

Е.М. Митрофанов, А.С. Мухин, М.Д. Князева

**АЭРОКОСМОС
В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ.
ГЕОПОРТАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ**



Москва 2018 г.

Е.М. Митрофанов, А.С.Мухин, М.Д. Князева

**АЭРОКОСМОС
В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ.
ГЕОПОРТАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Учебное пособие
Издание первое

Москва 2018 г.

УДК 528.9

ББК 26.17

Рецензенты:

Проректор по УМР ФАУ ДПО ВИПКЛХ Вуколова И.А., к.с.-х.н.
Начальник Управления Государственной инвентаризации и учета лесов Федоров С.В.

Митрофанов Е.М., Мухин А.С., Князева М.Д.

М

Аэрокосмос в дополнительном образовании. Геопортальные технологии и 3D–моделирование: учебное пособие. – М.: Изд-во МИИГАиК. 2018. – 104с., илл.

ISBN

Учебное пособие для школьников старших классов и студентов первого курса ВУЗов изучающих аэрокосмические технологии в рамках дополнительного образования. Геоинформационные системы и геопорталы, космические снимки, трехмерное моделирование SketchUp и другие возможности работы с аэрокосмической информацией. **Материалы были выполнены в рамках государственного задания ФАНО России (5.6680.2017/8.9)**

УДК
528.9
ББК
26.17

ISBN

© Митрофанов Е.М., Мухин А.С., Князева М.Д., 2018

© Издательство МИИГАиК, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Занятие №1. Знакомство с функционалом геопорталов и ГИС для информационно - справочного использования	11
Занятие №2. Создание чертежей полезных моделей в программе трехмерного моделирования SketchUp	23
Занятие №3. Создание трехмерных моделей вспомогательных объектов для нужд аэрокосмической съемки в SketchUp.	34
Занятие №4.Создание трехмерной модели постройки технического назначения и ее представление на геопортале GoogleEarth.....	44
Занятие №5.Создание текстур на основе фотографической съемки в графическом редакторе Gimp.....	56
Занятие №6. Обработка аэрокосмической информации в табличном редакторе MSExCell	66
Занятие №7. Получение космических данных дистанционного зондирования из открытых источников.....	73
Занятие №8. Основы спутниковой навигации с использованием ГЛОНАСС-GPS навигаторов.....	85
Занятие №9. Мониторинг и изучение орбитальных объектов на примере космического мусора	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	103

ВВЕДЕНИЕ

Освоение космического пространства приносит колоссальную пользу для человечества. Сегодня мы не можем уже представить отсутствие Интернета и спутниковой теле-радио связи. Стало реальностью получать информацию из космоса о Земле и ее биосфере. Снимки Земли и других планет уже как полвека можно получать из космоса. Возможности получения информации о Вселенной удивительно расширились.

Основная тенденция в исследовании космического пространства Земли с 70-х годов прошлого столетия привела к использованию для этих целей космической техники. Развитие космической техники создало новые возможности для изучения нашей планеты. Точность навигационных систем обеспечивают спутники, а космические системы позволяют управлять спутниковым телевидением, прогнозом погоды, разведкой полезных ископаемых и т. д. С развитием спутниковой навигации и повышением точности наземных измерений открылась обширная область использования спутниковых технологий в информационных компьютерных системах.

Задачи и подходы к построению информационных систем, которые ориентированы на обработку пространственных данных, впервые были сформулированы канадскими учеными. Канадская геоинформационная система (CGIS - 1963–1971 гг.) является одним из примеров крупной универсальной региональной геоинформационной системы (далее – ГИС) национального уровня.

Работы концентрировались вокруг ГИС земельно-учётной специализации. Учёными были сформулированы оригинальные идеи, которые позволили заложить в основу ГИС фундаментальные принципы. Так, главный принцип, который позволил выделить ГИС из СУБД общего назначения, заключался во введении в число атрибутов объекта *признака пространственных координат*, независимо от того, в какой бы форме *местоуказания* он ни выражался.

В России до конца 80-х ГИС были закрытыми, так как разрабатывались Министерством Обороны. Широкое развитие ГИС в России началось с конца 80-х – начала 90, появились первые специализированные ГИС. Геоинформационные системы включают в себя 5 ключевых составляющих:

- аппаратные средства;
- программные средства;
- данные;
- исполнители (технические специалисты и пользователи системы);
- методы (правила работы).

ГИС общего назначения, как правило, выполняет 5 типов задач:

- ввод данных;
- манипулирование данными;
- управление;
- запрос и анализ;
- визуализация.

Главным применением ГИС является картография, где из общедоступных систем наиболее известна в России Google Earth.

Google Earth - это созданная в США пользовательская программа с доступом к регулярно обновляемой базе данных картографической информации и снимков планеты, размещённой на сервере разработчика. Наша планета в Google Earth изображена в виде глобуса (рис. 1).

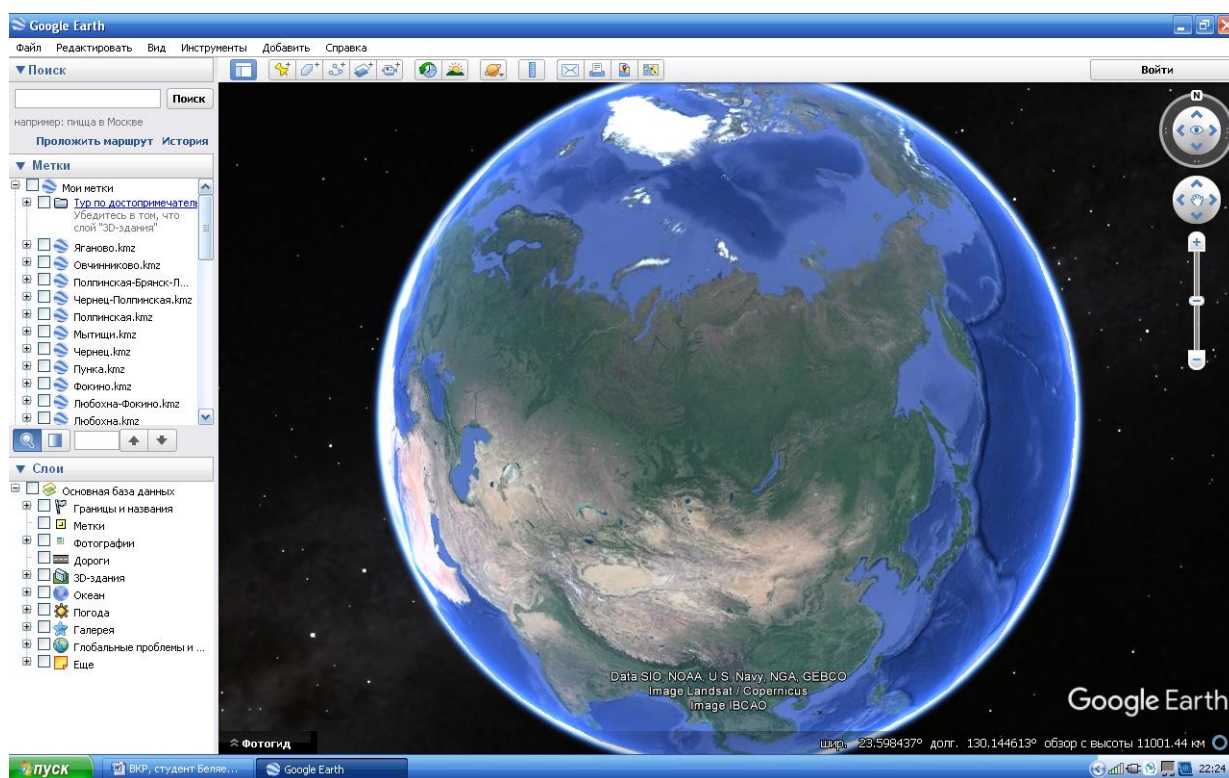


Рис. 1 – Интерфейс программы Google Earth

Программа выполнена на высочайшем профессиональном уровне и позволяет любым образом поворачивать земной шар, приближаться и отдаляться от поверхности планеты, наблюдать поверхность под любым углом. Возможна имитация дня и ночи.

Программа имеет мощную картографическую базу:

- на глобусе обозначены все страны с административно-территориальным делением и почти все населённые пункты,
- показаны реки и моря,
- автомобильные и железные дороги,
- трёхмерный рельеф местности,
- фотографии наиболее известных уголков планеты,
- имеется почти вся информация, изучаемая в средней школе на уроках географии.

Также в Google Earth практически в неограниченном количестве можно создавать и сохранять собственные метки и линии, измерять расстояния, импортировать данные из навигаторов, экспортировать снимки планеты с выбранным пользователем графическим отображением объектов, автоматически рассчитывать широту и долготу.

Несмотря на возможность оперировать громадным объёмом информации программа откликается мгновенно, не боится разрывов связи с сервером, продолжая быть работоспособной в автономном режиме и не теряя данных пользователя. Сохранить данные пользователя в большинстве случаев удаётся даже при техническом сбое в работе компьютера.

Google Earth является чисто информационной программой. Прямое использование данных для управления какими-либо процессами в ней невозможно.

Другой известной картографической программой общего пользования является Яндекс.Карты (рис. 2). Действие сервиса основано на требованиях Федерального закона от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Планета Земля здесь представлена в виде развёрнутой плоской карты мира, ограничено приближение и отдаление от поверхности Земли. На территории России в Яндекс.Картах как правило представлена более полная и более точная картографическая информация, чем в Google Earth.

В то же время в Яндекс.Картах полностью отсутствует возможность отдельного создания и хранения пользовательских данных, но при этом имеется раздел «Народная карта», редактируемый любым пользователем Яндекс.Карт в пределах предоставленного программой набора инструментов.

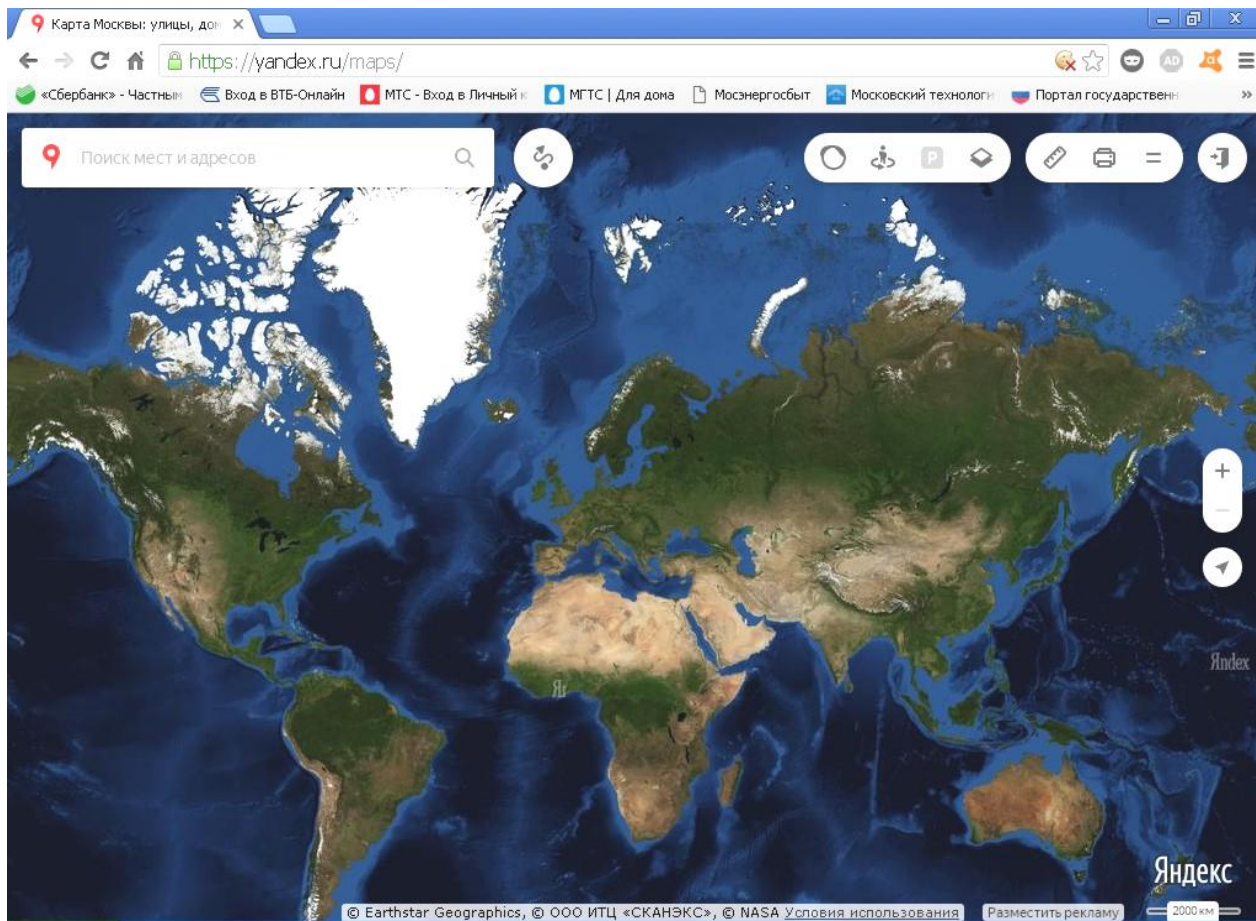


Рис. 2 – Интерфейс программы Яндекс.Карты

Наиболее интересным сервисом программы Яндекс.Карты является построение по точкам пользователя оптимальных автомобильных и пешеходных маршрутов с учётом дорожных знаков, актуальных препятствий и затруднений дорожного движения, также выполняется расчёт расстояния и времени в пути.

Во время отработки маршрута, программа осуществляет простейший контроль, где окончательное решение принимает пользователь, а программа, в случае отклонения от заданного маршрута, выстраивает другой оптимальный маршрут.

При этом существенным недостатком программы является нарушение или полное прекращение её работы при разрыве связи с интернетом.

Ещё одной программой общедоступного картографического сервиса является 2ГИС (рис. 3). Данная программа не отображает спутниковые снимки Земли и охватывает лишь крупные города стран СНГ с их окрестностями, но в 3D формате.

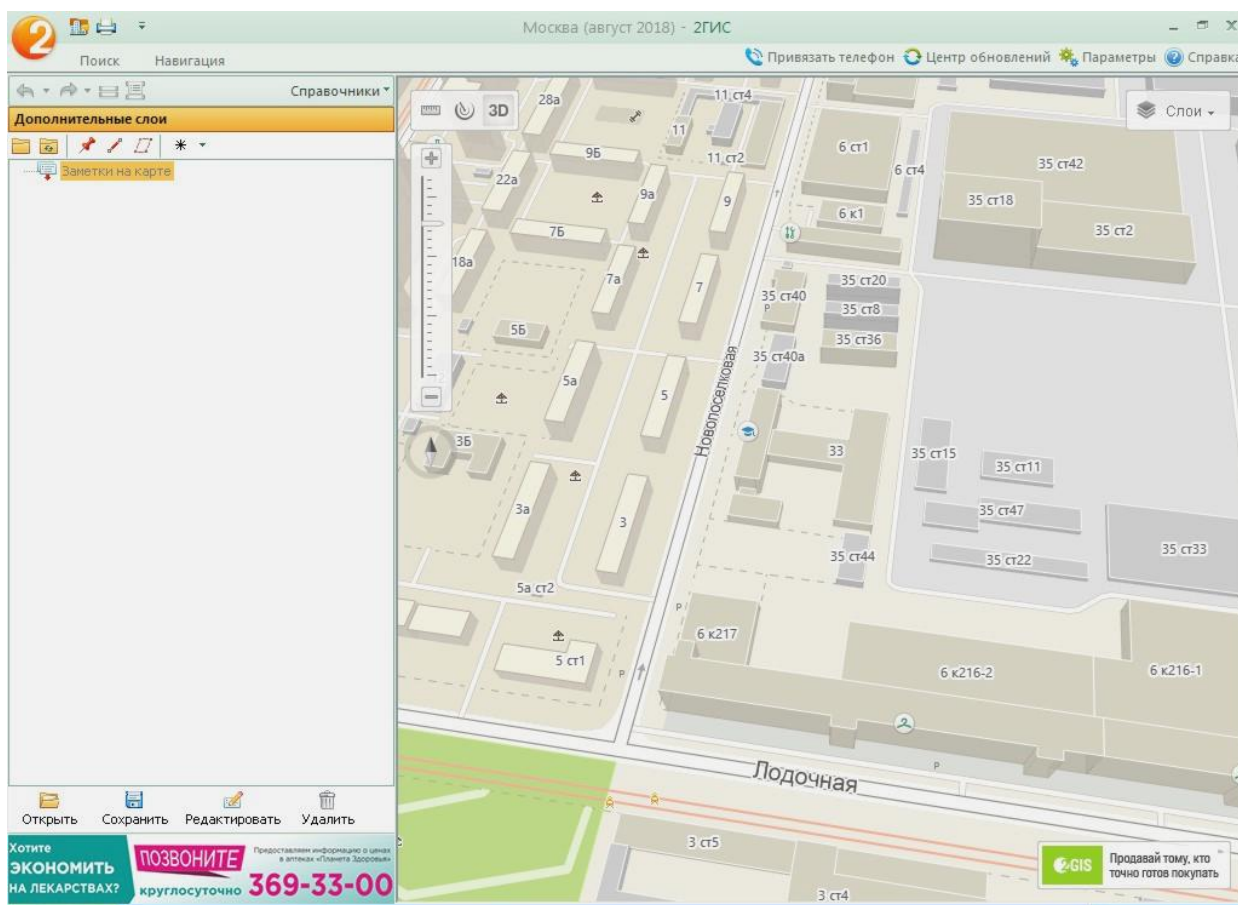


Рис. 3 – Интерфейс программы 2ГИС

Достоинством 2ГИС является наиболее полный список городских адресов и организаций (включая телефоны, интернет-адреса и часы работы), а также остановок и маршрутов городского общественного транспорта.

Кроме этого, так же, как Яндекс.Карты, программа 2ГИС показывает широту и долготу, может строить маршруты и измерять расстояния, но только в границах имеющихся карт. Отработка маршрута в 2ГИС аналогична Яндекс.Картам.

Программа также имеет возможность расстановки пользователем меток, комментариев и их сохранения. Постоянный доступ к интернету для работы программы не требуется. Достаточно лишь один раз в месяц обновлять загруженные базы данных.

В наши дни стало традиционным использование космических снимков в метеорологии, геологии, океанологии. В последние годы активно ведутся

поиски путей использования космических съемок в географии, в области изучения природной среды, а также в сфере экономико-географических исследований, включая изучение населенных пунктов и расселения, транспорта, антропогенного воздействия на природную среду. Спутниковые снимки становятся повседневным источником объективной и актуальной информации для решения задач в различных отраслях человеческой деятельности

Авторы выражают благодарность Груздеву С.С., Чугрееву Г.Г., Грузинову В.С., Чабан Л.Н. за помощь в подготовке материалов.

Занятие №1. Знакомство с функционалом геопорталов и ГИС для информационно - справочного использования

Обычно **Геопортал** определяют, как веб-портал, отображающий и предоставляющий доступ к географической информации посредством веб-сервисов. Для большинства пользователей данного рода порталы выглядят как ресурсы сети Интернет, на которых можно посмотреть карты интересующей направленности, наложить на них несущие полезную информацию **слои** и выполнить некоторые простые построения, вроде определения площади или расстояния до точки интереса.

Масштабы геопорталов обычно разделяют по территориальному охвату: *глобальные, федеральные, региональные и муниципальные.*

Примером **глобального** геопортала в сети Интернет может служить **MilitaryMaps** (Рис.1.1.).

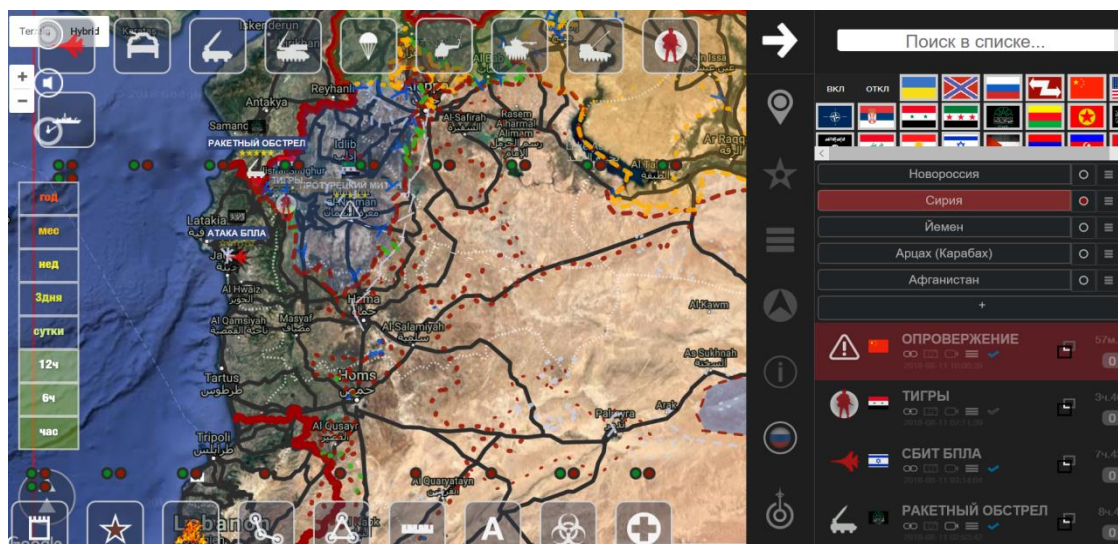


Рис.1.1. Рабочее окно глобального геопортала MilitaryMaps

В связи с текущей обостренностью межгосударственных отношений и наличием большого числа горячих точек, привлекающих пристальное внимание общественности, в наше время существует большой запрос на открытые военные данные, представленные в удобном и репрезентативном виде. Ход военной компании любого рода очень сложно представить без картографических материалов с соответствующим информационным наполнением. Агрегатором такого рода информации стал геопортал MilitaryMaps.

MilitaryMaps позволяет пользователю просматривать и изучать актуальную военную информацию, полученную из открытых источников. Функциональные возможности сайта позволяют, как просматривать

историческую информацию, так и самые современные события в режиме интерактивной новостной ленты. Отличительной особенностью данного ресурса является ярко выраженный социальный вектор – каждое событие во временной линии имеет ссылки на источник информации и ресурс, на котором, при желании, можно его обсудить совместно с другими пользователями.

Примером **федерального** геопортала является **Геоportal Роскосмоса** (Рис. 1.2).

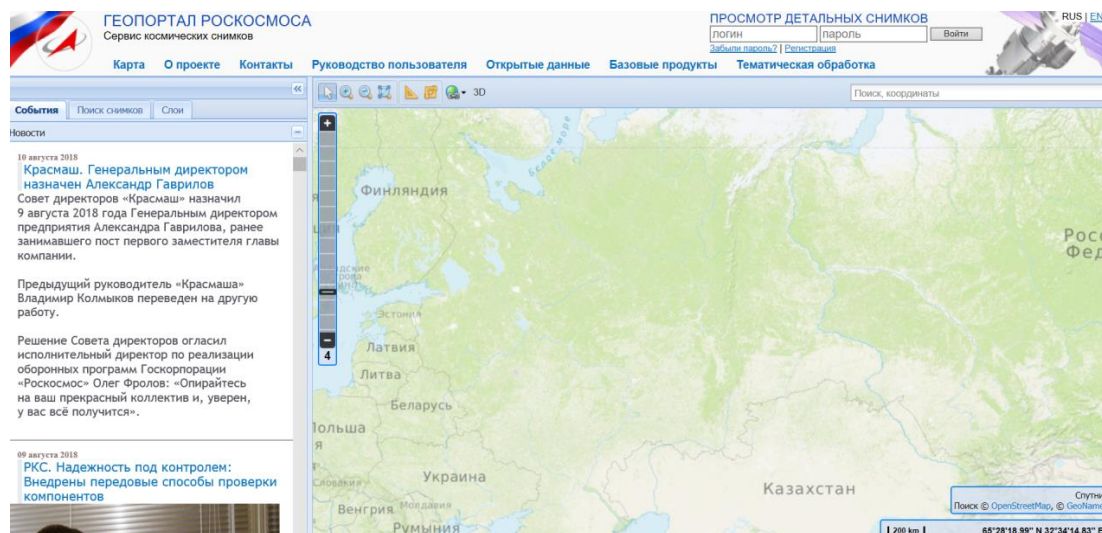


Рис.1.2 Рабочее окно федерального геопортала Роскосмоса

Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос» – российская корпорация, управляющая космической отраслью страны, созданная путём преобразования Федерального космического агентства «Роскосмос». Одной из главных задач стоящей перед этой организацией является получение и предоставление заказчикам, коммерческим и государственным, данных дистанционного зондирования, полученных из космоса.

Ранее процесс заказа данных представлял из себя довольно насыщенный бумажным документооборотом процесс подачи и согласования заявок. От заявителя требовалось заполнить специальную форму, содержащую такие параметры съемки как территория, сенсор, время и подать ее в организацию. С появлением геопорталов необходимость в этих действиях отпала. Теперь зарегистрировавшийся на ресурсе заказчик выбирает интересующую его территорию на карте, рисует полигон интереса и во всплывающем контекстном окне указывает, с какой платформы и на какую дату ему нужны космические съемочные материалы. В случае одобрения и успешных

съемочных мероприятий заказчик получает ссылку на скачивание информации из архива Роскосмоса.

В качестве примера **регионального** геопортала можно привести **Геопортал Республики Бурятия**(Рис.1.3).

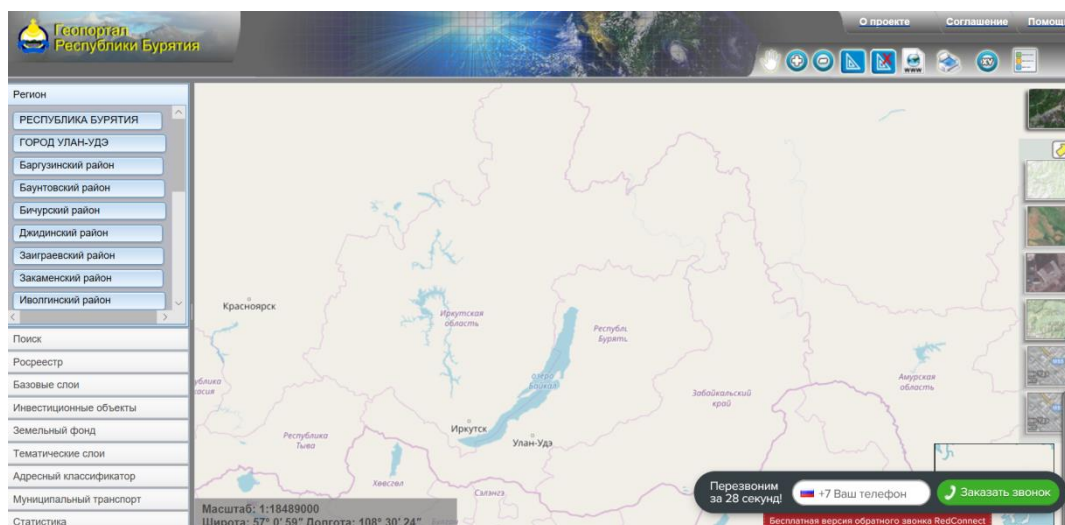


Рис.1.3 Рабочее окно регионального геопортала Республики Бурятия

Региональный геопортал Республики Бурятия является образцовым геопорталом своего типа. Прямо в базовом рабочем окне пользователь может подгружать любые удобные для него подложки из широкого списка, такие как **Топооснова Росреестра**, **OpenStreetMaps** или спутниковые данные с **Google**. Присутствует быстрый поиск объектов интереса и набор подключаемых слоев, содержащих информацию о таких вещах, как земельный фонд, транспортная сеть и прочее.

Хорошим примером **муниципального** геопортала является **Электронный Атлас города Москвы** (Рис. 1.4).

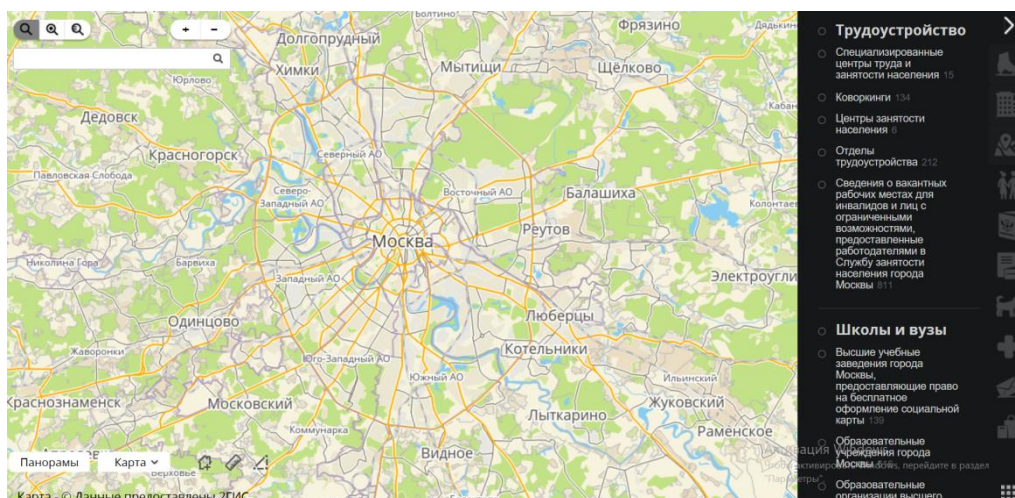


Рис. 1.4 Рабочее окно муниципального геопортала г. Москвы

Город Москва является столицей Российской Федерации и представляет активно развивающийся цент Московской **агломерации** – компактно расположенной группы городских и сельских поселений, объединенных интенсивными и многообразными хозяйственными, трудовыми и культурными связями.

Специфика данного электронного атласа заключается в его универсальности – любой пользователь, от инвестора до планирующего свой отдых жителя, способен быстро получить и визуализировать на карте интересующую его информацию, разбитую по тематическим категориям.

На данном занятии мы познакомимся с базовым принципами работы с геопорталами на примере геопортала **GoogleEarth**. Геопортал **GoogleEarth** (русский вариант «Google Планета Земля») стал общедоступным в 2005 году.

Прототип продукта изначально был выпущен компанией Keyhole, а затем приобретён компанией Google и интегрирован с одноимённой поисковой системой. Отличительной чертой геопортала является то, что все данные об объектах земного пространства размещены на виртуальном интерактивном глобусе планеты Земля.

Имеются также модели звёздного неба, глобусы Луны и Марса.

Работа данного сервиса возможна как на персональном компьютере, так и на мобильном телефоне или планшете. Сервис **GoogleEarth** предоставляет доступ к снимкам высокого разрешения (аналогично **GoogleMaps**), а также содержит в себе большое количество инструментов для управления, навигации над поверхностью; имеется возможность добавлять метки, пути, полигоны, а также измерять расстояния.

Возможно отображение различной дополнительной информации, например, границ и названий, фотографий, погоды, данных сторонних ресурсов (видео, панорамы, снимков GeoEye и пр.). Особый интерес вызывают «Исторические фотографии», то есть архивные снимки высокого разрешения с указанной датой съёмки. Зачастую один и тот же объект на планете снимается спутниками неоднократно и в GE представляется возможным просмотреть некоторые доступные снимки, снятые в разное время и сравнить изменения, либо сделать какой-то пространственно-временной анализ. Базовая версия ПО распространяется на бесплатной основе.

Несмотря на условную бесплатность и простоту данного ПО, **GoogleEarth** активно используется в рабочей деятельности как вспомогательная программа.

Простота интерфейса позволяет пользователям без специального образования работать с геопространственной информацией. Внутренний формат меток ***.kmz/*.kml** очень распространён и либо принимается современным программным обеспечением в сфере ГИС и навигации, либо на аппаратном уровне, либо после конвертации встроенными утилитами. Попытаемся решить несколько типовых задач с помощью этого геопортала.

Задание №1 Поиск объектов по адресу.

Для поиска объектов по адресу необходимо ввести адрес в графу поиск, расположенную в верхнем левом углу рабочего окна программы. Попробуем найти Лицей 504, г. Москва, Варшавское Шоссе, и отобразить его так, как это показано на рисунке № 5.

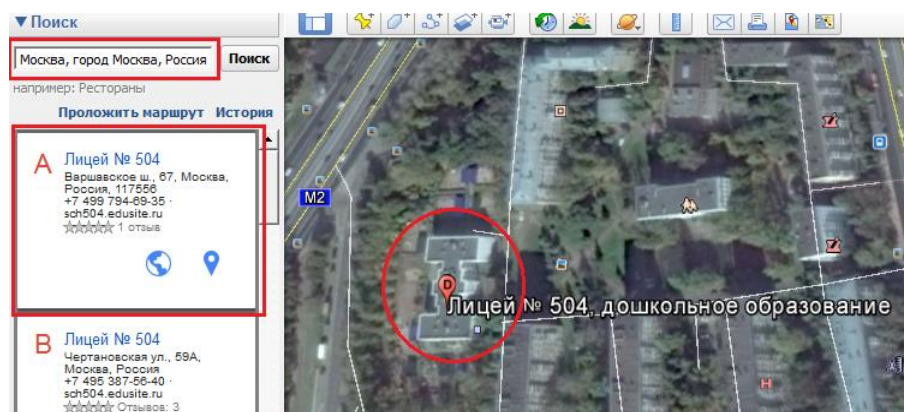


Рис.1.5 Поиск заданного объекта по адресу в GoogleEarth

Самостоятельно найдите и отобразите свою школу по адресу, используя строку поиска.

Задание №2 Работа со слоями.

GoogleEarth поддерживает работу со слоями, содержащими различного рода тематическую информацию. Для удобства работы можно манипулировать отображением этих слоев. К примеру, если на электронной карте отображаются «лишние» объекты, затрудняющие ее восприятие, то их отображение можно отключить.

В нижнем левом углу рабочего окна вы можете увидеть набор содержащих тематическую информацию слоев. Попробуем отключить все слои кроме дорожной сети. Для этого нужно убрать галочки со всех слоев кроме слоя «Дороги», как показано на рисунке №6.

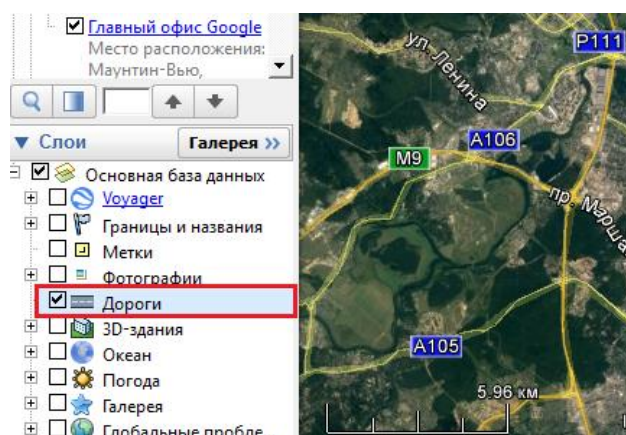


Рис.1.6 Отображение заданных слоев в GoogleEarth

Самостоятельно отобразите в обзорном окне геопортала комбинацию слоев «Дороги» и «Границы и названия». На основе этих данных визуально оцените предполагаемый маршрут из г. Тверь в г. Москву.

Задание №3 Работа с метками.

Посредством команд **Добавить метку** 📍, **Добавить полигон** 📐, **Добавить путь** 📍 в обзорном окне **GoogleEarth** можно выполнять некоторые построения на местности, которые потом при необходимости можно сохранять с целью использования в других программных пакетах.

Используя этот инструментарий, необходимо отметить территорию своей школы в виде площадного объекта (**Добавить полигон** 📐), провести до нее линию, соответствующую вашему пути до школы из дома (**Добавить путь** 📍) и наколоть точечную метку с подписав название (**Добавить метку** 📍). Примерный вид решения этой задачи изображен на рисунке №1.7 .

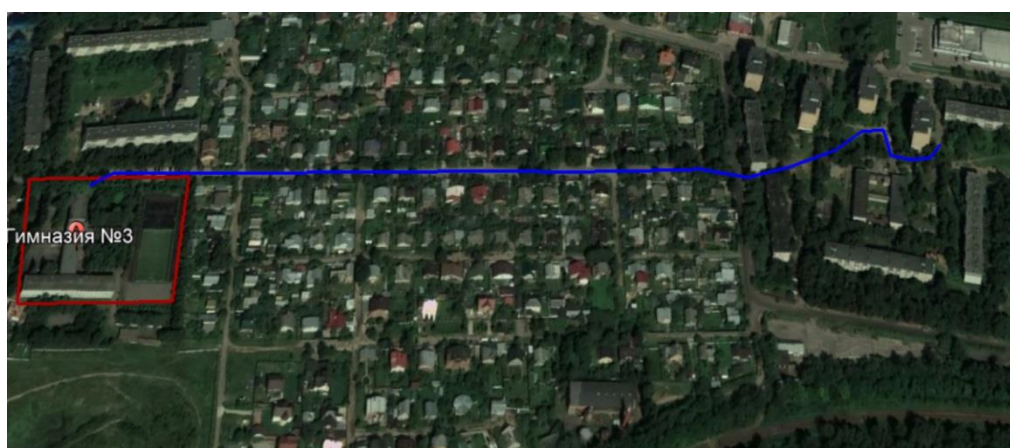


Рис. 1.7 Работа с метками в GoogleEarth

Обратите внимание, что вид отображения рисуемого вами объекта редактируется в процессе создания (вкладка **Стиль, Цвет**), а созданная фигура начинает отображаться в специальном разделе рабочего окна под названием

Метки. Из этого раздела свойства этих объектов можно редактировать по желанию.

Задание №4 Работа с историческими снимками.

GoogleEarth поддерживает работу с архивными снимками. Они позволяют пользователю отслеживать динамику объектов на снимках.

Попробуем решить простую задачу мониторинга на конкретном примере. Попробуем определить в каком году на футбольном поле рядом с «Лицеем 504» расположенном в городе Москва появилось покрытие. Для этого перейдем в режим просмотра исторических снимков и посредством специального ползунка в верхней части рабочего окна будем переходить на более поздние снимки до тех пор, пока покрытие на поле не пропадет (Рис. 1.8).

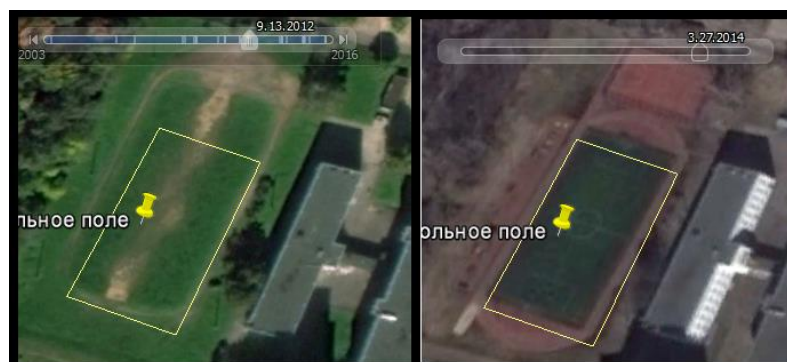


Рис. 1.8 Изучение изменений характеристик объектов местности по архивным снимкам.

По результату анализа снимков временного ряда становится понятно, что футбольное поле привели в порядок в период с 2012 до 2014 года. Оцените архивные фото спортивной площадки рядом со своей школой.

Задание №5 Измерения на геопортале.

В **GoogleEarth** можно проводить измерения расстояний посредством встроенного инструмента **Линейка** . Можно измерять как длину прямой линии, так и дистанцию определенную некоторой полилинией.

Определим длину и ширину футбольного поля рядом с Лицеем №504 г.Москва (Рис.1.9).

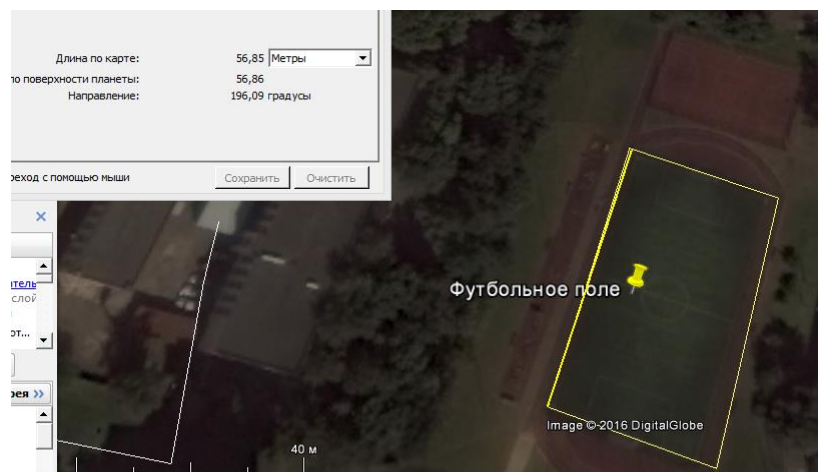


Рис. 1.9. Измерение длины стороны футбольного поля.

Самостоятельно определите размеры футбольного поля на спортивной площадке рядом с вашей школой.

Задание №6 Небесные тела.

GoogleEarth позволяет просматривать снимки некоторых близких к Земле небесных тел, таких как Луна и Марс. Для перехода в этот режим следует нажать пиктограмму **Переключиться**  и в открывшемся диалоге выбрать интересующее тело.

Выберем **Луну** и попытаемся найти место миссии **Apollo 11**, выделенной уникальным значком и ознакомимся с информацией о ней (Рис.1.0).

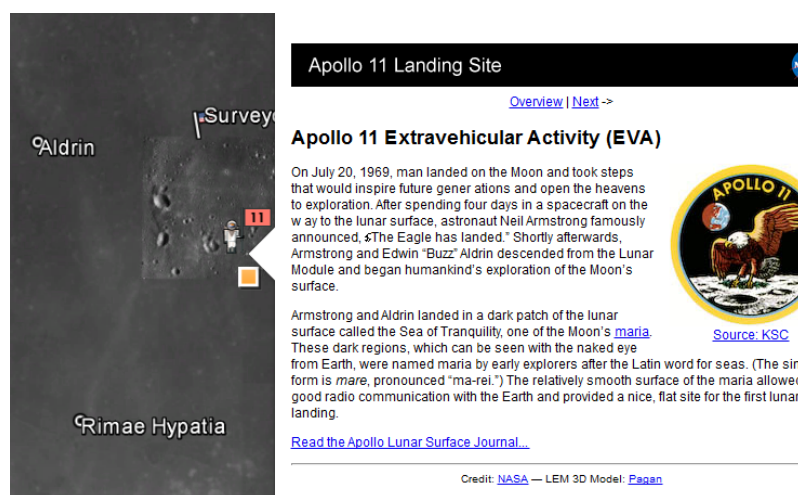


Рис. 1.0.Позиция и описание миссии «Apollo 11»

Самостоятельно в свободном режиме ознакомьтесь с **Марсом**,используя уже известный вам функционал программы.

Задание №7 Имитатор полета.

В **GoogleEarth** имеется встроенный симулятор полета, который позволяет оценить вид земной поверхности с борта летательного средства. На

выбор предлагаются два самолета **F-16** и **SR-22**. Управление летательным средством осуществляется клавишами клавиатуры со стрелками (Рис. 1.1).

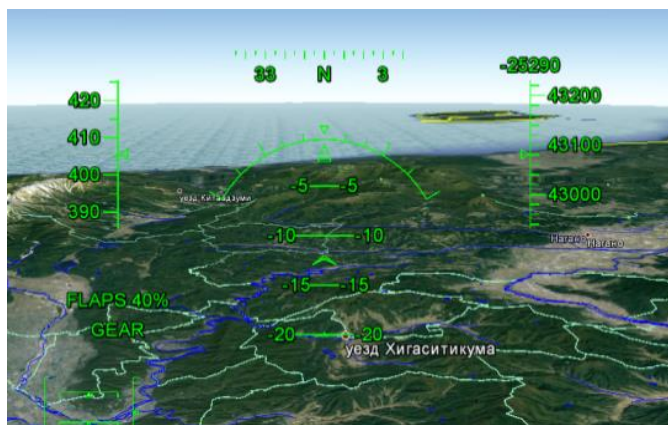


Рис. 1.1.Режим полета.

Для перехода в этот режим следует выбрать следующую опцию в диалоге **Инструменты – Войти в имитатор полета**. Попробуем в свободном режиме полетать над московской областью на самолете **SR-22**.В рамках самостоятельной работы «полетайте» над любой территорией по вашему выбору на самолете **SR-22**.

Задание №8 Панорамы.

В **GoogleEarth** можно просматривать панорамные снимки улиц. Для этого используется опция , расположенная в правой части рабочего окна. Следует перенести метку на позицию, где имеются панорамные снимки. Эти места отображаются синими линиями.

Выберем случайную панораму и попытаемся посчитать число этажей и материал, из которого построен ближайший дом (рис 1.2). На рисунке можно убедиться что число этажей равно шести, а материал из которого построено здание - кирпич.



Рис. 1.2. Определение этажности здания по панорамному снимку.

Самостоятельно в свободном режиме ознакомьтесь с панорамами вашего родного города.

Задание №9 Трёхмерные модели.

В **GoogleEarth** можно просматривать трёхмерный модели зданий, смоделированные в сторонних программных пакетах (пример Blender). Для отображения трёхмерных моделей зданий нужно включить их в разделе работы со слоями ☒  3D-здания .

Попробуем смотреть трёхмерную модель старого корпуса МИИГАиК г. Москва, как это показано на рисунке № 2.



Рис. 1.13. Трёхмерная модель здания старого корпуса МИИГАиК представленная в GoogleEarth.

Самостоятельно найдите трёхмерную модель Главного дома городской усадьбы А. Е. Александрова в г. Москве.

Задание №10 Экспорт, редактирование и импорт.

Более приближенная к рабочей ситуации задача. Потенциальный клиент заказал вам получение съемочных данных на территорию Серебряно-Виноградного пруда и переда в письме файл формата **.kmz** под названием **«Район съемки Серебряно-Виноградный»**. Откройте его посредством команды **Файл –Открыть** как это показано на рисунке 1.14 .

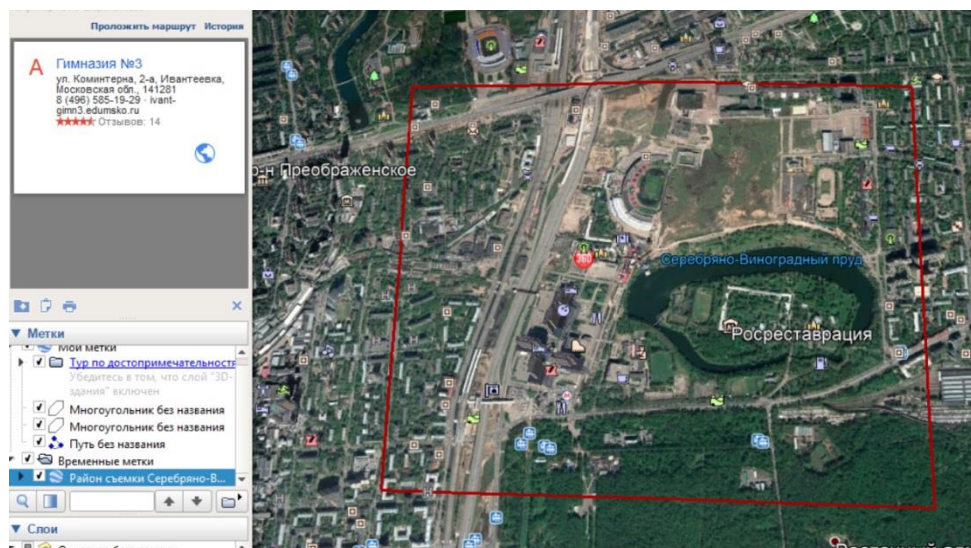


Рис. 1.14. Район заказа съемки.

С высокой долей вероятности эта площадь является избыточной и ее нужно отредактировать, с целью уменьшения объема выполняемых работ. Для решения этой задачи можно, как нарисовать новый площадной объект в границах старого, так и отредактировать узлы уже имеющегося через зажатие левой клавиши мыши (Рис. 1.15).



Рис. 1.15. Откорректированный район съемки.

Выполнив заданной построение нажмите на его представление в разделе интерфейса **Метки** правой клавишей мыши и в открывшемся окне выберите опцию **Сохранить как** . Сохраните метку в качестве **.kmz** файла. Теперь ее можно отправить заказчику на дальнейшее согласование по электронной почте или мессенджеру.

Занятие №2. Создание чертежей полезных моделей в программе трехмерного моделирования SketchUp

Пожалуй, начнем с определений. **Чертёж** — документ, содержащий контурное изображение изделия и другие данные, необходимые как для изготовления, контроля и идентификации изделия, так и для операций с самим документом [1]. Чертеж является, как важнейшим конструкторским документом, так и графической моделью изделия.

На рисунке № 4.1 ознакомьтесь с чертежами беспилотных летательных аппаратов моделей «VampireV6-D» (Дания) и «Птеро-G1» (Россия). Вы можете убедиться сами, что данные изображения имеют разную информативность. Чертеж «VampireV6-D» позволяет более подробно оценить размеры воздушного судна и ознакомиться с его характеристиками, а чертеж «Птеро-G1» имеет дополнительное представление БПЛА в **изометрической проекции**, более удобное для визуального восприятия.

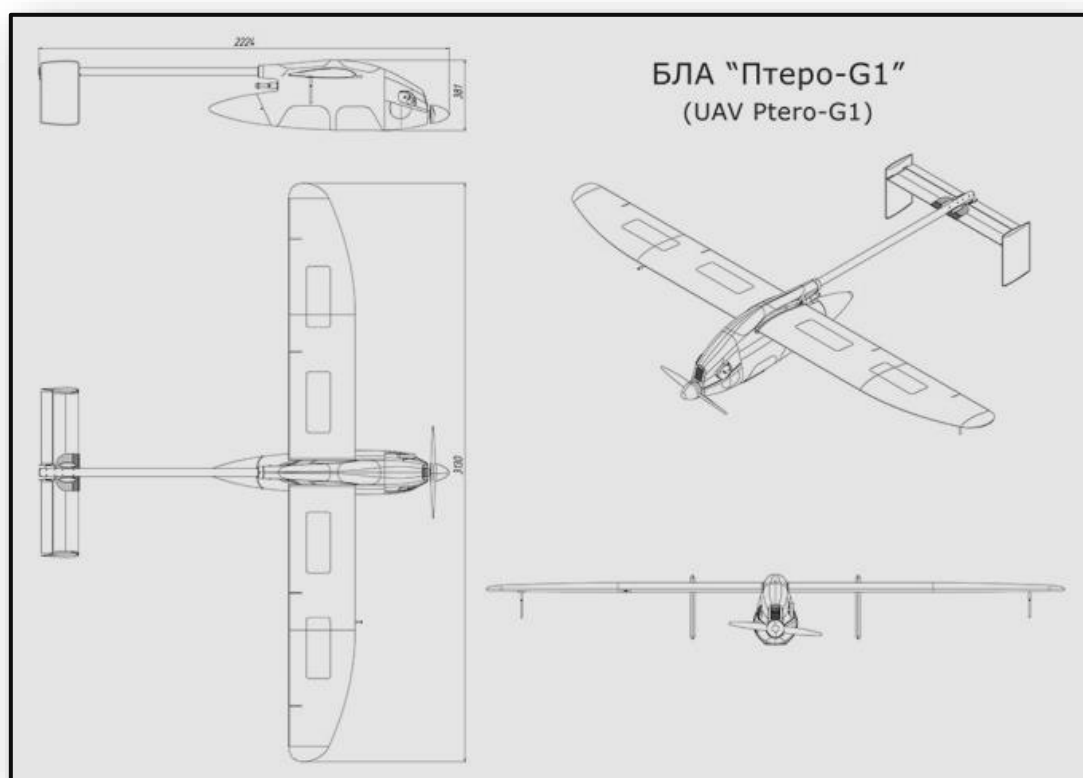


Рис 2.1 Чертеж беспилотного летательного аппарата самолетного типа, модель «VampireV6-D»

При наличии навыков чтения чертежей при ознакомлении с этим документом можно получить исчерпывающую информацию о размерах данного воздушного средства и его технических характеристиках. И в

перспективе, создать отображенный на чертеже объект, если, конечно, имеются ресурсы и подходящая производственная база. Чертеж на производстве – это основной технический документ, в котором указаны необходимые сведения о деталях, их материале, термической обработке, технические условия на изготовление. По нему проверяют качество обработки на всех стадиях технологического процесса.

Разделяют несколько общих видов чертежей (Рисунок № 4.2).

Чертеж детали (1) – изображение изделия, изготавливаемого из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций. Примерами таких изделий могут служить хорошо знакомые вам болты, гвозди, гайки и т.д.

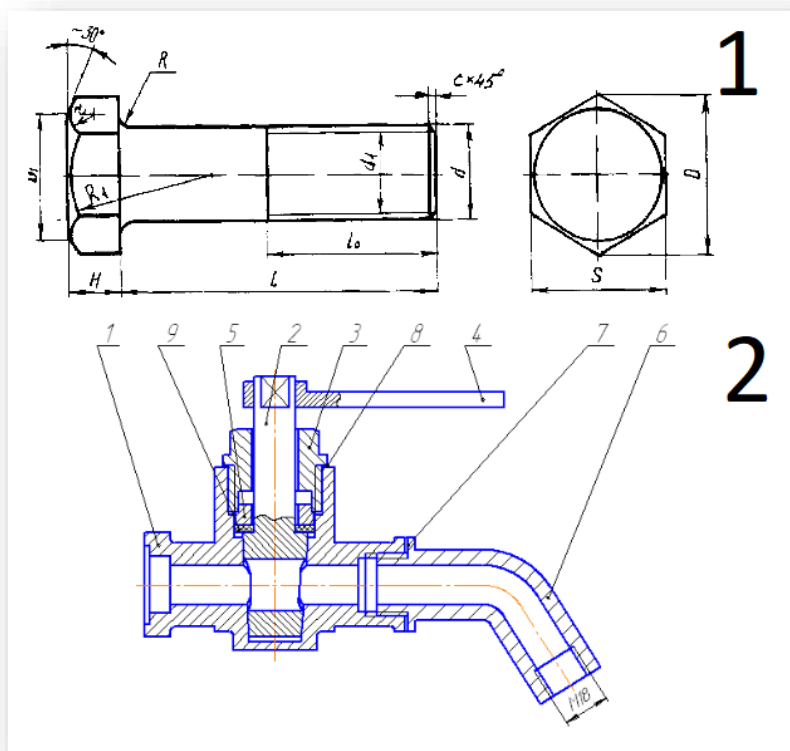


Рис.2.2 Чертежи детали (1 – болт) и чертежи сборочной единицы (2 – водопроводный кран)

Чертеж сборочной единицы (2) – изображение изделия, состоящего из двух и более составных частей, соединённых между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями. Примерами подобного рода объектов могут быть станки и моторы.

Сборочный чертёж – документ, содержащий изображение сборочной единицы и данные, необходимые для её сборки и контроля. Пример – различного рода составные механизмы. Важно отметить, что чертежи не

создаются в свободном стиле, по желанию специалиста. Черчение выполняется по правилам, представляющим собой правила кодирования информации об объекте, с целью сокращения её объема и в России основные требования к выполнению чертежей имеют **Государственный Стандарт (ГОСТ)**.

Чертежи выполняются в определённой **проекции**. Термин **проекция** широко распространён в различных областях человеческой деятельности, но к черчению его можно обозначить как изображение трёхмерной фигуры на так называемой картинной (проекционной) плоскости способом, представляющим собой геометрическую идеализацию оптических механизмов зрения, фотографии, камеры-обскуры. В общем случае проекции разделяют на **параллельные** и **перспективные** (центральные) проекции (Рисунок 2.3).

Представление о **параллельной проекции** дает тень фигуры при освещении параллельным пучком света, например солнечными лучами. **Проекционный** метод изображения предметов основан на их зрительном представлении.

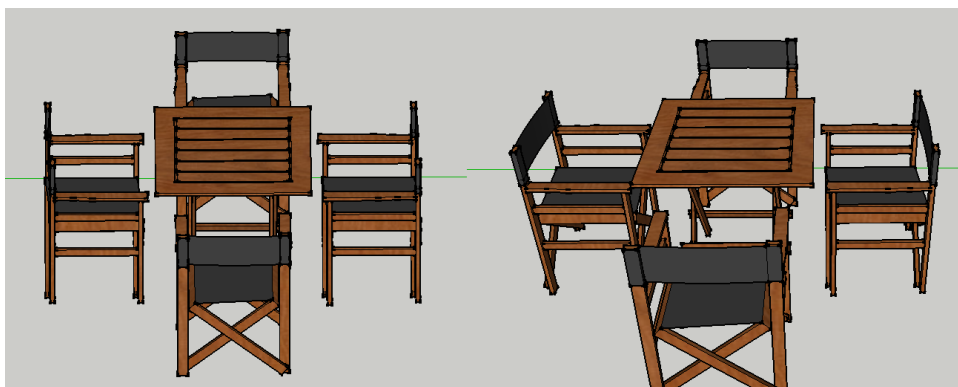


Рис.2.3 Представление набора простых трехмерных объектов в параллельной и перспективной проекции

Очень часто в процессе научных или производственных работ возникает необходимость нарисовать схематический чертеж детали. Однако профессиональное программное обеспечение для решения иногда бывает недоступно и для решения поставленной задачи приходится проявлять смекалку, приспособив уже имеющиеся инструменты для решения нетривиальных для них задач. На данном занятии мы построим чертежи некоторых простых объектов в бесплатном программном обеспечении для трехмерного моделирования SketchUp, включая чертеж типового плоского радиального тестового объекта (полезная модель), который используется при исследовании характеристик материалов аэрофотосъемки.

1. 1.Подготовка рабочей сцены и выбор шаблона.

Первой решаемой в данном задании задачей будет подготовка рабочего пространства таким образом, что бы с удобством создавать требуемые чертежи сразу в реальной метрике. Познакомимся с функцией выделения объектов **Выбрать**  и выделим изображение человеческой фигуры в рабочем окне. Его следует удалить (Рисунок 2.4), нажав кнопку «Delete» на клавиатуре или используя команду **Ластик** .

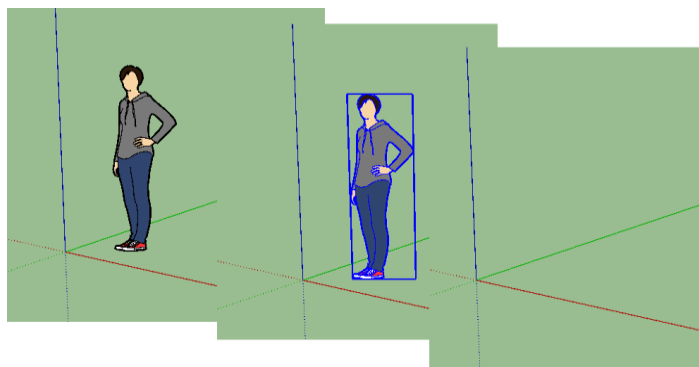


Рис.2.4 Удаление объектов в SketchUp в ручном режиме

Следующим шагом будет включение панели инструментов «**Большой набор инструментов**». Для этого нажмите правой клавишей мыши на свободное любое свободное место на панели управления и в открывшемся меню выберите пункт «**Большой набор инструментов**». Инструменты займут (Рисунок 2.5) свое положение в левой части рабочего интерфейса программы и в дальнейшем будут нами активно использоваться.

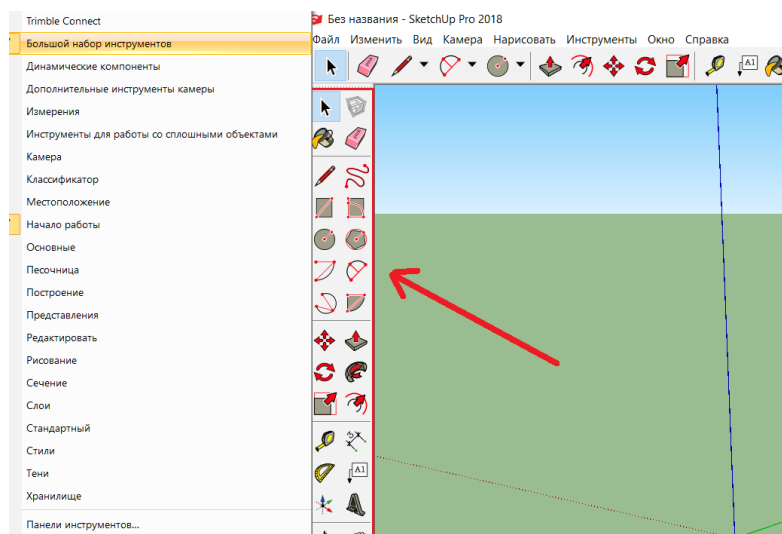


Рис.2.5 Добавление Большого набора инструментов на рабочую панель SketchUp

Выберем удобный для рисования двухмерных объектов способ отображения информации на экране. Нам подойдет стандартное

представление спереди, которое можно выбрать в контекстном меню функции главного меню «**Камера**» - «**Стандартные представления**» - «**Вид спереди**». Обратите внимание (Рисунок 2.6) на положение координатных осей в данном представлении.

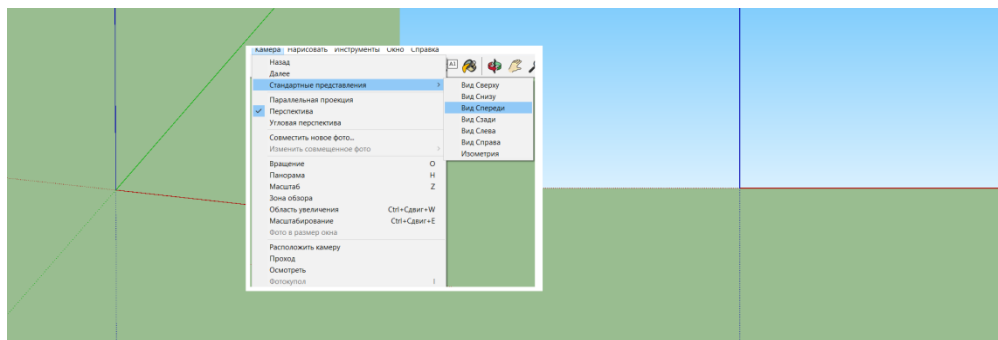


Рис.2.6Переход в представление «Вид спереди»

Заключительным действием, выберем для начала **шаблон** в котором будет производится построение, используя (Рисунок 2.7) команды главного меню «**Окно**» - «**Параметры**» - «**Шаблоны**» - «**Проектная документация, миллиметры**».

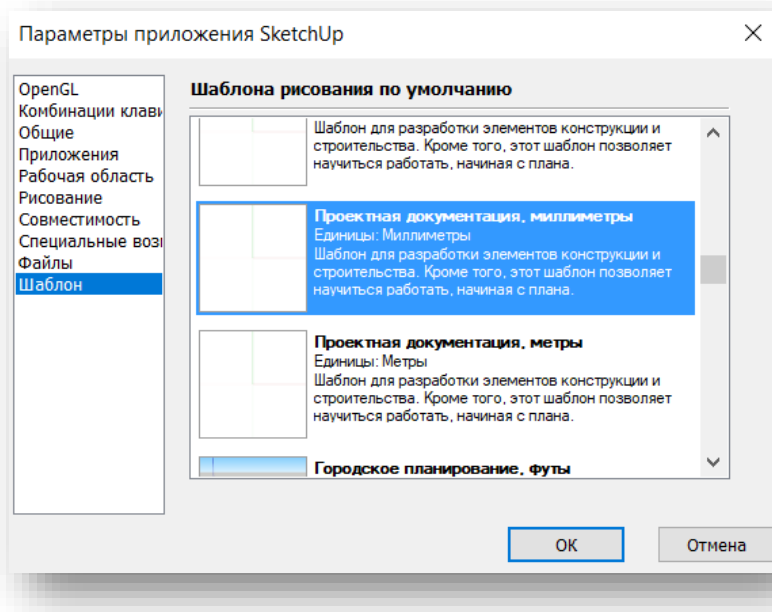


Рис.2.7Выбор шаблона проектной документации с единицами измерений в виде миллиметров.

Теперь можно приступать непосредственно к черчению.

2.Вычерчивание чертежа простой детали в вертикальной перспективе.

Создадим чертеж простой детали, показанный на Рисунке №2.8 .

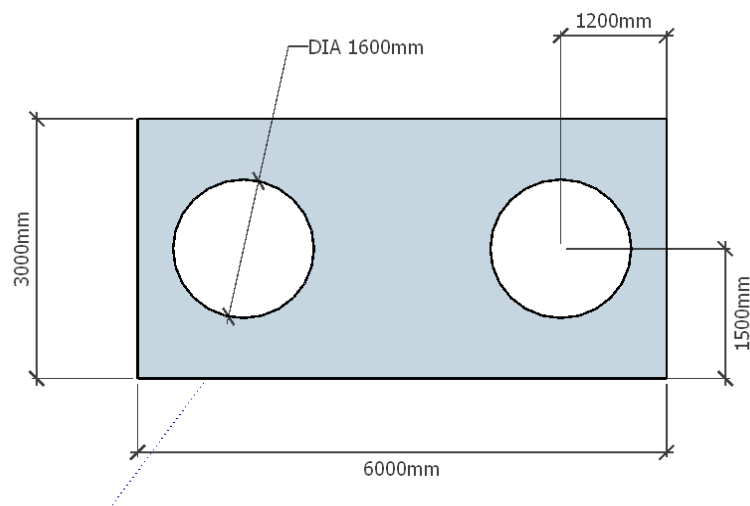


Рис.2.8 Чертеж простой детали в миллиметровом шаблоне.

Для начала создадим основу детали, посредством инструмента «Прямоугольник» . Выберите произвольное место и создайте прямоугольный объект методом растягивания, как это показано на Рисунке №2.9. В процессе создания объекта становится активна плашка с метрической информацией в нижнем правом углу рабочего окна. Не отпуская левой клавиши мыши наберите на клавиатуре 6000;3000 и завершите создание объекта. В результате этих действий мы получим прямоугольный объект размером 2 масштабные единицы по горизонтали и 1 масштабную единицу по вертикали.

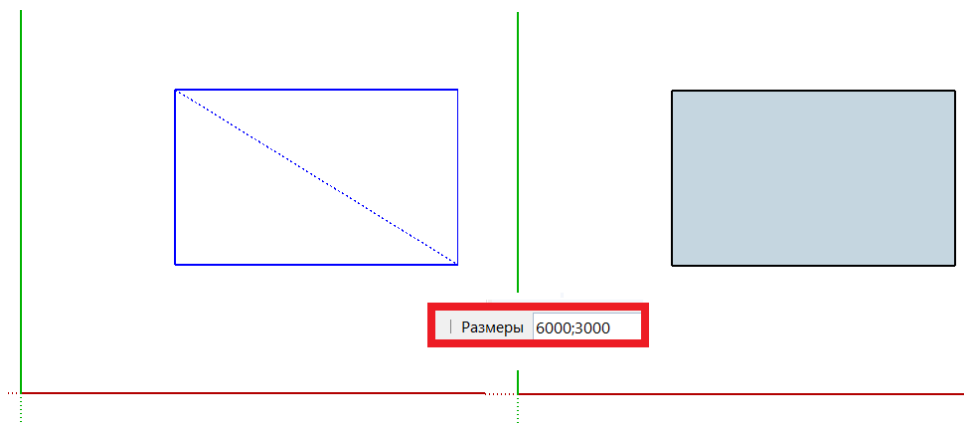


Рис.2.9 Создание основы для чертежа детали.

Теперь нам нужно вырезать в полагающихся для этого местах отверстия посредством специального инструмента, создающего круглые объекты. Однако сделать это нам необходимо в строго отведенных для этого метках. И для этого нам пригодится инструмент вспомогательных построений **Рулетка** , способный создавать удобные для занимающегося черчением инженера направляющие линии. Выберите данный инструмент и щелкните на левом

ребре фигуры левой клавишей мыши. Направляющая будет строится параллельно ребру, о которого ведется ее отсчет и ее положение можно регулировать как в ручную, так и задавая число в плашку в правом нижнем углу рабочего пространства. Расстояние, на котором располагается центр радиального отверстия нам известно и оно равно 1200 мм. Создайте соответствующую направляющую для правого и левого ребра детали, как это показано на рисунке 2.10.

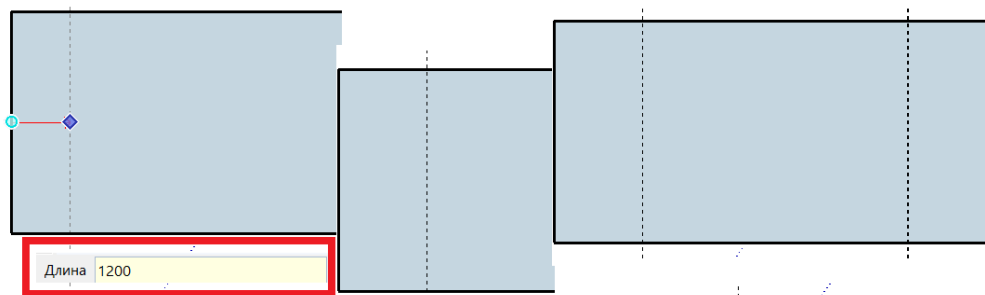


Рис.2.10 Расстановка вертикальных направляющих.

Схожим образом создайте горизонтальную направляющую. Обратите внимание, что программа сама попытается вам подсказать положение направляющей, проходящей через центр заготовки. Результат этих действий представлен на Рисунке 2.11.

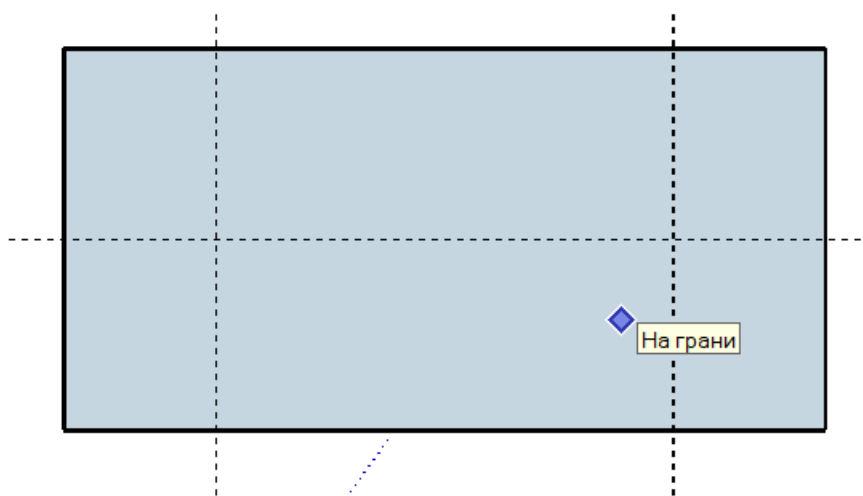


Рис.2.11 Создание горизонтальной направляющей, симметрично разделяющей плоскость заготовки

Имея положение центров радиальных отверстий можно начать их вырезку, используя команду **Круг** . Работает она во многом аналогично уже известной вам команде квадрат и позволяет задать размер объекта вручную или числом в строке дистанции. Обратите внимание, что в строке дистанции для радиальных объектов отображается радиус. Известно, что **Диаметр = 2 x Радиус**, а это значит что для очерчивания круга диаметром 1600 мм. мы

должны вписать в качестве радиуса число 800.Создайте радиальные объекты, а потому удалите их, используя уже известные вам команды. На их месте останутся отверстия требуемого диаметра. Создание базы для чертежа детали завершено (Рисунок 2.12).

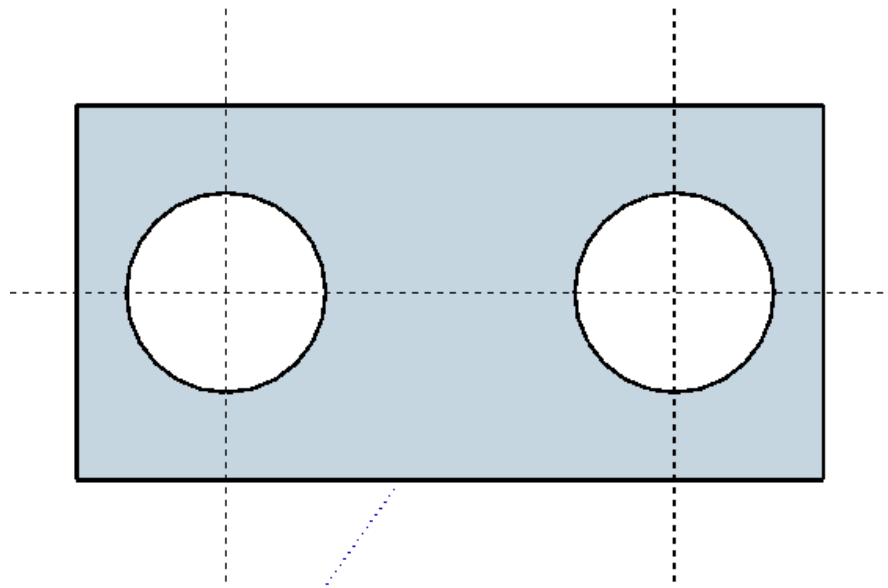


Рис.2.12 Предварительный вид чертежа детали без подписей.

Используя инструмент **Размер** , создайте вспомогательные построения для демонстрации размеров типовых элементов чертежа детали и удалите все направляющие командой

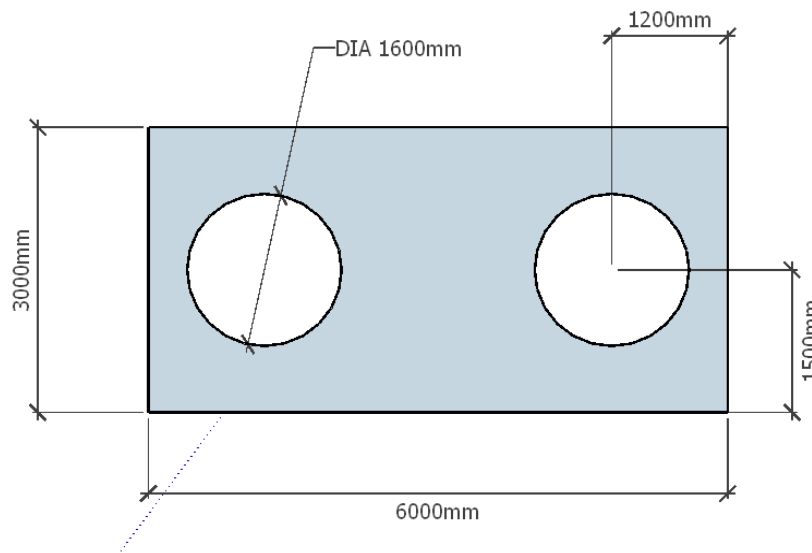


Рис.2.13 Итоговый вид чертежа детали.

2.Вычерчивание чертежа секторной радиальной миры для изучения характеристик фотоматериалов, получаемых в процессе аэро- и космической съемки.

Подобного рода тестовые объекты активно используются в производстве для решения задачи, связанной с определением реального линейного разрешения на местности для фотографий, полученных с различного рода носителей и аппаратов.

К вопросу их практического применения мы вернемся позднее, а пока выполним чертеж подобного тестового объекта. Пример подобного чертежа можно увидеть на Рисунке 2.14.

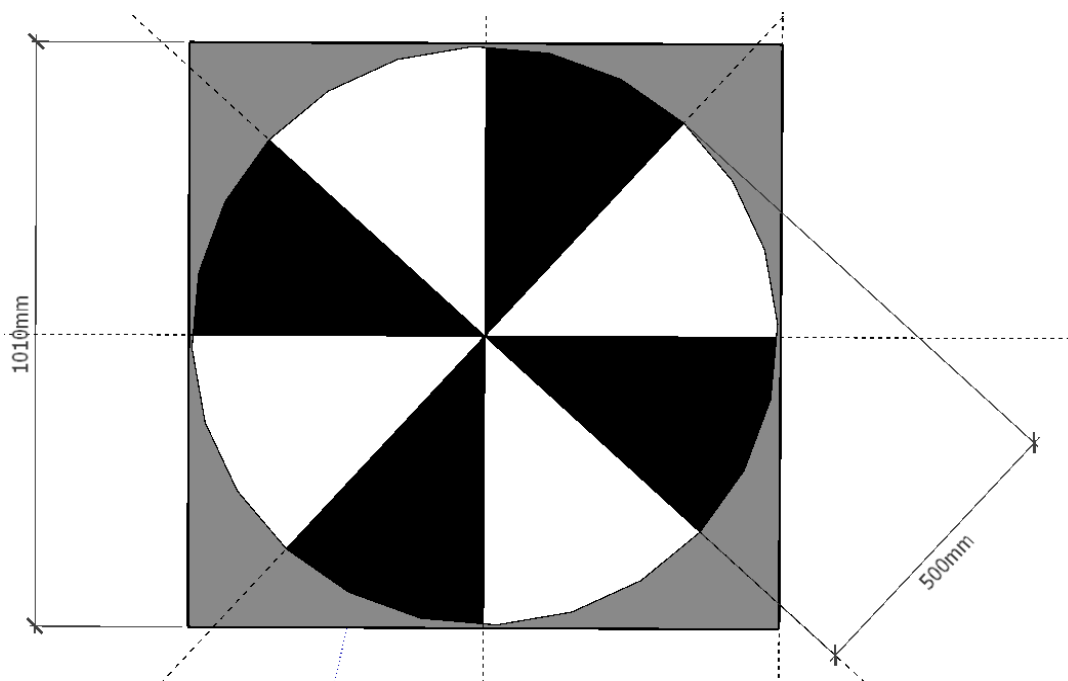


Рис.2.14 Чертеж секторной радиальной миры. Число секторов = 8.

Аналогично с предыдущей задачей создание чертежа этого объекта начинается с основы.

Самостоятельно начертите основу, используя полученные ранее навыки посредством команд «Прямоугольник» , Круг , Рулетка . Основание – квадрат со стороной 101 см = 1010 мм.

Диаметр круга равен 100 см = 1000 мм, тогда радиус = 500 мм.

Результат этих операций должен соответствовать рисунку 2.15.

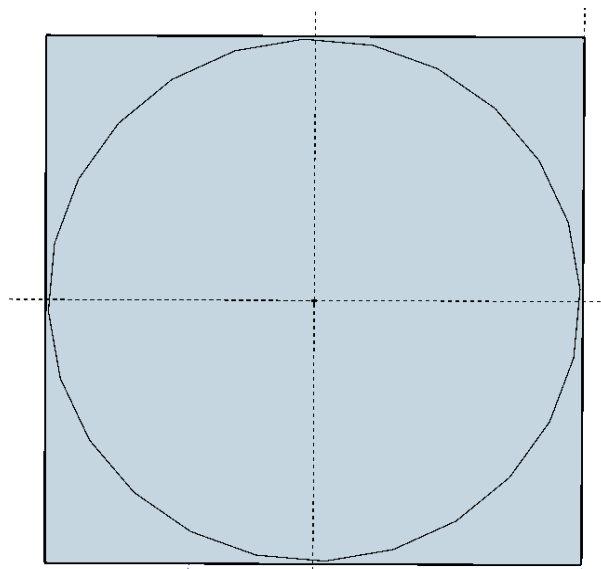


Рис.2.15 Основа для чертежа объекта.

Для того, что бы разделить круг на 8 секторов, нужно расставить направляющие под соответствующими углами, которые в нашем случае будут равны 45° .

Эта задача удобно решается с помощью инструмента **Угломер** . Принцип работы этого прибора прост как у обычного транспортира. Вы выбираете точку, от которой начинаете отчет углов и поместив туда угломер, начинаете отсчитывать углы направляющими.

Далее используя инструмент **Линия**  просто обрисуйте направляющие левой клавишей мыши (Рисунок 2.16).

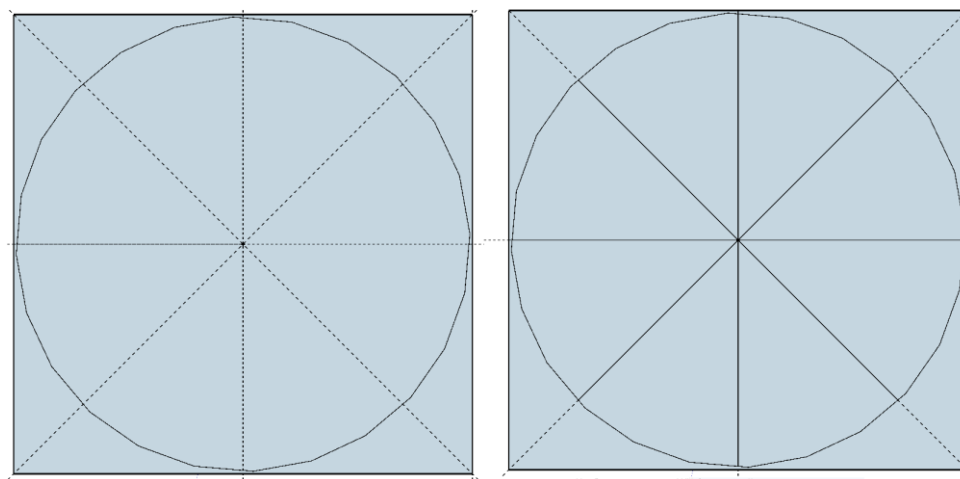


Рис.2.16 Предварительный вид чертежа объекта

В общем виде метрика объекта завершена и передана на чертеже. Однако для тестового объекта, как эталона с высокими **контрастными** характеристиками, подобное представление неинформативно.

В разделе меню **Лоток** правой стороне рабочего окна есть вкладка **«Материалы»**, в которой располагается подраздел **«Цвета»**. Раскрасьте лицевую сторону тестового объекта схемой, схожей с предложенной в примере, и отобразите размеры основы и радиуса миры. Итоговый результат должен выглядеть как на Рисунке 2.17.

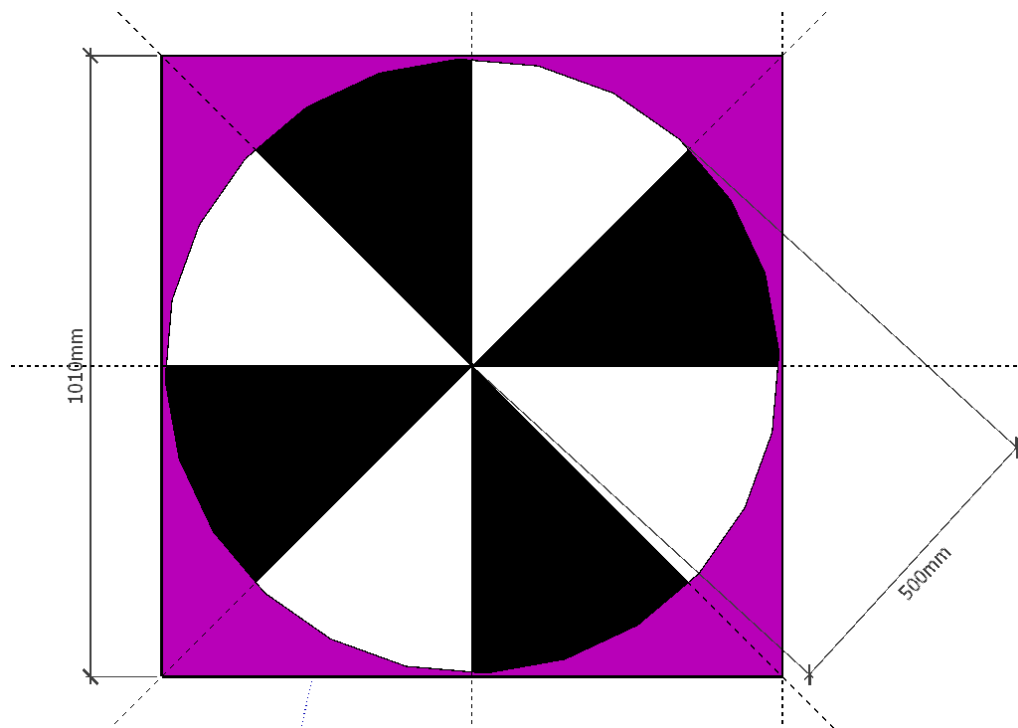


Рис.2.17 Итоговый вариант чертежа тестового объекта.

Занятие №3. Создание трехмерных моделей вспомогательных объектов для нужд аэрокосмической съемки в SketchUp.

Процесс **моделирования** – это замещение одного объекта (оригинала) другим (моделью) и фиксация или изучение свойств оригинала путем исследования свойств модели. Объект (система) определяется совокупностью параметров и характеристик. Множество параметров системы отражает ее внутреннее содержание – структуру и принципы функционирования.

Модель объекта – это физическая или абстрактная система, адекватно представляющая объект исследования (Рис 3.1). В теории моделирования используются преимущественно абстрактные модели – описания объекта исследования на некотором языке. Абстрактность модели проявляется в том, что компонентами модели являются не физические элементы, а понятия, в качестве которых наиболее широко используются математические. Абстрактная модель, представленная на языке математических отношений, называется **математической моделью**.

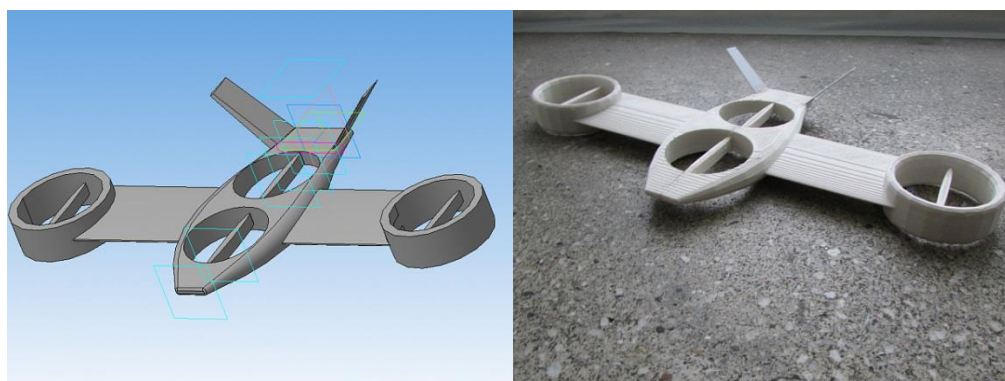


Рис 3.1 Трехмерная модель и макет БПЛА «ГиА-1»

Вопрос разграничения реального и виртуального мира является актуальным и на сегодняшний день. Те материальные объекты, которые мы видим вокруг себя: чашку, кота, монитор можно потрогать руками, изменить их. Значит, они вполне реальны. Даже ветер вполне реальное явление, ведь его воздействие может изменять объекты.

Смотрим в монитор, и видим там изображение человека, бегущего куда-то. Это изображение движется, подчиняясь нашим приказам, отдаваемым с клавиатуры, и мы в это время можем испытывать достаточно большой спектр эмоций и ощущений. А может быть, определять объект в разряд «реальных» по признаку его осязаемости для человека неверно? Тогда встает вопрос критериев реальности объектов. Реальные объекты всегда подчиняются физическим законам. Программист создает лишь математические описания (представления) объектов и явлений реального или выдуманного им мира, но

не сами объекты и явления. Такие представления и называют виртуальными объектами, т.к. они существуют лишь в памяти компьютера (вне памяти виртуальных объектов просто нет). Однако подобие физическому миру имеет важное значение в изучении окружающей среды и прогнозировании.

Представьте, что строится город в районе, где часто происходят ураганы. Дома, какой прочности, следует строить здесь?

Как не просчитать и не сделать ошибку, ценой которой могут стать человеческие жизни?

Возможно, следует смоделировать дома, «заложив» их физические характеристики в компьютер.

Затем, также смоделировать порыв ветра определенной силы и посмотреть его разрушающее воздействие на здания. Если виртуальный ураган разрушит виртуальные дома, ничего страшного, - можно просто поменять характеристики здания и наблюдать воздействие снова. Может оказаться так, что строить дома в выбранной местности экономически не выгодно. И лучше это знать заранее, чем построить, а через какое-то время прийти к плачевному выводу.

Очевидно: представление реальности с помощью компьютера может иметь вполне практическое значение.

3D-моделирование – это процесс создания трёхмерной модели объекта. Задача 3D-моделирования — разработать визуальный объёмный образ желаемого объекта. При этом модель может, как соответствовать объектам из реального мира (автомобили, здания, ураган, астероид), так и быть полностью абстрактной (проекция четырёхмерного фрактала).

Графическое изображение трёхмерных объектов отличается тем, что включает построение геометрической проекции трёхмерной модели сцены на плоскость (например, экран компьютера) с помощью специализированных программ. Однако, с созданием и внедрением 3D-дисплеев и 3D-принтеров, трёхмерная графика не обязательно включает в себя проецирование на плоскость.

Если стоит задача применения на практике трёхмерной графики, необходимо хотя бы на общем уровне знать основные концепции 3D перед началом работы по моделированию.

Экран монитора имеет две **оси** - **x** и **y**. Они постоянно используются при работе с координатно масштабными параметрами объектов. В трёхмерной графике, как видно из ее названия, есть третье измерение, представляемое

осью z, которая направлена перпендикулярно поверхности экрана. На этой оси располагаются точки, определяющие глубину и создающие иллюзию трехмерности. Обычно положительным значением на оси z является то, которое расположено ближе к наблюдателю (Рис 3.2).

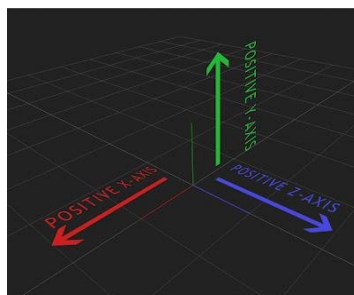


Рис 3.2 Система координат в трехмерном пространстве и ее оси

Наименьшим объектом в трехмерном мире является **вершина**, которая представляет из себя точку в трехмерном пространстве, имеющую три координаты x, y и z. Вершины являются составными частями трехмерных объектов (Рис. 3.3).

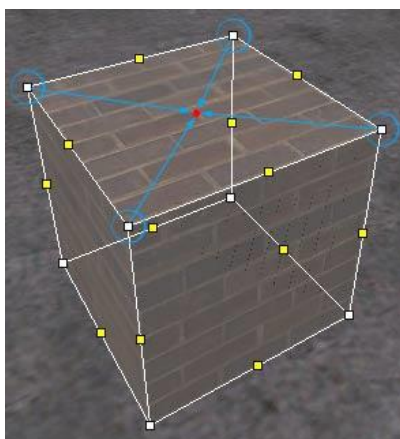


Рис 3.3 Вершины каркаса объекта кубической формы

Так же важно учитывать, что помимо лежащих в основе трёхмерной модели вершин базовыми частями или подобъектами полигональных каркасов являются так же рёбра, грани, полигоны и поверхности. Все эти подобъекты в совокупности и составляют трёхмерную модель или её законченный элемент. В зависимости от области применения трёхмерной модели пользователь может видеть не все подобъекты, но это не означает, что программными средствами сами модели обрабатываются как-то иначе. В любом случае для внутренней обработки алгоритмами могут задействоваться все составные части трёхмерной модели (Рис 3.4).

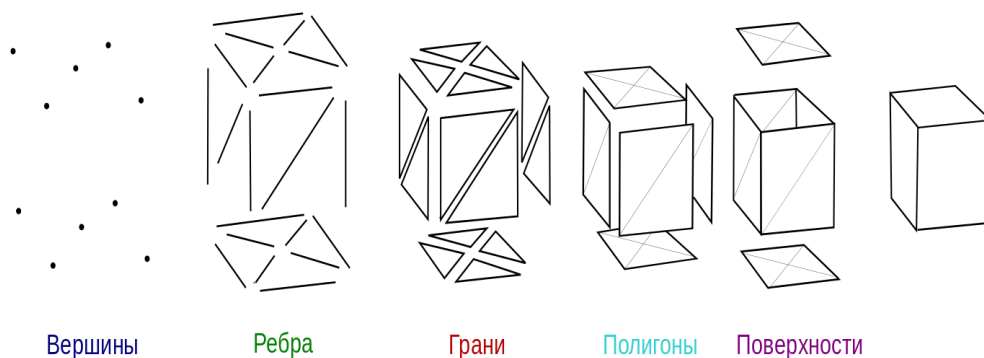


Рис 3.4. Вершины, ребра, грани, полигоны, поверхности

Так как мы имеем дело с двухмерным выводом информации (экран монитора), нам необходим способ преобразования 3D координат в 2D пространство. Это делается настройкой параметров `_x` и `_y` наших вершин (не путать с трехмерными координатами вершины `x` и `y`) по значению `z` вершины. Чем больше значение `z`, тем ближе вершина находится к наблюдателю, и, следовательно, тем дальше вершина отодвинута от центра нашего пространства, играющего роль двумерной удаляющейся точки (Рис 3.5). Ниже приведена упрощенная схема этого процесса.

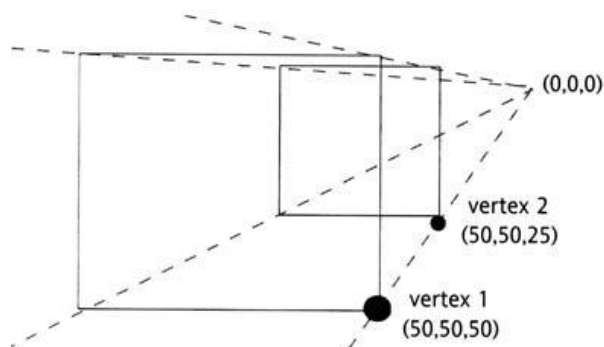


Рис 3.5. Представление о глубине в трехмерном пространстве

Несмотря на то, что у вершин 1 и 2 одинаковые 3D-значения `x` и `y` (вспомните, что трехмерные значения являются отдельными от координат экрана Flash), их `z`-значение изменяется, поэтому нам нужно моделировать глубину между двумя точками. Вершина 1, имеющая большее значение `z`, находится дальше от центра пространства.

Вектор - это количественная величина в трехмерном пространстве, состоящая из направления и модуля (Рис 3.6). Ближайшая аналогия - прожектор в театре, светящий вниз на артиста, находящегося на сцене. Это вектор, так как у света прожектора есть направление, а луч имеет определенную длину.

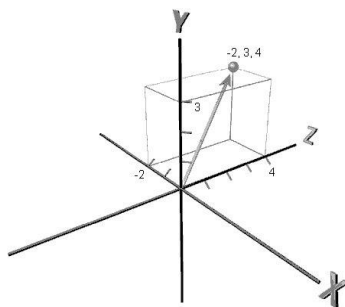


Рис 3.6. Вектор в трехмерном пространстве

Матрицы, как вы помните – представляют из себя прямоугольные массивы чисел. Матрицы активно используются в преобразовании трехмерного мира, во многом аналогично тому, как происходит преобразование градиентов (Рис. 3.7).

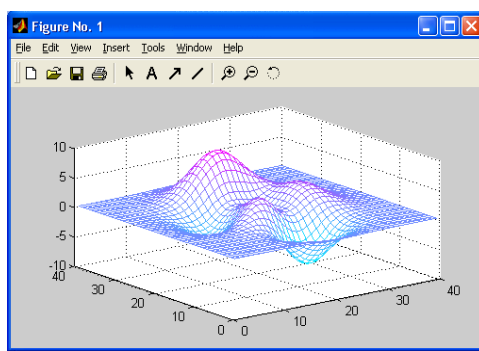


Рис 3.7. Представление матрицы высот земной поверхности в трехмерном пространстве.

В данном занятии мы будем заниматься созданием трехмерных моделей вспомогательных объектов, применяемых в процессе выполнения аэрокосмических исследований или работ в свободно распространяемом программном обеспечении **SketchUp**. Общие навыки работы с интерфейсом данного пакета вы уже получили в процессе предыдущей работы.

1.Создание трехмерной модели крестового опорного знака, для целей аэрокосмической съемки.

Первой нашей задачей будет создание трехмерных моделей опознавательных знаков, которые используются в процессе съемки земной поверхности с аппаратуры аэрокосмического базирования. Данные знаки представляют из себя твердые конструкции (Рис 3.8), которые располагают на съемочной территории и определяют их координаты с высокой точностью.

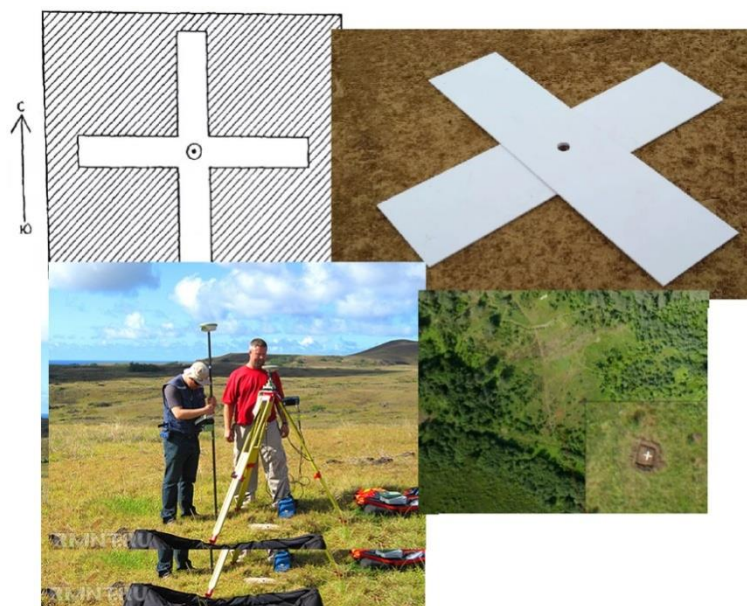


Рис 3.8. Планирование, закладка, измерение и отображение на съемочных материалах опорного знака.

Используя уже известные вам функциональные возможности SketchUp переключитесь в обзорную перспективу **«Вид сверху»** (**Камера – Стандартные представления – Вид сверху**) и используя инструмент **«Прямоугольник»**  нарисуйте прямоугольник с размерами 100 на 20 см. Измените перспективу отображения объектов на удобную вам и применив инструмент **Вдвинуть-вытянуть**  вытяните его на 10 см. Результатом выполнения этих операций станет создание прямоугольного бруска с размерами 100 см/20см/10 см (Рис 3.9.).

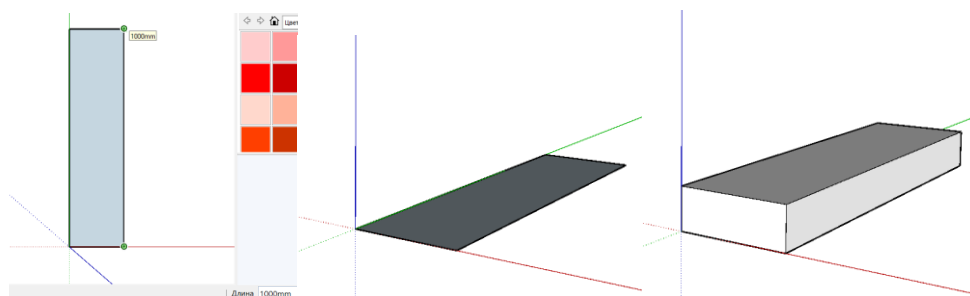


Рис 3.9. Создание сегмента трехмерной модели опознавательного знака

Выполним вспомогательные построения посредством инструмента **Рулетка** , разметив положение будущего элемента опознавательного знака на длинных боковых ребрах. Ширина сегмента = 20 см, а это значит, что нам нужно отступить от каждого конца ребра по 40 см ($100 - 40 \cdot 2 = 20$). Снова воспользуйтесь инструментами **«Прямоугольник»**  и **Вдвинуть-вытянуть**  и нарисуйте прямоугольный сегмент с последующим его вытягиванием на 40 см (Рис 3.10).

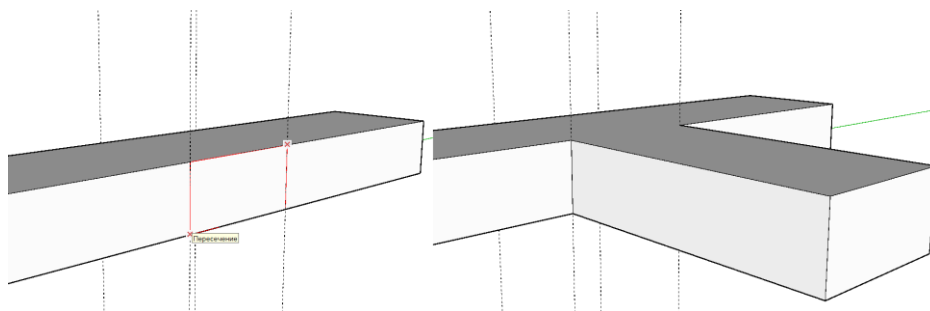


Рис 3.10. Вытягивание сегментов крестового опознавательного знака.

Повторите эту операцию для другого ребра. Трехмерная модель опорного знака готова (3.11) и может быть в дальнейшем использована для трехмерной печати или приложена к чертежу для производства.

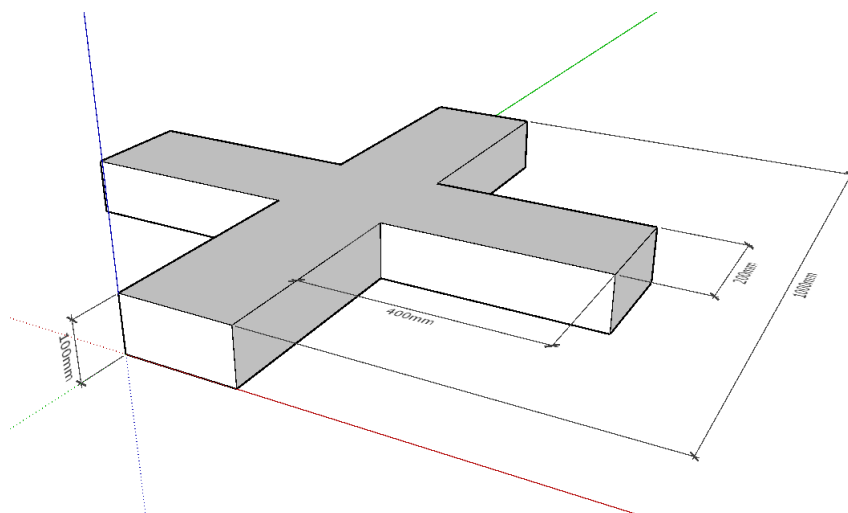


Рис 3.11. Итоговый вид крестового опознавательного знака.

1.Создание трехмерной модели радиального опорного знака, для целей аэрокосмической съемки.

Общие принципы создания радиального опорного знака схожи с созданием опознавательного знака крестового типа. На Рисунке 3.12 представлен типичный радиальный опорный знак. Однако использование такого типа знаков не является удачным решением, ввиду отсутствия жестко основы, что приводит к деформациям.



Рис 3.12. Плоский радиальный опорный знак на нетвердой основе

Создадим трехмерную модель аналогичного знака, но на твердой основе. Используя инструменты «**Прямоугольник**»  и **Вдавить-вытянуть**  создайте квадратную основу размерами 105 на 105 см и выдавите ее на 5 см. вверх (Рис 3.13).

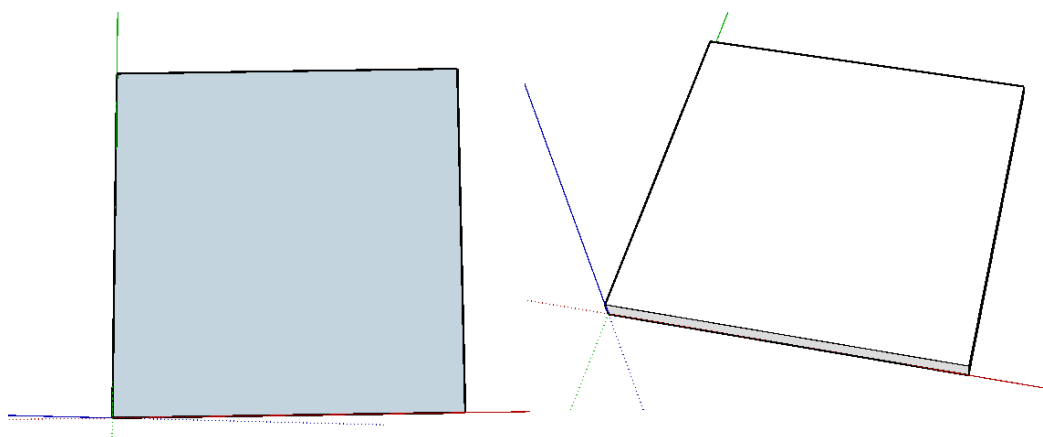


Рис 3.13. Основа для радиального опознавательного знака

Далее используя инструменты «**Прямоугольник**»  и **Круг**  разметьте лицевую сторону основы таким образом и с такой метрикой, который показан на Рисунке 3.14.

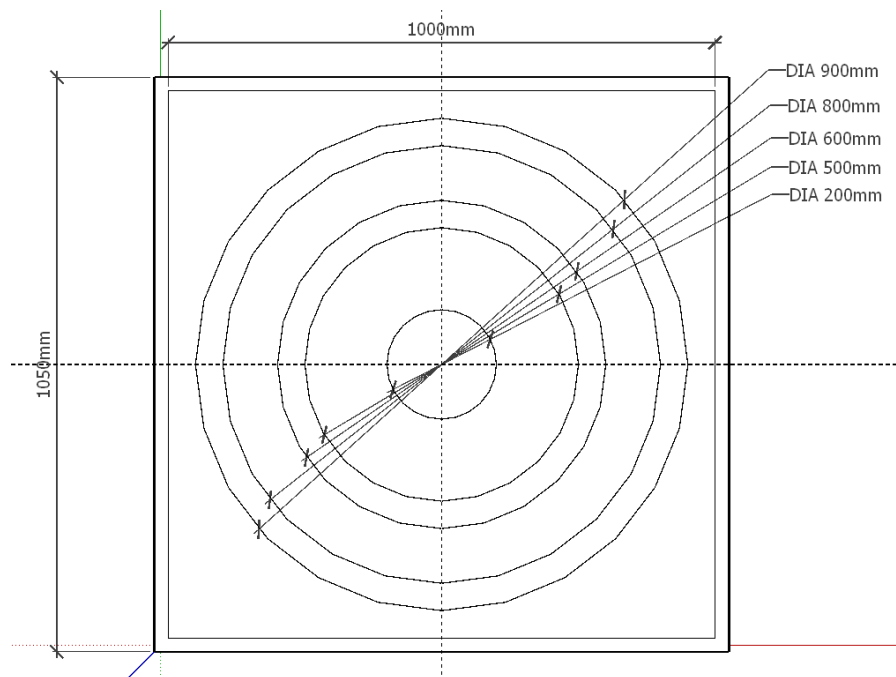


Рис 3.14. Разметка лицевой стороны опорного знака.

Используя раздел лотка **Материалы** – **Цвет** закрасьте требуемые сегменты и проведите инструментом **Линия**  **дополнительные построения**, так как это показано на Рисунке 3.15.

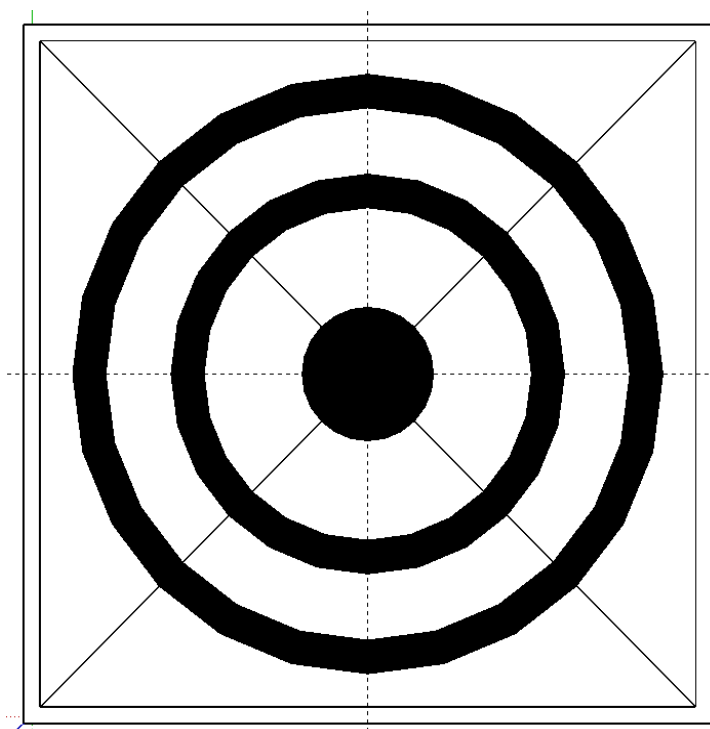


Рис 3.15. Итоговый вид лицевой стороны.

В результате этих действий будет создана трехмерная модель опорного знака (Рис 3.16), которую тоже можно будет использовать как основу для трехмерной печати или производства на станке.

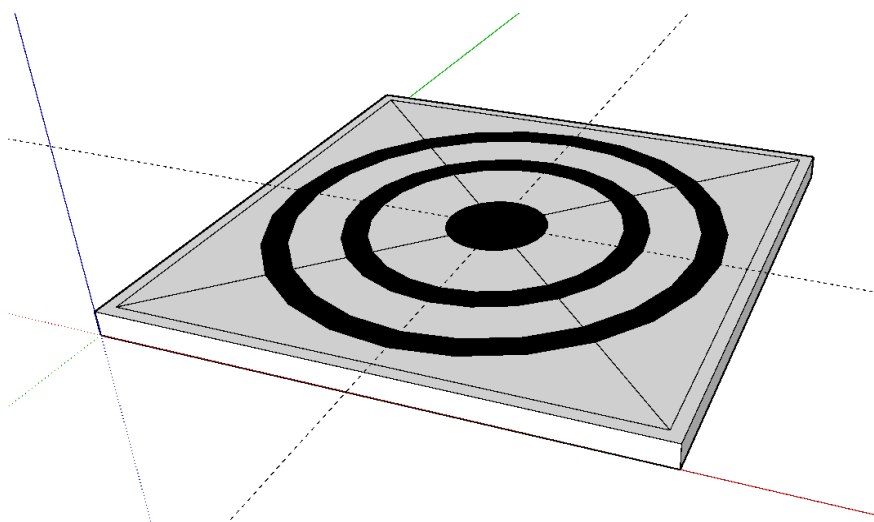


Рис 3.16. Итоговая трехмерная модель радиального опорного знака.

Занятие №4.Создание трехмерной модели постройки технического назначения и ее представление на геопорталеGoogleEarth.

Трехмерная модель местности обычно представляет собой поверхность, построенную с учетом рельефа местности, на которую может быть наложено изображение векторной, растровой или матричной карты, и расположенные на ней трехмерные объекты, соответствующие объектам двухмерной карты. В таком виде является полноценной трехмерной картой, которая позволяет выбирать объекты на модели с целью запроса информации об объекте, редактировать их внешний вид и характеристики.

На трехмерной модели (Рис 4.1) можно увидеть как наземные, так и подземные объекты.

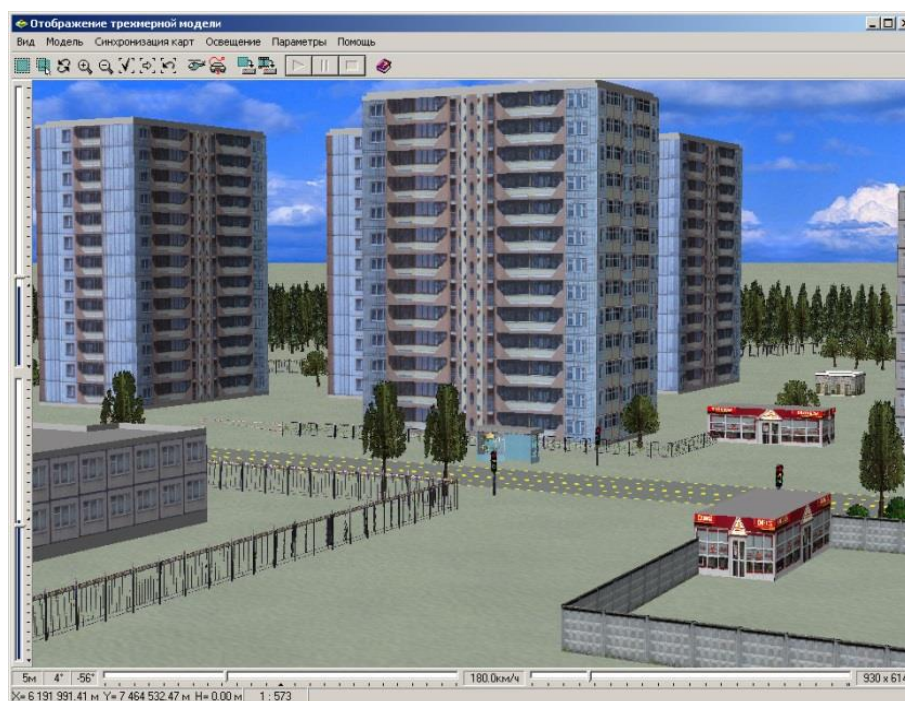


Рис 4.1. Трехмерные модели объектов местности, представленные отечественной ГИС «Панорама»

Создание трехмерной модели при наличии актуального ПО не требует длительной подготовки, достаточно иметь двухмерную карту и матрицу высот. Однако требует определенных навыков оператора.

По этим данным можно построить трехмерную модель рельефа выбранного участка местности. Для построения объемной модели с учетом объектов, расположенных на данной карте, необходима библиотека трехмерных изображений объектов/моделей. При необходимости более детального и индивидуального отображения объектов, необходимо создавать свои объемные изображения.

Существует множество принципов разделения трехмерных моделей на категории, но если говорить о них с точки зрения применения в геоинформационных системах, то можно выделить три основных типа:

Трехмерные модели детального вида

Трехмерные модели детального вида (Рис. 4.2) описывают местность с объектами, вид которых настраивается индивидуально.

Модели детального вида содержат поверхность рельефа местности, типовые объекты и объекты, объемное изображение которых приближается к их реальному виду на местности (архитектурные строения с подъездами, трубами, лифтовыми башенками, элементами оформления и др.).

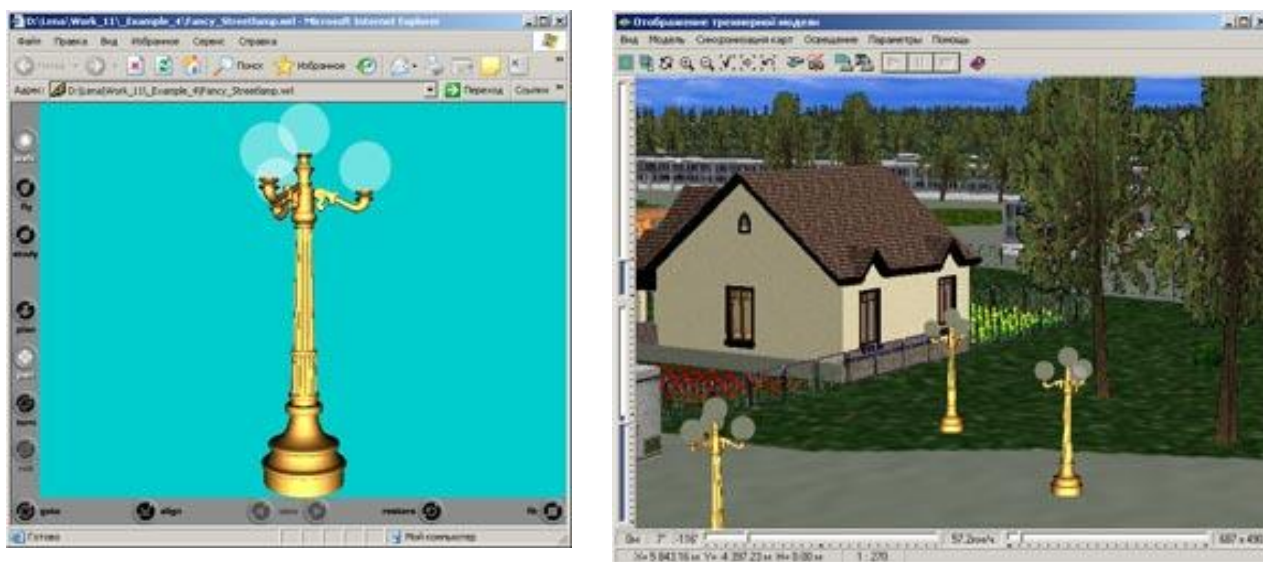


Рис 4.2. Трехмерные модели детального вида.

Подобного рода модели активно используются архитекторами ландшафтными дизайнерами с целью планирования конечного вида постройки/проекта.

Обычный пользователь может увидеть модели такого плана на геопорталах и ГИС, к примеру **GoogleEarth**.

Трехмерные модели внутренних помещений

Трехмерные модели внутренних помещений позволяют описывать объемный вид интерьера и создаются на основе поэтажных планов (Рис 4.3).

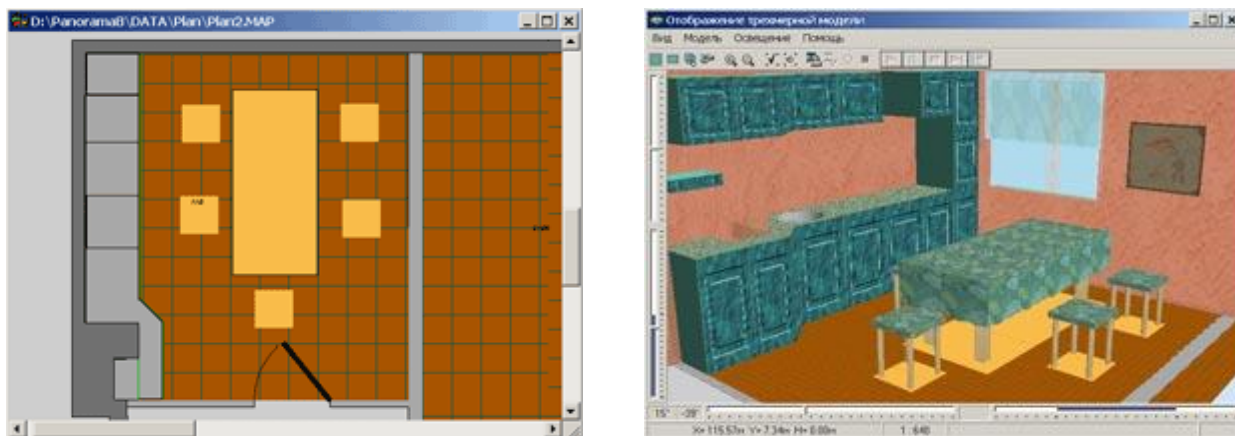


Рис 4.3. Трехмерные модели внутренних помещений.

При отображении трехмерных моделей внутренних помещений также могут быть использованы отдельные объекты и целые интерьеры, созданные в различных программах редактирования трехмерных изображений в различных форматах. Данного рода модели служат подспорьем для решения задач дизайнеров интерьеров и архитекторов.

Тематические модели

Тематические модели создаются по тематическим картам и используются для оформления статистических диаграмм. Одним из примеров использования технологии построения тематической модели может быть создание трехмерной модели местности по карте оперативной обстановки. В обстановку тематической карты прекрасно вписываются модели, импортированные из различных форматов и служащие для символического отображения объектов карты (Рис. 4.4.).

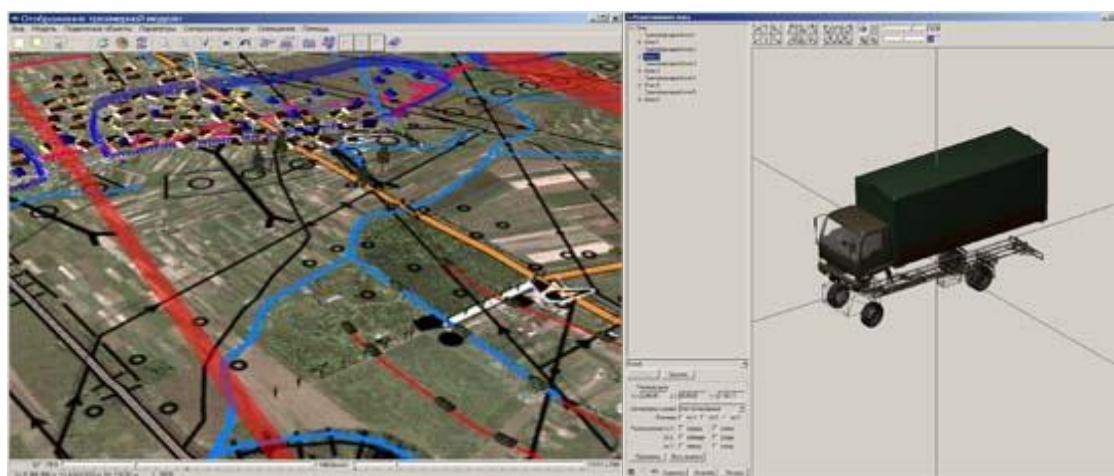


Рис 4.4. Трехмерные тематические модели.

При подготовке к отображению карты в трехмерном виде необходим анализ векторной карты на предмет полноты кодового состава. Для объектов с одним кодом и локализацией создается общее трехмерное изображение. Для отличия объектов одного типа, но с разным внешним видом, можно каждому типу объекта присвоить свой код. Например, дом может быть панельным или кирпичным, и каждый должен иметь свой код. Ввести новые коды можно в любой момент редактирования.

Другим способом разбиения объектов по внешнему виду является создание серии объектов одного кода по выбранной семантике. Каждый объект серии может иметь свой внешний вид. В качестве семантики, по которой устанавливается вид объекта, может быть выбрана любая характеристика объекта. Например, материал сооружения (гараж каменный или металлический).

Геопортал представляет из себя веб-сайт, на котором можно найти геопространственные ресурсы. Геопорталы способствуют передаче геопространственной информации от поставщиков, которые ей владеют или распоряжаются, к потребителям, которые в ней нуждаются.

Поставщики геопространственных ресурсов публикуют на геопорталах метаданные, то есть не сами данные, а только описания наборов данных, веб-служб и документов.

Потребитель может просматривать содержимое геопорталов или осуществлять на них поиск, чтобы обнаружить относящиеся к его теме геопространственные ресурсы и оценить, насколько они ему подходят. Как и в случае с ГИС интеграция в геопроталы трехмерной информации (Рис 4.5.) сопряжена со сложностями с учетом особенностей, присущих, как форматам представления данных, так и используемой платформе.

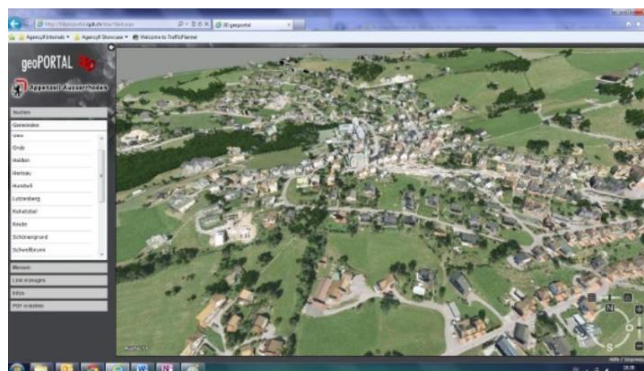


Рис 4.5. Трехмерные модели на инфраструктурном геопортале.

3-d модели в ГИС становятся серьезным дополнением к современным инструментам управления городами и регионами для обеспечения устойчивого развития государства. Эффективность использования созданных и вновь создаваемых информационных систем государственного значения регулярно повышается.

На данном практическом занятии мы будем решать задачу создания, привязки и представления на геопортале упрощенной трехмерной модели нежилой постройки технического назначения.

1.Подготовительные мероприятия.

Откройте изображения из папки **Photo** и внимательно их изучите (Рис 4.6.).



Рис 4.6. Одна из фотографий объекта интереса.

Данные изображения получены, как с камеры телефона, так и посредством съемки с БПЛА. По ним можно сделать вывод о расположении отдельных элементов постройки и форме крыши.

Имеется информация о местоположении данной постройки – двор рядом с домом, расположенным по адресу **г. Ивантеевка МО, Ул Богданова 11**. Найдем это место, используя уже известные вам функции ПО GoogleEarth (Рис. 4.7.).



Рис 4.7. Положение целевой постройки.

К сожалению имеющийся на геопортале снимок не позволяет нам выполнять измерения по фундаменту. В таких случаях допускается выполнять измерения по крыше, благо постройка невысокая и искажения снимка центральной проекции не должны иметь критического влияния на результаты измерений.

Используя инструмент **Линейка**  измерьте ширину и длину крыши. Ширина должна быть равна примерно 6,3 метра, длина 17,0 метра. Высоту можно грубо прикинуть по снимку используя пропорцию = 4,6 м.

2.Создание каркаса трехмерного объекта.

Откройте SketchUp и выберите шаблон «Проектная документация, метры». Используя команды «Прямоугольник»  и **Вдавить-вытянуть**  создайте каркас-основу (Рис. 4.8.) для трехмерной модели постройки требуемых размеров (17,0/6,3/4,6).

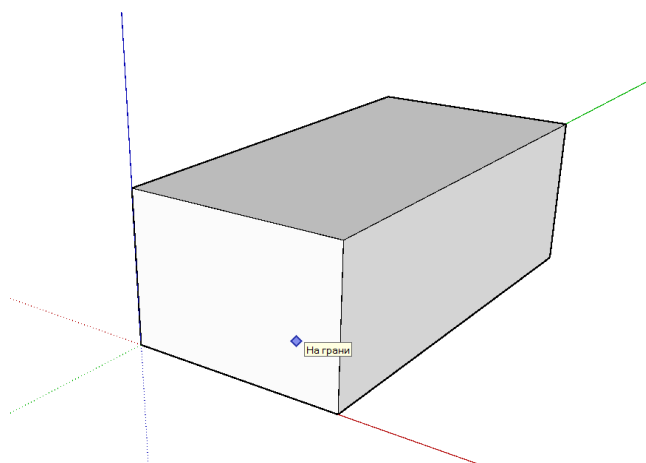


Рис 4.8. Основной каркас модели.

Используя инструмент построения направляющих **Рулетка**  разметьте, а потом создайте дополнительный сегмент на крыше строения (Рис 4.9). Высота сегмента = 0,60 метра , ширина = 0,20 метра.

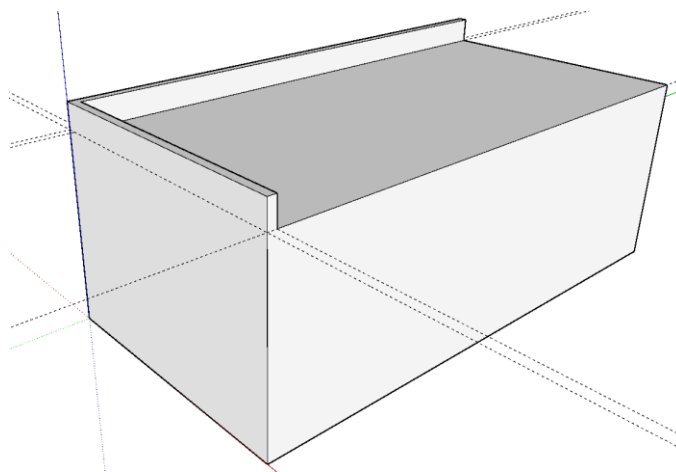


Рис 4.9. Надстройка на крыше постройки.

Обратите внимание, что на длинных стенах данной постройки имеются специальные отступы. Вырисовывать их точно по заданию не требуется, но схематически показать надо. Обрисуйте отступы так, как это показано на Рисунке № 4.10. Размеры используйте произвольные.

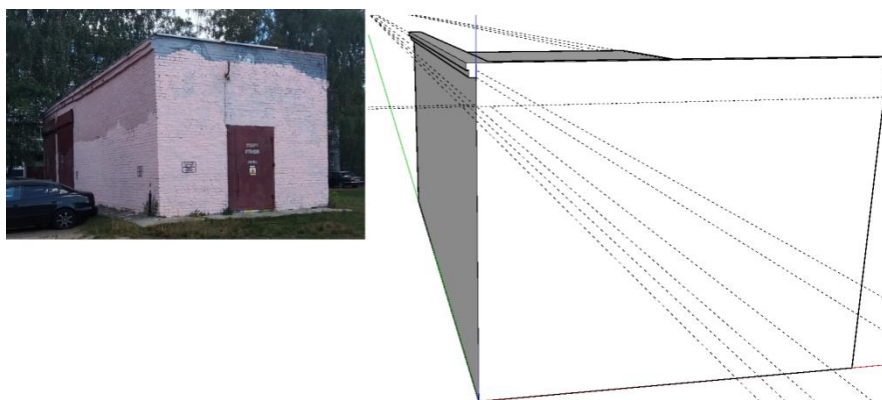


Рис 4.10. Дополнительные построения на гранях каркаса.

На завершающей стадии обрисуем двери. Вытягивать/втапливать их по условию задания не требуется (Рис. 4.11).

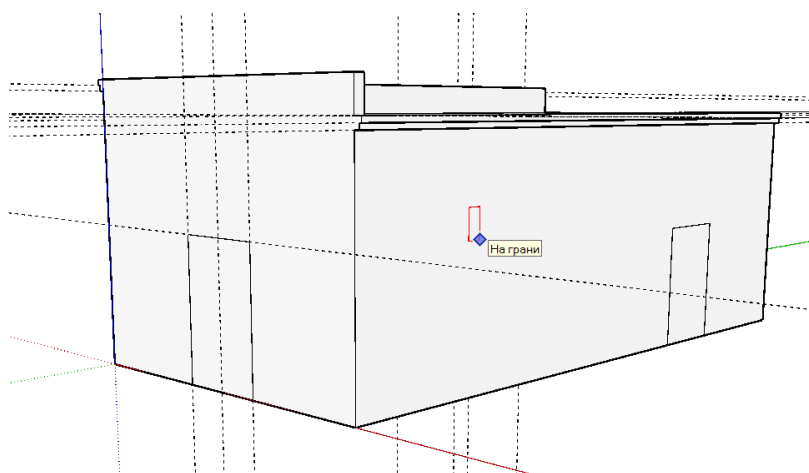


Рис 4.11. Итоговый вид каркаса

3. Геопривязка созданного каркаса.

Процесс геопривязки строительных объектов нужно выполнять до процесса текстурирования, для того что бы избежать возможных искажений текстур. Для старта процесса нужно воспользоваться утилитой, расположенной по адресу «**Файл – Географическое положение – Добавить местоположение**» (Рис 4.12).

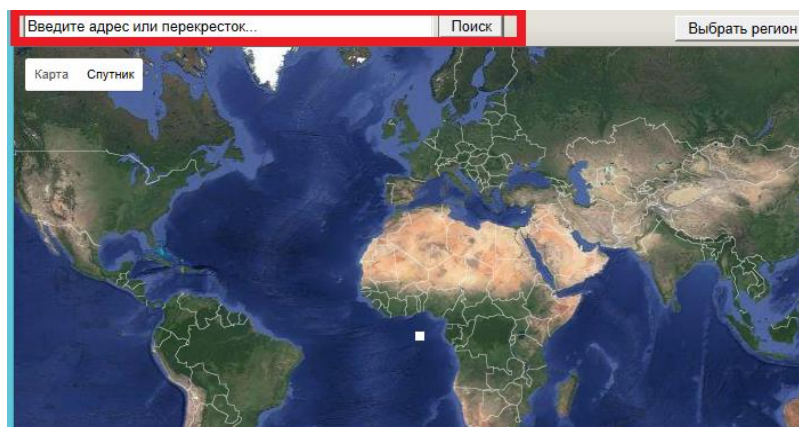


Рис. 4.12. Экран функции «Добавить положение»

В графе «введите адрес» можно вписать актуальный адрес объекта интереса и найдя его на снимке нажать на кнопку «**Выбрать регион**» - «**Захват**». Регион желательно выбирать с запасом (Рис. 2.19) из-за особенностей построения цифровой модели рельефа на территорию Московской области по данным геоportала.

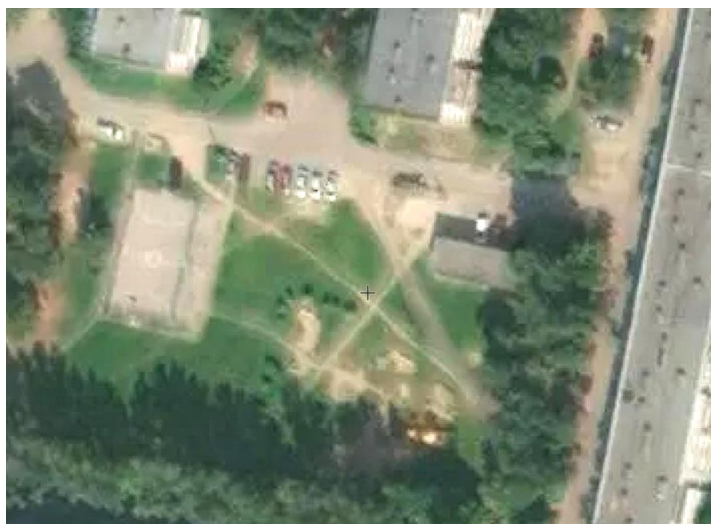


Рис. 4.13. Выбор участка земной поверхности, на которой расположен объект интереса.

Для того, что бы избежать проблем при вращении созданной модели здания, нужно объединить его в единый массив. Для этого нужно выделить набор объектов тройным кликом и, нажав правую клавишу мыши, выбрать опцию «создать группу». Выполнив эти предварительные операции можно приступить к самой геопривязке объекта. Для перемещения самого объекта нужно пользоваться опцией  (Рис. 4.14). Необходимо совместить угол объекта с углом здания на местности.

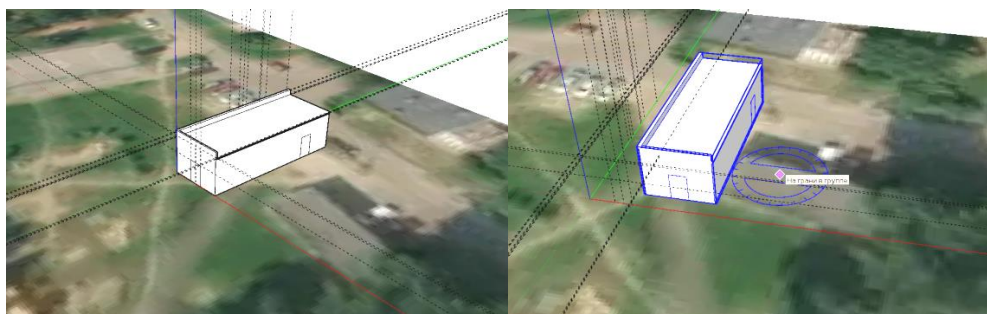


Рис. 4.14. Перемещение трехмерно объекта в точку.

Далее следует развернуть модель так, что бы ее положение соответствовало положению фундамента здания. Для этого используется функция . В начале следует левой клавишей мыши выбирать узел, вокруг которого будет производиться вращение.

Цвет появившегося транспорта покажет оператору, вокруг какой оси будет совершаться поворот. Следующее действие – выбор противоположного узла фундамента, что позволяет на заключительном этапе начать вращение и совместить сторону 3-d модели со стороной дома на космическом снимке (Рис 4.15).

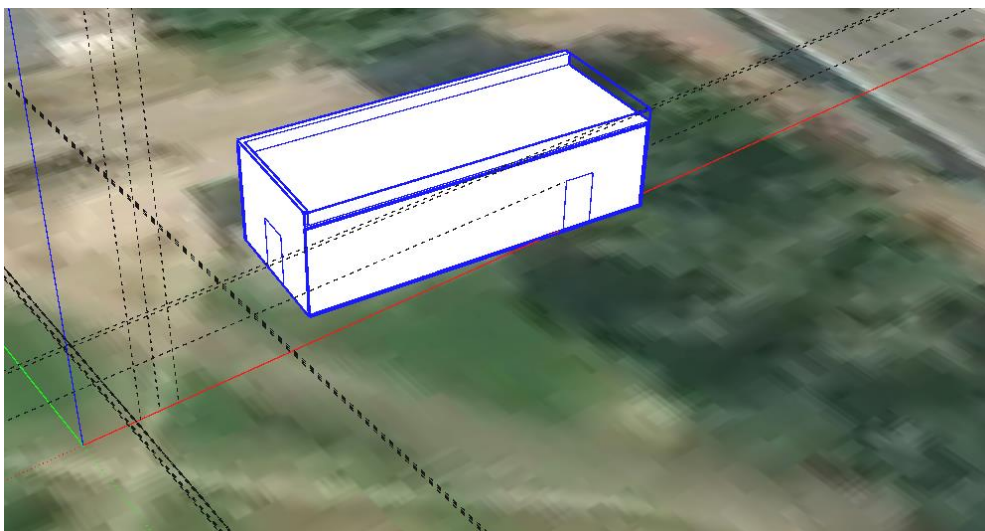


Рис. 4.15. Геопривязанный каркас трехмерной модели.

3.Текстурирование каркаса.

Для того что бы завершить работу по превращению созданного ранее каркаса в полноценную трехмерную модель необходимо нанести на нее текстуру. Для того, что бы перейти в режим текстурирования нужно воспользоваться соответствующей опцией в диалоге «**Инструменты**» - «**Заливка**» (Рис 4.16).

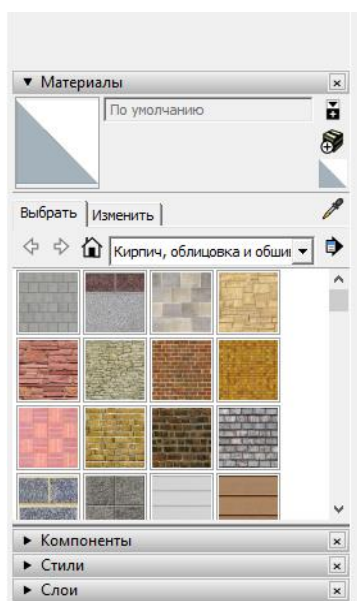


Рис 4.16. Интерфейс текстурирования.

Конечно, правильным подходом в данной ситуации было бы создание фото текстур на основе имеющихся фотографий, но это тема для другого занятия. По этому в нашем случае текстурирование будет производится посредством применения базовых сборок **SketchUp**.

Выберите в материалах категорию **Кирпич**, задайте размер текстуры и отредактируйте отображение стены вашей модели (Рис 4.17).



Рис 4.17. Наложение текстуры на грань каркасной модели.

Самостоятельно завершите наложение текстур на грани каркасной модели по своему усмотрению. Примерный итоговый результат показан на Рисунке № 4.18.

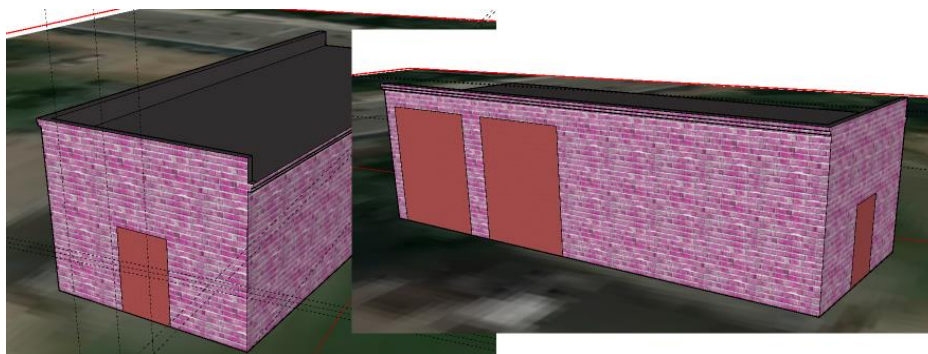


Рис 4.18. Итоговый вид трехмерной модели.

4.Экспорт трехмерной модели в GoogleEarth.

SketchUp обладает инструментами для перевода данных из внутреннего формата *.skp в формат *.kmz, являющимся основным форматом бесплатного программного обеспечения **GoogleEarth**, в котором по условиям конкурса предполагается представление результатов моделирования.

Для запуска диалога экспортирования следует выбрать опцию расположенную по адресу «**Файл**» - «**Экспорт**» - «**3d модель**» (рис 4.19) и в открывшемся окне выбрать имя сохраняемого файла и тип (.kmz).

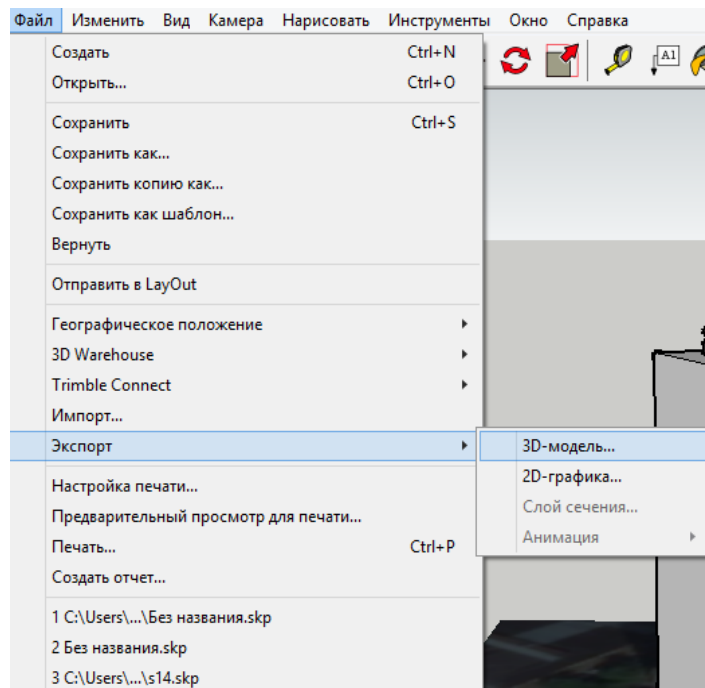


Рис 4.19 Экспортирование результата моделирования в виде .kmz-файла.

Полученный файл открывается в ПО «GoogleEarth» в разделе «Метки». Он сохраняет в себе информацию по геопривязке, а значит, модель встанет на причитающееся ей место на электронной карте (рис 4.20).

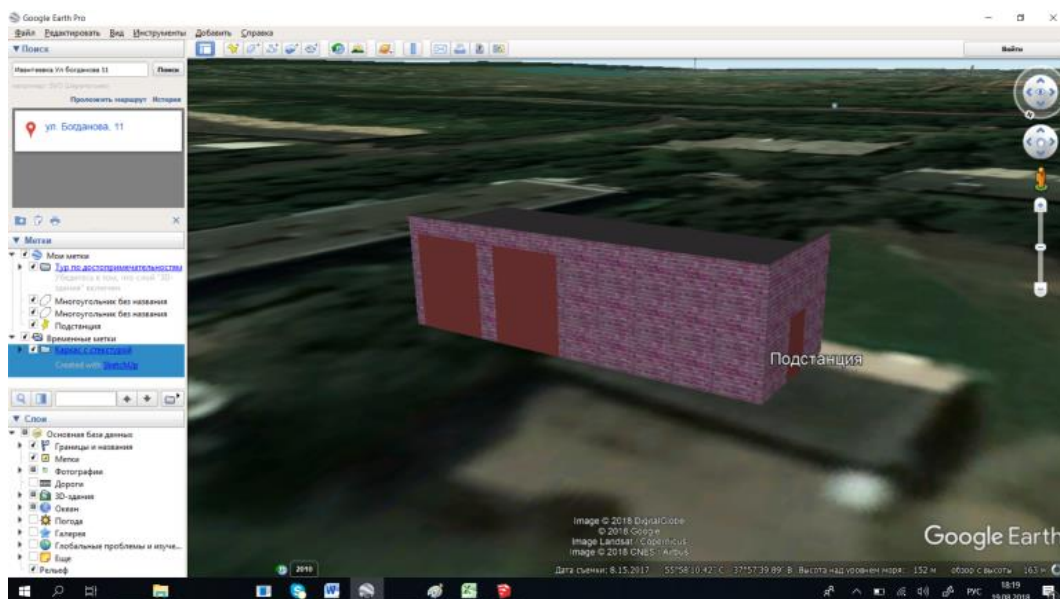


Рис 4.20 Представление трехмерной модели на геопортале GoogleEarth.

Занятие №5.Создание текстур на основе фотографической съемки в графическом редакторе Gimp

Текстурирование – неотъемлемый этап 3d моделирования и визуализации трехмерного объекта. Создание текстуры и ее наложение на 3d модель определяют ее качество, реалистичность и точность.

По определению **текстура** представляет из себя **растровое** изображение, накладываемое на поверхность полигональной каркасной модели для придания ей требуемых изобразительных характеристик (Рис 5.1).

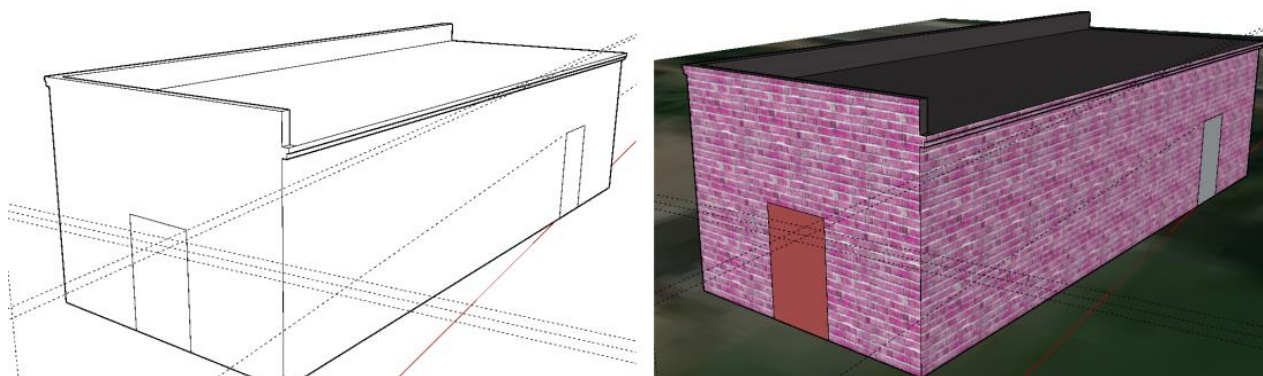


Рис 5.1 Текстурирование каркаса трехмерной модели постройки в SketchUp

Текстурирование является важным этапом в процессе создания и визуализации 3d модели изделия, позволяющим придать поверхности объемного объекта определенных параметров и свойств, для придания ее максимальной реалистичности и сходства с реальным объектом.

Качество текстурирования объекта определяется такими единицами как **тексиль**. **Тексиль** – это совокупность пикселей, приходящихся на 1 единицу текстуры. Формат и разрешение картинки используемой текстуры напрямую определяют качество итоговых результатов, но так же определяют как итоговый размер модели, так и время ее обработки/создания. Существуют ситуации, когда высокий показатель **тексиля** бывает явно избыточным. Обычно выделяют следующие основные методы создания текстур:

- 1.отрисовка в графическом 2d редакторе, например, Photoshop;
- 2.создание текстуры в 3D пакете для рисования, например, Mudbox, ZBrush, Mari или 3D-Coat;
- 3.построение на основе процедурных карт;
- 4.комплексным применением процедурных техник различного рода, 2d и 3d-формата.

Типичными объектами, создаваемыми в процессе работы с представлением пространственной привязанной информацией в различных средах, являются различного рода постройки. И совершенно очевидно, что для данного типа объектов сравнительно легко можно создать фото текстуры, которые позволят в значительной мере улучшить визуальное восприятия итоговой модели. Но для этого необходимо качественно выполнить фотографирование и обработку в графическом редакторе образцов.

Исходными материалами для создания текстуры зданий служат фотоматериалы, получаемые из различных источников. Наиболее качественными исходными данными будут служить снимки, отснятые непосредственно участником конкурса. Однако это накладывает определённые требования на процесс получения фотоматериалов.

В качестве инструмента съёмки необходима фотокамера с матрицей, состоящей не менее из 4-х миллионов пикселей, имеющей автофокус, автоматический баланс белого, чувствительность ISO не менее 800. В принципе камера на любом современном мобильном устройстве удовлетворяет данным требованиям, однако для получения исходных материалов высокого качества авторами данного материала рекомендуется использование любой зеркальной камеры начального уровня или продвинутой без зеркальной камеры (например стандарта MFT (микро4/3)).

1. Лицом к цели

Хорошая текстура плоская и неискаженная. Проводить съёмку следует под углом 90 градусов к поверхности, чтобы текстура была как можно более плоской.

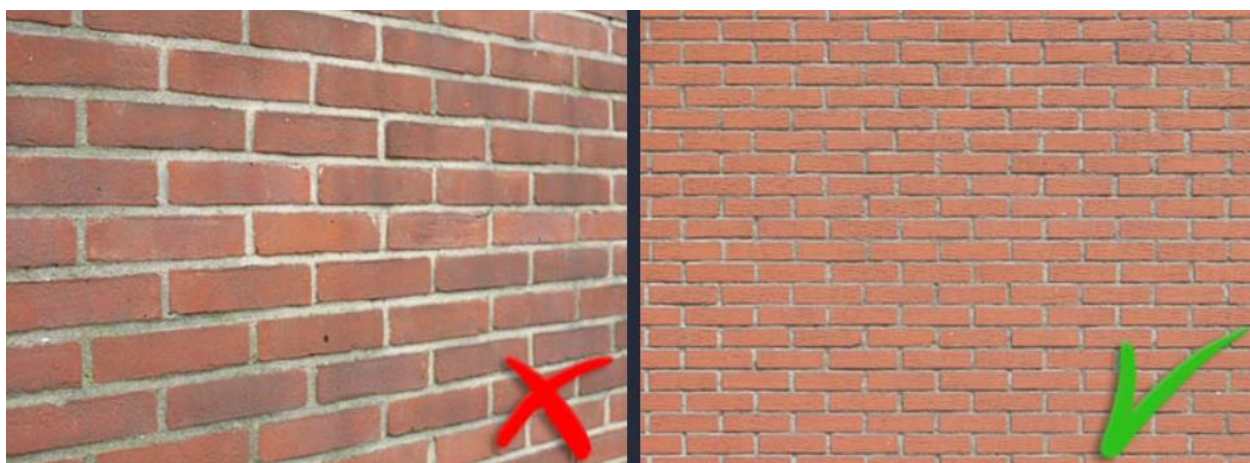


Рис 5.2 Углы съёмки текстуры стены.

2. Не снимайте слишком близко.

К сожалению, очень сложно сделать неровную текстуру на основе фотографии стены, на которой изображено всего 3 кирпича, поэтому постарайтесь сфотографировать как можно большую поверхность. В настоящее время большинство камер имеют не менее 6 мегапикселей, поэтому разрешение вряд ли будет проблемой. Вы всегда можете обрезать изображение, если оно содержит избыточную информацию.

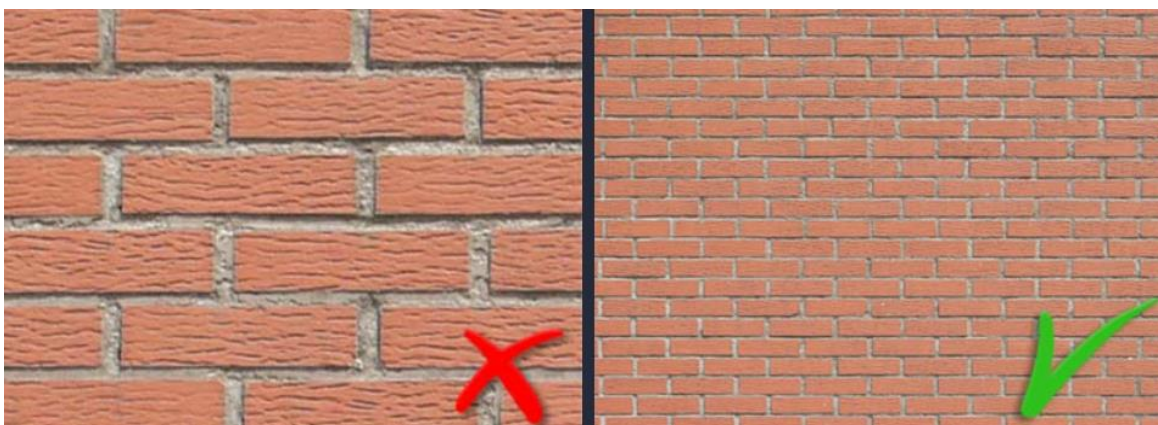


Рис 5.3 Расстояние до объекта съемки.

3. Разумно выбирайте объект съемки.

Если вы фотографируете определенный объект, например, вентиляционную решетку, то необходимо заполнить его весь вид. Стенка вокруг него может быть идеальной текстурой, но для этого сделайте отдельную фотографию.



Рис 5.4 Выбор объекта съемки.

4.Тени и отражения.

Старайтесь избегать попадания теней или отражений на объект в процессе съемки.



Рис 5.5 Снимок стены с тенями о кустарника, непригодный для создания текстуры.

5.Настройка баланса белого вручную.

Если ваша камера поддерживает предустановки баланса белого, настройте ее на «оттенок». Если вы не фотографируете поверхность, освещенную прямым солнечным светом, она действительно рассчитывает использовать пресеты, такие как «облачный» или «оттенок».



Рис 5.6 Сравнение снимков стены с различными настройками баланса белого.

6.Источники освещения.

Небо является ярким объектом. Даже в облачный день небо излучает в несколько раз больше света, чем кирпичная стена, например. Если вы фотографируете объект на ярком небе, старайтесь избегать наличия какой-либо части неба на картинке. Яркость неба вымывает ваше фото, и, скорее всего, это смутит вашу камеру. В результате получается размытое

изображение без контраста и цвета. Направьте камеру так, чтобы небо не было на картинке.



Рис 5.7 Влияние на результат съемки внешних источников освещения.

7. Низкая освещенность.

Обратная ситуация к рассмотренной выше. При достаточном освещении ваши цвета яркие, а ваши изображения четкие. Если есть недостаток света, они будут размыты и иметь грязные цвета.

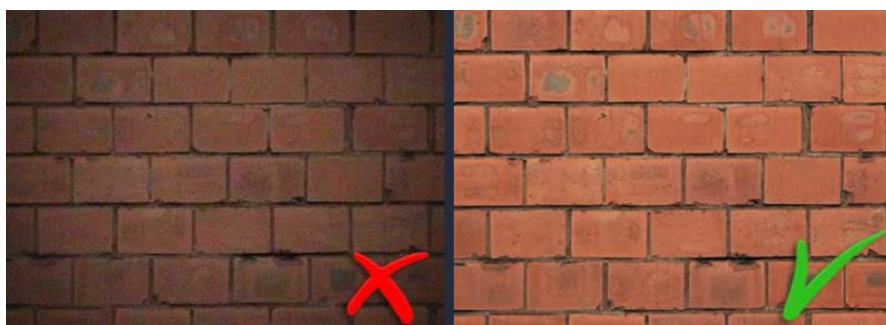


Рис 5.8 Влияние низкой освещенности на результаты съемки.

8. Высышка на камере.

Авто вспышку следует по очевидным причинам отключить. Полученные с ее помощью материалы будут нерепрезентативно отражать изобразительные характеристики снимаемого объекта.



Рис 5.9 Съемка куста со вспышкой.

9.Дисторсия линз

Данная проблема характерна для камер с маленьким фокусным расстоянием. Для того что бы использовать подобные фото как основу для текстур, нужно грамотно обрабатывать их в графических редакторах.



Рис 5.10 Пример снимка с камеры, объектив которой имеет сильную дисторсию.

10. Размытые изображения

Все изображения с размытостью являются бракованными и не пригодны для создания текстур. Проверяйте полученные фотографии сразу в процессе съемочных мероприятий.



Рис 5.11Пример размытых съемочных материалов.

Для текстурирования трехмерных моделей, очень важно использовать бесшовные текстуры, чтобы объект выглядел реалистичней. Поиск нужной тайлинговой (бесшовной) текстуры в интернете — дело сложное и не всегда заканчивается успехом. А если вы даже и находите необходимую текстуру, то скорее всего она недостаточно репрезентативна.

Поэтому гораздо лучше научиться делать бесшовные текстуры самостоятельно, тем более это не так уж и сложно, как могло бы показаться на первый взгляд.

Откройте в Gimp'файл **Основа для текстуры.png** и внимательно его осмотрите (5.12).

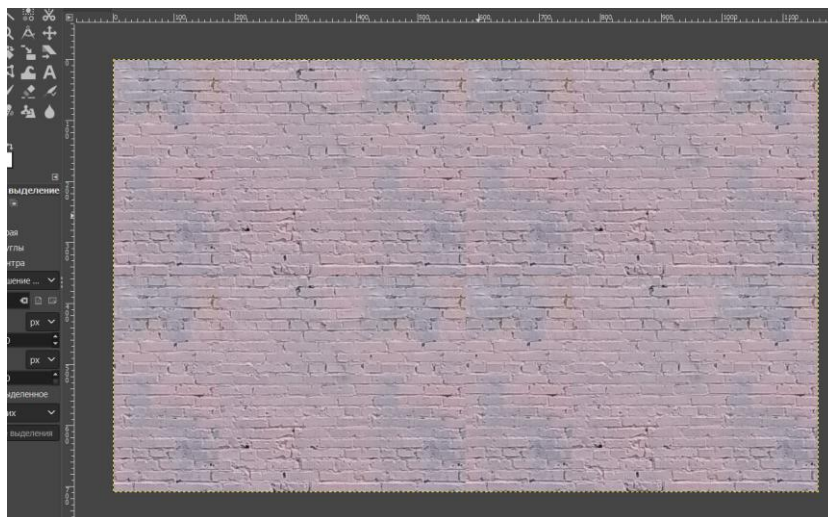


Рис 5.12 Основа для создания фототекстуры.

Обратите внимание на явно выраженную линию стыка (5.13.). Ее надо убрать, используя инструментарий графического редактора.

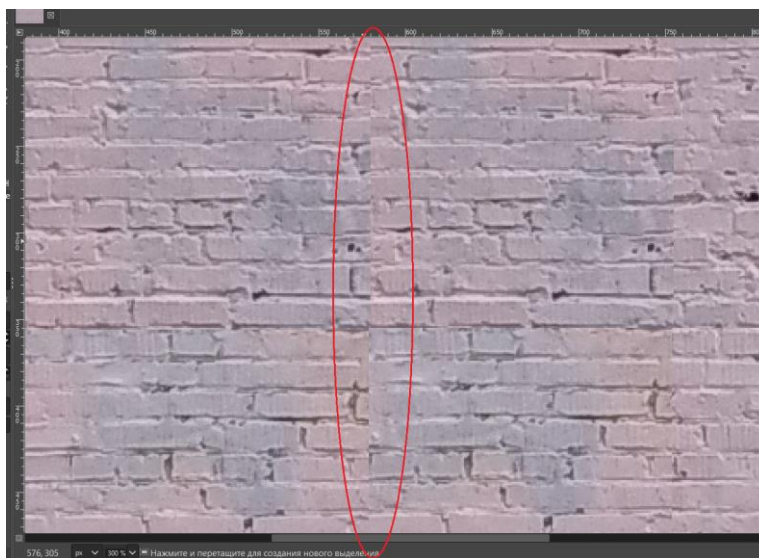


Рис 5.13 Линия стыка.

В этом нам помогут инструменты «штамп»  и «лечебная кисть» . Порядок работы с этими инструментами таков: выбираем круглую кисть с мягкими краями, удерживая **Ctrl** на клавиатуре кликаем по месту на изображении, откуда будем извлекать участок, после чего кликаем в то место,

куда этот участок необходимо вставить. То есть мы просто клонируем одни участки изображения и заменяем ими дефектные места (5.14).



Рис 5.14 Итоговый вариант основы для текстуры.

Сохраняем результат и открываем в **SketchUp** ранее созданную модель постройки (Рис 5.15).

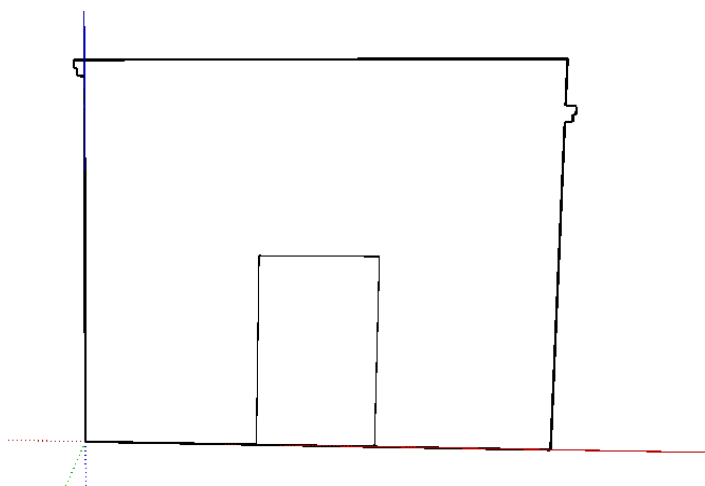


Рис 5.15 Полигональный каркас модели нежилой постройки.

Как мы уже убедились ранее **SketchUp** обладает обширным базовым набором различных текстур с возможностью подгружать недостающее из сети или создавать необходимые на основе цифровых фотоматериалов. Для того чтобы создать свою текстуру нужно воспользоваться пиктограммой  и в открывшемся далее окне выбрать  и указать путь до изображения, которое станет основой для текстуры. Укажите путь до отредактированного изображения **Основа для текстуры.png**.

Однако прежде чем нанести саму текстуру, к примеру, на стену здания, ее следует отформатировать в соответствии с реальными размерами фрагмента модели (Рис. 5.16). Высота «фасада» данной постройки равна 5,1 м.

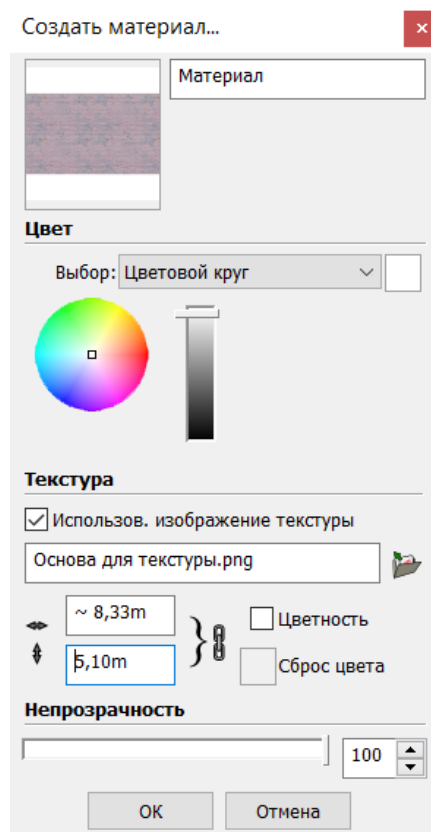


Рис 5.16 Настройка параметров фототекстуры

Самостоятельно сделайте отдельную текстуру для двери постройки и сохраните ее в отдельный файл. Нанесите полученные текстуры на каркасную модель (Рис 5.17).

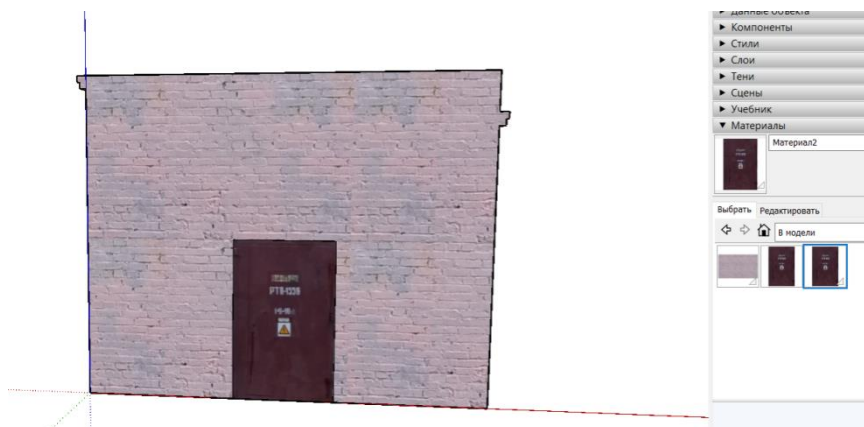


Рис 5.17 Результат нанесения фототекстур на полигональный каркас.

Сравните результаты представления объекта на фотографии, каркасе с фото текстурами и каркасе с базовыми текстурами (Рис 5.18).

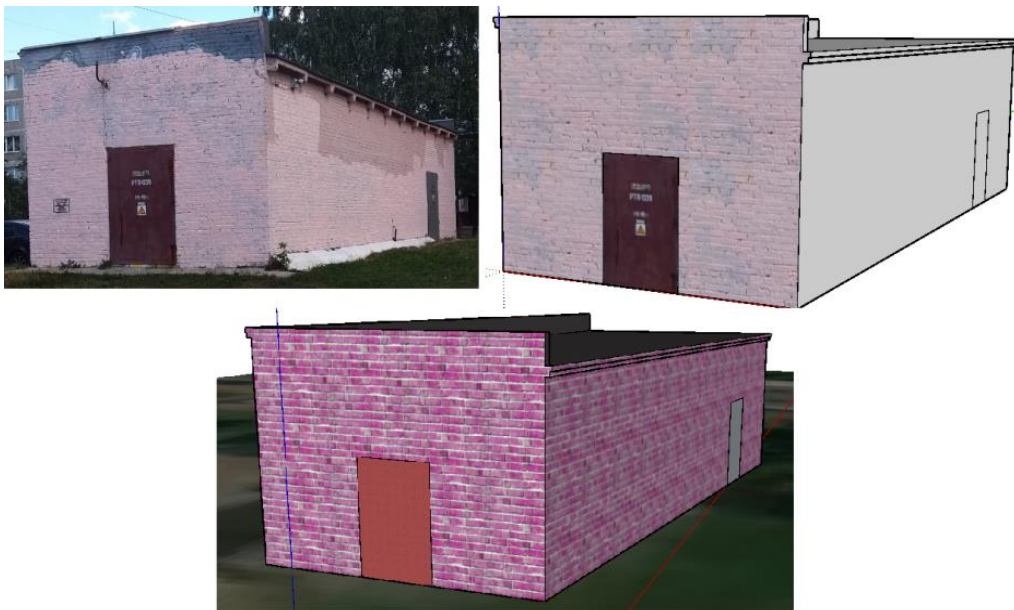


Рис 5.18 Объект и его трехмерное представление с различными текстурами.

Занятие №6. Обработка аэрокосмической информации в табличном редакторе MSeXcell

Несмотря на то, что в наше время существует множество самого разного программного обеспечения, предназначенного для решения самых разных производственных задач, связанных с обработкой данных дистанционного зондирования, использование табличных редакторов (**ExCell** или его аналогов) по-прежнему распространено и является на сегодняшний день актуальным.

К примеру, планирование летного задания для беспилотных летательных аппаратов в стационарном (**MissionPlaner**, **QGroundControl** и проч.) или сетевом (**Pix4D** и **DroneDeploy** и проч.) программном обеспечении при всем своем удобстве в полевых условиях не дает специалисту достаточного контроля над процессом. По причине того, что математический аппарат этих программных решений является своеобразным «черным кубом» - в него оператор закладывает исходные данные и на выходе получает проектные характеристики съемочных данных, которые будут получены в результате съемки.

Так же некоторые функции в современных планировщиках полетов могут быть реализованы неудобно или совсем не реализованы. Примером подобного является отсутствие возможности планировать съемку посредством БПЛА с заданным перекрытием в ПО **Litchi**.

Таким образом, несмотря на все достоинства и удобство данного пакета, в базовом виде использовать его для получения удовлетворяющих техническое задание для **фотограмметрических** работ невозможно и это приводит к тому, что файл автопилота отдельно планируется специалистом в **ExCell** и импортируется в ПО.

Level	%	Status	Flag	WBS	Task	Start	Finish	Duration	WBS Predecessors	Owner
1	Summary			1	Initiation	Thu 1/1/15 8:00 AM	Wed 2/18/15 5:00 PM	35 days		Owner1.C
3	1 Task	100%		1.1	Collect project ideas	Thu 1/1/15 8:00 AM	Thu 1/1/15 9:00 AM	1 hr		Owner1
4	1 Task	100%		1.2	Prioritize project ideas	Fri 1/2/15 8:00 AM	Mon 1/5/15 9:45 AM	1.22 days	1.1	Owner2
5	1 Task	100%		1.3	Gather customer requirements	Mon 1/5/15 8:00 AM	Mon 1/5/15 11:30 AM	3.5 hrs	1.2	Owner3
6	1 Task	100%		1.4	Select and justify a project	Tue 1/6/15 8:00 AM	Tue 1/6/15 3:45 PM	7.75 hrs	1.3	Owner1.C
7	1 Task	100%		1.5	Submit and approve the Request for Proposal	Thu 1/8/15 8:00 AM	Thu 1/8/15 5:00 PM	1 day	1.2, 1.3, 1.4	Owner1.C
8	1 Task	10%	BEHIND SCHEDULE	1.6	Identify the project sponsor and project manager	Mon 2/9/15 8:00 AM	Wed 2/11/15 10:00 AM	2.25 days	1.5	Owner2.C
9	1 Task	20%	BEHIND SCHEDULE	1.7	Get the project team in place	Wed 1/7/15 8:00 AM	Thu 1/8/15 12:00 PM	1.5 days	1.6	Owner1.C
10	1 Task	30%	ON SCHEDULE	1.8	Prepare the Requirements Document	Fri 1/9/15 8:00 AM	Mon 1/19/15 5:00 PM	7 days	1.7(FS+2 days)	Owner1.C
11	1 Task	40%	DATE TBD	1.9	Conduct project kickoff meeting		Mon 2/9/15 5:00 PM	0 days		Owner1.C
12	1 Task	50%	CANCELLED	1.10	Conduct project brainstorming meeting					Owner1.C
13	1 Task	60%	ON SCHEDULE	1.11	Develop Statement of Scope	Fri 1/9/15 8:00 AM	Wed 2/11/15 5:00 PM	24 days	1.5, 1.6, 1.7, 1.8	Owner1.C
14	2 Summary			1.12	WBS Development	Fri 1/8/15 8:00 AM	Mon 2/16/15 6:00 PM	27 days	1.13	Owner1.C
15	2 Task	70%	ON SCHEDULE	1.12.1	Conduct Work Breakdown Structure meeting	Fri 1/9/15 8:00 AM	Fri 2/13/15 5:00 PM	26 days		Owner1.C
16	2 Task	80%	ON SCHEDULE	1.12.2	Build Work Breakdown Structure (WBS)	Wed 1/14/15 8:00 AM	Mon 2/16/15 5:00 PM	23 days		Owner1.C
17	2 Task	90%	ON SCHEDULE	1.12.3	Update WBS in Project Plan	Thu 1/15/15 8:00 AM	Mon 2/16/15 5:00 PM	23 days		Owner1.C
18	1 Task	100%		1.13	Outline project plan	Fri 1/16/15 8:00 AM	Wed 2/18/15 5:00 PM	24 days		Owner1.C
19	1 Task	100%		1.14	Assign resources to project plan tasks	Fri 1/16/15 8:00 AM	Wed 2/18/15 5:00 PM	24 days		Owner1.C
20	1 Summary			2	Analysis	Fri 1/18/15 8:00 AM	Mon 2/23/15 5:00 PM	27 days	1	Owner1.C
21	1 Task	0%	FUTURE TASK	2.1	Create Entity Relationship Diagram	Fri 1/18/15 8:00 AM	Thu 2/19/15 5:00 PM	25 days		Owner1.C
22	1 Task	100%		2.2	Create Data Flow Diagram	Fri 1/18/15 8:00 AM	Fri 2/20/15 5:00 PM	26 days		Owner1.C
23	1 Task	0%	FUTURE TASK	2.3	Define data dictionary	Wed 1/21/15 8:00 AM	Mon 2/23/15 5:00 PM	24 days		Owner1.C

Рис 6.1. Планирование полетного задания для БПЛА в ExCell

Даже если не брать в расчет сферу наук о Земле во всем ее многообразии, табличные редакторы популярны для любых задач, связанных с обработкой расчетов, таблиц объектов с атрибутивными данными и прочими задачами. Например, многие серьезные фирмы ведут вспомогательные расчётные таблицы в **MSExCell**и уже позднее интегрируют полученные результаты в стандартную систему, типа **1С Бухгалтерии** или ее аналогов.

Самым известным табличным процессором на текущий момент является названный выше **MicrosoftExcel** - программа для работы с электронными таблицами, созданная корпорацией **Microsoft** для своего семейства операционных систем **Windows**. Она предоставляет возможности экономико-статистических расчетов, графические инструменты и язык программирования на котором, в том числе, можно писать скрипты и утилиты. **Microsoft Excel** входит в состав **Microsoft Office** и на сегодняшний день **MS Excel** является одним из наиболее популярных приложений в мире. И именно в этой программе будет выполняться практическое задание данного занятия.

1. Обработка ряда равноточных измерений относительной высоты опорного знака для аэрокосмических съемочных работ.

При использовании опорных знаков при обработке аэрокосмической съемки необходимо определять их координаты с высокой точностью (0,1 мм в масштабе плана). Для решения этой задачи чаще всего используется GPS-приемник (Рис. 6.2.).



Рис 6.2. GPS-приемник в рабочем состоянии

В космосе, на высоте около 40 000 км по пересекающимся орбитам перемещаются спутники и постоянно посылают на землю несколько видов радиосигналов. Спутники общаются между собой и с центрами наземного базирования, поэтому их положение в пространстве и времени в виде координат известны. Спутник посылает радиосигнал, в котором закодированы

координаты самого спутника, время отправки сигнала. Когда сигнал доходит до приемника, он фиксирует время приема сигнала и записывает его в результирующий файл вместе с координатами спутника на момент отправки сигнала.

Скорость сигнала известна, время известно, а это значит, что можно определить расстояние.

Предположим, что несколько спутников одновременно отправили сигнал, а результирующее расстояние нам уже известно.

Откладывая отрезок от спутника до точки совместного пересечения всех отрезков, найдем, таким образом, местоположение приемника. В общем виде это суть принципа работы спутникового позиционирования, есть масса деталей, которые могут иметь критическое значение на процесс получения координат или расстановки опознавательных знаков для измерения. Например, проблема синхронизации часов спутников и приемников, естественное смещение орбит спутников, свободный горизонт и проч. Но мы не будем на них здесь останавливаться.

Итак, в результате измерения опознавательного знака были получены значения его относительной высоты, представленные в таблице № 6.1 . Нашей задачей будет обработка этого набора измерений с целью получения *вероятнейшего значения расстояния, средней квадратической ошибки одного измерения, среднюю квадратическую ошибку вероятнейшего значения, относительную ошибку окончательного результата.*

Таб. 6.1 Значения измеренной высоты опознавательного знака 3-11

№	h, м	№	h, м	№	h, м
1	141,901	11	141,900	21	141,903
2	141,902	12	141,900	22	141,901
3	141,902	13	141,900	23	141,901
4	141,902	14	141,901	24	141,901
5	141,900	15	141,902	25	141,900
6	141,901	16	141,901	26	141,900
7	141,902	17	141,901	27	141,901
8	141,901	18	141,902	28	141,900
9	141,901	19	141,901	29	141,901
10	141,902	20	141,902	30	141,902

Формулы для вычисления этих параметров известны и просты, по этому вычисление не будет проблемным даже в ручном режиме. Однако

MSExCell позволит сделать этот процесс более надежным и автоматизированным.

Для начала перепишите/скопируйте данные из таблицы в любой удобный вам столбец рабочего окна **MSExCell**. Подпишите полученный набор для удобства «Измерения высоты З-11 и их обработка» (Рис. 6.3).

Измерения высоты 3-11 и их обработки					
No	h, м				
1	141,901				
2	141,902				
3	141,902				
4	141,902				
5	141,900				
6	141,901				
7	141,902				
8	141,901				
9	141,901				
10	141,902				
11	141,900				
12	141,900				
13	141,900				
14	141,901				
15	141,902				
16	141,901				
17	141,901				
18	141,902				
19	141,901				
20	141,902				
21	141,903				
22	141,901				
23	141,901				
24	141,901				
25	141,900				
26	141,900				
27	141,901				
28	141,900				
29	141,901				
30	141,902				

Рис 6.3. Подготовка исходных данных для дальнейшего расчета

А) Определим **вероятнейшее значение измеренной величины** по формуле:

$$H = \frac{\sum hi}{n}$$

Где $\sum hi$ – сумма всех значений измеренной высоты, а n – число измерений.

Выберите любую удобную вам ячейку ниже исходных данных и впишите в нее конструкцию следующего вида:

$$=(\text{CYMM}(\text{C4:C33}))/30$$

Здесь C4:C33 – диапазон ваших значений результатов измерений. Его можно указать, как вписав граничные ячейки в формулу, так и выбрав мышью. 30 – число ваших измерений. Нажмите клавишу **Enter**, и вы получите в этой ячейке рассчитанный результат **вероятнейшего значения измеряемой величины** = 141,901 м.

Б) Определим **среднюю квадратическую ошибку** одного измерения по формуле:

$$m = \frac{\sum v_i}{n - 1}$$

Где $\sum v_i$ – сумма всех значений отклонений измерений от вероятнейшего значения измеряемой величины ($H - h_i$), а n – число измерений.

Измерений у нас 30 и вычитать каждое из полученного ранее вероятнейшего значения высоты пункта потребует некоторого времени, при выполнении этой задачи вручную. Но при использовании табличного редактора, она решается быстро и просто. Создайте в вашей таблице дополнительный столбец, который будет содержать значения v_i . Выделите ячейку этого столбца, которая располагается напротив первого измерения, и впишите в нее конструкцию следующего вида:

=C35-C:C

Здесь C35 – ячейка, в которой вы провели расчёт значения $H(141,901 \text{ м.})$, C:C – обращение к столбцу таблицы. Таким образом, мы будем вычитать из определенного числа соответствующие значения из таблицы измерений. Нажмите клавишу **Enter** – полученный результат будет равен нулю ($H - h_1 = 141,901 - 141,901 = 0$).

Распространите эту формулу на остальные ячейки этого столбца и посчитайте сумму, используя уже известный вам способ, полученных значений v_i . Если все сделано правильно, то она тоже будет равняться (или стремиться) к нулю (Рис 6.4).

Для того, что бы возвести величину в степень в **ExCell** используют кнопку клавиатуры «^». То есть написав в ячейке выражение $= 2^2$ и нажав **Enter** мы получим число 4 – что соответствует двойке в квадрате. Для нашего задания целесообразно сразу обращаться к ячейкам в виде $= D4^2$, где D4 – ячейка в котором расположено отклонение v_1 . Переведите метры в миллиметры ($1 \text{ м} = 1000 \text{ мм.}$) и самостоятельно рассчитайте их квадраты, к примеру, с помощью выражения вида $=(D4*1000)^2$. Посчитайте сумму этих квадратов известным вам способом. Результат должен быть равен 19,467 мм.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Измерения высоты 3-11 и их обработка						
3		№	h, м	v, м				
4		1	141,901	0,000				
5		2	141,902	-0,001				
6		3	141,902	-0,001				
7		4	141,901	-0,001				
8		5	141,900	0,001				
9		6	141,901	0,000				
10		7	141,902	-0,001				
11		8	141,901	0,000				
12		9	141,901	0,000				
13		10	141,902	-0,001				
14		11	141,900	0,001				
15		12	141,900	0,001				
16		13	141,900	0,001				
17		14	141,901	0,000				
18		15	141,902	-0,001				
19		16	141,901	0,000				
20		17	141,901	0,000				
21		18	141,902	-0,001				
22		19	141,901	0,000				
23		20	141,902	-0,001				
24		21	141,903	-0,002				
25		22	141,901	0,000				
26		23	141,901	0,000				
27		24	141,901	0,000				
28		25	141,900	0,001				
29		26	141,900	0,001				
30		27	141,901	0,000				
31		28	141,900	0,001				
32		29	141,901	0,000				
33		30	141,902	-0,001				
34								
35		H	141,901					
36		Сумма v	0,000					
37								

Рис 6.4. Подготовка исходных данных для дальнейшего расчета

	Измерения высоты 3-11 и их обработка			
3	№	h, м	v, м	v², мм
4	1	141,901	0,000	0,0
5	2	141,902	-0,001	0,8
6	3	141,902	-0,001	0,8
7	4	141,902	-0,001	0,8
8	5	141,900	0,001	1,3
9	6	141,901	0,000	0,0
10	7	141,902	-0,001	0,8
11	8	141,901	0,000	0,0
12	9	141,901	0,000	0,0
13	10	141,902	-0,001	0,8
14	11	141,900	0,001	1,3
15	12	141,900	0,001	1,3
16	13	141,900	0,001	1,3
17	14	141,901	0,000	0,0
18	15	141,902	-0,001	0,8
19	16	141,901	0,000	0,0
20	17	141,901	0,000	0,0
21	18	141,902	-0,001	0,8
22	19	141,901	0,000	0,0
23	20	141,902	-0,001	0,8
24	21	141,903	-0,002	3,5
25	22	141,901	0,000	0,0
26	23	141,901	0,000	0,0
27	24	141,901	0,000	0,0
28	25	141,900	0,001	1,3
29	26	141,900	0,001	1,3
30	27	141,901	0,000	0,0
31	28	141,900	0,001	1,3
32	29	141,901	0,000	0,0
33	30	141,902	-0,001	0,8
34				
35	H	141,901	m	0,671
36	Сумма v	0,000		
37	Сумма v²	19,467		

Рис 6.5. Расчёт среднеквадратического отклонения одного измерения

Завершим расчёт по формуле среднеквадратической ошибки одного измерения в любой удобной вам ячейке следующей конструкцией =C37/29, где C37 это ячейка в которой расположена сумма квадратов отклонений v , а 29 = число измерений 30 -1. Полученный ответ должен быть близко к 0,671 мм (Рис. 6.5).

Средняя квадратическая ошибка вероятнейшего значения вычисляется по формуле:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}$$

Где m – рассчитанная нам ранее среднеквадратическая ошибка одного измерения, а n – число измерений.

Таким образом, формула очень проста и в ячейке таблицы примет вид: =E35/КОРЕНЬ(30). Полученный результат должен быть близок к 0,123 мм. В результате выполненных нами операций мы можем сделать вывод что:

Высота измеренного опознавательного знака в относительной системе равна 141,901 м и определена с ошибкой 0,123 мм. При этом точность одного измерения равна 0,671 мм.

Полученные результаты сверяются с **допусками** на выполнение работ, из соответствующих **инструкций** и **ГОСТов**, и делается вывод о качестве съемочных мероприятий.

Занятие №7. Получение космических данных дистанционного зондирования из открытых источников

Дистанционное зондирование (ДЗ) определяют как процесс или метод получения информации об объекте, участке поверхности или явлении путем анализа данных, собранных без контакта с изучаемым объектом.

Суть метода заключается в интерпретации результатов измерения электромагнитного излучения, которое отражается либо излучается объектом и регистрируется в некоторой удаленной от него точке пространства. С помощью дистанционного зондирования изучают физические и химические свойства объектов.

Примерами естественных форм ДЗ являются зрение, обоняние и слух человека. К методам дистанционного зондирования относят и фотографическую съемку, которую можно выполнять, как наземными, так и авиакосмическими методами (Рис 7.1).



Рис 7.1 Панхроматический снимок с космического аппарата и цветной снимок с самолета

На текущий момент во многих областях данные ДЗ являются ключевым компонентом в процессе принятия решений. Начальная точка, которая одновременно является и конечной точкой всего процесса, — информационные запросы групп специалистов. По существу, потребитель, а точнее, его нужды — это самое главное звено любой системы управления информацией.

Оптимальный способ использования данных наблюдения поверхности Земли со спутников заключается в том, чтобы анализировать их совместно с информацией из других источников, таких как картографическая информация из различных источников, результаты наземных исследований и прочее. В этом случае они становятся критически важной составляющей процесса принятия решений и моделирования в любой предметной области. Еще один

важный принцип дистанционного зондирования — многокомпонентность — реализуется в виде различных методов съемки и анализа данных.

Стереосъемка. Получение снимков с перекрытием из нескольких последовательных точек орбиты позволяет получить более точное представление о трехмерных объектах и повысить отношение сигнал/шум (Рис 7.2).

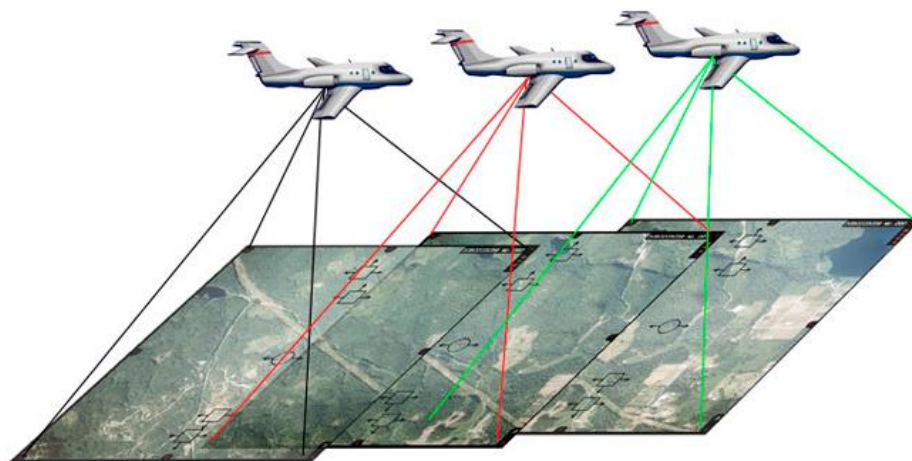


Рис 7.2. Выполнение аэросъемки, с целью получения стереопар в местах перекрытия кадров

Многозональная съемка. Использование многозональных снимков основано на уникальности тоновых характеристик различных объектов (Рис 7.3). Объединение яркостных данных из снимков в различных спектральных диапазонах позволяет безошибочно выделять определенные пространственные структуры.

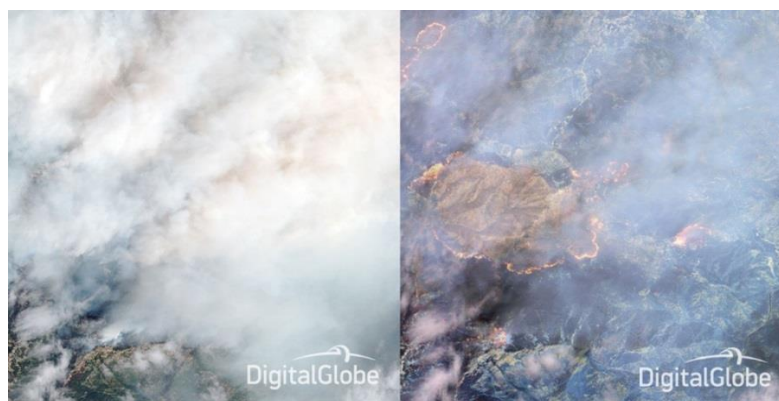


Рис 7.3. Съемка лесного пожара в видимом и инфракрасном диапазонах

Многовременная съемка. Плановая съемка в заранее определенные даты позволяет выполнять сравнительный анализ снимков тех объектов, характеристики которых изменяются во времени (7.4).

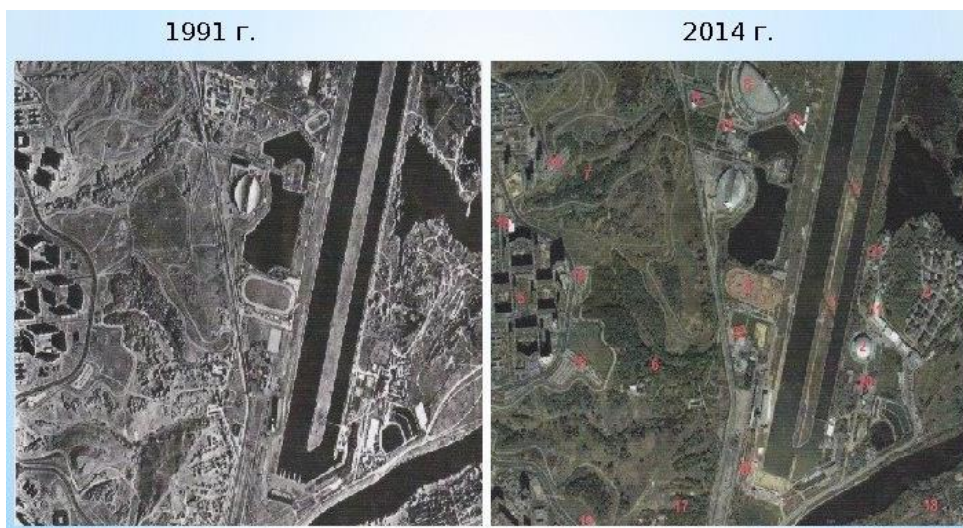


Рис 7.4. Выявление изменений по космическим снимкам территории на разные даты

Многоуровневая съемка. Съемку с различными уровнями дискретизации используют для получения все более подробной информации об изучаемой территории. Как правило, весь процесс сбора данных подразделяют на три уровня: космическая съемка, аэросъемка и наземные исследования (Рис 7.5).

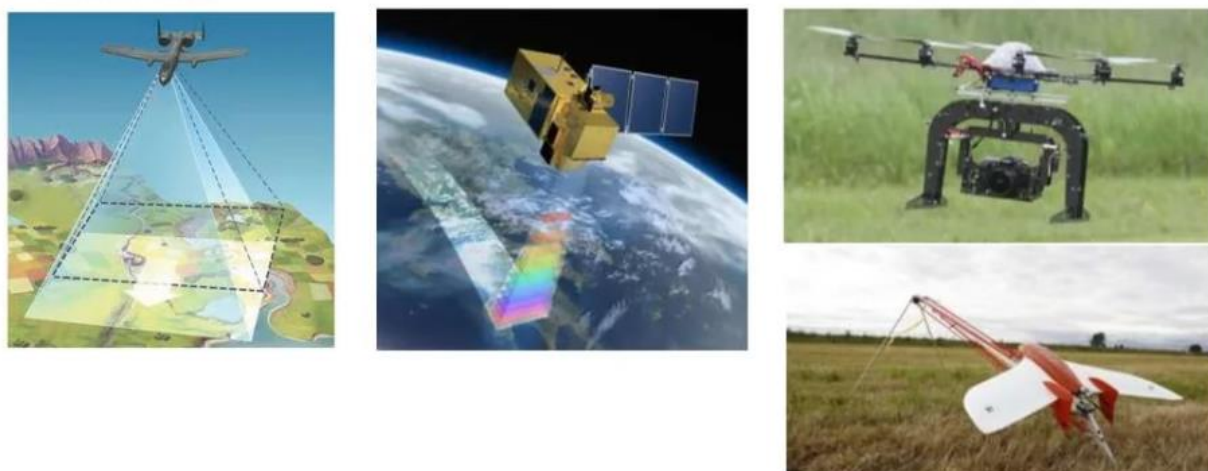


Рис 7.5. Компоненты различных уровней многоуровневой съемки

Многополяризационная съемка. Снимки, полученные этим методом, используют для проведения границ между объектами на основе различий в поляризационных свойствах отраженного излучения. Так, например, отраженное излучение от водной поверхности обычно более сильно поляризовано, чем отраженное излучение от растительного покрова.



Рис 7.5. Многополяризационная съемка с целью выявления растительных объектов

Комбинированный метод. Заключается в использовании многовременной, многозональной и многополяризационной съемки.

Междисциплинарный анализ. Обработку и дешифрирование данных выполняют несколько человек, специализирующихся в разных предметных областях. Это позволяет получить более полную и достоверную информацию о состоянии природных ресурсов. Результаты такого анализа обычно представляют в виде набора тематических карт.

Подавляющее большинство данных дистанционного зондирования предоставляется пользователю с **географической привязкой** в определённой **системе координат**. Современным инструментом для работы с подобными данными **географическая информационная система** – инструмент единого подхода к управлению и обработке пространственной информации, включая и материалы дистанционного зондирования.

Беспрецедентно (в исторической ретроспективе) высокий уровень доступности спутниковых данных, как одна из черт современного этапа развития методологии спутникового картографирования растительного покрова, порождает мощную мотивацию для разработки новых методов их обработки и создания информационных систем мониторинга окружающей среды для широкого круга пользователей, не ограниченного рамками ведомственной или территориальной принадлежности.

Стремительное развитие методов спутникового картографирования растительного покрова в значительной мере обусловлено, на наш взгляд, наличием открытых для общего доступа и колоссальных по объему архивов данных ДЗЗ различного пространственного разрешения.

В данном задании мы будем получать доступ к архиву данных дистанционного зондирования, полученных с космических платформ семейства **Sentinel**.

1.Получение данных космического дистанционного зондирования на заданную территорию с сенсоров программы Copernicus.

Проект Европейского космического агентства **Sentinel** предназначен для поддержки программы **Copernicus**. В рамках проекта предусмотрено 5 миссий:

Sentinel-1 – два радарных спутника;

Sentinel-2 – два спутника с оптико-электронной аппаратурой;

Sentinel-3 – два спутника для наблюдения за океанами с помощью различной оптико-электронной и радиолокационной аппаратуры. Запуск спутников

Sentinel-4,5 – предназначены для наблюдения за атмосферой, планируется в 2019–2020 гг.

Съемки радарных спутников Sentinel-1 не будут зависеть от погоды и времени суток. Второй спутник миссии (Sentinel-1B) планируется запустить в 2015 г. Предназначенная специально для программы Copernicus, миссия Sentinel-1 продолжит радарные съемки С-диапазона, начатые спутниковыми системами ERS-1, ERS-2, Envisat (оператор ESA) и RADARSAT-1,2 (оператор — компания MDA, Канада).

Группировка Sentinel-1, как ожидается, будет обеспечивать съемками всю территорию Европы, Канады, а также основные морские судоходные пути каждые 1–3 дня, независимо от погодных условий. Радарные данные будут поставляться в течение часа после проведения съемки — это большой шаг вперед по сравнению с существующими радарными спутниковыми системами.

Архив свободно распространяемых съемочных материалов с данных спутников расположен

по электронному адресу <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

Главную его страницу можно увидеть на рисунке № 1.1.

Съемки радарных спутников Sentinel-1 не будут зависеть от погоды и времени суток. Второй спутник миссии (Sentinel-1B) планируется запустить в 2015 г. Предназначенная специально для программы Copernicus, миссия Sentinel-1 продолжит радарные съемки С-диапазона, начатые спутниковыми

системами ERS-1, ERS-2, Envisat (оператор ESA) и RADARSAT-1,2 (оператор — компания MDA, Канада).

Группировка Sentinel-1, как ожидается, будет обеспечивать съемками всю территорию Европы, Канады, а также основные морские судоходные пути каждые 1–3 дня, независимо от погодных условий. Радарные данные будут поставляться в течение часа после проведения съемки — это большой шаг вперед по сравнению с существующими радарными спутниковыми системами.

Архив свободно распространяемых съемочных материалов с данных спутников расположен

по электронному адресу <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>.

Главную его страницу можно увидеть на рисунке № 7.6.

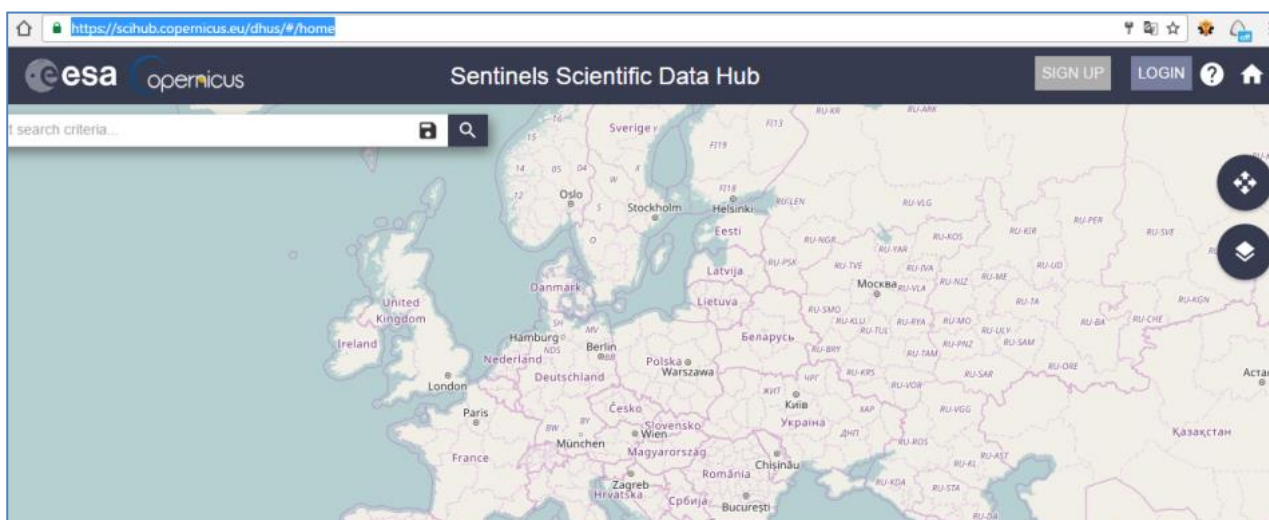


Рис. 7.6 Стартовая страница сетевого архива данных дистанционного зондирования программы Copernicus.

Для того, что бы получить возможность скачивать интересные данные дистанционного зондирования из этого источника, прежде всего необходимо пройти процесс регистрации.

Регистрация аккаунта бесплатная формы для заполнения (Рис 7.7) открываются посредством нажатия кнопки .

Register new account

Sentinel data access is free and open to all.

On completion of the registration form below you will receive an e-mail with a link to validate your e-mail address. Following this you can start to download the data. Username field accepts only alphanumeric characters plus "+", "-", "_" and ".".

Firstname	Lastname
Username	
Password	Confirm Password
E-mail	Confirm E-mail
Select Domain	
Select Usage	
Select Country	

Рис. 7.7 Форма регистрации аккаунта пользователя на ресурсе программы Copernicus.

Стоит отметить, что форма регистрации менее объёмная и сложная, чем форма регистрации на <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

EarthExplorer является современным актуальным американским источником свободно распространяемых данных, полученных с космических носителей различных платформ базирования) и специалисту в области обработки ДЗЗ полезно помнить о существовании данного ресурса при решении задачи поиска свободно распространяемых космических съёмочных данных с интересующими параметрами.

После прохождения процесса регистрации аккаунта, авторизуйтесь на ресурсе и приступите к поиску интересующих данных. В рамках учебного задания требуется найти сцену, полученную с сенсора **Sentinel-1** на территорию **г. Тюмень**. Интересующий диапазон дат съёмки: 1 мая 2016 г. – 1 мая 2018 г.



Кнопка интерфейса отвечает за свойства отображения земной поверхности в основном рабочем окне. По выбору оператора для упрощения процесса поиска территории интереса можно переключаться в трех режимах (Рис 7.8): **Terran + Overlay**, **OpenStreet** и **Sentinel-2 Cloudless + Overlay**. Самостоятельно последовательно ознакомьтесь со всеми предложенными режимами и выберите наиболее удобный для себя.

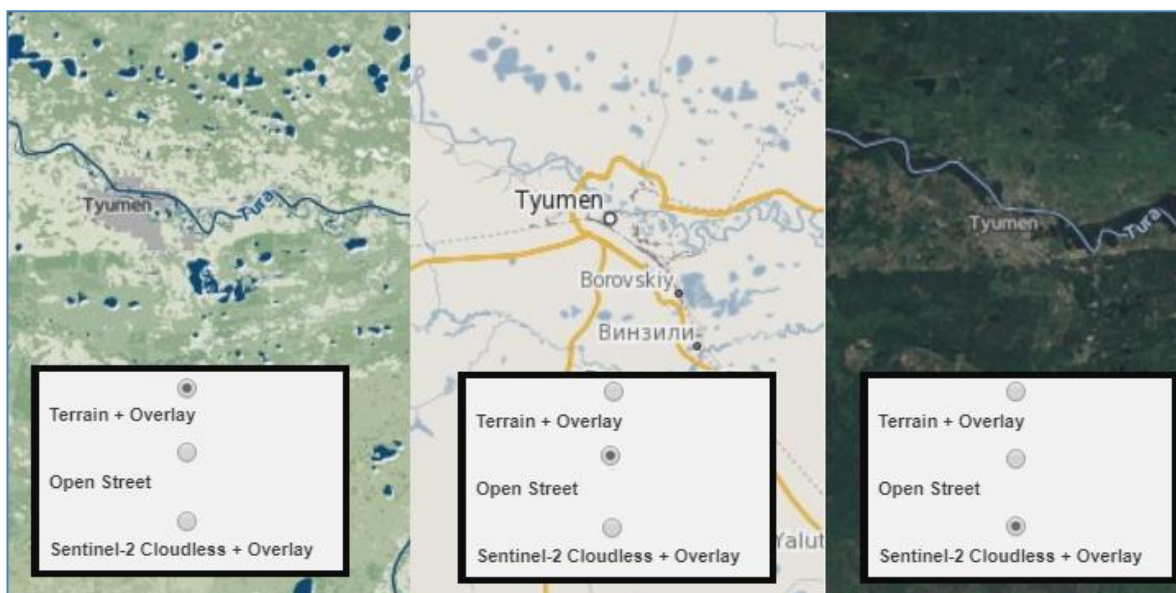


Рис. 7.8 Режимы отображения Земной поверхности в интерфейсе геопортала программы Copernicus.

Навигация в основном окне данного геопортала производится посредством стандартных опций управления. Колесо мыши позволяет менять масштаб отображения, а зажатая левая клавиша мыши перейти в режим ручного сдвига. Самостоятельно найдите на карте г. Тюмень и выделите ее (Рис 7.9) посредством команды **Box**, расположенной на панели выделения в нижней части интерфейса основного рабочего окна геопортала.

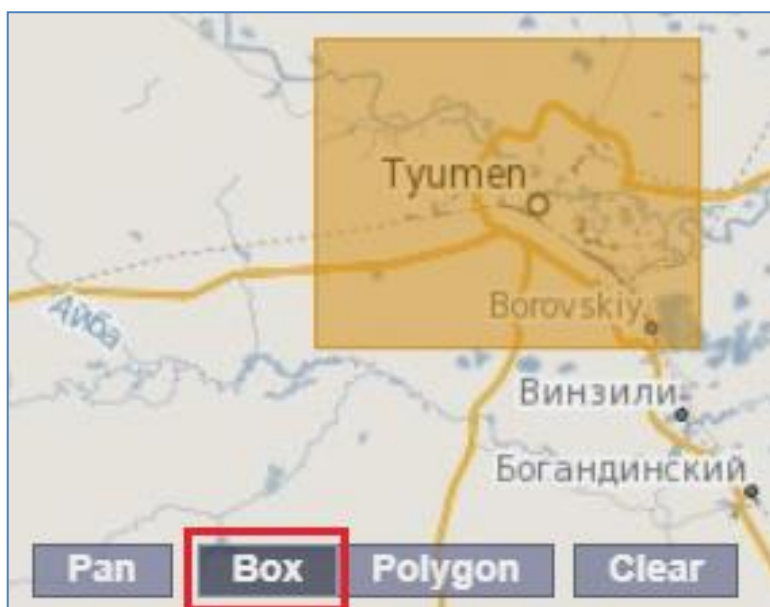


Рис. 7.9.Режимы отображения Земной поверхности в интерфейсе геопортала программы Copernicus.

Другие кнопки этой панели позволяют: **Pan**—выйти из режима выделения, **Polygon**—выделить область интереса полигональной площадью, **Clear**—очистить результаты выделения.

Так же, если идентификатор территории интереса известен, то можно набрать его в строке поиска, расположенной в верхнем левом углу основного рабочего окна.

Для города Тюмень, это будет английское наименование **Tyumen**. Однако при использовании такого способа поиска, геоportal сразу попытается предложить доступные данные дистанционного зондирования на интересующую территорию в соответствии с критериями поиска.

Сама кнопка вызова критериев поиска  расположена рядом со строкой поиска и вызывает электронную форму (Рис 7.10), в которую необходимо заполнить параметры соответствия для интересующих нас набора данных дистанционного зондирования.

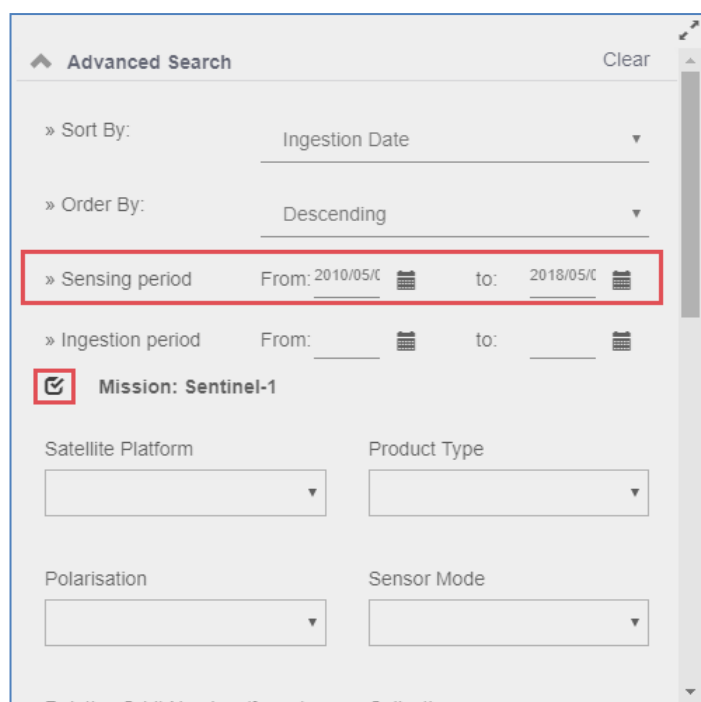


Рис. 7.10 Электронная форма поиска данных ДЗ по заданным критериям.

По завершении заполнения параметров нажмите кнопку  и подходящие под них съемочные материалы будут отображены в виде списка в левой части основного рабочего окна геоportала (Рис 7.11).

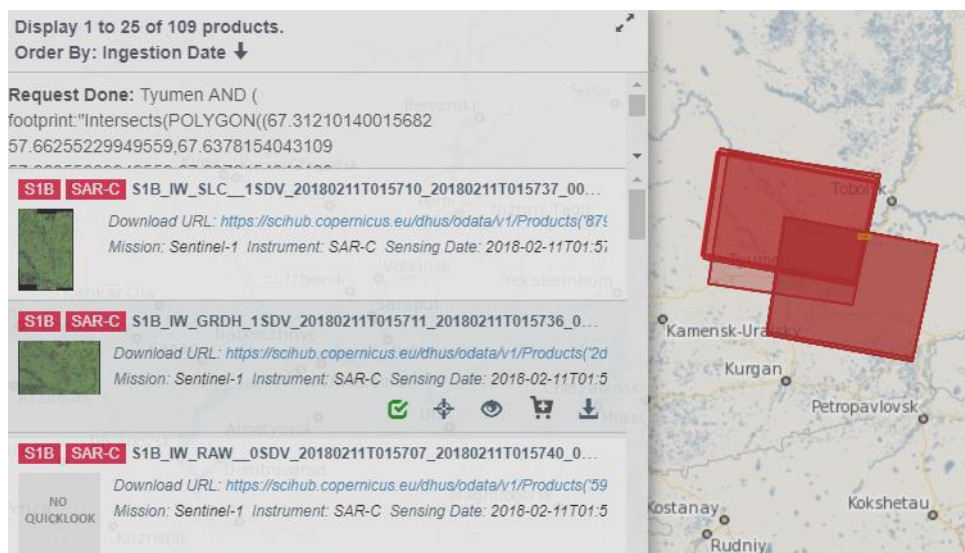


Рис. 7.11 Выборка материалов дистанционного зондирования по заданным ранее критериям.

Характеристики предположительно подходящих изображений можно посмотреть посредством нажатия пиктограммы  контекстного меню действий с файлом, всплывающей при наведении курсора на материалы из списка. Если изображение устраивает по своим параметрам исполнителя то его можно скачать, нажав на клавишу  контекстного меню.

Полученные из открытых источников материалы данных дистанционного зондирования будут представлены в виде серии изображений, отснятых отдельными каналами с известными характеристиками съемочной аппаратуры. Для комфортной дальнейшей обработки этих материалов рекомендуется собрать их в единый массив-гиперкуб.

2.Предварительный визуальный анализ многозональных данных.

Давайте ознакомимся с тем, в каком виде предоставляются потребителю многозональные данные.

Откройте из папки с исходными данными файлы **1.png, 2.png, 3.png, 4.png** и ознакомьтесь с ними в любом графическом редакторе (Рис 7.12). Здесь

1 – голубой канал,

2 – зеленый канал,

3 –красный канал,

4 – ближний инфракрасный канал (расположен за пределами чувствительности человеческого глаза).

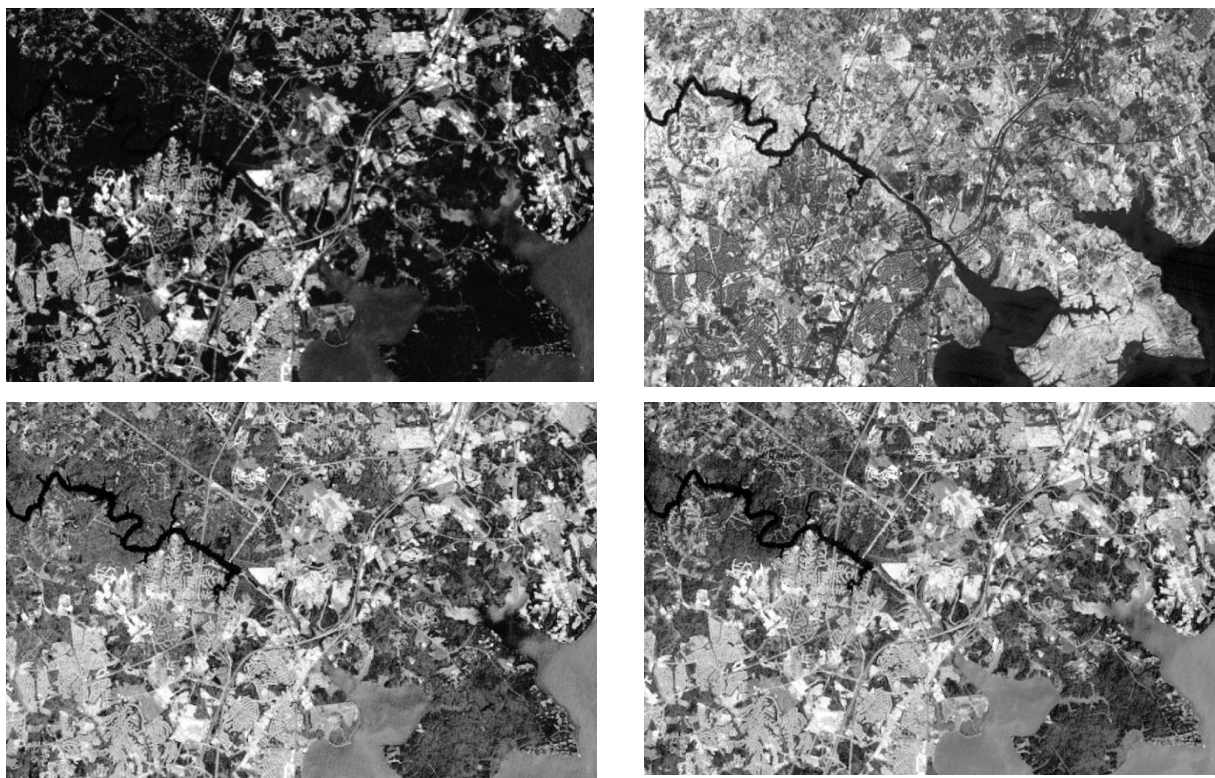


Рис. 7.12 Выборка материалов дистанционного зондирования по заданным ранее критериям.

Обратите внимание, что снимки по отдельным каналам съемочной аппаратуры являются **панхромными**. Значения пикселей в них характеризуют интенсивность отраженного излучения в соответствующих участках земной поверхности. Так же обратите внимание на то, что в разных каналах одни и те же объекты местности могут выглядеть по-разному (Рис 7.13).

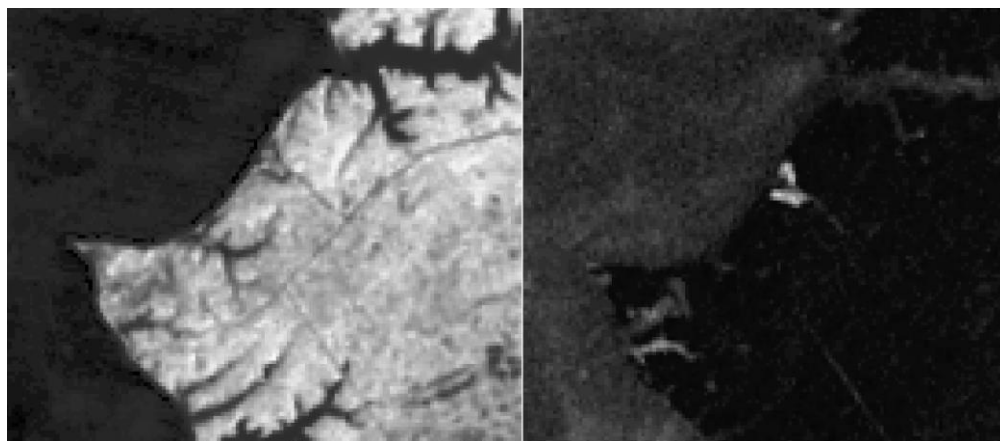


Рис. 7.13 Сравнение отображения растительности в инфракрасном и голубом каналах.

Данные каналы собираются в единый массив для удобства анализа и последующей обработки в специальном программном обеспечении. Откройте

из папки с исходными данными файлы **LandastTrue.png** и **LandsatPseudo** в любом графическом редакторе (Рис 7.14).



Рис. 7.14 Представление космических данных в удобном для визуального восприятия виде.

Первый способ (каналы 1-2-3) представления характерен тем, что картинка приближена к тому, что мы видим человеческим глазом, а, значит, оператору проще ориентироваться в общей оценке съемочной сцены в процессе визуального анализа. Второй способ (каналы 2-3-4) является более информативным и позволяет оценивать объекты местности с учетом ближнего ИК-диапазона, однако требует некоторой практики и привыкания.

Занятие №8. Основы спутниковой навигации с использованием ГЛОНАСС-GPS навигаторов

На земной орбите постоянно вращаются искусственные спутники, запущенные туда для решения различного рода производственных задач. Если подходить к вопросу просто, то по данным спутники можно разделить на три категории соответствующие категории: **спутники наблюдения, навигационные спутники и спутники связи.**

Спутники категории наблюдения несут на себе различные по характеристикам сенсоры, которые позволяют получать данные дистанционного зондирования о Земной поверхности и передавать их их пользователям для решения широкого спектра задач, таких как мониторинг или картографирование.

Спутники связи являются прежде всего ретрансляторами, расположенными на геостационарной орбите. Поскольку период обращения на этой орбите равен суткам, их положение в пространстве относительно объектов земной поверхности остается неизменным. Главной функцией данных спутников является прием, усиление и перенаправление сигналов.

Навигационные спутники расположены на средней орбите и предназначены для определения местоположения географических координат объектов. Данные объекты не лимитированы поверхностью Земли, с помощью спутниковой навигации осуществляется определение положения в пространстве воздушных судов различного класса. В настоящее время только две спутниковых системы обеспечивают полное и бесперебойное покрытие земного шара —GPSи ГЛОНАСС.

Именно последняя категория спутников будет представлять интерес для нас в данном занятии, посвящённом основам GPS-навигации. И именно эти спутники позволяют нашим телефонам или навигаторам определять наше положение в пространстве и проецировать ее на электронную карту с приемлемой точностью.

В основе спутниковой навигации лежит бесхитростный принцип: Представьте себе что вы находитесь на огромной шахматной доске с завязанными глазами и вам нужно определить свои координаты. Вы знаете, что в двух углах шахматной доски располагаются некие звуковые источники, которые издают сигналы каждую секунду. На вашей руке есть часы, которые также вибрируют каждую секунду и синхронизированы с этими звуковыми сигналами. Но вы знаете, что звук распространяется с вполне определенной

скоростью и поэтому приходит к вам с небольшим отставанием. Соответственно по задержке сигнала вы можете рассчитать расстояние до первого источника и тогда точно будете знать, что находитесь на окружности определенного радиуса вокруг него. Дождавшись сигнала со второго источника вы можете рассчитать расстояние до него и тогда на пересечении двух окружностей и будет ваше место положение (Рис. 1.8.1.).

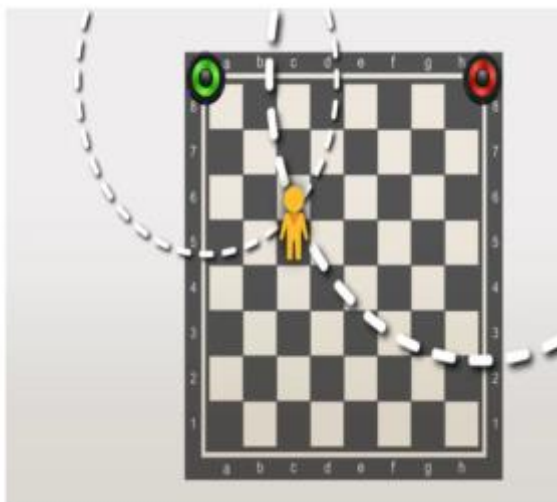


Рис. 1.8.1. Иллюстрация работы системы спутниковой навигации на примере шахматной доски

Примерно так работают спутниковые системы, разве что происходит данная засечка координат в трех измерениях, а вместо звуковых волн используются радиоволны (Рис. 1.8.2.)

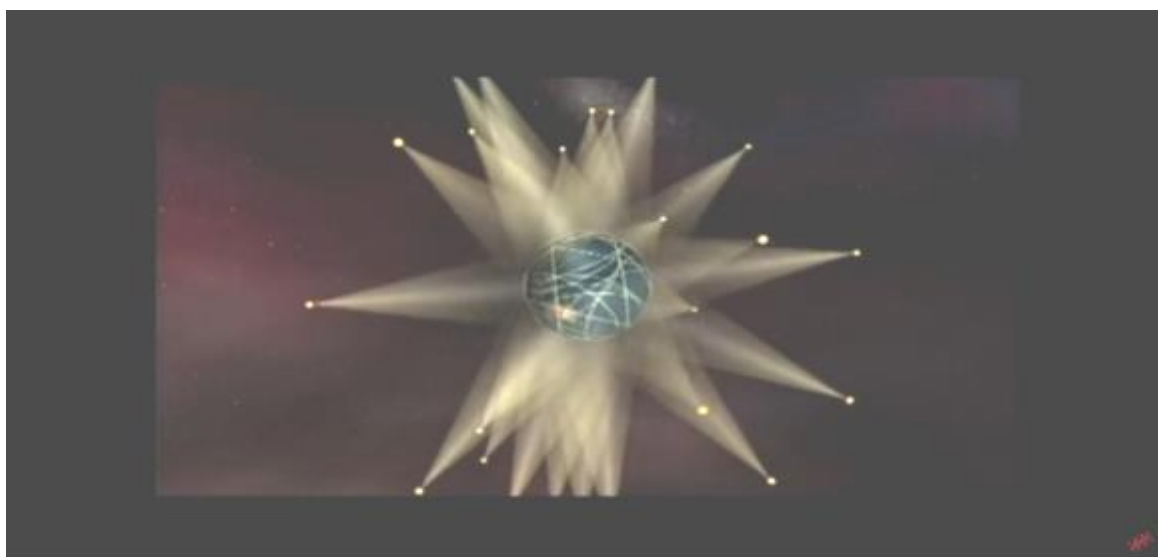


Рис. 1.8.2. Представление работы спутниковой навигации в трехмерном пространстве.

И так как эти волны движутся намного быстрее, для точнейшей синхронизации источников необходимо атомные часы. Спутник отправляет

сигналы, в которых закодировано время. Когда сигнал долетает до устройства, он сравнивает время отправки и время получения. Используя сравнительно несложную математику, устройство определяет, на каком расстоянии от спутника вы находитесь в данный момент. Координаты спутников в пространстве известны и нахождение координат происходит на пересечении сфер (Рис 1.8.3.).

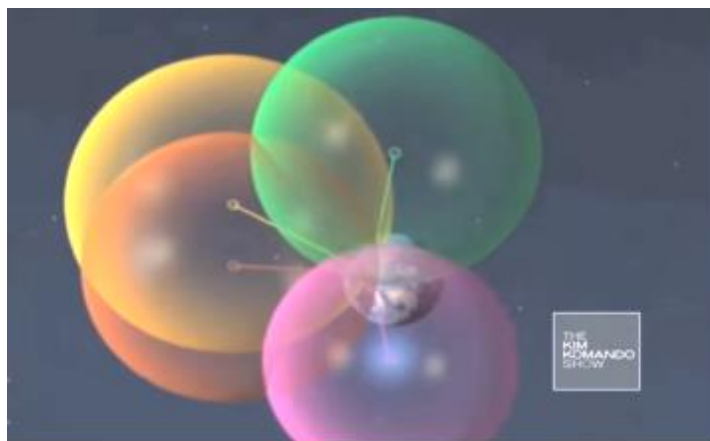


Рис. 1.8.3. Пересечение сфер сигналов.

Но описанный принцип работы, который чисто теоретический, на практике все гораздо сложнее. Например: существует влияние ионосферы и тропосферы, где скорость сигнала замедляется. Естественные и искусственные препятствия для прохождения радиоволн.

Сигнал имеет свойство отражаться от поверхности, что приводит к увеличению расстояния, которое он проходит до приемника и соответственно вызывает погрешность в результатах. А так же существуют помехи и наводки на сигнал.

В связи со всеми этими погрешностями приходится решать одновременно несколько задач и корректировать сигнал от спутников с помощью наземных станций, в том числе беспроводных технологий WI-FI и GSM. Сейчас во многих приемниках используют чип AGPS, который позволяет загружать в устройство актуальный альманах через сотовую сеть для ускорения и упрощения расчётов. Что повышает точность определения координат. Так же от специалистов, занимающихся определением координат объектов земной поверхности посредством применения GPS-приемников, требуется соблюдения правильно техники измерения.

К примеру, время работ нужно выбирать таким образом, что бы число активных спутников на видимом горизонте было максимальным и избегать

ситуаций когда сигнал доходящий до антенны встречает на своем пути естественные преграды.

Вспомним некоторые базовые понятия из географии.

Широта́ – угол φ между местным направлением зенита и плоскостью экватора, отсчитываемый от 0° до 90° в обе стороны от экватора. Географическую широту точек, лежащих в северном полушарии, (северную широту) принято считать положительной, широту точек в южном полушарии — отрицательной. О широтах, близких к полюсам, принято говорить как о высоких, а о близких к экватору — как о низких.

Долгота́ – двугранный угол λ между плоскостью меридиана, проходящего через данную точку, и плоскостью начального нулевого меридиана, от которого ведётся отсчёт долготы. Долготу от 0° до 180° к востоку от нулевого меридиана называют восточной, к западу – западной. Восточные долготы принято считать положительными, западные – отрицательными.

Выбор нулевого меридиана произволен и зависит только от соглашения. Сейчас за нулевой меридиан принят Гринвичский меридиан, проходящий через обсерваторию в Гринвиче, на юго-востоке Лондона. В качестве нулевого ранее выбирались меридианы обсерваторий Парижа, Кадиса, Пулково и т. д.

В пределах географической оболочки применяется обычно '**высота** над уровнем моря', отсчитываемая от уровня «сглаженной» поверхности – геоида. Такая система трёх координат оказывается **ортогональной**, что упрощает ряд вычислений. Высота над уровнем моря удобна ещё тем, что связана с атмосферным давлением.

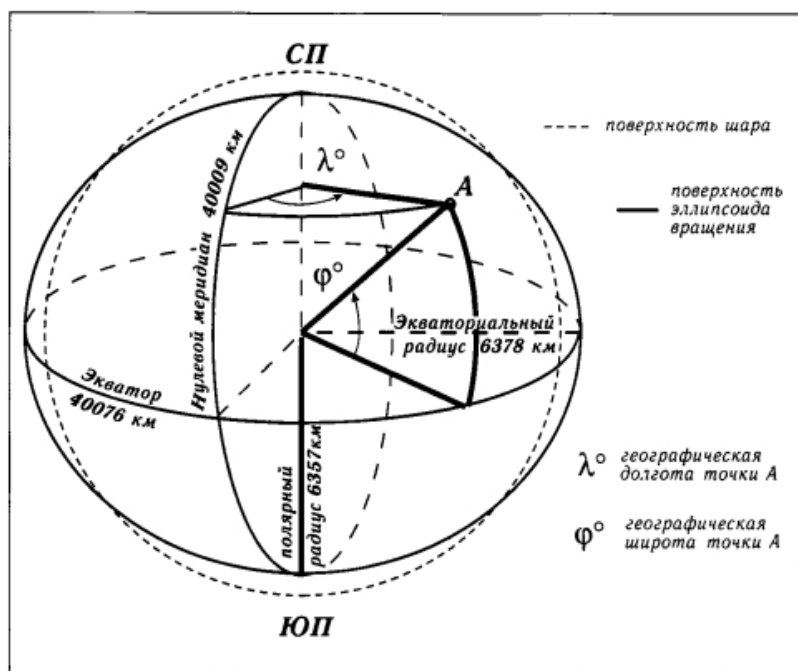


Рис. 1.8.4. Пересечение сфер сигналов.

Расстояние от земной поверхности (ввысь или вглубь) часто используется для описания места, однако не служит координатой. На практике специалистов редко интересуют цифровые данные географических координат. Значительно чаще для выполнения поставленных задач интересует расстояние и направление до тех или иных объектов и наше местоположение относительно них.

На данном занятии мы будем решать простую задачу по планированию маршрута в ГИС-вьюере, ориентированию в пространстве с использованием GPS-Глонасс навигатора и выполнении простых измерений координат площадного объекта на местности.

1. Планирование маршрута

Откройте в **GoogleEarth** территорию с окрестностями вашей школы и визуально найдите на снимке любой близко расположенный площадной объект. Подойдут спортивные площадки, стоянки и прочие схожие объекты. Используя команду **Добавить метку**  отметьте данные объекты на карте. Используя команду **Добавить путь**  нарисуйте маршрут от вашей точки базирования до объекта интереса (Рис. 1.8.5.).



Рис. 5. Планирование маршрута в GoogleEarth

Сохраните созданный маршрут в формате **.kmz**. Подготовительный этап планирования завершен.

2. Экспорт маршрута в память GPS-навигатора.

Откройте ПО **BaseCamp** используя команду из главного меню **Файл – Импортировать** откройте созданный ранее файл с маршрутом (Рис.1.8.5).

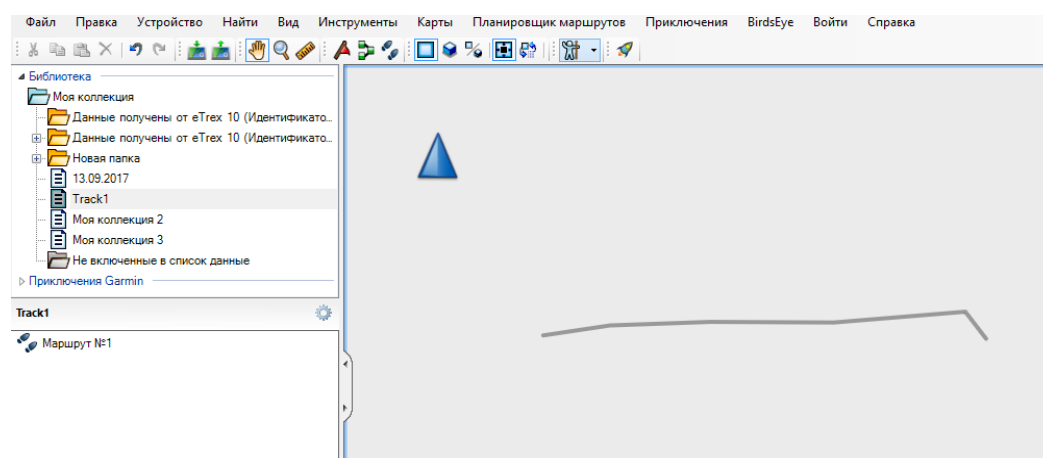


Рис. 1.8.5. Экспорт маршрута в ПО BaseCamp

Обратите внимание что двойным нажатием левой клавиши мыши на списке объектов вы можете вызвать окно, в котором располагаются его характеристики. Самостоятельно оцените длину запланированного вами трека.

Следующим шагом подключите к своему компьютеру GPS- навигатор, используя шнур **USB–miniUSB**(Рис. 1.8.6.).



Рис. 1.8.6. Подключение GPS-навигатора к рабочей машине

После того, как устройство будет определено в **BaseCamp**, выделите маршрут и в главном меню воспользуетесь командой **Устройство – Отправить на устройство**. Таким образом, построение будет экспортировано в память GPS-навигатора, в чем вы можете сами убедиться, посмотрев на список объектов в памяти прибора.

2. Подготовка GPS-навигатора к работе

Включите GPS-навигатор. Прежде чем начать работу с ним, нужно убедиться что функциональные режимы выставлены верно. Для начала убедитесь, что режим работы со спутниками выставлен как **GPS+ГЛОНАСС**(Рис. 1.8.7.). Это позволит увеличить скорость и точность работы прибора.

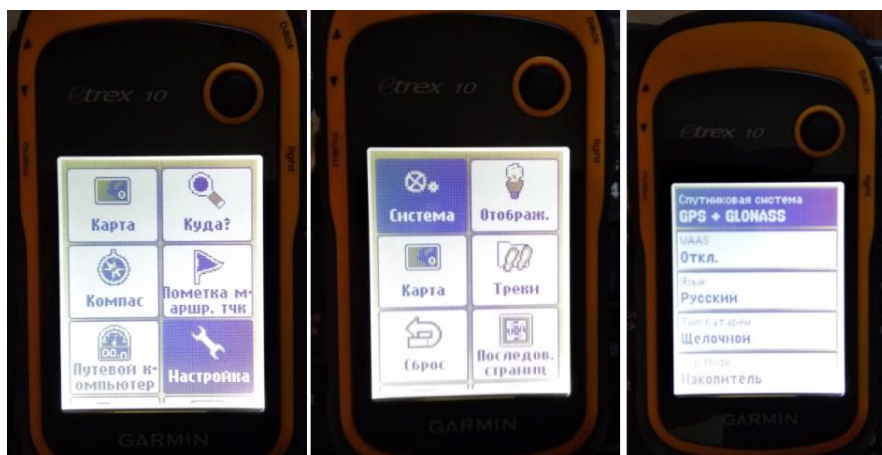


Рис. 1.8.7. Выбор спутниковой системы

Убедитесь, что расстояние, скорость, и высота записываются и отображаются в приборе в метрической системе (Рис. 1.8.8).

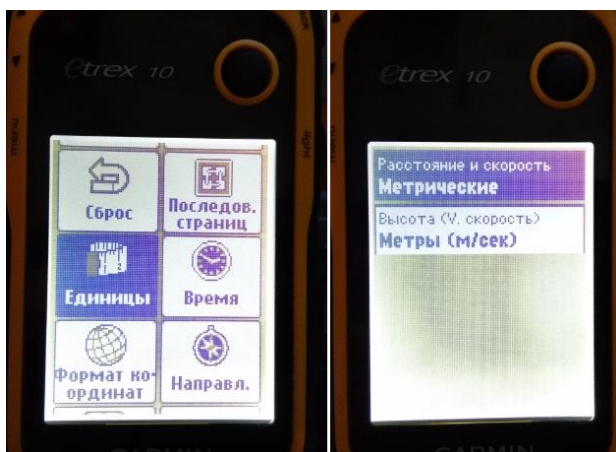


Рис. 1.8.8 Выбор метрической системы для измерения расстояний, высот и скоростей.

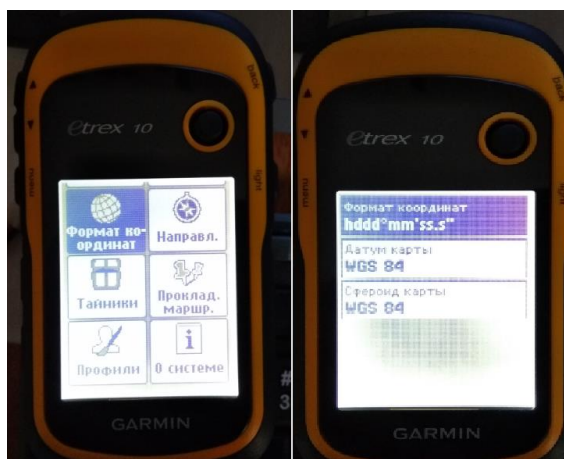


Рис. 1.8.9. Настройка формата координат.

Убедитесь, что координаты пишутся в формате градусы, минуты, секунды с десятичными долями. Эллипсоид WGS84 (Рис. 1.8.9.).

В качестве завершающей операции убедитесь, что записанный трек отображается в режиме просмотра карты в GPS-навигаторе (Рис. 1.8.10.).

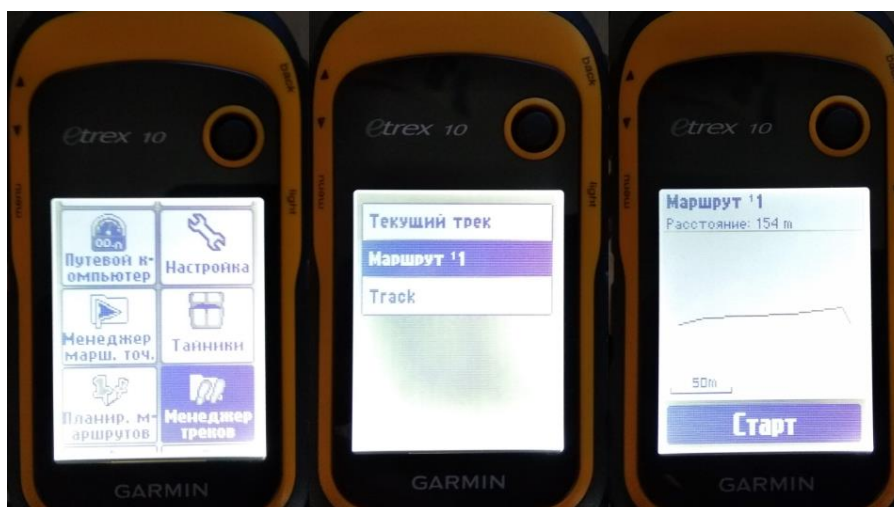


Рис. 1.8.10. Просмотр загруженного маршрута в режиме карты.

По выполнению данных операций можно приступать к работе.

3. Движение по маршруту и съемка координат точек в режиме «Усредненный»

Оказавшись на улице включите GPS-навигатор и перейдите в режим просмотра доступных спутников (Рис. 1.8.11.).

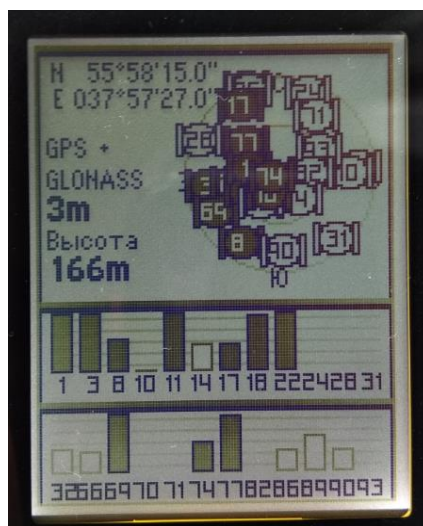


Рис. 1.8.11. Просмотр доступных на горизонте спутников и доступности их сигналов.

Обратите внимание, что в этом режиме можно ознакомиться с текущими координатами положения прибора и примерной ошибкой, с которой они получены.

Перейдите в режим карты и зафиксируйте положение электронной карте на экране, таким образом что бы загруженный ранее трек отображался удобно. Пройдите по нему, используя GPS-навигатор (Рис. 1.8.12.) до точки назначения.

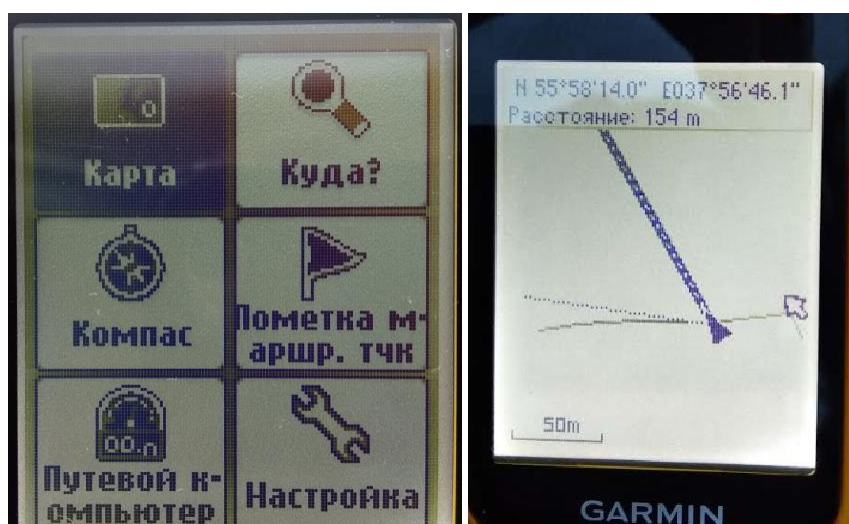


Рис. 1.8.12. Навигация по электронной карте на экране GPS-навигатора.

Оказавшись на объекте интереса, совершите его обмер посредством функции «Усредненная путевая точка» в ключевых точках по периметру (Рис. 1.8.13.).



Рис. 1.8.13.Получение усредненных координат точки интереса.

Измеренные точки отображаются на электронной карте (Рис. 1.8.14.).

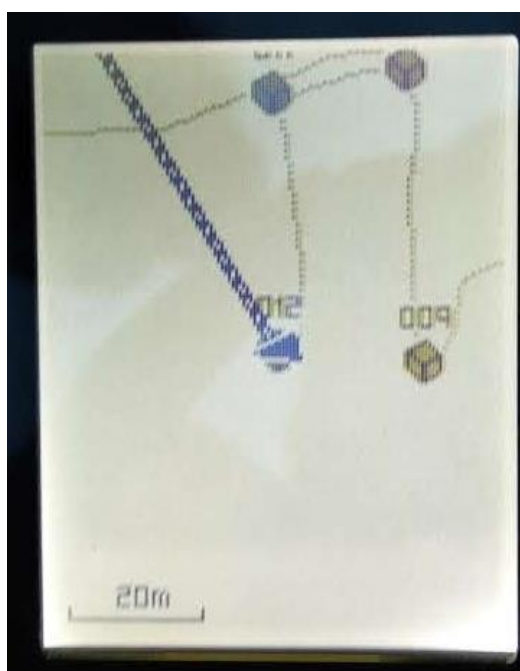


Рис. 1.8.14.Результаты измерения, представленные на электронной карте GPS-навигатора

4. Экспорт полученных данных и их представление на геопортале

Откройте ПО **BaseCamp** подключите к своему рабочему компьютеру GPS-навигатор уже известным вам способом. В окне библиотеке создайте новый список и перенесите в него измеренные в процессе полевого эксперимента точки (Рис. 1.8.15.).

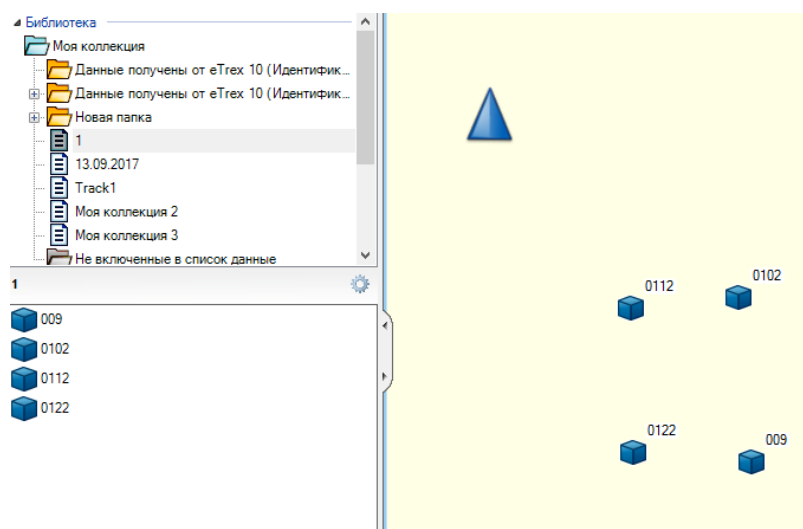


Рис. 1.8.15.Создание списка материалов полевых исследований в BaseCamp

Экспортируйте (**Файл-Экспорт**) список в качестве **.kml** файла в любое удобное мест она вашем компьютере и откройте его в **GoogleEarth** (Рис. 1.8.16.).

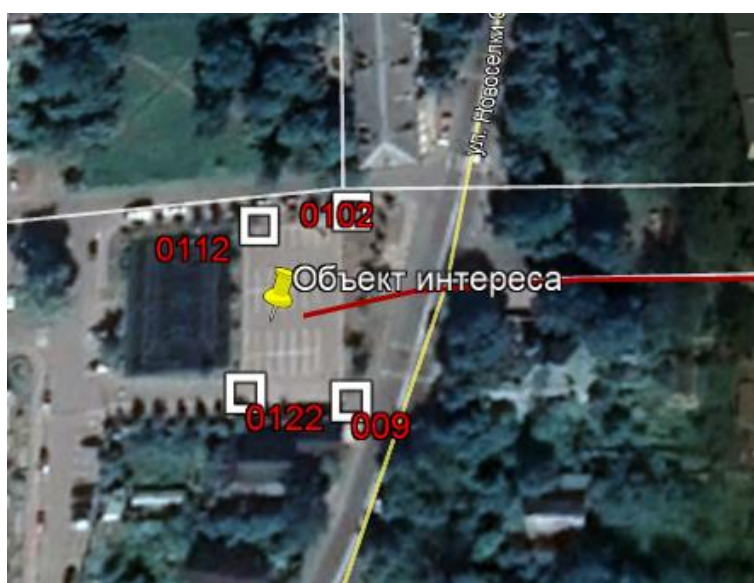


Рис. 1.8.16.Представление полученных результатов в GoogleEarth.

Занятие №9. Мониторинг и изучение орбитальных объектов на примере космического мусора

Многие десятилетия человечество не осознавало, что освоение космоса несёт в себе угрозы загрязнения околоземной среды. К настоящему моменту, на орбите находится несколько сотен тысяч антропогенных объектов, менее полутора тысяч из которых – активные спутники, а оставшееся количество – космический мусор (КМ). При этом лишь 5-10% от общего числа космических объектов (КО) наблюдаемы с Земли [1].

Специалистам, которые сталкиваются с необходимостью принимать решения, предоставлять данные о ситуации на околоземных орбитах, выполнять научные исследования, зачастую не хватает инструментов, которые помогли бы выполнить надлежащим образом данную работу. Кроме того, на сегодняшний день теоретическая и методологическая база геоинформационного моделирования околоземной среды остается слабо проработанной.

В настоящее время, космические державы, такие как: Россия, США, Китай, а также Европейский Союз стараются уделять мониторингу космического мусора пристальное внимание. Однако, несмотря на то, что к текущему моменту существует ряд геоинформационных продуктов, предназначенных для решения задач сбора, систематизации, хранения, анализа, преобразования, отображения и распространения пространственно-координированных данных об объектах и явлениях на земной поверхности, они не оптимизированы под анализ обстановки в космическом пространстве. При этом данное пространство заполнено антропогенными объектами и нуждается в соответствующем контроле, в том числе для решения управленческих задач. Кроме того возникает вопрос каталогизации и учета космических аппаратов (Рис 1.9.1).

Проблематика сбора, каталогизации, анализа, моделирования и визуализации состояния околоземного космического пространства (ОКП) с помощью современных аппаратных и программных средств является предметом активных научных изысканий отечественных и иностранных ученых. Начинает формироваться понятие географических информационных систем околоземного пространства [2-4].

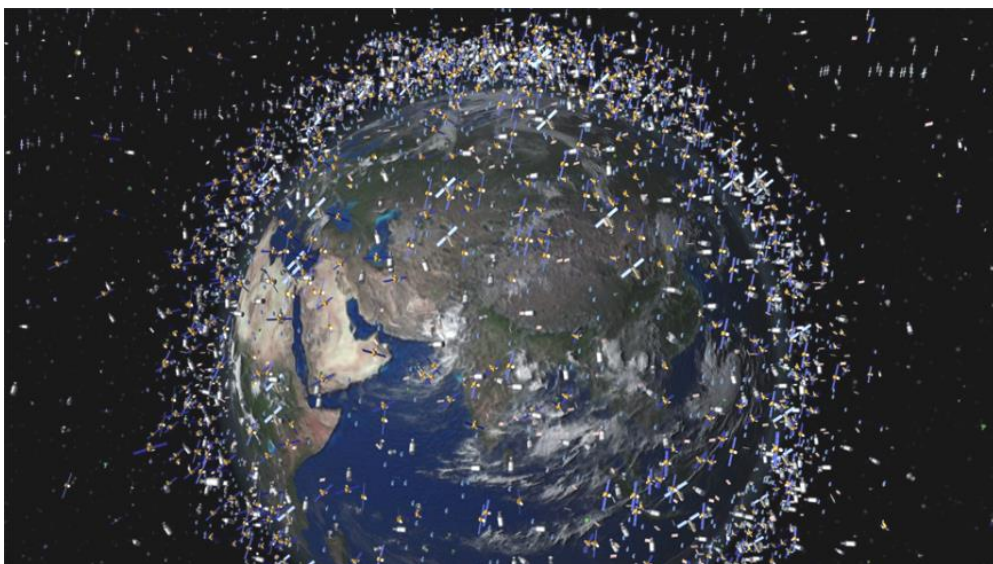


Рис 1.9.1. Визуализация загрузки космического пространства. Изображение предоставлено Европейским космическим агентством (ЕКА)

Освоение космического пространства, которое началось 60 лет назад, условно можно разделить на три периода [5-7]:

1) Первый период (1957 – 1975 гг.): Период политических амбиций. Именно на этом этапе человечество смогло побывать за пределами Земли и увидеть бескрайние просторы Вселенной. Результатом космической гонки, проводимой СССР и США, стал Первый искусственный спутник Земли, Первый пилотируемый космический полёт, Первый выход космонавта в открытый космос и Первая высадка на Луне. Однако эти достижения применялись скорее для усиления престижа стран-участниц гонки, а не для практического применения.

2) Второй период (1975 – 1995 гг.): Период практических задач. Человечество начинает осознанно изучать космическое пространство и использовать его для нужд человечества. Формируются группировки спутников глобальных навигационных систем GPS и ГЛОНАСС. Начинаются систематические исследования земной поверхности, а также её атмосферы методами дистанционного зондирования. Количество космических объектов искусственного происхождения, находящихся на орбите, достигает нескольких тысяч. Однако вопросам экологии Космоса не уделяется должное внимание.

3) Третий период (1995 г. – настоящее время): Период неопределённости. Отсутствие чёткой государственной политики и проработанного плана по исследованию космического пространства у большинства космических держав приводит к еще большему техногенному

загрязнению ОКП. Из-за бесконтрольного роста и отсутствия всеобъемлющего систематического мониторинга, количество каталогизированных космических объектов на 2018 г. превышает 17000 [8]. Важно отметить, что продолжительность их нахождения на орбите напрямую зависит от степени удалённости от Земли (таблица 1). При этом количество ненаблюдаемых с Земли объектов (< 10 см) по некоторым оценкам превышает 200000 [9].

На орбите все чаще происходят столкновения космических аппаратов (КА) с объектами космического мусора, что в свою очередь приводит к еще большему загрязнению ОКП. Первым крупным подобным инцидентом стало столкновение отечественного спутника связи «Космос-2251» (на тот момент уже неактивного) и КА «Иридиум-33», использовавшегося для обеспечения спутниковой связи в 2009 году [10, 11].

Таблица 1.9.1 Время существования (в сутках) спутника массой 100 кг и диаметром 1 метр [12]

Высота перигея (км)	Высота апогея (км)				
	500	700	1000	1300	1600
200	9	18	37	58	82
230	25	52	102	165	237
260	53	116	238	370	535
300	114	260	545	890	1280
400	410	1120	2630	4450	6600

Загрязнение околоземного космического пространства мешает его освоению и ставит под угрозу саму возможность его эксплуатации. Дальнейшая работа в ОКП практически невыполнима без полного и объективного анализа текущего состояния и источников его загрязнения.

Особенно остро этот вопрос стоит для низких орбит с высотами до 2000 км и геостационарных, где техногенное загрязнение максимально и существует реальная опасность взаимных столкновений спутников [13].

На текущий момент нет чёткого представления о том, как следует бороться с космическим мусором. Количество спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), навигации и связи продолжает увеличиваться, поскольку человечество уже не может осуществлять свою деятельность без средств космического базирования. Однако растёт и объём КМ: по

современным оценкам его масса ежегодно увеличивается на 27 тонн [14]. Ступени ракет-носителей, неактивные спутники, а также остатки космических аппаратов после различных аварий (столкновений и взрывов) – все это несёт в себе потенциальную угрозу дальнейшему освоению ближнего и дальнего космоса.

Космический мусор принципиально изменяет околоземную среду, приводит к нарушению её первозданной чистоты. Астрономы уже заметили, что при выполнении астрономических наблюдений, особенно с длительными экспозициями, мелкие фракции космического мусора снижают прозрачность космического пространства. Баланс свето- и теплообмена нашей планеты с внешней средой также меняется, в силу неуклонного роста засорённости околоземного пространства [15].

Падение на Землю КО и фрагментов космического мусора (ФКМ) после их вхождения в плотные слои атмосферы является наиболее популяризованным последствием засорения ближнего космоса. Такие события случались неоднократно и вызывали мощный международный резонанс [13, 15]:

- падение на Землю обломков советского космического аппарата «Космос-954» с радиоактивными материалами на борту в 1978 г.;
- сход с орбиты и падение на Землю американской космической лаборатории «Скайлэб» в 1979 г.;
- падение советского КА «Космос-1402» (с бортовым ядерным реактором) в 1983 г.;
- крушение советского орбитального комплекса (ОК) «Салют-7» – «Космос-1686» в 1991 г.;
- падение российского транспортного корабля «Прогресс М-17» в 1994 г.;
- сход с орбиты и падение на Землю КА «Космос-398» в 1995 г.;
- падение российской межпланетной станции «Марс-96» в 1996 г.;
- затопление советской орбитальной станции «Мир» (Рис. 1.9.2) в марте 2001 г.;
- сход с орбиты и падение на Землю советского неактивного спутника связи «Молния-1-44» в октябре 2017 г.;
- сход с орбиты и падение на Землю китайской орбитальной станции «Тяньгун-1» в апреле 2018 г.



Рис 1.9.2. Космическая станция «Мир»

Чаще всего поверхности Земли достигают топливные баки ракет-носителей, из титана или из нержавеющей стали. Ввиду их значительной массы и большого объема они представляют серьезную опасность (Рис 1.9.3). Если же в них сохранились остатки топлива, то при падении они могут взорваться.

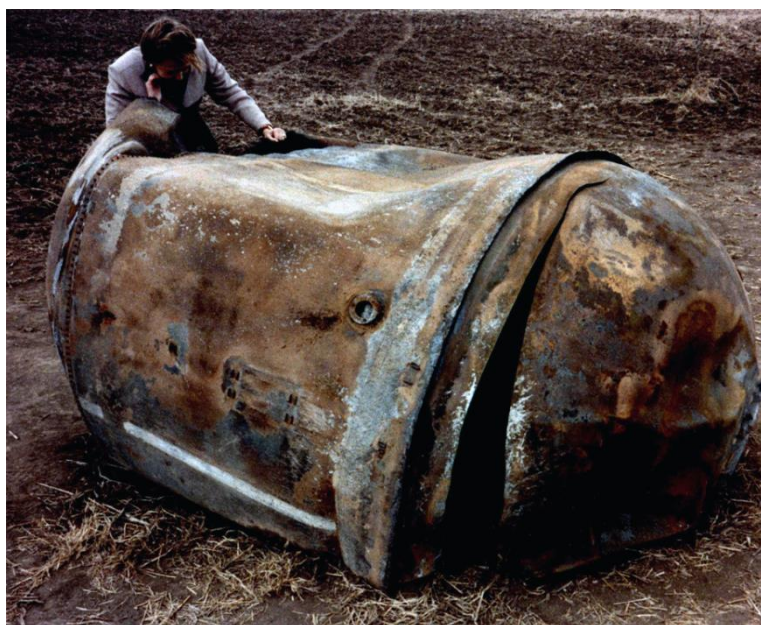


Рис. 1.9.3. Главный топливный бак второй ступени ракеты-носителя «Дельта-2» после падения близ Джорджтауна, штат Техас (США) 22.01.1997 г. 250-ти килограммовый бак, выполненный из нержавеющей стали, пережил вхождение в плотные слои атмосферы и столкновение с земной поверхностью. Изображение предоставлено НАСА [8]

В результате столкновения КА с элементом КМ может произойти полное или частичное его разрушение [16, 17]. Удар может вывести КА из

строя, нарушив функционирование даже отдельного компонента, а также нанести повреждения поверхности аппарата, что сделает невозможным поддержание его стабильного теплового режима и дальнейшего использования по назначению. Отдельные части КА могут отличаться различной степенью уязвимости от ударов КМ. Например, небольшая болванка, даже на небольшой относительной скорости, ударившаяся в солнечную батарею, разрушит только её, но не весь КА, хотя и может нарушить его стабилизацию (Рис 1.9.4).

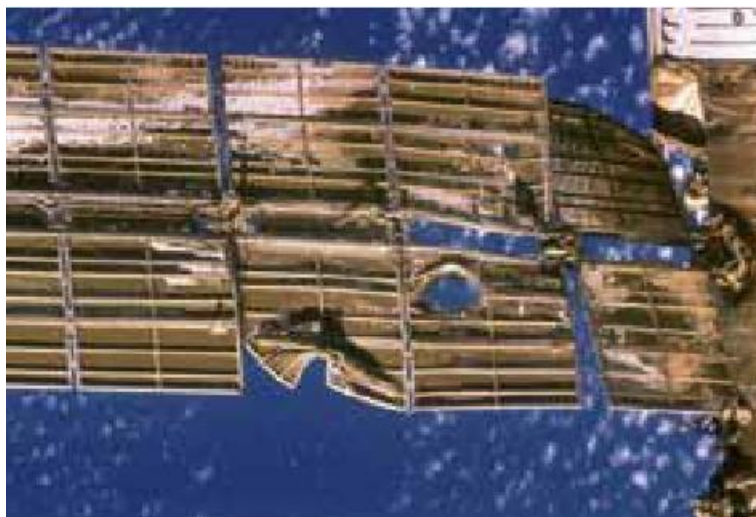


Рис. 1.9.4. Поврежденная солнечная панель на станции «Мир», 1997 г. [15]

Разрушение КА опасно не только его потерей, но и образованием иногда очень большого количества обломков, как крупных, так и мелких. Особенно опасно разрушение аппарата, несущего на борту радиоактивные материалы [18].

Рост числа спутников может еще больше усугубить настоящую проблему. В ближайшие 10 лет государственные и частные космические агентства предполагают запустить на наиболее загруженную низкоорбитальную область от 2000 до 10000 космических аппаратов. При этом это будут не классические крупногабаритные спутники, а аппараты класса CubeSat, или пикоспутники. Они лишены маневровых двигателей, а значит, их параметры орбиты невозможно изменить в случае чрезвычайной ситуации [19].

Практика показывает, что проблема контроля засоренности космического пространства является комплексной. Ее решение требует привлечения различных средств, методов и технологий. Свое место в их ряду могут найти как методы математического моделирования траекторий движения КО, в том числе астероидов и метеороидов, на основе законов

небесной механики и космической баллистики, так и методы геоинформационного моделирования состояния космического пространства, успешно используемые в настоящее время при исследовании физических полей Земли [20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

К лабораторной работе №1

1. Информационный ресурс <https://militarymaps.info/> режим свободного доступа.
2. Информационный ресурс <https://gptl.ru/> режим свободного доступа.
3. Информационный ресурс <https://rg.ru/2015/07/16/roskosmos-dok.html> режим свободного доступа.
4. Информационный ресурс <http://geo.govrb.ru/2014/> режим свободного доступа.
5. Информационный ресурс atlas.mos.ru – режим свободного доступа.
6. Информационный ресурс <https://dic.academic.ru/dic.nsf/moscow/1916/Московская> – режим свободного доступа.
7. Чумаченко С.И., Князева М.Д., Митрофанов Е.М., Шайтура С.В. Космический мониторинг. Учебное пособие / Бургас, 2017.

К лабораторной работе №2

1. Информационный ресурс <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1193359> режим свободного доступа.
2. Информационный ресурс http://www.aerodesign.de/modelle/HS/HS77V3_Vampire.pdf режим свободного доступа.
3. Информационный ресурс <http://ptero.ru/equipment/surveyequip.html> режим свободного доступа.
4. Информационный ресурс <http://gsketchup.ru/uroki/> режим свободного доступа.

К лабораторной работе №3

1. Информационный ресурс http://3dtoday.ru/3d-models/games/toys/maket_bpla_gia_1/
2. Информационный ресурс <http://www.intuit.ru/studies/courses/916/117/lecture/3412>

К лабораторной работе №4

1. Чумаченко С.И., Князева М.Д., Митрофанов Е.М., Шайтура С.В. Космический мониторинг. Учебное пособие / Бургас, 2017.
2. Информационный ресурс <http://www.intuit.ru/studies/courses/117/117/lecture/3412>

К лабораторной работе №5

1. Информационный ресурс <https://klona.ua/blog/3d-modelirovanie/teksturovanie-modeliruyte-pravilno>
2. Информационный ресурс http://cg-evolution.ru/tiling_texture_gimp/
3. Информационный ресурс <https://www.web.archive.org/web/20121005075118/http://cgtextures.com/content.php?action=tutorial&name=shootingtextures>

К лабораторной работе №6

1. Информационный ресурс <http://docplayer.ru/31876255-Marshrutizaciya-poleta-legkogo-bespilotnogo-letatel'nogo-apparata-v-pole-postoyannogo-vetra-na-osnove-resheniya-raznovidnostey-zadachi-kommivoyazhera.html>
2. Информационный ресурс <https://products.office.com/ru-RU/Excel>
3. Информационный ресурс <http://ardupilot.org/planner/>
4. Информационный ресурс <https://www.dronedeploy.com/>
5. Информационный ресурс <http://qgroundcontrol.com/>
6. Информационный ресурс <https://www.flylitchi.com/>
7. Информационный ресурс <http://geodezist.spb.ru/геодезическая-привязка-аэрофотосним/>
8. Информационный ресурс <https://science.d3.ru/statia-posviashchena-gps-v-nei-na-paltsakh-obiasniaetsia-printsip-raboty-etoj-tehnologii-423228/?sorting=rating>

К лабораторной работе №7

1. Информационный ресурс <https://sovzond.ru/press-center/news/market/2000/>
2. Информационный ресурс <http://present5.com/informaciya-ob-obektax-zemnoj-poverxnosti-s-aerokosmicheskix-snimkov/>
3. Информационный ресурс <https://en.ppt-online.org/174042>
4. Информационный ресурс <http://dis.krasnodar.ru/management/news/605/>
5. Информационный ресурс <https://earthexplorer.usgs.gov/>
6. Информационный ресурс <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

К лабораторной работе №8

1. Гура Д. А., Шевченко Г. Г., Гура Т. А., Бурдинов Д. Т. Основы спутниковой навигации // Молодой ученый. – 2016. – №28. – С. 64-70. – URL <https://moluch.ru/archive/132/37084/> (дата обращения: 20.08.2018).
2. Информационный ресурс <https://www.glonass-iac.ru/guide/navfaq.php>
3. Информационный ресурс <https://www.risk.ru/blog/206669>

К лабораторной работе №9

1. Груздев С.С., Журкин И.Г., Орлов П.Ю., Панкин А.В. Анализ состояния и перспектив по созданию электронного каталога объектов околоземного космического пространства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 6. С. 51–59.
2. Груздев С.С., Орлов П.Ю. Разработка программного средства с использованием графического процессора для обеспечения взаимодействия с четырёхмерной ГИС околоземного космического пространства // Экология, экономика, информатика. Геоинформационные технологии и космический мониторинг, том 3, сборник статей, Ростов на Дону: ЮФУ, 2015. – С. 128–143.
3. Орлов П.Ю., Панкин А.В. ГИС околоземного космического пространства: дальнейшие исследования и смена парадигмы // Экология, экономика, информатика. Геоинформационные технологии и космический мониторинг, том 3, сборник статей, Ростов на Дону: ЮФУ, 2015. – С. 180–189.
4. Орлов П.Ю., Журкин И.Г. Использование графической библиотеки Cesium для создания web-ориентированных геоинформационных систем на примере ГИС околоземного

- космического пространства // Научная визуализация. 2018. Т. 10. № 3. С. 58–71. DOI: 10.26583/sv.10.3.04
5. Орлов П.Ю., Панкин А.В. Космический мусор — как угроза для освоения околоземного космического пространства // Славянский форум. 2015. № 4 (10). С. 266–274.
 6. Савиных В.П., Васильев В.П., Капранов Ю.С., Краснорылов И.И., Куфаль Г.Э., Перминов С.В., Шевченко В.В. О космическом будущем цивилизации // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № 2. С. 3–9.
 7. Савиных В.П. Информационное обеспечение космических исследований // Перспективы науки и образования. 2014. № 2 (8). С. 9–14.
 8. NASAOrbitalDebrisProgramOffice[Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/index.html>(дата обращения: 21.08.18).
 9. Коммерческий Центр Управления Полётами (ComSpOC) [Электронный ресурс]: офиц. сайт. — Режим доступа: <http://www.agi.com/comspoc> (дата обращения: 21.08.18).
 10. Kelso, T.S. Analysis of the Iridium 33-Cosmos 2251 collision // Advances in the Astronautical Sciences. 2009. Vol. 135. Suppl. 2. AAS 09-368. P. 1099–1112.
 11. Wang, T. Analysis of Debris From Collision of the Cosmos 2251 and the Iridium 33 Satellites // Science & Global Security. 2010. Vol. 18. Issue 2. P. 87–118.
 12. Транковский С.Д. Сколько живет спутник? // «Наука и жизнь» 1981, №10, с. 112–113.
 13. Новиков Л.С. Основы экологии околоземного космического пространства. Учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2006. – 84 с.
 14. Бармин И.В., Савиных В.П., Данхэм Д.У., Цветков В.Я., Кулагин В.П. Кольца мусора в околоземном пространстве // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2013. № 5 (21). С. 4–10.
 15. Вениаминов С.С., Червонов А.М. Космический мусор – угроза человечеству. М.: Изд-во Инст. космич. исследований РАН, 2012, 192 с.
 16. Новиков Л.С. Воздействие твердых частиц естественного и искусственного происхождения на космические аппараты. Учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2009. – 104 с.: табл., ил.
 17. Олейников И.И., Астраханцев М.В. Способ построения расширенного каталога космических объектов размерами более 1 см на основе базы данных АСПОС ОКП // Решетневские чтения. 2013. Т. 1. № 17. С. 37–39.
 18. Баранов А. А., Гришко Д. А., Чернов Н. В. Облёт низкоорбитальных объектов крупногабаритного космического мусора с их последовательным уводом на орбиту захоронения // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. № 4. С. 48–64.
 19. Wang, T. A Liability and Insurance Regime for Space Debris Mitigation // Science & Global Security. 2016. Vol. 24. Issue 1. P. 22–36.
 20. Боярчук М.А., Журкин И.Г., Непоклонов В.Б. Анализ методов визуализации геофизических полей в геоинформационных системах // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2017. № 1. С. 108–113.

Учебное пособие

Митрофанов Евгений Михайлович
Мухин Александр Сергеевич,
Князева Марина Данииловна

АЭРОКОСМОС
В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ.
ГЕОПОРТАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ