Научная статья
УДК 332.36
doi: 10.55186/25876740_2026_69_7_904

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ МЕТОДОМ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

А.В. Симаков, Т.В. Симакова, Е.П. Евтушкова,
А.А. Ямова, Т.А. Юрина, Е.Ю. Конушина

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

Аннотация. Определение микрорельефа местности играет важную роль в современной геодезии и сельском хозяйстве, особенно в рамках концепции точного земледелия. Форма поверхности поля оказывает существенное влияние на распределение поверхностных и внутрипочвенных вод, развитие эрозионных процессов, а также на пространственную изменчивость урожайности и свойств почв. Работа нацелена на определение микрорельефа сельскохозяйственных угодий методом спутниковых геодезических измерений (опытное поле Аграрного института Тюменского государственного университета) для проведения планировки рационального использования пахотного массива. В статье рассмотрен процесс определения микрорельефа местности методом спутниковых геодезических измерений, в результате чего, для обеспечения наглядной интерпретации пространственного строения микрорельефа и облегчения идентификации замкнутых депрессий на исследуемой территории, была построена трехмерная цифровая модель участка, определены контрастно-высотные участки местности (замкнутые понижения). По результатам анализа представленных материалов установлено, что рельеф исследуемого участка не относится к категории критически деградированных, однако фиксируются локальные высотные депрессии и выраженная микронеровность поверхности. Указанные морфометрические особенности оказывают негативное воздействие на агроэкологическое состояние территории, что требует своевременной реализации мероприятий по нивелированию данных неблагоприятных факторов. Для обоснования эффективного землепользования в границах исследуемого пахотного массива на основе составленных картографических материалов и целевого назначения участка предложена адаптивная система дифференцированного размещения культур с учетом микрозональных особенностей рельефа и почвенного покрова. Реализация предлагаемого подхода обеспечит оптимизацию структуры землепользования в границах исследуемого участка. Нивелирование неровностей мезорельефа будет способствовать минимизации пространственной неоднородности увлажнения, создаст благоприятные предпосылки для высокопроизводительной обработки почвы агрегатами, а также позволит увеличить продуктивность посевов благодаря гомогенизации распределения удобрений и влагозапасов. Разработанные проектные мероприятия могут быть использованы в качестве базиса для составления технической документации, регламентирующей восстановительные работы и агротехническую мелиорацию на территории опытного полигона.

Ключевые слова: микрорельеф местности, пахотные угодья, почвенный состав, метод спутниковых геодезических измерений, цифровая модель, рекогносцировка местности, сетка измерений, построение интерполяции, контрастно-высотные участки, планировка территории

Original article

DETERMINATION OF AGRICULTURAL LAND MICRO-RELIEF USING SATELLITE GEODETIC MEASUREMENTS

A.V. Simakov, T.V. Simakova, E.P. Evtushkova,
A.A. Yamova, T.A. Yurina, E.Yu. Konushina

University of Tyumen, Tyumen, Russia

Abstract. Determining the micro-relief of terrain plays a crucial role in modern geodesy and agriculture, particularly within the framework of precision farming. Field surface topography significantly influences the distribution of surface and subsurface water, erosion processes, and the spatial variability of crop yields and soil properties. This study aims to determine the micro-relief of agricultural land using satellite geodetic measurements (conducted at the experimental field of the Agrarian Institute, University of Tyumen) to plan the rational use of the arable area. The article examines the process of determining terrain micro-relief via satellite geodetic measurements; a 3D digital model of the site was generated to provide a clear visualization of the micro-relief's spatial structure and to facilitate the identification of closed depressions (areas of contrasting elevation). Analysis of the data revealed that, while the site's topography does not fall into the category of critically degraded land, localized depressions and pronounced surface micro-irregularities were observed. These morphometric features negatively impact the area's agro-ecological condition, necessitating timely measures to mitigate these adverse factors. To support effective land use within the studied arable area, and based on the generated cartographic materials and the site's intended use, an adaptive system for the differentiated placement of crops is proposed, taking into account the micro-zonal characteristics of the relief and soil cover. Implementing this approach will optimize the land-use structure within the study area. Smoothing out meso-relief irregularities will help minimize spatial moisture heterogeneity, create favorable conditions for high-performance mechanized tillage, and increase crop productivity by homogenizing the distribution of fertilizers and soil moisture reserves. The developed project measures can serve as a basis for preparing technical documentation governing restoration work and agro-technical land improvement at the experimental site.

Keywords: micro-relief of the terrain, arable land, soil composition, satellite geodetic measurement method, digital model, terrain reconnaissance, measurement grid, interpolation construction, areas with contrasting elevations, site planning

Введение. Определение микрорельефа местности играет важную роль в современной геодезии и сельском хозяйстве, особенно в рамках концепции точного земледелия. Форма поверхности поля оказывает существенное влияние на распределение поверхностных и внутрипочвенных вод, развитие эрозионных процессов, а также на пространственную изменчивость урожайности и свойств почв [1-3]. В этих условиях точное и оперативное получение высотных характеристик территории становится необходимым элементом для эффективного планирования сельскохозяйственных работ, проектирования мелиоративных мероприятий и оценки агрономического состояния земель [4]. Для проектирования элементов внутрихозяйственного землеустройства и мелиоративных мероприятий требуются высокоточные данные

© Симаков А.В., Симакова Т.В., Евтушкова Е.П., Ямова А.А., Юрина Т.А., Конушина Е.Ю., 2026

о микрорельефе местности. Однако расположение земель сельскохозяйственного использования делает невозможным применение методов аэрофотосъемки и БПЛА, а точность открытых цифровых моделей рельефа недостаточна для землеустроительных работ. В этих условиях наиболее эффективным решением является метод спутниковых геодезических измерений в режиме кинематики — он позволяет создавать достоверные цифровые модели микрорельефа для нужд землеустройства и кадастра [5-10].

По мнению авторов В.В. Докучаева, А.А. Роде, Т.А. Хлебниковой и др., определение микрорельефа должно быть комплексным, включающим природные и антропогенные структурные линии, выполняться на детальном уровне и быть жестко привязанным к оценке почвенно-агрохимических свойств, поскольку именно эта связь является основой для управления урожайностью [13].

Авторы Чекалина С.И., Mallappa Madolli, P.S. Kanannavar, Carmelina Costanzo и др. выступают за сбалансированное применение ДЗЗ (дистанционное зондирование Земли) и наземной геодезии с учетом масштаба задачи, требуемой точности, экономической эффективности и правовых ограничений, при этом наземные измерения сохраняют критическую роль как эталонная основа для калибровки и верификации дистанционных данных [11, 12].

Работа нацелена на определение микрорельефа сельскохозяйственных угодий методом спутниковых геодезических измерений (опытное поле Аграрного института ТюмГУ) для проведения планировки рационального использования пахотного массива.

Методы и материалы. Применение БПЛА и воздушного лазерного сканирования для съемки рельефа невозможно на территориях, попадающих в приаэродромные зоны (согласно ст. 47 ВК РФ). Использование спутниковых снимков (ДЗЗ) не обеспечивает требуемой вертикальной точности для точного земледелия, а традиционная тахеометрическая съемка или нивелирование трудоемки и экономически неэффективны на больших площадях.

В сложившихся условиях метод спутниковых геодезических измерений (ГНСС) в режиме кинематики (Stop&Go) является оптимальным, так как позволяет одному оператору выполнять работы с сантиметровой точностью.

Инструментарий исследования базировался на комплексном подходе, он включает следующие этапы (рис. 1).

Предложенная методика сочетает нормативные требования к точности топосъемки с практической эффективностью, позволяя создавать цифровые модели рельефа (ЦМР) с детальностью, достаточной для проектирования систем точного земледелия в условиях правовых ограничений на использование воздушного пространства [14,15].

Результаты и обсуждения. Определение границ земельных участков сельскохозяйственного назначения и съемка ситуации и рельефа проведены на учебно-опытном поле Аграрного института ТюмГУ, находящемся в западной части города Тюмени Тюменской области вблизи микрорайона Утешево.

Условия проведения ГНСС-съемки определяются равнинным типом рельефа исследуемой территории, которая представляет собой возвышенность с высотной отметкой 112 м. Отсутствие крутых склонов и локальных экранирующих объектов делает данную местность оптимальной для спутникового позиционирования. Размеры полигона охватывают площадь в 71,8 га, что отражено на рисунке 2.

Базой для выполнения научно-исследовательских задач служит учебно-опытное поле, закрепленное за коллективом ученых Аграрного института ТюмГУ. Данная площадка используется в качестве экспериментального полигона при оценке реакции сортовых культур на совокупность абиотических и биотических воздействий. Программой работ, проводимых на объекте, охвачен широкий спектр направлений: от селекции до апробации новых генотипов сельскохозяйственных растений в полевых условиях.

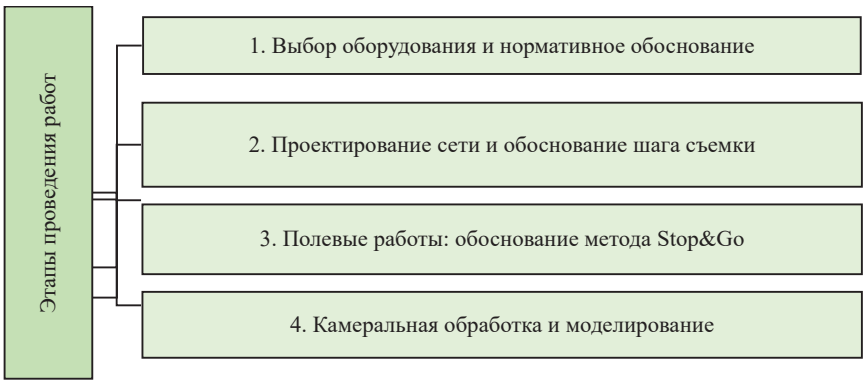


Рисунок 1. **Методика определения микрорельефа сельскохозяйственных угодий методом спутниковых геодезических измерений (ГНСС)**
Figure 1. **Methodology for determining the micro-relief of agricultural land using satellite geodetic measurements (GNSS)**

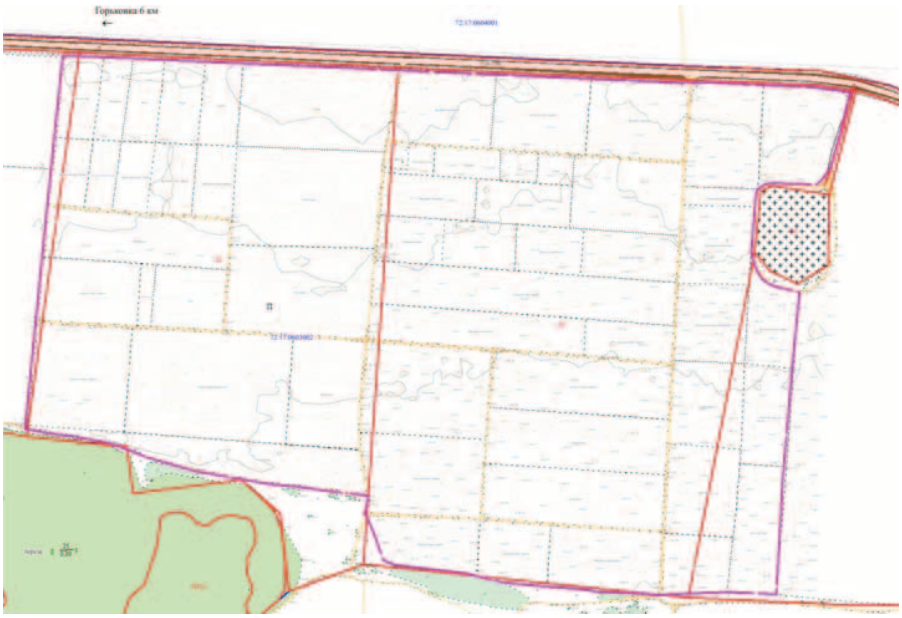


Рисунок 2. **Топографическая карта учебно-опытного поля Аграрного института ТюмГУ**
Figure 2. **Topographic map of the experimental training field of the Agrarian Institute, University of Tyumen**

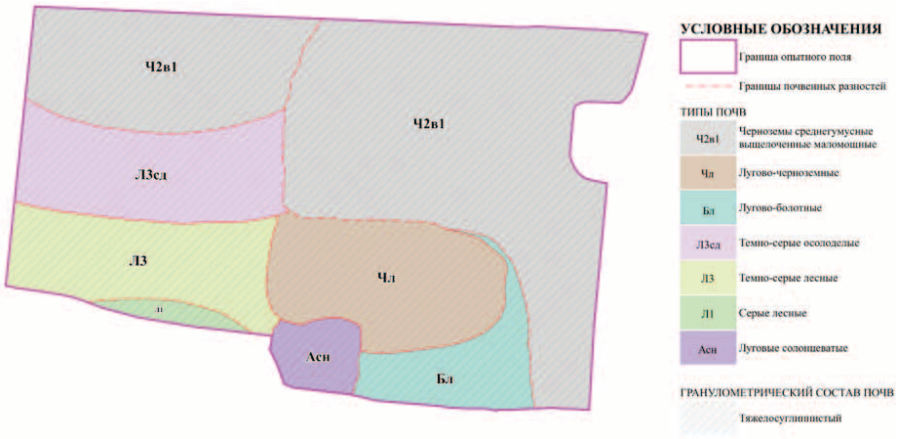


Рисунок 3. **Почвенная карта учебно-опытного поля**
Figure 3. **Soil map of the educational and experimental field**

Неоднородный характер почвообразования на территории опытного поля объясняется совокупностью региональных природно-климатических параметров, свойственных окрестностям Тюмени и Тюменскому району в целом. Данные факторы обусловливают пестроту почвенного профиля в пределах исследуемого участка (рис. 3).

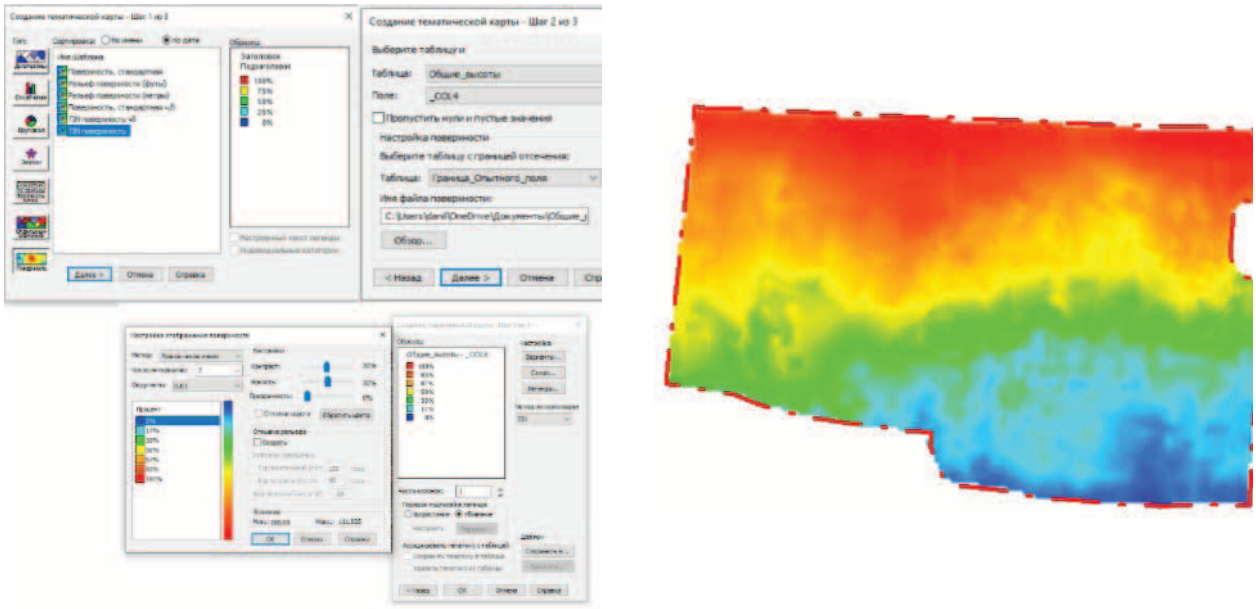
Почвенный спектр участка Аграрного института ТюмГУ представлен преимущественно среднегумусными черноземами выщелоченного типа малой мощности, занимающими 53% общей площади. С крайне незначительной долей участия (1%) встречаются серые лесные почвы. Подобное соотношение почвенной разности считается эталонным для условий лесостепи и создает благоприятные предпосылки для сельскохозяйственного использования территории.

Подготовительный этап открывает весь комплекс работ. Его отправной точкой служит техническое задание, на основе которого проводится систематизация и изучение первичных данных по объекту — учебно-опытному полю Аграрного института ТюмГУ. В ходе этого этапа уточняются географическое положение участка, его размеры и выполняется предварительная оценка временных затрат. Затем исполнителем инициируется рекогносцировочное обследование местности. Кроме того, разрабатывается рабочий проект: в рамках настоящего исследования данная стадия предусматривала формирование нового проектного решения и построение на местности координатной сетки с шагом 10×10 м. Качество и оперативность последующих измерений напрямую зависят от полноты сведений, собранных на этом подготовительном этапе.

В течение полевого этапа ведется регистрация спутниковых данных непосредственно на участке. Известны два формата съемки: статика (для опорных геодезических построений) и кинематика (для топографической съемки рельефа и контуров); в данном исследовании предпочтение отдано второму варианту.

После сборки комплекта и юстировки относительно базовой станции начинается трассовая съемка объекта. ГНСС-измерения проводятся по технологии Stop&Go или в реальном масштабе времени (RTK). Микрорельеф фиксировался кинематическим методом с остановкой на точках и использованием дифференциальных поправок от постоянно действующих базовых сетей. Суть Stop&Go сводится к поочередному позиционированию ровера на характерных элементах местности с выдержкой не менее 5 секунд на каждой позиции; оператор отслеживает количество видимых спутников, периодически сверяет данные на контрольных реперах и контролирует показания регистратора. Отчет координат велся в системе МСК-72, поправки поступали от соответствующей станции.

Третий, камеральный, этап — ключевой в преобразовании точечного облака в конечные материалы (координатные ведомости, карты, планы). Данные импортируются с приемника в программную среду, где вычисляются приращения (DX, DY, DZ) и выполняется трансформация в рабочую координатную систему. Затем формируется цифровая модель рельефа и/или топоплан — импорт скорректированных координат в ГИС (MapInfo) сопровождается отрисовкой ситуации, построением ЦМР по высотным точкам и горизонталей.



а) настройки тематической карты

б) интерполированная поверхность

Рисунок 4. **Построение интерполяции методом TIN**
Figure 4. **Constructing an interpolation using the TIN method**

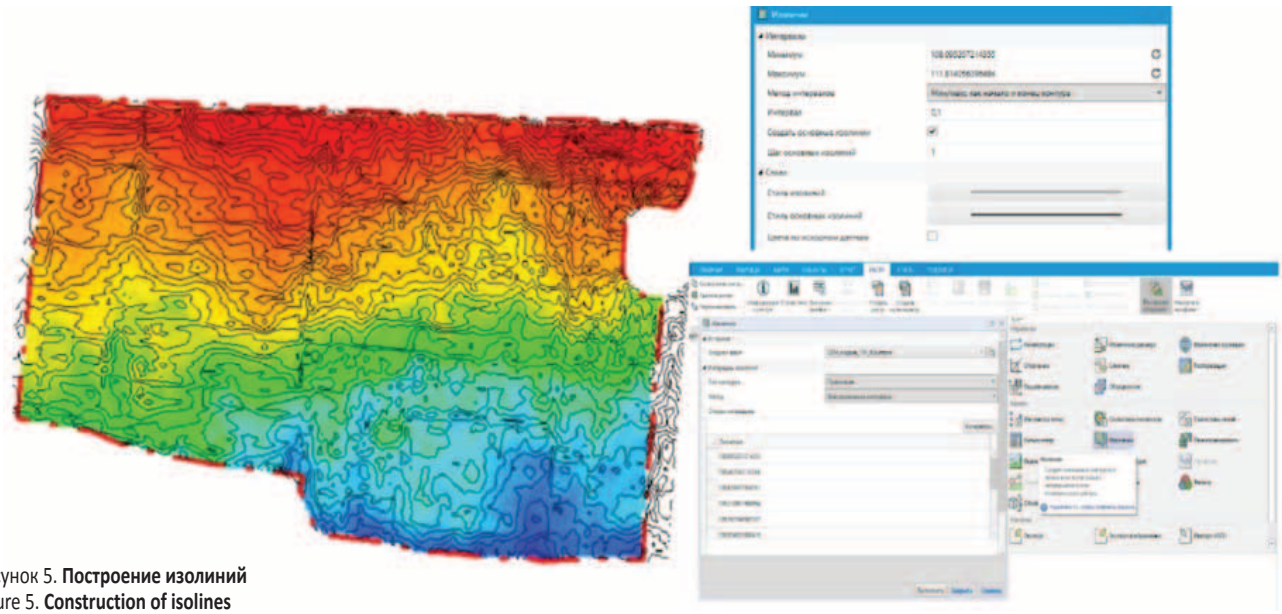


Рисунок 5. **Построение изолиний**
Figure 5. **Construction of isolines**

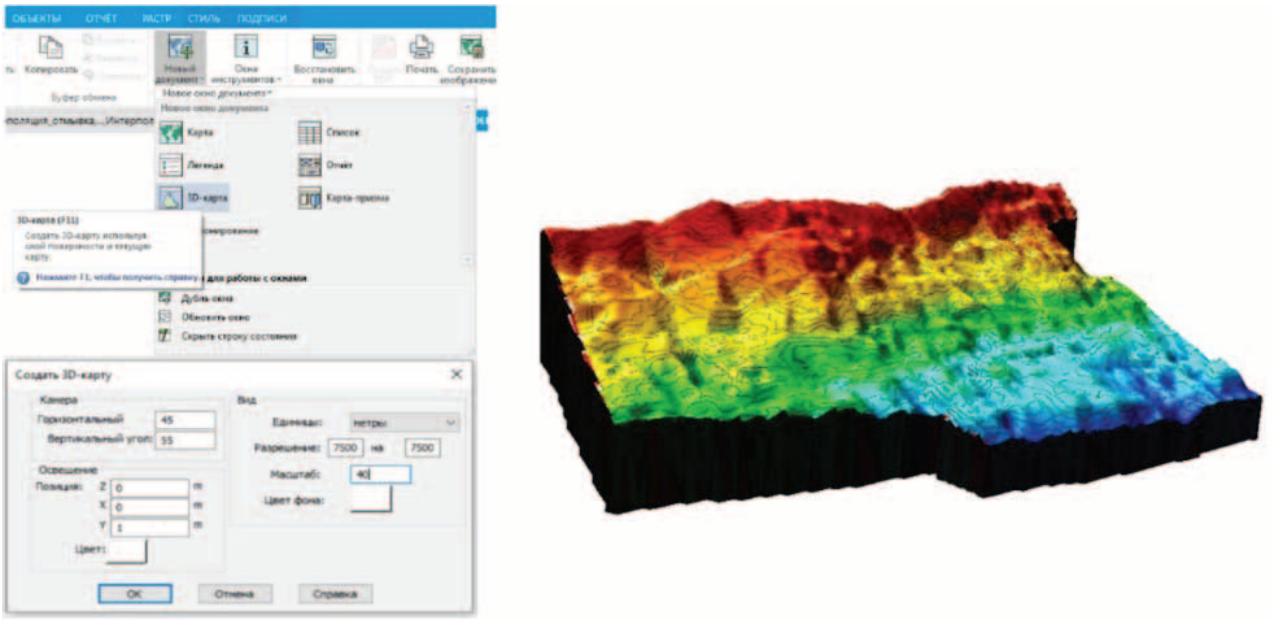


Рисунок 6. **3D-модель микрорельефа**
Figure 6. **3D model of the micro-relief**

Ключевое значение в обработке полевых GNSS-измерений имеет камеральный этап, цель которого — повысить точность позиционирования и компенсировать полевые погрешности. Для этого использовался пакет Trimble Business Center, в который загружались исходные файлы.

Процедура обработки включает: импорт и визуальный контроль наблюдений (продолжительность сессий, число эпох, спутниковый состав, целостность записей); разрешение фазовых неоднозначностей (совместная обработка кода и фазы, оценка стартовых условий); определение координат по МНК с обработкой базовых векторов.

Непрерывная поверхность рельефа строилась в MapInfo 17 через триангуляцию Делоне (TIN). Метод позволяет перейти от разреженных высотных точек, полученных спутниковым методом, к связной поверхности, адекватно передающей микроформы пашни без избыточной фильтрации. Интерполяция по треугольным граням сохраняет достоверность уклонов и направлений стока поверхностных вод (рис. 4).

По завершении интерполяционных построений визуализированная поверхность исследуемого участка позволяет выявить зоны, требующие последующей корректировки. При обнаружении изломанных конфигураций линий пересечения, что особенно характерно для материалов с разреженной сеткой опорных точек, целесообразно задействовать алгоритмы сглаживания. Для повышения репрезентативности итоговой модели рекомендуется дополнительное построение изолинейных линий (горизонталей) (рис. 5).

Для обеспечения наглядной интерпретации пространственного строения микрорельефа и облегчения идентификации замкнутых депрессий на исследуемой территории была построена трехмерная цифровая модель участка (рис. 6).

С целью улучшения наглядности восприятия пространственных характеристик исследуемого участка в качестве фоновой основы использованы снимки Д33 и ортофотопланы, обеспечивающие более полную и контрастную визуализацию объектов местности (рис. 7).

Ввиду объемного характера реальной среды трехмерное картографирование обеспечивает наиболее реалистичную визуализацию и упрощает идентификацию пространственных объектов. Поиск замкнутых понижений («блюдец») выполняется путем последовательной активации слоев изолиний и интерполяции с последующим изучением 3D-модели на предмет резких высотных перепадов. На рисунке 8 данные аномалии выделены красным, а остальная территория — зеленым.

В пределах идентифицированных зон будет формироваться поверхностный сток, что оказывает неблагоприятное воздействие на агроценозы. Негативное влияние стока на пахотных угодьях проявляется в следующем: инициируются водно-эрозионные процессы, ухудшаются агрофизические свойства почвенного профиля, формируются эрозионные формы рельефа (борозды, промоины, овраги), а также развиваются явления переувлажнения и заболачивания. Бесконтрольный смыв поверхностных вод запускает деградационные изменения земельных ресурсов: утрата гумусового горизонта и деградация почвенных свойств способны снизить урожайность на десятки процентов, а трансформация рельефа влечет за собой существенные экономические издержки.

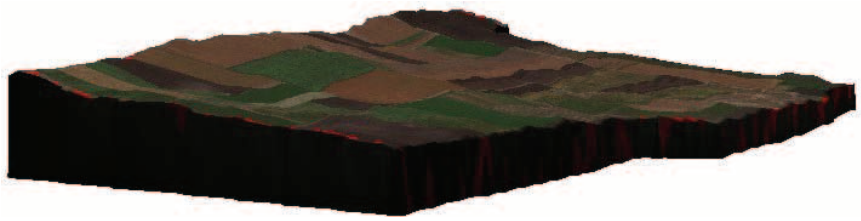


Рисунок 7. **3D-модель с подложкой спутниковых снимков**
Figure 7. **3D model with satellite imagery overlay**



Рисунок 8. **Контрастно-высотные участки**
Figure 8. **Areas of high relief contrast**

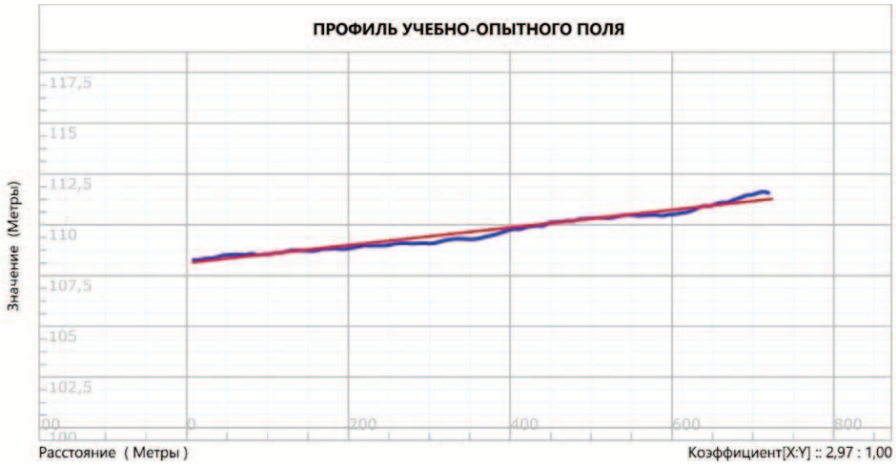


Рисунок 9. **Планировка учебно-опытного поля**
Figure 9. **Layout of the educational and experimental field**

Под профилем понимается вертикальное сечение земной поверхности вдоль выбранного направления. Такие построения востребованы при решении широкого круга инженерных задач — от разработки предпроектной документации для линейных сооружений и составления геологических разрезов до оценки взаимной видимости между точками и детального морфометрического описания местности по маршруту. На рисунке 9 представлен профиль исследуемого объекта, синей линией показана действующая ситуация, красной линией — проектное предложение по планировке.

По результатам анализа представленных материалов установлено, что рельеф исследуемого участка не относится к категории критически деградированных, однако фиксируются локальные высотные депрессии и выраженная микронеровность поверхности. Указанные морфометрические особенности оказывают негативное воздействие на агроэкологическое состояние территории, что требует своевременной реализации мероприятий по нивелированию данных неблагоприятных факторов.

Поскольку на рассматриваемой территории систематически выполняются научно-исследовательские работы, обоснованным представляется проведение планировочных мероприятий по оптимизации пространственной структуры поля. Данное решение направлено на улучшение условий возделывания сельскохозяйственных культур — создание благоприятного агрофона для процессов роста и развития растений. Кроме того, рациональная перепланировка участка обеспечивает более высокую достоверность экспериментальных данных, что существенно повышает практическую значимость получаемых результатов для аграрного производства.

Заключение. Для обоснования эффективного землепользования в границах исследуемого пахотного массива на основе составленных картографических материалов и целевого назначения участка предложена адаптивная система дифференцированного размещения культур с учетом микрозональных особенностей рельефа и почвенного покрова.

1. Северо-восточный сектор, характеризующийся максимальными гипсометрическими отметками, рекомендуется отводить под засухоустойчивые сорта, поскольку здесь распространены черноземы выщелоченные маломощные (Ч2в1), пригодные для большинства возделываемых на данном поле культур.

2. Юго-восточная часть, приуроченная к наиболее низким высотным уровням, целесообразна для влаголюбивых форм, толерантных к переувлажнению и засоленным субстратам, так как почвенный спектр здесь представлен лугово-болотными (Бл), луговыми солонцеватыми (Асн) и лугово-черноземными разностями (Чл).

3. Юго-западный участок признан наименее перспективным для растениеводства по совокупности лимитирующих факторов: здесь фиксируются процессы вторичного засоления, сокращенная мощность плодородного горизонта, периодическое подтопление вследствие пониженного рельефа, а также значительное затенение от прилегающей лесополосы, ограничивающей инсоляцию.

4. Северо-западная зона, напротив, является наиболее благоприятным местом для возделывания агрокультур: здесь залегают черноземы выщелоченные маломощные (Ч2в1), хорошо адаптированные к сибирским агроклиматическим условиям, а средневысотное положение обеспечивает оптимальный водо- и световой режим без риска затопления и аккумуляции солей.

Дополнительно, на основе анализа микрорельефа (по данным цифровой модели высот и геодезической съемки) обосновано проведение планировочных работ по выравниванию поверхности с перераспределением плодородного слоя в границах массива. Мероприятие направлено на нивелирование неровностей, нормализацию водного режима, сокращение эрозионных потерь и повышение продуктивности. Поскольку планировка ограничена внутренним перемещением почвенных масс и корректировкой микрорельефа в пределах существующих контуров, конфигурация, площади и функциональное назначение участков не изменяются. По итогам исследования определены ключевые параметры: общая площадь — 71,8 га; перепад высот микрорельефа — 3,75 м; площадь замкнутых понижений («блюдец») — 5593 м^2; площадь контрастных повышений — 6614 м^2. Предлагается выборочная схема планировки по принципу «срезка-подсыпка» с применением коэффициента разрыхления в интервале 1,1-1,3.

Реализация предлагаемого подхода обеспечит оптимизацию структуры землепользования в границах исследуемого участка. Нивелирование неровностей мезорельефа будет способствовать минимизации пространственной неоднородности увлажнения, создаст благоприятные предпосылки для высокопроизводительной обработки почвы агрегатами, а также позволит увеличить продуктивность посевов благодаря гомогенизации распределения удобрений и влагозапасов. Разработанные проектные мероприятия могут быть использованы в качестве базиса для составления технической документации, регламентирующей восстановительные работы и агротехническую мелиорацию на территории опытного полигона.

Список источников

1. Леднев Д.Н., Симаков А.В. Методические основы разработки цифровой векторной карты с применением ГИС-технологий // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: сборник трудов LVII научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 27 февраля 2023 г. Часть 5. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. С. 209-215. EDN WMGYPU

2. Евтушкова Е.П. Темпы роста отрасли сельского хозяйства Уральского федерального округа // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4(400). С. 417-424. doi: 10.55186/25876740_2024_67_4_417. EDN XAQOVC

3. Тельманов А.С., Симакова Т.В., Симаков А.В. Определение координат характерных точек границ земельного участка методом спутниковых геодезических измерений (определений) // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: сборник материалов LVI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 14-18 марта 2022 г. Часть 2. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. С. 776-785. EDN YELZFL

4. Тельманов А.С. Анализ методов определения границ земельных участков // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: сборник материалов LV Студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 17-19 марта 2021 г. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. С. 499-504. EDN NADQQF

5. Тельманов А.С., Симакова Т.В., Симаков А.В. Применение картометрического метода при определении координат характерных точек земельных участков, отнесенным к различным категориям земель // Сборник трудов LVI Студенческой научно-практической конференции «Успехи молодежной науки в агропромышленном комплексе», Тюмень, 12 октября 2021 г. Часть 1. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. С. 635-643. EDN YZVQFG

6. Волков С.Н. Основные направления использования земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации на перспективу: научно-практическое пособие. М.: ФГБОУ ВО ГУЗ, 2018. 344 с.

7. Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении / отв. ред. Р.В. Ковалев; АН СССР, Сибирское отделение, Институт почвоведения и агрохимии. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1971. 92 с.

8. Сайдалина К.К., Добротворская Н.И. Экологические проблемы земель сельскохозяйственного назначения // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. 2021. № 3. С. 86-89. doi: 10.33764/2687-041X-2021-3-86-89

9. Пермякова Л.В., Юрлова А.А. Оценка пригодности земель сельскохозяйственного назначения Голышмановского ГО Тюменской области // Успехи молодежной науки в агропромышленном комплексе: сборник трудов LVII Студенческой научно-практической конференции, Тюмень, 30 ноября 2022 г. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. С. 499-511. EDN STRJXA

10. Simakova, T.V., Simakov, A.V. (2021). Monitoring of the condition and use of land in settlements (on the example of the city of Tchaikovsky, Perm Krai). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, June 20-21, 2021*. Ussurijsk, p. 042039. doi: 10.1088/1755-1315/937/4/042039. EDN PJLZCW

11. Волков С.Н., Вершинин В.В., Черкашина Е.В., Черкашин К.И. Обоснование видов разрешенного использования земель сельскохозяйственного назначения // Международный сельскохозяйственный журнал. 2014. № 6. С. 3-9. EDN SXVXTZ

12. Симаков А.В., Симакова Т.В., Евтушкова Е.П. и др. ГИС-технологии в землеустройстве и кадастре / Государственный аграрный университет Северного Зауралья. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. 254 с.

13. Хлебникова Т.А., Горобцов С.Р. Моделирование и пространственный анализ в ГИС. Цифровое моделирование рельефа в ГИС «Панорама»: учебно-методическое пособие / Сибирский государственный университет геосистем и технологий. Новосибирск: СГУГиТ, 2018. 68 с. ISBN 978-5-907052-17-8

14. Чекалин С.И. Геодезия в маркшейдерском деле: учебное пособие для вузов. Москва: Академический проект, 2020. 543 с. ISBN 978-5-8291-2973-6

15. Шпедт А.А., Никитина В.И. Агрохимические свойства чернозема и продуктивность зерновых культур в условиях микрорельефа. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2008. С. 36-37.

References

1. Lednev, D.N., Simakov, A.V. (2023). Metodicheskie osnovy razrabotki tsifrovoi vektornoi karty s primeneniem GIS-tekhnologii [Methodological foundations for developing a digital vector map using GIS technologies]. *Dostizheniya molodezhnoi nauki dlya agropromyshlennogo kompleksa: sbornik trudov LVII nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, Tyumen', 27 fevralya 2023 g. Chast' 5* [Achievements of youth science for the agro-industrial complex: proceedings of the 57th scientific and practical conference of students, postgraduate students, and young scientists, Tyumen, February 27, 2023, part 5]. Tyumen, Northern Trans-Ural State Agricultural University, pp. 209-215. EDN WMGYPU

2. Evtushkova, E.P. (2024). Tempy rosta otrasli sel'skogo khozyaistva Ural'skogo federal'nogo okruga [Growth rates of the agricultural sector of the Ural Federal District]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 4(400), pp. 417-424. doi: 10.55186/25876740_2024_67_4_417. EDN XAQOVC

3. Tel'manov, A.S., Simakova, T.V., Simakov, A.V. (2022). Opredelenie koordinat kharakternykh tochek granits zemel'nogo uchastka metodom sputnikovykh geodezicheskikh izmerenii (opredelenii) [Determination of coordinates of characteristic land parcel boundary points using satellite geodetic measurement methods]. *Dostizheniya molodezhnoi nauki dlya agropromyshlennogo kompleksa: sbornik materialov LVI nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, Tyumen', 14-18 marta 2022 g. Chast' 2* [Achievements of youth science for the agro-industrial complex: proceedings of the 56th scientific and practical conference of students, postgraduate students, and young scientists, Tyumen, March 14-18, 2022, part 2]. Tyumen, Northern Trans-Ural State Agricultural University, pp. 776-785. EDN YELZFL

4. Tel'manov, A.S. (2021). Analiz metodov opredeleniya granits zemel'nykh uchastkov [Analysis of methods for determining land parcel boundaries Current Issues in Science and Agriculture]. *Aktual'nye voprosy nauki i khozyaistva: novye vyzovy i resheniya: sbornik materialov LV Studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Tyumen', 17-19 marta 2021 g.* [New challenges and solutions proceedings of the 55th Student scientific and practical conference, Tyumen, March 17-19, 2021]. Tyumen, Northern Trans-Ural State Agricultural University, pp. 499-504. EDN NADQQF

5. Tel'manov, A.S., Simakova, T.V., Simakov, A.V. (2021). Primenenie kartometricheskogo metoda pri opredelenii koordinat kharakternykh tochek zemel'nykh uchastkov, otnesennym k razlichnym kategoriyam zemel' [Application of the cartometric method to determine coordinates of characteristic points of land parcels belonging to different land categories]. *Sbornik trudov LVI Studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Uspekhi molodezhnoi nauki v agropromyshlennom komplekse», Tyumen', 12 oktyabrya 2021 g. Chast' 1* [Proceedings of the 56th Student scientific and practical conference "Achievements of Youth Science in the Agro-Industrial Complex", Tyumen, October 12, 2021, part 1]. Tyumen, Northern Trans-Ural State Agricultural University, pp. 635-643. EDN YZVQFG

6. Volkov, S.N. (2018). *Osnovnye napravleniya ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya v Rossiiskoi Federatsii na perspektivu: nauchno-prakticheskoe posobie* [Main directions of agricultural land use in the Russian Federation for the future: scientific and practical manual]. Moscow, State University of Land Use Planning, 344 p.

7. Rode, A.A. (1971). *Sistema metodov issledovaniya v pochvovedenii* [System of research methods in soil science]. Novosibirsk, Nauka, Sibirskoe otdelenie Publ., 92 p.

8. Saidalina, K.K., Dobrotvorskaya, N.I. (2021). Ehkologicheskie problemy zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya [Ecological problems of agricultural lands]. *Regulirovanie zemel'no-imushchestvennykh otnoshenii v Rossii: pravovoe i geoprostranstvennoe obespechenie, otsenka nedvizhimosti, ehkologiya, tekhnologicheskie resheniya* [Regulation of land and property relations in Russia: legal and geospatial support, real estate valuation, ecology, technological solutions], no. 3, pp. 86-89. doi: 10.33764/2687-041X-2021-3-86-89

9. Permyakova, L.V., Yurlova, A.A. (2022). Otsenka prigodnosti zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya Golyshmanovskogo GO Tyumenskoi oblasti [Assessment of the suitability of agricultural lands of the Golyshmanovsky GO of the Tyumen region]. *Uspekhi molodezhnoi nauki v agropromyshlennom komplekse: sbornik trudov LVII Studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Tyumen', 30 noyabrya 2022 g.* [Achievements of youth science in the agro-industrial complex: collection of works of the LVII Student scientific and practical conference, Tyumen, November 30, 2022]. Tyumen, State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, pp. 499-511. EDN STRJXA

10. Simakova, T.V., Simakov, A.V. (2021). Monitoring of the condition and use of land in settlements (on the example of the city of Tchaikovsky, Perm Krai). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, June 20-21, 2021*. Ussurijsk, p. 042039. doi: 10.1088/1755-1315/937/4/042039. EDN PJLZCW

11. Volkov, S.N., Vershinin, V.V., Cherkashina, E.V., Cherkashin, K.I. (2014). Obosnovanie vidov razreshennogo ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya [Justification of the types of permitted use of agricultural land]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 6, pp. 3-9. EDN SXVXTZ

12. Simakov, A.V., Simakova, T.V., Evtushkova, E.P. i dr. (2022). *GIS-tekhnologii v zemleustroistve i kadastre* [GIS technologies in land management and cadaster]. Tyumen, Tyumen State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 254 p.

13. Khlebnikova, T.A., Gorobtsov, S.R. (2018). *Modelirovanie i prostranstvennyi analiz v GIS. Tsifrovoe modelirovanie rel'efa v GIS «Panorama»: uchebno-metodicheskoe posobie* [Modeling and spatial analysis in GIS digital terrain modeling in the "Panorama" GIS: teaching aid]. Novosibirsk, Siberian State University of Geosystems and Technologies, 68 p. ISBN 978-5-907052-17-8

14. Chekalin, S.I. (2020). *Geodeziya v marksheiderskom dele: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Geodesy in mine surveying: university textbook]. Moscow, Akademicheskii proekt Publ., 543 p. ISBN 978-5-8291-2973-6

15. Shpedt, A.A., Nikitina, V.I. (2008). *Agrokhimicheskie svoistva chernozema i produktivnost' zernovykh kul'tur v usloviyakh mikrorel'efa* [Agrochemical properties of chernozem and grain crop productivity under micro-relief conditions]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Agrarian University, pp. 36-37.

Информация об авторах:

Симаков Антон Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5974-7449, a.v.simakov@utmn.ru
Симакова Тамара Владиславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8700-4674, simakova.tamara@mail.ru
Евтушкова Елена Павловна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой землеустройства и кадастров,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7352-0248, e.p.evtushkova@utmn.ru
Ямова Анна Анатольевна, старший преподаватель кафедры землеустройства и кадастров,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2788-3467, a.a.iamova@utmn.ru
Юрина Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров,
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-3412-8864, t.a.iurina@utmn.ru
Конушина Елена Юрьевна, старший преподаватель кафедры землеустройства и кадастров,
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-7511-826X, e.i.konushina@utmn.ru

Information about the authors:

Anton V. Simakov, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of land management and cadastre,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5974-7449, a.v.simakov@utmn.ru
Tamara V. Simakova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of land management and cadastre,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8700-4674, simakova.tamara@mail.ru
Elena P. Evtushkova, candidate of agricultural sciences, head of the department of land management and cadastre,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7352-0248, e.p.evtushkova@utmn.ru
Anna A. Yamova, senior lecturer of the department of land management and cadastre,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2788-3467, a.a.iamova@utmn.ru
Tatyana A. Yurina, candidate of biological sciences, associate professor of the department of land management and cadastre,
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-3412-8864, t.a.iurina@utmn.ru
Elena Yu. Konushina, senior lecturer of the department of land management and cadastre,
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-7511-826X, e.i.konushina@utmn.ru

✉ **simakova.tamara@mail.ru**