

Санкт-Петербургский государственный университет

КОСПОЛОВ Антон Валерьевич

Выпускная квалификационная работа

**МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ МЕТОДАМИ ЦИФРОВОЙ
АЭРОФОТОСЪЕМКИ И ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ**

Бакалавриат:

Направление 21.02.03 «Землеустройство и кадастры»

Образовательная программа «Кадастр недвижимости: оценка и информационное
обеспечение»

Научный руководитель: к. г. н.,
Доцент АЛИЕВ Тахир Аскерович

Рецензент: начальник
технологического отдела
АО «Аэрогеодезия»
ГАВРИЛОВА Ирина Петровна

Санкт-Петербург
2022

Аннотация. В данной работе проводится исследование возможности применения данных лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки для осуществления мониторинга объектов недвижимости. Продемонстрированы преимущества лазерного сканирования как метода, позволяющего получить наибольшее количество информации об объектах недвижимости. Описан процесс обработки материалов лазерного сканирования и аэрофотосъемки. Предлагается ввести механизм осуществления мониторинга объектов капитального строительства, который вместе с государственным мониторингом земель сформирует систему государственного мониторинга объектов недвижимости.

Ключевые слова: мониторинг объектов недвижимости, цифровая аэрофотосъемка, лазерное сканирование, цифровой ортофотоплан, точки лазерного отражения.

Annotation. In this paper, a study is being conducted on the possibility of using laser scanning and digital aerial photography data to monitor real estate objects. The advantages of laser scanning as a method for obtaining the greatest amount of information about real estate objects have been demonstrated. The process of processing of laser scanning and aerial photography materials is described. It is proposed to introduce a mechanism for monitoring capital construction objects, which, together with the State monitoring of land, will form a system of State monitoring of real estate.

Keywords: real estate monitoring, digital aerial photography, laser scanning, digital orthophotoplan, laser reflection points.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ. ПОНЯТИЕ И ВИДЫ	7
1.1. Классификация мониторинга объектов недвижимости.....	7
1.2. Государственный мониторинг земель	9
1.3. Мониторинг объектов капитального строительства. Техническая инвентаризация и технический учет.....	13
1.4. Способы и методы осуществления различных видов мониторинга недвижимости	16
1.5. Единая электронная картографическая основа РФ как источник геопространственных данных для мониторинга объектов недвижимости.....	18
ГЛАВА 2. ДАННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ: ВИДЫ И ИХ ОБРАБОТКА	21
2.1. Методы дистанционного зондирования Земли.....	21
2.2. Технологические процессы создания цифрового ортофотоплана.....	22
2.2.1. Подготовительные работы.....	22
2.2.2. Аэрофотосъемочные работы	22
2.2.3. Плано-высотная подготовка аэрофотоснимков	24
2.2.4. Фотограмметрические работы.....	25
2.2.5. Изготовление цифрового ортофотоплана	25
2.3. Воздушное лазерное сканирование. Создание облака точек лазерных отражений	37
2.3.1. Построение цифровой модели рельефа по данным ВЛС	39
2.3.2. Создание 3D-модели по данным ВЛС	41
2.4. Предельная достигаемая точность измерений ВЛС, МЛС, НЛС.....	42
ГЛАВА 3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ.....	44

3.1. Исследование возможности применения данных АФС и ВЛС для мониторинга объектов недвижимости.....	44
3.2. Применение НЛС и МЛС для мониторинга объектов недвижимости	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	56
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	57

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

1. ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли;
2. ЕГРН – единый государственный реестр недвижимости;
3. ГМЗ – государственный мониторинг земель;
4. ОКС – объекты капитального строительства;
5. БТИ – бюро технической инвентаризации;
6. ОТИ – организации технической инвентаризации;
7. ГКУ – государственный кадастровый учёт;
8. ГТУ – государственный технический учёт;
9. ЕЭКО – единая электронная картографическая основа;
10. ИСОГД – информационные системы обеспечения градостроительной деятельности;
11. АФС – аэрофотосъемка;
12. ЦОФП – цифровой ортофотоплан;
13. ВЛС – воздушное лазерное сканирование;
14. НЛС – наземное лазерное сканирование;
15. МЛС – мобильное лазерное сканирование;
16. ПВП – планово-высотная подготовка;
17. ФФПД – федеральный фонд пространственных данных;
18. ОТ – опорная точка;
19. КТ – контрольная точка;
20. ЦМР – цифровая модель рельефа;
21. ТЛО – точки лазерного отражения;
22. TIN - Triangulation Irregular Network;
23. ЦММ – цифровая модель местности;
24. ИЖС – индивидуальное жилищное строительство

ВВЕДЕНИЕ

Лазерное сканирование является одним из самых современных и динамично развивающихся методов, применяемых для съемки местности. Как по отдельности, так и в комплексе с цифровой аэрофотосъемкой, лазерное сканирование позволяет получить множество характеристик объектов недвижимости с высокой точностью.

Актуальность данной квалификационной работы обосновывается необходимостью поддержания функционирования Единого государственного реестра недвижимости путём обновления имеющихся в реестре сведений, добавления информации об ещё неучтенных объектах, исправления реестровых ошибок. Для этих целей необходимо осуществление мониторинга объектов недвижимости, который может реализовываться прогрессивными методами, такими как лазерное сканирование и цифровая аэрофотосъемка.

Целями выпускной квалификационной работы являются исследование возможности применения цифровой аэрофотосъемки и лазерного сканирования для осуществления мониторинга объектов недвижимости, а также изучение научной литературы и нормативно-правовой базы по данной теме.

Для реализации данных целей работы были сформулированы следующие задачи:

- изучение нормативно-правовой базы мониторинга объектов недвижимости;
- составление классификации мониторинга объектов недвижимости;
- анализ нормативно-правовых актов в области ДЗЗ;
- исследование процессов технологической обработки данных ДЗЗ;
- изучение возможности применения ДЗЗ для различных видов мониторинга объектов недвижимости;
- выявление преимуществ использования ДЗЗ при осуществлении мониторинга объектов недвижимости.

ГЛАВА 1. МОНИТОРИНГ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ. ПОНЯТИЕ И ВИДЫ

1.1. Классификация мониторинга объектов недвижимости

Перечень объектов, которые признаются недвижимостью, установлен Гражданским кодексом Российской Федерации. Согласно статье 130 ГК РФ, к недвижимым вещам относятся земельные участки, участки недр и все, что прочно связано с землей, то есть объекты, перемещение которых без несоразмерного ущерба их назначению невозможно, в том числе здания, сооружения, объекты незавершенного строительства. Недвижимостью, в том числе являются жилые и нежилые помещения, а также части зданий или сооружений, а также предназначенные для размещения транспортных средств части зданий или сооружений (машино-места), если границы таких помещений, частей зданий или сооружений описаны в установленном законодательством о государственном кадастровом учете порядке [1].

В соответствии с Федеральным законом от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости», указанные ранее объекты подлежат государственному кадастровому учёту, в ходе которого, сведения о таких объектах вносятся в Единый государственный реестр недвижимости [3].

ЕГРН представляет собой свод достоверных систематизированных сведений об учтенных объектах недвижимости и зарегистрированных на такие объекты правах.

Достоверность вносимых в ЕГРН сведений должна обеспечиваться проведенными на объектах недвижимости кадастровыми работами, результатом которых является либо технический план (если объектом кадастровых работ являлся объект капитального строительства), либо межевой план (если объектом кадастровых работ являлся земельный участок).

Однако, с течением времени, различные параметры объектов недвижимости могут быть изменены, вследствие чего, сведения, содержащиеся в ЕГРН, будут не соответствовать фактическим характеристикам таких объектов.

Данная проблема может быть решена путём создания системы государственного мониторинга объектов недвижимости – регулярного обследования объектов недвижимости на предмет изменения их характеристик, описанных в ЕГРН.

В настоящее время, в России существует мониторинг технического состояния зданий и сооружений, регламентированный межгосударственным стандартом ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического

состояния» [15]. Однако, данный мониторинг не предназначен для актуализации содержащихся в ЕГРН сведений.

Земельный кодекс Российской Федерации вводит понятие государственного мониторинга земель [2], в ходе которого производится обследование земельных участков и актуализация сведений о них. При этом, законодательстве РФ, отсутствует механизм осуществления подобного мониторинга в отношении объектов капитального строительства.

Таким образом, на сегодняшний момент осуществляется систематическая актуализация сведений в ЕГРН только о землях и земельных участках, за счёт существующего ГМЗ. В свою очередь, проблема обновления сведений об объектах капитального строительства остается нерешенной. Именно поэтому стоит рассмотреть вопрос создания государственного мониторинга недвижимости, который мог бы состоять из ГМЗ и мониторинга объектов капитального строительства [22].

В зависимости от вида объекта недвижимости мониторинг можно бы было классифицировать следующим образом:

- государственный мониторинг земель (уже действующий в настоящий момент);
- мониторинг объектов капитального строительства;
- мониторинг жилых и нежилых помещений, машино-мест.

При этом в настоящее время в отношении земель и земельных участков введены механизмы осуществления государственного земельного надзора, муниципального и общественного земельного контроля. В отношении объектов незавершенного строительства проводятся строительный контроль и государственный строительный надзор.

В общем виде, систему государственного мониторинга объектов недвижимости можно представить следующим образом (Рис.1):

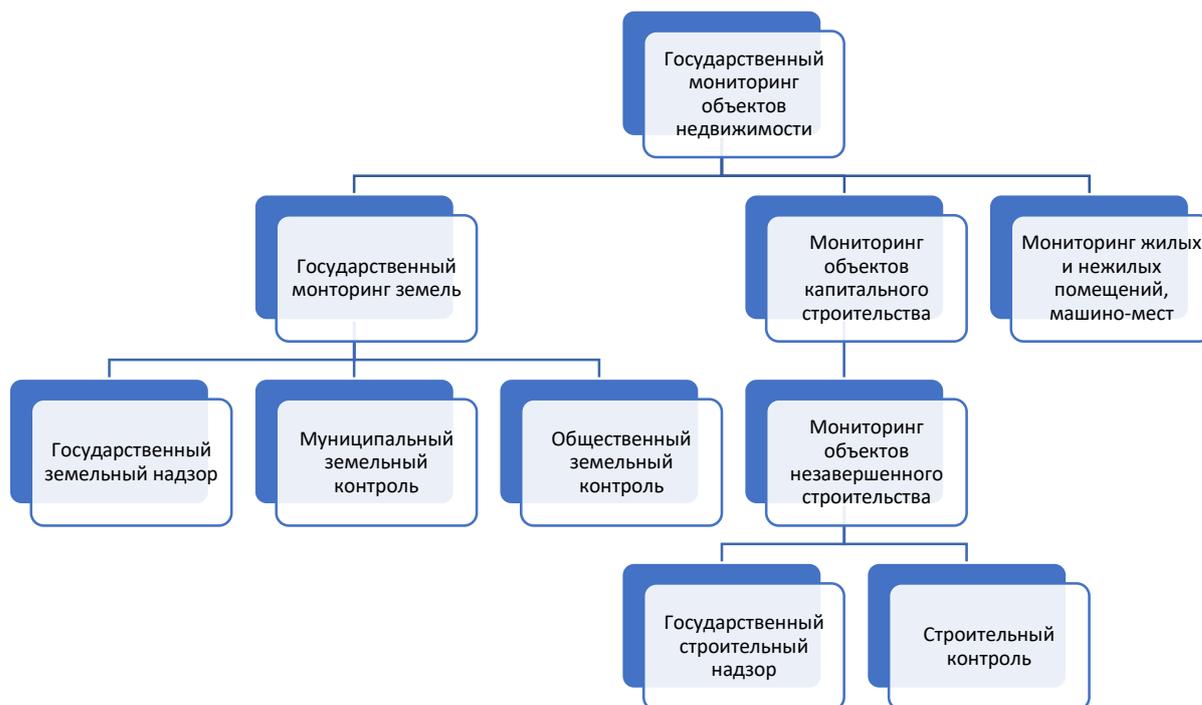


Рис.1. Система государственного мониторинга объектов недвижимости

1.2. Государственный мониторинг земель

Впервые положение о мониторинге земель в Российской Федерации было утверждено Постановлением Правительства от 15 июня 1992 года № 491 «О мониторинге земель» [7]. Данное Положение принималось в рамках проходившей в 90-х годах 20-го века земельной реформы. Согласно Положению, мониторинг земель, будучи системой наблюдений за состоянием земельного фонда для своевременного выявления изменений, их оценки, предупреждения и устранения последствий негативных процессов, стал частью мониторинга за состоянием окружающей природной среды.

Мониторинг земель состоял из подсистем, соответствующих семи категориям земель (мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, мониторинг земель населенных пунктов и так далее).

К основным задачам мониторинга земель 1992 года относились:

- своевременное выявление изменений состояния земельного фонда, их оценка, прогноз и выработка рекомендаций по предупреждению и устранению последствий негативных процессов;

- информационное обеспечение государственного земельного кадастра, рационального землепользования и землеустройства, контроля за использованием и охраной земель.

Далее, в соответствии с принятым в 2001 году Земельным кодексом Российской Федерации, Постановлением Правительства от 28 ноября 2002 года № 846 было утверждено Положение об осуществлении государственного мониторинга земель [8]. Таким образом, мониторинг земель получил государственный статус, ведение которого было доверено Федеральной службе земельного кадастра России.

В настоящий момент, базовые положения о государственном мониторинге земель закреплены в статье 67 Земельного кодекса [2]. Согласно пункту 1 данной статьи, ГМЗ является частью государственного экологического мониторинга, и определяется как система наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получение достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородия почв.

Объектами государственного мониторинга земель являются земли Российской Федерации всех категорий.

В то же время, абзац четвертый 3 пункта статьи 67 предусматривает регулирование осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения Федеральным законом от 16 июля 1998 года № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» [2] (далее Федеральный закон № 101-ФЗ).

Таким образом, государственный мониторинг земель подразделяется на собственно сам ГМЗ, проводимый в отношении несельскохозяйственных земель, а также на его составную часть – государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения.

Пункт 5 статьи 67 Земельного кодекса закрепляет за уполномоченным Правительством РФ федеральным органом исполнительной власти полномочия по утверждению Порядка осуществления ГМЗ [2].

Уполномоченным органом, осуществляющим государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, является Министерство сельского хозяйства РФ. Мониторинг земель других категорий осуществляется Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр).

Порядок осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения утвержден Приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 24 декабря 2015 года № 664 [10], государственного мониторинга земель остальных категорий – Приказом Министерства экономического развития РФ от 26 декабря 2014 года № 852 [11].

С 1 марта 2022 года в силу вступили изменения Федерального закона № 101-ФЗ [4], в соответствии с которыми настоящий закон был дополнен статьей 15.1 о государственном реестре земель сельскохозяйственного назначения. Согласно данной статье, сведения, полученные в ходе государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, являются источниками сведений государственного реестра [4].

Следующие положения соответствуют как ГМЗ сельскохозяйственного назначения, так и ГМЗ других категорий.

Согласно статье 67 настоящего кодекса, задачами ГМЗ являются:

– своевременное выявление изменений состояния земель, оценка и прогнозирование этих изменений, выработка предложений о предотвращении негативного воздействия на земли, об устранении последствий такого воздействия;

– обеспечение органов государственной власти информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель в целях реализации полномочий данных органов в области земельных отношений, включая реализацию полномочий по государственному земельному надзору;

– обеспечение органов местного самоуправления информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель в целях реализации полномочий данных органов в области земельных отношений, в том числе по муниципальному земельному контролю;

– обеспечение юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель.

Структура государственного мониторинга земель представлена на рисунке 2.

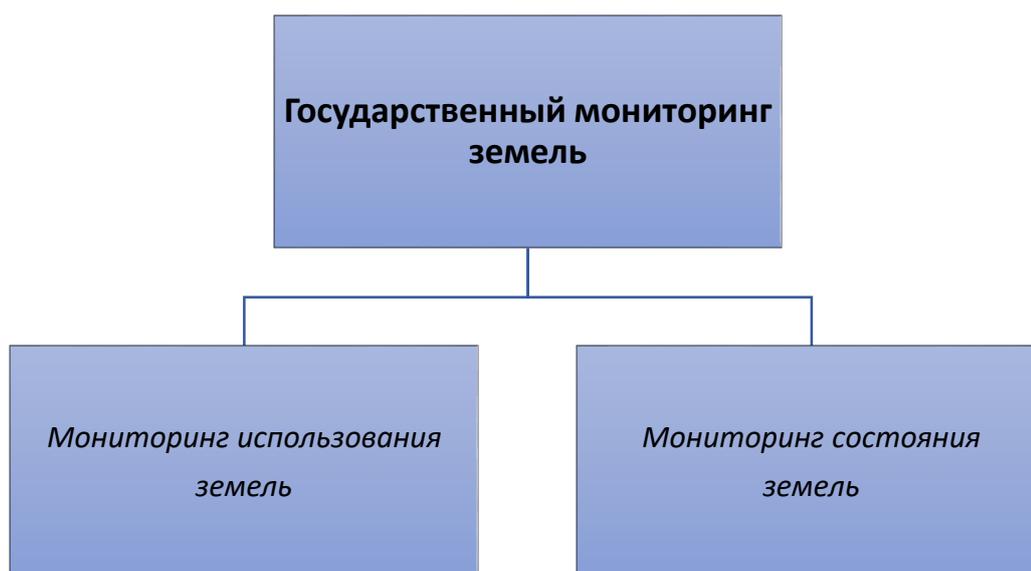


Рис.2. Структура государственного мониторинга земель

Мониторинг использования земель предназначен для получения информации об использовании земель и земельных участков в соответствии с их целевым назначением. Данные такого мониторинга применяются при осуществлении государственного земельного надзора для обеспечения органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и граждан информацией об использовании земель.

В ходе мониторинга состояния сельскохозяйственных земель исследуется плодородие почв, проводится учет состояния плодородия почв, выявляются количественные характеристики изменения площадей земель и земельных участков, видов сельскохозяйственных угодий.

При проведении мониторинга состояния земель других категорий осуществляется исследование на предмет изменения качественных характеристик их состояния под воздействием различных негативных процессов, выявляются количественные характеристики изменения площадей земель и земельных участков различных категорий, видов разрешенного использования и видов земельных угодий.

В ходе проведения ГМЗ всех категорий осуществляются различные виды наблюдений. Их классификация приведена в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Виды наблюдений, осуществляемые при мониторинге земель

Вид наблюдений	ГМЗ сельскохозяйственных земель	ГМЗ других категорий земель
Базовые	Система мероприятий по сбору и обработке информации за состоянием сельскохозяйственных земель с использованием наземных наблюдений и (или) данных дистанционного зондирования Земли	Проводятся для получения данных об использовании и состоянии земель на момент начала осуществления государственного мониторинга земель

Продолжение табл. 1

Периодические	Система мероприятий по сбору и обработке информации за состоянием сельскохозяйственных земель, в том числе их фактическом использовании, и состоянием почв, проводимых не реже одного раза в 5 лет с использованием наземных наблюдений и (или) данных дистанционного зондирования Земли	Проводятся для получения данных об использовании и состоянии земель за период 3 лет
Оперативные	Система мероприятий по сбору и обработке информации о текущем состоянии и использовании сельскохозяйственных земель, проводимых не реже одного раза в год (в период вегетации сельскохозяйственных культур) с использованием наземных наблюдений и (или) данных дистанционного зондирования Земли	Проводятся для получения данных об использовании и состоянии земель на текущий момент

1.3. Мониторинг объектов капитального строительства. Техническая инвентаризация и технический учет

В настоящий момент в России отсутствует единый механизм мониторинга объектов капитального строительства. Имеющийся государственный мониторинг земель не предусматривает обследование объектов недвижимости, находящихся на земельных участках. В связи с чем, существует проблема актуализации сведений об ОКС в ЕГРН.

До 1 января 2013 года в отношении объектов капитального строительства осуществлялся государственный технический учёт.

Технический учет объектов недвижимости представляет собой систему сбора, документирования, обработки, обобщения (систематизации) и хранения информации о зданиях и сооружениях всех видов, полученной в результате проведения их технической инвентаризации, для целей удостоверения государством факта их возникновения, существования или прекращения существования. То есть источником сведений для

технического учёта объектов недвижимости является проведенная в отношении них техническая инвентаризация [21].

Техническая инвентаризация – это получение информации о местоположении, количественном и качественном составе, техническом состоянии, уровне благоустройства, стоимости и принадлежности объектов технического учета, а также изменении этих показателей во времени, путем их систематического обследования [21].

Порядок осуществления государственного технического учета и технической инвентаризации объектов капитального строительства был установлен Постановлением Правительства РФ от 4 декабря 2000 года № 921 [9].

Объектом технического учета и технической инвентаризации является инвентарный объект. Инвентарным объектом может быть:

- единый недвижимый комплекс;
- отдельно расположенное здание, строение или сооружение;
- часть здания или сооружения;
- внутреннее помещение;
- объект незавершенного строительства.

Согласно Постановлению [9], к задачам технического учета и технической инвентаризации относятся:

- обеспечение полной объективной информацией органов государственной власти, на которые возложен контроль за осуществлением градостроительной деятельности;
- формирование в целях совершенствования планирования развития территорий и поселений обобщенной информационной базы об объектах капитального строительства и их территориальном распределении;
- обеспечение полноты и достоверности сведений о налоговой базе;
- информационное обеспечение функционирования системы государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним и государственного кадастра недвижимости;
- сбор и предоставление сведений об объектах капитального строительства для проведения государственного статистического учета.

Техническая инвентаризация осуществляется государственными и муниципальными бюро технической инвентаризации, имеющими аккредитацию Росреестра. При этом, с 1 января 2013 года аккредитация новых организаций для проведения технического учета и технической инвентаризации не осуществляется.

Техническую инвентаризацию ОКС подразделяют на первичную и техническую инвентаризацию изменений характеристик ОКС. Аналогичное разделение существует и для технического учёта.

Первичный технический учёт ОКС осуществлялся по результатам первичной технической инвентаризации для объектов, введенных в эксплуатацию до 1 марта 2008 года. В отношении объектов, введенных в эксплуатацию после 1 марта 2008 года и имевших проектную документацию, первичный государственный технический учёт мог осуществляться без проведения первичной технической инвентаризации.

В случае изменения технических или качественных характеристик ОКС, вызванных перепланировкой, реконструкцией, переоборудованием, переустройством, разрушением или сносом, на основании заявления заинтересованного лица проводилась техническая инвентаризация изменений характеристик таких объектов, по результатам которой осуществлялся государственный технический учёт таких изменений.

Результатом технической инвентаризации является оформленный для объекта недвижимости технический паспорт, который содержит данные о местоположении, собственнике, границах, составе, назначении, использовании, технических характеристиках, стоимости, состоянии объекта.

Актуализация сведений государственного технического учета также обеспечивалась проведением плановой технической инвентаризации не реже одного раза в пять лет.

С 1 января 2013 года были внесены изменения в Федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» (в настоящее время – «О кадастровой деятельности») [5], полномочия по учёту объектов недвижимости перешли от ОТИ к кадастровым палатам, в результате чего государственный технический учёт ОКС был заменён на кадастровый. С этой же даты все нормативно-правовые акты о техническом учете и технической инвентаризации больше не применяются.

Изготовленные после 1 января 2013 года технические паспорта не применяются для постановки объектов недвижимости на государственный кадастровый учёт, а паспорта, изготовленные до этой даты являются основанием для создания технического плана – документа, необходимого для постановки ОКС на ГКУ.

Через осуществление плановой технической инвентаризации, по сути, реализовывался механизм мониторинга объектов капитального строительства на предмет как их технического состояния, так и актуальности учтённых о таких объектах сведений.

Государственный кадастровый учёт, будучи действующей системой государственного учёта объектов недвижимости, не сумел перенять все механизмы,

работающие ранее при осуществлении государственного технического учёта. В табл. 2 приведено сравнение ГТУ и ГКУ.

ТАБЛИЦА 2

Сравнение ГТУ и ГКУ

	Государственный технический учёт	Государственный кадастровый учёт
Определяемая стоимость	Инвентаризационная стоимость	Кадастровая стоимость
Присваиваемый номер	Инвентаризационный номер	Кадастровый номер
Создаваемый для ОКС документ	Технический паспорт	Технический план
Способ получения сведений об объекте для постановки на учёт	Первичная техническая инвентаризация	Выполнение кадастровых работ для подготовки технического плана
Способ получения информации об изменении характеристик объекта	Техническая инвентаризация изменений характеристик	Государственный кадастровый учёт изменений
Механизм систематического мониторинга характеристик ОКС	Плановая техническая инвентаризация	-

Иными словами, если для актуализации данных технического учёта существовала плановая техническая инвентаризация, то для государственного кадастра недвижимости подобная процедура не создана до сих пор.

Поэтому, целесообразно ввести аналог плановой технической инвентаризации для актуализации сведений ГКУ об объектах капитального строительства, содержащихся в ЕГРН.

1.4. Способы и методы осуществления различных видов мониторинга недвижимости

Приказ Министерства экономического развития РФ от 26 декабря 2014 года № 852 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения» [11] описывает способы, с

помощью которых возможно получение необходимых для мониторинга несельскохозяйственных земель сведений. К таким способам относятся:

- а) дистанционное зондирование (съемки и наблюдения с космических аппаратов, самолетов, с помощью средств малой авиации и других летательных аппаратов);
- б) сети постоянно действующих полигонов, эталонных стационарных и иных участков;
- в) наземные съемки, наблюдения и обследования (сплошные и выборочные);
- г) сведения, содержащиеся в государственном кадастре недвижимости;
- д) землеустроительная документация;
- е) материалы инвентаризации и обследования земель, утвержденные в установленном порядке;
- ж) сведения о количестве земель и составе угодий, содержащиеся в актах органов государственной власти и органов местного самоуправления;
- з) данные, представленные органами государственной власти и органами местного самоуправления;
- и) результаты обновления картографической основы (результаты дешифрирования ортофотопланов или сведений топографических карт и планов);
- к) данные государственного лесного реестра, а также лесохозяйственные регламенты лесничеств (лесопарков).

В свою очередь, для мониторинга сельскохозяйственных земель подобные способы указаны в Приказе Министерства сельского хозяйства РФ от 24 декабря 2015 года № 664 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения» [10]. К таким способам относятся сети тестовых (валидационных) полигонов, а также перечисленные для мониторинга несельскохозяйственных земель способы, указанные в подпунктах: «а», «в», «д», «ж», «з», «и».

Методы определения координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов капитального строительства установлены Приказом Росреестра от 23 октября 2020 года № П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требования к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места» [12]. К ним относятся:

- 1) геодезический;

- 2) спутниковых геодезических измерений;
- 3) комбинированный (сочетание геодезического метода и метода спутниковых геодезических измерений);
- 4) фотограмметрический;
- 5) картометрический;
- 6) аналитический.

Фотограмметрический метод реализуется путём применения дистанционного зондирования Земли.

Таким образом, нормативно-правовые акты в области регулирования государственного мониторинга земель, а также в области определения координат характерных точек границ земельных участков и контуров ОКС позволяют использовать дистанционное зондирование земли для сбора необходимых сведений об объектах недвижимости.

1.5. Единая электронная картографическая основа РФ как источник геопространственных данных для мониторинга объектов недвижимости

В соответствии со статьей 20 Федерального закона от 30.12.2015 № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [6] в России создана единая электронная картографическая основа.

Согласно Приказу Росреестра от 22 апреля 2019 года № П/0160 полномочиями по созданию и обновлению [13], обеспечению мониторинга актуальности ЕЭКО, а также правомочиями обладателя сведений ЕЭКО наделено ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных».

Цель создания ЕЭКО заключается в обеспечении органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц пространственными данными [6].

В настоящее время, ЕЭКО находится в стадии формирования, на 1 января 2022 года обеспеченность сведений составляет 37,3% [26].

Источниками сведений ЕЭКО являются государственные фонды пространственных данных (федеральные и региональные). Справочные сведения для функционирования картографической основы могут запрашиваться через межведомственное взаимодействие с ЕГРН и с информационными системами обеспечения градостроительной деятельности [27].

Приказом Министерства экономического развития РФ от 27 декабря 2016 года № 853 «Об установлении требований к составу сведений единой электронной

картографической основы и требований к периодичности их обновления» установлены следующие требования к составу сведений ЕЭКО:

– ЕЭКО является систематизированной совокупностью пространственных данных о территории РФ;

– сведения ЕЭКО не содержат информацию, относящуюся к государственной тайне;

– сведения ЕЭКО предоставляются в государственных системах координат, в местных системах координат, используемых при ведении ЕГРН, а также для использования в качестве справочного материала в международных системах координат;

– состав сведений ЕЭКО должен обеспечивать возможность предоставления указанных сведений в электронной форме в виде ортофотопланов масштабов:

1:2 000 и крупнее на территорию населенных пунктов;

1:10 000, 1:25 000 – на территории с высокой плотностью населения;

1:50 000 – на территории, не входящие в перечень территорий с высокой плотностью населения;

топографических карт и топографических планов следующих масштабов:

1:2 000, 1:10 000 - на части территорий населенных пунктов, на которые невозможно изготовление ортофотопланов открытого пользования, а также на иные части территорий населенных пунктов при наличии;

1:10 000, 1:25 000 - на территории с высокой плотностью населения;

1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:1 000 000 - на всю территорию Российской Федерации;

общегеографической карты масштаба 1:2 500 000 на всю территорию Российской Федерации.

– сведения ЕЭКО, представляемые в виде ортофотопланов, создаются на основе материалов дистанционного зондирования Земли, как правило, полученных путем аэросъемки;

– сведения ЕЭКО подлежат обновлению не позднее 6 месяцев с момента обновления государственных топографических карт, государственных топографических планов и ортофотопланов, содержащихся в федеральном фонде пространственных данных, но не реже чем один раз в десять лет.

Таким образом, методы ДЗЗ играют особо важную роль в формировании единой электронной картографической основы, так как на основании их материалов создаются ортофотопланы, которые входят в состав сведений ЕЭКО.

Сведения ЕЭКО могут стать источником геопропространственных данных для мониторинга объектов недвижимости. Материалы топографических карт и ортофотопланов

крупных масштабов пригодны для использования при осуществлении кадастровой и землеустроительной деятельности. ЕЖО может выступать как юридически значимая картографическая основа в информационных и геоинформационных системах для исполнения органами власти полномочий в установленных сферах деятельности [26].

ГЛАВА 2. ДАННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ: ВИДЫ И ИХ ОБРАБОТКА

2.1. Методы дистанционного зондирования Земли

Дистанционное зондирование Земли – процесс сбора информации о поверхности Земли с помощью съемочной аппаратуры, устанавливаемой на космические аппараты, воздушные суда и на наземные станции.

К методам ДЗЗ относятся: космическая съемка, аэрофотосъемка и лазерное сканирование.

Аэрофотосъемка осуществляется путём установки аэрофотокамеры как на пилотируемое воздушное судно, так и на беспилотное. Результатом съемки местности является набор аэрофотоснимков, которые подлежат дальнейшей обработке. Конечным результатом обработки снимков является цифровой ортофотоплан.

В свою очередь, лазерное сканирование подразделяется на воздушное, наземное и мобильное. Особенностью воздушного лазерного сканирования является возможность его выполнения одновременно с аэрофотосъемкой. В таком случае, на борт воздушного судна помимо аэрофотокамеры устанавливается лазерный сканер. Недостатком ВЛС является низкая подробность при съемке вертикальных плоскостей, таких как стены.

Наземное лазерное сканирование выполняется с наземных объектов или с грунта в дискретном режиме (с перестановкой прибора) [28]. НЛС применяется при съемке фасадов зданий и внутренних помещений, а также сложных сооружений. Недостатком является длительное время съемки.

Мобильное лазерное сканирование выполняется с наземного или водного носителя. Преимущественно применяется при съемке городских территорий. Недостатком МЛС является недоступность для съемки крыш объектов. Заборы и кусты рядом с носителем могут быть препятствием для сканирования [28].

Для взаимного устранения недостатков съемки с ВЛС, НЛС и МЛС могут быть совмещены.

Космическая съемка выполняется с установленного на космические аппараты съемочного оборудования. На сегодняшний день, российская орбитальная группировка дистанционного зондирования Земли состоит из космических аппаратов серий «Ресурс-П», «Канопус-В», «Электро-Л», «Арктика-М», «Метеор-М» [29].

Предельное пространственное разрешение съемки, достигаемое отечественными космическими аппаратами серии «Ресурс-П» составляет 1 м. Такое разрешение значительно

ограничивает круг задач, которые могут быть решены путём использования космической съемки для нужд мониторинга объектов недвижимости.

Данные космической съемки с аппаратов «Ресурс-П» применяются для мониторинга сельскохозяйственных земель, выявления незаконных вырубок леса, мониторинга состояния особо охраняемых природных территорий и т.д.

В рамках темы настоящей работы в качестве методов получения геопространственной информации для мониторинга объектов недвижимости рассматриваются аэрофотосъемка и лазерное сканирование.

2.2. Технологические процессы создания цифрового ортофотоплана

Технологический процесс создания ЦОФП предусматривает поэтапное выполнение следующих видов работ:

- подготовительные работы;
- составление проектов аэрофотосъемки и планово-высотной подготовки;
- планово-высотная подготовка аэрофотоснимков;
- аэрофотосъемочные работы;
- фотограмметрические работы по созданию ЦОФП;
- составление технического отчета.

2.2.1. Подготовительные работы

Подготовительные работы выполняются в три этапа:

– первый этап предусматривает сбор и изучение съемочных и картографических материалов, материалов ранее выполненных топографо-геодезических работ. Осуществляется заказ материалов в Федеральном фонде пространственных данных (ФФПД). Проводится анализ имеющихся материалов с точки зрения их актуальности, точности и возможности использования;

– на втором этапе выполняется определение границ создания ЦОФП необходимого масштаба на территорию района работ. Происходит согласование границ района работ с заказчиком ЦОФП;

– на третьем этапе определяется технология выполнения работ.

Если ЦОФП создается на территорию целого населенного пункта, то сведения о его границах заказываются из Единого государственного реестра недвижимости.

2.2.2. Аэрофотосъемочные работы

В зависимости от задач АФС предпочтение отдается одному из методов съемки:

- аэрофотосъемка с использованием пилотируемых воздушных судов;
- аэрофотосъемка с использованием беспилотных воздушных судов (БВС).

Совместно с аэрофотосъемкой может использоваться воздушное лазерное сканирование.

Аэрофотосъемка проводится в соответствии с требованиями нормативно-технических документов, таких как:

– ГКИНП-09-32-80. Основные положения по аэрофотосъёмке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов [16];

– ГОСТ Р 59328-2021. Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования [17];

– ГОСТ Р 58854-2020. Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомоделей застроенных территорий [18];

– ГОСТ Р 59562-2021. Съёмка аэрофототопографическая. Технические требования [19].

АФС с использованием беспилотного воздушного судна, как правило, применяется для съемки небольших по площади территорий и населенных пунктов с малоэтажной застройкой, а также при экономической нецелесообразности использования пилотируемого воздушного судна.

Проектирование аэросъёмки выполняется согласно требованиям, установленным техническим заданием на изготовление ЦОФП. В соответствии с п. 6.1.3. ГОСТ Р 59328-2021 требования к параметрам АФС должны включать следующее [17]:

– допустимое номинальное пространственное расширение цифрового аэрофотоснимка;

– требования к продольному и поперечному перекрытиям аэрофотоснимков;

– допустимые среднеквадратические погрешности координат центров проекции, полученных с помощью бортового ГНСС-приемника или блока определения положения и ориентации;

– система координат и система высот, в которой представляются результаты определения элементов внешнего ориентирования аэрофотоснимков;

– плотность точек лазерных отражений и требования к точности их пространственных координат, если вместе с АФС используется ВЛС;

– направление аэросъёмочных маршрутов: запад — восток, север — юг или другое, позволяющее оптимально (с наименьшими затратами) выполнять АФС съёмочных участков;

– другие требования.

Проектируемая высота фотографирования должна обеспечивать получение аэрофотоснимков с требуемым номинальным пространственным разрешением для используемой аэрофотокамеры.

АФС предпочтительно выполнять в беспаводковый период года, а также в период, когда уровень рек (др. водоемов) близок к уровню, определенному по многолетним наблюдениям (межень). При проведении съемки следует исключить наличие сезонного снежного покрова, облачности, дымки и других явлений, препятствующих выполнению фотограмметрической обработки и дешифрированию аэрофотоизображений.

2.2.3. Планово-высотная подготовка аэрофотоснимков

Планово-высотная подготовка аэрофотоснимков выполняется с целью получения данных, необходимых для внешнего ориентирования аэрофотоснимков, создания и контроля точности ЦОФП. В неё входят:

- геодезическое сопровождение АФС - определение высокоточных траекторных данных АФС (или ВЛС) и центров проекций аэрофотоснимков;
- определение координат и высот точек (опознаков) планово-высотной подготовки аэрофотоснимков, космических снимков и материалов ВЛС;
- составление абрисов опознаков.

Работы по ПВП аэрофотоснимков включают следующие этапы:

- подготовительные работы;
- полевые работы (как правило, спутниковые определения);
- камеральные работы (обработка результатов спутниковых наблюдений);
- составление отчётных материалов с результатами ПВП аэрофотоснимков.

Опознаки подразделяются на опорные и контрольные точки.

В зависимости от целей работ в качестве исходных могут служить пункты различных государственных сетей.

Основным результатом ПВП аэрофотоснимков являются:

- координаты и высоты ОТ и КТ в требуемой системе координат
- абрисы опознаков.

Опорные точки, определенные в результате ПВП, служат геодезической основой для создания ЦОФП. Все опорные точки определяются геодезическими методами.

Плотность опорных точек должна обеспечивать точность планового положения контуров ортофотопланов, регламентируемую требованиями «Инструкции по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов» (ГКИНП (ГНТА)-02-036-02) [20].

Опорные точки должны равномерно располагаться по всей территории фотограмметрического блока. На один общий фотограмметрический блок должно приходиться не менее пяти опорных точек, расположенных по углам и в центре блока.

Контрольные точки используются для контроля точности ЦОФП. В качестве контрольных могут выступать как опознаки, определенные геодезическими методами, так и точки сгущения фотограмметрической сети.

2.2.4. Фотограмметрические работы

В результате выполнения фотограмметрических работ создается цифровой ортофотоплан местности (ЦОФП). Выполнение работ по созданию ЦОФП осуществляется по следующей схеме:

- 1) входной контроль материалов АФС и ПВП;
- 2) построение и уравнивание сети фототриангуляции;
- 3) создание цифровой модели рельефа;
- 4) ортотрансформирование аэрофотоснимков с использованием ЦМР;
- 5) создание ортофотомозаики;
- 6) нарезка ортоизображений (создание ЦОФП) в требуемых масштабе и в системе координат;
- 7) формирование отчетных материалов;
- 8) контроль точности ЦОФП.

Изготовление ЦОФП происходит в специализированных программных продуктах, таких как Agisoft Metashape, PHOTOMOD и другие.

2.2.5. Изготовление цифрового ортофотоплана

Первым этапом изготовления ЦОФП является входной контроль материалов аэрофотосъемки и планово-высотной подготовки, в рамках которого осуществляется проверка:

- фотограмметрическое и фотографическое качество материалов АФС с целью оценки их пригодности для создания ЦОФП;
- проверяется плотность и равномерность распределения точек ПВП в районе работ, их читаемость на снимках (Рис.3), а также согласованность их координат и высот с координатами и высотами центров проекций снимков при построении фототриангуляции.

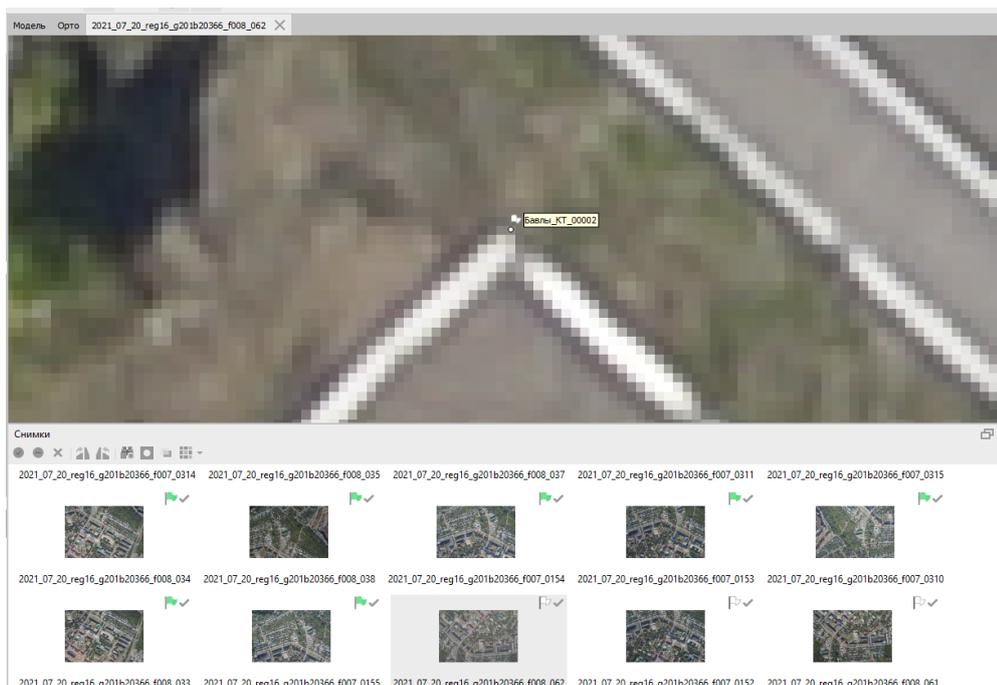


Рис.3. Проверка читаемости точки ПВП на снимке

Для сгущения опорной геодезической сети выполняется фототриангуляция. Фототриангуляция представляет собой метод определения планового и высотного положения точек местности по перекрывающимся аэрофотоснимкам.

Сгущение опорной геодезической сети выполняется путем построения блочных или маршрутных фотограмметрических сетей. При многомаршрутной, площадной аэросъемке формируются и уравниваются блочные сети [20].

В фотограмметрические сети включают пункты геодезических сетей и точки съемочного обоснования, а также опорные фотограмметрические точки, определяемые при построении фотограмметрических сетей по каркасным маршрутам; связующие точки, лежащие в зоне тройного перекрытия и другие [20].

Построение фотограмметрических сетей осуществляется при фактическом продольном перекрытии снимков порядка 60 % для маршрутных сетей, а для блочных – при таком же продольном, а также поперечном перекрытии порядка 30 % и более.

Создание сети фототриангуляции, при обработке данных АФС в специальном программном продукте, происходит путём выравнивания снимков. В процессе выравнивания (Рис.4) программа находит связующие точки снимков, элементы внутреннего и внешнего ориентирования.

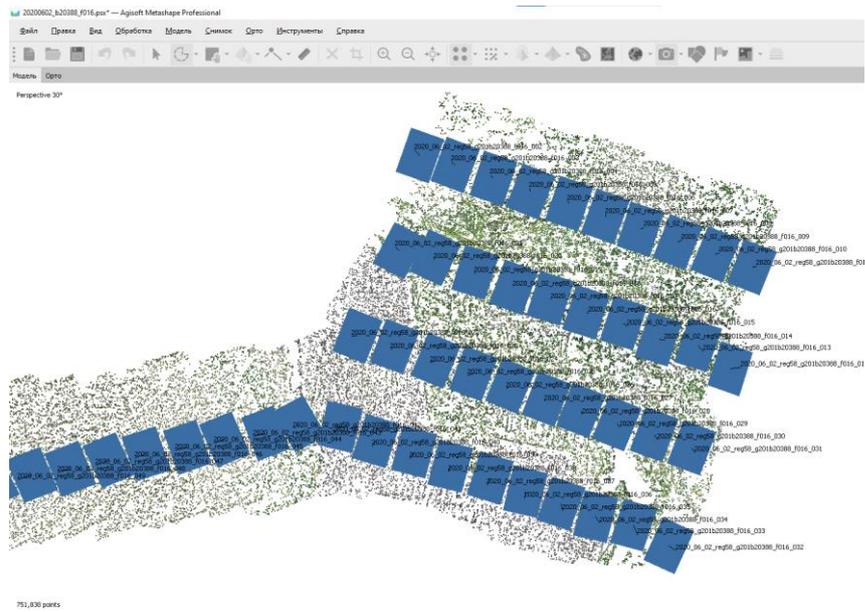


Рис.4. Выровненные аэрофотоснимки

Полученные в процессе выравнивания снимков связующие точки образуют разреженное облако точек (Рис.5).

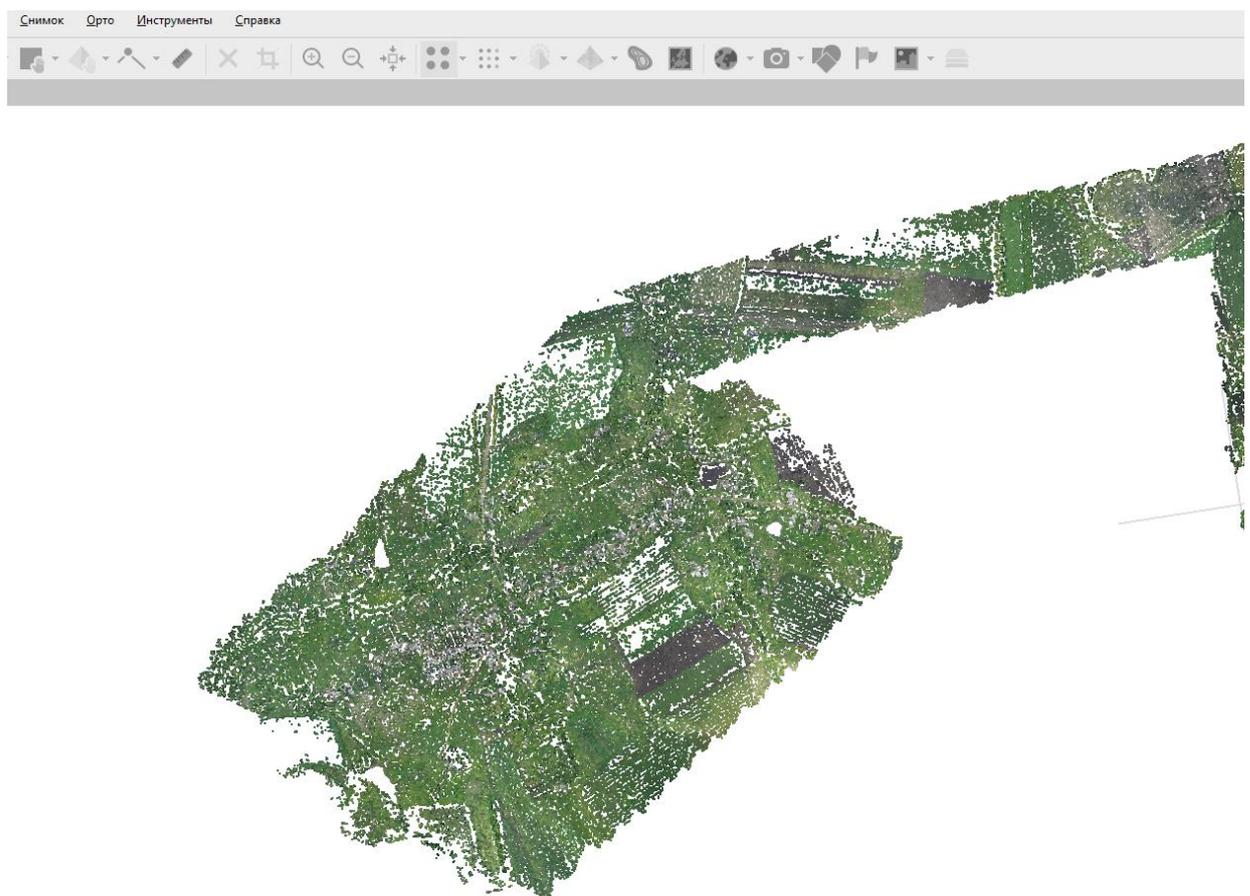


Рис.5. Разреженное облако точек

Для уточнения и корректировки полученных в процессе выравнивая значений внутренних и внешних элементов ориентирования снимков, а также устранения ошибок определения плановых координат и высот точек фототриангуляции, выполняется уравнивание сети фототриангуляции.

Уравнивание считается выполненным при соблюдении следующих условий:

- 1) среднее значение расхождений плановых координат, вычисленных по опорным точкам, не должно превышать 0,2 мм в масштабе ортофотоплана. Среднее значение расхождений плановых координат, вычисленных по контрольным точкам, не должно превышать 0,3 мм в масштабе ортофотоплана, а по общим точкам смежных блоков – 0,4 мм (Рис.6);
- 2) среднее значение остаточных расхождений высот на опорных точках, не должно превышать 0,3 допустимой средней квадратической погрешности (СКП) высоты точек цифровой модели рельефа. Среднее значение расхождений высот на контрольных точках не должно превышать 0,3 допустимой СКП определения высоты точек ЦМР, используемой для ортотрансформирования.

Маркеры	Восточное указ	Северное указа	Высота (м)	Точность (м)	Ошибка (м)	Проекции	Ошибка (пикс)
✓ Ворона_КТ_3518	395062.575000	5900847.027000	201.530000	0.005000	0.002113	8	0.533
✓ Пачелма_ОТ_0322	389749.469000	5900123.802000	210.595000	0.005000	0.001782	5	0.566
✓ Бельнь_КТ_21210	399252.235324	5900004.041001	223.730523	0.005000	0.002361	5	0.681
✓ Ворона_ОТ_0323	394759.027000	5902143.750000	216.430000	0.005000	0.003019	8	0.699
✓ Веденяпино_КТ_3516	401325.034000	5904293.854000	225.373000	0.005000	0.002272	6	0.730
✓ Врона_КТ_21212	394908.436461	5901278.601782	201.360469	0.005000	0.003212	7	0.766
✓ Бельнь_ОТ_0326	398665.141000	5899408.927000	234.006000	0.005000	0.003500	7	0.869
✓ Пачелма_ОТ_0321	389563.474000	5900371.889000	198.995000	0.005000	0.003572	7	0.888
✓ Веденяпино_КТ_21211	401248.812437	5904523.757057	218.633748	0.005000	0.004021	6	0.898
✓ Бельнь_КТ_3017	398987.262000	5899287.481000	240.093000	0.005000	0.004231	7	0.911
✓ Веденяпино_ОТ_0327	401092.935000	5904459.333000	219.397000	0.005000	0.001762	6	0.920
✓ Бельнь_ОТ_3014	399400.298000	5900090.630000	218.270000	0.005000	0.004324	6	0.941
✓ Бельнь_ОТ_0325	399004.102000	5899607.048000	239.320000	0.005000	0.003893	6	0.956
✓ Веденяпино_ОТ_0328	401102.942000	5904253.692000	225.245000	0.005000	0.003552	4	0.978
✓ Ворона_ОТ_3015	395361.412000	5902200.437000	221.411000	0.005000	0.005222	6	1.214
✓ Ворона_ОТ_0324	395059.164000	5901159.067000	191.651000	0.005000	0.005123	5	1.256
Итого							
Общая ошибка							
Опорные точки					0.003199		0.804
Контрольные точки							

Рис.6. Уравненные точки фототриангуляционной сети

Далее выполняется построение плотного облака точек. В процессе построения программа сначала вычисляет карты глубин для каждого снимка, а уже на их основании создаёт плотное облако точек (Рис.7). Плотное облако в дальнейшем используется для построения цифровой модели рельефа.

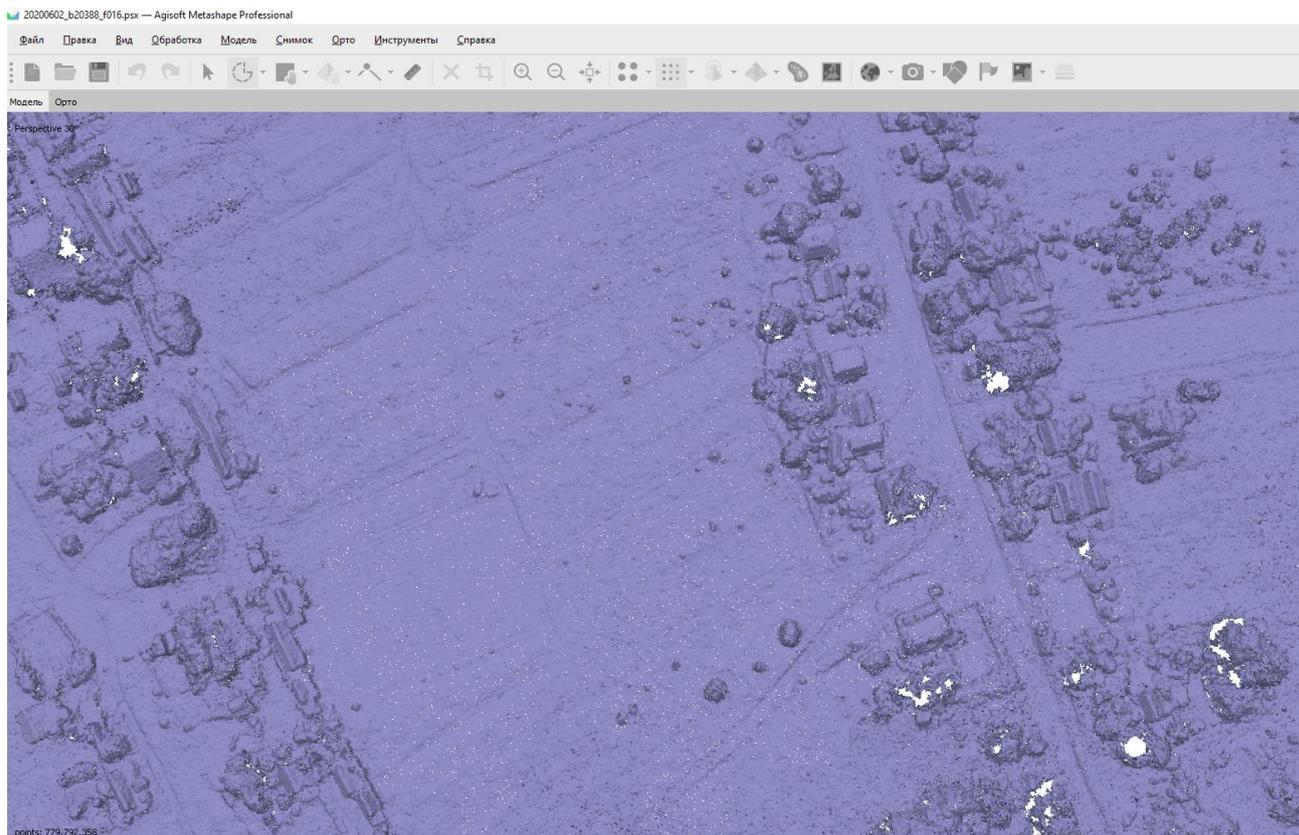


Рис.7. Плотное облако точек

Прежде чем построить ЦМР, необходимо произвести автоматическую классификацию плотного облака точек (Рис.8).

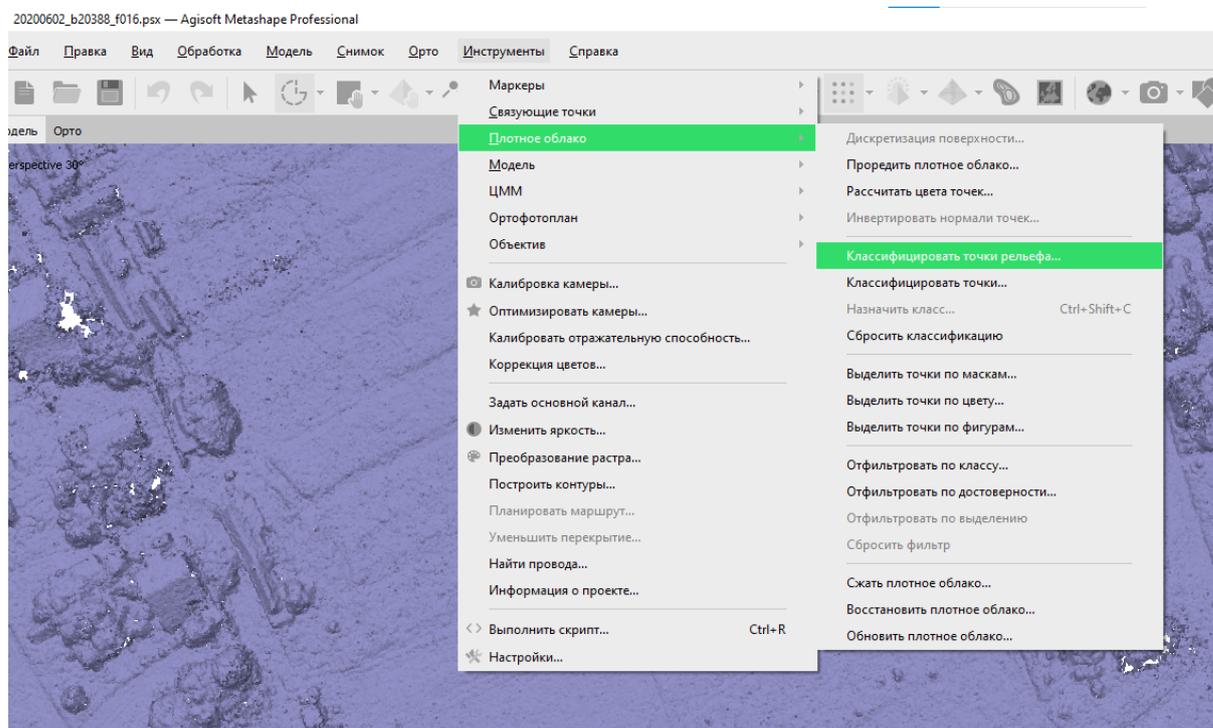


Рис.8. Классификация плотного облака точек

В параметрах классификации указываются классы, по которым необходимо осуществить классификацию плотного облака точек (Рис.9).

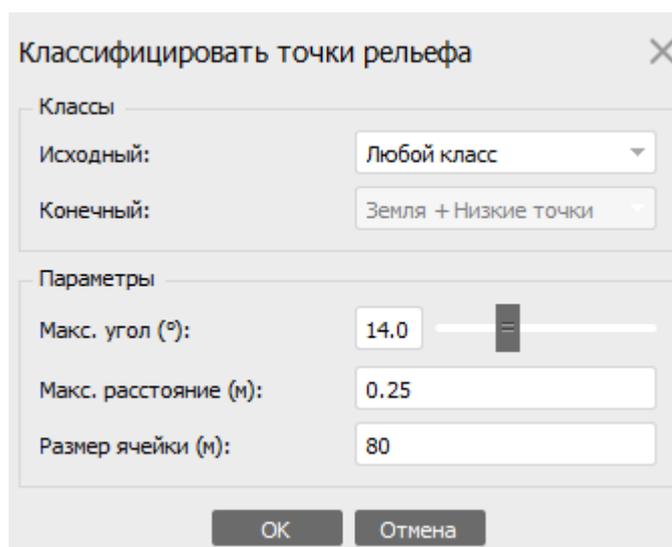


Рис.9. Параметры классификации плотного облака точек

Классификация присваивает класс «земля» точкам земной поверхности, а точки высотных объектов оставляет неклассифицированными (Рис.10).

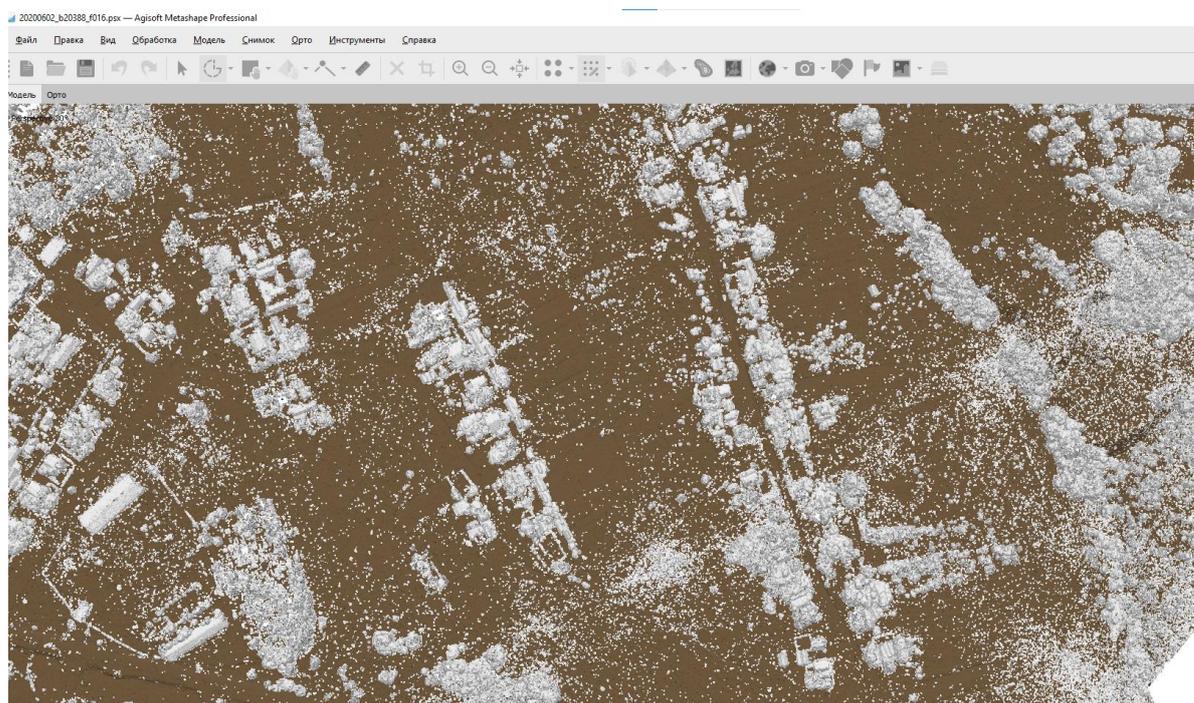


Рис.10. Результат классификации плотного облака (коричневым цветом обозначены точки земной поверхности, белым – высотных объектов)

После осуществления автоматической классификации плотного облака строится ЦМР. Зачастую, некоторые объекты ошибочно классифицируются программой как «земля», поэтому на ЦМР возникают шумы (Рис.11).

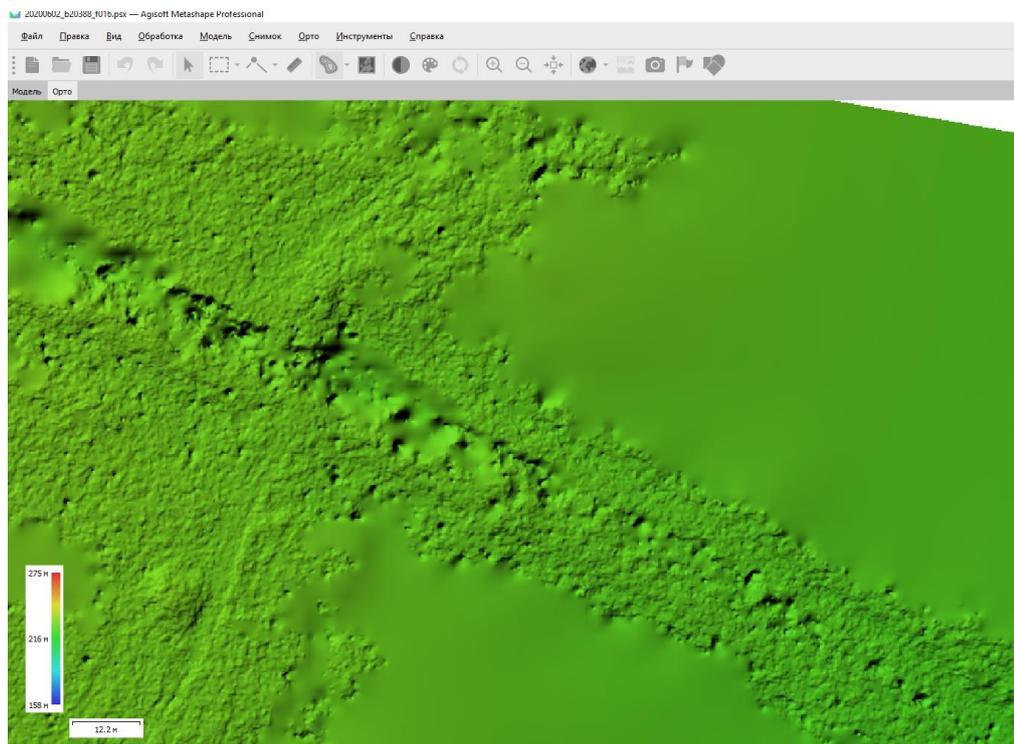


Рис.9. Шумы на ЦМР (выглядят как «ямы»)

Шумы на ЦМР приводят к некорректному ортотрансформированию снимков (Рис.12). Ортотрансформирование снимков представляет собой коррекцию изображения, в ходе которой устраняются искажения, вызванные особенностями рельефа, камеры и высоты съемки. Поэтому точность цифровой модели рельефа влияет на правильность ортотрансформирования снимков.

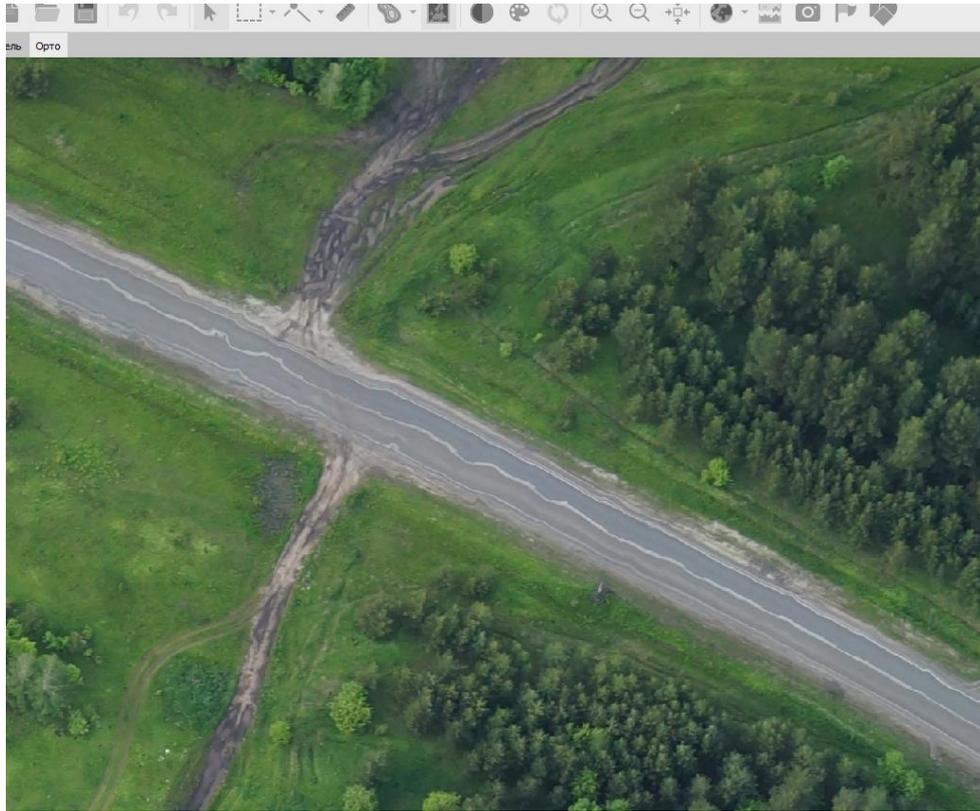


Рис.12. Результат некорректного ортотрансформирования аэрофотоснимка (искаженное отображение дорожной разметки)

В таких случаях возникает необходимость осуществления ручной классификации плотного облака (Рис.13).

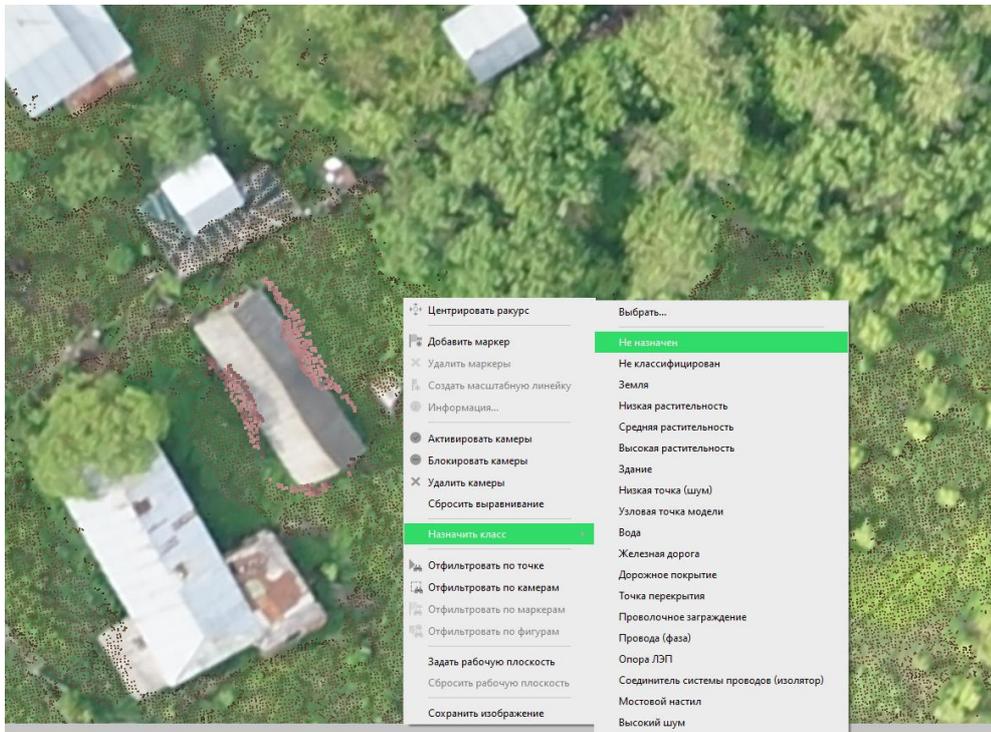


Рис.13. Ручная классификация плотного облака

При корректной классификации точек плотного облака ЦМР содержит шумы, не влияющие на качество ортотрансформирования снимков, либо не содержит шумы вообще (Рис.14).

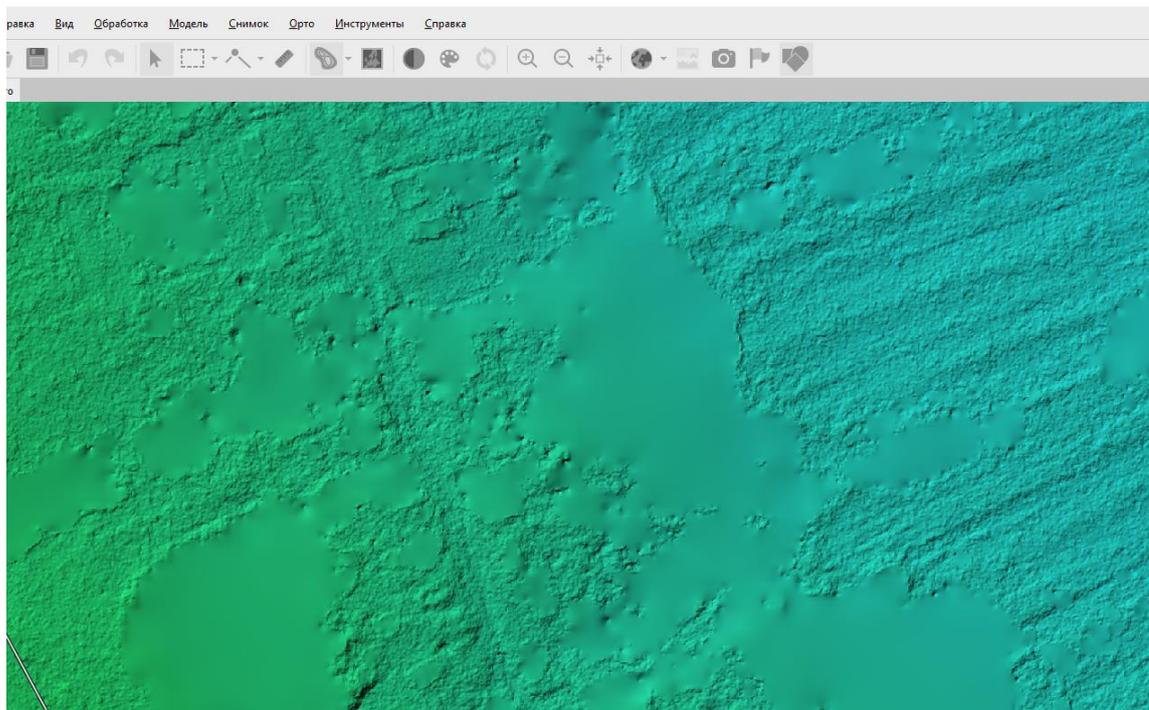


Рис.14. Пример «чистой» ЦМР

По «чищенной» ЦМР осуществляется ортотрансформирование снимков (Рис.15).

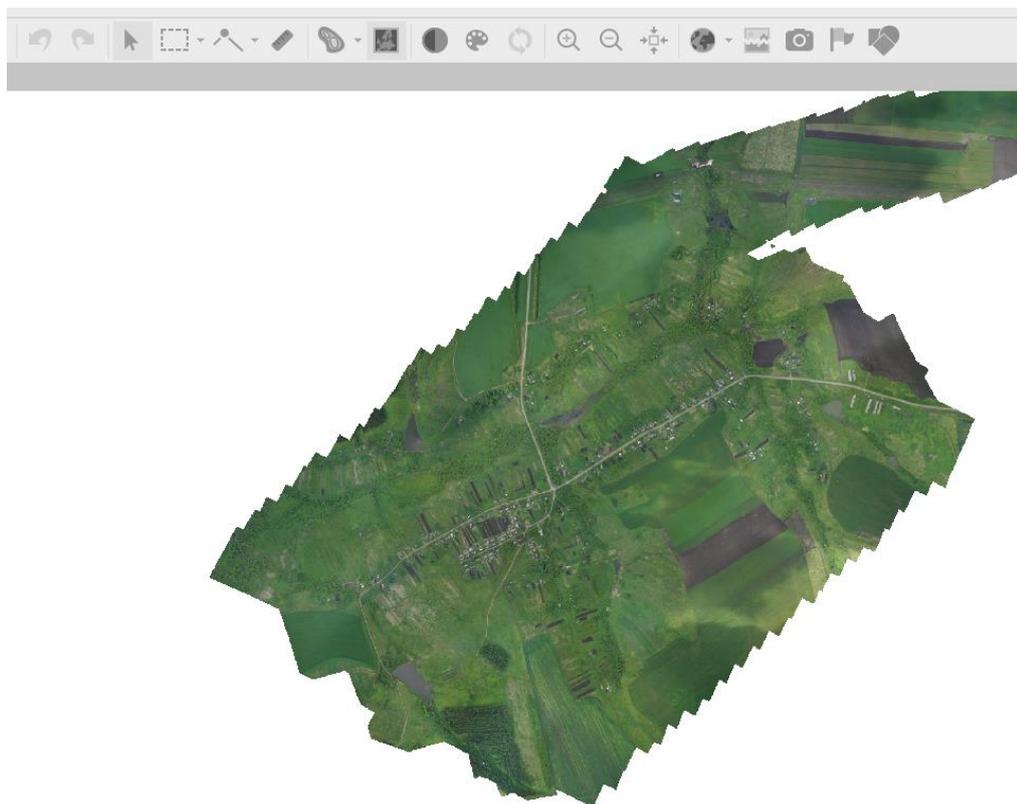


Рис.15. Результат ортотрансформирования снимков

На ортотрансформированных снимках не должны присутствовать скрученные деревья, волнистые линии дорожной разметки (если они прямые на местности), перекосы домов и прочие искажения.

По фрагментам ортотрансформированных снимков создается ортомозаика. Ортомозаика представляет собой непрерывное изображение местности, полученное в результате объединения ортотрансформированных выровненных по яркости снимков.

Для корректного создания ортомозаики, в первую очередь, необходимо построить «порезы» (Рис.16). Порезы представляют собой линии соединения фрагментов, полученных со смежных снимков. В программном продукте PHOTOMOD GeoMosaic линии «порезов» строятся автоматически.

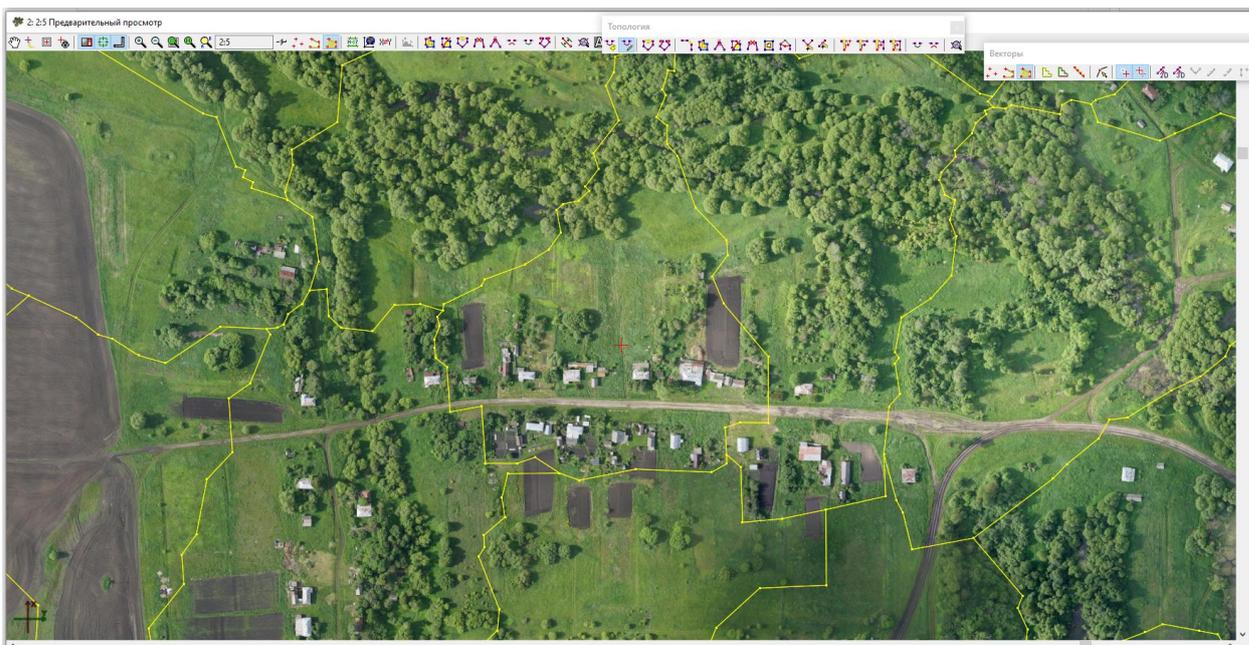


Рис.16. Построенные линии порезов (отображены желтым цветом)

К линиям порезов существуют следующие требования:

- ✓ должны приблизительно проходить по середине перекрывающихся частей снимков;
- ✓ не должны пересекать высотные объекты;
- ✓ четкие линейные контуры, такие как автомобильная дорога, железная дорога и проч. линия пореза должна проходить под углом близким 90° ;
- ✓ желательно прохождение линии пореза через однородные изображения природных площадных объектов с однородной текстурой (пашня, лес, луг, болото, пустырь и проч.).

Построенные программным продуктом линии порезов не всегда соответствуют данным требованиям, поэтому возникает необходимость в их ручном редактировании.

Нарушение данных требований может привести к искаженному изображению объектов (Рис.17).



Рис.17. Искаженное изображение дома из-за проходящей по нему линии порезов

После редактирования линий порезов происходит выравнивание снимков по яркости, контрастности и фототону. По полученной ортомозаике происходит «сшивка» ортофотоснимков в ортофотоплан.

Далее, при необходимости, осуществляется «нарезка» ЦОФП на номенклатурные листы требуемого масштаба в границах населенного пункта. Для этого, в программный продукт подгружается разграфка в соответствующей системе координат (Рис.18).

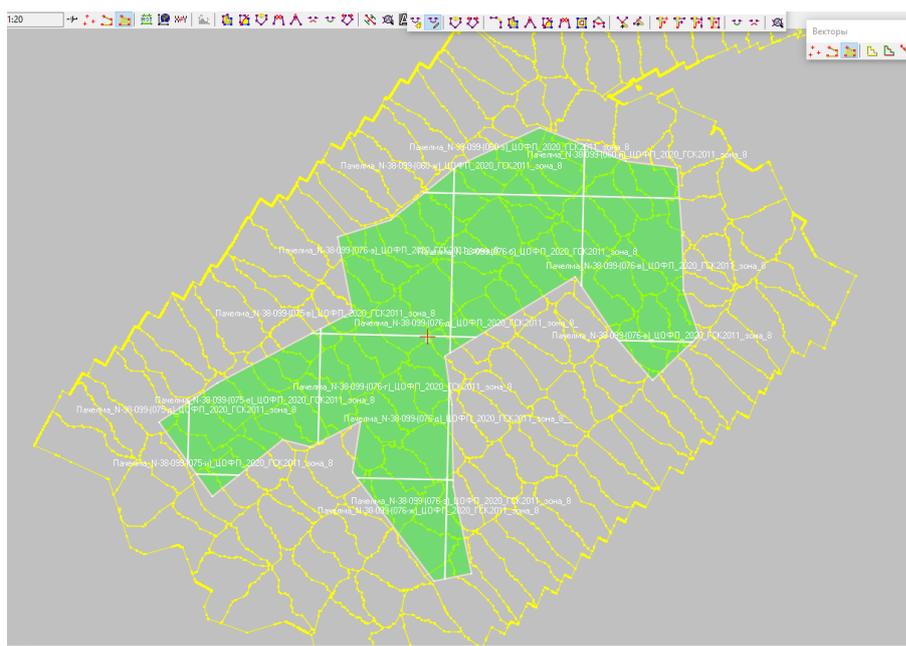


Рис.18. Разграфка в границах населенного пункта

После «нарезки» на номенклатурные листы ЦОФП приобретает следующий вид (Рис.19).

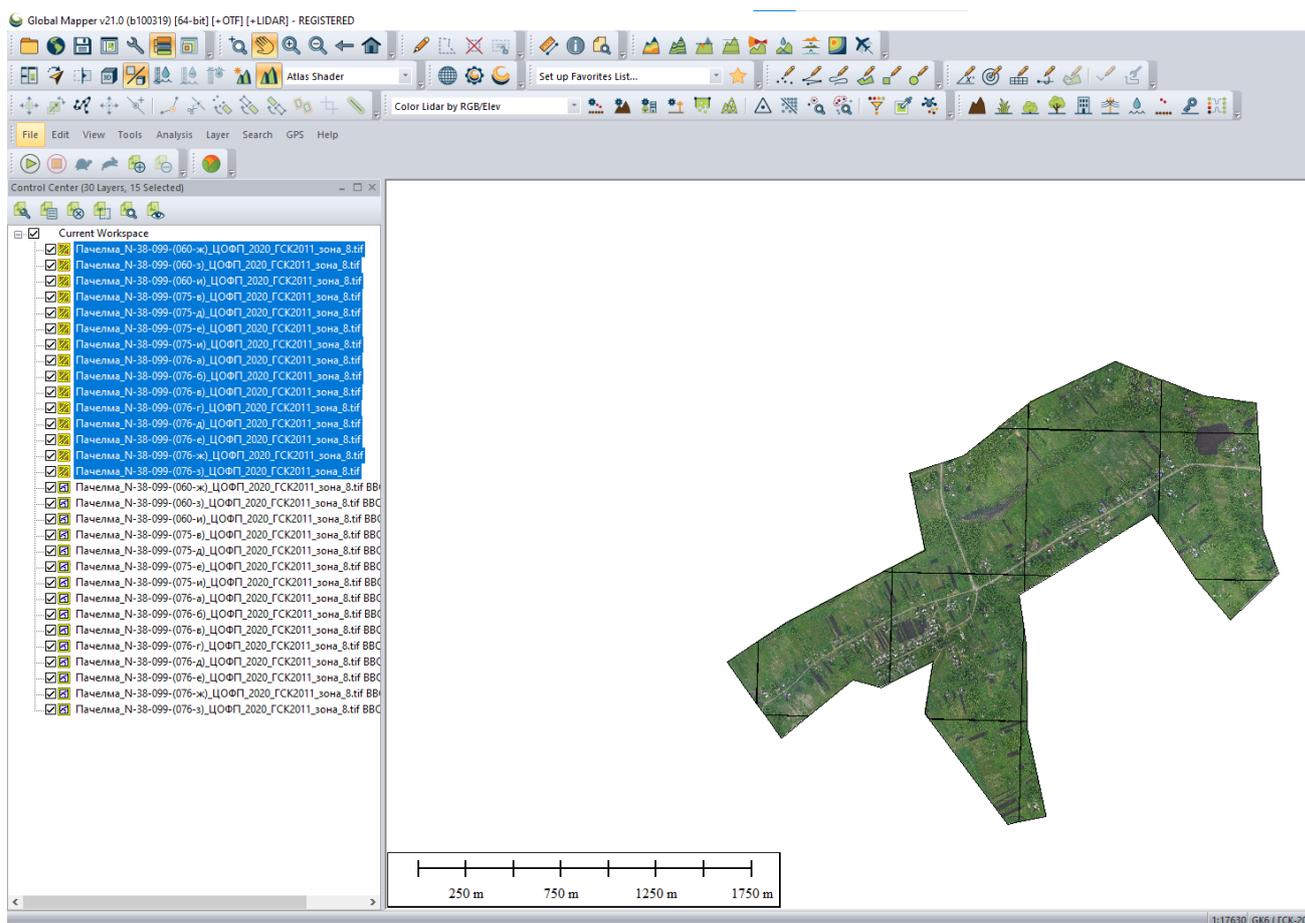


Рис.19. Готовый ЦОФП

Точность созданных цифровых фотопланов оценивается по опорным и контрольным фотограмметрическим точкам, по линиям соединения фрагментов («порезам»), полученным со смежных снимков, и сводкам со смежными фотопланами. Контроль планового положения опорных и контрольных фотограмметрических точек выполняется по разности плановых координат изображений этих точек на фотоплане и их значений, выбранных из соответствующих каталогов.

Средние величины погрешностей в плановом положении опорных и контрольных точек не должны превышать в масштабе создаваемого фотоплана 0,5 [20].

2.3. Воздушное лазерное сканирование. Создание облака точек лазерных отражений

Ортотрансформирование аэрофотоснимков происходит на основании цифровой модели рельефа. Данных аэрофотосъемки не всегда может быть достаточно для корректного создания ЦМР. Фотограмметрические методы не позволяют получать точные отметки высот рельефа на территориях с такими препятствиями как высокие деревья, густая

растительность и т.д. Поэтому, совместно с АФС используется воздушное лазерное сканирование.

Технология лазерного сканирования предусматривает использование активного сигнала. Излучаемый лазером свет отражается от объектов на земле. Время, за которое отражённый от объекта сигнал достиг сканера, записывается в прибор и преобразуется в высоту.

Преимущество лазерного сканирования заключается в том, что при контакте с частями деревьев, такими как ветки, листва, отражается лишь часть сигнала, а остальная продолжает опускаться к земле. Такая технология позволяет получить не только точный контур деревьев, но и отметку земной поверхности, которая соответствует самому последнему отраженному сигналу (Рис.20).

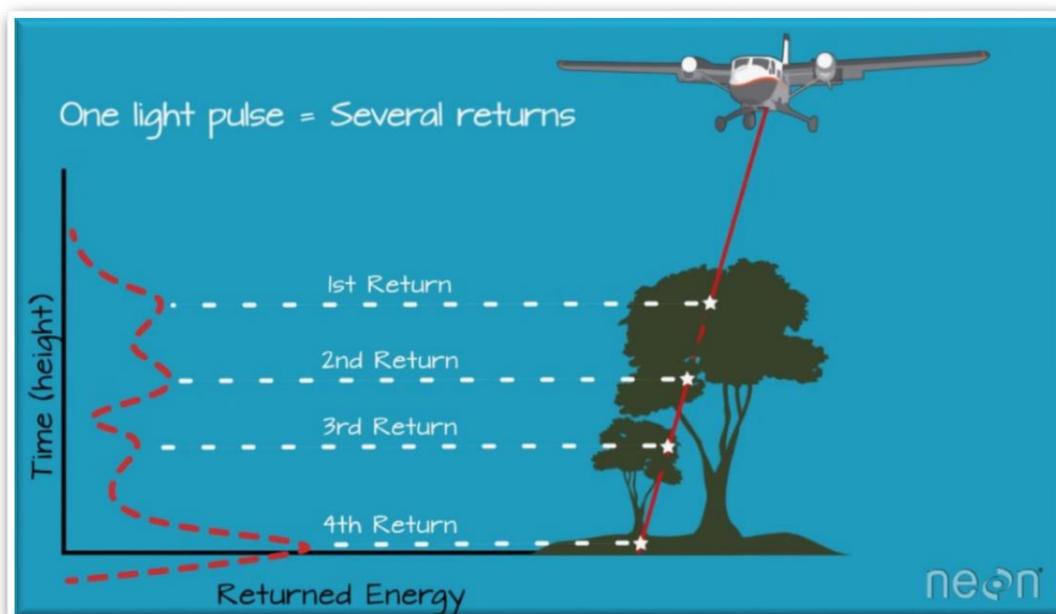


Рис.20. Схема работы сигнала лазерного сканера [30]

Таким образом, от выпускаемого сканером сигнала может быть получено несколько отражений, что, в совокупности, создает массив точек лазерных отражений, получаемый по окончании лазерной съемки.

Облако ТЛО, полученное в результате предварительной обработки, само по себе обладает измерительными свойствами и позволяет визуализировать снятые сканером объекты (Рис.21).



Рис.21. Облако ТЛО в естественных цветах

Для использования данных ВЛС в целях создания ЦМР и 3D модели местности, необходимо дальнейшая обработка облака точек.

2.3.1. Построение цифровой модели рельефа по данным ВЛС

Цифровая модель рельефа по данным ВЛС создается путём обработки ТЛО в специализированных программных продуктах, таких как Global Mapper, TerraSolid и другие.

Создание цифровой модели рельефа по данным ВЛС предусматривает выполнение следующих этапов [23]:

- предварительная обработка лидарных данных;
- подготовка проекта в программном продукте для обработки данных ВЛС;
- автоматическая классификация точек лазерных отражений;
- предварительное построение ЦМР;
- интерактивная классификация ТЛО;
- построение ЦМР по отредактированным данным.

Предварительная обработка данных включает в себя создание облака ТЛО с использованием полевых данных и точной траектории движения воздушного судна.

Для дальнейшей обработки в программном продукте создается рабочий проект, происходит разбивка проекта на блоки (из-за большого количества точек), определяются параметры системы координат.

Далее осуществляется автоматическая классификация точек. Она необходима для выявления точек земной поверхности, которые будут отнесены к классу «земля». По ним строится цифровая модель рельефа.

Механизм автоматической классификации предусматривает осуществления нескольких итераций, во время которых создаются триангуляционные модели поверхности (нерегулярные триангуляционные сети, TIN).

Данный механизм чувствителен к «низким» точкам (Рис.22), которые располагаются ниже поверхности земли и отдалены от основного массива ТЛО. Поэтому, первым этапом автоматической классификации является выделение точек, которые подлежат отнесению к классу «низких». Такая процедура позволит избежать ошибочное классифицирование таких точек к классу «земля».

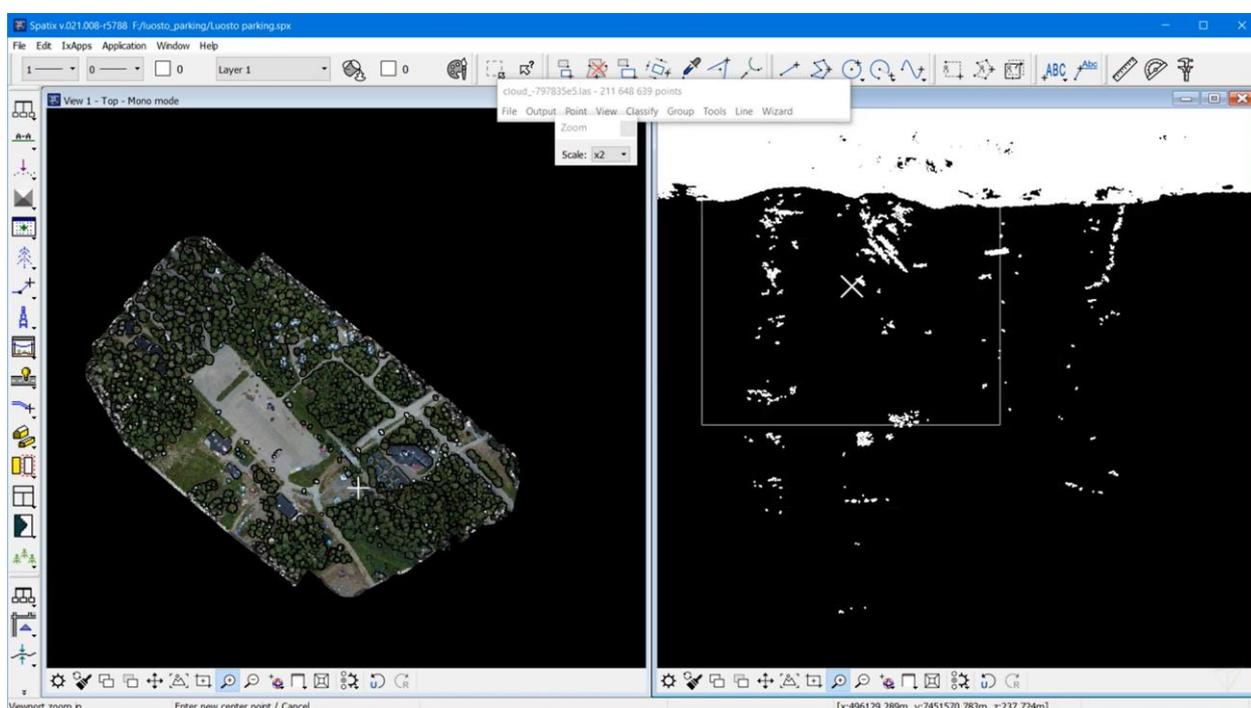


Рис.22. «Низкие» точки (правое окно экрана) [31]

Затем механизм определяет самую низкую по абсолютной высоте точку в локальной области и записывает её в класс «земля». Размеры локальной области зависят от максимальной ширины отсканированных зданий. Например, если максимальная ширина зданий составляет 60 метров, то механизм считает, что в области 60 на 60 м есть как минимум одна точка земли и эта точка будет самой низкой в данной области.

Далее программа строит триангуляционную модель поверхности, где вершинами треугольников являются самые низкие точки локальных областей. Как правило, сами треугольники в первых моделях находятся ниже уровня земли и только их вершины касаются земли. В следующих итерациях такие модели растут вверх за счёт добавления

новых точек. Каждая новая точка делает модели точнее и ближе к реальной поверхности земли [33].

Однако, автоматическая классификация не позволяет гарантированно определить все точки, относящиеся к земной поверхности. Поэтому, для проверки качества автоматической классификации создается временная ЦМР, позволяющая вручную улучшить достоверность классификации точек в интерактивном режиме [23].

По завершении классификации ТЛО строится ЦМР (Рис.23), которая, в том числе может использоваться для ортотрансформирования снимков.

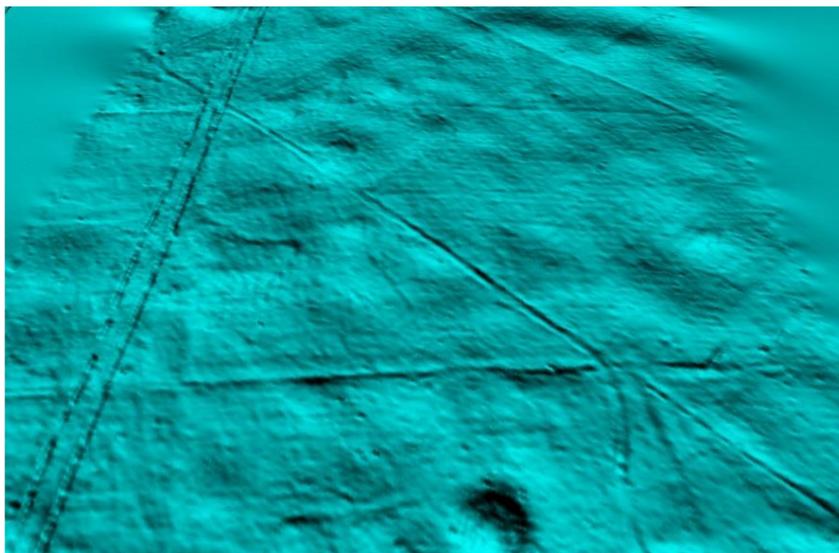


Рис.23. ЦМР построенная по данным ВЛС

2.3.2. Создание 3D-модели по данным ВЛС

3D-модель, будучи результатом обработки данных лазерного сканирования, является пространственной моделью объектов, позволяющей с высокой точностью измерять их параметры.

Методика создания 3D-модели может отличаться в зависимости от выбранного программного продукта для обработки ТЛО.

Моделирование рельефа и зданий в программе TerraSolid происходит по следующей методике [24]:

- 1) предварительная обработка данных ВЛС;
- 2) классификация ТЛО;
- 3) трехмерное моделирование рельефа и зданий;
- 4) оценка точности трехмерного моделирования рельефа и зданий.

Предварительная обработка данных ВЛС включает те же процессы, что и при создании ЦМР как конечного продукта.

В зависимости от необходимости моделирования тех или иных объектов осуществляется автоматическая классификация ТЛО с выделением таких классов точек как, «земля», «здания», «деревья» и т.д. Для корректной классификации задаются параметры для ТЛО (например, высота относительно поверхности земли) [24].

По точкам определенного класса в автоматическом или полуавтоматическом режимах создаются трехмерные векторные модели объектов (Рис.24). Качество моделирования зависит от заданных параметров [25].

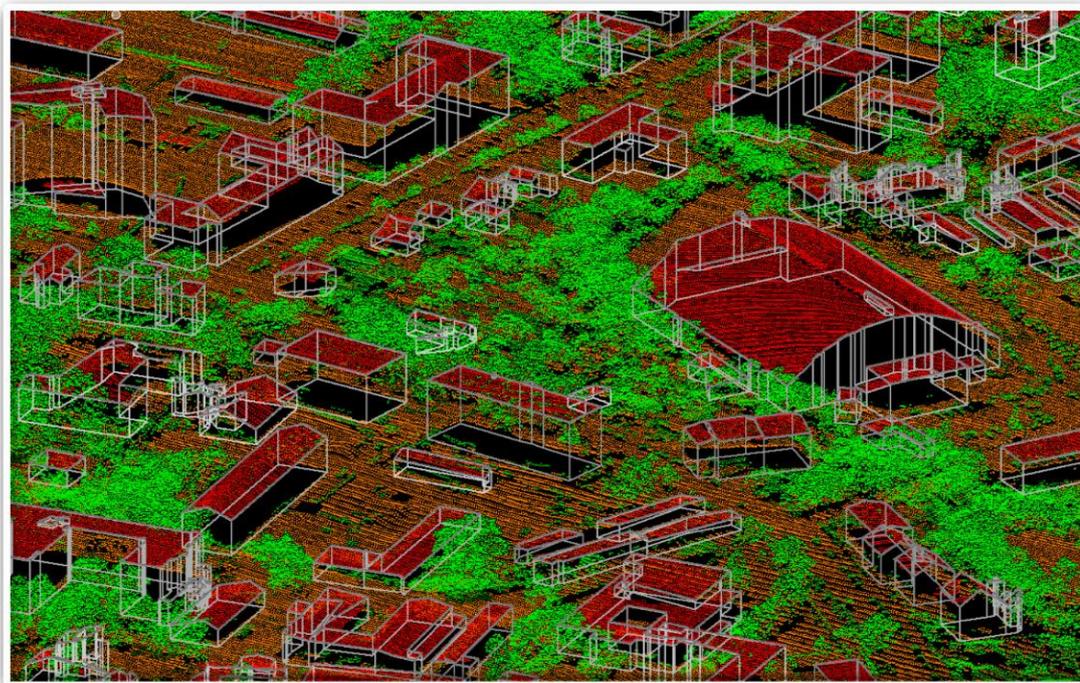


Рис.24. Моделирование зданий по точкам класса "здания"

Точность построенных моделей определяется с помощью контрольных точек.

Трёхмерное моделирование городских пространств может способствовать созданию информационного ресурса геопространственных данных, который будет включать в себя 3D-модели строений, рельефа (ландшафта) и т.д.

2.4. Предельная достигаемая точность измерений ВЛС, МЛС, НЛС

Для каждого вида сканирования предельная достигаемая точность измерений зависит от множества факторов.

На точность воздушного лазерного сканирования в первую очередь влияют такие факторы как: высота и скорость полета воздушного судна, угол сканирования, особенности прибора. В табл. 3 приведены значения точности измерения сканера Leica ALS80, полученные на разных высотах полета самолета АН-2 при скорости 160 км/ч и угле

сканирования – 40°. Воздушное сканирование выполнялось предприятием АО «Аэрогеодезия», г. Санкт-Петербург [32].

ТАБЛИЦА 3

Точность измерений сканера Leica ALS80

Высота съемки, м	Средняя плотность точек, т/м ²	Точность измерений прибора	
		в плане, см	по высоте, см
1100	25	10-12	5-7
2100	15	20-22	8-10
3200	10	30-32	12-14

К факторам, влияющим на точность измерений МЛС и НЛС относятся характеристики используемых приборов и особенности окружающей среды. На точность МЛС может дополнительно влиять вибрация от носителя, на котором установлен сканер.

По данным компании «Совзонд» точность МЛС при использовании приборов RIEGL VMX250, VMX450 составляет 5-8 см [28].

Точность наземного лазерного сканирования приборами RIEGL VZ400, VZ1000 составляет 0,3-1,5 см.

Таким образом, по точности измерения методы лазерного сканирования могут конкурировать с традиционными методами наземной геодезии.

ГЛАВА 3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

3.1. Исследование возможности применения данных АФС и ВЛС для мониторинга объектов недвижимости

Настоящее исследование включает в себя следующие цели:

– изучение возможности применения данных АФС и ВЛС для мониторинга объектов недвижимости;

– выделение преимуществ ВЛС над материалами АФС.

Исходными материалами для исследования являются:

– цифровой топографический план города Эссентуки в масштабе 1:2 000 (год состояния местности – 2009);

– ЦОФП города Эссентуки, созданный по материалам аэрофотосъемки, выполненной в 2019 году;

– данные ВЛС города Эссентуки, выполненного в 2021 году.

Таким образом, для настоящего исследования рассматривается период с 2009 по 2021 гг.

Для достижения целей реализуются следующие задачи:

а) выявление участков городской территории с наиболее наглядными изменениями, произошедшими за рассматриваемый период;

б) выявление объектов недвижимости, результаты сканирования которых позволяют получить о них больше информации, чем материалы АФС.

Работа с исходными материалами выполнялась в программе Global Mapper. В неё были загружены векторный слой контуров зданий, полученный с цифрового топографического плана, ортофотоплан и цифровая модель местности, полученная в результате обработки данных ВЛС (Рис.25).



Рис.25. Цифровой топографический план (левый верхний угол), векторный слой контуров зданий (правый верхний), ЦОФП (левый нижний), ЦММ построенная по данным ВЛС (правый нижний)

Первый рассматриваемый участок (Рис.26) выбран в микрорайоне «Северный-2», в котором велось строительство многоквартирных жилых домов. Для исследования данного участка в программе Global Mapper векторный слой контуров зданий с цифрового топографического плана был наложен на ортофотоплан 2019 года. При наложении видно, что на участке, по состоянию 2009 год, не было ни одного многоквартирного жилого дома. При этом, уже в 2019 году несколько многоквартирных жилых домов было построено, а также начато строительство зданий под номерами 1, 2, 3.

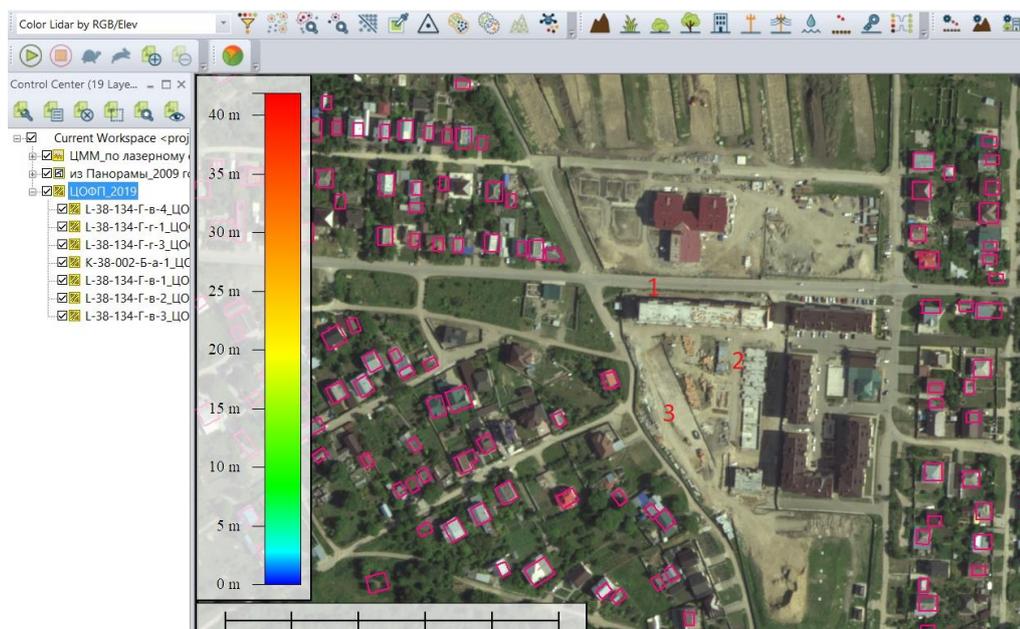


Рис.26. Сравнение материалов цифрового топографического плана и ортофотоплана на участке многоквартирного строительства в микрорайоне "Северный-2"

Далее, в программе был подключен слой материалов обработки ВЛС 2021 года (Рис.27). По данным материалам можно видеть, что строительство домов под номерами 1, 2, 3 завершено. Об этом говорят четко читаемые контуры границ зданий, а также желтоватый цвет домов, соответствующий оттенку соседних, строительство которых уже было завершено по состоянию на 2019 год (цвет зданий на ЦММ соответствует их высоте над поверхностью земли).

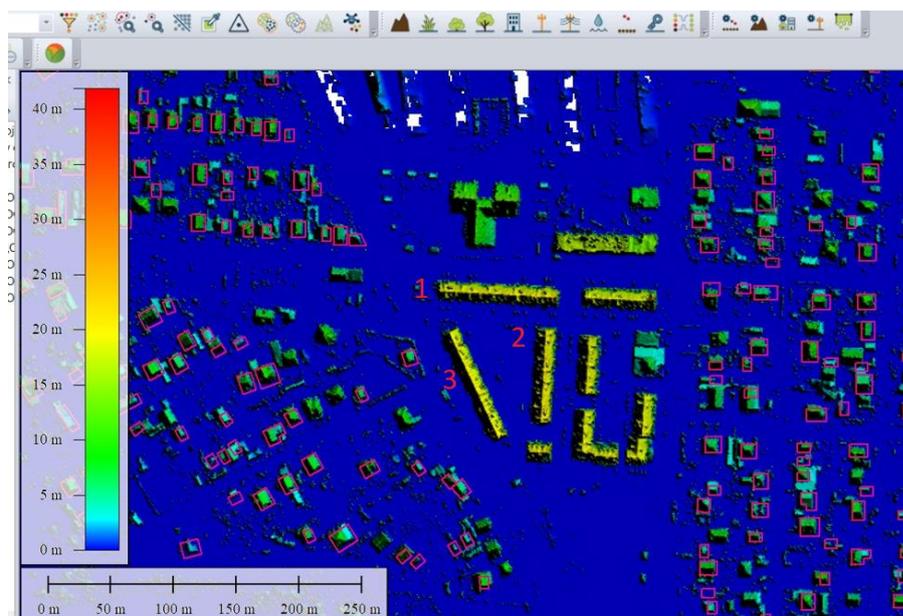


Рис.27. ЦММ первого рассматриваемого участка

Таким образом, можно сделать вывод о возможности использования материалов АФС и ВЛС для мониторинга строительства объектов капитального строительства. Кроме того, по цифровой модели местности, построенной при обработке ВЛС, можно исследовать степень готовности зданий: дома, строительство которых не завершено, ниже уже построенных зданий и, соответственно, их цвет на ЦММ должен быть бледно-желтый или зеленый.

На втором рассматриваемом участке (Рис.28) располагается территория для индивидуального жилищного строительства. Из сравнения материалов 2009 и 2019 годов можно сделать вывод, что по состоянию на 2009 год данный участок не был застроен, а на противоположной стороне улицы располагался отдельно стоящий дом (номер 9 на рисунке), однако, уже в 2019 году было завершено строительство домов под номерами 1-8.

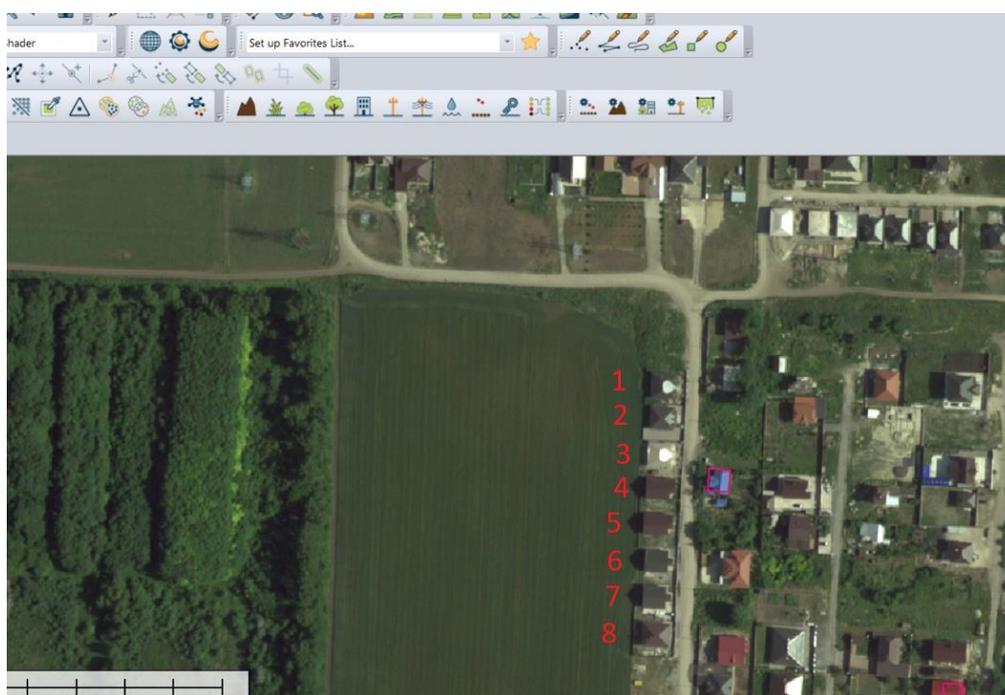


Рис.28. Сравнение материалов 2009 и 2019 годов на втором рассматриваемом участке

Для актуализации сведений о строительстве домов ИЖС на данной территории была взята ЦММ, построенная по данным ВЛС (Рис.29) 2021 года. По соседству с домами 1-8 были построены дома под номерами 10-21.

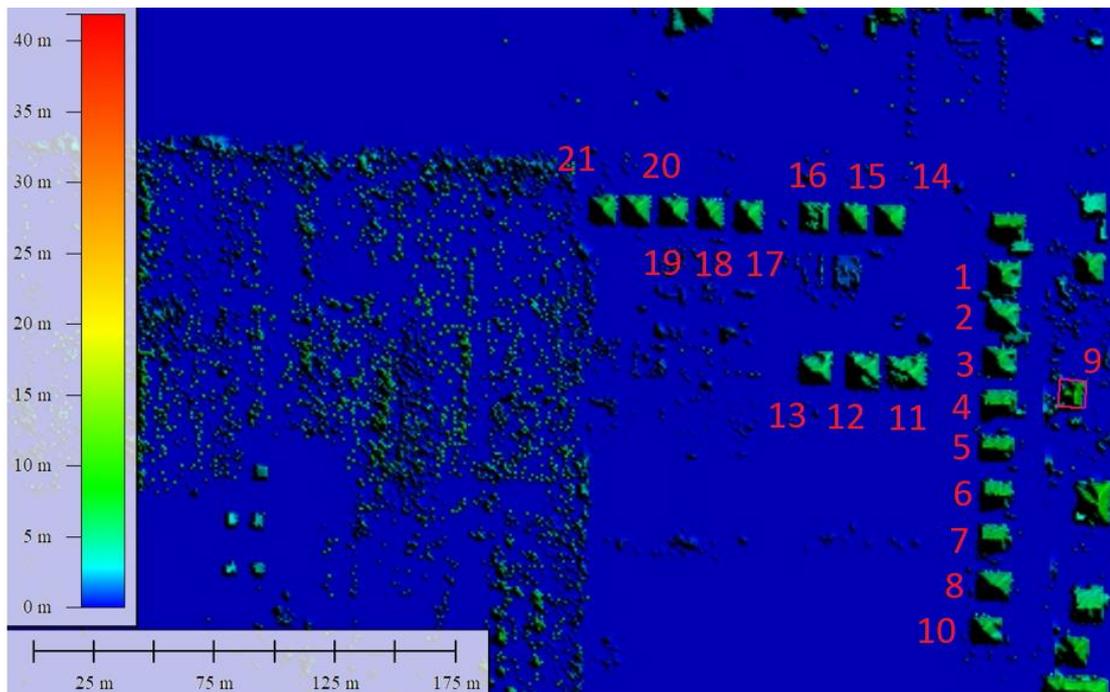


Рис.29. ЦММ второго рассматриваемого участка

Как можно видеть на ЦММ, дома 10-21 окрашены в тот же цвет, что и дома под номерами 1-8, что позволяет сделать вывод о примерно одинаковой высоте данных зданий.

Материалы по рассматриваемому участку иллюстрируют преимущества методов АФС и ВЛС для осуществления мониторинга объектов недвижимости.

Далее были рассмотрены участки, на которых расположены объекты, позволяющие продемонстрировать преимущества использования ВЛС перед АФС.

На третьем участке (Рис.30) расположено здание (под цифрой 1), которое отображено как на топографическом плане 2009 года, так и на ортофотоплане 2019 года. Однако, из-за густой растительности, контуры здания на ортофотоплане не читаются.



Рис.30. Нечитаемые контуры границ здания (под цифрой 1) на ЦОФП

Затем, это же здание было рассмотрено на ЦММ по данным ВЛС (Рис.31). Как можно увидеть, на ЦММ видны контуры здания, что позволяет получить его количественные характеристики.

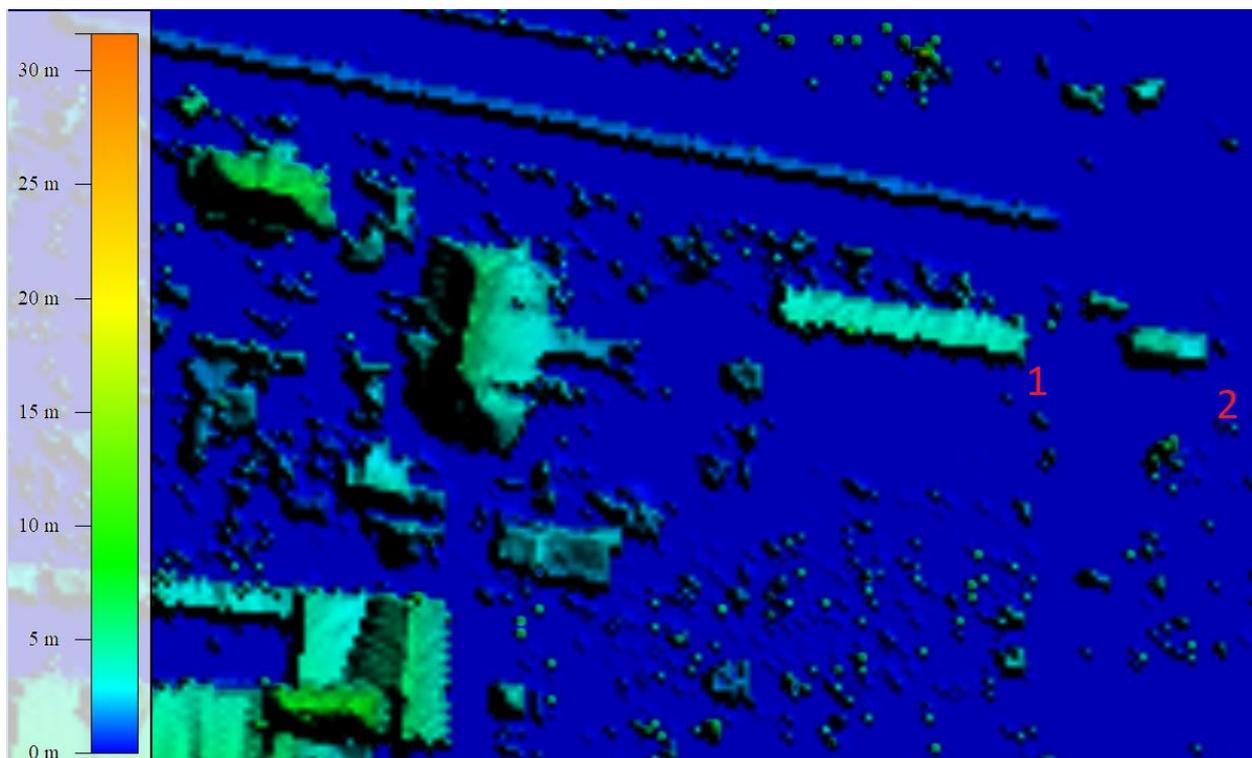


Рис.31. Контур здания на ЦММ, скрытого растительностью

Отсюда можно сделать вывод, что ВЛС, в отличие от АФС, позволяет получать контуры объектов недвижимости, даже если они скрыты густой растительностью.

На четвертом участке (Рис.32) приведена территория многоквартирного жилого строительства. Помимо жилых зданий, на данной территории располагаются гаражи (боксы) (под номерами 1, 2). Ввиду того, что гаражи существенно ниже жилых домов, они оказываются затемненными, что осложняет читаемость контуров границ боксов на ортофотоплане.



Рис.32. Затемненные гаражи

Однако, фактор разницы высот зданий не сказывается на качестве материалов ВЛС (Рис.33). На ЦММ четко читаются как контуры границ гаражей, так и близко расположенных к ним жилых домов.

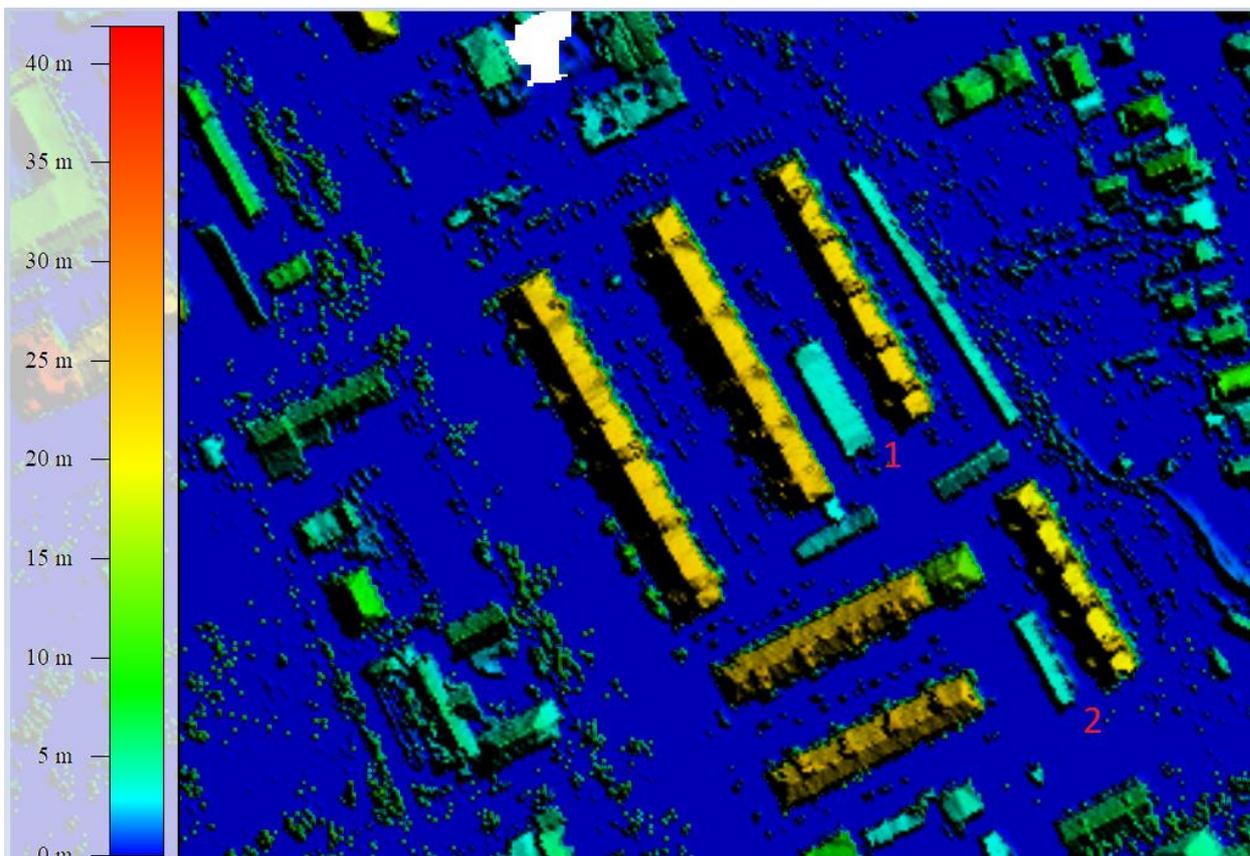


Рис.33. Гаражи (под цифрами 1, 2) на ЦММ

По материалам АФС и ВЛС осуществляется мониторинг кадастрового учета объектов недвижимости.

Для этого, в ГИС «Панорама» на ортофотоплан 2019 года были наложены актуальные границы земельных участков из ЕГРН (Рис.34).



Рис.34. Наложение границ ЗУ из ЕГРН на ортофотоплан 2019 года

В результате данного совмещения выявляются застроенные земельные участки, сведения о которых не внесены в ЕГРН.

Таким образом, изучение рассмотренных участков позволило достичь целей исследования. Было подтверждено, что данные АФС и ВЛС применимы при мониторинге объектов недвижимости. Также удалось продемонстрировать преимущества материалов ВЛС над данными АФС.

3.2. Применение НЛС и МЛС для мониторинга объектов недвижимости

Съемка некоторых объектов с помощью ВЛС может быть недостаточно детальной ввиду сложности таких объектов. В таких ситуациях может применяться наземное и/или мобильное лазерное сканирование.

Как и для ВЛС, результатом НЛС является облако точек лазерных отражений. Облако ТЛО в точности визуализирует фасады зданий (Рис.35), а также обладает измерительными свойствами: позволяет измерить высоту здания, размеры автомобильной парковки и т.д.

Облако ТЛО наземного лазерного сканирования может стать основой для дальнейшего создания трехмерных моделей зданий и прилегающей территории.



Рис.35. Облако ТЛО НЛС здания АО "Аэрогеодезия" (слева) и фотография этого же здания (справа)

Наиболее наглядно преимущества НЛС проявляются при съемке крупных промышленных объектов. Такие сооружения имеют большое количество различных инженерных конструкций (Рис.36).



Рис.36. Пример промышленного объекта, съемка которого выполнялась с помощью НЛС

Наземное лазерное сканирование позволяет получить ТЛО (Рис.37) таких объектов, которое может служить основой как для топографического плана территории промышленного объекта, так и для трехмерной модели расположенных на ней сооружений.

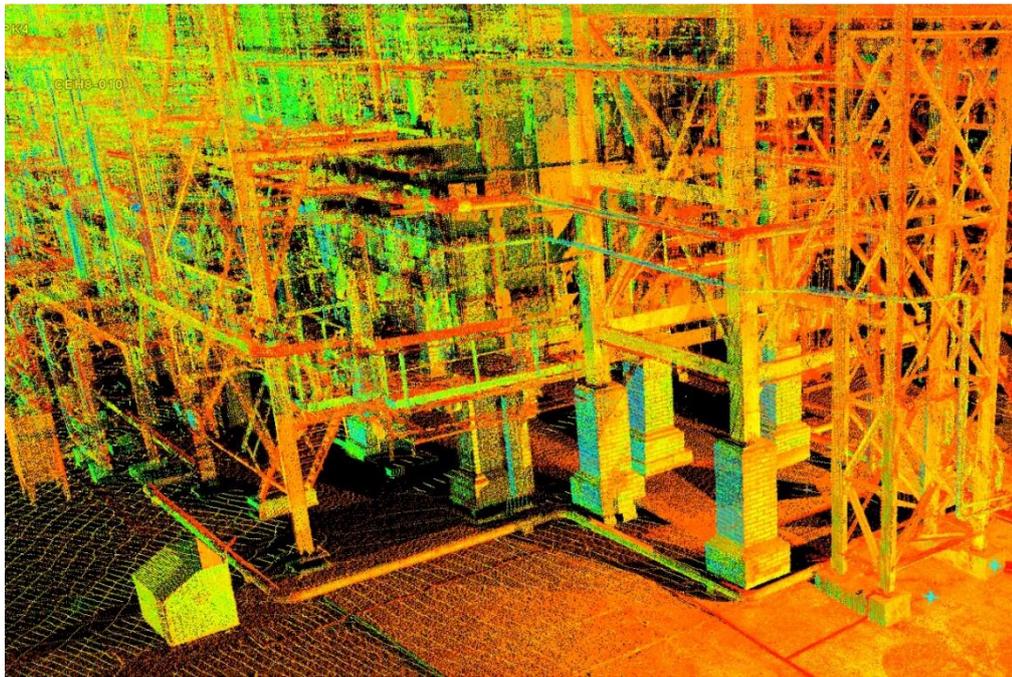


Рис.37. Облако ТЛО, полученное при НЛС промышленного объекта

При необходимости совместно с НЛС может применяться МЛС, что позволяет существенно ускорить процесс съемки на больших территориях.

Облако ТЛО, полученное в результате МЛС, также обладает необходимыми свойствами, позволяющими осуществлять мониторинг объектов недвижимости (Рис.38).

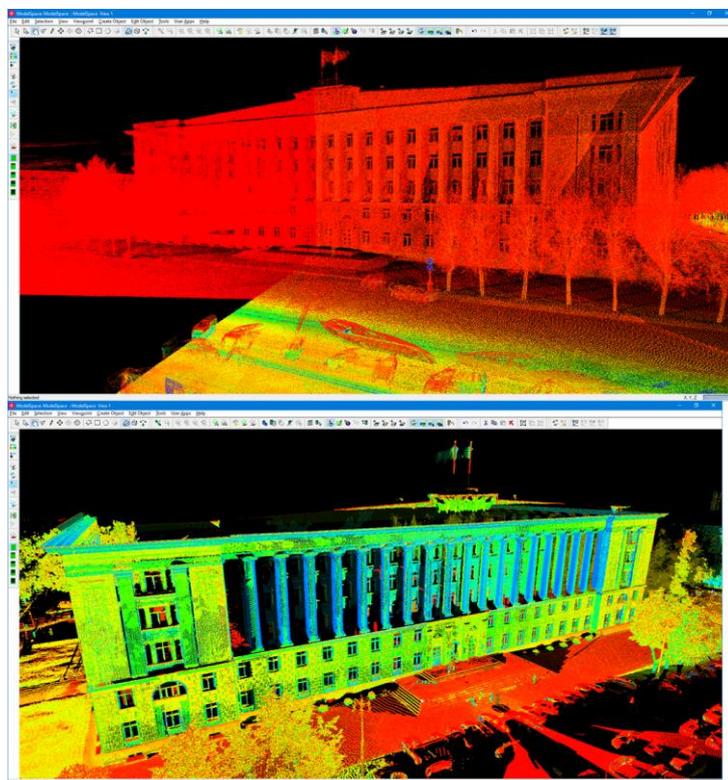


Рис.38. Примеры результатов съемки МЛС (верхний фрагмент) и НЛС (нижний)

При необходимости наземное сканирование может дополняться воздушным (Рис.39).

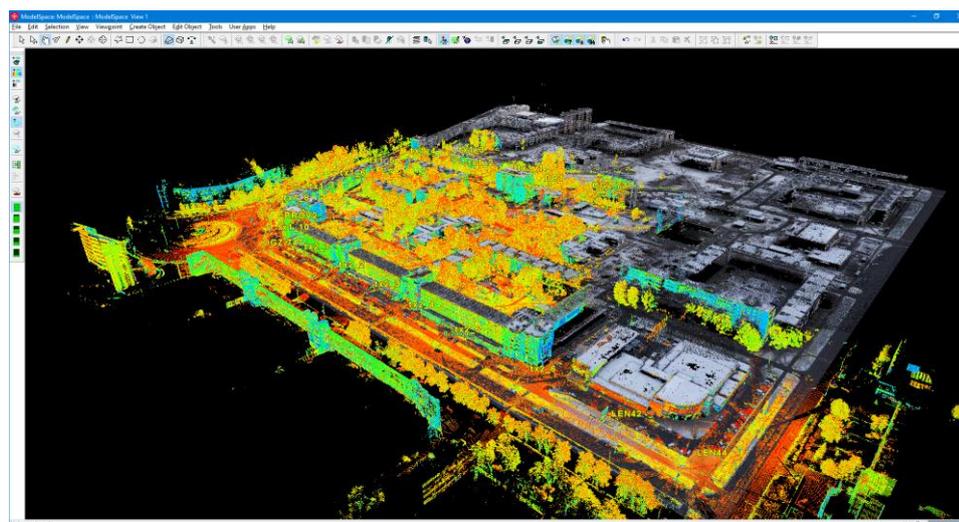


Рис.39. Комбинация НЛС и ЦММ, построенной по результатам ВЛС

Таким образом, все три метода лазерного сканирования как по отдельности, так и вместе позволяют получить все необходимые характеристики объектов недвижимости для осуществления их мониторинга.

Методы НЛС и ВЛС на сегодняшний день являются самыми прогрессивными, так как позволяют получить наиболее полную информацию об объектах недвижимости за минимально затраченное время.

Для нашей страны целесообразно разработать государственную программу по сканированию территорий с целью создания трехмерных моделей местности, что позволило бы на регулярной основе по результатам сканирования осуществлять мониторинг объектов недвижимости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассмотрено современное состояние мониторинга объектов недвижимости, а также исследована нормативно-правовая база в области мониторинга объектов недвижимости. Сформулированы предложения по созданию системы государственного мониторинга объектов недвижимости, разработана схема такой системы. В качестве одного из источников сведений для осуществления мониторинга объектов недвижимости рассмотрена единая электронная картографическая основа Российской Федерации.

В данной работе рассмотрены виды дистанционного зондирования земли, выявлены их особенности. Изучена нормативно-техническая документация в области организации аэрофотосъемочных работ. Описан технологический процесс обработки аэрофотоснимков для создания цифрового ортофотоплана, перечислены программные продукты, применяемые при обработке. Исследован процесс обработки данных воздушного лазерного сканирования, описана технология создания цифровой модели рельефа и трехмерной модели местности по данным ВЛС.

В третьей главе работы проведено исследование на предмет возможности использования методов дистанционного зондирования для осуществления мониторинга объектов недвижимости. Были продемонстрированы примеры того, как цифровая аэрофотосъемка и различные виды сканирования могут применяться для мониторинга. Выявлены преимущества лазерного сканирования над цифровой аэрофотосъемкой, что говорит о необходимости использования лазерного сканирования как передового метода съемки объектов.

По итогам исследования в рамках выпускной квалификационной работы сформулированы следующие выводы:

- Необходимо создание системы государственного мониторинга объектов недвижимости;
- Отсутствует нормативно-техническая документация в области лазерного сканирования;
- Лазерное сканирование является передовым методом получения геопространственных данных для осуществления мониторинга объектов недвижимости.

Таким образом, были реализованы все поставленные цели работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативные документы:

1. Гражданский кодекс Российской Федерации от 30.11.1994 № 51-ФЗ // Система «КонсультантПлюс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_5142/
2. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 01.05.2022) // Система «КонсультантПлюс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_33773/
3. Федеральный закон «О государственной регистрации недвижимости» от 13.07.2015 № 218-ФЗ // Система «КонсультантПлюс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_5142/
4. Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16.07.1998 № 101-ФЗ // Система «КонсультантПлюс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19434/
5. Федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ «О кадастровой деятельности» // Система «КонсультантПлюс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_70088/
6. Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 30.12.2015 № 431-ФЗ // Система «КонсультантПлюс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_191496/
7. Постановление Правительства РФ от 15.07.1992 № 491 «О мониторинге земель» // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9003133>
8. Постановление Правительства РФ от 28.11.2002 № 846 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга земель» // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901834294>
9. Постановление Правительства РФ от 04.12.2000 № 921 «О государственном техническом учёте и технической инвентаризации в Российской Федерации объектов капитального строительства» // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901776357>

10. Приказ Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ от 24.12.2015 № 664 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения» // Система «КонсультантПлюс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_195686/
11. Приказ Министерства экономического развития РФ от 26.12.2014 № 852 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения» // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420247508>
12. Приказ Росреестра от 23.10.2020 № П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места» // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/566321344>
13. Приказ Росреестра от 22.04.2019 № П/1060 «О наделении федерального государственного бюджетного учреждения "Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных" полномочиями по созданию и обновлению единой электронной картографической основы, обеспечению мониторинга актуальности единой электронной картографической основы, а также правомочиями обладателя сведений единой электронной картографической основы» // Система «КонсультантПлюс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_322349/
14. Приказ Министерства экономического развития РФ от 27.12.2016 № 853 «Об установлении требований к составу сведений единой электронной картографической основы и требований к периодичности их обновления» // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456047688>
15. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200100941>

16. ГКИНП-09-32-80 Основные положения по аэрофотосъемке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200051802>
17. ГОСТ Р 59328-2021 Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200178079>
18. ГОСТ Р 58854-2020 Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомodelей застроенных территорий // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200173328>
19. ГОСТ Р 59562-2021 Съёмка аэрофототопографическая. Технические требования // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200179934>
20. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02 Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов // Система «Кодекс» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200037140>

Учебные пособия:

21. Поликарпов А.М., Божбов В.Е., Матэр О.М. Техническая инвентаризация объектов недвижимости: учебное пособие – СПб.: СПбГЛТУ, 2020, 94

Статьи в журналах:

22. Ван А.В. К вопросу об актуализации кадастровых сведений и мониторинге объектов недвижимости / Ван А.В., Гиниятов И.А. // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2021 г. - № 2/1. – С. 148-150.
23. Широкова Т.А. Методика создания ортофотопланов с применением данных воздушного лазерного сканирования / Широкова Т.А., Антипов А.В. // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2010.
24. Широкова Т.А. Создание векторных моделей зданий и рельефа по данным воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъемки в программном продукте Terrasolid / Широкова Т.А., Антипов А.В. // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. - № 2. – С. 92-95

Фондовые материалы:

25. Антипов А.В. Создание и обновление трехмерных реалистичных сцен городских территорий по данным воздушного лазерного сканирования. Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.
Новосибирск, СГГА, 2012, 24 с.

Электронные ресурсы:

26. <https://cgkipd.ru/> - ФГБУ Центр геодезии, картографии и ИПД
27. <https://rosreestr.gov.ru/> - Росреестр
28. <https://sovzond.ru/> - Компания «Совзонд»
29. <https://www.roscosmos.ru/> - Роскосмос
30. <https://www.neonscience.org/> - The National Ecological Observatory Network (Национальная сеть экологических обсерваторий, США)
31. <https://terrasolid.com/> - Terrasolid
32. <https://con-fig.com/> - Материалы доклада АО «Аэрогеодезия» по теме «Практический опыт АО «Аэрогеодезия» по созданию геопространственных материалов с использованием данных ВЛС» на XIII международной научно-практической конференции «Геодезия. Маркшейдерия. Аэросъемка», 10 февраля 2022

Прочие материалы:

33. Руководство пользователя TerraScan // Terrasolid Ltd, 2020