,26	1,17	2,04	9	2,06	6	0,68	0,53
поле 34	0,64	7,07	1,26	2,20	8	2,13	6	0,53	0,35
поле 35	0,53	7,85	1,24	2,16	9	2,34	7	0,41	0,71
поле 36	1,36	6,96	1,25	2,19	9	2,80	6	0,57	0,54
поле 37	1,50	8,48	1,74	3,05	11	5,03	6	0,71	1,17





Анализ структуры использования площади (таблица 4.5, рисунок 4.21), показал, что 62% территории полигона заняты обрабатываемыми полями, 7% - садами, 9% - лесными насаждениями (зарастание), 14%, занято каналами и дорогами, 8% земель полигонов не используется.

Таким образом, установлено, что на территории тестового полигона «Амара» пашня и сады занимают 69% площади [9]. Выведенные из использования засоленные сельскохозяйственные поля, занимающие 9% площади частично зарастают галофитами.

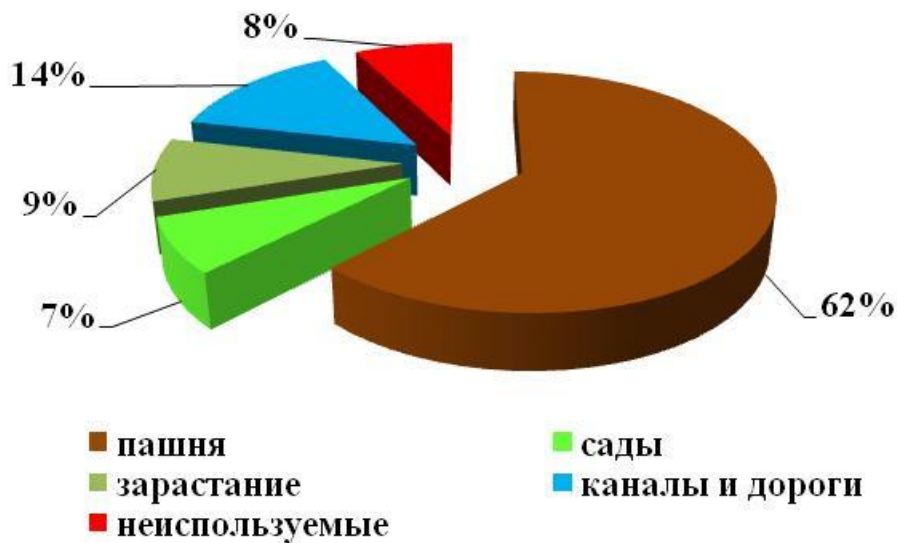


Рисунок 4. 21 – Распределение площади земель на тестовом полигоне «Амара»

На тестовом полигоне «Амара» в феврале 2020 года были проведены полевые исследования. Проведено ландшафтное профилирование, получены образцы почвы и осуществлена геоботаническая оценка растительности [11]. Для этого было проведено профилирование на полевом участке в пределах тестового полигона.

По данным спутниковой съемки сверхвысокого разрешения (спутники WorldView 2,3, GeoEye 1 (провайдер снимков компания MAXTOR, время съемки январь - март 2020 года, <https://discover.digitalglobe.com>) была построена космокарта территории профилирования на которую нанесена линия профиля и нанесены точки проведения исследований.

После полевых исследований с использованием геоинформационных технологий была разработана космокарта полевого участка (рисунок 4. 22).

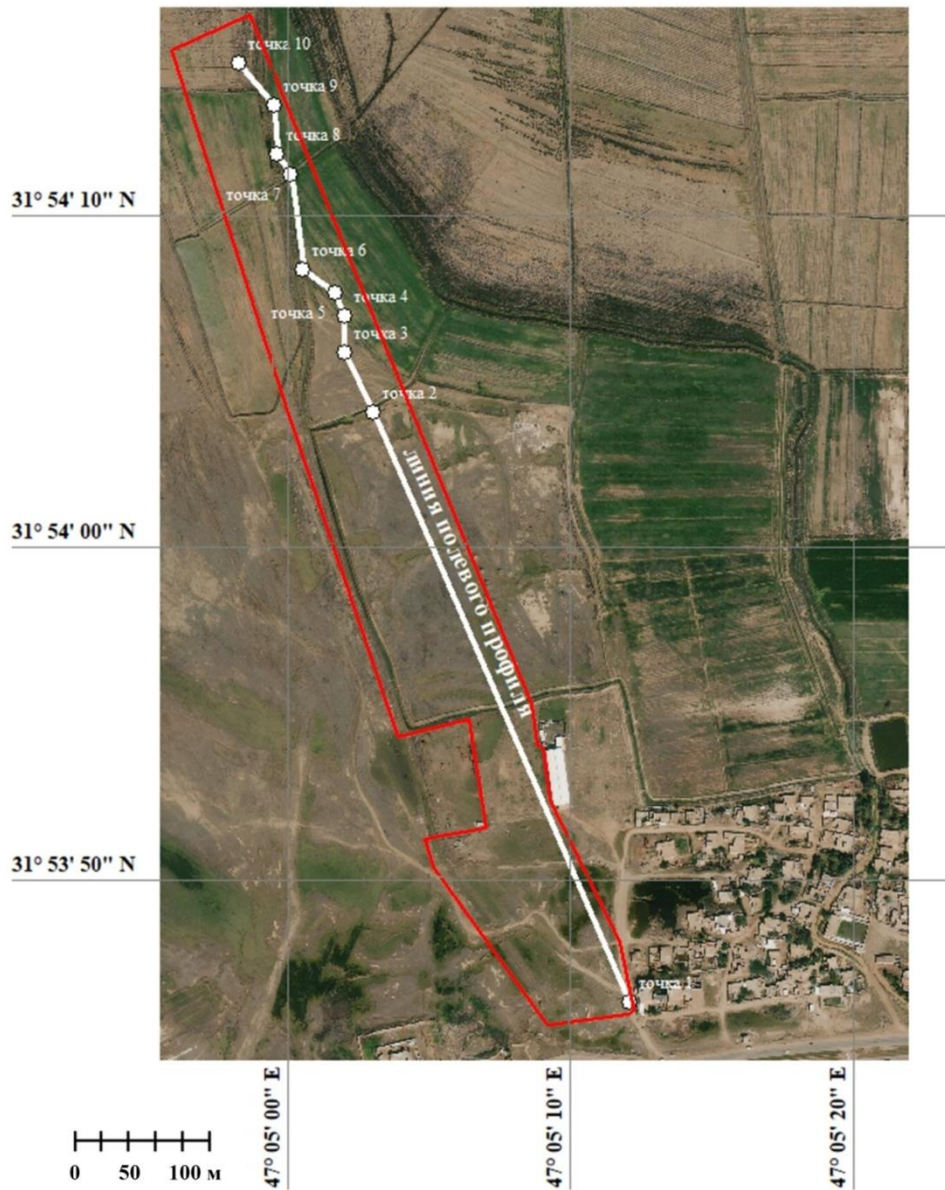


Рисунок 4.22 - Космокарта участка тестового полигона полевого "Амара" с линией профиля и контрольными точками

В результате геоинформационного анализа цифровой модели рельефа полевого участка полигона создан ландшафтный профиль, показанный на рисунке 4.23.

Линии профиля имеет следующие характеристики: Начало профиля имеет координаты  $31^{\circ} 53' 46''$  N,  $47^{\circ} 05' 12''$  E. Высота в начале профиля - 9 м.

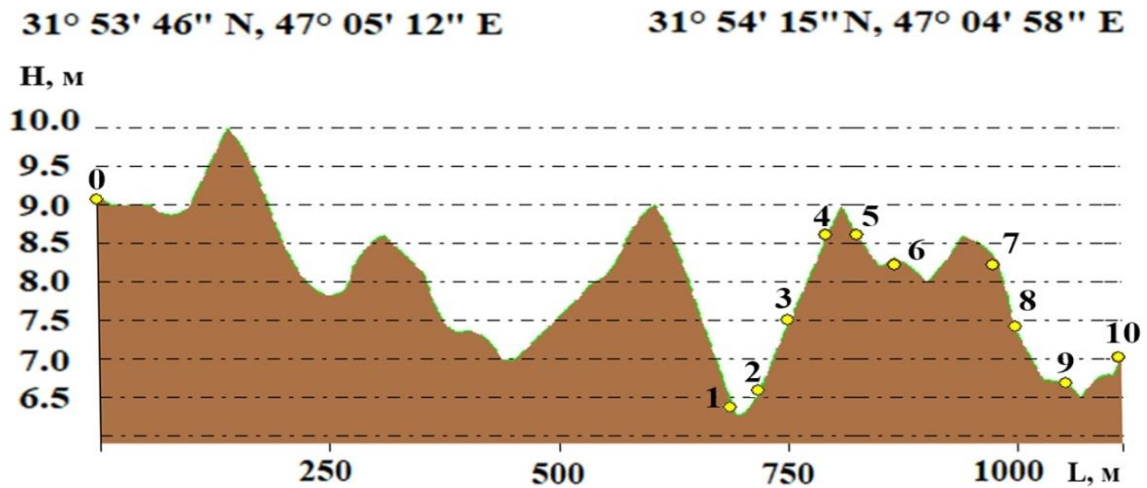


Рисунок 4. 23 – Профиль полевого участка тестового полигона с контрольными точками

Окончание профиля имеет координаты 31° 54' 15" N, 47° 04' 48" E. Высота в конце профиля – 7 м. Длина профиля, 1109 м.

Разница высот между начальной и конечной точкой - 2 м. Максимальная высота - 10 м: Минимальная высота - 6,5 м: Средняя крутизна - 0°. Максимальная крутизна - 2,6°.

По протяженности профиля рельеф равнинный. Почвы – аллювиальные, песчаные, слабогумусированные [11]. По профилю имеются повышения рельефа до 2 м и понижения, глубиной до 1 м, имеющие округлую форму размером до 50 м.

В таблице 4.6 даны результаты наземного геопозиционирования и характеристики территории. Для каждой точки профиля было проведено пространственное позиционирование при помощи GPS системы, фотоэталонирование территории вокруг контрольной точки профиля, и геоботаническое описание фитоценоза. Данные исследования образцов почв, в контрольных точках профиля приведены в копии сертификата лаборатории U-Scines (рисунок 4.24). Приведены рН – кислотность, ЕС – засоление, ОМ – содержание гумуса и содержание фракций: песок, ил и глина.


Таблица 4.6 – Характеристика точек полевого профиля [11]

Точки профиля	Координаты	Высота, м	Тип почвы	Примечание
0	31°53'46.82" N 47°05'12.30" E	9,1	Аллювиальная легкосуглинистая	Начальная точка профиля. Понижение, где собирается влага.
1	31°54'03.95" N 47°05'02.58" E	6,3	Аллювиальная легкосуглинистая	Характерно присутствие сезонных естественных растений. Локальное понижение.
2	31°54'04.69" N 47°05'02.13" E	6,6	Аллювиальная легкосуглинистая	На засоленной территории в основном отсутствуют естественные растения, в каналах отмечены растения сведа и тамарикс
3	31°54'05.58" N 47°05'02.14" E	7,5	Аллювиальная легкосуглинистая	Территория засолена
4	31°54'06.69" N 47°05'01.86" E	8,5	Аллювиальная легкосуглинистая	Территория занята естественными пустынными кустарниками.
5	31°54'07.57" N 47°05'01.58" E	8,6	Аллювиальная легкосуглинистая	Сельскохозяйственные земли, используемые для выращивания пшеницы. Присутствует древесная растительность и пастбища.
6	31°54'08.31" N 47°05'00.53" E	8,3	Аллювиальная суглинистая	
7	31°54'11.22" N 47°05'00.10" E	8,4	Аллювиальная легкосуглинистая	
8	31°54'11.61" N 47°04'59.46" E	7,4	Аллювиальная легкосуглинистая	Равнинный участок сельскохозяйственных угодий
9	31°54'13.16" N 47°04'59.34" E	6,7	Аллювиальная суглинистая	Берег большого оросительного канала. Отмечено присутствие однолетних и многолетних растений
10	31°54'14.54" N 47°04'58.32" E	7,0	Аллювиальная легкосуглинистая	Окончание профиля. Заброшенные и засоленные сельскохозяйственные угодья

Установлено, что только 2 образца почв в точках 6 и 8 засолены в слабой степени. Образцы почв в точках 5, 7 и 8 засолены в средней степени.

**Date: 25-2-2021**  
**No. of samples : 4 soil**  
**Address: Maisan**

**Rustles:**



Точки	PH	EC ms/cm	OM %	Sand%	Silt%	Clay%	Texture
T 0	8.43	65.10	1.19	46.66	46.74	6.60	Sandy loam
T 1	8.43	65.10	1.19	46.66	46.74	6.60	Sandy loam
T 2	8.33	87.62	1.02	55.31	35.98	8.71	Sandy loam
T 3	8.33	87.62	1.02	55.31	35.98	8.71	Sandy loam
T 4	8.43	65.10	1.19	46.66	46.74	6.60	Sandy loam
T 5	8.03	23.04	1.32	57.67	40.3	2.03	Sandy loam
T 6	8.54	6.16	1.62	38.54	38.02	23.41	Loam
T 7	8.03	23.04	1.32	57.67	40.3	2.03	Sandy loam
T 8	8.03	23.04	1.32	57.67	40.3	2.03	Sandy loam
T 9	8.54	6.16	1.62	38.54	38.02	32.41	Loam
T 10	8.43	65.10	1.19	46.66	46.74	6.60	Sandy loam



Рисунок 4.24 – Результаты анализа образцов почв в точках по профилю полевого участка

Результаты исследования отобранных образцов почв в контрольных точках профиля показали высокую степень засоления земель (таблица 4.7).

На рисунке 4.25 приведен космоснимок участка в окрестностях точки профиля 0. На рисунке 4.26 приведен наземный снимок территории в окрестностях точки 0 и точки 1.

Таблица 4.7 – Степень засоления почв по точкам профиля [11]

Точки профиля	Содержание солей, %	Степень засоления
0	3,26	Очень сильнозасоленные
1	3,26	Очень сильнозасоленные
2	4,34	Очень сильнозасоленные
3	4,34	Очень сильнозасоленные
4	3,26	Очень сильнозасоленные
5	1,25	Среднезасоленные
6	0,44	Слабозасоленные
7	1,25	Среднезасоленные
8	1,25	Среднезасоленные
9	0,44	Слабозасоленные
10	3,26	Очень сильнозасоленные

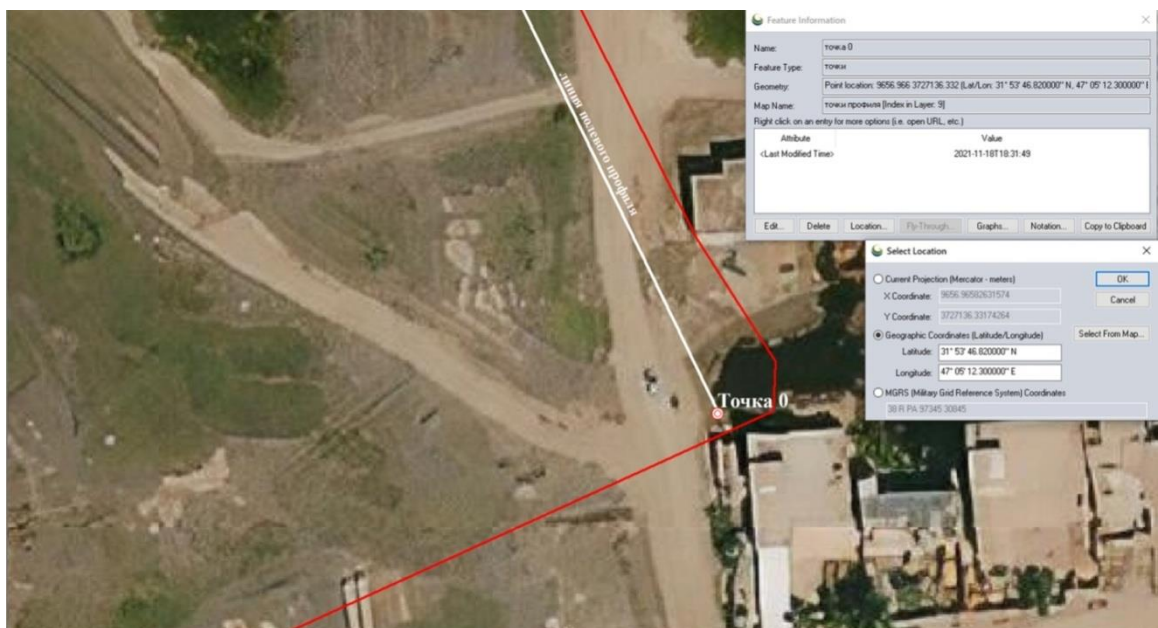
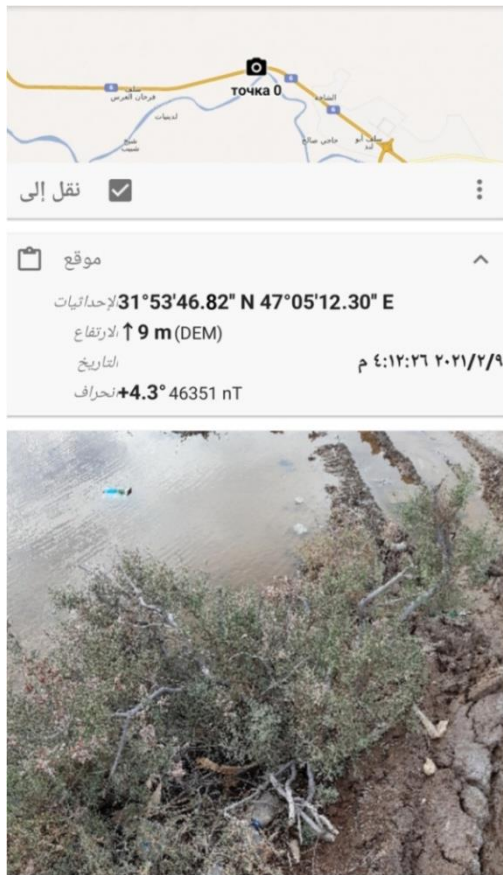


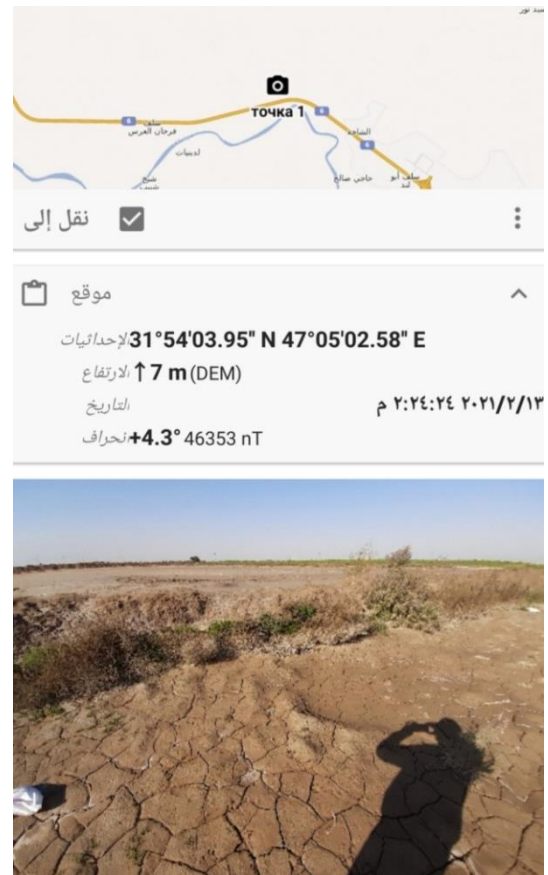
Рисунок 4.25 - Космоснимок территории вокруг точки 0 полевого профиля

На рисунке 4.26 (1) показано заполненное водой понижение в точке 0 и куст Тамарикса, можно отметить следы соли на поверхности. На рисунке 4.26 (2) показано высохшее понижение в точке профиля 1.

На рисунке 4.27 показано состояние участка в окрестностях точки 1, здесь отмечается наличие растительности, сосредоточенной по дну и по берегам оросительного канала, высота рельефа в точке 1 - 6,5 м.



точка 0



точка 1

Рисунок 4.26 – Фотофиксация состояния территории - точки 0 и точки 1 полевого профиля

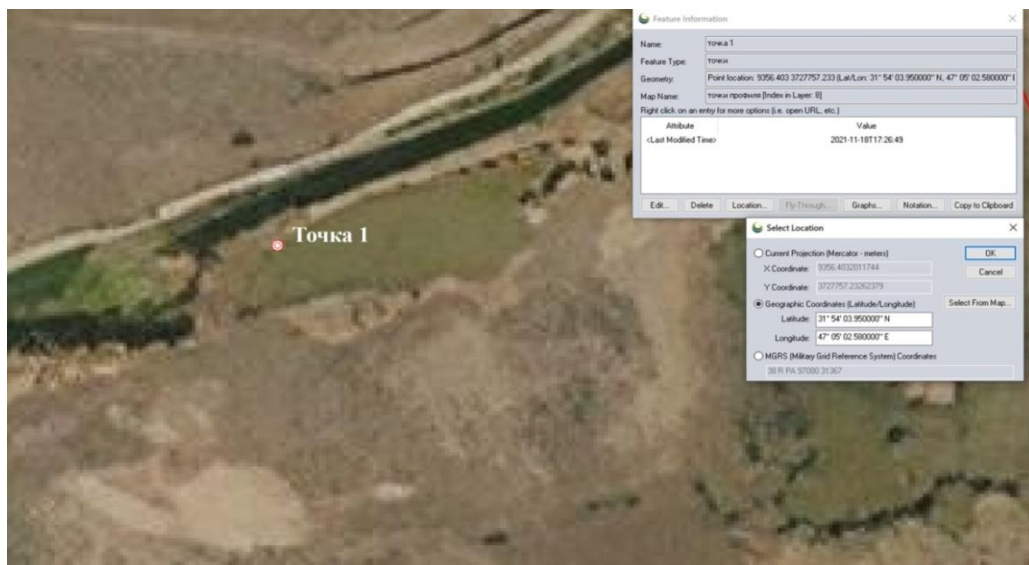


Рисунок 4.27 – Космоснимок территории вокруг точки 1 полевого профиля

На возвышенных до 7 м участках, проективное покрытие растительности крайне или полностью отсутствует. Лесомелиоративные насаждения на этом участке профиля отсутствуют.

Растительность представлена травянистыми растениями рода Арундо вида тростниковый (*Arundo donax* L.) рисунок 4.28 (1), Тамариксом (*Tamarix aphylla*) и галофитом Сведа (*Suaedavera* Forssk) рисунок 4.28 (2).



1

2

Рисунок 4.28 - Фотоснимки территории в окрестностях точки 1 профиля.  
1 - *Arundo donax* L., 2 - *Suaeda vera* Forssk

По берегамк анала произрастает Тамарикс безлистный (*Tamarix aphylla*) и однолетнее травянистое растение Торичник красный (*Spergularia rubra*).

На рисунке 4.29 показана территория в окрестностях точки 2 профиля. Почва здесь сильно засолена, растительность практически отсутствует. На рисунке 4.30 приведено изображение территории вокруг точки 3 полевого профиля. Состояние почвы в районе точки аналогично состоянию в точке 2. Растительность представлена одиночными растениями полыни иудейской (*Artemisia judaica*).



Фотофиксация в районе точек 2 и 3 (рисунок 4.31) показала, что на момент съемки почва сильно увлажнена, на подсыхающем верхнем слое отмечаются светлые пятна проступающих солей. Точка 2 лежит на 1 м ниже точки 3, в связи с чем, отмечен более высокий уровень увлажнения.

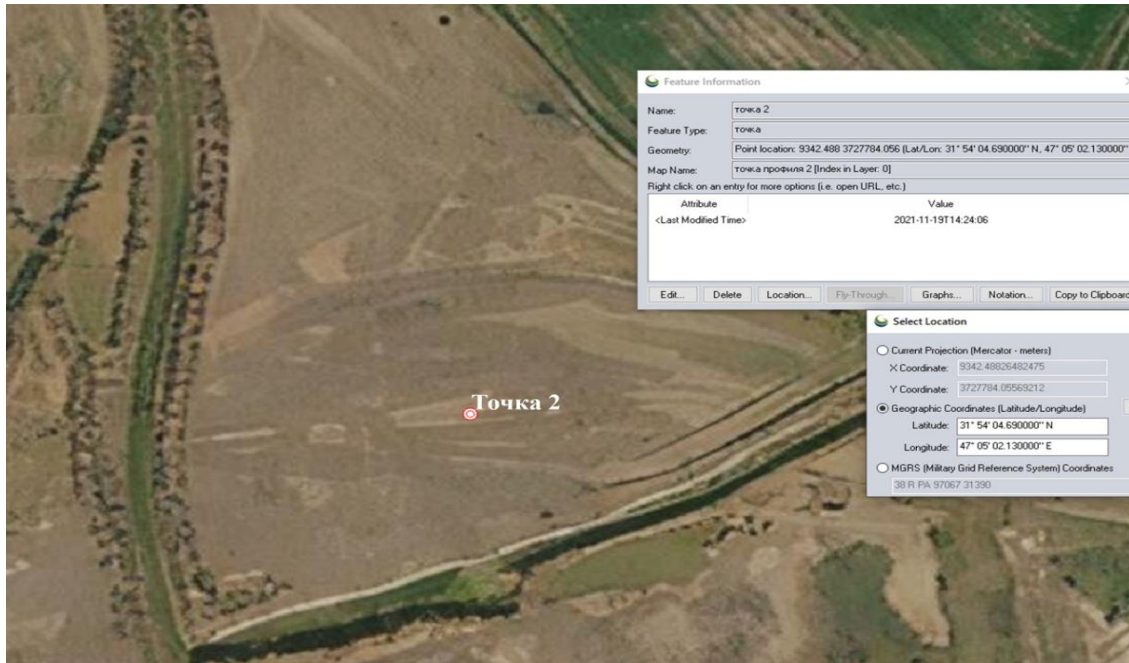


Рисунок 4.29 - Космоснимок территории в окрестностях точки 2 профиля

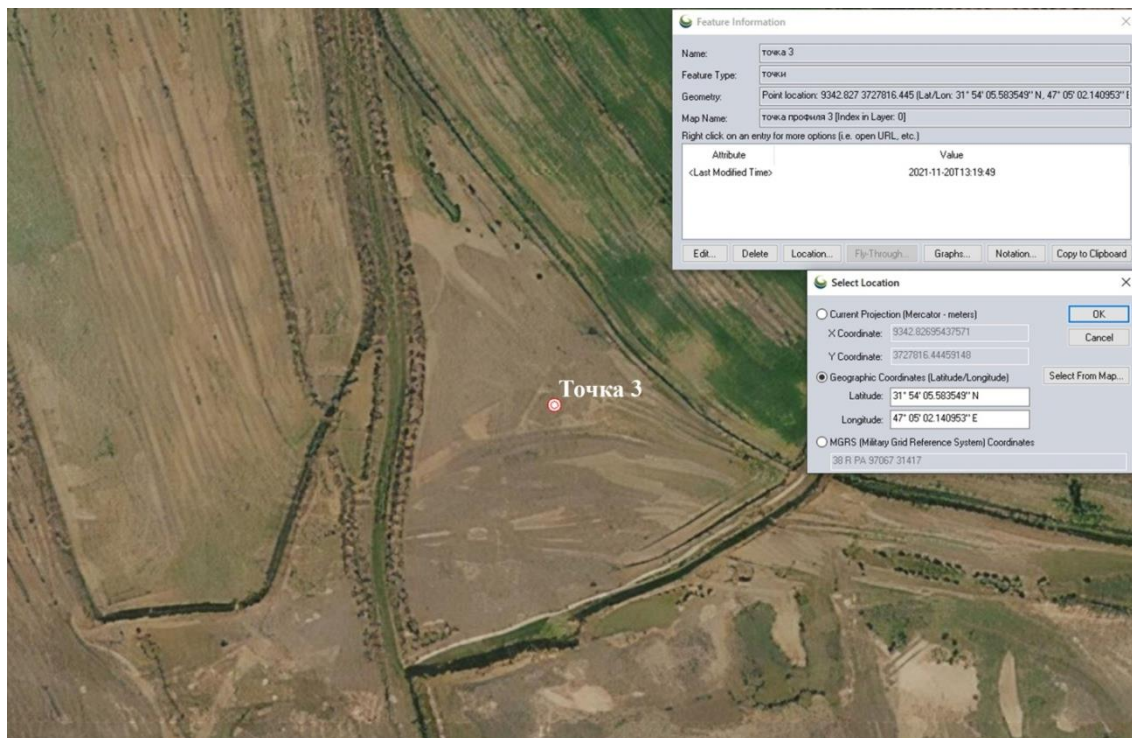
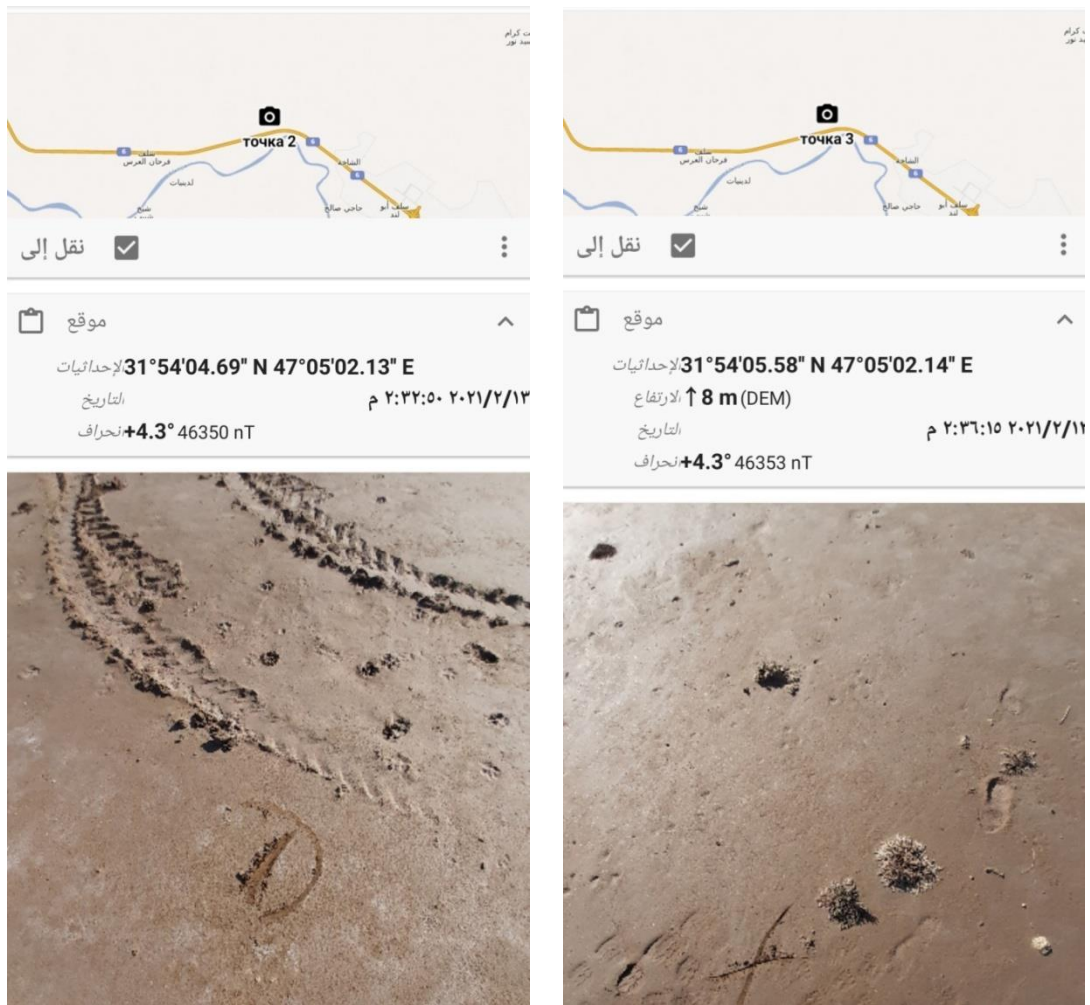


Рисунок 4.30 - Космоснимок территории в окрестностях точки 3 профиля



точка 2

точка 3

Рисунок 4.31 – Фотофиксация состояния территории - точки 2 и точки 3 полевого профиля

На рисунке 4.32 приведен космоснимок территории вокруг точки 4 полевого профиля. Высота в точке 4 - 8,5 м, что на 1 м выше положения точки 3. Почва сильно засолена, но меньше, чем в точке 3. В связи с этим здесь произрастают солелюбивые растения *Suaeda vera*, *Tamarix aphylla* и *Artemisia judaica* (рисунок 4.33).

Пространственное положение точки 5 показано на космоснимке (рисунок 4.34). Точка 5 размещена на обрабатываемом поле № 39 (см. рисунок 4.18), на котором выращивают озимую пшеницу, по периметру поля отмечены одиночные деревья и группы пальм *Phoenix dactylifera* L.

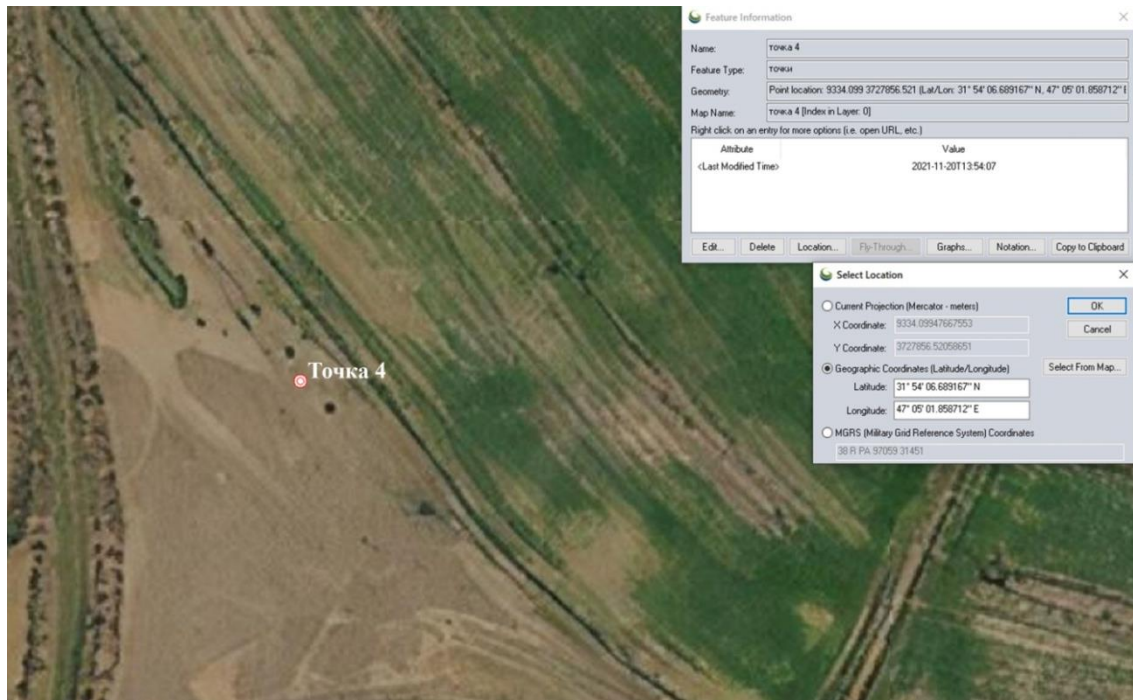


Рисунок 4.32 - Космоснимок территории в окрестностях точки 4 полевого профиля



Рисунок 4.33 - Фотоснимок территории в окрестностях точки 4, растительность *Suaeda vera* и *Tamarix aphylla*

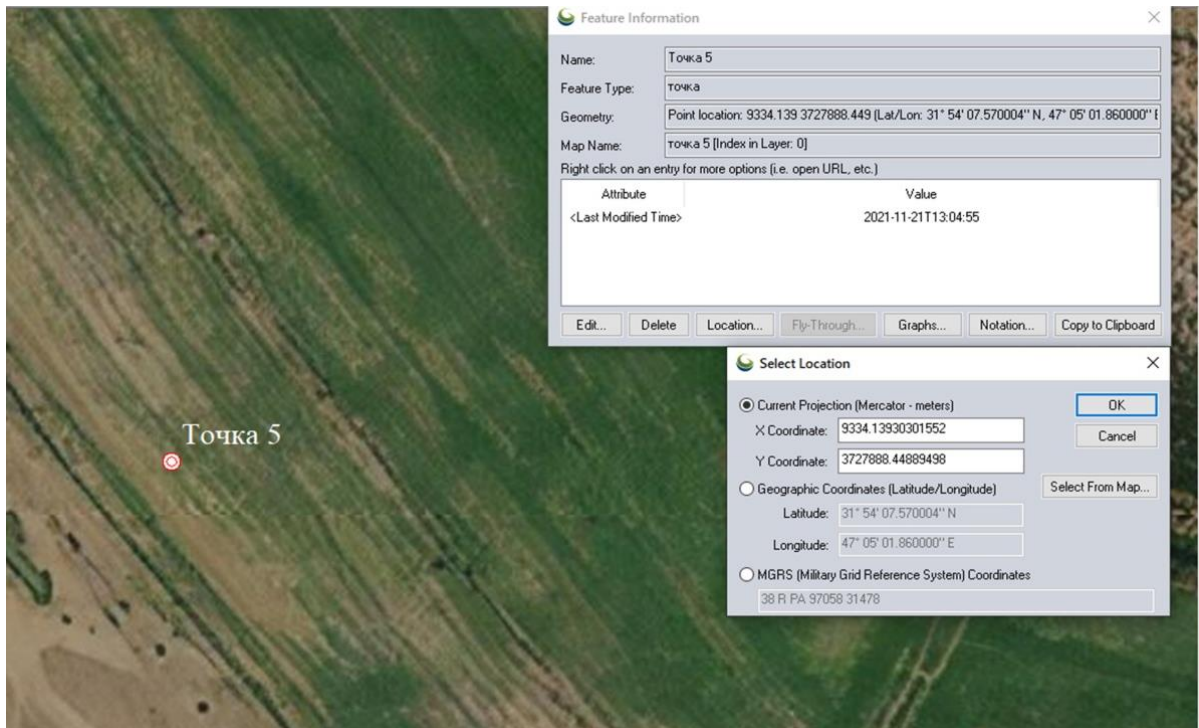


Рисунок 4.34 - Космоснимок территории в окрестностях точки 5 профиля



Рисунок 4.35 - Фотоснимок территории в окрестностях точки 5, растительность *Suaeda vera* Forssk и *Triticum aestivum* L. На заднем плане пальмы *Phoenix dactylifera* L.

На рисунке 4.36 приведен космоснимок территории в окрестностях точки 6 полевого профиля, высота рельефа - 8,3 м. Почва слабо засолена. Растительность представлена фитоценозом *Suaeda vera* Forss, *Cynodon dactylon* (L.) Pers, *Beta vulgaris* L. (рисунок 4.37).

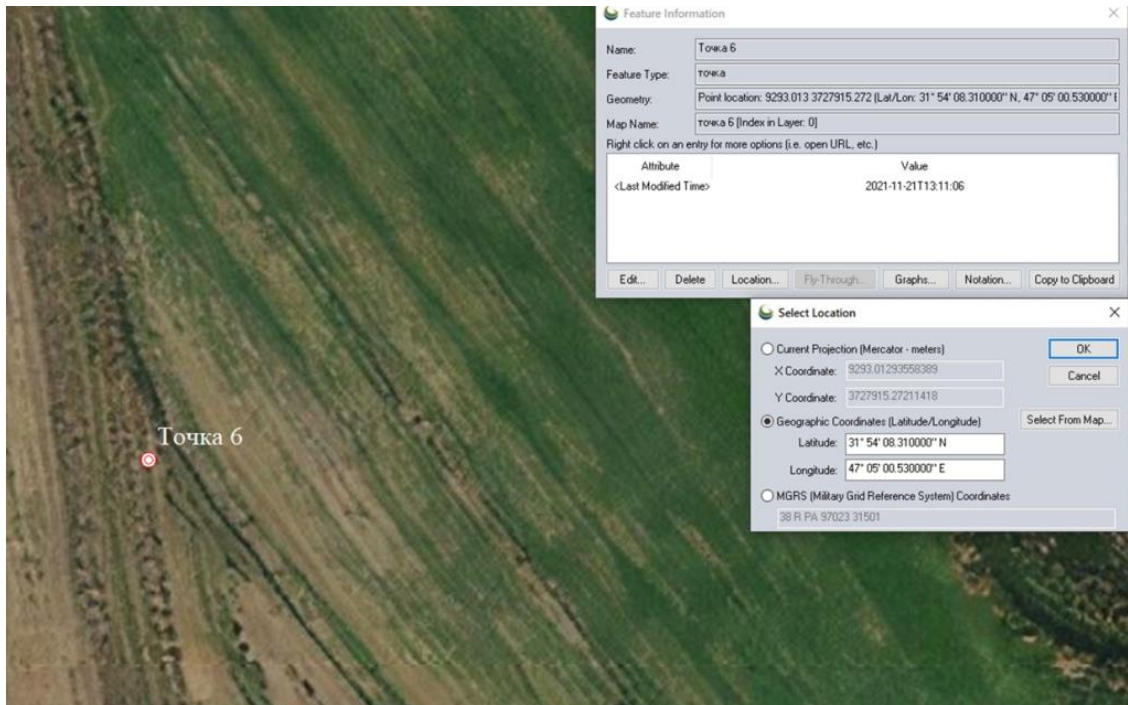


Рисунок 4.36 – Космоснимок территории в окрестностях точки 6 полевого профиля



Рисунок 4.37 – Фотоснимок территории в окрестностях точки 6, растительность *Suaeda vera* Forss, *Cynodon dactylon* (L.) Pers, *Beta vulgaris* L.

На рисунке 4.38 приведено изображение территории вокруг точки 7 полевого профиля. Высота в точке 7 - 8,4 м. Почва средне засолена. Растительность представлена фитоценозом, включающим *Suaeda vera* Forss, *Cynodon dactylon* (L.) Pers, *Betavulgaris* L. и *Phoenix dactylifera* L. На заднем плане поле с *Triticum aestivum* L (рисунок 4.39).

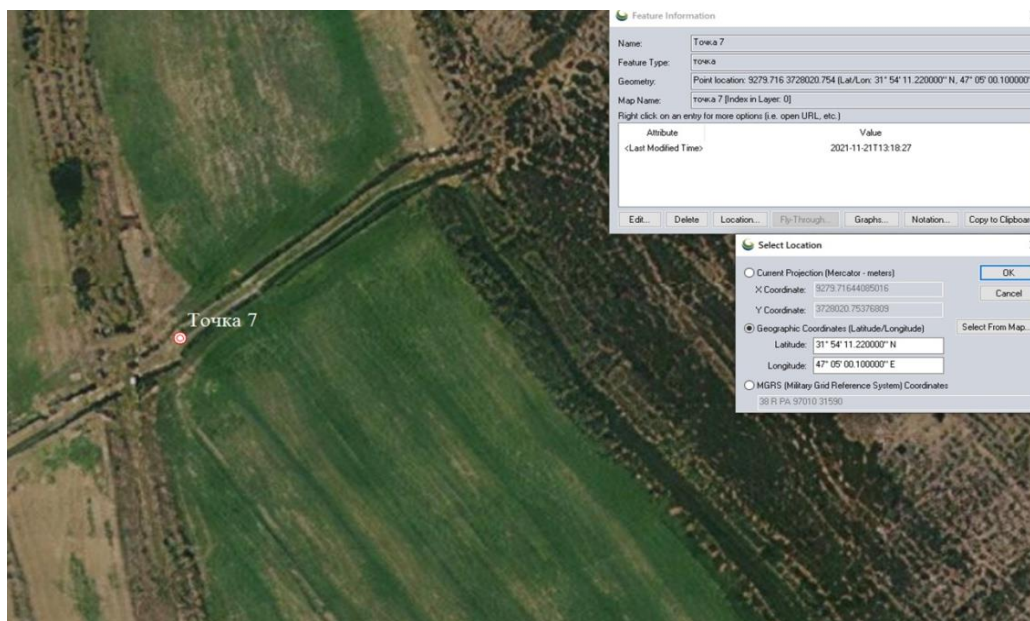


Рисунок 4.38 - Космоснимок территории вокруг точки 7 полевого профиля



Рисунок 4.39 - Фотоснимок территории в окрестностях точки 7, растительность *Suaeda vera* Forss, *Cynodon dactylon* L., *Beta vulgaris* L., и *Phoenix dactylifera* L. На заднем плане поле с *Triticum aestivum* L.

На рисунке 4.40 приведен космоснимок территории в окрестностях точки 8 профиля. Высота рельефа в точке - 7,4 м. Почва засолена средне. Растительность представлена фитоценозом, включающим *Suaeda vera* Forss, *Spergu lariatrubra* и *Phoenix dactylifera*. На заднем плане поле с *Triticum aestivum* (рисунок 4.41).

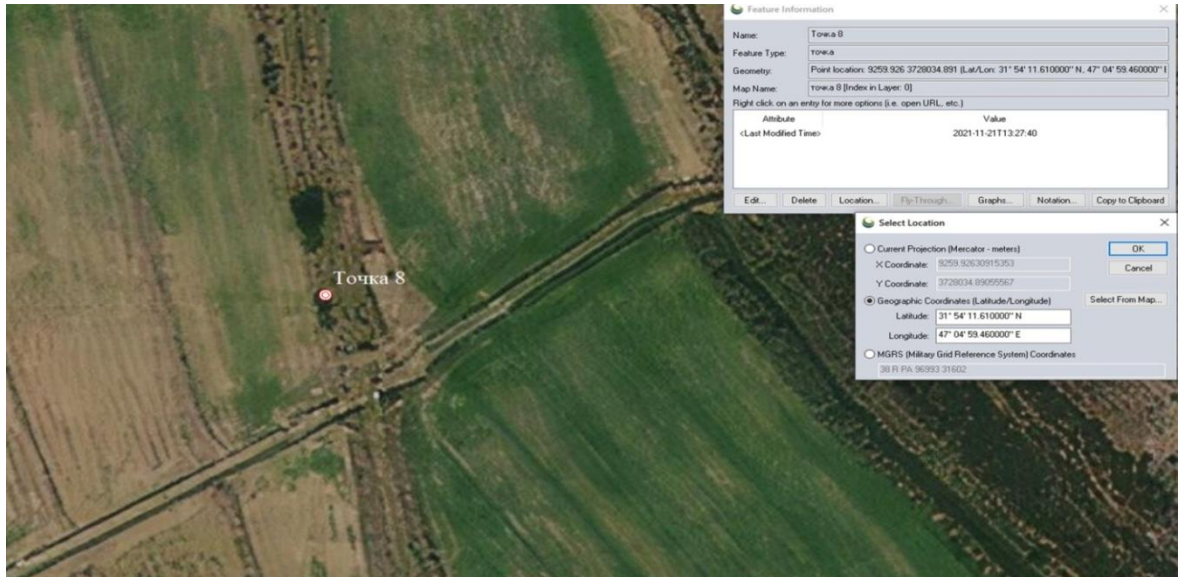


Рисунок 4.40 - Космоснимок территории в окрестностях точки 8 профиля



Рисунок 4.41 - Фотоснимок территории в окрестностях точки 8, растительность *Suaeda vera* Forss, *Spergularia rubra* и *Phoenix dactylifera*. На заднем плане поле с *Triticum aestivum*

На рисунке 4.42 приведен космоснимок территории вокруг точки 9 полевого профиля. Высота рельефа в точке - 7,4 м. Почва средне засолена. Растительность представлена фитоценозом, включающим *Arundo donax* L., *Phoenix dactylifera*, *Tamarix aphylla* [11] и *Triticum aestivum* L. (рисунок 4.43).

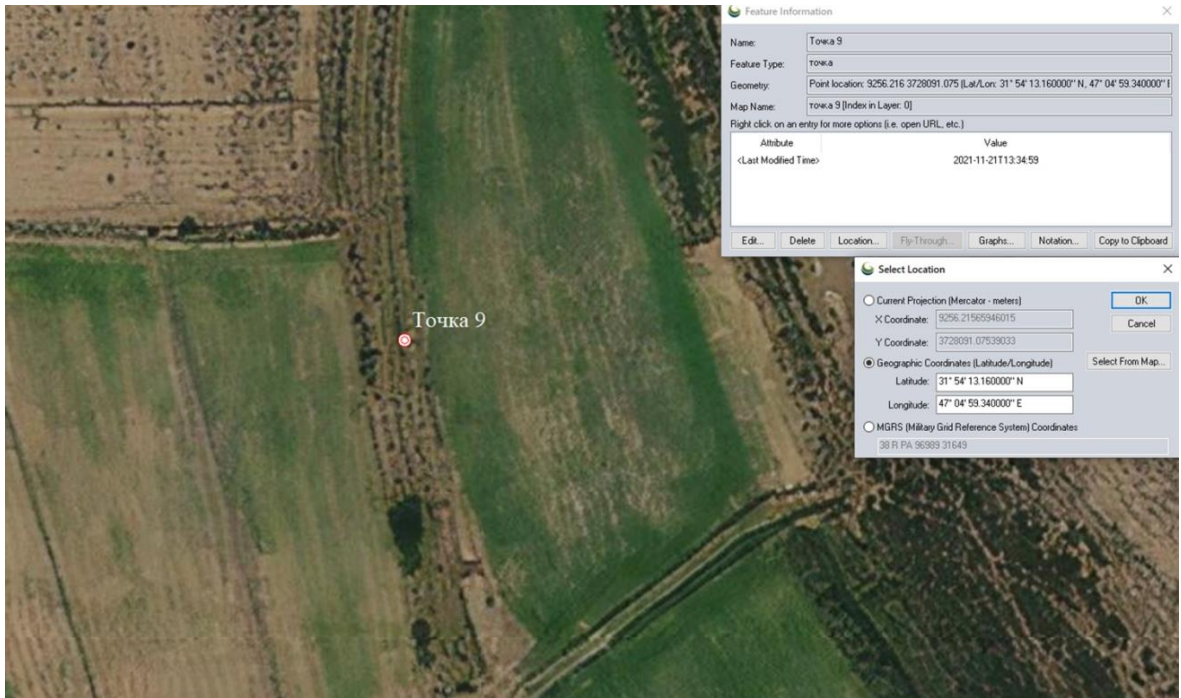


Рисунок 4.42 - Космоснимок территории вокруг точки 9 полевого профиля



Рисунок 4.43 - Фотоснимок территории вокруг точки 9, растительность *Arundo donax* L., *Phoenix dactylifera*, *Tamarix aphylla* и поле с *Triticum aestivum*



На рисунке 4.44 приведено изображение территории вокруг точки 10 полевого профиля. Высота рельефа в точке - 8,4 м. Почва очень сильно засолена. Растительность представлена фитоценозом, включающим *Suaeda vera* Forss, *Artemisia judaica*. На заднем плане поле с *Triticum aestivum* L. (рисунок 4.45).

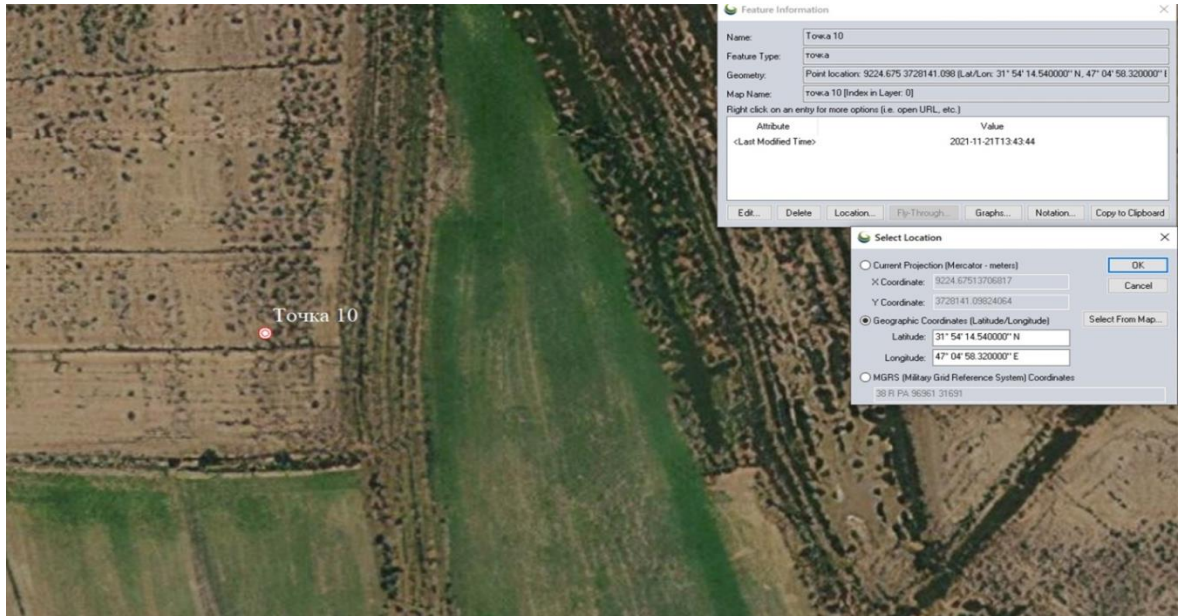


Рисунок 4.44 - Космоснимок территории вокруг точки 10 полевого профиля



Рисунок 4.45 - Фотоснимок территории вокруг точки 10, растительность *Suaeda vera* Forss и *Artemisia judaica*. На заднем плане поле *Triticum aestivum*

Точка профиля 10 размещена на заброшенных, ранее орошаемых полях, засоление почвы здесь критическое - 3,26 %, см. таблицу 4.7, в таких условиях становится невозможным использование таких земель для выращивания культурных растений [11]. Территория зарастает галофитами *Suaeda vera* Forss. (см рисунок 4.18). Площадь зарастающих сельскохозяйственных угодий составляет 16,9 га (см. таблицу 4.5).

Для оценки состояния территории разработана карта деградации земель (рисунок 4.46), где показано распределение площади сельскохозяйственных земель тестового полигона «Амара» по степеням деградации.

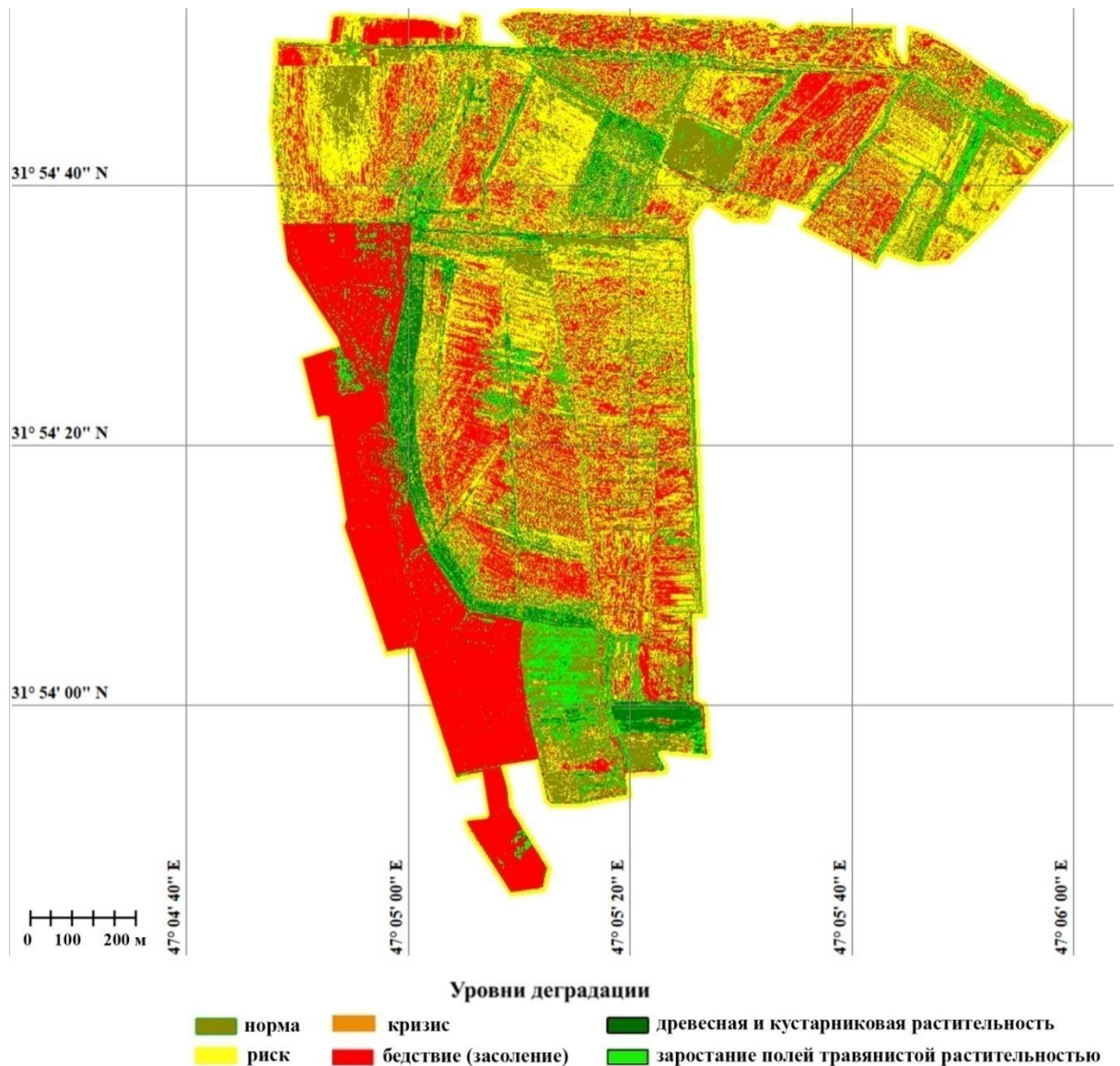


Рисунок 4.46 - Деградация сельскохозяйственных угодий полигона «Амара»

В результате оценки состояния агроландшафтов на территории тестового полигона «Амара» выявлено следующее: сельскохозяйственных земли занимают площадь 196 га. Сельскохозяйственные угодья (59 полей) занимают площадь 122 га, из которой используют для выращивания озимой пшеницы 103 га. Средняя площадь поля - 2,1 га. Выведены из использования 5 полей площадью около 15 га по причине их сильного засоления (общее содержание солей в почве на этих участках более 3% [9]); они зарастают галофитами. На рисунке 4.47 показано распределение площади полигона по степени деградации.

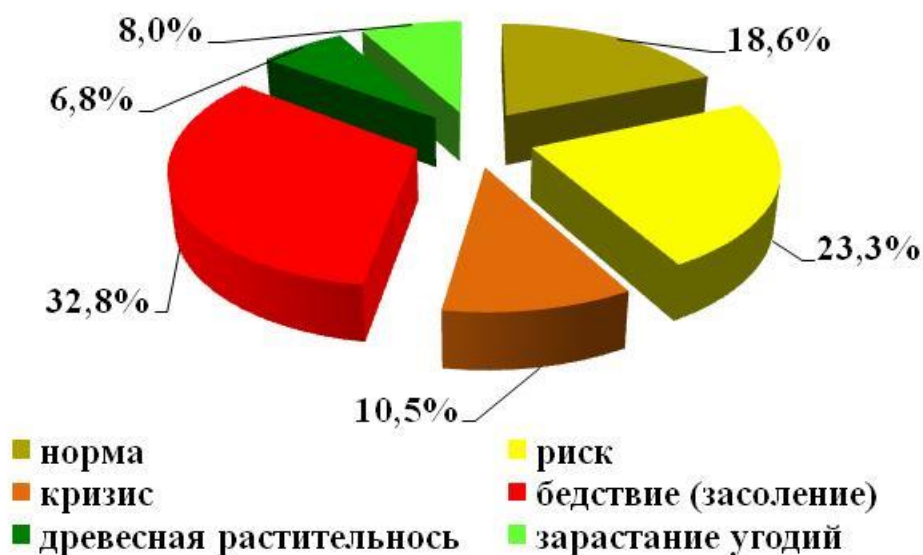


Рисунок 4.47 - Распределение площади полигона по степени деградации

Поля со степенью деградации «норма» занимают 36,5 га, поля со степенью деградации «риск» занимают 45,8 га. На этих полях выращивают культуру *Triticum aestivum* с потерей урожая до 25%. Площадь засоленных полей до степени деградации «кризис» составляет 20,6 га. Такое засоление приводит к потере урожая до 50%. Поля площадью 64,4 га отнесены к сильному засолению до степени «бедствие». Такая степень засоления приводит к полной потере урожая, а поля выводятся из использования. Зброшенные поля медленно зарастают галофитами [11]. Древесно-кустарниковая растительность занимает площадь 13,3 га (без учета

плантаций финиковых пальм).

Агроресомелиоративное обустройство практически отсутствует. По берегам каналов произрастают отдельные группы древесных растений (в основном кустарник Тамарикс и финиковые пальмы). По периметру участка и на самом участке присутствуют плантации финиковых пальм. На карте приведено пространственное размещение деревьев и кустарников на территории полигона, в том числе, на зарастающих, выведенных из использования полях (рисунок 4.48).

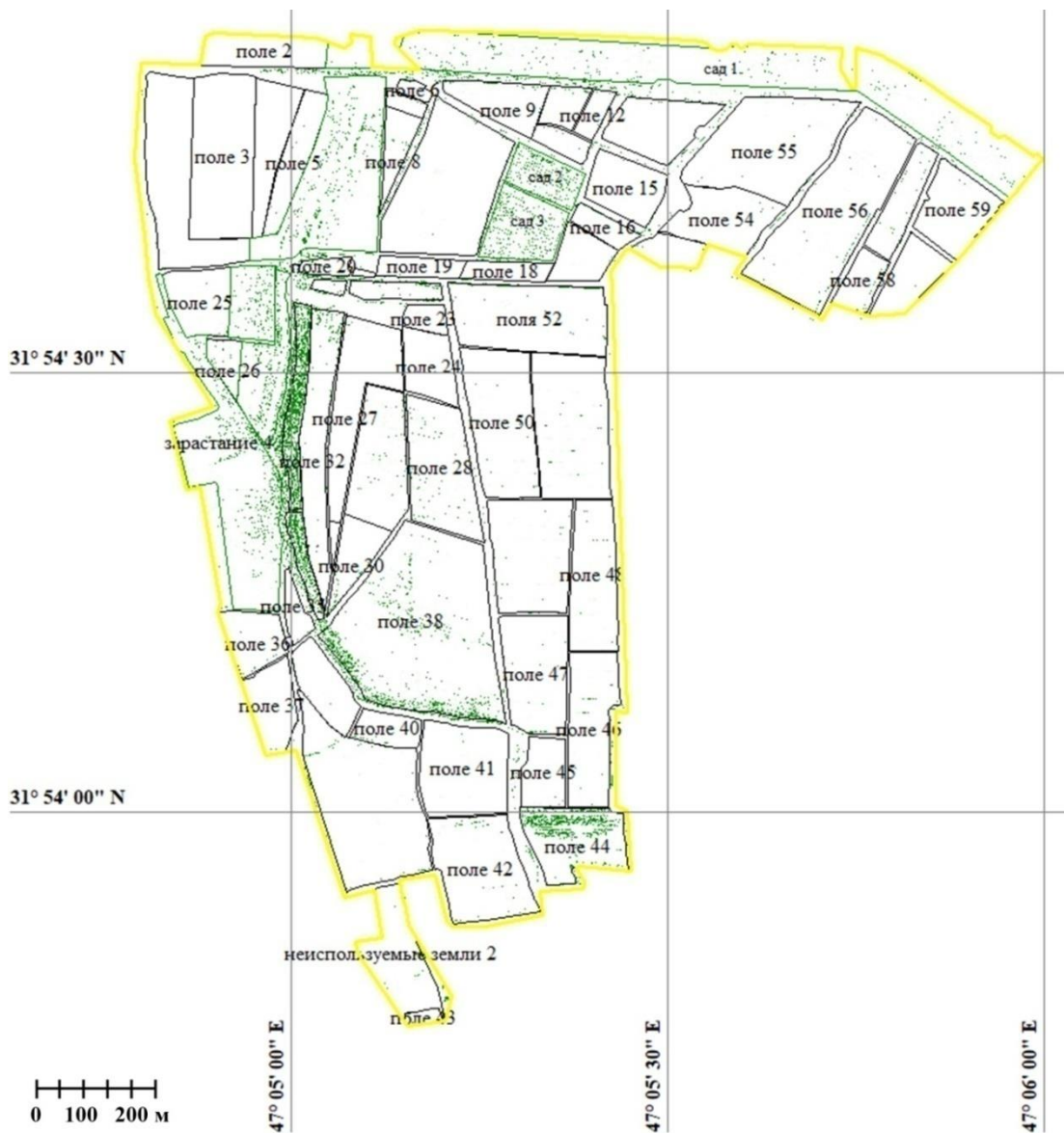


Рисунок 4.48 – Карта распределения древесной растительности на полигоне «Амара»

Площадь земель, занимаемая древесной растительностью, с учетом плантаций пальм составляет около 4%.

Таким образом, в результате исследований установлено, что почвенные условия на полигоне представлены в основном аллювиальными суглинистыми почвами. Естественные растительные ассоциации *Suaeda vera*, *Artemisia judaica*, *Cynodon dactylon*, *Spergularia rubra* занимают засоленные сельскохозяйственные земли, не используемые для выращивания культурных растений. Основным негативным фактором воздействия на растительную экосистему явилось засоление земель.

Возможные направления лесомелиорации орошаемых земель на рассматриваемой территории заключается в высаживании кустарниковых кулис из *Tamarix aphylla* и *Phoenix dactylifera* вдоль орошаемых каналов. В связи с тем, что средняя ширина полей между оросительными каналами 29,6 м при 95% доверительном интервале уровень надежности равен 3,9, Тамарикс безлистный в соответствующих условиях может достигать высоты до 18 м, что предполагает потенциал использования его для создания полезных лесных насаждений на засоленных территориях.

Тестовый полигон «Шарки», размещен в районе Эль Гарби и включает сельскохозяйственные угодья, расположенные на аллювиальной равнине (рисунок 4.49). Почвы аллювиальные слабогумусированные с большим содержанием песка, так как полигон расположен во впадине осушенного озера Хаур эс Саадия, здесь отмечено наличие илистых и глинистых фракций. Геоморфологические характеристики полигона Шарки приведены в таблице 4.3.

Определение геоморфологических особенностей рассматриваемой территории проведено с построением профиля рельефа (рисунок 4.50) длиной 4,7 км. С началом профиля в точке с координатами 32° 04' 10.7" N, 46° 41' 38.7" E и окончанием в точке 32° 03' 18.9" N, 46° 44' 02.2" E. Высота в начале профиля - 9,3 м, в конце - 7,5 м.

Минимальная высота 6 м, максимальная высота 10 м. Средняя крутизна

поверхности  $0^\circ$ , что позволяет отнести ее к субгоризонтальной.

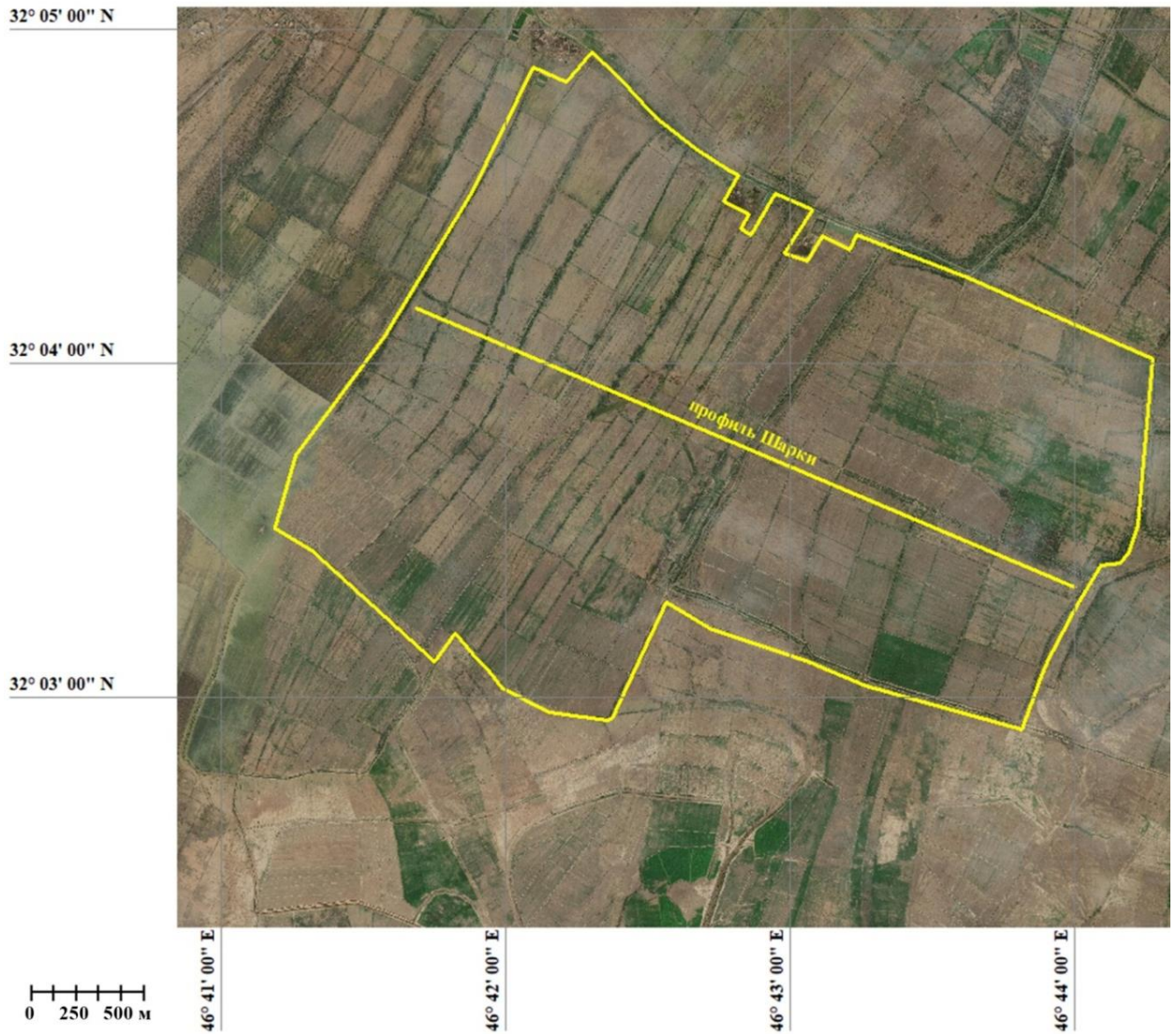


Рисунок 4.49 – Космокарта тестового полигона «Шарки»

По профилю можно выделить три пониженных области (I, II, III), являющиеся естественными накопителями влаги.

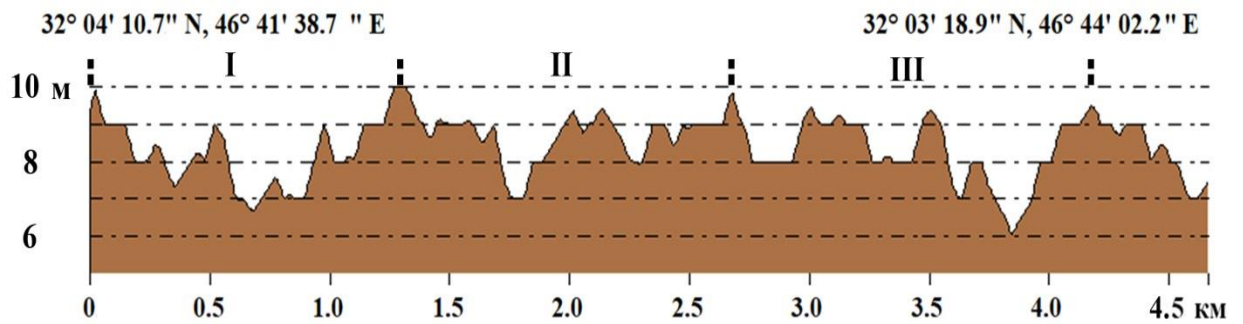


Рисунок 4.50 - Модельный профиль рельефа на территории полигона «Шарки»

Визуализация 3-х мерной модели (рисунок 4.51) показывает общий вид территории исследований и дает возможность установить положение понижений и возвышений на полигоне, а построенные изолинии высот показывают контуры понижений и возвышений.



Рисунок 4.51 - Визуализация 3-х мерной модели рельефа на территории полигона «Шарки» с изолиниями высот рельефа

Пространственный анализ структуры использования земель на территории тестового полигона «Шарки» площадью 1078,9 га, с использованием геоинформационных технологий и космоснимков сверхвысокого разрешения, позволил разработать карту размещения полей и насаждений (рисунок 4.52) и установить их основные характеристики (таблица 4.8).

При анализе выявлено 248 участков пашни, площадью 911 га, что 196 укрупненных участков, включающих группы участков пашни с близкими характеристиками, используются для выращивания сельскохозяйственных культур. Участки пашни, выведенные из использования, разделены на две

группы: зарастающие рудеральной растительностью 36 участков площадью 85,5 га и засоленные (не зарастающие) 16 участков площадью около 18 га.



Рисунок 4.52 – Космокарта использования земель на территории полигона «Шарки»

Таблица 4.8 – Характеристики полей на территории полигона «Шарки»

ПОЛЯ	КОЛ-ВО	площадь, га	ср. площадь поля	средняя крутизна, °	средняя высота, м
используемые	196	807,6	4,1	1,1	8,4
зарастающие	36	85,5	2,5	1,3	8,5
засоленные	16	17,9	1,1	1,3	8,4
всего	248	911	3,7	-	-

На рисунке 4.53 показано распределение площади пашни по использованию сельскохозяйственных угодий тестового полигона «Шарки».



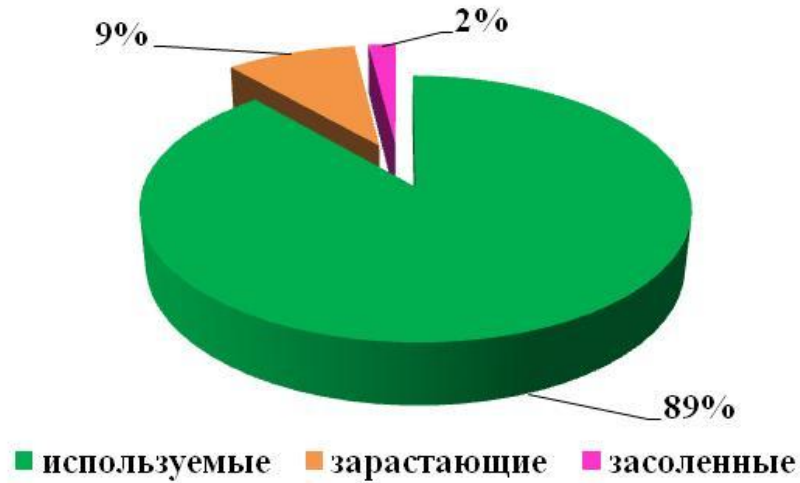


Рисунок 4.53 – Распределение площади использования земель на территории тестового полигона «Шарки»

Пространственное распределение используемой и неиспользуемой пашни показано на карте (рисунок 4.54).



Рисунок 4.54 – Карта пространственного размещения используемых и неиспользуемых полей на территории тестового полигона «Шарки»

Установлено, что на тестовом полигоне 11 % площади пашни выведено из использования по причине потери плодородия в результате деградации. Продолжается использование 807,6 га пашни из 911 га для производства сельскохозяйственной продукции. На тестовом полигоне не используется под пашню 167,9 га, представляющие собой непродуктивные, заболоченные или засоленные земли.

Лесомелиорация на полигоне системно не проводилась. Древесная растительность произрастает по берегам оросительных и дренажных каналов представлена кустарниками *Tamarix aphylla* и пальмами *Phoenix dactylifera*. Зброшенные, необрабатываемые поля зарастают полукустарниками и травянистыми растениями *Sveda vera*, *Artemisia judaica*, *Cynodon dactylon*, *Spergularia rubra*. На рисунке 4.55 представлена карта пространственного размещения древесной растительности.

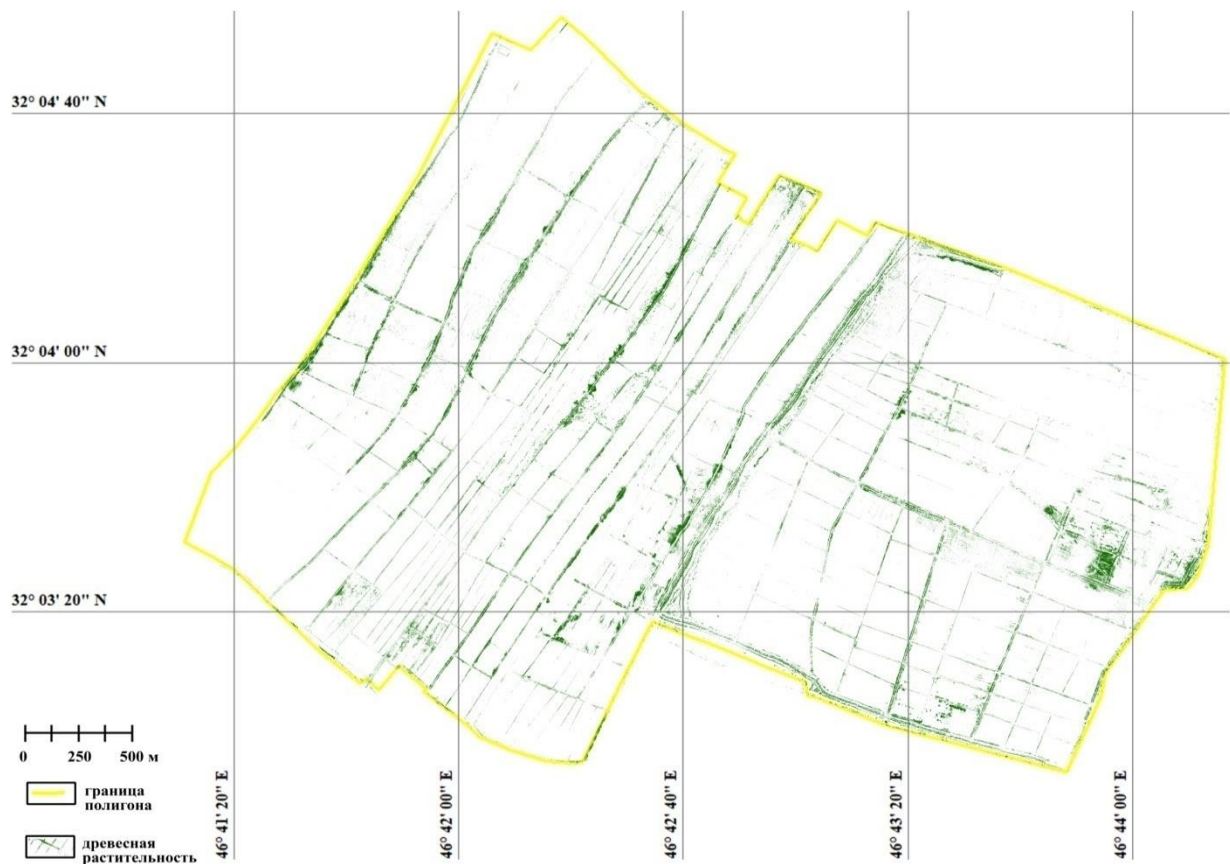


Рисунок 4.55 – Карта размещения древесной растительности на территории полигона «Шарки»

Установлено, что площадь, занимаемая проекциями крон древесных растений, составляет около 83 га или 7,7% от территории полигона.

Таким образом, геоинформационная оценка состояния агроландшафта тестового полигона «Шарки» позволила определить геоморфологические характеристики территории, выявить пространственное положение обрабатываемых земель, выделить используемые и неиспользуемые земли и выявить размещение древесной растительности.

Тестовый полигон «Мухан» занимает площадь 63,9 га, он расположен в районе Эль Маймуна и представляет собой земли сельскохозяйственного назначения, которые размещены на аллювиальной равнине (рисунок 4.56).



Рисунок 4.56 – Космокарта полигона «Мухан»

Визуализация трехмерной модели территории полигона «Мухан» (рисунок 4.57) показывает общий вид территории исследований и дает возможность установить положение понижений и возвышений на полигоне, построенные изолинии высот показывают контуры понижений и возвышений. Визуализация линии модельного профиля позволяет идентифицировать общую структуру изменения высот на территории полигона.

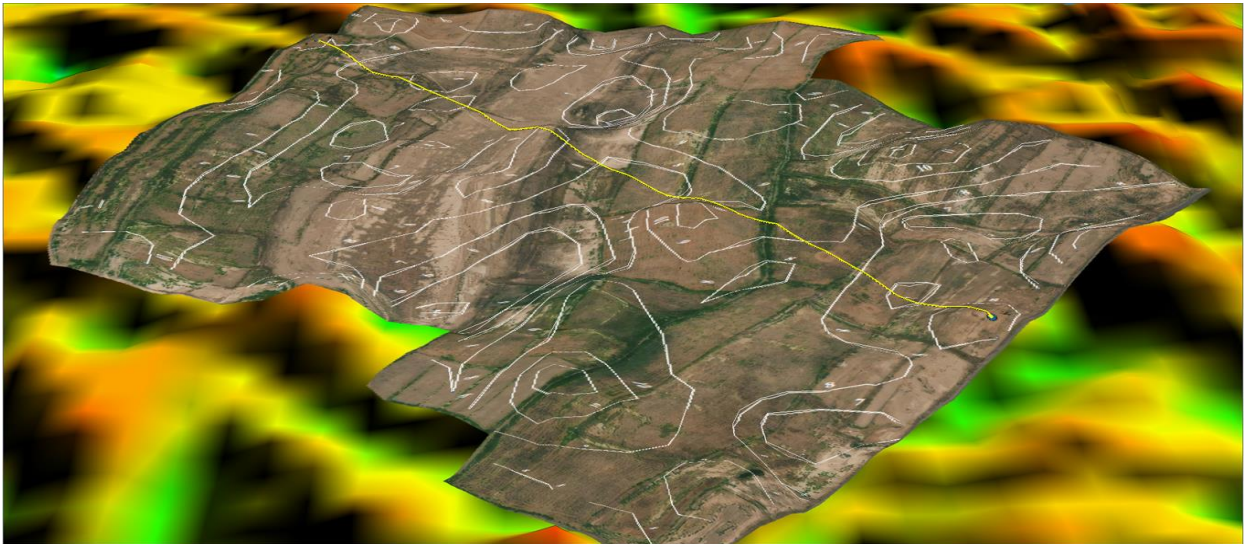


Рисунок 4.57 - Визуализация 3-х мерной модели рельефа на территории полигона «Мухан» с изолиниями высот рельефа и линией профиля

Почвы аллювиальные слабогумусированные засоленные. Геоморфологические характеристики полигона Мухан приведены в таблице 4.3. Профиль изменения рельефа на полигоне «Мухан» длиной 1,038 км построен по цифровой модели местности SRTM 1 (рисунок 4.58).

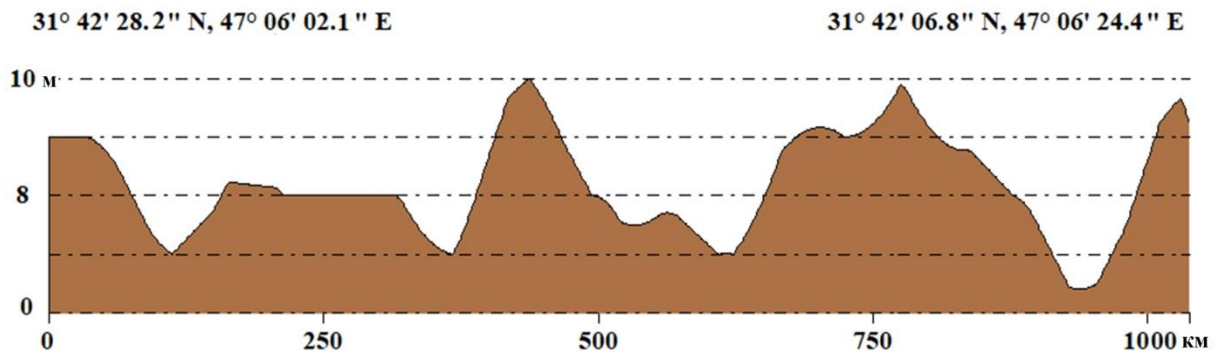


Рисунок 4.58 - модельный профиль рельефа на территории полигона "Мухан"

Начало профиля в точке с координатами 31° 42' 28.2" N, 47° 06' 02.11"E, конец в точке 31° 42' 06.8" N, 47° 06' 24.4" E. Высота в начале профиля 9,0 м, в конце 9,2 м. Минимальная высота 6,4 м, максимальная высота 10,0 м. общая крутизна поверхности 0°, что позволяет отнести ее к субгоризонтальной.

Пространственный анализ структуры использования земель на территории тестового полигона «Мухан», площадью 63,9 га, с использованием геоинформационных технологий и космоснимков сверхвысокого разрешения, позволил разработать карту размещения полей и насаждений (рисунок 4.59) и установить их основные характеристики (таблица 4.9). При анализе выявлено 45 участков пашни, площадью 21,2 га, которые используются для выращивания сельскохозяйственных культур. Участки пашни, выведенные из использования, разделены на три группы: зарастающие рудеральной растительностью 10 участков площадью 13,2 га, засоленные 1 участок, площадью около 0,3 га и 5 участков территории, площадью 20,3 га, неиспользуемой для производства сельскохозяйственной продукции в связи с их низкой плодородностью.

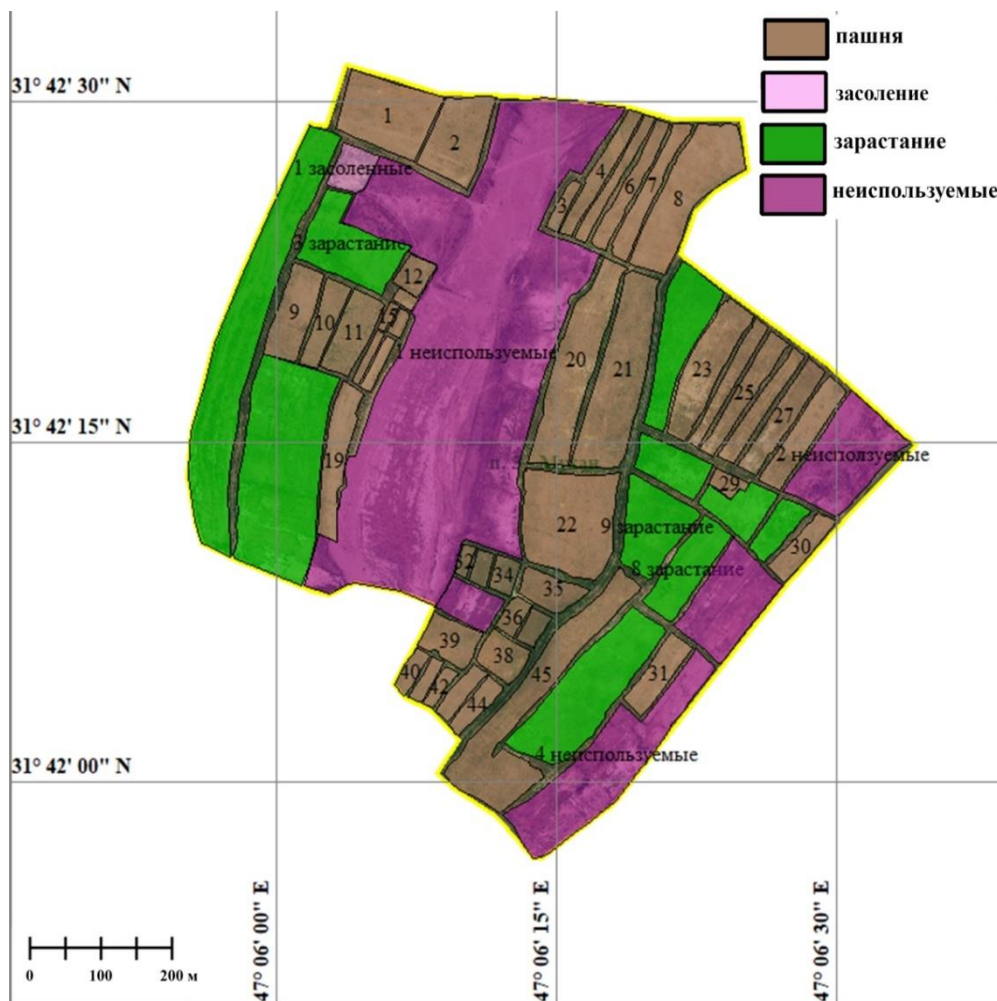


Рисунок 4.59 – Карта использования земель на территории полигона «Мухан»

Таблица 4.9 – Характеристики полей на территории полигона «Мухан»

поля	кол-во уч., шт.	площадь, га	ср. площадь поля, га	средняя крутизна, °	средняя высота, м
используемые	45	21,2	0,5	1,8	8,5
неиспользуемые	5	20,3	4,1	1,9	7,8
зарастающие	10	13,2	1,3	1,7	8,4
засоленные	1	0,3	0,3	2,2	8,1
итого	61	55	0,9	1,9	8,5

На рисунке 4.60 показано распределение площади пашни по использованию сельскохозяйственных угодий тестового полигона «Мухан».



Рисунок 4.60 – Распределение площади использования земель на территории тестового полигона «Мухан»

Древесная растительность на территории полигона, представленная в основном кустарниками *Tamarix aphylla* и пальмами *Phoenix dactylifera*, произрастает по берегам оросительных и дренажных каналов. Отмечается зарастание заброшенных, необрабатываемых полей полукустарниками и травянистыми растениями *Sveda vera*, *Artemisia judaica*, *Cynodon dactylon*, *Spergularia rubra* [7]. На рисунке 4.61 представлена карта пространственного размещения древесной растительности.

Установлена общая площадь древесной растительности, составляющая 13,7 га, или 21,4% площади полигона.



Рисунок 4.61 – Карта пространственного размещения древесной растительности на территории тестового полигона «Мухан»

Древесная растительность на полигоне «Мухан» произрастает по берегам оросительных и дренажных каналов. Зброшенные, необрабатываемые поля зарастают полукустарниками и травянистыми растениями.

Тестовый полигон «Кабир», площадью 674 га (характеристики приведены в таблице 4.3) расположен в районе Эль Маджар Эль Кабир. Площадь полигона занята сельскохозяйственными угодьями, расположенными на аллювиальной равнине (рисунок 4.62).

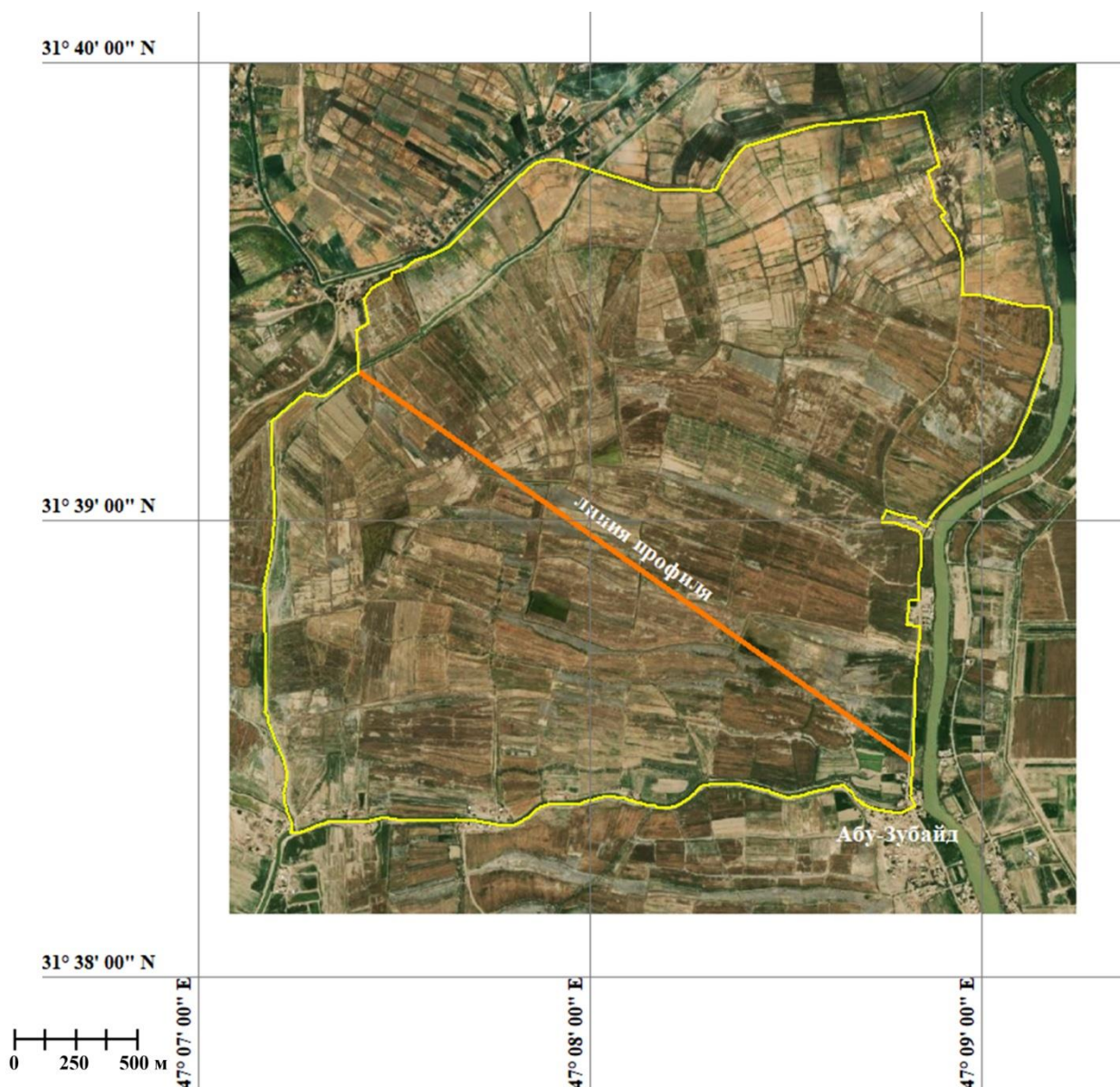


Рисунок 4.62 – Космокарта тестового полигона «Кабир»

Визуализация трехмерной модели полигона (рисунок 4.63) дает возможность установить положение понижений и возвышений на полигоне, построенные изолинии высот показывают контуры понижений и возвышений. Визуализация линии модельного профиля позволяет идентифицировать общую структуру изменения высот на территории полигона.

Почвы аллювиальные слабогумусированные засоленные. Геоморфологические характеристики полигона «Кабир» приведены в таблице 4.3.





Рисунок 4.63 - Визуализация 3-х мерной модели рельефа на территории полигона «Кабир» с изолиниями высот рельефа и линией профиля

Для изучения изменения рельефа на полигоне «Кабир» по цифровой модели построен профиль (рисунок 4.64) длиной 3,2 км.

Координаты начала профиля  $31^{\circ} 39' 19.59''$  N,  $47^{\circ} 07' 24.43''$  E и конца профиля  $31^{\circ} 38' 28.41''$  N,  $47^{\circ} 08' 49.40''$  E. Высота в начале 8,0 м, а в конце 10,6 м. Минимальная высота 5,2 м, максимальная высота 11,8 м. Общая крутизна  $0^{\circ}$ , что соответствует субгоризонтальной поверхности. Максимальная крутизна  $3.9^{\circ}$ . Перепад высот 6,6 м [7].

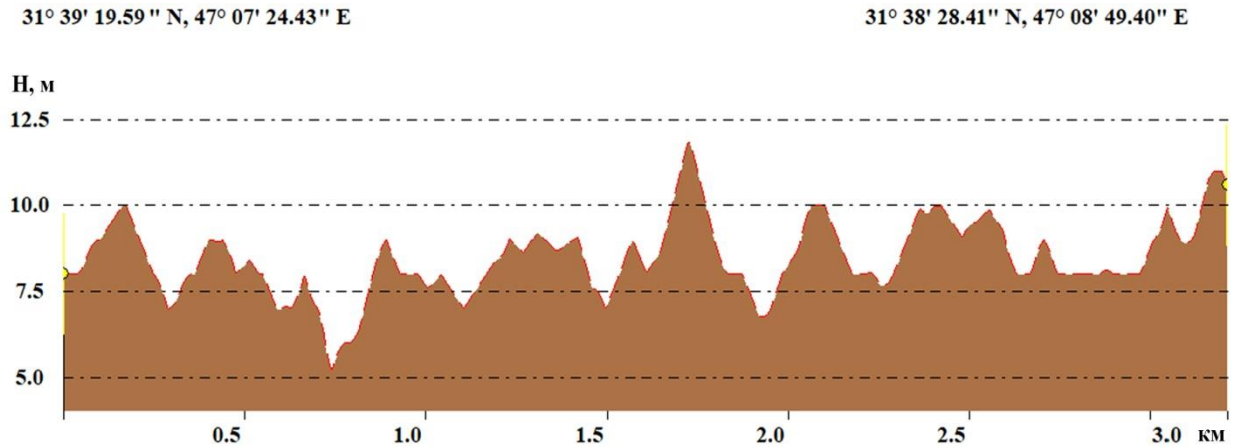


Рисунок 4.64 - Модельный профиль рельефа на территории полигона «Кабир»

Картографический анализ на территории полигона «Кабир» площадью 674 га, показал, что здесь имеются значительные площади деградированных земель. С использованием геоинформационных технологий и космоснимков сверхвысокого разрешения была разработана карта размещения полей (рисунок 4.65) и установлено их современное использование и основные характеристики (таблица 4.10). При изучении территории выявлено 132 укрупненных участка пашни, площадью 610 га, 96 из которых используются для выращивания сельскохозяйственных культур [7], 21 участок засолен, 9 участков на момент космосъемки были затоплены и 5 участков зарастали кустарниками и полукустарниками. Один участок га территории полигона, площадью 7,1 га, не используется для производства сельскохозяйственной продукции в связи с низкой плодородностью.

На рисунке 4.66 показано распределение площади пашни по использованию сельскохозяйственных угодий тестового полигона «Кабир».

Древесная растительность на территории полигона, представленная в основном кустарниками *Tamarix aphylla* и пальмами *Phoenix dactylifera*, произрастает по берегам оросительных и дренажных каналов. Зброшенные, необрабатываемые поля зарастают *Arundo donax* L., полукустарниками и травянистыми растениями.

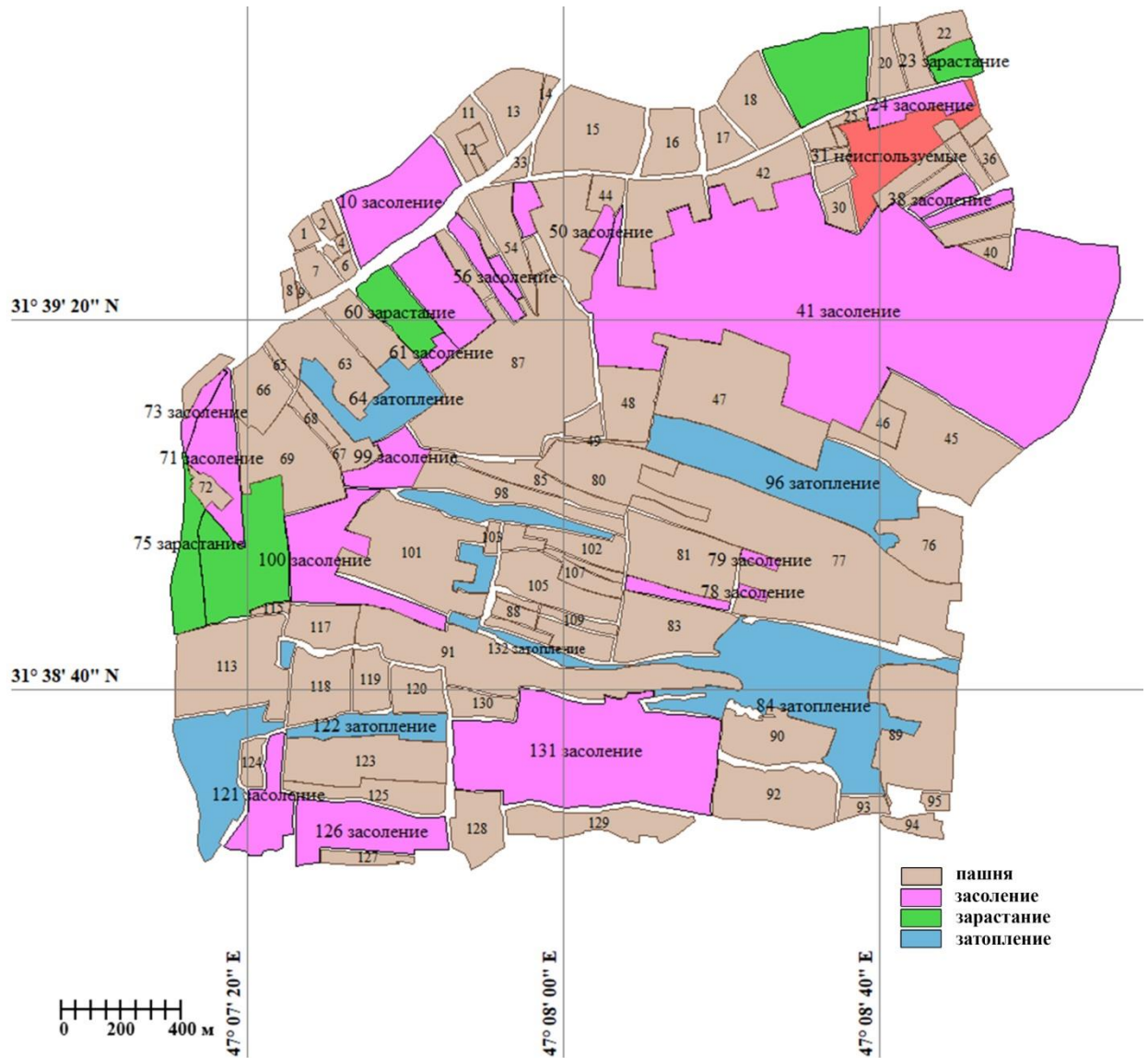


Рисунок 4.65 – Карта использования земель на территории полигона «Кабир»

Таблица 4.10 – Характеристики и использование полей на территории полигона «Кабир»

поля	кол-во уч., шт.	площадь, га	ср. площадь поля, га	средняя крутизна, °	средняя высота, м
используемые	96	333,7	3,5	8,6	1,5
зарастающие	5	18,5	3,5	8,7	1,3
засоленные	21	187,8	8,9	8,4	1,5
затопленные	9	62,9	7,0	8,4	1,5
неиспользуемые	1	7,1	7,1	8,5	1,7
всего	132	610			



Рисунок 4.66 – Распределение площади использования земель на территории тестового полигона «Кабир»

На рисунке 4.67 представлена карта пространственного размещения древесной растительности.

Установлена общая площадь древесной растительности, составляющая 56,7 га, или 8,4% площади полигона.

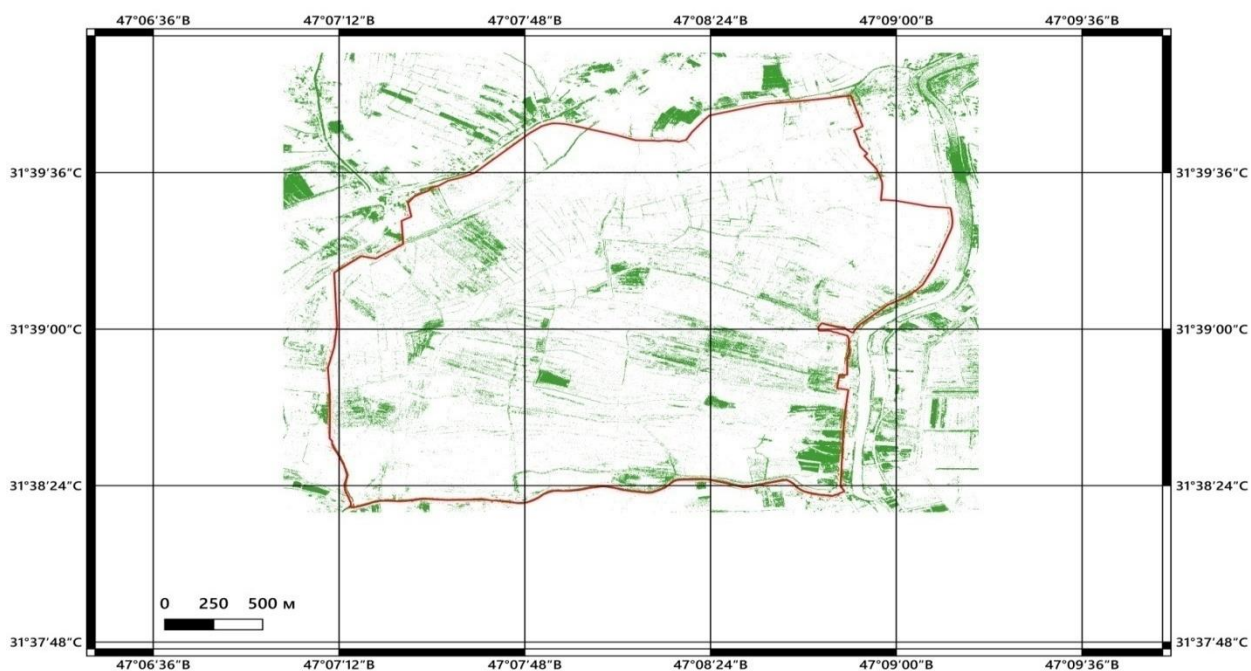


Рисунок 4.67 – Карта пространственного размещения древесной растительности на территории тестового «Кабир»

Древесная растительность представлена кустарниками и деревьями, которые произрастают, как и на других участках, по берегам оросительных и дренажных каналов. Также установлено зарастание заброшенных,

необрабатываемых полей полукустарниками и травянистыми растениями (рисунок 4.68).



Рисунок 4.68 – Космоснимок сверхвысокого разрешения зарастания участка 75 на территории полигона «Кабир» (спутник WorldView 3, февраль 2020 г)

Тестовый полигон "Кахла", площадью 1586 га (характеристики приведены в таблице 4.3) расположен в районе Эль Кахла и представляет собой сельскохозяйственные угодья, размещенные в пойме рек Зубайр и Аксар с характерными аллювиальными пойменными почвами (рисунок 4.69).

Визуализация 3-х мерной модели тестового полигона (рисунок 4.70) дает возможность установить положение понижений и возвышений на полигоне.

Для изучения изменения рельефа на полигоне "Кахла" по цифровой модели построен профиль (рисунок 4.71) длиной 3,47 км. Координаты начала профиля: 31° 40' 31" N, 47° 19' 40" E, окончания 31° 38' 40" N, 47° 20" E. Высота в начале 9 м, в конце 8 м. Минимальная высота по профилю 6 м, максимальная высота 12 м. Общая крутизна поверхности 0°, что соответствует субгоризонтальной поверхности. Максимальная крутизна по профилю 4,1°. Перепад высот 6,0 м [7].

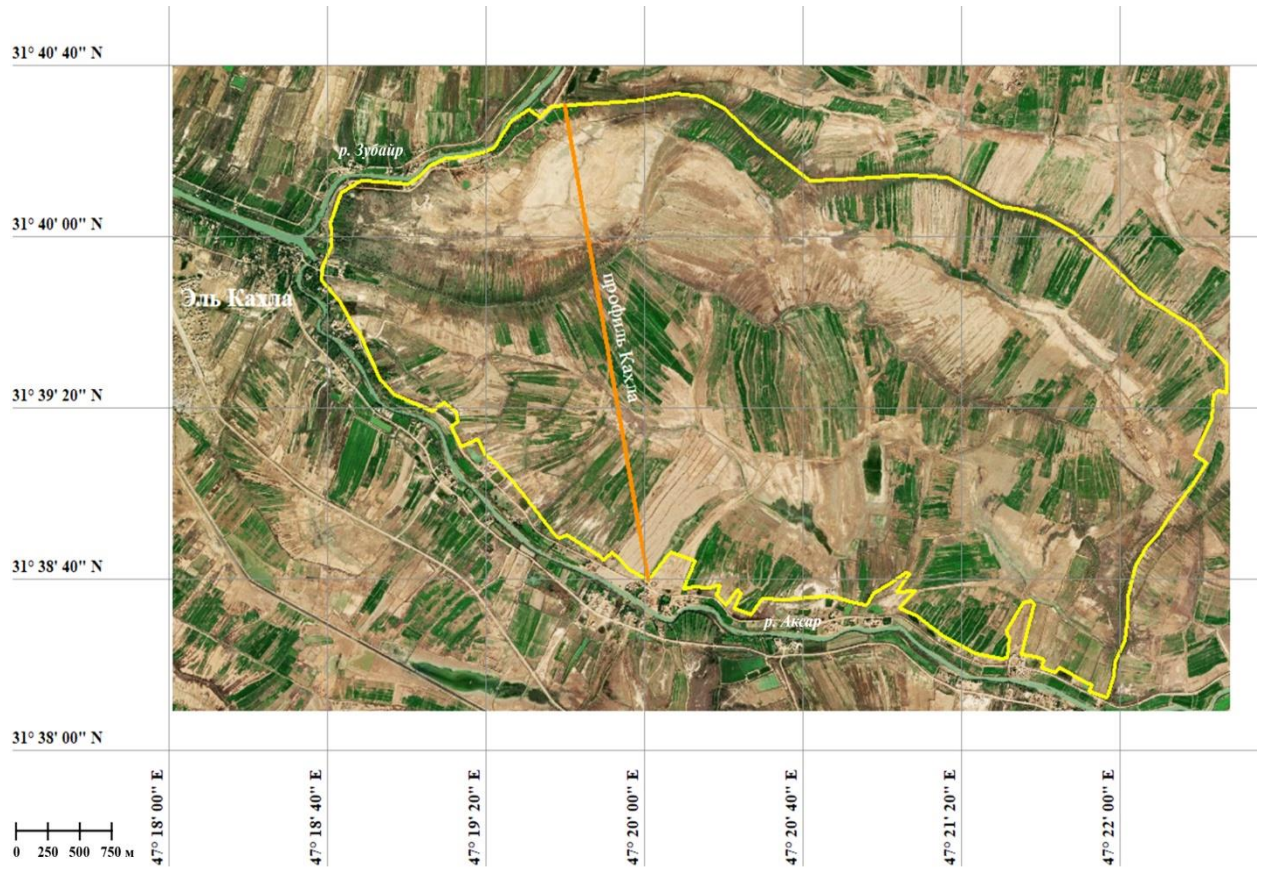


Рисунок 4.69 – Космокарта полигона «Кахла» с линией профиля

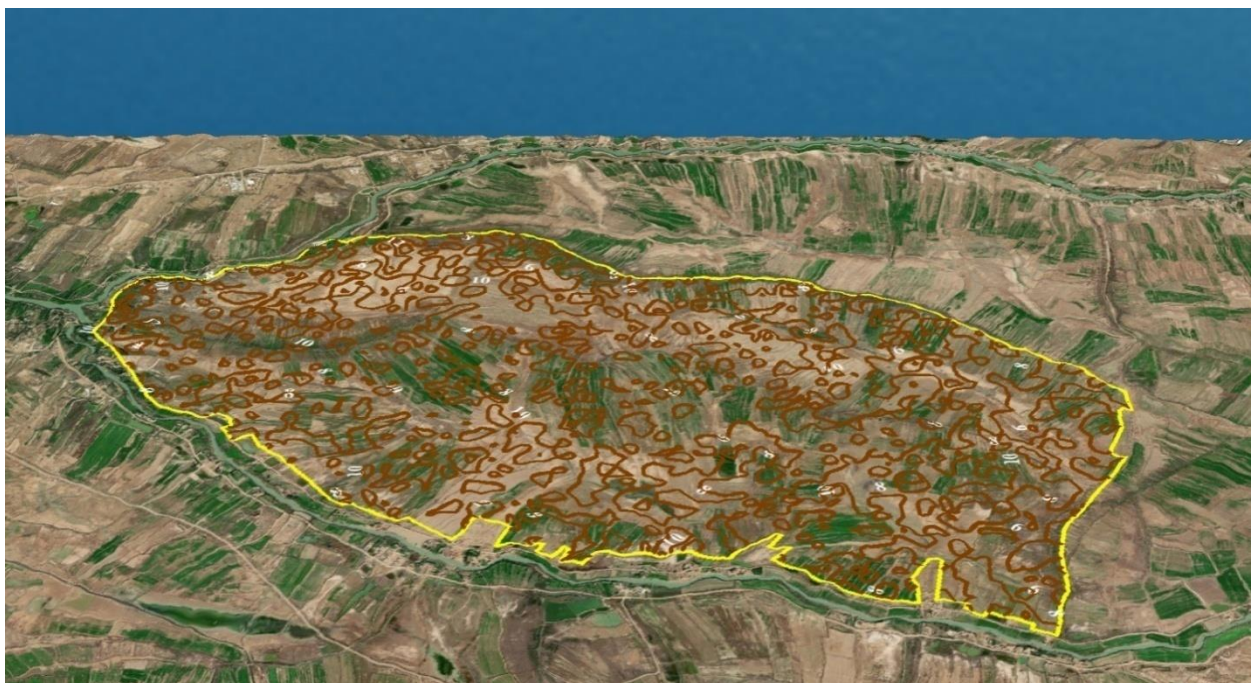


Рисунок 4.70 - Визуализация 3-х мерной модели рельефа на территории полигона «Кахла» с изолиниями высот рельефа

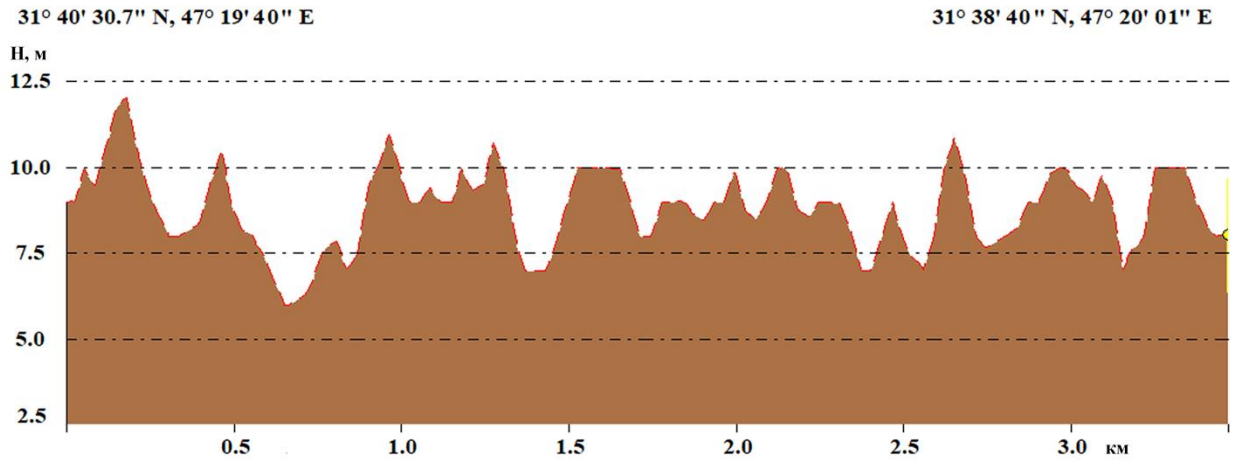


Рисунок 4.71 - Модельный профиль рельефа на территории полигона «Кахла»

Геоинформационный анализ использования земель на территории тестового полигона «Кахла» общей площадью 1592 га, показал, что он имеет значительные площади деградированных и неиспользуемых земель. В результате исследований была разработана карта размещения полей (рисунок 4.72).

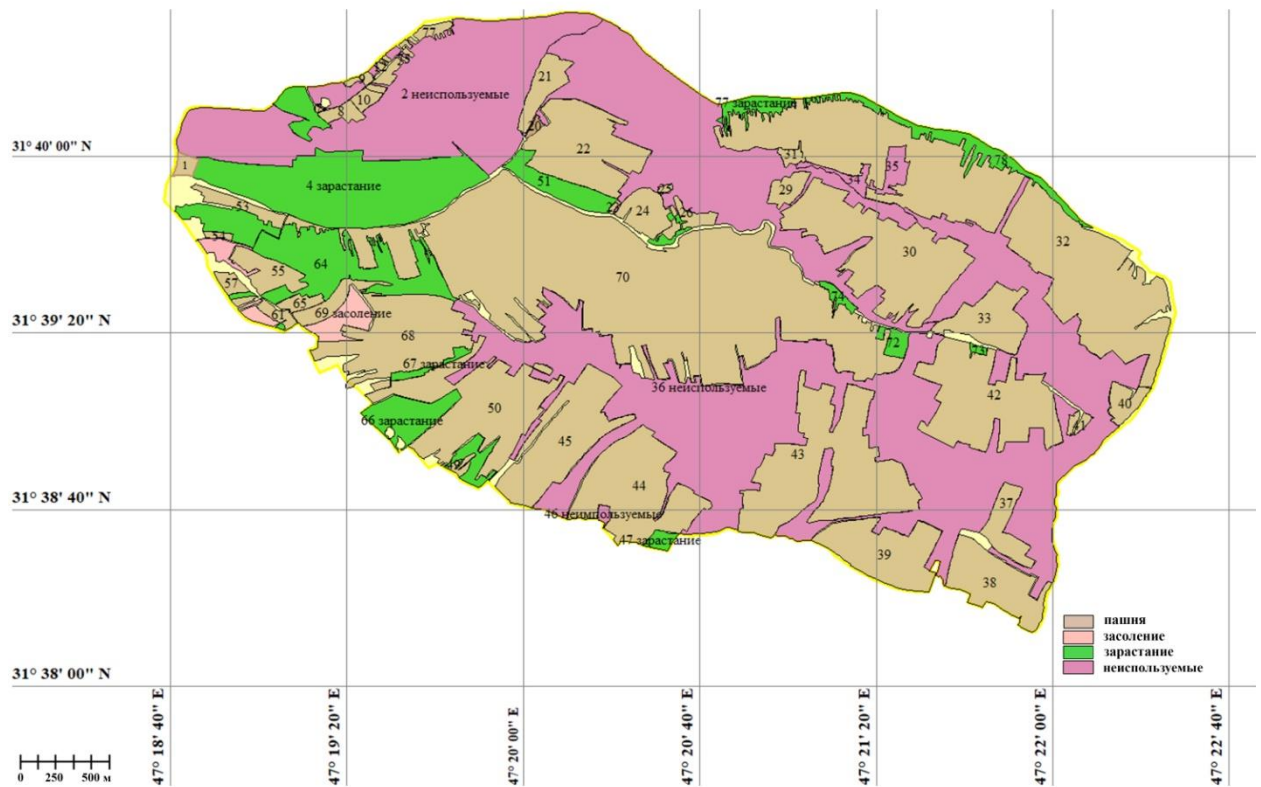


Рисунок 4.72 – Карта использования земель на территории полигона «Кахла»

С использованием геоинформационных технологий и космоснимков сверхвысокого разрешения установлено их современное использование и основные характеристики (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Характеристики полей на территории тестового полигона «Кахла»

поля	кол-во уч., шт.	площадь, га	ср. площадь поля, га	средняя крутизна, °	средняя высота, м
используемые	48	828,5	17,3	1,6	9,1
зарастающие	17	161,6	9,5	1,5	9,0
засоленные	4	11,9	3,0	1,5	8,8
неиспользуемые	10	539,3	53,9	1,6	9,0
всего	79	1541,4			

Установлены характеристики 79 укрупненных участков, площадью 1541 га, 48 из них используются для выращивания сельскохозяйственных культур, 4 участка засолены, 17 участков зарастают кустарниками и полукустарниками. Десять участков территории полигона, площадью 539 га, не используется для производства сельскохозяйственной продукции в связи с низкой плодородностью, обусловленной засолением, подтоплением и водной эрозией. Таким образом, в целом на территории полигона только 53,8% земель, используются для выращивания сельскохозяйственной продукции.

На рисунке 4.73 показано распределение площади пашни по использованию сельскохозяйственных угодий тестового полигона «Кахла».

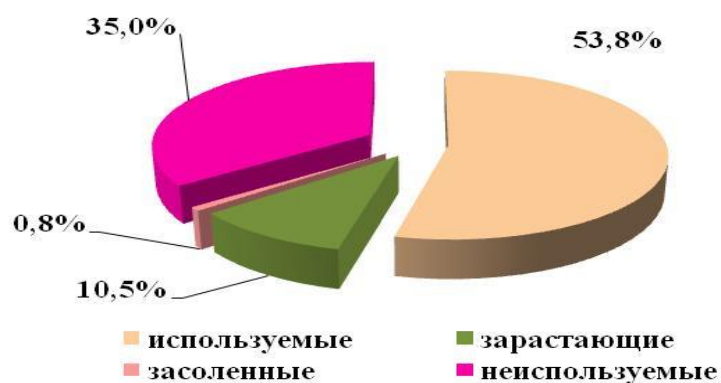


Рисунок 4.73 – Распределение площади использования земель на территории тестового полигона «Кахла»



Древесная растительность на территории полигона, представленная в основном кустарниками *Tamarix aphylla* и пальмами *Phoenix dactylifera*, на рисунке 4.74 приведен космоснимок сверхвысокого разрешения финиковой плантации М 1:700, участок 1 (см. рисунок 4.72).



Рисунок 4.74 - Космоснимок сверхвысокого разрешения финиковой плантации М 1:700 (спутник WorldView 3, февраль 2020 г.)

Растительность произрастает по берегам оросительных и дренажных каналов. Заброшенные, необрабатываемые поля зарастают *Arundo donax L.*, полукустарниками и травянистыми растениями (рисунок 4.75).

На рисунке 4.76 представлена карта пространственного размещения древесной растительности.

Установлена общая площадь древесной растительности, составляющая 103 га, или 6,5% площади полигона.



Рисунок 4.75 - Космоснимок сверхвысокого разрешения неиспользованных участков пашни, заросшей кустарниками, полукустарниками и полукустарничками М 1:1000 (спутник WorldView 3, февраль 2020 г.)

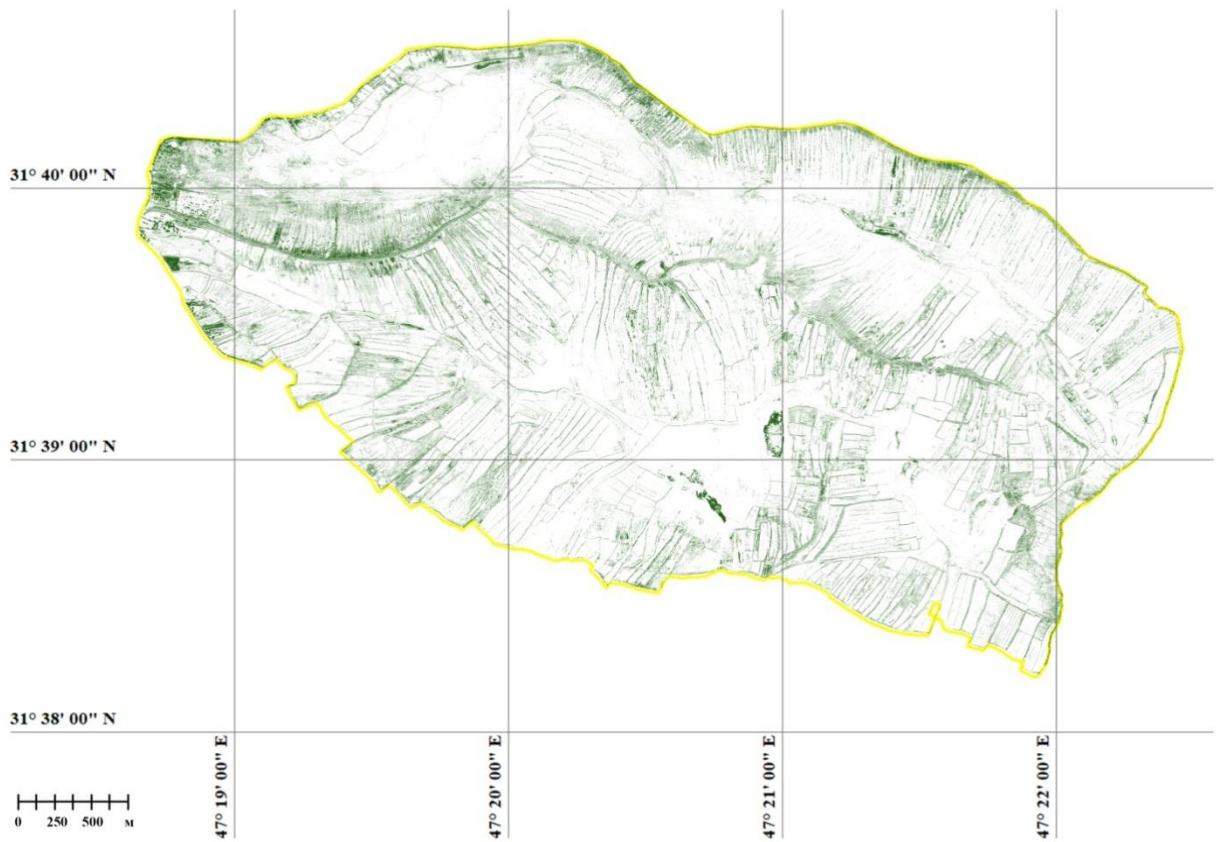


Рисунок 4.76 – Карта пространственного размещения растительности на территории тестового «Кахла»

Древесная растительность, в основном *Tamarix aphylla*, произрастает по берегам оросительных и дренажных каналов. Зброшенне, необрабатываемые поля зарастают полукустарниками и травянистыми растениями.

Тестовый полигон «Джулуб» площадью 1724 га (см. таблицу 4.3) расположен в районе Эль Джулуб и представляет собой сельскохозяйственные угодья, размещенные в пойме рек Тигр и Нахр – эль – Маджария с аллювиальными почвами [7, 12] (рисунок 4.77).

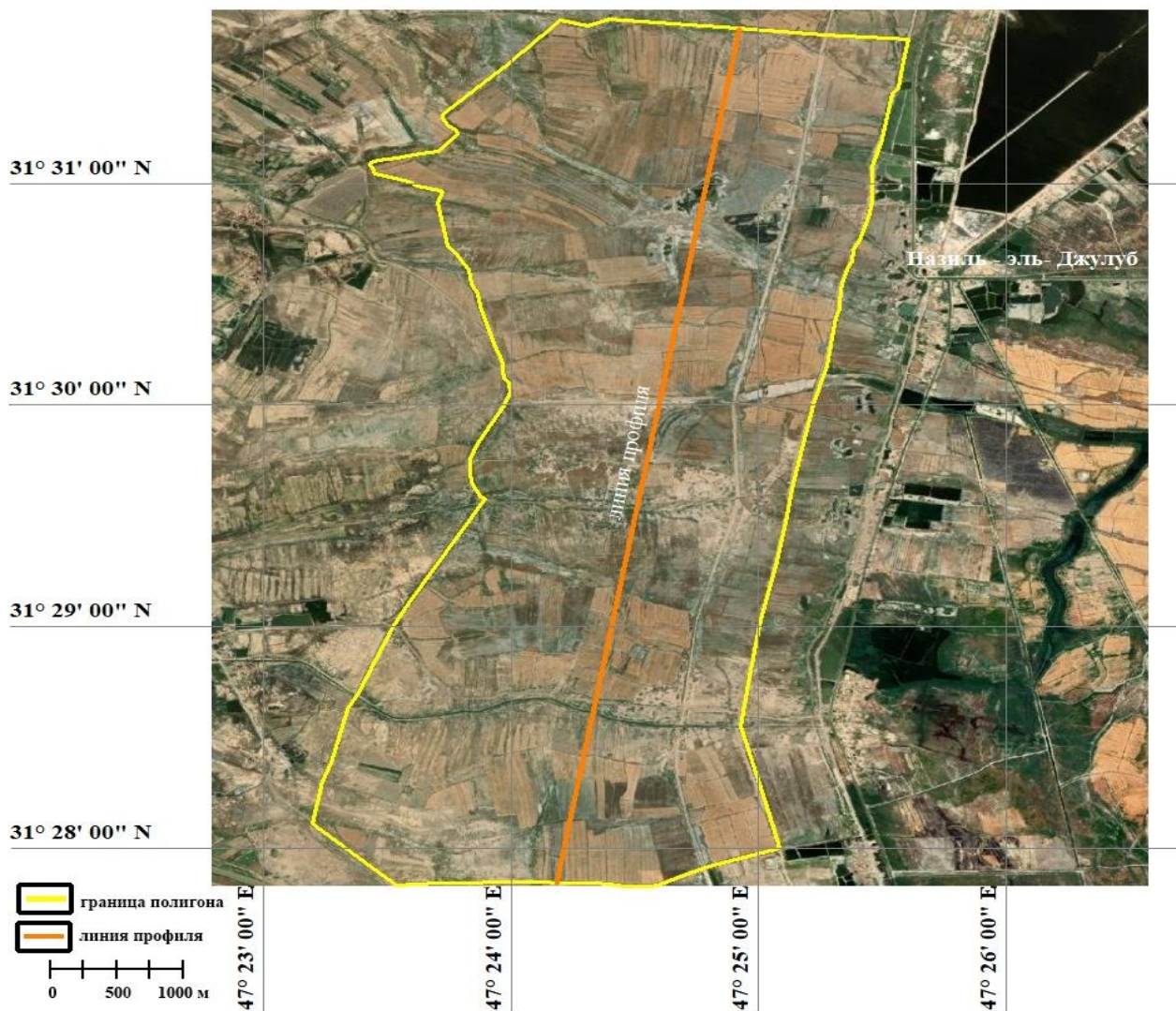


Рисунок 4.77 – Космокарта тестового полигона «Джулуб» с линией профиля

Визуализация 3-х мерной модели тестового полигона представлена на рисунке 4.78.

Для изучения изменения рельефа на полигоне «Джулуб» по цифровой модели был построен модельный профиль (рисунок 4.79) длиной 7,3 км.



Рисунок 4.78 - Визуализация 3-х мерной модели рельефа на территории полигона «Джулуб» с изолиниями высот рельефа

Координаты начала профиля:  $31^{\circ} 31' 49''$  N,  $47^{\circ} 24' 55''$  и окончания  $31^{\circ} 27' 50''$  N,  $47^{\circ} 24' 11''$  E. Высота в начале 7,6 м, а в конце 4,0 м. Минимальная

высота в понижениях 1,5 м, максимальная высота 9,3 м. Общая крутизна поверхности 0°, что соответствует субгоризонтальной поверхности. Максимальная крутизна поверхности по профилю 5,0°. Максимальный перепад высот 7,8 м [7].

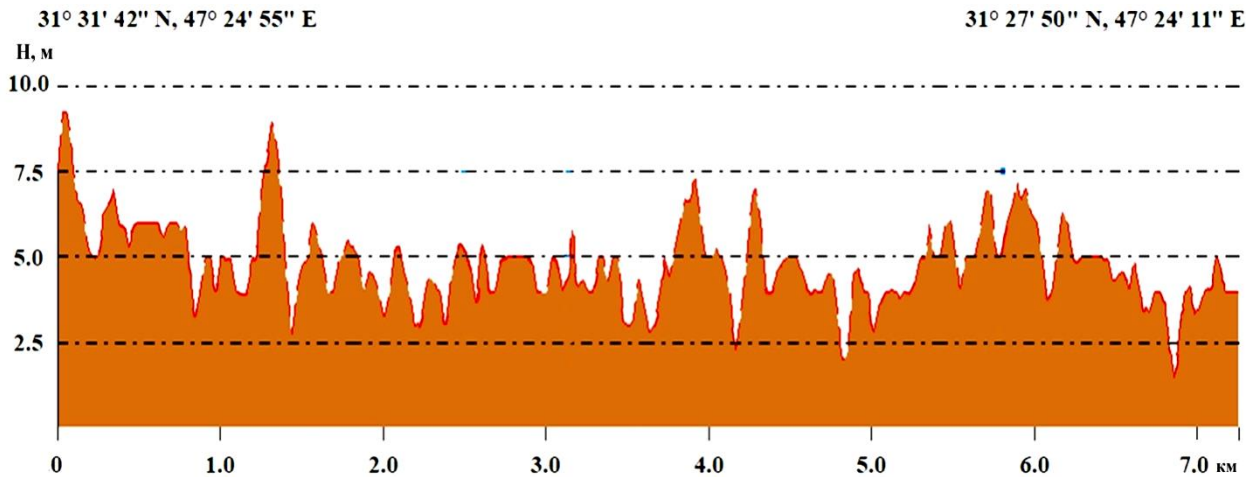


Рисунок 4.79 - модельный профиль рельефа на территории полигона «Джулуб»

Пространственная характеристика сельскохозяйственных угодий на полигоне «Джулуб» площадью 1724 га, показана на карте размещения полей (рисунок 4.80).

Установлено современное использование и основные характеристики участков нВ территории полигона с использованием геоинформационных технологий и космоснимков сверхвысокого разрешения (таблица 4.12).

Таблица 4.12 - Характеристики полей на территории полигоне «Джулуб» [7]

поля	кол-во уч., шт.	площадь, га	ср. площадь поля, га	средняя крутизна, °	средняя высота, м
используемые	142	649,7	4,6	1,6	5,4
зарастающие	52	376,8	7,2	1,7	5,2
засоленные	38	141,1	3,7	1,5	5,6
неиспользуемые	38	441,1	11,6	1,7	5,8
затопление	1	0,2	0,2	0,6	4,4
всего	271	1608,9	5,9	0,6	5,4

По результатам картографирования выделен 271 укрупненный участок, площадью около 1609 га, при этом 142 участка площадью около 650 га используются для выращивания сельскохозяйственных культур, 52 участка площадью около 377 га зарастают кустарниками и полукустарниками. Выявлена большая доля территории с засоленными почвами, что привело к прекращению их использования, здесь выделено 38 участков общей площадью 141 га. Большую площадь - 441 га занимают 38 участков территории, непригодной для выращивания сельскохозяйственных культур из-за засоления и подтопления [13].

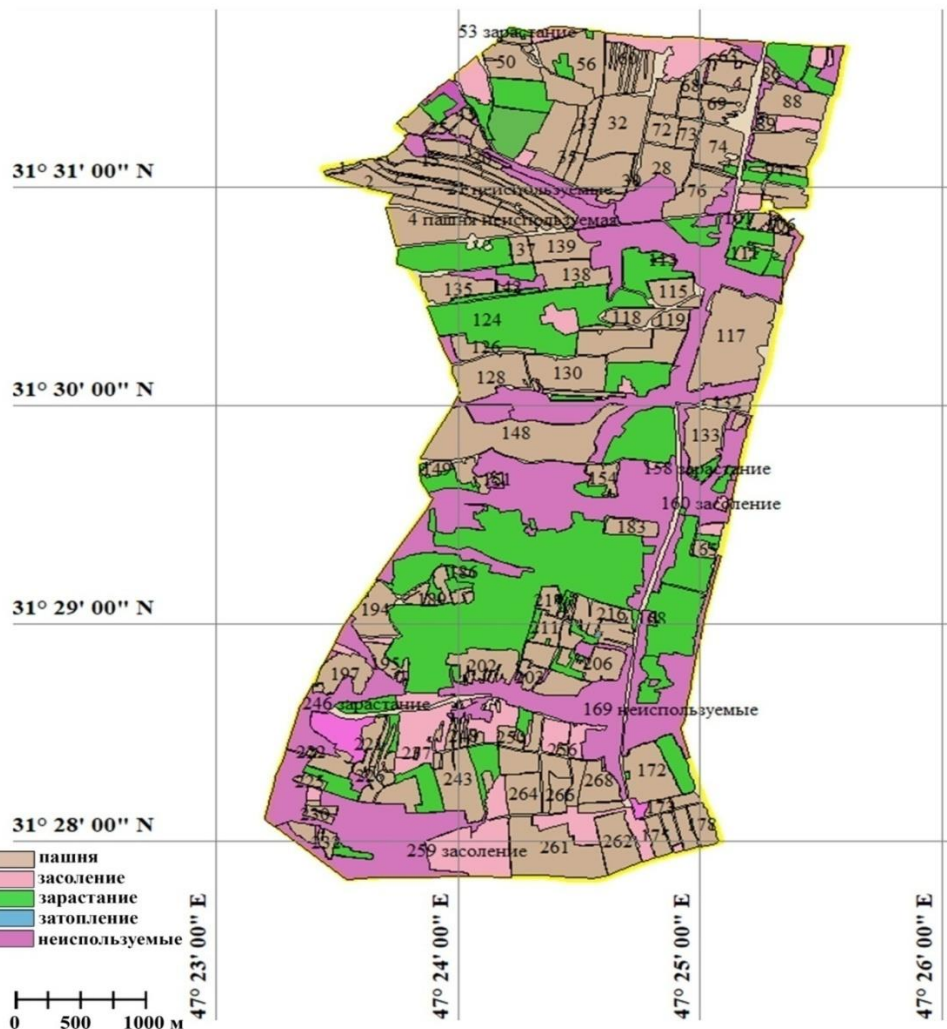


Рисунок 4.80 – Карта использования земель на территории полигона «Джулуб»

На рисунке 4.81 показано распределение площади пашни по использованию сельскохозяйственных угодий тестового полигона «Джулуб».

Древесная растительность на территории полигона, представленная в

основном кустарниками (*Tamarix aphylla*), солянками (*Salsola crassa*), сведой (*Suaedavera*Forssk), тростником (*Phragmites communis*) и арундо (*Arundo donax L*), полукустарниками и травянистыми растениями.

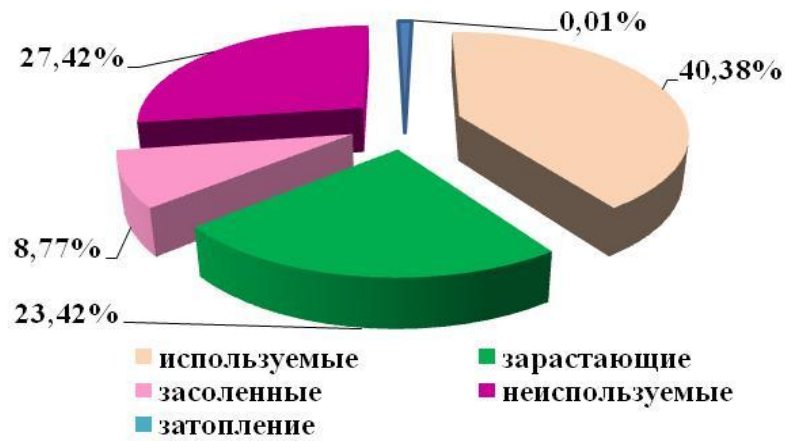


Рисунок 4.81 – Распределение площади использования земель на территории тестового полигона «Джулуб»

На рисунке 4.82 приведен космоснимок сверхвысокого разрешения М 1:400, участок 199 с низкопродуктивными почвами (см. рисунок 4.80).



Рисунок 4.82 - Космоснимок сверхвысокого разрешения участка с низкопродуктивными почвами М 1:400, заросшего кустарниками (*Tamarix aphylla*), (спутник WorldView 3, февраль 2020 г.)

Древесные растения на полигоне представлены в основном кустарниками (*Tamarix aphylla*). Агролесомелиоративное обустройство полигона отсутствует. Отмечается засоление и зарастание заброшенных, необрабатываемых полей полукустарниками и травянистыми растениями (рисунок 4.83).



Рисунок 4.83 - Космоснимок сверхвысокого разрешения засоленных и заросших участков пашни, заросшей полукустарниками и полукустарничками М 1:700 (спутник WorldView 3, февраль 2020 г.)

Необработанная пашня зарастает кустарниками и сорной растительностью (рисунок 4.84).



Рисунок 4.84 - Космоснимок сверхвысокого разрешения участков обработанной и заросшей полукустарниками и полукустарничками пашни М 1:649 (спутник WorldView 3, февраль 2020 г.)



На рисунке 4.85 представлена карта пространственного зарастания территории полигона преимущественно солянками *Salsola crassa* и сведой (*Suaeda vera* Forssk), полукустарниками и травянистыми растениями.

Установлена общая площадь зарастания, составляющая 674,1 га, или 41,9 % площади полигона.



Рисунок 4.85 – Карта пространственного размещения древесной растительности на территории тестового «Джулуб»

Таким образом, геоинформационная оценка состояния агроландшафтов на территории провинции Майсан, проведенная на тестовых полигонах позволила определить их геоморфологические характеристики, площади и пространственное распределение сельскохозяйственных угодий, выявить фактическое использование угодий для производства сельскохозяйственной продукции, а также установить расположение древесной растительности.

Установлено, что в основном древесная растительность (включая кустарники) произрастает по берегам оросительных, дренажных каналов и по увлажненным понижениям.

При проведении исследований установлено зарастание заброшенных, необрабатываемых полей полукустарниками и травянистыми растениями.

Агролесомелиоративное обустройство территории практически отсутствует. 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 высаживаются вблизи оросительных каналов.

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 фактором деградации 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.

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

Эколого-экономическая эффективность геоинформационных исследований агролесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных ландшафтов обусловлена разработкой новых приемов геоинформационного анализа состояния и агролесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных ландшафтов.

Геоэкономический подход [104, 61, 63] дает возможность провести материальную оценку лесомелиорации агроландшафтов, а результаты геоинформационного анализа является основой для его реализации.

Методической основой исследований является «Методика определения размеров ущерба» [62]. Определение ущерба с ее использованием дает возможность определить экономические потери от деградации земель, и основано на средней рыночной стоимости участков земель.

В связи с этим нормативная (кадастровая) стоимость земель применяется для расчета ущерба от деградации агроландшафтов.

### **5.1 Эколого-экономическая оценка состояния сельскохозяйственных ландшафтов южной части междуречья Тигра и Евфрата**

Определение состояния сельскохозяйственных ландшафтов проводится по критериям потери хозяйственной важности земель, приведенным в «Методике ....» [60]. Состояние земель характеризуется пятью степенями –

недеградированные (0); слабо-деградированные(1); средне-деградированные (2); сильно-деградированные(3); очень сильно-деградированные (4).

Такая классификация соответствуют 4 степеням состояния агроландшафтов «Норма», «Риск», «Кризис», «Бедствие». При этом установлено, что степень «0» соответствует степени «Норма», степени «1 и 2» – «Риск», степень «3» – «Кризис», а степень «4»– «Бедствие».

Определение состояния агроландшафта по данным дистанционного зондирования обусловлено оптическими характеристиками его компонентов, которые дают возможность выявить как пространственные характеристики, так и степень их деградации. При проведении исследования были изучены определенные компоненты в агроландшафте (рельеф, почвы, структура полей и проективное покрытие растительностью), были выделены показатели состояния, которые определяются при помощи геоинформационных исследований по космоснимкам. Эти показатели могут быть установлены численно и применяются для установления степени деградации земель. Критерии деградации агролесоландшафтов приведены в таблице 5.1 по степеням деградации.

Таблица 5.1 – Степени деградации агроландшафта [60]

№	Показатель	Степень деградации				
		Норма (0)	Риск (1, 2)		Кризис (3)	Бедствие (4)
Показатели, определяемые по результатам дешифрирования космоснимков						
1	Площадь обнаженной почвообразующей породы (С) или подстилающей породы (D), % от общей площади	0 - 2	3 - 5	6 - 10	11 - 25	> 25
2	Расчлененность территории оврагами, км/кв. км	< 0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8 - 2,5	> 2,5
3	Увеличение площади средне- и сильноэродированных почв, % в год	< 0,5	0,6-1,0	1,1-2,0	2,1 - 5,0	> 5,0
4	Уменьшение содержания гумуса в профиле почвы (А + В), % от исходного	< 10	10 - 20	21 - 40	41 - 80	> 80
	Сохранность лесного насаждения, % от исходного	81 – 100	76- 80	71-75	51-70	<50

Для оценки деградации сельскохозяйственных земель повышающие коэффициенты ( $K_n$ ) - 1,0. Коэффициенты экологической ситуации ( $K_э$ ) учитывают суммарный эффект влияния состояния земель на продуктивность земель. Для региона «Майсан»  $K_э=1,9$ . При оценке ущерба от изменения состояния земель учитывается потеря ежегодного дохода ( $D_x$ ). В зависимости от периода восстановления деградированных земель, вводится коэффициент восстановления ( $K_в$ ), который определен сроком восстановления деградированных земель: 1 год – 0,9; 2 – 1,7; 3 – 2,5; 4 – 3,2; 5 – 3,8. Коэффициент состояния ( $K_с$ ) зависит от изменения состояния земель.  $K_с = 0$ , если динамика не наблюдается (таблица 5.2).

При развитии деградации коэффициент  $K_с$  принимается равным 3,0.

Величина ущерба рассчитывается по формуле [53]:

$$U = H_c \times S \times K_э \times K_с \times K_n + D_x \times S \times K_в, \quad (5.1)$$

где  $U$  - размер ущерба от деградации почв и земель (руб.);

$H_c$  - норматив стоимости;

Таблица 5.2 - Пересчетные коэффициенты ( $K_с$ )

Степень деградации	установленная				
	0	1	2	3	4
исходная	Коэффициент $K_с$				
0	0	0,2	0,5	0,8	1
1	-	0	0,3	0,6	0,8
2	-	-	0	0,3	0,5
3	-	-	-	0	0,2
4	-	-	-	-	0

В результате использования методики расчета ущерба по состоянию агроландшафтов можно обосновать эффективность агролесомелиоративного обустройства деградированных земель.

Принимаем условно стоимость 1 га поля «пашня Д» тестового участка 130 (см. рисунок 5.1), равную 10000 руб. Площадь участка по геоинформационной оценке 1 га.

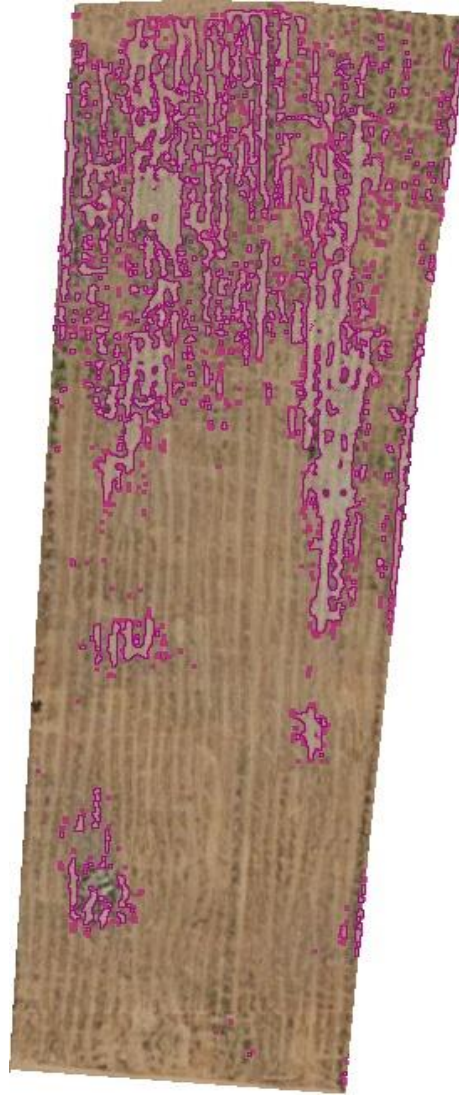


Рисунок 5.1 – Космоснимок участка «пашня Д» участка 130 с выделением деградированных почв (коэффициент потери площади  $K_n = 0,1468$ )

Применяя вышеприведенные коэффициенты для участка (планируемая стоимость 1т озимой пшеницы 17000 руб. (227\$) [100], потери дохода учитываются через коэффициент потери посевной площади равный 0,1468 и при восстановлении деградированной пашни через 5 лет), уравнение ущерба запишется в виде:

$$U = 10000 \times 1 \times 0,1468 \times 1,9 \times 0,3 \times 1 + 0,1468 \times 17000 \times 1 \times 3,8 \quad (5.2)$$

Решение уравнения показало, что только на тестовом участке «пашня Д» площадью 1,116 га ущерб от потери стоимости и неполученного дохода составляет 11689,56 руб. в год.

## 5.2 Эффективность применения геоинформационных технологий для картографирования состояния сельскохозяйственных ландшафтов

Эффект от оценки состояния агроландшафта определяется уменьшением времени на проведение исследований и на геоинформационную обработку полученных результатов.

Геоинформационная оценка состояния агроландшафтов дает возможность показать процессы деградации его компонентов, установить степень деградации, определить статистические характеристики совокупности данных, положение полигонов исследований. Что позволяет проводить оценку состояния агроландшафтов в их естественной взаимосвязи, это при применении полевого эталонирования, обеспечивает высокую достоверность полученных результатов.

Эффективность геоинформационной оценки агроландшафтов обусловлена также снижением затрат за счет снижения объема и стоимости полевых исследований. Критерием эффективности геоинформационной оценки [77] ( $\lambda_{\text{э}}$ ) может служить отношение времени на оценку состояния традиционными методами –  $t_T$ , ко времени затраченному на на оценку состояния с использованием геоинформационных технологий –  $t_{\text{ГИС}}$

$$\lambda_{\text{э}} = t_T/t_{\text{ГИС}}, \quad (5.3)$$

где  $t_T = t_{\text{П}} + t_{\text{Л}} + t_{\text{А}} + t_{\text{КТР}}$ ;  $t_{\text{П}}$  – время, затраченное на полевые исследования;

$t_{\text{Л}}$  – время на лабораторные исследования;

$t_{\text{А}}$  – время на исследование состояния ландшафта;

$t_{\text{КТР}}$  – время составления карты традиционным способом;

$t_{\text{ГИС}} = t_{\text{П}} + t_{\text{Л}} + t_{\text{А}} + t_{\text{КГИС}}$ ;  $t_{\text{П}}$  – время затраченное на выборочные полевые исследования;

$t_{\text{Л}}$  – время на лабораторные исследования эталонов;

$t_{AI}$  - время на исследование состояния ландшафта с использованием ГИС-технологий;

$t_{ГИС}$  - время составления карты с использованием ГИС-технологий.

В таблице 5.3 приведена стоимость картографических работ по оценке состояния агроландшафта [109].

Таблица 5.3 - Стоимость работ по картографированию ландшафтов

Виды работ.	Ед.изм.	Стоимость	Примечание
Создание топографических планов по результатам топографической съёмки, по абрисам.	1 га	от 2000 до 3000	В зависимости от сложности
Создание карт и планов городов.	1 га	дог.	Цена определяется после рассмотрения тех. задания
Обновление карт и планов городов, районов муниципальных образований и других территорий.	1 га	дог.	В зависимости от исходных материалов и объёма обновляемой информации
Создание модели местности по точкам высотного и планового обоснования	1 га	от 5000 руб.	В зависимости от масштаба
Создание цифровой модели местности 3D	1 га	от 10000 руб.	Зависит от сложности и масштаба
Векторизация карт и планов с бумажных носителей.	1 га	2000 руб.	
Создание карт более мелкого масштабного ряда путём генерализации исходного материала.	1 га	3000 руб.	

Эффективность геоинформационного анализа состояния агролесоландшафтов можно установить через среднерыночную стоимость услуг по картографированию земель. При этом необходимо учитывать то, что в этом случае проводится картографирование без учета состояния ландшафтов.

В Справочнике ... [81] представлена нормативная стоимость работ по картографированию ландшафтов при проведении инженерно-геологических и инженерно-экологических работ.



Таким образом, 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.

## 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.

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

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 содержанием 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 тамариск (*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. Зброшенные, 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 агроресомелиорации для защиты почв от дефляции с учетом долговременного, биологического характера их воздействия на агроресоландшафты 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 незначительным 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 использованием геоинформационного картографирования и результатов аэрокосмосъемки. Важным этапом является разработка современных технологий мониторинга сельскохозяйственных земель для предотвращения потери плодородия почв.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авад, В.Р. Гидрологические и гидрогеологические особенности Ирака и пути преодоления процесса опустынивания / В.Р. Авад, Д.В. Лопатин // Экзогенные рельефообразующие процессы: сборник статей XXXIV Пленума геоморфологической комиссии РАН. - Волгоград, 2014. - С. 1-5.
2. Агролесомелиорация, изд. 5-е, перераб. и доп. / под ред. академиков РАСХН А. Л. Иванова и К. Н. Кулика. - Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. - 746 с.
3. Адаптивно-ландшафтное обустройство земель сельскохозяйственного назначения лесостепной, степной и полупустынной зон Европейской части Российской Федерации / К.Н. Кулик, А.С. Рулев, В.Г. Юферев [и др.]. - Волгоград: ВНИАЛМИ, 2012. - 124 с.
4. Ал-Алак, М.Х. Статистический атлас сельского хозяйства / М.Х. Ал-Алак. - Багдад: Министерство планирования, 2011. - 211 с. (на арабском языке).
5. Аль-Алуси, Д.Ц. Элементы климата и их явления в Ираке / Д.Ц. Аль-Алуси. - Багдад, 2009. - 173 с. (на арабском языке).
6. Аль-Мусави, Х.А. Песчаные дюны в геоморфологии в восточной провинции Васит / Х.А. Аль-Мусави, М.А. Курайши. - Багдад: Университет Васит. Факультет образования, 2015. - С 147-190. (на арабском языке).
7. 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. - Том. 12. - №1. - С. 38-44.

8. 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.

9. 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.

10. 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. - Том. 12. - № 2. - С. 12-20.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Бакланов, А.И. Новые горизонты космических систем оптико-электронного наблюдения Земли высокого разрешения / А.И. Бакланов // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. - 2018. - Т 5. – Вып. 4. - С. 14–27

15. Беликович, А.В. Аридная растительность Азии, Растительность Ирака / А.В. Беликович // Наша Ботаничка. – Владивосток, 2012. - 312 с.

16. Беляев, В.И. Основы логико-информационного моделирования сложных геосистем / В.И. Беляев, М.Ю. Худошина. - Киев: Наукова думка, 1989. - 160 с.

17. Берлянт, А.М. Геоинформационное картографирование / А.М. Берлянт. - М., 1997. - 62 с.

18. Берлянт, А.М. Теоретические проблемы картографии / А.М. Берлянт. - М.: Изд-во МГУ, 1993. - 116 с.

19. Бихери, С.А. Формы земли / С.А. Бихери. - Дамаск: Издательство Альфикер, 1979. – 356 с. (на арабском языке).

20. Бобровицкая, Н.Н. Методические рекомендации по применению материалов аэрофотосъемок для исследования и расчета характеристик водной эрозии почв / Н.Н. Бобровицкая. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 110 с.

21. Богомолов, Л.А. Дешифрирование аэроснимков / Л.А. Богомолов. - М.: Недра, 1976. – 144 с.

22. Боровиков, К.З. Инвентаризация защитных насаждений с помощью аэрокосмических снимков / К.З. Боровиков, В.В. Сидоренко // Геодезия, аэрофотосъемка, картография. Экспресс-информация. - 1987. - № 3. - С. 27-28.

23. Виноградов, Б.В. Обзор оптимальных сроков аэрофотографирования основных типов ландшафтов / Б.В. Виноградов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 1969. - Вып. 4. - С. 75-79.

24. Виноградов, Б.В. Основы ландшафтной экологии / Б.В. Виноградов. - М.: ГЕОС, 1998. - 418 с.

25. Виноградов, Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов. - М: Наука, 1984. – 380 с.
26. Виноградов, Б.В. Аэрометоды изучения растительности аридных зон. - М.: Наука, 1966. - 362 с.
27. Виноградов, Б.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия РФ / Б.В. Виноградов, В.А. Орлов, В.В. Снакин // Известия РАН. Сер. География. - 1993. - №5. - С. 77–89.
28. Виноградов, Б.В. Дистанционные индикаторы опустынивания и деградации почв / Б. В. Виноградов // Почвоведение. - 1993. - №2. - С. 98-103.
29. Виноградов, Б.В. Картографирование зон экологического неблагополучия по динамическим критериям / Б. В. Виноградов, К. Н. Кулик, А. Д. Сорокин [и др.]. // Экология. - 1988. - №4. - С. 243-251.
30. Виноградов, Б.В. Принципы аэрофотографического эталонирования индикаторов грунтовых вод засушливых зон / Б.В. Виноградов // Проблемы освоения пустынь. - 1970. - № 1. - С. 18-24.
31. География Ирака. Природа, климат, население, флора и фауна Ирака. // Gecont.ru: география, экономика, достопримечательности стран мира, 2010. URL: <http://www.gecont.ru/articles/geo/iraq.htm>. (Дата обращения: 22.09.2016).
32. Госсу, Л.К. Методические рекомендации по обоснованию мелиоративных и агротехнических мероприятий для улучшения режимов почв орошаемых земель Северной Киргизии / Л.К. Госсу. - Фрунзе, 1985. - 30 с.
33. Деградация и охрана почв / Под общей ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. - М.: Изд-во МГУ, 2002. - 654 с.
34. Кулик К.Н., Дистанционная оценка деградации пастбищ по аэрокосмоснимкам / К.Н. Кулик, В.Г. Юферев, А. С. Рулев [и др.]. // Современное состояние лесного хозяйства и озеленения в Республике Казахстан: проблемы, пути их решения и перспективы: матер. межд. науч.

конф., посвященной 50-летию организации НПЦ лесного хозяйства МСХ. - Щучинск–Алматы: НПЦ лесного хозяйства МСХ РК, 2007. - С. 253-257.

35. Дистанционное зондирование / под ред. Ф. Свейна и Ш. Дейвис. - М.: Недра, 1983. – 256 с.

36. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / под ред. А.М. Чандра и С.К. Гош - М.: Техносфера, 2008. - 312 с.

37. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1979. - 416 с.

38. Забун, А.Т. Использование современных цифровых методов в классификации почвенного покрова иракских аллювиальных маршей (Хор Кармашим) / А.Т. Забун // Инженерно-технический журнал. – 2009. – Т. 27. - №1. – С. 11-22. (на арабском языке).

39. Иванцова, Е.А. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов / Е.А. Иванцова, И.А. Комарова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. - № 2(62). – С. 357-366.

40. Кирюшин, В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство МСХ РФ / В.И. Кирюшин. - М.: МСХ РФ, 2005. - 784 с.

41. Ковда, В.А. Проблема опустынивания и засоления почв аридных регионов мира / В.А. Ковда. – М.: Изд-во Наука, 2008. - 37 с.

42. Кошкарев, А.В. Картография и геоинформатика: пути взаимодействия / А. В. Кошкарев // Известия АН СССР. Сер. географ. - 1990. -№ 1. - С. 27-37.

43. Кошкарев, А.В. Региональные геоинформационные системы / А.В. Кошкарев, В. П. Каракин. - М., МФГО, 1987. - 126 с.

44. Кошкарёв, А.В. Рельеф как входной параметр в математико-картографические модели геосистем / А.В. Кошкарёв // Географическая картография в научных исследованиях и народнохозяйственной практике. – М.: МФГО, 1982. - С. 117-130.

45. Кошкарёв, А. В. Теоретические и методические аспекты развития географических информационных систем / А.В. Кошкарёв, В.С. Тикунов, А.М. Трофимов // География и природные ресурсы. - 1991.- №1. - С. 11-16.

46. Кравцова, В.И. Космическое картографирование / В. И. Кравцова. – М.: Изд-во МГУ, 1977. - 260 с.

47. Кравцова, В.И. Возможности применения космических снимков и высотных аэрофотоснимков для дешифрирования эолового рельефа / В.И. Кравцова, Т.Б. Кузина, С.В. Лютцау // Геоморфология. – 1976. – № 1. – С. 16-24.

48. Кронберг, П. Дистанционное изучение Земли. Основы и методы дистанционных исследований в геологии / П. Кронберг. -М.: МИР, 1988. - 343 с.

49. Кудрявцев, А.Е. Агроэкологическая оценка динамичности параметров плодородия пахотных почв Алтайского Приобья и межгорных котловин / А.Е. Кудрявцев, А.С. Давыдов, О.Н. Шторм // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2012. - № 9. - С. 30-33.

50. Кулик, К.Н. Методические указания по ландшафтно-экологическому профилированию при агролесомелиоративном картографировании / К. Н. Кулик, Е. С. Павловский, А. С. Рулев [и др.]. - М.: Россельхозакадемия, 2007. – 42 с.

51. Кулик, К.Н. Аэрокосмические методы в комплексном освоении песков и фитомелиорации аридных пастбищ / К.Н. Кулик, В.И. Петров, В.В. Мозгунов // Аэрокосмические методы исследований в агролесомелиорации. – Волгоград, 1991. -Вып. 1 (62). - С. 11-19.

52. Кулик, К.Н. Аэрокосмические методы исследований аридных ландшафтов / К.Н. Кулик // Методы исследований водной эрозии в

противоэрозионной лесомелиорации. - Волгоград, 1989. - Вып.1 (96). - С. 43-58.

53. Кулик, К.Н. Фитоэкологическое картографирование песков по аэрокосмическим снимкам / К.Н. Кулик // Роль проектных и научных разработок в ускорении научно-технического прогресса лесохозяйственного производства. - М., 1988. - С. 185-188.

54. Кулик, К.Н. Аэрокосмические методы картографирования и оценки состояния агролесоландшафтов / К.Н. Кулик, А.С. Рулев, В.Г. Юферев // Методическое обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. - М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2010. - С 165 – 171.

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

56. Кулик, К.Н. Аэрокосмические методы исследований аридных ландшафтов / К.Н. Кулик // Методы исследований водной эрозии в противоэрозионной лесомелиорации. - Волгоград, 1989. - Вып. 1 (96). - С. 43-58.

57. Кулик, К.Н. Компьютерное математико-картографическое моделирование агролесоландшафтов на основе аэрокосмической информации / К.Н. Кулик, В.Г. Юферев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2010. - №1. - С. 52-54.

58. Курачев, В.М. Засоленные почвы Западной Сибири / В.М. Курачев, Т.Н. Рябова. - Новосибирск: Наука, 1981. - 152 с.

59. Куреши, А.С. Степень, характеристики и причины солёности почв в Центральном и Южном Ираке / А.С. Куреши, А.А. Аль-Фалахи // Багдад: Аль-Баян Центр исследований и планирования, 2015. - С. 1-18.

60. Методика и критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия (утверждена Министерством природных ресурсов 30.11.92 г.). - М.: МПР, 1992. - 59 с.

61. Методика и оценка геоэкономической безопасности регионов / под ред. О. И. Чувилова, И.В. Романюта. - М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2014. - 162 с.

62. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель. Письмо Роскомзема от 29.07.1994 N 3-14-2/1139. – М., 1994. - 11с.

63. Методические указания по дистанционному эколого-экономическому мониторингу аридных пастбищ на основе ГИС-технологий / К.Н. Кулик, А.С. Рулев, В.Г. Юферев, К.Б. Бакурова, З.П. Дорохина, А.В. Кошелев, О.Ю. Березовикова. - М.: Россельхозакадемия, 2009. – 37 с.

64. Методическое пособие по применению информационных технологий в агролесомелиоративном картографировании / К.Н. Кулик, В.И. Петров, И.П. Свинцов. - М.: Россельхозакадемия, 2003. - 48 с.

65. Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ Российской Федерации инновационными экологически безопасными ресурсосберегающими технологиями / А.И. Беляев, К.Н. Кулик, А.С. Манаенков [и др.]. - Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. – 68 с.

66. Михайлова, Н.А. Оптические свойства почв и почвенных компонентов / Н. А. Михайлова, Д. С. Орлов. - М: Наука, 1986. – 120 с.

67. Моула, С. Т. Геоморфология бассейна Шатт-эль-Араб с помощью методов дистанционного зондирования / С.Т.И. Моула. – Басра, 2005. - 200 с. (на арабском языке).

68. Новочадов, В.В. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий Юга России / В.В. Новочадов, А.С. Рулев, В.Г. Юферев, Е.А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса:

наука и высшее профессиональное образование. - 2019. - № 1 (54). - С. 151-158.

69. Основы геоинформатики: учебное пособие для студ. вузов / под ред. Е.Г. Капралова. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 352 с.

70. Пат. RU № 2330242 С1 Российская Федерация, МПК G01С 11/00. Способ определения состояния защитных лесных насаждений / Юферев В.Г., Кулик К. Н., Рулев А. С., Кошелев А.В.; заявитель ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии. Заявка №2006144553/28; заявл. 13. 12. 2006; опубл. 27.07.2008, Бюл. № 21; приоритет от 13.12.2006, 3 с.

71. Пат. RU № 2437061 С1 Российская Федерация, МПК G01С11/04 (2006.01), A01G23/00 (2006.01). Способ определения сохранности лесных насаждений / Рулев А. С., Юферев В.Г., Михалев В.Ю., Маенко А.Н; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "БиоЭкоЛес". Заявка 2010115216/28; заявл. 19.04.2010, опубл. 20.12.2011, Бюл. № 35; приоритет от 19.04.2010, 6 с.

72. Полуэктов, Е.В. Потери почвы от эрозии и дефляции в зоне их совместного появления / Е.В. Полуэктов // Почвоведение. - 1998. - № 3. - С. 358-364.

73. Руководство по управлению засоленными почвами / Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. - Рим, 2017. – 153 с.

74. Рулев, А.С. Картографо-аэрокосмический мониторинг аридных агроландшафтов / А. С. Рулев, В. Г. Юферев, М.В. Юферев // Вестник института комплексных исследований аридных территорий. - 2011. - №1 (22). - С. 57-63.

75. Рулев, А.С. Прогнозирование изменений состояния ландшафтов в переходных природных зонах / А.С. Рулев, В.Г. Юферев // Природные и антропогенные изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием: труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. – Махачкала: Институт геологии ДНЦ РАН, 2016. - Вып. 67. - С. 234-238.

76. Рулев, А.С. Геоэкономический подход к дистанционной оценке аграрного потенциала Юга России / А.С. Рулев, Юферев В.Г. // Экономика развития региона: проблемы, поиски, перспективы. - Волгоград, 2010. – Вып. 11. - С. 453-466.

77. Рулев, А.С. Компьютерное моделирование агролесоландшафтов в геоинформационной среде / А.С. Рулев, В.Г. Юферев, М.В. Юферев // Математическое моделирование в экологии: материалы II Национальной конференции с международным участием. - Пушкино: ИФХиБПП РАН, 2011. - С. 228-230.

78. Сабри, В.К. Песчаные дюны в провинции Майсан / В.К. Сабри. - Багдад, 2011. – 201 с. (на арабском языке).

79. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства Управление системами, находящимися под угрозой. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: сводный доклад. - Рим, 2011. - 58 с.

80. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства Госкомитет Российской Федерации по жилищной и строительной политике (Госстрой России). Письмо № 94/84. от 22.06.1998 г. – М., 1999. - 99 с

81. Султан, А.Г. Климат, его элементы и изменения / А.Г. Султан. - Багдад: Издательство Багдад, 1986. - 480с. (на арабском языке).

82. Тикунов, В.С. Моделирование в картографии: учебник / В.С. Тикунов. - М.: Изд-во МГУ, 1997. - 405 с.

83. Хусейни, А.Ш. Водная проблема в Ираке, причины и способы решения / А.Ш. Хусейн, М.А. Сандук // Университет Суррея. - 2009. - №1. С. 14 -21. (на арабском языке).

84. Хусейни, К.Ф. Показатели изменения климата и воздействия на окружающую среду в Ираке / К.Ф. Хусейни. - Багдад, 2012. – 274 с. (на арабском языке).



85. Черванев, И.Г. Моделирование и автоматизированный анализ рельефа: методологические аспекты / И. Г. Черванев // Проблемы системно-формационного подхода к познанию рельефа (основные направления в развитии геоморфологической теории). - Новосибирск: Наука, 1982. - С. 14 – 21

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

87. Юферев, В.Г. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / В.Г. Юферев, К.Н. Кулик, А.С. Рулев, К.Б. Мушаева, А.В. Кошелев, З.П. Дорохина, О.Ю. Березовикова. - Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. - 102 с.

88. Юферев, В.Г. Геоинформационные методы оценки параметров деградации земель / В. Г. Юферев, М.В. Юферев // Степи Северной Евразии: материалы VI международного симпозиума и VIII международной школы-семинара «Геоэкологические проблемы степных регионов». - Оренбург: ИПК "Газпромпечатать", ООО "Оренбурггазпромсервис", 2012. - С. 835-839.

89. Юферев, В.Г. Агролесомелиоративное картографирование и моделирование деградационных процессов на основе аэрокосмического мониторинга и геоинформационных технологий: автореф. дисс. д-ра с.-х.наук: 06.03.03 / Юферев Валерий Григорьевич. - Волгоград: ГНУ ВНИАЛМИ, 2009. - 47 с.

90. Юферев, В.Г. Применение компьютерных технологий при дешифрировании и анализе космоснимков агроландшафтов / В.Г. Юферев, М.В. Юферев, К.Б. Бакурова // Степи Северной Евразии: материалы V международного симпозиума. - Оренбург: ИПК "Газпромпечатать", ООО "Оренбурггазпромсервис", 2009. - С. 755-757.

91. Юферев, В.Г. Картографо-аэрокосмический мониторинг ландшафтов / В.Г. Юферев, К.Н. Кулик, А.С. Рулев // Эколого-экономическая оптимизация природопользования: материалы круглого стола. - Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2004. - С. 215-219.

92. Юферев, В.Г. Дешифрирование и оценка экологического состояния защитных лесных насаждений на основе компьютерного анализа космофотоснимков / В.Г. Юферев, М.В. Юферев // Леса степной зоны европейской части России и ведение хозяйства в них: сб. статей, посвященный 60-летию филиала ФГУ ВНИЛМ Южнoевропейской НИЛЮС. - Пушкино: ВНИЛМ, 2009. - С. 119 – 122.

93. Ahmad, W.A. Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to identify hydrocarbon seepage in Kifl oil field and adjacent areas South of Iraq / W.A. Ahmad, M.A. Ahmed, G.H. Al-Sharia // Journal of Environment and Earth Science. -2017. - V 7. - № 1. - P. 16-30.

94. Altieri, M.A. Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture / M.A. Altieri // Agr. Ecosystems Environm. - 1989. - Vol. 27. - № 1/4. - P. 37-46.

95. Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and 2 normalized difference vegetation index continuity / D.P. Roy, V. Kovalsky, H.K. Zhang, E.F. Vermote, L. Yan, S. S. Kumar, A. Egorov // Remote Sensing of Environment. - 2016. - V. 185. - P. 57-70.

96. Area Handbook for Iraq / Harvey H. Smith, William Giloane, Nancy W. Al-Any, Irving Kaplan, Donald W. Bernier, Rinn-Sup Shinn, Frederica M. Bunge, Suzanne Teleki, Richard F. Nyrop, Newton B. Parker, Beryl L. Benderly. - Washington: The American University, 1971. - 415 p.

97. Desk Study on the Environment in Iraq. – Bagdat: United Nations Environment Programme, 2003. – 98 p.

98. Evaluation of the consistency of long-term NDVI time series derived from AVHRR, SPOT-vegetation, SeaWiFS, MODIS, and Landsat ETM+ sensors / M.E. Brown, J.E. Pinzon, K. Didan, J.T. Morisette, C.J. Tucker // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. - 2006. - V. 44. - № 7. - P. 1787-1793.

99. Global evaluation of four AVHRR-NDVI data sets: Intercomparison and assessment against Landsat imagery / H. E. Beck, T.R. McVicar, A.I.J.M. Van

Dijk, J. Schellekens, R. A.M. de Jeu, L.A. Bruijnzeel // Remote Sensing of Environment. - 2011. - V. 115. - № 10. - P. 2547-2563.

100. Mulder, V.L. The use of remote sensing in soiland terrain mapping – A review / V.L. Mulder, S. de Bruin, M.E. Schaepman, T.R. Mayr // Geoderma. 2011. - V. 162. - No 1–2. - P. 1–19.

101. National Report on Biodiversity in Iraq. – Republic of Iraq, Ministry of Environment, July 2010. - 153 p.

102. Pernar, R. Estimating stand density and condition with the use of picture histograms and visual interpretation of digital orhtophotos / R. Pernar, D. Klobucar // Annales experimentis silvarum culturae provehendis. - Zagreb: Universitas studiorum Zagrebiensis, Facultas forestalis, 2003. - V. 40. - P. 81-111.

103. Rubec, C. D. A. Applications of remote Sensing in ecological land survey in Canada / C. D. A. Rubec // Canadian Journal of Remote Sensing. – 1984. - V.9. - № 1.- P. 19-30.

104. Rulev, A.S. Remote-Geo-economic Estimation of Agricultural Land Potential of the South of Russia /A.S. Rulev //American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. - IDOSI Publications, 2015, № 15 (1). – P. 99-102.

105. Varoujan, K.S Classification of the alluvial fans in Iraq / K.S. Varoujan, F. J. Mawahib // Bulletin of Geology and Mining. - 2014. - Vol.10. - No.3 .- P. 43 -67.

106. Varoujan, K. Sand and dust storm events in Iraq / K. Varoujan, Sissakian I., Nadhir Al-Ansari, Sven Knutsson // Natural Science. - 2013. - Vol. 5. - No.10. - P. 1084-1094.

107. URL: <http://agrodoska.com> (Дата обращения: 03.11.2021).

108. URL: <http://www.breeds.ru/page/stoimost-kartograficheskikh-rabot>. (Дата обращения: 03.11.2021).

109. URL: [https://gdemdl.aster.jspacesystems.or.jp/index\\_en.html](https://gdemdl.aster.jspacesystems.or.jp/index_en.html) (Дата обращения: 07.11.2021).

110. URL: [www.geoeye.com](http://www.geoeye.com) (Дата обращения: 12.11.2021).

111. URL: <http://gis-lab.info/projects/ss/sat/> (Дата обращения: 03.12.2021).
112. URL: <http://kosmosnimki.ru/> (Дата обращения: 06.10.2021).
113. URL: <http://maps.yandex.ru/?text=космоснимки> (Дата обращения: 08.11.2021).
114. URL: [www.scanex.ru](http://www.scanex.ru) (дата обращения: 26.05.2020)
115. URL: <https://sovzond.ru/products/spatial-data/satellites>. (Дата обращения: 01.11.2021).
116. URL: [www.spot5.com](http://www.spot5.com) (Дата обращения: 05.12.2021).
117. URL: <https://srtm.kurviger.de/SRTM3/Eurasia/index.html> (Дата обращения: 28.01.2022).

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение А



## АКТ

## внедрения научной разработки в учебный процесс

Настоящий акт составлен об использовании в учебном процессе разработки «Геоинформационный анализ состояния и возможность агролесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных ландшафтов южной части междуречья Тигра и Евфрата».

Авторы внедряемой разработки: Е.А. Иванцова, д.с.-х.н., профессор, директор института естественных наук, профессор кафедры экологии и природопользования, научный руководитель; М.Р. Аль-Чаабави, соискатель.

Разработка использована в учебном процессе кафедры «География и картография» в лекционных курсах и практических занятиях по направлению подготовки 05.03.03 Картография и геоинформатика по дисциплинам «Эколого-географическое картографирование в ГИС», «ГИС в тематической картографии», а также кафедры «Экология и природопользование» в лекционных курсах и практических занятиях по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование по дисциплине «Агроэкология».

Сроки внедрения разработки в учебный процесс: 2021-2023 гг.

Краткая характеристика и новизна внедряемой разработки: модифицированная методика геоинформационной оценки состояния и выявления степени деградации сельскохозяйственных ландшафтов, отличающаяся совмещенным анализом рельефа, лесных насаждений, структуры полей и почвенных контуров; тематическое картографирование состояния лесных насаждений на территории исследований с использованием ГИС-технологий и пространственно-временного анализа космоснимков, определение уровня агролесомелиоративного обустройства территории.

Кандидат географических наук,  
доцент, заведующий кафедрой  
картографии и геоинформатики



Кандидат географических наук,  
доцент, заведующая кафедрой  
экологии и природопользования

Холоденко Анна Викторовна

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Волгоградский государственный университет»  
400062, Россия, г. Волгоград, просп. Университетский, 100  
тел.: 46-02-63, e-mail: ob.otdel@volsu.ru



## Приложение Б



УТВЕРЖДАЮ

Директор по учебной работе  
ФГБОУ ВО «Волгоградский  
государственный университет»,  
д.т.н., доцент  
Несмиянов И.А.  
июль 2023 г.

## АКТ

## внедрения научной разработки в учебный процесс


Настоящий акт составлен об использовании в учебном процессе разработки «Геоинформационный анализ состояния и возможность агролесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных ландшафтов южной части междуречья Тигра и Евфрата».

Авторы внедряемой разработки: Е.А. Иванцова, д.с.-х.н., профессор, директор института естественных наук, профессор кафедры экологии и природопользования ФГАОУ ВО Волгоградский государственный университет, научный руководитель; М.Р.А. Аль-Чаабави, соискатель.


Краткая характеристика и новизна внедряемой разработки: модифицированная методика геоинформационной оценки состояния и выявления степени деградации сельскохозяйственных ландшафтов, отличающаяся совмещенным анализом рельефа, лесных насаждений, структуры полей и почвенных контуров; тематическое картографирование состояния лесных насаждений на территории исследований с использованием ГИС-технологий, определение уровня агролесомелиоративного обустройства территории, экономическая оценка эффективности агролесомелиорации сельскохозяйственных земель.

Применение внедряемой разработки: разработка использована в учебном процессе кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» в лекционных курсах и практических занятиях по направлению подготовки 35.03.01 Лесное дело (дисциплина «Лесомелиорация ландшафтов»), по направлению подготовки 35.04.03 Агрохимия и агропочвоведение (дисциплина «Агроэкологический мониторинг и экспертиза территорий») в 2022-2023 уч. году.

Кандидат с.-х. наук, доцент,  
декан агротехнологического факультета  
ФГБОУ ВО «Волгоградский  
государственный аграрный университет»

 Сарычев Александр Николаевич

Кандидат с.-х. наук,  
доцент, заведующая кафедрой  
агроэкологии и лесомелиорации  
ландшафтов ФГБОУ ВО «Волгоградский  
государственный аграрный университет»

 Вдовенко Анастасия Васильевна