

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»
Высшая школа информационных технологий и автоматизированных систем

(наименование высшей школы)

Якшин Владислав Вячеславович
(ФИО обучающегося)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

09.03.03 Прикладная информатика
(код и наименование направления подготовки)

Разработка Web и мультимедийных приложений
(наименование направленности образовательной программы (профиля))

Создание трехмерных моделей для книг и их отображение в режиме
дополненной реальности
(тема ВКР)

Утверждена приказом от «7» декабря 2022 г. № 3023-А

Руководитель ВКР

Казнин А.А., доцент кафедры
ИСИИБ, к.т.н.

Нормоконтроль

Казнин А.А., доцент кафедры
ИСИИБ, к.т.н.

Руководитель ОПОП

Кочкин С.А., доцент кафедры
ВиПМ, к.ф.-м.н.

(дата)

(подпись)

(ФИО, должность / степень / звание)

Постановление ГЭК от « » _____ 2023 г.

Признать, что обучающийся _____

В.В. Якшин

(инициалы, фамилия)

Выполнил и защитил ВКР с отметкой _____

(отметка прописью)

Председатель ГЭК

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Секретарь ГЭК

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Архангельск 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Высшая школа информационных технологий и автоматизированных систем
(наименование высшей школы)

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

09.03.03 Прикладная информатика
(код и наименование направления подготовки)

Тема ВКР: Создание трехмерных моделей для книг и их отображение в режиме
дополненной реальности

Утверждена протоколом заседания кафедры от «7» декабря 2022г. № 3023-А

Обучающемуся:

Якшину Владиславу Вячеславовичу
(Ф.И.О.)

Курс: 4

Группа: 351915

Срок сдачи выпускником законченной работы: « » июня 2023 г.

Исходные данные к работе: Текст книги «Государевы шахматы»

Основные разделы работы с указанием вопросов, подлежащих рассмотрению: _____

1. Анализ 3D моделирования и дополненной реальности. Определение моделирования. Области применения 3D-моделей. Определение этапов создания 3D-моделей. Определение дополненной реальности. Составление списка необходимых моделей и требований к ним

2. Выбор инструментов для создания трехмерных моделей и их размещения в дополненной реальности

3. Разработка моделей. Моделирование. Наложение текстур. Анимация

4. Размещение моделей в дополненную реальность. Тестирование

База проведения исследований: Digital-агенство F5

Перечень обязательных приложений к работе: _____

Перечень графического материала: _____

Консультанты по работе

по разделу	_____	_____	_____
по разделу	_____	_____	_____
по разделу	_____	_____	_____
	(дата)	(подпись)	(ФИО, должность)

Дата выдачи задания «15» сентября 2022 г.

Руководитель ВКР	_____	А.А. Казнин
	(подпись)	(инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению «15» сентября 2022 г

Обучающийся	_____	В.В. Якшин
	(подпись)	(инициалы, фамилия)

РЕФЕРАТ

Якшин Владислав Вячеславович. Тема выпускной квалификационной работы – «Создание трехмерных моделей для книг и их отображение в режиме дополненной реальности».

Руководитель выпускной квалификационной работы – Казнин Алексей Анатольевич, доцент кафедры информационных систем и информационной безопасности высшей школы информационных технологий и автоматизированных систем, кандидат технических наук.

Выпускная квалификационная работа. Количество страниц пояснительной записки – 73 страницы, 78 рисунков, 21 источник.

Ключевые слова: 3D-модели, дополненная реальность, полигон, материал, текстура, анимация.

Целью выпускной квалификационной работы является визуализация сцен, объектов и мест, описанных в серии книг «Ключ от Лабиринта» путем внедрения новых технологии дополненной реальности.

ВКР состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников.

В первой главе изучены определения 3D-моделирования и дополненной реальность, области их применения, этапы создания 3D-моделей, а также были определены конечные модели для разработки и требований к ним.

Во второй главе описан выбор средства для создания 3D-моделей и их размещения в дополненной реальности.

В третьей главе описана разработка 3D-моделей, наложение текстур и анимация.

В четвертой главе описано размещение 3D-моделей в дополненной реальность и их тестирование

« » июня 2023 г.

(подпись)

В.В. Якшин
(инициалы, фамилия)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
1 Анализ 3D моделирования, дополненной реальности в книгах и определение 3D-моделей для проекта.....	8
1.1 Описание проекта «Российский культурный код: в поисках Смыслов»	8
1.2 3D моделирование.....	8
1.2.1 Понятие моделирования.....	8
1.2.2 Применение 3D-моделей.....	9
1.2.3 Этапы создания 3D-модели	10
1.3 Дополненная реальность.....	11
1.4 Определение 3D-моделей для проекта	13
2 Выбор инструментов разработки.....	14
2.1 Программы для 3D моделирования	14
2.2 Сервисы дополненной реальности.....	16
3 Создание 3d-моделей	18
3.1 «Прибытие Петра I к Соловецкой крепости»	18
3.1.1 Моделирование	18
3.1.2 Наложение материалов	30
3.1.3 Анимация.....	35
3.2 3D карта дельты реки Северная Двина	37
3.2.1 Моделирование	37
3.2.2 Наложение материалов и текстур	44
3.3 Поморский коч	49
3.3.1 Моделирование	49
3.3.2 Наложение материалов и текстур	52
3.4 Гостиные дворы	54
3.4.1 Моделирование	54
3.4.2 Наложение материалов	59
4 Применение технологии дополненной реальности.....	62
4.1 Размещение в дополненной реальности.	62
4.2 Тестирование.....	66
Заключение.....	69
Список использованных источников.....	70

ВВЕДЕНИЕ

В современном информационном обществе, где технологии играют все более важную роль, дополненная реальность становится все более распространенной и востребованной. Она предоставляет возможность комбинировать виртуальный и реальный миры, открывая новые горизонты для различных областей применения. Одной из таких областей является литература, и, в частности, создание трехмерных моделей для книг и их отображение в дополненной реальности.

Целью данной выпускной квалификационной работы является визуализация сцен, объектов и мест, описанных в серии книг «Ключ от Лабиринта» путем внедрения новых технологии дополненной реальности. Главная задача состоит в создании трехмерных моделей, которые будут отображать и визуализировать исторические события, места или персонажей, описанных в книгах.

Одним из ключевых аспектов работы будет использование современных технологий и инструментов для создания трехмерных моделей. Будут изучены различные программные пакеты и инструменты, которые помогут в разработке высококачественных трехмерных моделей.

Однако, создание трехмерных моделей само по себе недостаточно. Важным аспектом работы будет также анализ методов и платформ для отображения этих моделей в дополненной реальности. Будут рассмотрены различные сервисы и приложения дополненной реальности, которые позволят читателям взаимодействовать с трехмерными моделями и управлять ими.

Создание трехмерных моделей для книг и их отображение в дополненной реальности имеет потенциал преобразить способ чтения и восприятия литературы. Читатели смогут погрузиться в виртуальные миры исторических событий, видеть их визуализацию и интерактивно взаимодействовать с персонажами и окружающей средой. Это позволит более глубоко понять исторические контексты и события, а также создаст уникальный и захватывающий опыт чтения.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- изучить проект «Российский культурный код: в поисках Смыслов»
- определить 3D-модели для разработки;
- изучить и определить инструментарий, сервисы и приложения для создания 3D-моделей и их отображения в дополненной реальности в книгах;
- разработать 3D-модели и анимировать их;

- разместить и отобразить 3D-модели в сервисах дополненной реальности, а также провести тестирование 3D-моделей на их корректное отображение в дополненной реальности при работе с книгой;

В результате достижения цели и выполнения задач будут разработаны 3D-модели для серии книг «Ключ от лабиринта», доступные для просмотра в дополненной реальности.

1 АНАЛИЗ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ, ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В КНИГАХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТА

1.1 Описание проекта «Российский культурный код: в поисках Смыслов»

«Российский культурный код: в поисках Смыслов» — это проект добровольного культурно-просветительского общества «НОРД» при поддержке Президентского фонда культурных инициатив. Данный проект включает в себя серию из 5 книг «Ключ от Лабиринта» за авторством Петра Овсянкина и Марии Ананченко, аудиокнигу, квест в Архангельском краеведческом музее и спектакль по мотивам одной из книг серии [1].

В серию «Ключ от Лабиринта» входят книги «Государево слово», «Государевы шахматы», «Государевы амуры», «Государев дар» в двух томах и «Государево око». Каждая из книг посвящена различным историческим личностям, таким как Дмитрий Ростовский, Петр I, Михаил Ломоносов и др.

1.2 3D моделирование

1.2.1 Понятие моделирования

Задача 3D-моделирования заключается в создании визуального объемного представления желаемого объекта с использованием различных техник и методов. Оно позволяет воплотить визуальные концепции в реальность и создать модели, которые могут быть реалистичными и детализированными или абстрактными и уникальными. 3D-модели могут быть основаны на реальных объектах из нашего мира, таких как автомобили или здания, или быть полностью вымышленными и абстрактными, например, проекциями четырехмерных фракталов [2].

Существует несколько подходов к 3D-моделированию, каждый из которых имеет свои особенности и применение в различных сферах. Полигональное моделирование является одним из самых распространенных методов, где объекты представляются в виде полигональных сеток, состоящих из треугольников, четырехугольников и других многоугольников. Это обеспечивает удобство рендеринга и использование в различных областях [3]

Сплайновое моделирование основано на использовании кривых линий, известных как сплайны, для создания плавных и гибких форм объектов. Этот метод позволяет легко изменять форму объекта, используя различные типы сплайнов, такие как окружности, прямоугольники и дуги. В результате получаются модели с плавными и естественными формами.

3D скульптинг, или "цифровая скульптура", позволяет имитировать процесс лепки 3D моделей, подобно лепке фигур из пластилина или глины. Этот метод использует специальные инструменты, чтобы деформировать полигональную сетку модели и придавать ей желаемую форму. 3D скульптинг позволяет создавать детализированные модели с высокой степенью реалистичности.

Промышленное моделирование использует специализированные системы автоматизированного проектирования (САПР) или CAD (Computer-Aided Design) для создания точных моделей реальных объектов с учетом их геометрических и физических свойств. Этот метод находит широкое применение в инженерном деле, где требуется создание точных копий объектов с учетом деталей и малейших зазоров [4].

Моделирование метасферами предлагает возможность создания моделей сглаженной формы, используя 3D объекты сглаженных замкнутых форм, известных как метасферы. При соприкосновении этих объектов их поверхности автоматически сливаются, создавая плавные переходы между ними. Этот метод удобен для создания органических форм и деталей, таких как капли воды или неровности поверхностей.

Каждый из этих подходов к 3D-моделированию имеет свои преимущества и применение в различных областях, и выбор определенного метода зависит от целей проекта и требуемых результатов. Важно учитывать характеристики объекта, его целевое назначение и ожидания пользователей для достижения наилучших результатов моделирования.

1.2.2 Применение 3D-моделей

3D-моделирование является важным инструментом в различных производственных областях. Оно позволяет создавать трехмерные изображения предметов, начиная от простых моделей до сложных макетов. Проектировщики используют компьютерные программы, которые помогают визуализировать будущие изделия, интерьеры или объекты [5].

В индустрии развлечений трехмерная графика имеет широкое применение. Кинематография, анимация и компьютерные игры не обходятся без 3D-эффектов. Они создают виртуальные миры, персонажей и специальные эффекты, которые стали неотъемлемой частью современного кино и игровой индустрии [6].

В медицине трехмерное моделирование находит применение в различных областях. С помощью сканирования внутренних органов в формате 3D стало возможным раннее выявление патологий и своевременное реагирование. Благодаря 3D-принтерам можно

создавать имплантаты и протезы, а также моделировать движения будущих протезов рук и ног [7].

Трёхмерное моделирование также используется в навигации объектов. Разработчики навигационных карт применяют 3D-моделирование для более удобного отображения объектов. Это помогает пользователям наглядно представить местоположение и ориентироваться в окружающей среде. Такие модели могут включать здания, мосты, путепроводы и другие городские достопримечательности, а также предлагать виртуальные экскурсии внутри помещений, музеев или торговых центров [8].

В архитектуре и дизайне трёхмерное моделирование играет важную роль. Дизайнеры и архитекторы используют его для визуализации будущих объектов строительства или интерьеров. Это позволяет заказчикам получить представление о внешнем виде и оформлении заранее, исключая возможные несоответствия и повышая эффективность проекта [9].

3D-моделирование находит применение в различных отраслях промышленности. Оно широко используется в атомной, космической и машиностроительной промышленности. Промышленные предприятия применяют трёхмерное моделирование для создания деталей, посуды, фаянса, игрушек и других предметов. Оно позволяет создавать подробные модели с высокой степенью детализации, что упрощает процесс производства и позволяет вносить корректировки на ранних стадиях [10].

Также трёхмерное моделирование находит применение в образовании и науке. В образовательных целях оно помогает студентам лучше понимать сложные концепции и предметы. Они могут изучать исторические периоды, животный и растительный мир, проводить практические занятия с помощью виртуальных 3D-моделей [11].

3D-моделирование в книжных произведениях применяется довольно редко. Однако её применение совместно с технологией дополненной реальности может позволить читателю просматривать 3D-модели сцен, объектов или персонажей на страницах книги с своего смартфона, что позволит расширить читательский опыт благодаря интерактивному взаимодействию с книгой.

1.2.3 Этапы создания 3D-модели

Процесс создания трёхмерной модели включает три этапа: моделирование, визуализацию и вывод модели [12].

Моделирование — это создание модели с нуля, проектирование с помощью программных средств и задание соответствующих размеров, текстур и освещения. Данный этап выполняется при помощи множества инструментов, таких как масштабирование,

вращение, перемещение, выдавливание и т.д., доступных в программах для 3D-моделирования. Моделирование позволяет создавать разнообразные формы и структуры, начиная от простых объектов до сложных макетов.

Следующим этапом является визуализация или рендеринг — это процесс преобразования сырого каркаса модели в реалистичное изображение с использованием света, теней, текстур и других визуальных эффектов. Здесь важно достичь высокого уровня детализации и качества визуального представления модели. Современные программы для трехмерного моделирования обладают мощными инструментами визуализации, которые позволяют создавать фотореалистичные изображения с впечатляющей детализацией и реалистичностью.

После завершения визуализации наступает третий этап - вывод модели. Здесь модель готовится для использования или представления в нужной форме. Один из способов вывода модели - печать на трехмерном принтере. Для этого необходимо подготовить модельный файл, который будет соответствовать требованиям принтера. Затем модель может быть напечатана с использованием различных материалов, таких как пластик, металл или смола. Это позволяет создавать реальные физические объекты на основе трехмерных моделей.

Если модель предназначена для отображения на экране монитора, то вывод происходит с использованием специализированных программных средств. Современные компьютерные системы обладают высокой мощностью и возможностями визуализации, что позволяет создавать интерактивные и реалистичные трехмерные сцены. Модель может быть представлена с различными эффектами, такими как освещение, тени, отражения и анимация.

В последнее время все большую популярность набирает использование трехмерных моделей в дополненной реальности. Дополненная реальность позволяет накладывать трехмерные объекты на реальный мир с помощью мобильных устройств или специальных очков. Это открывает новые возможности в области образования, развлечений, маркетинга и других сфер, где трехмерная визуализация может существенно обогатить пользовательский опыт.

1.3 Дополненная реальность

Дополненная реальность (AR) представляет собой уникальное сочетание виртуального и реального мира, которое открывает новые горизонты для множества областей. Одним из ключевых аспектов AR является возможность визуализации и взаимодействия с виртуальными объектами в реальном времени и реальном пространстве [13].

AR технология использует компьютерное зрение, геопозиционирование и датчики, чтобы определить местоположение пользователя и его окружение. Затем она проецирует виртуальные элементы на видеоизображение или на прозрачный экран, который отображается перед глазами пользователя. Это создает эффект, что виртуальные объекты становятся частью реального мира.

Одно из самых известных применений AR - игры, которые предлагают уникальные впечатления и взаимодействие. Например, игра Pokemon Go позволяет пользователям искать иллюзорных покемонов в реальном мире, используя камеру смартфона и виртуальные объекты, отображаемые на экране [14].

Однако AR имеет гораздо больший потенциал. В медицине, AR может быть использована для визуализации сложных операций и обучения хирургов, позволяя им видеть внутренние структуры пациента и проводить точные навигационные операции. В образовании, AR может помочь студентам визуализировать исторические места, научные явления и сложные концепции, делая обучение более интерактивным и увлекательным.

AR также находит применение в архитектуре и дизайне, позволяя архитекторам и дизайнерам визуализировать и представлять свои проекты в реальном времени и в реальной среде, что помогает снизить ошибки и улучшить взаимодействие с клиентами. В розничной торговле, AR может создавать уникальные и привлекательные визуальные презентации продуктов, позволяя покупателям видеть, как продукты будут выглядеть в их реальной жизни перед покупкой.

В книжных произведениях AR позволяет внедрять трехмерные модели и объекты в книги, что позволяет оживить статичные иллюстрации на страницах книги. Читатели могут видеть их в дополненной реальности, вращать, масштабировать и исследовать. Это открывает новые возможности для читателей, позволяя им взаимодействовать с историями и контентом на более глубоком уровне. Оно привносит элементы интерактивности, визуализации и развлечения, сделав чтение более увлекательным и погружающим.

В целом, дополненная реальность имеет огромный потенциал для трансформации различных отраслей и сфер жизни. Она меняет способ, как мы взаимодействуем с информацией, окружающей нас, и расширяет наши возможности в восприятии и взаимодействии с миром вокруг нас. С развитием технологий и появлением новых инноваций, AR продолжает развиваться и привносить все больше новых возможностей в нашу повседневную жизнь.

1.4 Определение 3D-моделей для проекта

Модели будут использоваться для просмотра читателями книг с целью расширения их читательского опыта.

Список моделей и требований к ним:

- Сцена «Прибытие Петра I к Соловецкой крепости». Сцена визуализирует прибытие Петра I на корабле к Соловецкой крепости, по которому ошибочно был открыт огонь из крепостных орудий. Уровень детализации моделей в сцене низкий, с повторением реальных пропорций. Требуется анимация движения кораблей, выстрела из пушки и дыма от выстрела. Во время движения кораблей воспроизводится звук ветра, в момент выстрела воспроизводится звук пушечного выстрела. Размещается на сервисе Web AR Studio

- 3D карта дельты реки Северная Двина. Карта реализуется в виде 3D модели, повторяющей очертания акватории реки Северная Двина в пределах включающих территории Холмогор, Северодвинска и острова Мудьюг. Уровень детализации карты низкий, без повторения ландшафта и рельефа местности. На карте размещены 3D модели объектов и названия этих объектов: маяк «Белая башня», Николо-корельский монастырь, Новодвинская крепость, монастырь Святого Архангела Михаила, Спасо-преображенский собор, мыс Пур-Наволок (только в виде названия). Размещается в дополненную реальность при помощи технологий ARCore и ARKit

- Поморский коч. 3D модель судна с высоким уровнем детализации, повторением реальных пропорций и размещением небольшого количества объектов экстерьера. Размещается в дополненную реальность при помощи технологий ARCore и ARKit.

- Гостиные дворы. 3D модель здания гостиных дворов со средним уровнем детализации, с повторением реальных пропорций. Часть стен здания отсутствует для возможности просмотра внутренних частей здания. Размещается в дополненную реальность при помощи технологий ARCore и ARKit.

Данные модели не должны являться чей-то интеллектуальной собственностью.

Сервис Web AR Studio, ARCore и ARKit способны разместить модель объем памяти которой занимает не более 10 мегабайт. Исходя из этого размеры файлов каждой отдельной модели не должен превышать 10 мегабайт.

Привязать ссылки для просмотра 3D моделей к изображениям на страницах книги и к отдельным QR-кодам.

По завершению данного срока должны быть закончены и размещены в дополненной реальности перечисленные 3D модели.

2 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ РАЗРАБОТКИ

2.1 Программы для 3D моделирования

Среди программ для 3D моделирования были отобраны три самых популярных. Blender3D [15], Autodesk Maya [16] и 3DS Max [17]. Каждая из этих программ предлагает уникальные возможности и инструменты для создания трехмерных моделей.

Blender3D — это мощное и бесплатное программное обеспечение, которое широко используется как начинающими, так и профессиональными художниками. Одним из основных преимуществ Blender3D является его открытость и активное сообщество пользователей, которое разрабатывает новые инструменты и плагины для программы. Blender3D имеет обширный набор функций, включая моделирование, рендеринг, анимацию, симуляцию и видеомонтаж. Благодаря своей бесплатности, Blender3D стал популярным выбором для тех, кто только начинает свой путь в 3D-моделировании или имеет ограниченный бюджет. Интерфейс программы Blender3D представлен на рисунке 1.

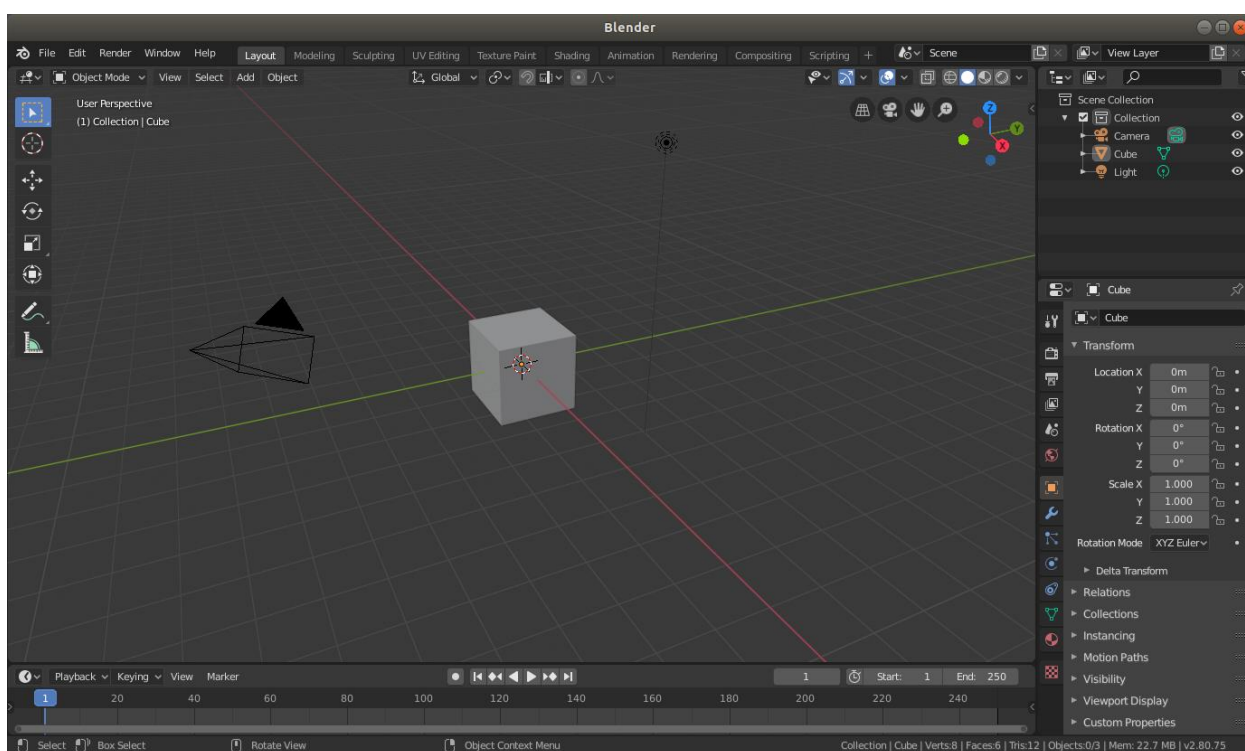


Рисунок 1 – Интерфейс программы Blender3D

Autodesk Maya - это профессиональное программное обеспечение, которое широко используется в индустрии развлечений, анимации, визуальных эффектов и игровой разработке. Оно предлагает широкий набор инструментов и функций, позволяющих создавать сложные трехмерные модели, анимировать персонажей, симулировать физику и

освещение, а также визуализировать результаты. Autodesk Maya обладает продвинутыми возможностями в области анимации и специальных эффектов, делая его предпочтительным выбором для профессионалов в индустрии развлечений. Интерфейс программы Autodesk Maya представлен на рисунке 2.

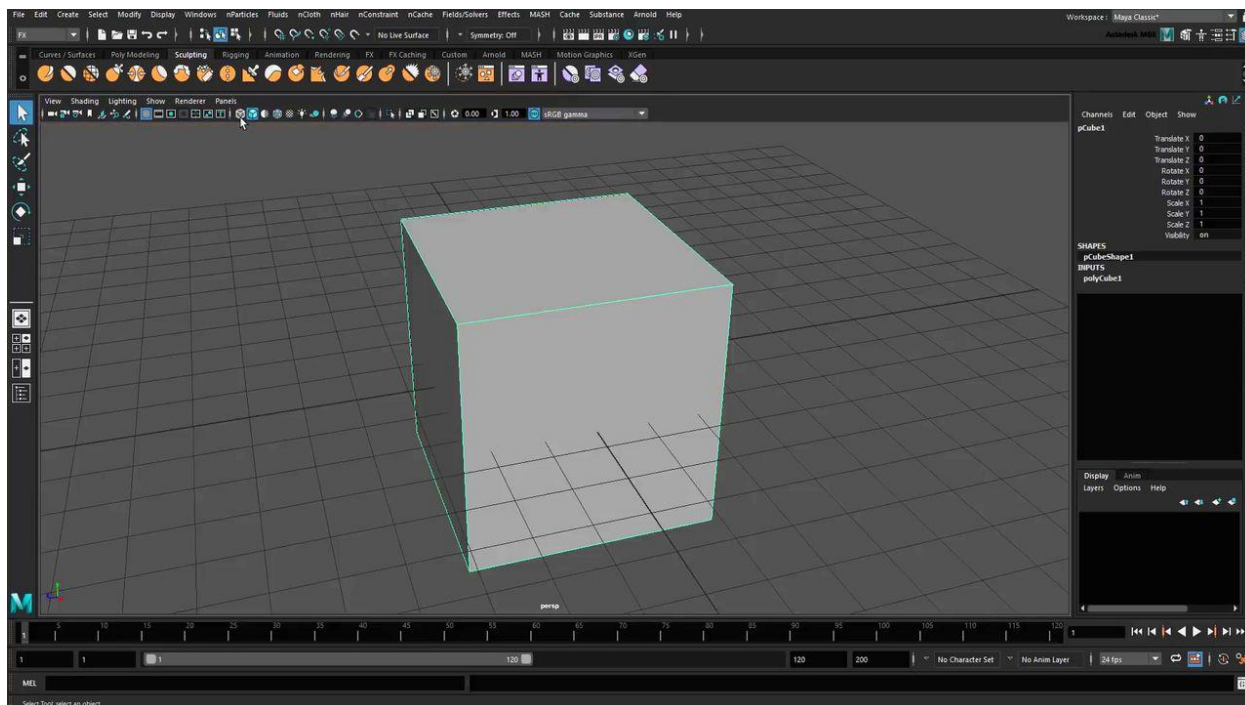


Рисунок 2 – Интерфейс программы Autodesk Maya

3DS Max - это еще одна популярная программа для 3D-моделирования, которая также широко используется в индустрии развлечений, включая визуализацию, архитектуру, дизайн интерьера и разработку игр. 3DS Max предлагает мощные инструменты для создания высококачественных трехмерных моделей, реалистичной анимации и визуализации. Он также поддерживает широкий спектр плагинов и интегрируется с другими программами Autodesk, что обеспечивает гибкость в рабочем процессе. Интерфейс программы 3DS Max представлен на рисунке 3.

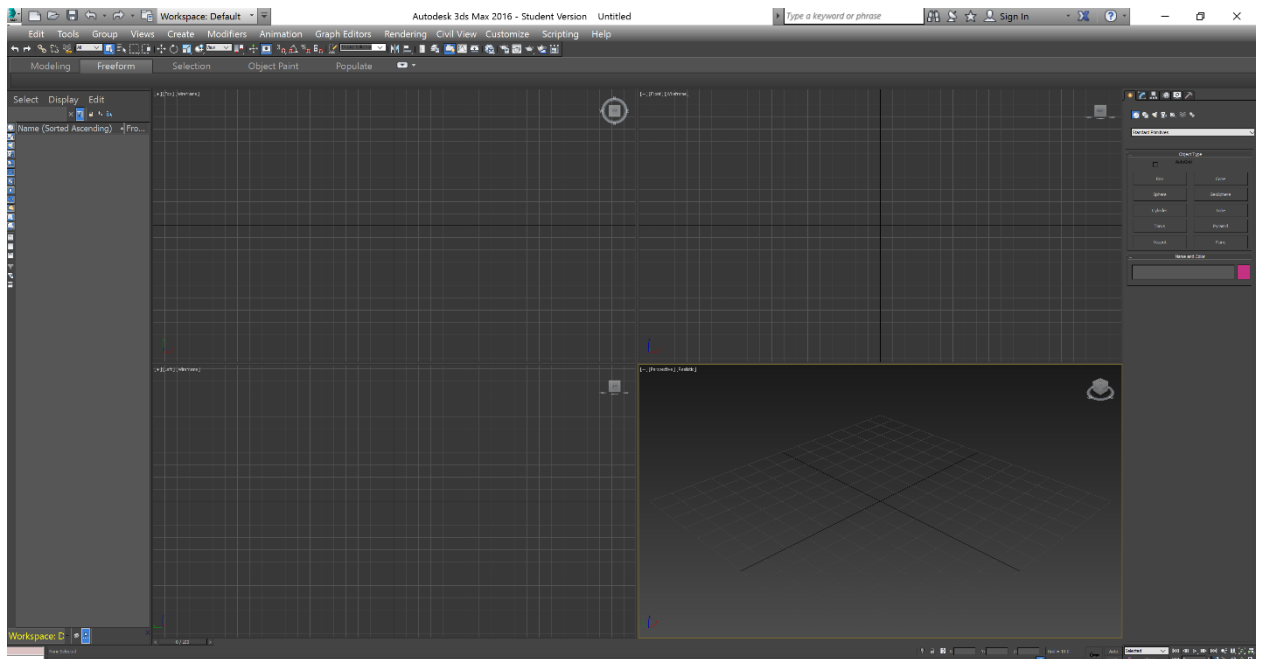


Рисунок 3 – Интерфейс программы 3DS Max

Среди всех программ был выбран Blender3D из-за большого инструментария для работы с полигональным моделированием, возможности создания собственных материалов для окраски моделей, а также из-за наличия инструментов для работы с анимацией моделей. Помимо этого, Blender3D обладает возможностью быстрого экспорта моделей в форматы файлов, предназначенных для работы с дополненной реальностью. Также существенным плюсом является наличие бесплатной лицензии.

2.2 Сервисы дополненной реальности

Существует два варианта просмотра 3D модели в дополненной реальности. Либо воспользоваться онлайн сервисами для загрузки и просмотра 3D модели, на пример сервисом Web AR Studio [18]. Либо воспользоваться технологиями ARCore от Google [19] и ARKit от Apple [20], встроенных в большинство смартфонов на базе Android и iOS соответственно.

Сервис Web AR Studio предлагает возможность загрузить модель на сайт и сгенерировать QR-код, при сканировании которого будет отображаться загруженная модель. Также сервис обладает функционалом для дополнительной настройки сцены, таким как настройка освещения и положения модели, настройка поведения модели при нажатии на нее или удержании (перемещение, приближение, вращение). Также имеется возможность загрузить и настроить аудиофайл, который будет воспроизводиться при просмотре. Помимо этого, присутствует возможность загрузить на сцену сразу несколько

разных моделей. Сами же модели могут иметь множество независимых анимаций. При этом на одном QR-коде можно просмотреть сразу несколько сцен, достаточно просто и сохранить, и настроить условия для их чередования. При всем при этом данный сервис поддерживается абсолютно на любом смартфоне так как для его работы используются технологии самого сервиса и для работы требуется только подключение к интернету. Однако существенным недостатком является необходимость постоянного наведения камеры смартфона на QR-код, что не позволяет свободно просматривать модель на различных поверхностях, привязывая смотрящего к определенной точке просмотра.

Технологии ARCore и ARKit же позволяют пользователю, загрузившему модель, свободно перемещать, вращать и масштабировать модель в пространстве, так как данные технологии способны самостоятельно обнаруживать поверхности и определять местоположение модели в пространстве без привязки к QR-коду. При этом сами модели отображаются с большим качеством изображения чем в Web AR Studio. Однако при этом данные технологии не способны работать с аудио, на экране может быть лишь одна модель и у этой модели не может воспроизводиться более одной анимации одновременно. Также данные технологии доступны не на всех смартфонах. На устройствах Apple технология ARKit доступна на смартфонах 10ой модели и выше, а на устройствах Android технология ARCore доступна на устройствах среднего ценового сегмента (от 20-25 тысяч рублей). Если данные технологии не поддерживаются смартфоном, то загруженная модель будет доступна для просмотра только на черном фоне.

Рассматривая эти варианты трудно выбрать подходящий. Каждый из вариантов обладает функционалом которого нет у другого. Так как сцена «Прибытие Петра I к Соловецкой крепости» требует наличие в сцене нескольких анимированных объектов, таких как корабли, пушечное ядро и дым от выстрела, то единственным вариантом для размещения модели в дополненную реальность является сервис Web AR Studio. Для остальных моделей не требуется наличие анимации, поэтому для них правильным решением будет размещение в дополненной реальности с помощью технологий ARCore и ARKit, что даст большую свободу для просмотра и взаимодействия с моделями, а так же позволит отобразить их в лучшем качестве.

3 СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ

3.1 «Прибытие Петра I к Соловецкой крепости»

3.1.1 Моделирование

Перед созданием сцены необходимо разделить ее на основные части, такие как прибрежная территория крепости, корабли и Соловецкая крепость.

Прибрежная территория состоит из водной поверхности, поверхности земли, ёлок и облаков.

Водная поверхность сделана из простой плоскости. Данная плоскость была разделена на множество полигонов при помощи инструмента Loop Cut, разделяющего один квадратный полигон на несколько. После все получившиеся квадратные полигоны были разделены на треугольные при помощи инструмента Triangulate Faces. В конце к полученной многополигональной плоскости был применен модификатор Displace, создающий неровности на поверхности модели случайным образом. Модификатор был настроен на слабое искажение плоскости для сохранения иллюзии водной поверхности. Модель водной поверхности представлена на рисунке 4.

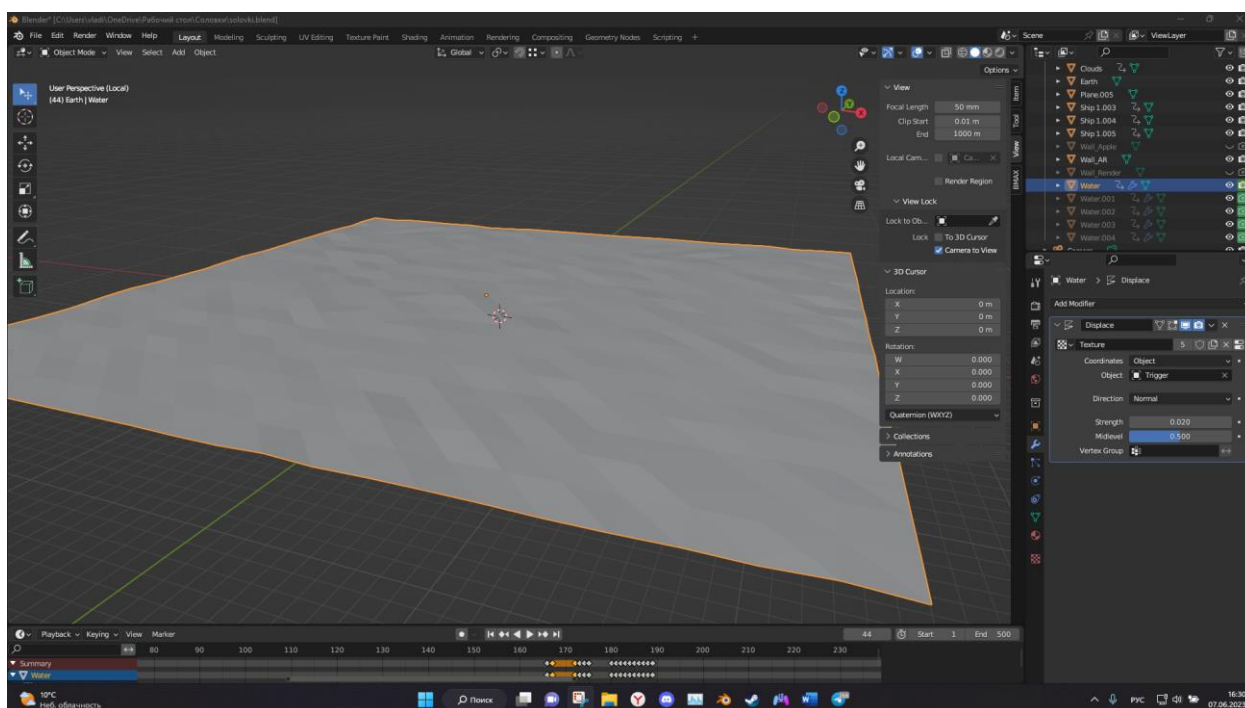


Рисунок 4 – Модель водной поверхности

Для создания поверхности земли была скопирована готовая модель водной поверхности. Далее, ориентируясь на реальную карту прибрежной территории Соловецкой

крепости, на модели были выдавлены отдельные полигоны в тех местах, на которых должна находиться водная поверхность. На месте будущей Соловецкой крепости полигоны были выравнены в ровную плоскость для предотвращения возможных проблем с наложением объектов. Модель водной поверхности представлена на рисунке 5.

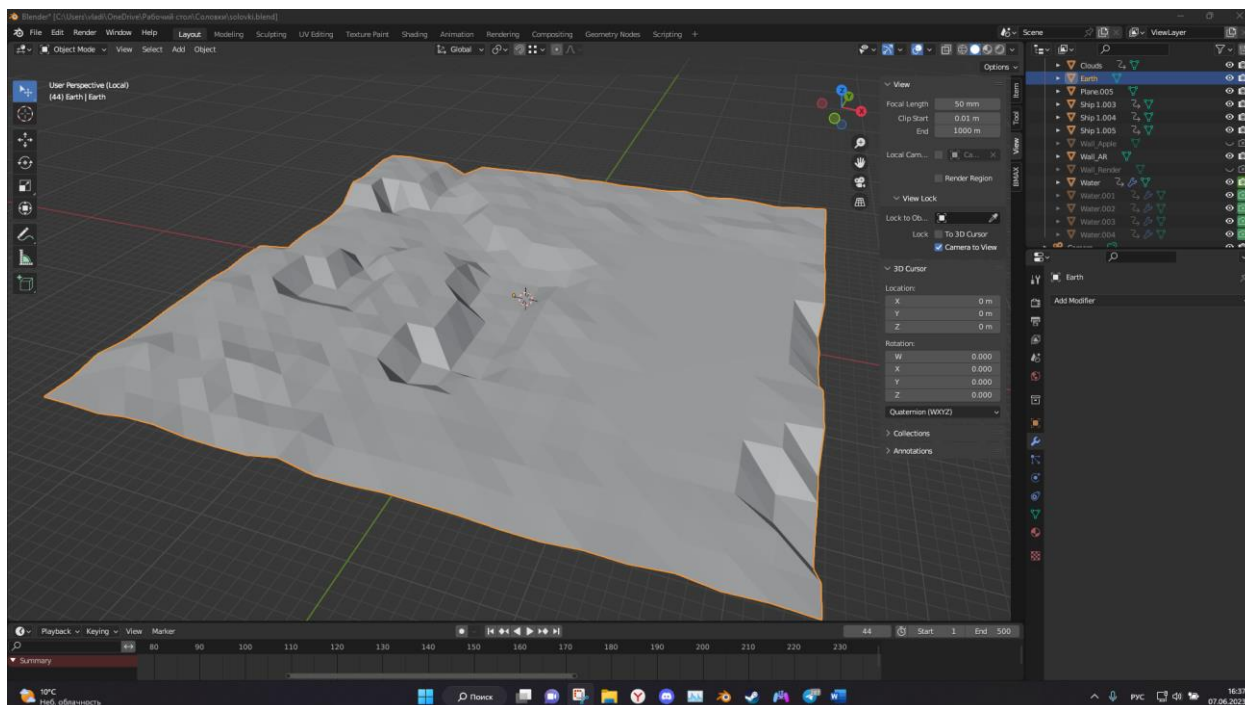


Рисунок 5 – Модель поверхности земли

Ёлки созданы при помощи простого цилиндра. Количество полигонов в окружности цилиндра было снижено до 8 для оптимизации памяти. Далее верхний полигон цилиндра при помощи инструментов Extrude и Scale был несколько раз выдавлен и отмасштабирован, создавая вид елки. Модель ёлки представлена на рисунке 6.

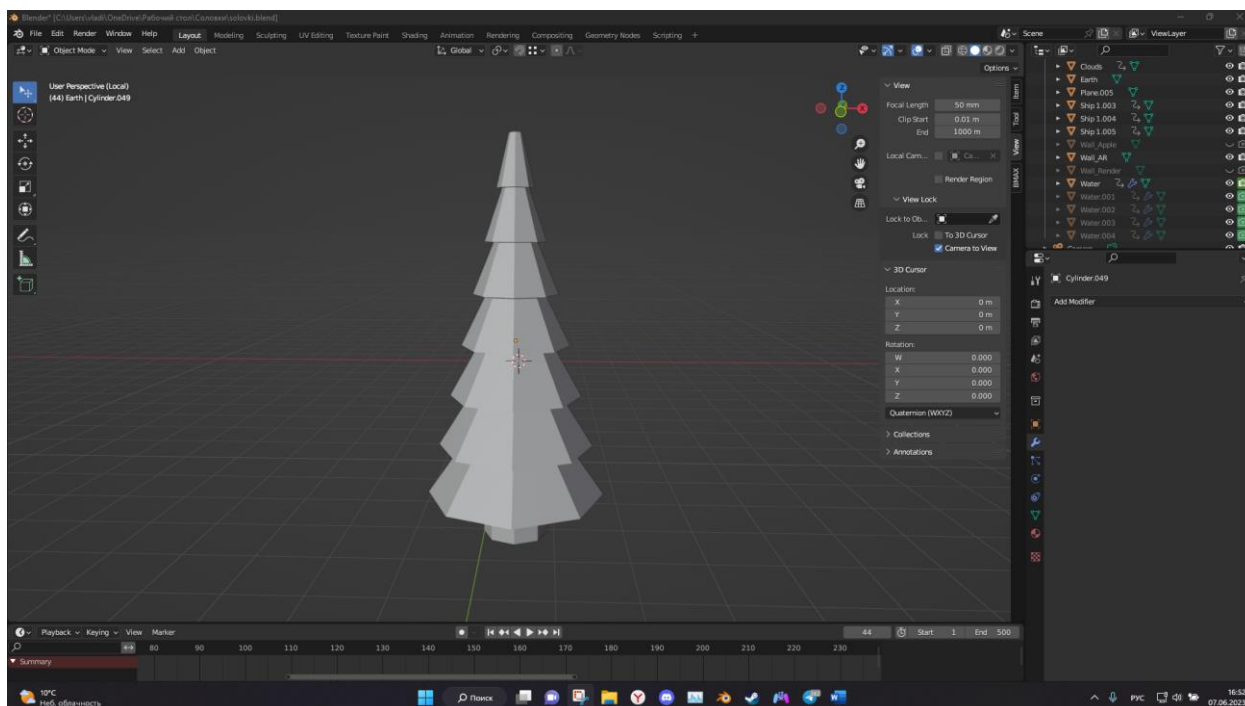


Рисунок 6 – Модель ёлки

Облака были созданы при помощи объекта Metaball, представляющего из себя сферу, способную быстро объединяться с подобными себе объектами в единую модель. Для создания облака данные сферы расположены вблизи друг друга в различных местах, а также имеют различный масштаб, образуя внешний вид облака. Модель облака представлена на рисунке 7.

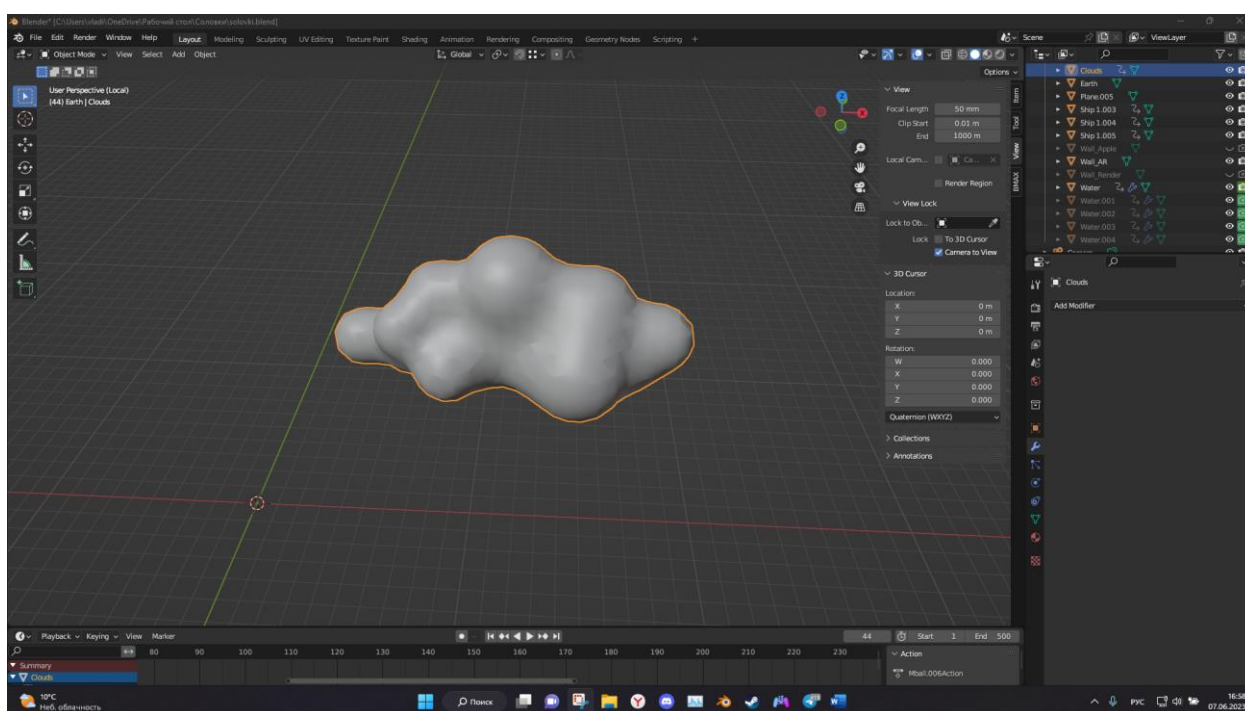


Рисунок 7 – Модель облака

После создания частей одной модели их необходимо объединить. Водная поверхность была расположена чуть выше середины поверхности земли. Так же на земле в случайных местах, кроме места будущей крепости были расположены множество скопированных деревьев. Над поверхность были размещены облака, так что бы не загораживать вид сцены для будущего просмотра в дополненной реальности. Модель прибрежной территории представлена на рисунке 8.

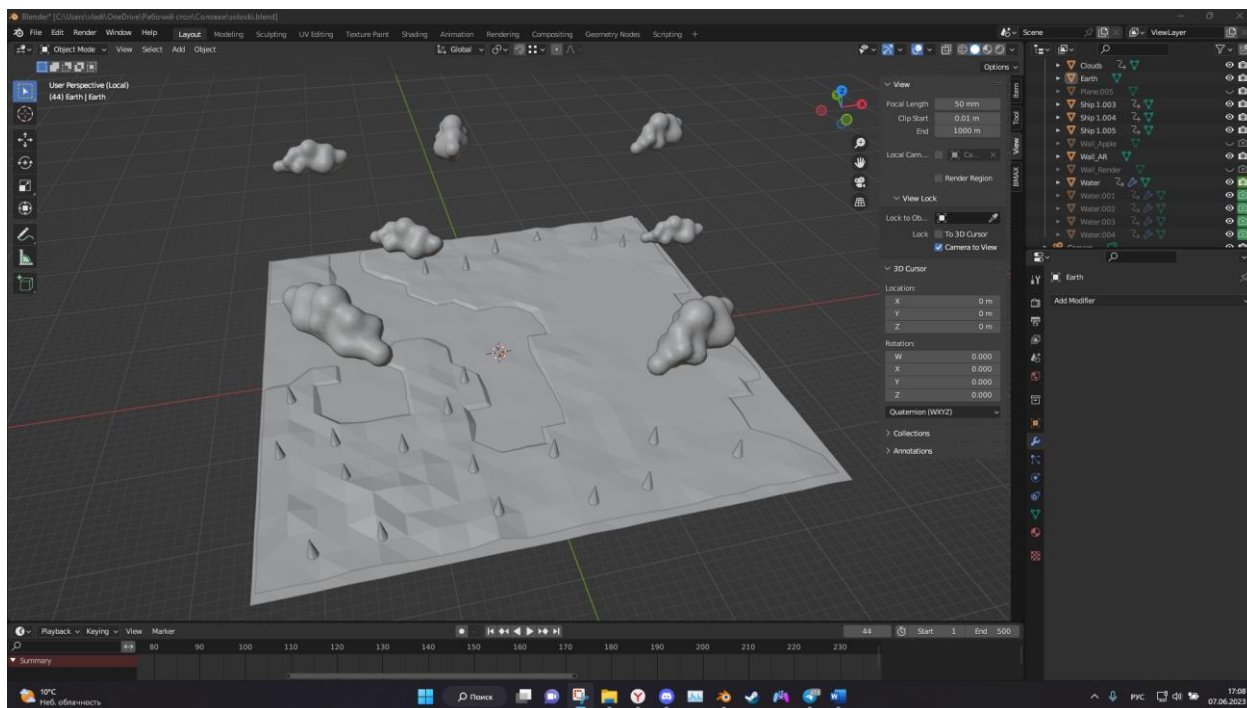


Рисунок 7 – Модель прибрежной территории

Модель корабля состоит из корпуса, мачт и носа. Корпус корабля сделан из плоскости, разрезанной на полигоны, после чего при помощи инструментов выдавливания и масштабирования была создана нужная форма. Углубление внутри также было сделано при помощи инструмента выдавливание. Киль корабля (балка, проходящей по середине днища) является отдельным объектом и выполнен по схожему принципу, но уже их куба. Корпус представлена на рисунке 8.

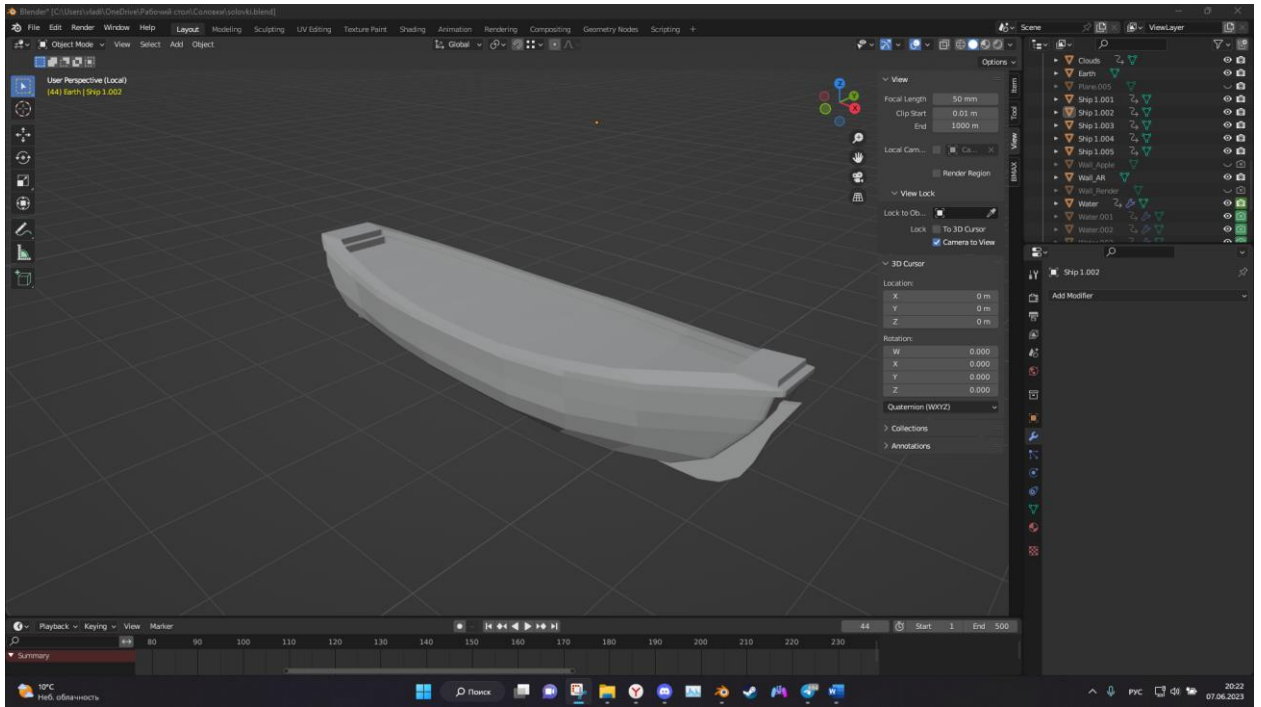


Рисунок 8 – Корпуса

Мачта корабля созданы с помощью цилиндров, вытянутых вдоль. Перекладина и смотровое гнездо на верху также выполнены с помощью цилиндров. Парус выполнены с помощью плоскостей, разрезанных на несколько полигонов и отмасштабированных по нужной форме. Мачта представлена на рисунке 9.

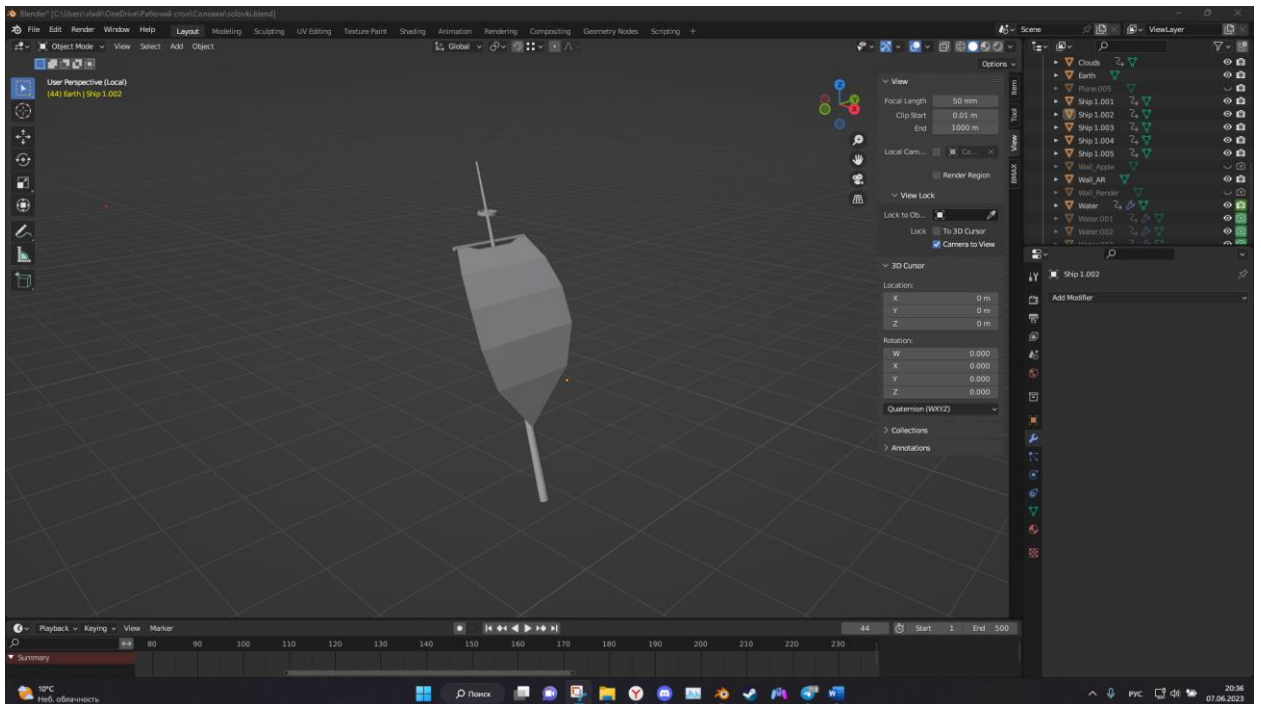


Рисунок 9 – Мачты

Носовая часть также состоит из нескольких вытянутых цилиндров, объединённых между собой. Носовая часть представлена на рисунке 10.

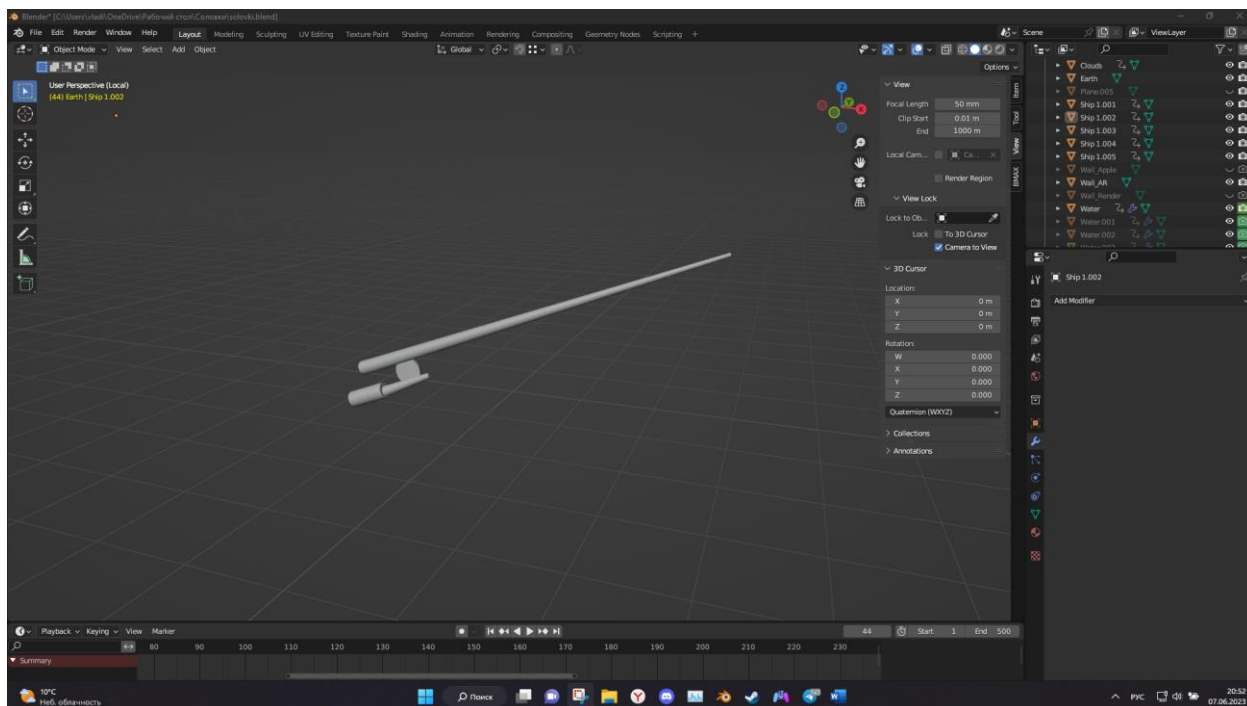


Рисунок 10 – Носовая часть

При объединении частей носовая часть была присоединена к передней части корабля. Было создано три копии мачты, каждую из которых расположили на палубе корабля. Также для правдоподобности модели были добавлены веревки в виде маленьких вытянутых цилиндров, соединяющие мачты и носовую часть корабля. Модель корабля представлена на рисунке 11.



Рисунок 11 – Модель корабля

Соловецкая крепость состоит из двух основных частей: крепостной стены и внутренней части. Крепостная стена состоит из самих стен, круглых башен, центральной прямоугольной башни и входной арки.

Каждая стена крепости является отдельным объектом. Стена была создана при помощи куба. С помощью инструмента масштабирования данный куб был вытянут в высоту и ширину, крыша была создана при помощи инструмента выдавливания и слияния верхнего полигона в одну линию с помощью инструмента Merge. Для создания окон в стене, модель была разрезана на несколько полигонов в нужных местах так, чтобы отдельные полигоны находились на нужном расстоянии друг от друга и при вдавливании внутрь напоминали оконные проемы. Для создания входа в крепость использовался модификатор Boolean, вырезающий их объекта места, пересекающиеся с другим объектом. Для этого на место входа был добавлен отмасштабированный куб и при применении модификатора Boolean на месте пересечения стены и куба образовался проем. Все остальные стены были выполнены при помощи копирования исходной и обрезки модели до нужных размеров. Модель стены представлена на рисунке 12.

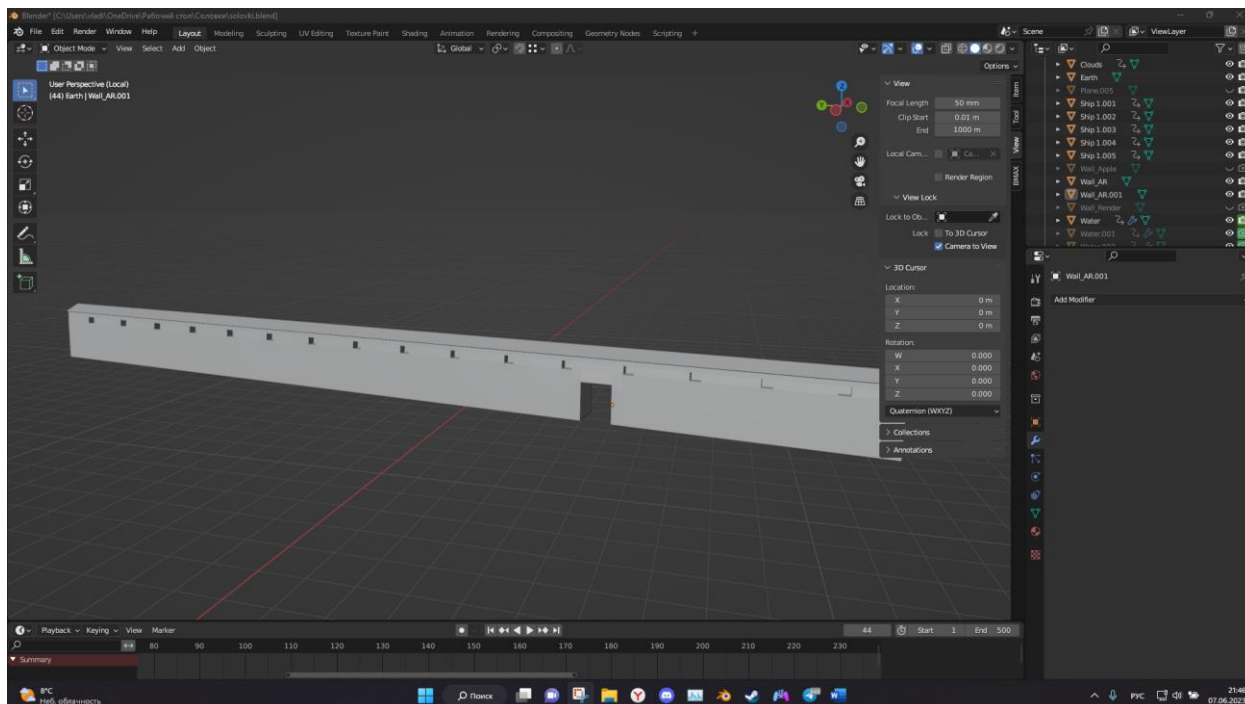


Рисунок 12 – Модель стены

Модели круглой и прямоугольной башен схожи за исключением исходного объекта. Для круглой башни это цилиндр, для квадратной башни это куб. Далее каждый из объектов масштабируется и выдавливается по нужной форме. Оконные проемы в башнях созданы тем же способом что в стена. Модели круглой и прямоугольной башен представлены на рисунках 13 и 14.

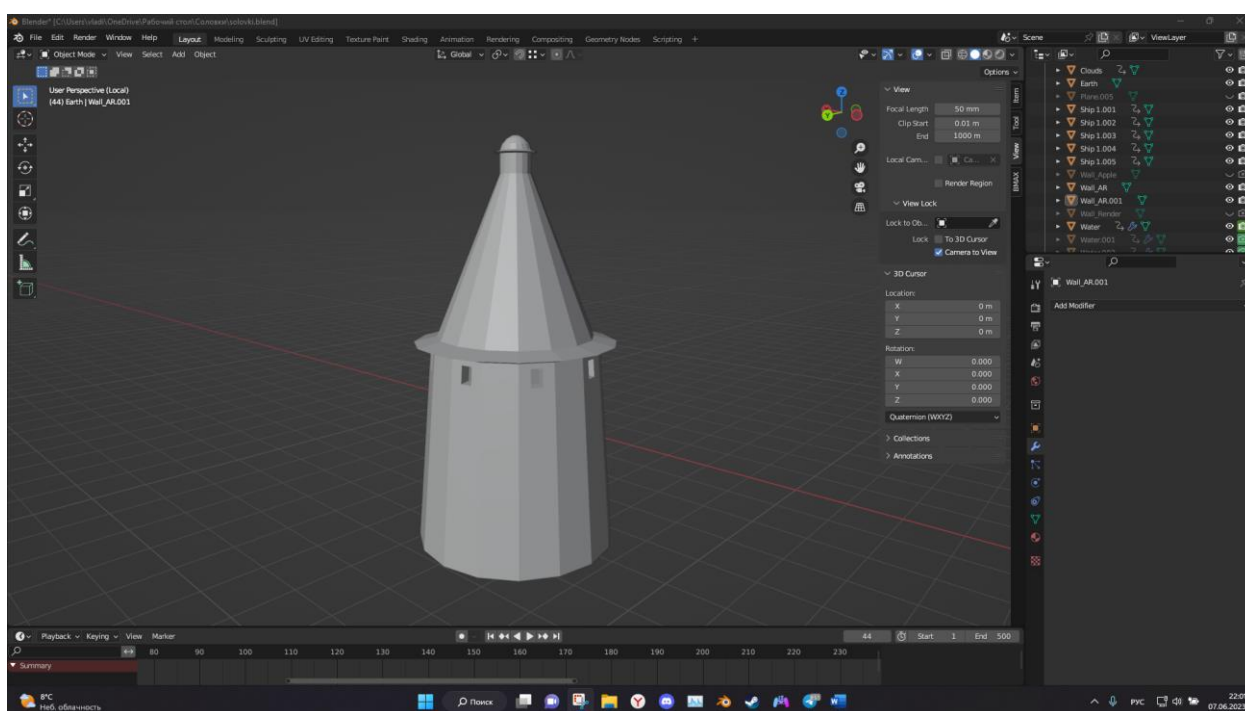


Рисунок 13 – Модель круглой башни

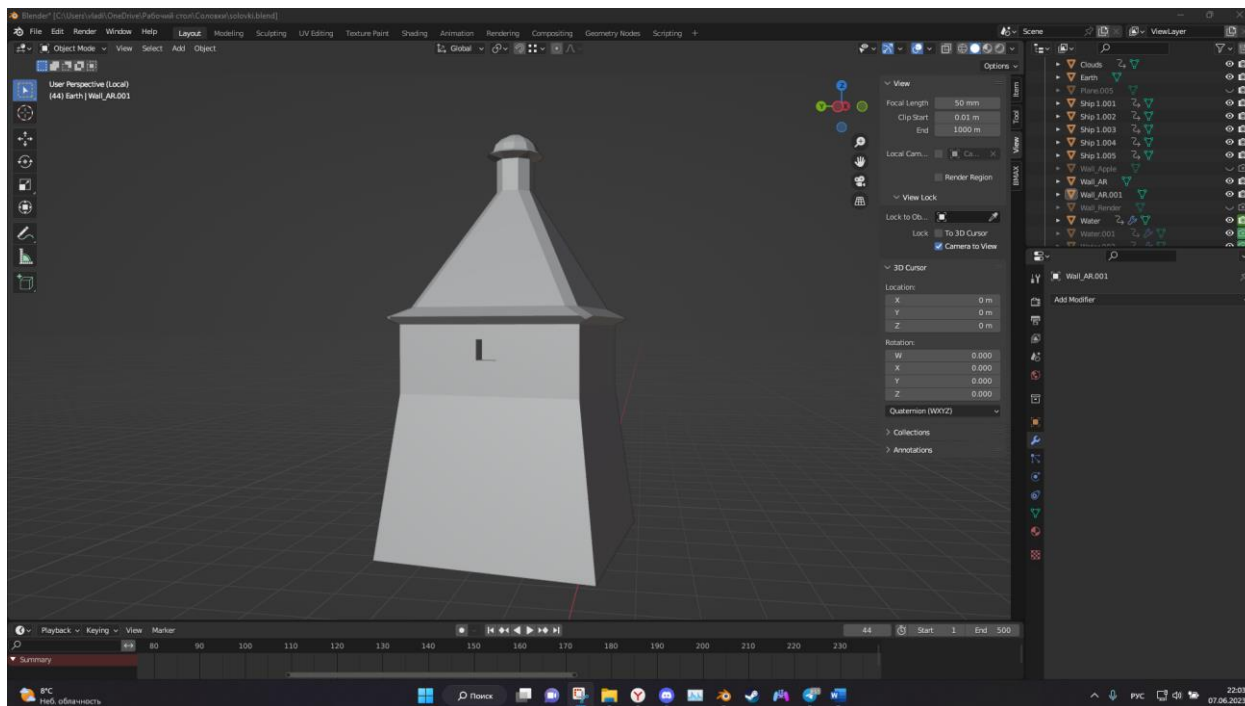


Рисунок 14 – Модель прямоугольной башни

Модель входных арки состоит из перекладин, опор и самой арки. Перекладины и опоры созданы из обычных вытянутых кубов. Арка сделана из цилиндра, из которого была удалена половина полигонов, оставшаяся половина была отмасштабирована и выдавлена по нужной форме. Модель входной арки представлена на рисунке 15.

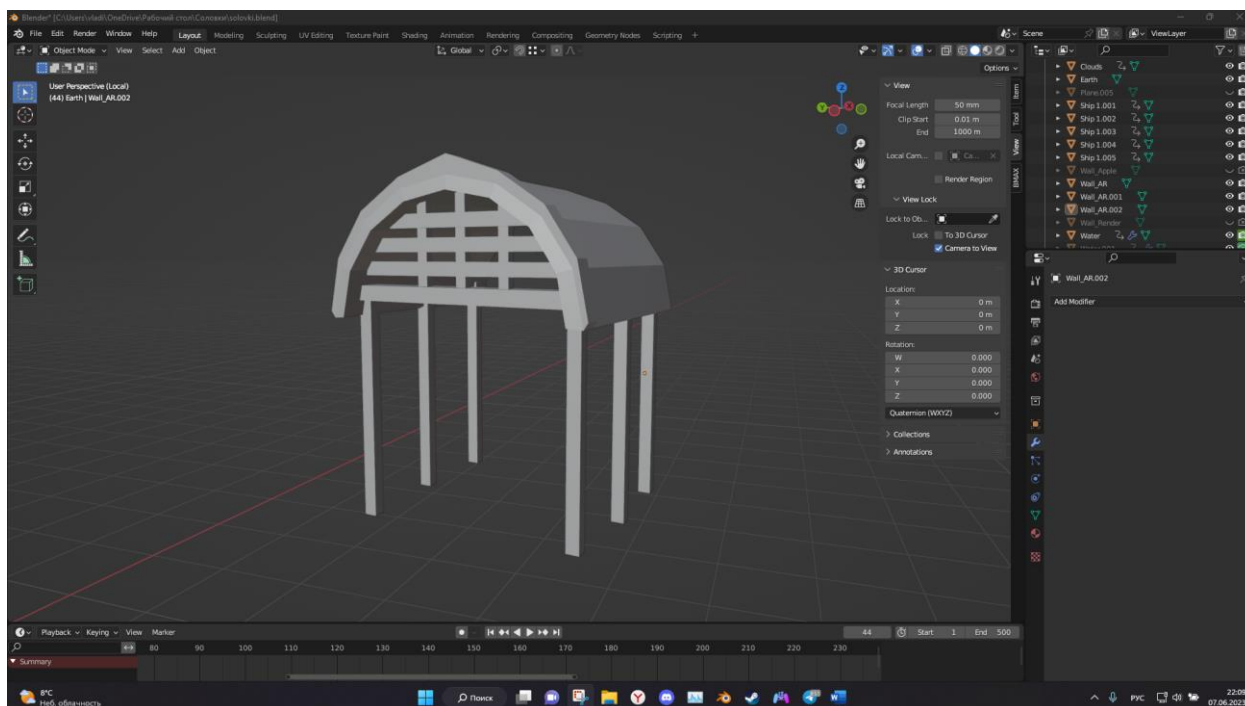


Рисунок 15 – Модель входной арки

Итоговая модель крепостной стены состоит из нескольких стен, башен и входной арки, объединенной между собой. Модель крепостной стены представлена на рисунке 16.

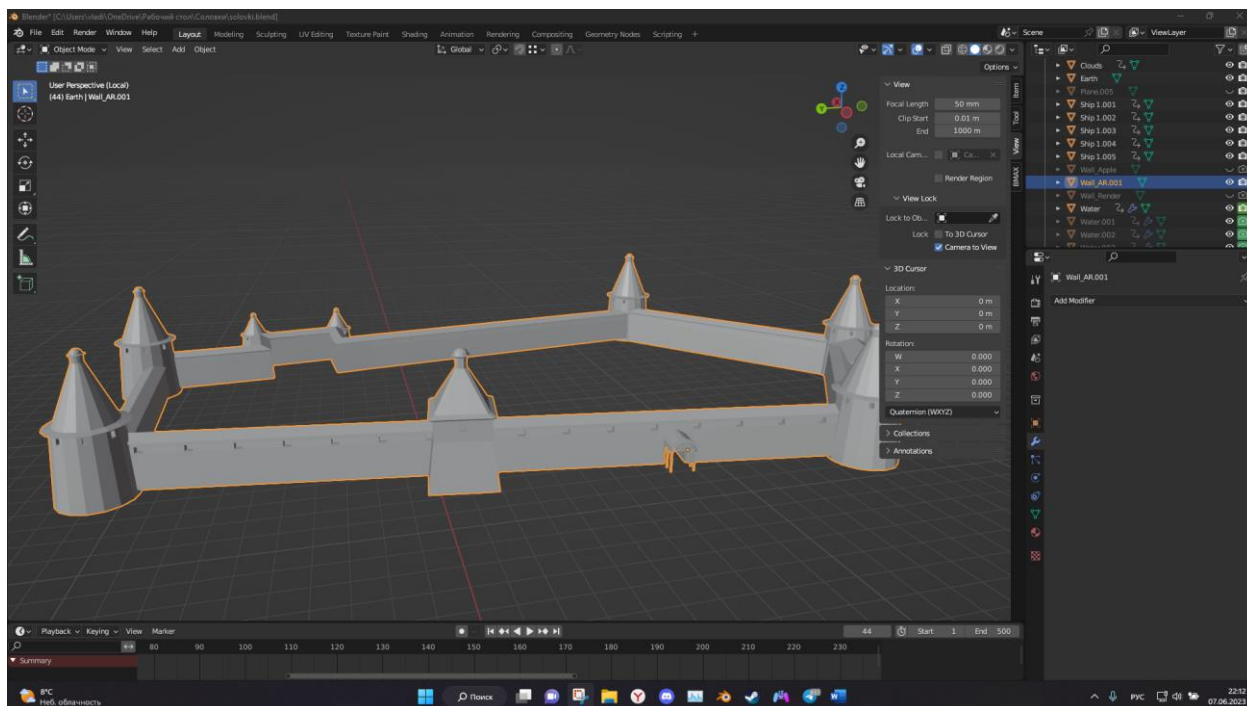


Рисунок 16 – Модель крепостной стены

Внутренняя часть состоит из множества зданий, деревьев и тропинки между зданиями. Каждое здание создано одним способом. При помощи выдавливания и масштабирования простого куба. Купола на церквях сделаны схожим образом, но из цилиндра. Окна в зданиях созданы так же, как они были созданы в крепостных стенах. Модели зданий представлены на рисунке 17.

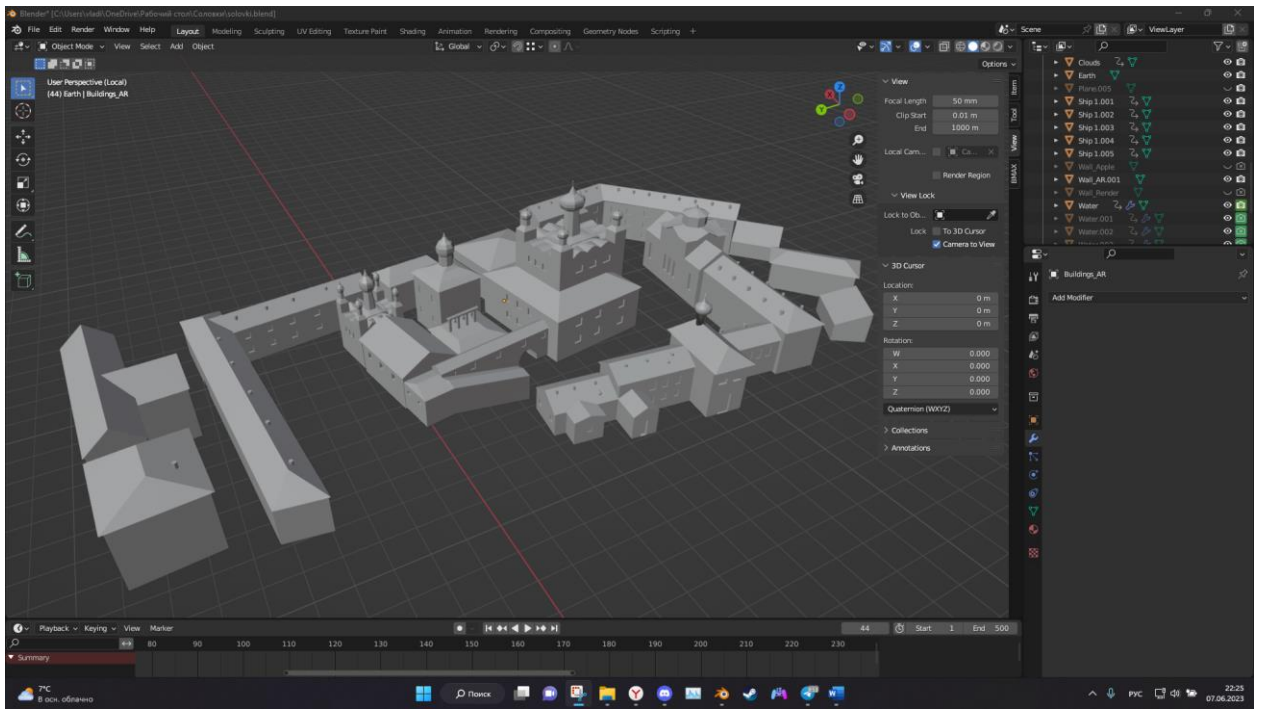


Рисунок 17 – Модель крепостной стены

Модель дерева была создана при помощи объекта Armature, представляющего из себя прямую из которой можно создавать новые прямые, имитируя ветки деревьев. Листья на деревьях была выполнена при помощи сфер, размещенных на ветвях дерева. Модель дерева представлена на рисунке 18.

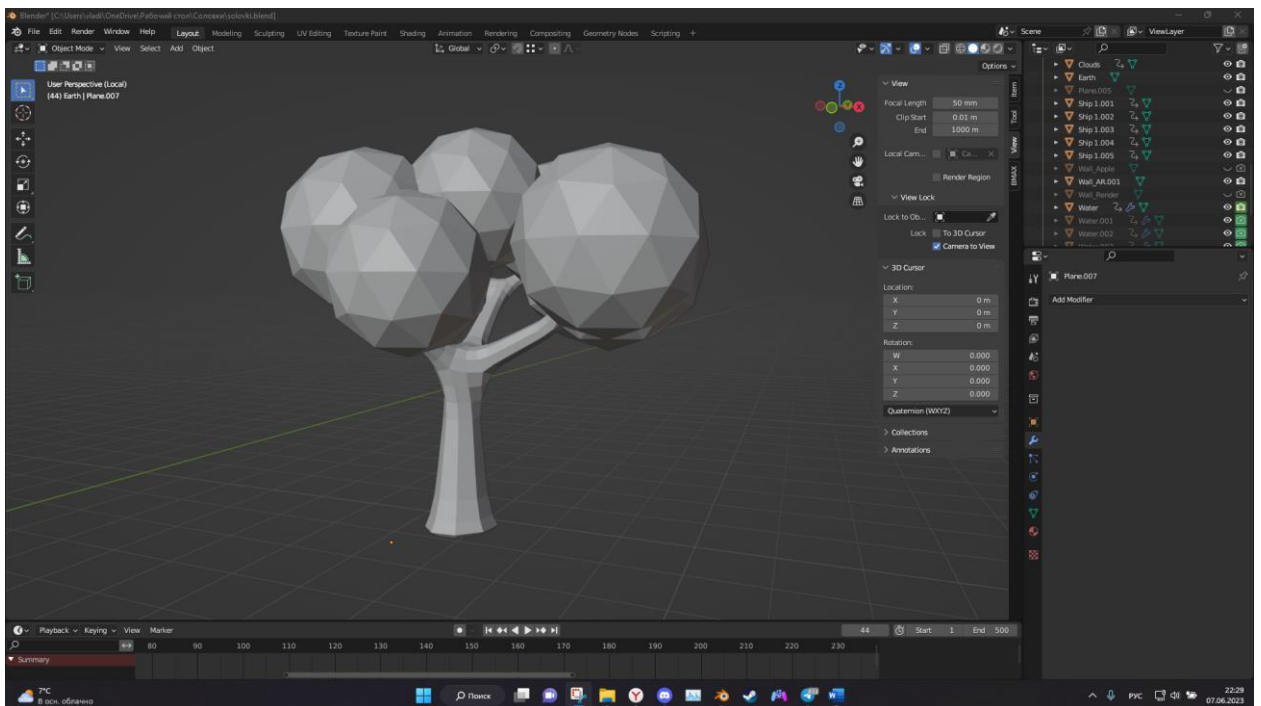


Рисунок 18 – Модель дерева

Тропинка представляет собой плоскость, выдавленную по нужной форме. Итоговый вариант внутренней части крепости представлен на рисунке 19.

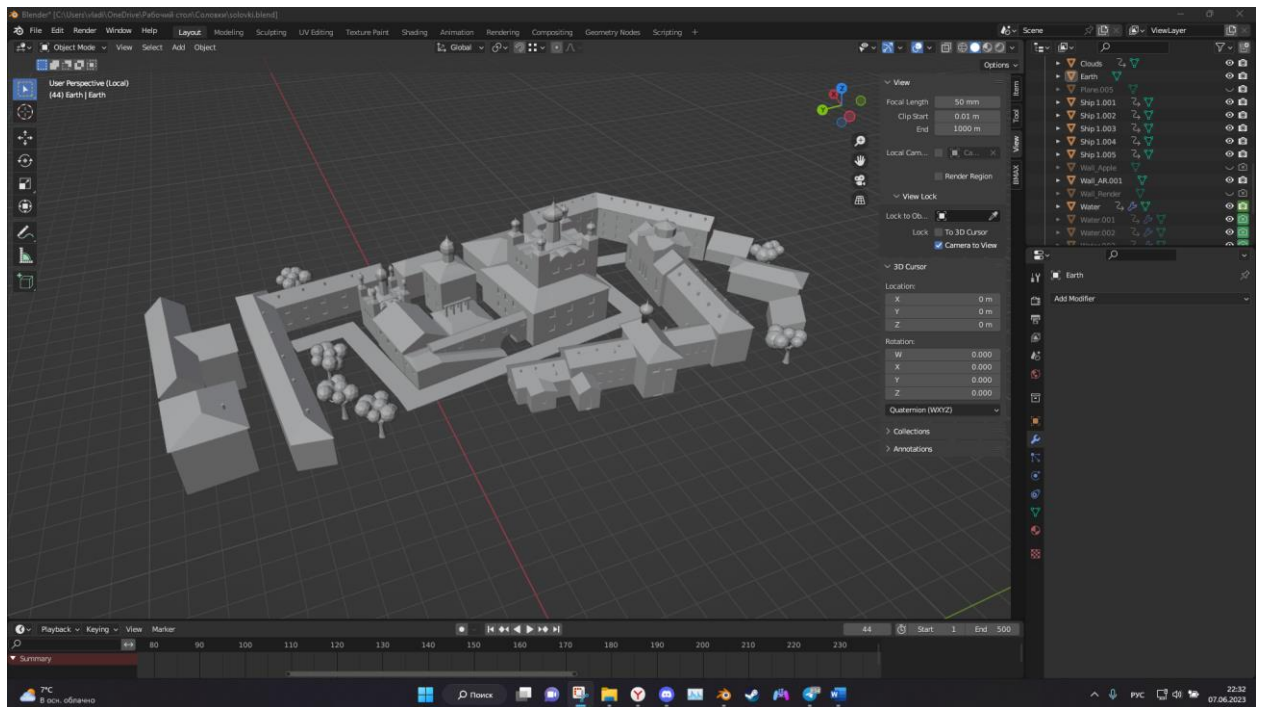


Рисунок 19 – Внутренняя часть крепости

Далее внутренняя часть крепости была грамотно расположена в пределах крепостной стены. Модель Соловецкой крепости представлена на рисунке 20.

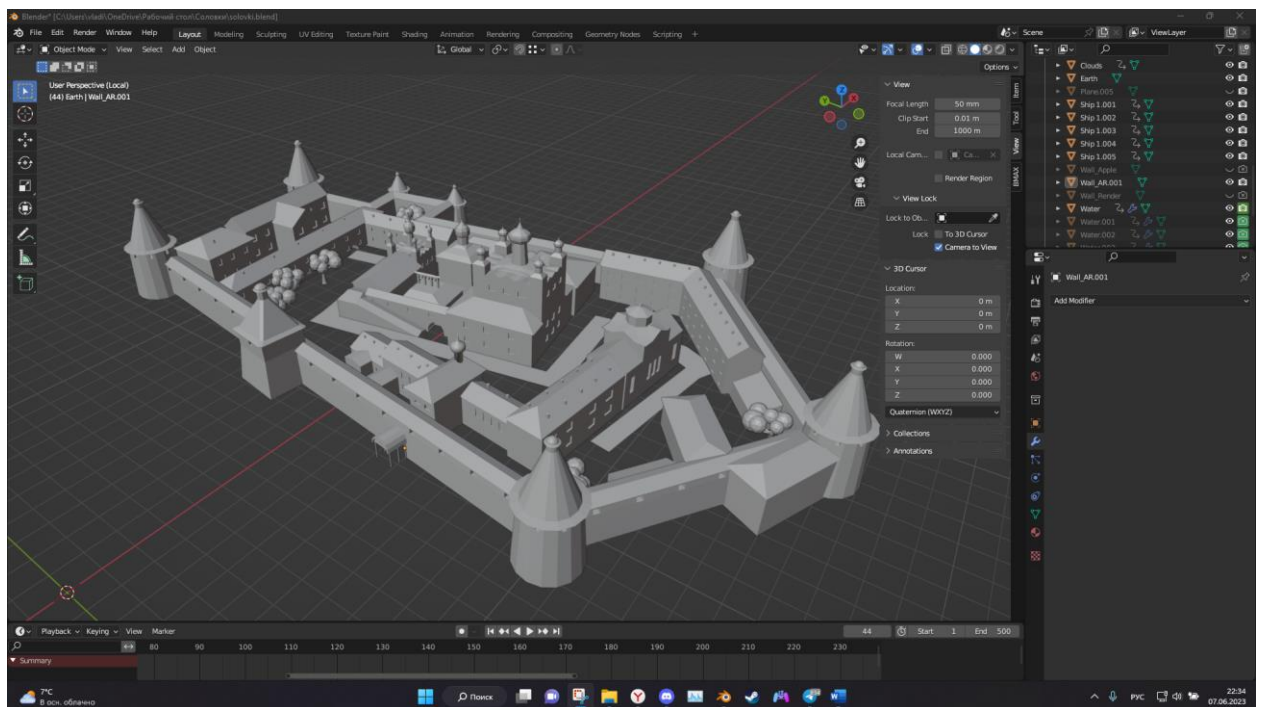


Рисунок 20 – Модель Соловецкой крепости

После создания всех моделей необходимо расположить их на сцене. Три корабля расположены на краю залива. Соловецкая крепость расположена на земле рядом с заливом. Итоговое расположение моделей на сцене представлено на рисунке 21.

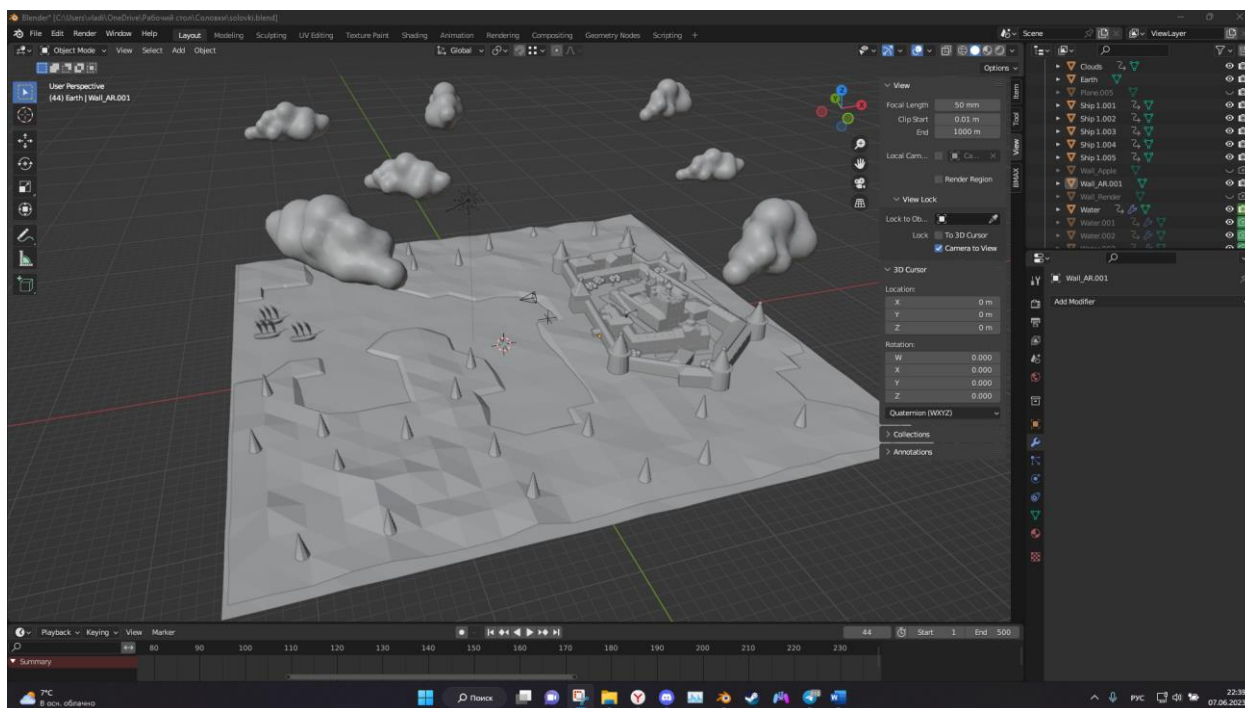


Рисунок 21 – Итоговое расположение моделей

3.1.2 Наложение материалов

Так как сцена не требует высокой детализации, при окрашивании моделей были использованы ноды материалов, позволяющие управлять внешним видом объектов, включая отражения, цвета и прозрачность. Для водной поверхности был применен материал голубого цвета (HEX-код: #0084B3) с уровнем шероховатости (Roughness) 0.218, придающим материалу эффект отражения света. Поверхность земли была полностью окрашена в темно-зеленый цвет (HEX-код: #1F7C26) с максимальным уровнем шероховатости, чтобы от земли не исходил блеск. Далее случайные участки земли были дополнительно окрашены в различные оттенки зеленого (HEX-коды: #0D9A0B, #1E6012, #288A26, #00801C) для создания иллюзии растительности на земле. Также края объекта, пересекающиеся с водной поверхностью, были окрашены в коричневый цвет (HEX-код: #7E6117), для создания эффекта песчаных берегов. Стволы ёлок были окрашены в темно-коричневый цвет (HEX-код: #4B1D00), листва была окрашена в темно-зеленый цвет (HEX-код: #025E06). Облака были окрашены в полностью белый цвет (HEX-код: #FFFFFF). Окрашенная прибрежная территория представлена на рисунке 22.

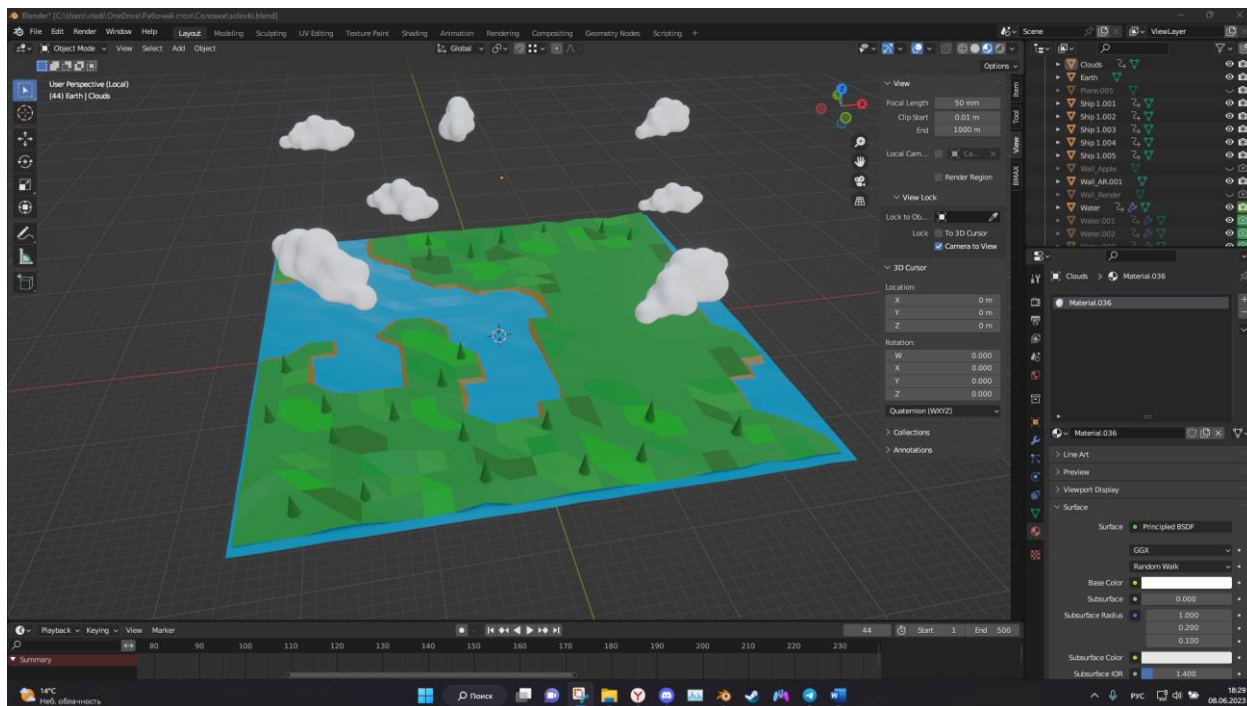


Рисунок 22 – Окрашенная прибрежная территория

Большая часть корабля, за исключением парусов, была окрашена в темно-коричневый цвет (HEX-код: #5E381B). Паруса же были окрашены в светло-серый цвет (HEX-код: #979797). Окрашенная модель корабля представлена на рисунке 23.



Рисунок 23 – Окрашенная модель корабля

Модель Соловецкой крепости окрашена уже более сложными материалами. Для создания материала каменной стены использовалась стандартная комбинация узлов Texture Coordinate, Mapping и Noise Texture создающие в произвольных точка объекта шумы. При объединении этой комбинации с нодой Color Ramp, позволяющей создавать градиенты, можно окрасить эти пятна в нужные цвета в нужных пропорциях. Благодаря этому был создан материал, отдалено напоминающий каменную стену. Так же к этому была добавлена нода Vmap, создающая визуальные неровности на объекте, не меняя при этом сетку полигонов. При подключении этой ноды к остальным эти неровности будут образованы по краям пятен. Благодаря этому модели был добавлен эффект выпирающих из стены камней. Настройки материала каменной стены представлены на рисунке 24.

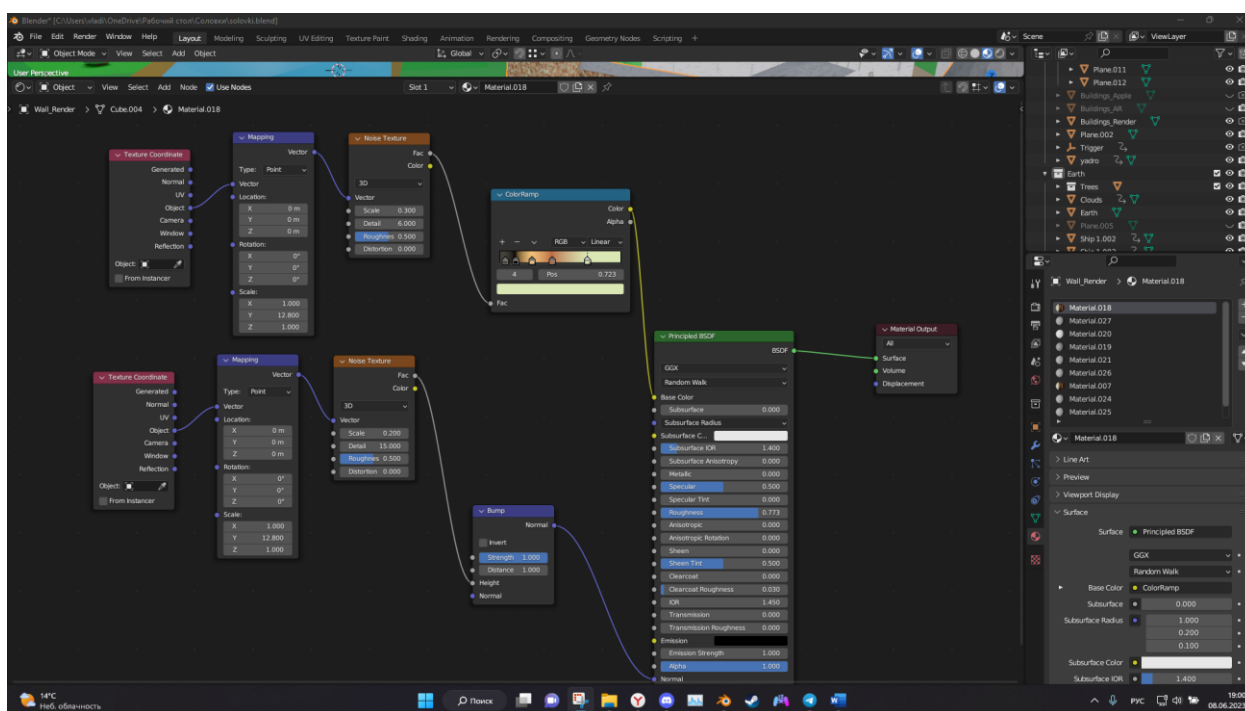


Рисунок 24 – Материал каменной стены

Для создания стен внутренних строений и верхней части прямоугольной башни также использовалась стандартная комбинация узлов, однако помимо ноды Noise Texture, также использовалась нода Musgrave Texture, создающая окружности, которым при помощи настроек можно придать искажение. Обе ноды были объединены в ноде Difference, отображающая на материале места пересечения двух нодов. После получившийся результат был объединен с нодами Color Ramp и Vmap, создавая эффект трещин на стене. Настройки материала для стен внутренних строений представлены на рисунке 25.

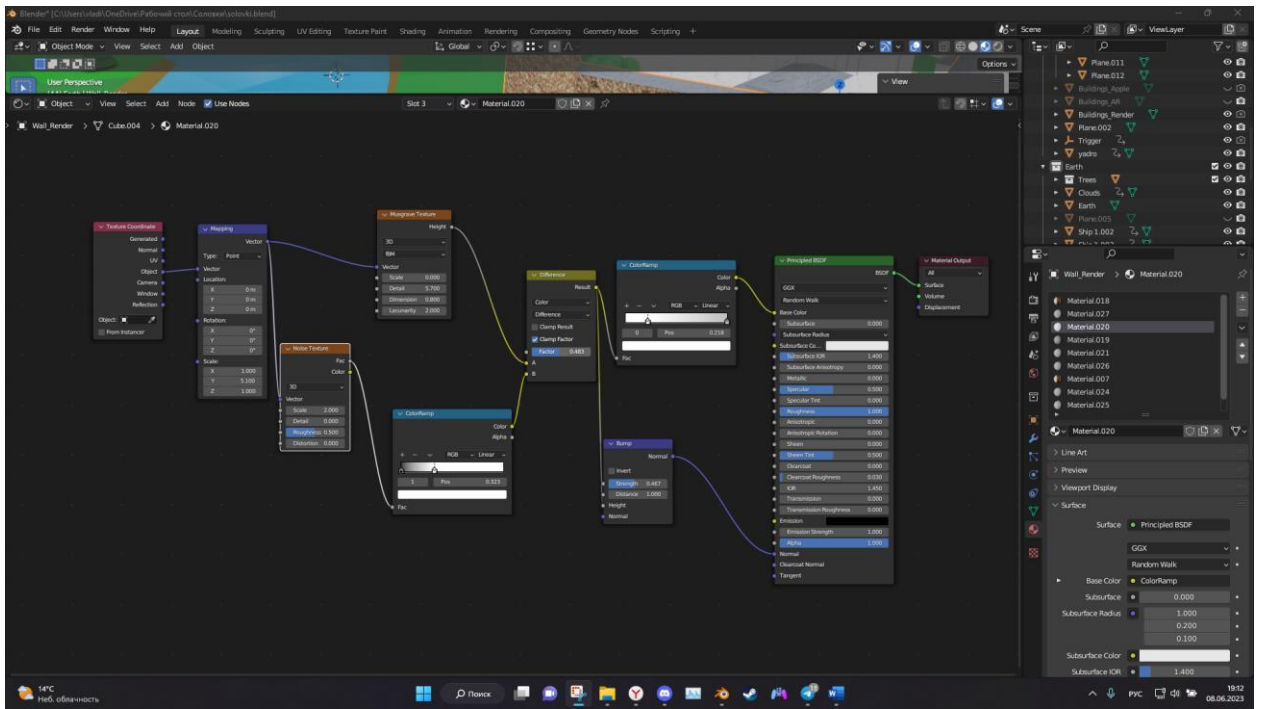


Рисунок 25 – Материал стен внутренних строений

Для создания материала крыш зданий использовалась стандартная комбинация нодов с заменой Noise Texture на Musgrave Texture. Также была добавлена нода Voronoi Texture связанная с Musgrave Texture, создающая на образующихся окружностях волны. При добавлении к нодам градиента серых цветов, получается эффект колец на деревянных досках. Настройки материала крыш зданий представлены на рисунке 26.

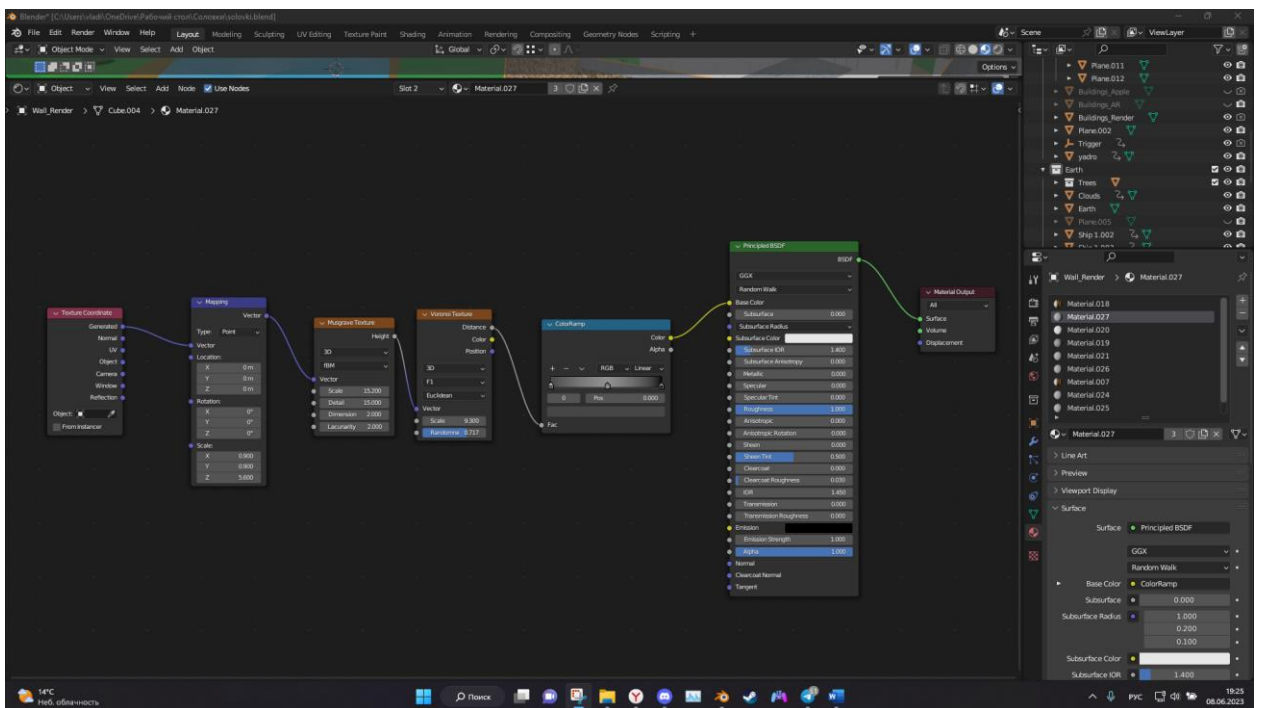


Рисунок 26 – Материал крыш зданий

Цвета, используемые в окраске деревьев скопированы из цветов используемых для окраски елок. Цвет для тропинки коричневого цвета скопирован из цвета песчаного берега. Окрашенная модель Соловецкой крепости представлена на рисунке 27.

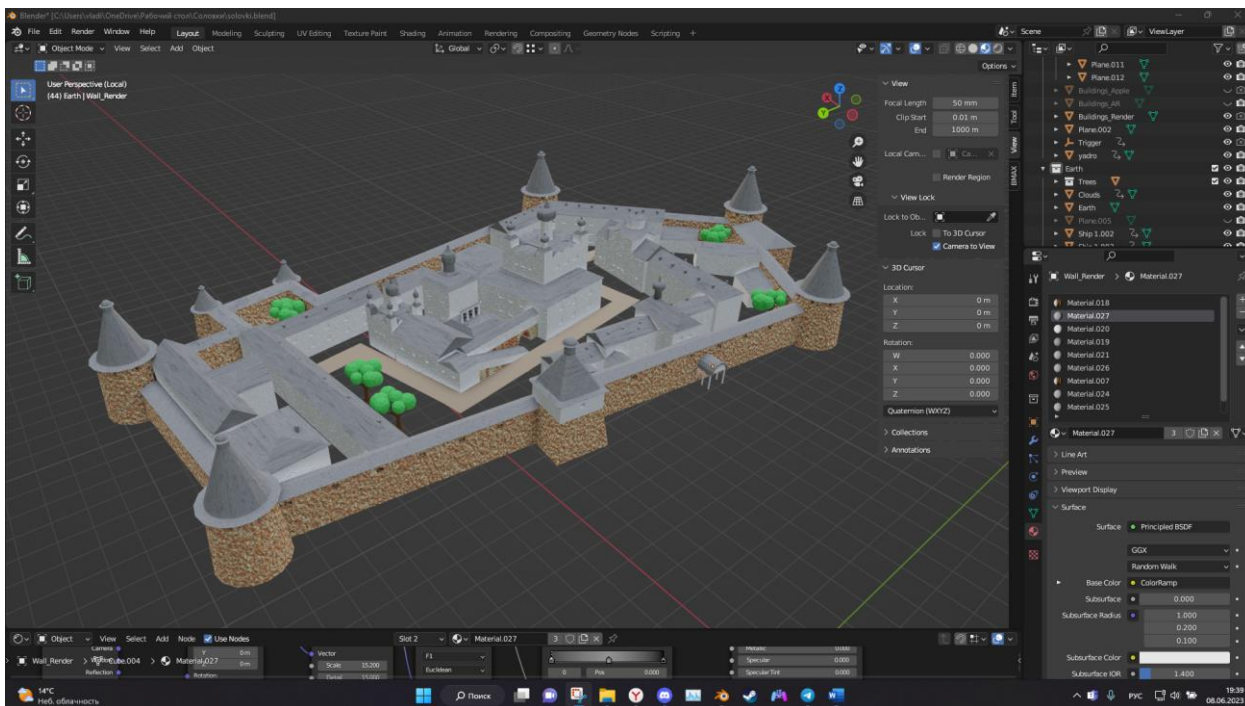


Рисунок 27 – Окрашенная модель Соловецкой крепости

Итоговый окрас сцены представлен на рисунке 28.

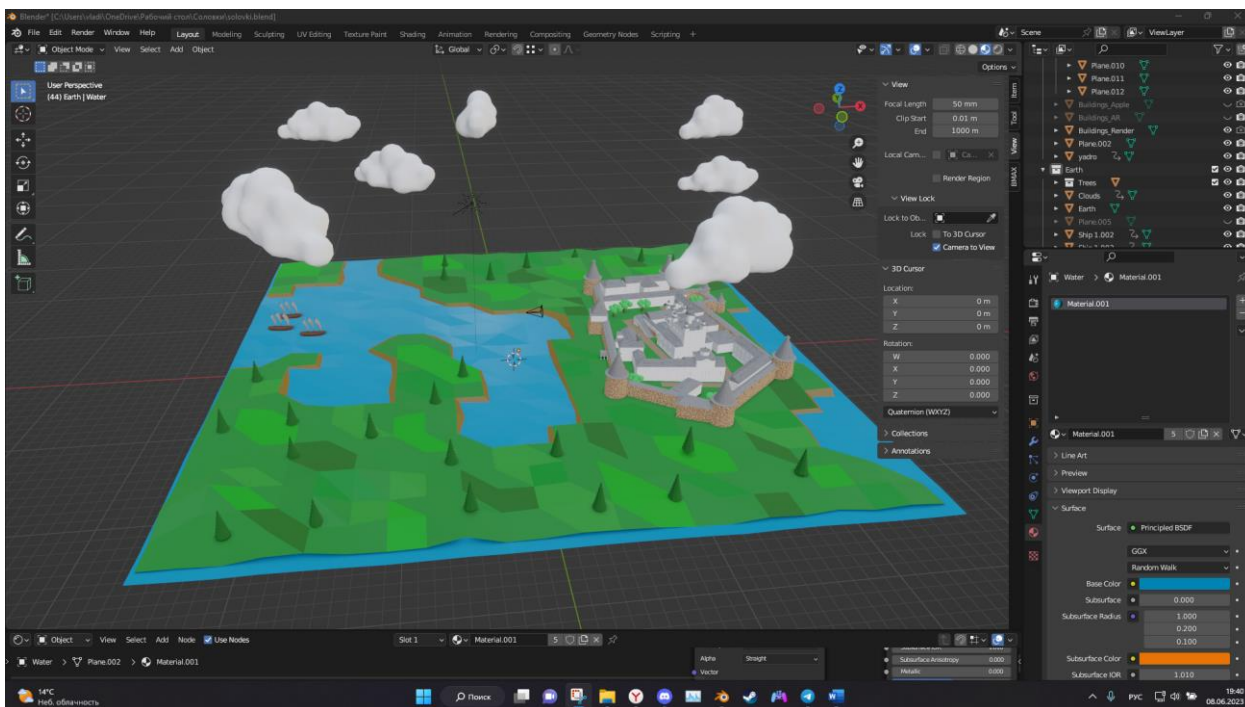


Рисунок 28 – Итоговый окрас сцены

3.1.3 Анимация

Согласно сценарию, три корабля должны подплывать к крепости, но не успев зайти в залив, по ним открывается пушечный огонь из северной башни, но ядро не попадает по кораблям и падает в воду, после чего корабли разворачиваются и уходят. Необходимо анимировать плавание кораблей, летящее ядро, дым из башни, колебания воды от удара ядра и движении облаков.

Вся анимация сцены занимает 500 кадров что примерно равняется 21 секундам, по 24 кадра в секунду. В начале анимации корабли медленно плывут по направлению к Соловецкой крепости. На 140-ом кадре (6-ая секунда анимации) раздается выстрел из пушки, из башни выходит дым, за основу которого была взята модель облаков, и вылетает ядро, созданное из простой сферы. На 166-кадре кадре (7-ая секунда анимации) ядро ударяется об воду, вода начинает колебаться, а корабли начинают разворачиваться на 180 градусов и уплывают. Помимо этого, во время всей анимации, облака в воздухе медленно двигаются над сценой.

Анимации кораблей была сделана с помощью инструмента Path. Для этого на сцену заранее добавляется кривая, по траектории которой будет двигаться привязанный с помощью инструмента Path к ней объект, что позволяет не тратить время на ручное расположение объектов в каждом кадре. Данный инструмент также позволяет настроить скорость движения по кривой в различных кадрах анимации. Движение ядра также было анимировано при помощи данного модификатора.

Анимация дыма от выстрела сделана с помощью заранее расположенных в точке выстрела и сжатых до минимального масштаба копий облаков, окрашенных в темно-серый цвет. В момент выстрела данные объекты постепенно увеличиваются в размерах и медленно движутся по траектории полета ядра, после чего быстро уменьшаются до прежних размеров. Момент выстрела представлен на рисунке 29.

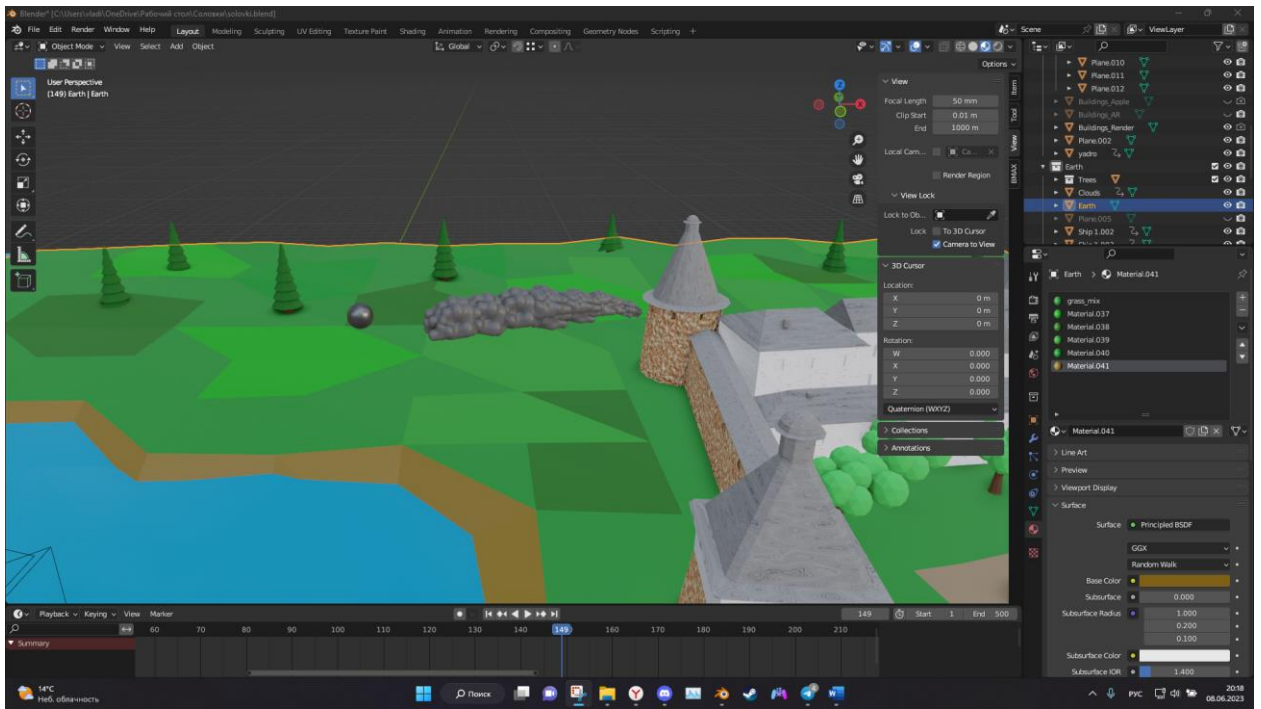


Рисунок 29 – Момент выстрела из пушки

Колебания воды выполнены при помощи покадрового перемещения полигонов водной поверхности в месте выстрела с постепенным уменьшением амплитуды колебаний. Момент попадания ядра в воду представлен на рисунке 30.

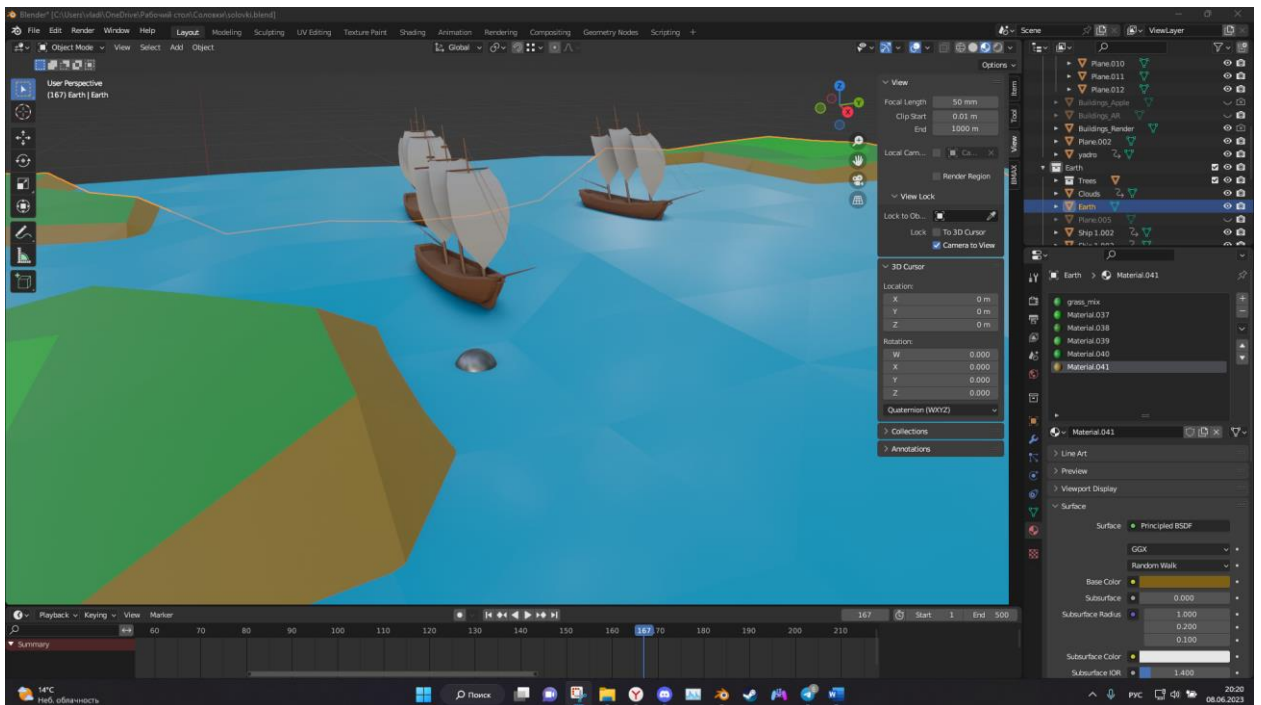


Рисунок 30 – Момент попадания ядра в воду

Анимация движения облаков создана при помощи простого указания точки расположения моделей в начале анимации и в конце. После чего во время воспроизведения анимации облака сами постепенно движутся из начальной точки в конечную.

Общий план сцены в момент выстрела из пушки представлен на рисунке 31.

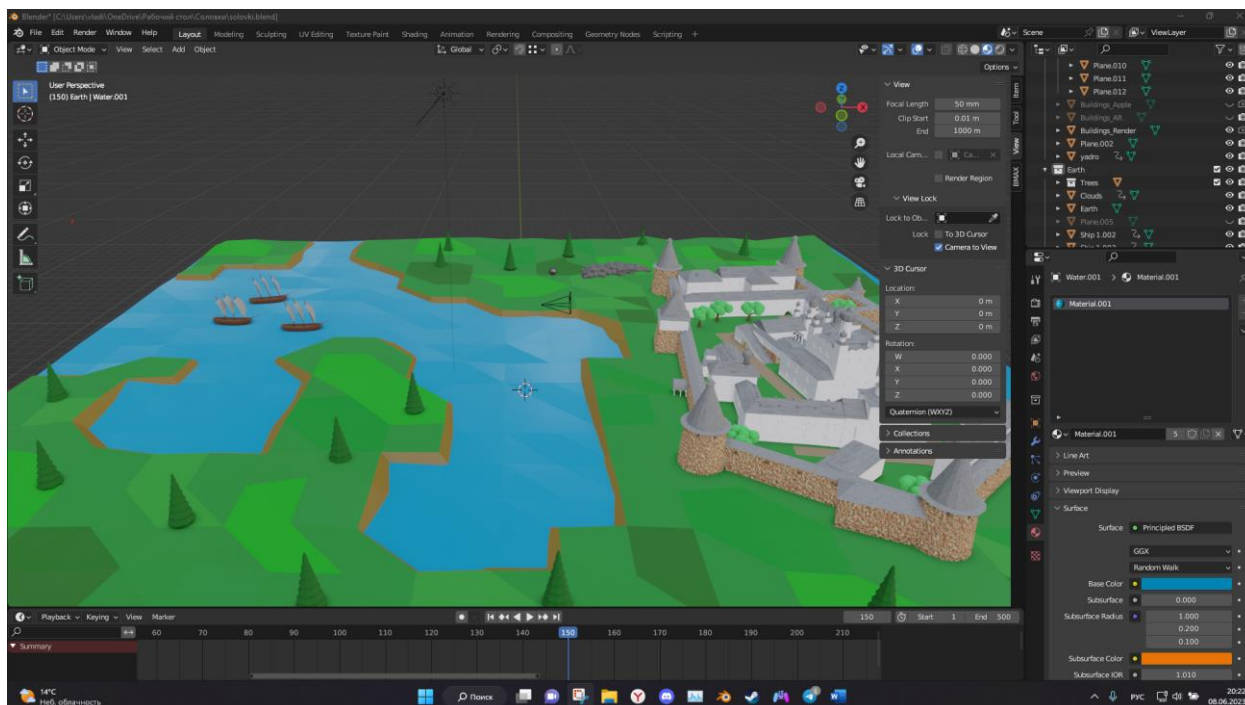


Рисунок 31 – Общий план сцены в момент выстрела

3.2 3D карта дельты реки Северная Двина

3.2.1 Моделирование

Модель карты дельты Северной Двины состоит из самой карты, объектов на ней (маяк «Белая башня», Николо-корельский монастырь, Новодвинская крепость, монастырь Святого Архангела Михаила, Спасо-преображенский собор) и подписей к ним.

Модель земной части карты создавалась из простой плоскости, чуть вытянутой вверх. Далее эта плоскость была разрезана на большое количество полигонов с помощью инструмента Cut Loop, после чего полученный полигоны были разделены еще в два раза в виде треугольников с помощью инструмента Triangulate Faces. После этого над плоскостью был расположен скриншот карты дельты Северной Двины для создания точной копии. Далее, при помощи инструмента Cut с плоскости были вырезаны части, которые на реальной карте являются реками и озерами. К полученной модели был применен модификатор Subdivision Surface, добавляющий модели больше полигонов для создания

сглаживания. В конце был использован модификатор Displace, для создания небольших неровностей на плоскости. Модель земной части карты представлена на рисунке 32.

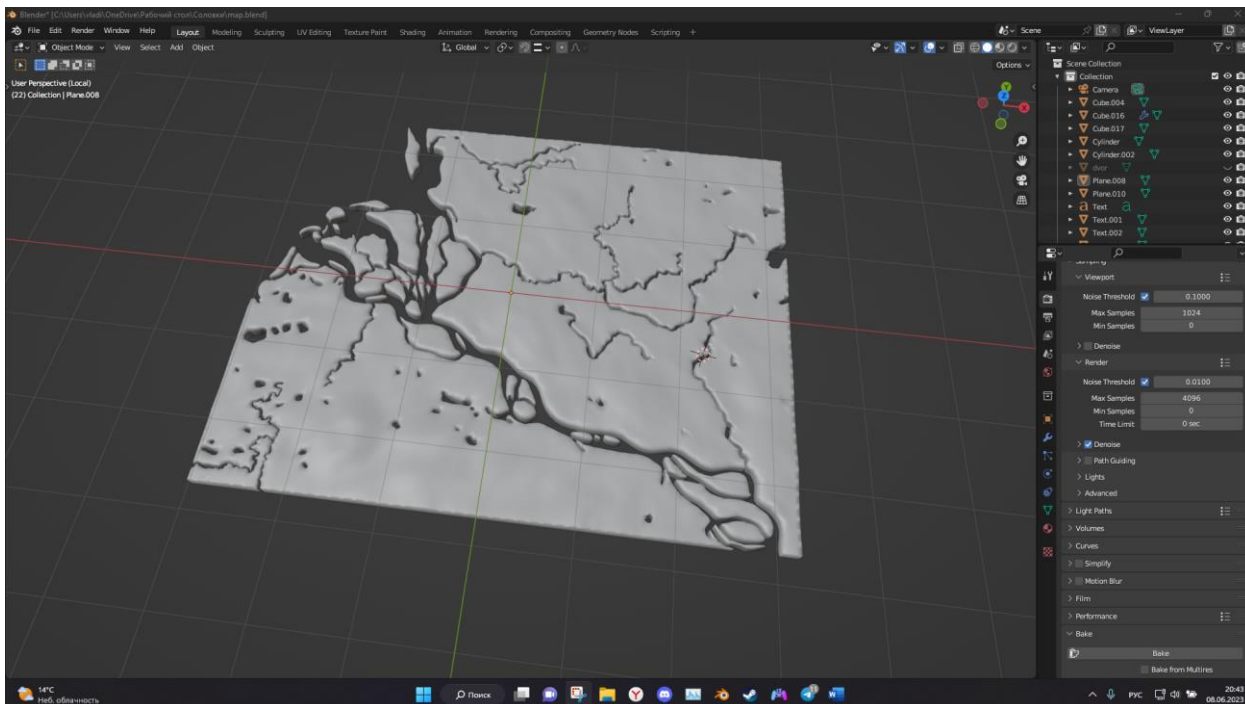


Рисунок 32 – Модель земной части карты

Вода на карте выполнена в виде простой плоскости помещенной по середине земной части карты. Модель карты дельты реки Северная Двина представлена на рисунке 33.

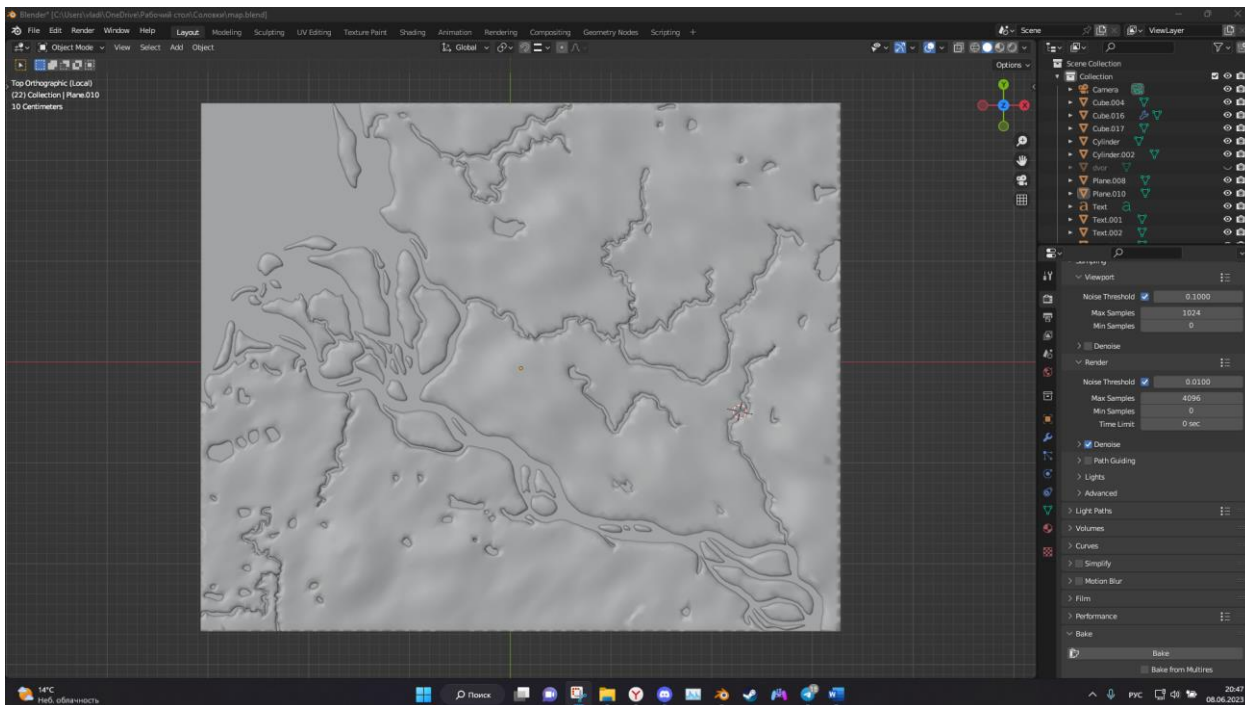


Рисунок 33 – Модель карты дельты реки Северная Двина

Модель маяка «Белая башня» сделан из простого цилиндра, с помощью инструментов масштабирование и выдавливание вытянутого в высоту. Окна и входная дверь выполнены при помощи подстановки в нужные места маленьких кубов и применения модификатора Boolean. Модель маяка «Белая башня» представлена на рисунке 34.

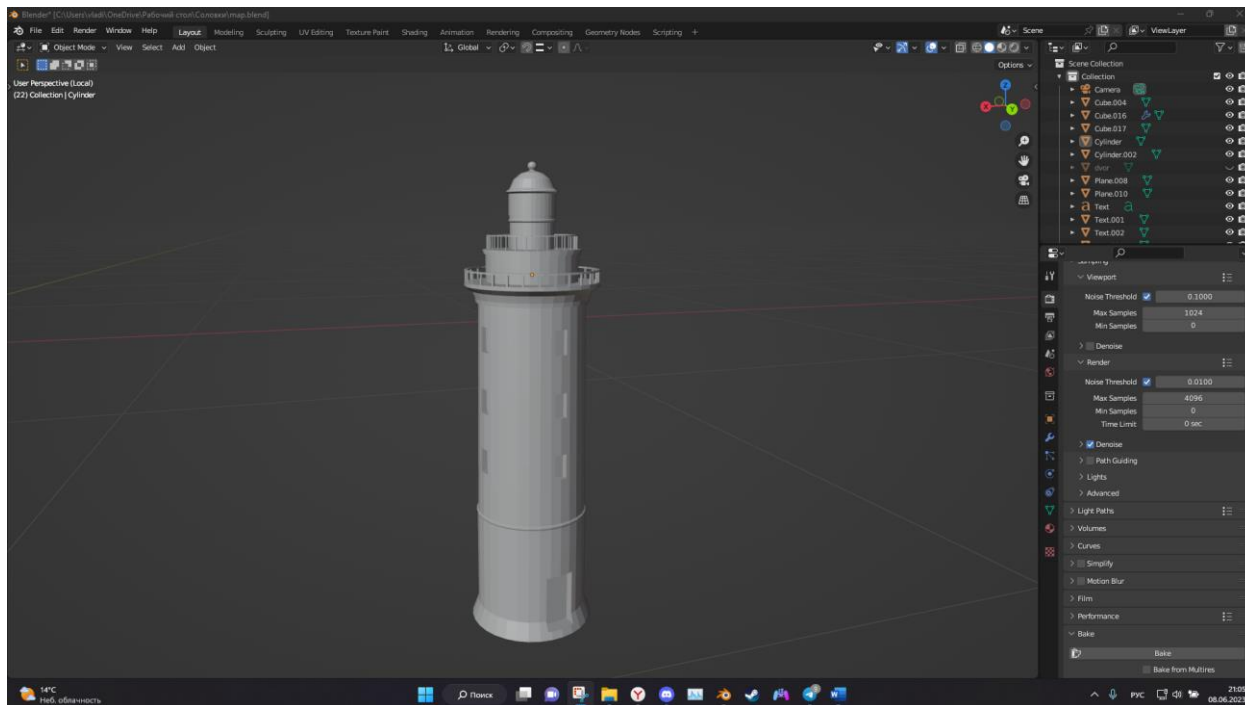


Рисунок 34 – Модель маяка «Белая башня»

Модель Николо-корельского монастыря выполнена из простого куба вытянутого и отмасштабированного по нужной форме. Окна и прорезы в лестницах выполнены при помощи подстановки в нужных местах геометрических фигур нужной формы и применения модификатора Boolean. Купола на вершине монастыря сделаны из простых цилиндров выдавленных и отмасштабированных по нужной форме. Модель Николо-корельского монастыря представлена на рисунке 35.

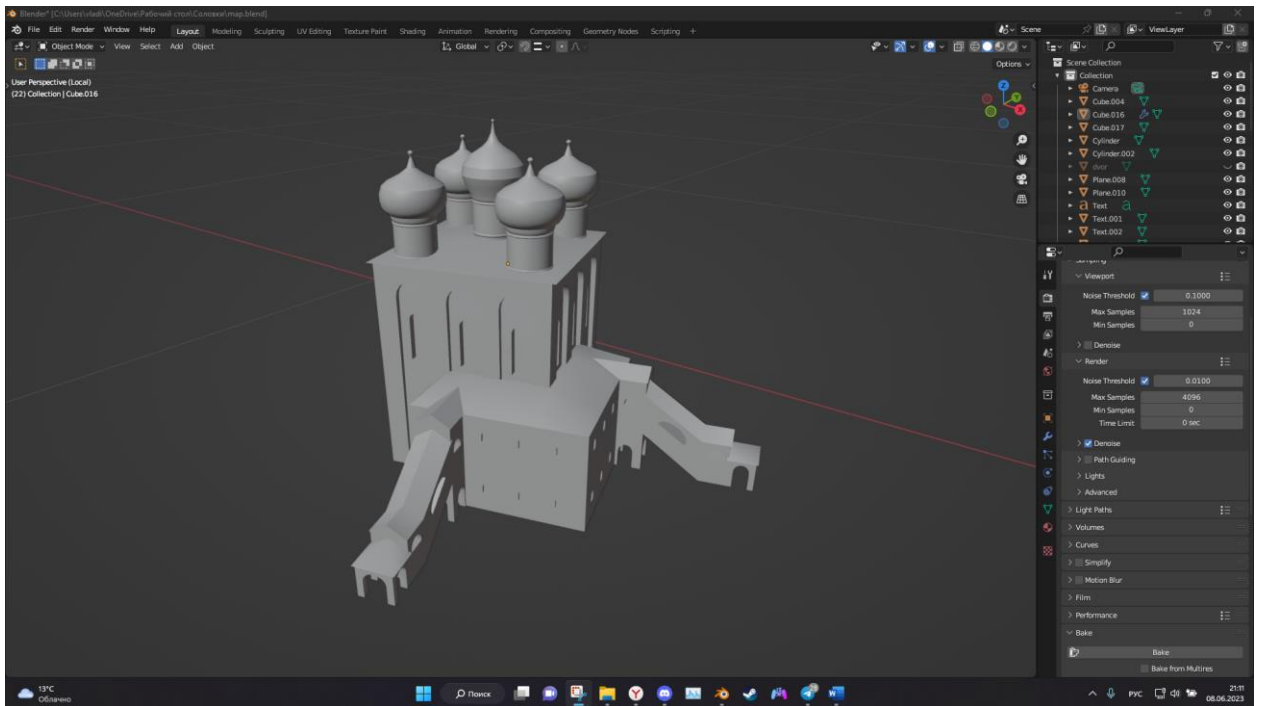


Рисунок 35 – Модель Николю-корельского монастыря

Модель Новодвинской крепости выполнена в крайне простом стиле. Стены и дома выполнены при помощи вытянутых и отмасштабированных кубов. Модель Новодвинской крепости представлена на рисунке 36.

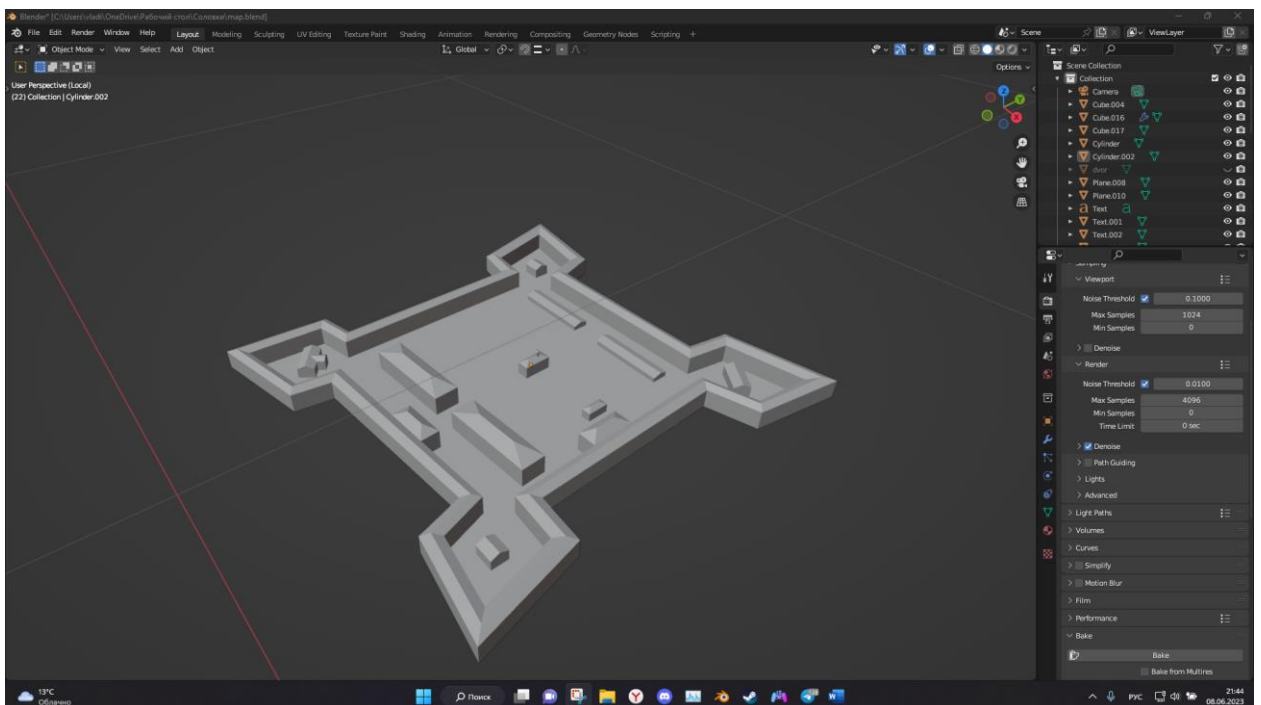


Рисунок 36 – Модель Новодвинской крепости

Модель Спасо-преображенского собора состоит из самого собора и колокольни. Собор сделан из куба вытянутого и выдавленного по нужной форме. Вход выполнен отдельным кубом с прорезями, сделанными с помощью модификатор Boolean. Крыша создана при помощи объединения верхнего полигона в одну линию. Купола на вершине собора сделаны из простых цилиндров выдавленных и отмасштабированных по нужной форме. Арки вдоль стен также выполнены при помощи цилиндров, обрезанных на половину и вытянутых вниз. Колокольня выполнена из куба, вытянутого в высоту с добавлением полигонов в середине. Окна сделаны также как прорези у входа в собор. Модель Спасо-преображенского собора представлена на рисунке 37.

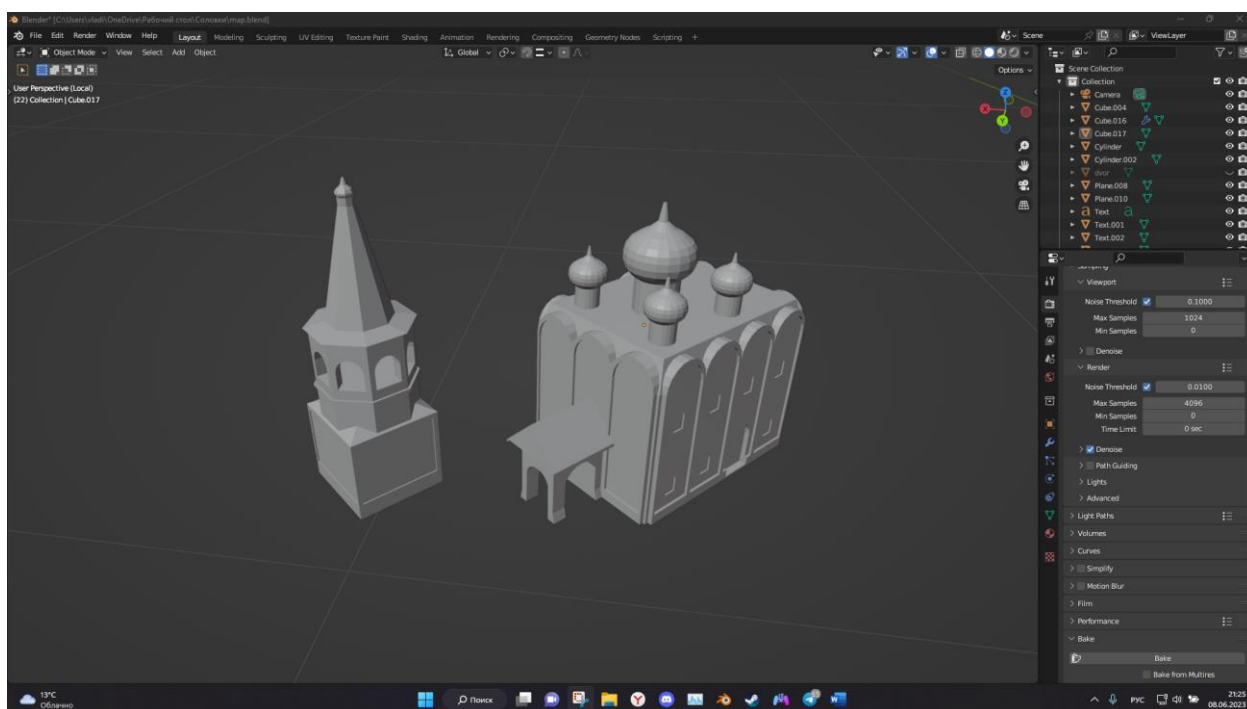


Рисунок 37 – Модель Спасо-преображенского собора

Модель собора Святого Архангела Михаила выполнена в крайне простом стиле. Стены и дома выполнены при помощи вытянутых и отмасштабированных кубов и цилиндров. Модель собора Святого Архангела Михаила представлена на рисунке 38.

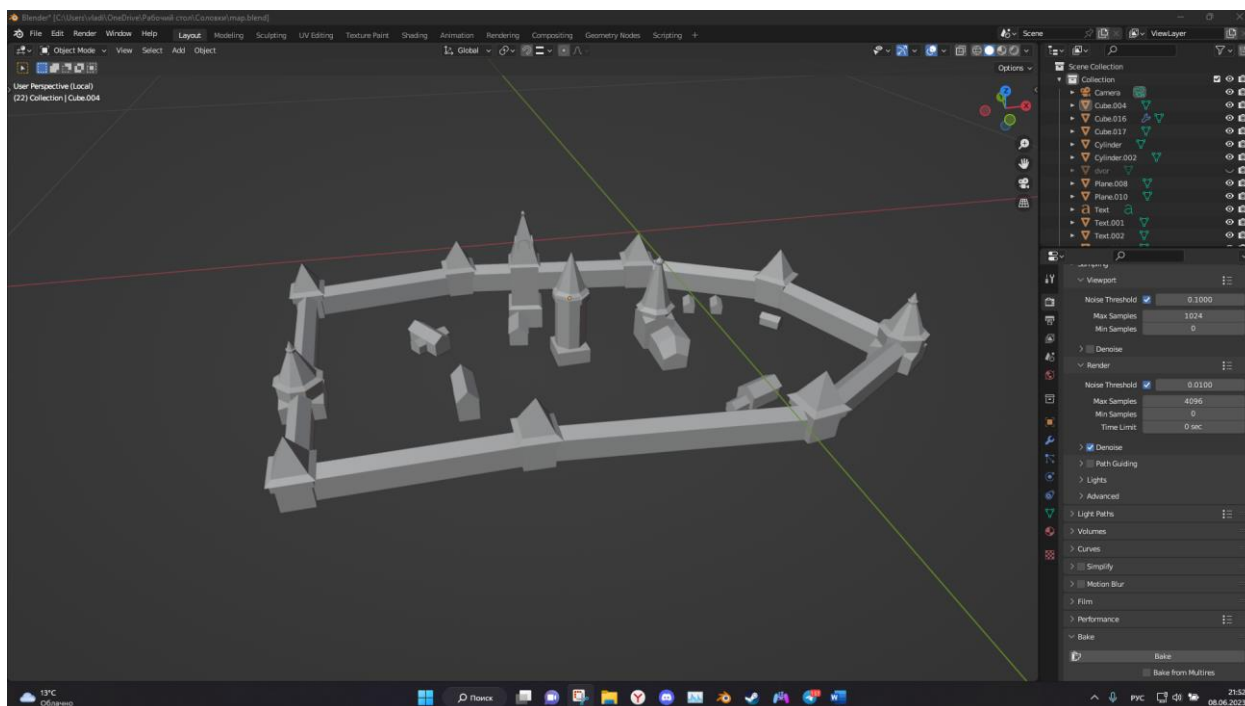


Рисунок 38 – Модель собора Святого Архангела Михаила

Мыс Пур-Наволок обозначен на карте простой подписью, без отдельной модели. Подписи к объектам на карте выполнены в виде текстовых облаков. Форма подписи сделана при помощи вытянутого цилиндра, с отдельно вытянутым в бок хвостом. Надписи сделаны при помощи объекта Text, позволяющего написать нужный текст, настроить шрифт, межбуквенное расстояние и превратить полученный результат в отдельную модель. С помощью этого типа объекта были также созданы надписи для обозначения рек на карте. Модель подписи «мыс Пур-Наволок» представлена на рисунке 39.

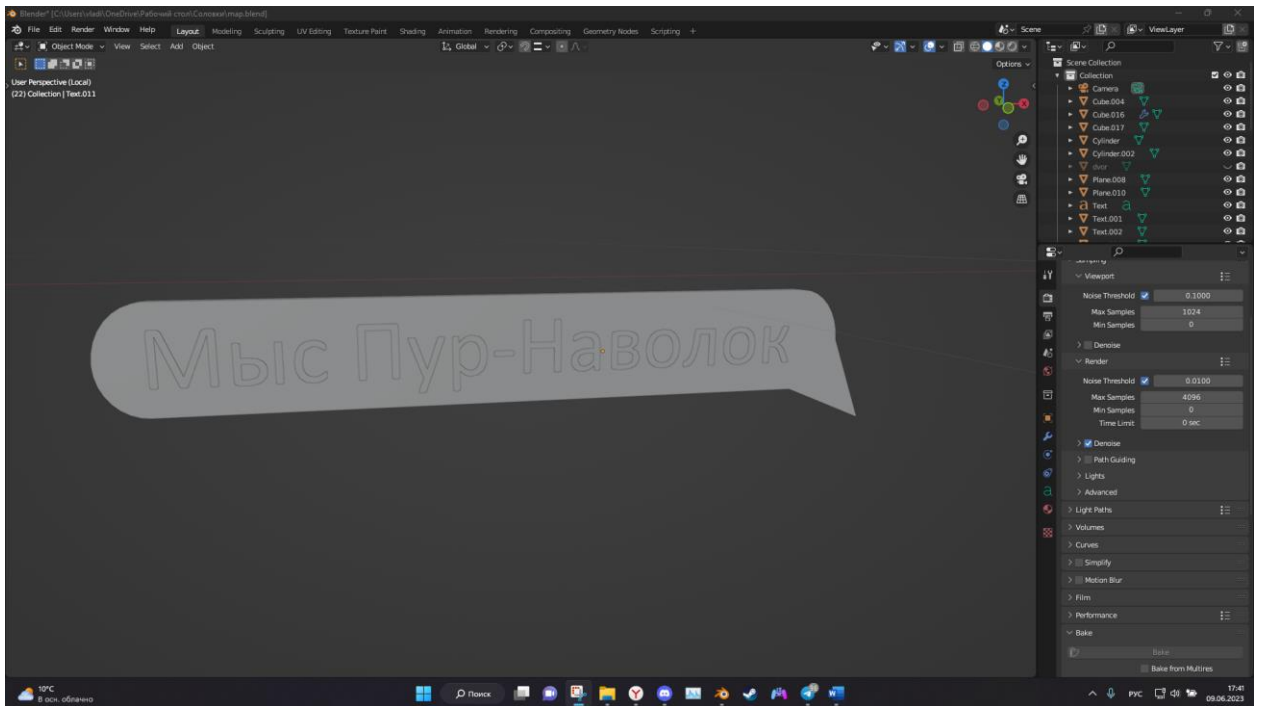


Рисунок 39 – Подпись «Мыс Пур-Наволок»

После создания всех объектов они были расположены на карте в соответствии с реальным географическим расположением. Так же к ним были добавлены подписи для обозначения. Полноценная модель 3D карты дельты реки Северная Двина представлена на рисунке 40.

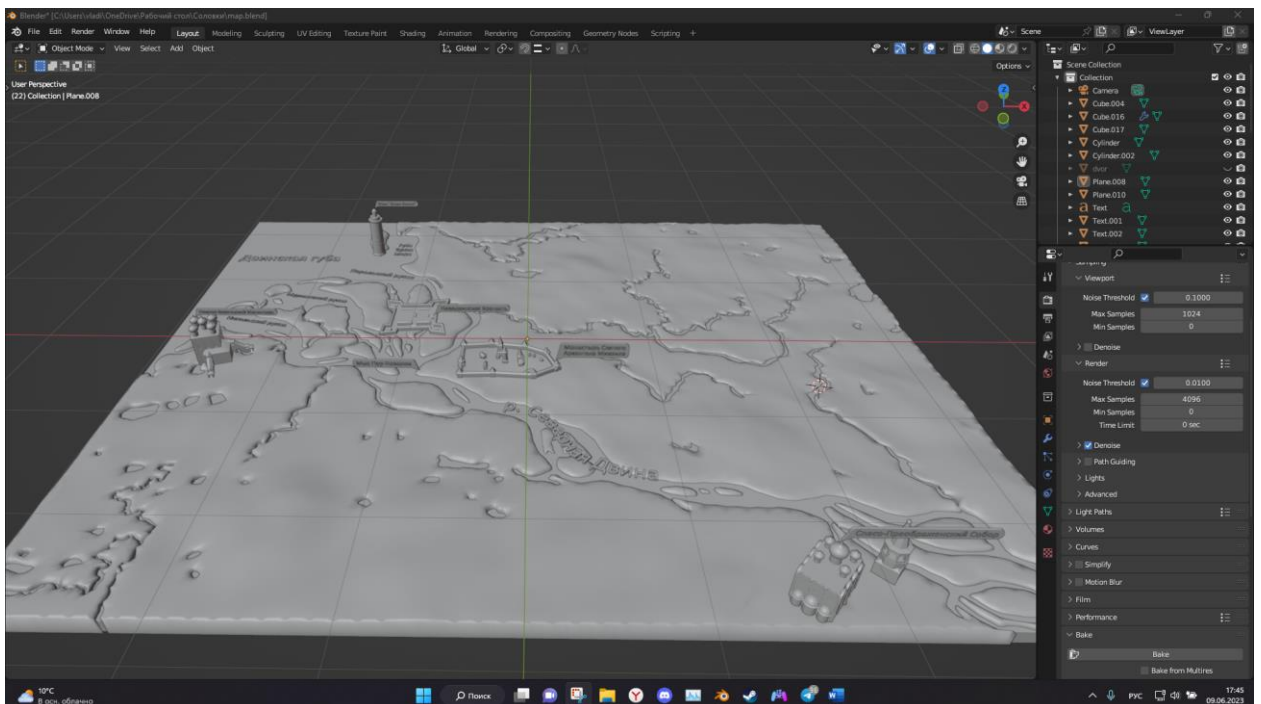


Рисунок 40 – Модель 3D карты дельты реки Северная Двина

3.2.2 Наложение материалов и текстур

В данной модели, для создания реалистичного эффекта, помимо материалов также были использованы текстуры. В данной и будущих моделях были использованы бесплатные текстуры сайта SketchUpTextures [21], находящиеся в свободном доступе для всех пользователей. Также во всех моделях, для создания UV-развертки, позволяющей настроить расположение текстур на объекте, использовался инструмент Smart UV Project, автоматический создающий UV-развертку модели.

Для модели карты использовались текстуры земли и травы. Текстура земли используется по краям карты для создания эффекта почвы под картой. Текстура травы используется для создания реалистичной зелени на карте. Вода была окрашена простым материалом голубого цвета (HEX-код: #30A0D4) с повышенной настройкой отражения. Окрашенная модель карты представлена на рисунке 41.

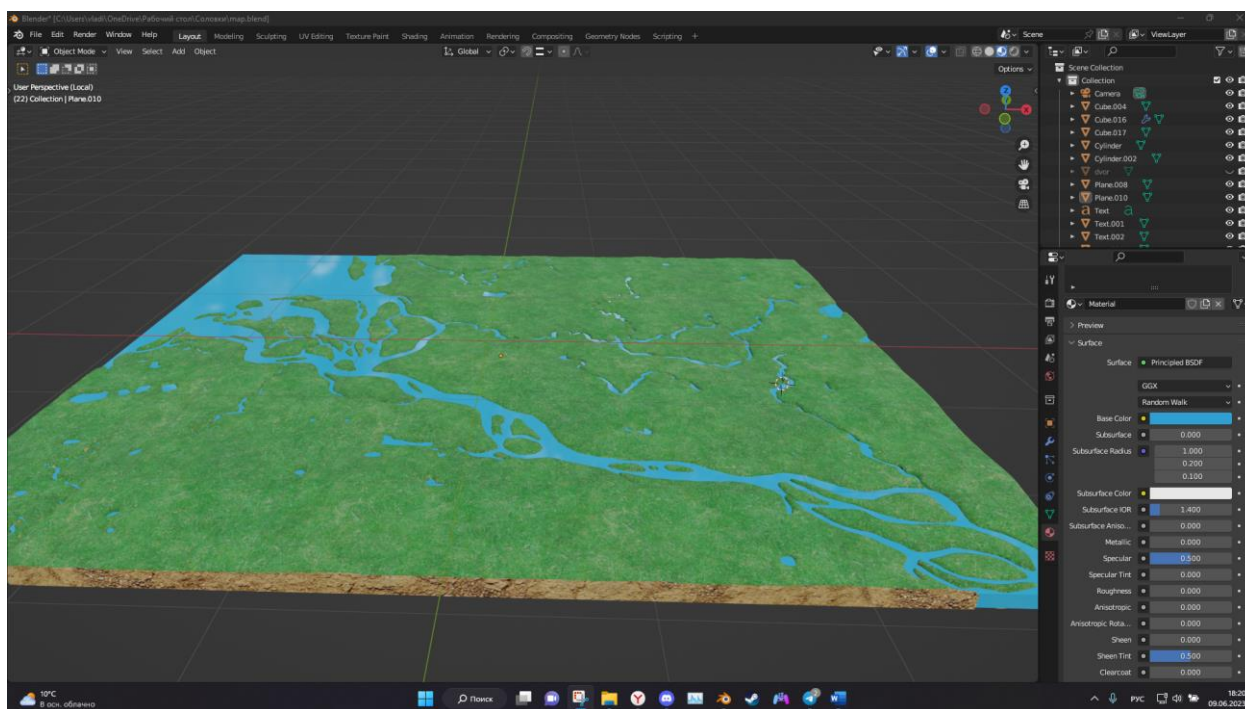


Рисунок 41 – Окрашенная модель карты

Маяк «Белая башня» был окрашен в соответствии с реальными цветами маяки. Основная часть строения маяка окрашена в желтый цвет (HEX-код: #EADA32). Верхняя часть строения окрашена в светло серый цвет (HEX-код: #A7A7A7). Сам маяк окрашен в темно-красный цвет (HEX-код: #610100), с повышенной настройкой Metallic, создающей эффект металла. На окна маяка был наложен материал стекла, доступный в программе изначально. Окрашенная модель маяка «Белая башня» представлена на рисунке 42.

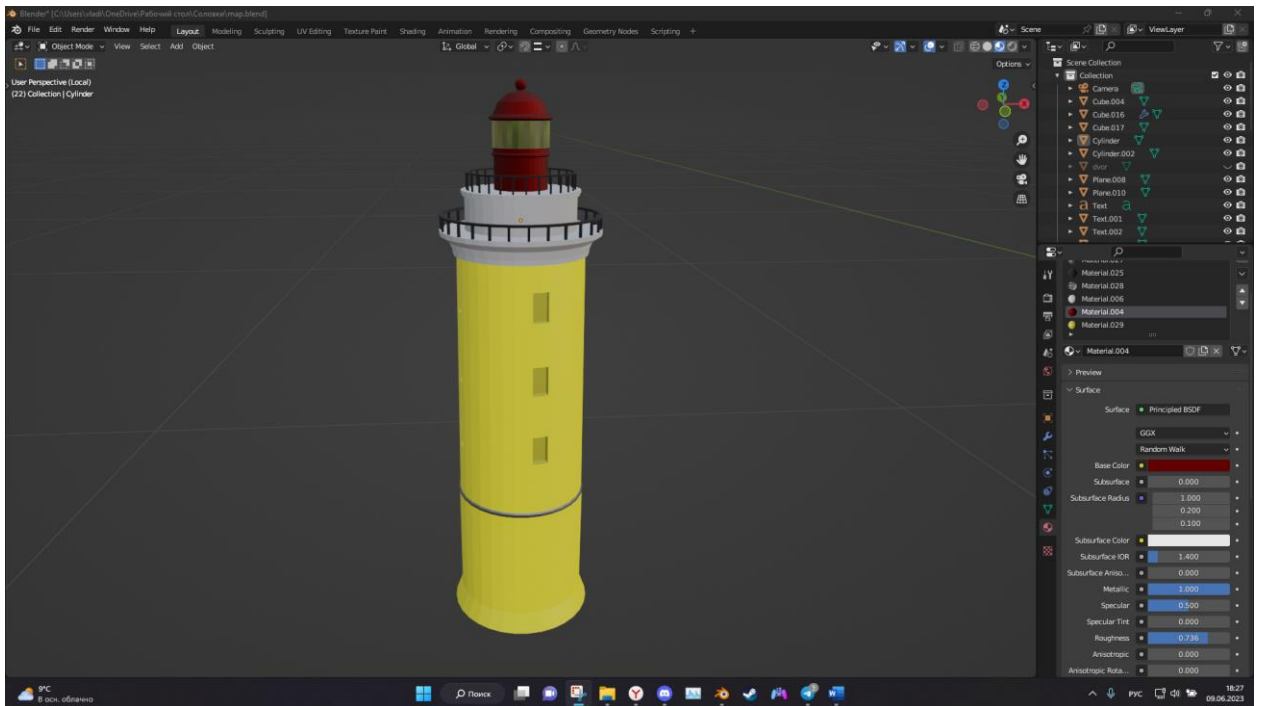


Рисунок 42 – Окрашенная модель маяка «Белая башня»

Модель Николо-корельского монастыря была окрашена в два цвета. Светло-серый (HEX-код: #D4D4D4) для стен и в серо-зеленый (HEX-код: #607253) для крыши и куполов. Окрашенная модель Николо-корельского монастыря представлена на рисунке 43.

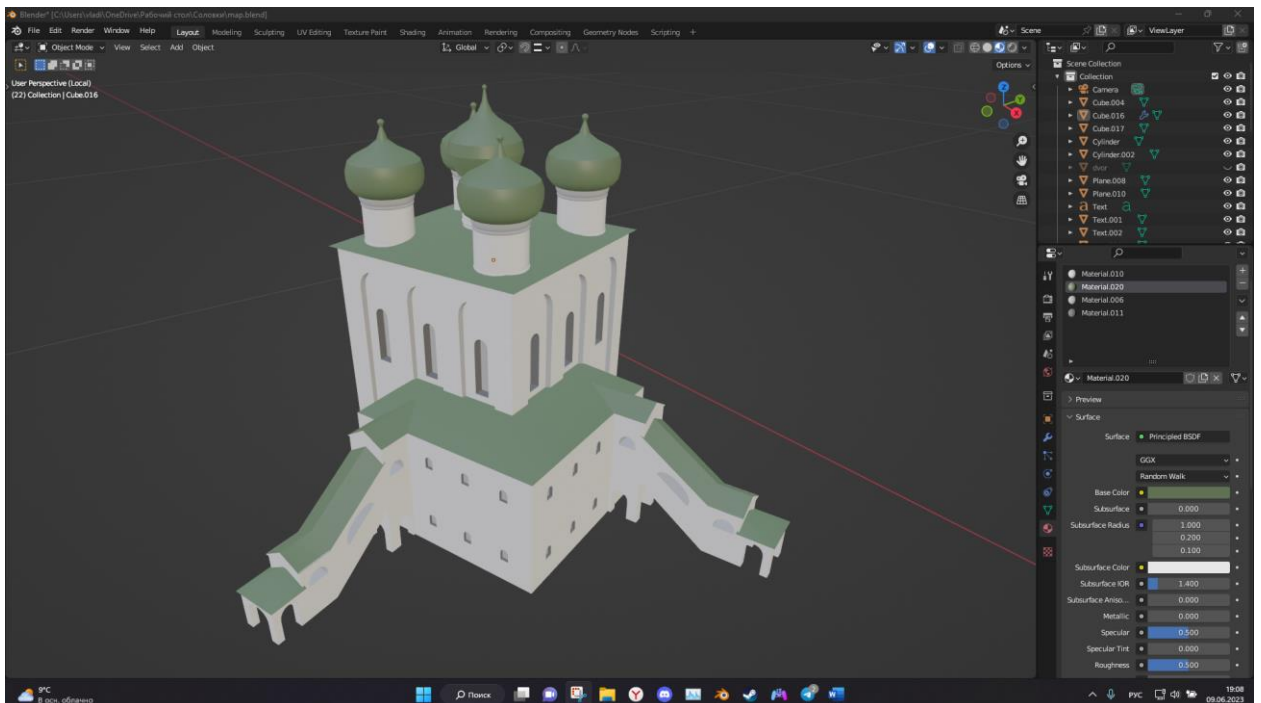


Рисунок 43 – Окрашенная модель Николо-корельского монастыря.

Модель Спасо-преображенского собора и его колокольни была окрашена в три цвета. В белый (HEX-код: #FFFFFF) для стен, черный (HEX-код: #313131) для крыш куполов собора и зеленый (HEX-код: #008B17) для крыш колокольни. Окрашенная модель Спасо-преображенского собора представлена на рисунке 44.

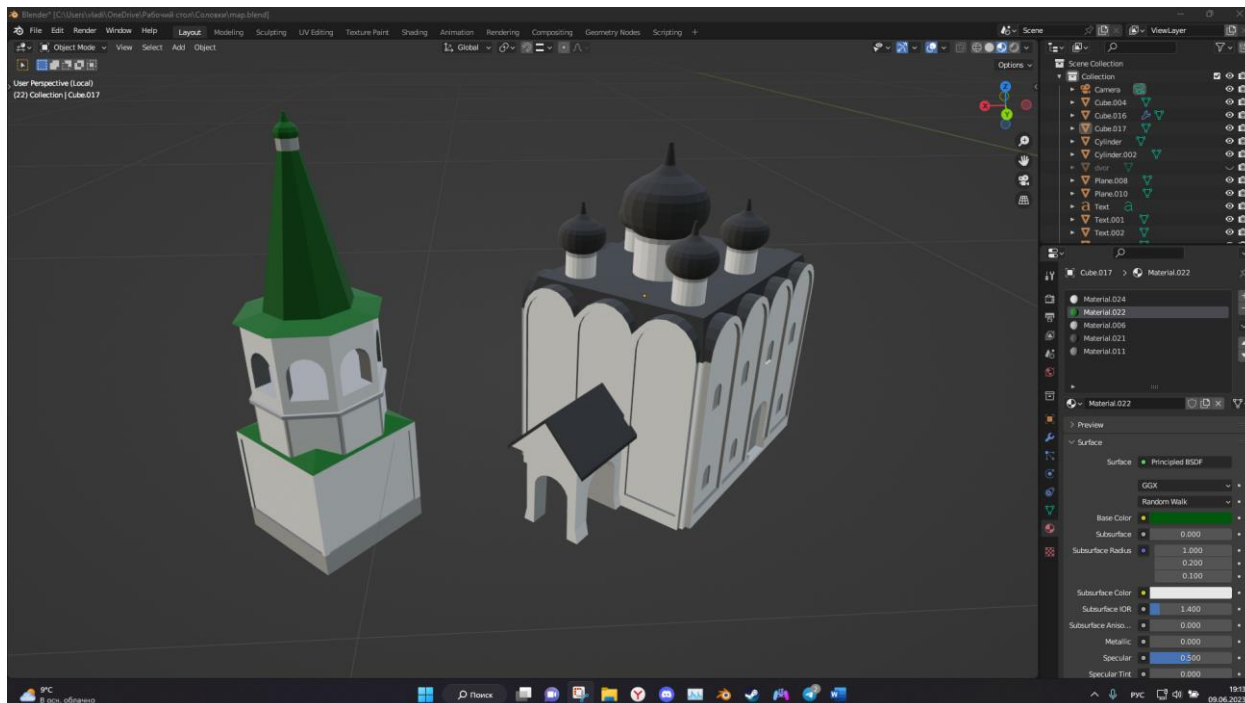


Рисунок 44 – Окрашенная модель Спасо-преображенского собора.

Модель Новодвинской крепости окрашена в четыре цвета. Белый (HEX-код: #D4D4D4) для стен крепости и каменных домов, в зеленый (HEX-код: #009424) для крыш крепости, в красный (HEX-код: #8D3B1F) для крыш каменных домов и в коричневый (HEX-код: #A27F64) для обозначения деревянных домов. Окрашенная модель Новодвинской крепости представлена на рисунке 45.

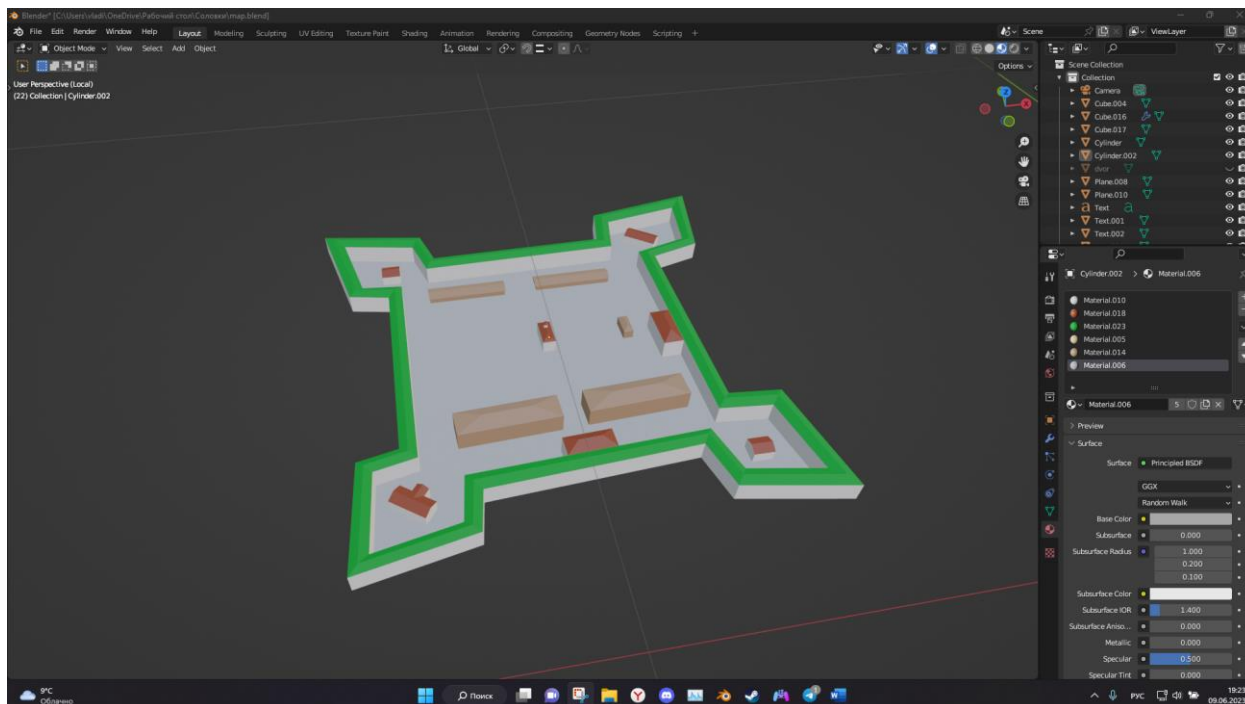


Рисунок 45 – Окрашенная модель Новодвинской крепости.

Модель собора Святого Архангела Михаила окрашена при помощи текстур. С помощью текстуры досок серого цвета были окрашены стены и внутренние строения собора. С помощью текстуры досок коричневого цвета были окрашены крыши стен и зданий. Окрашенная модель собора Святого Архангела Михаила представлена на рисунке 46.

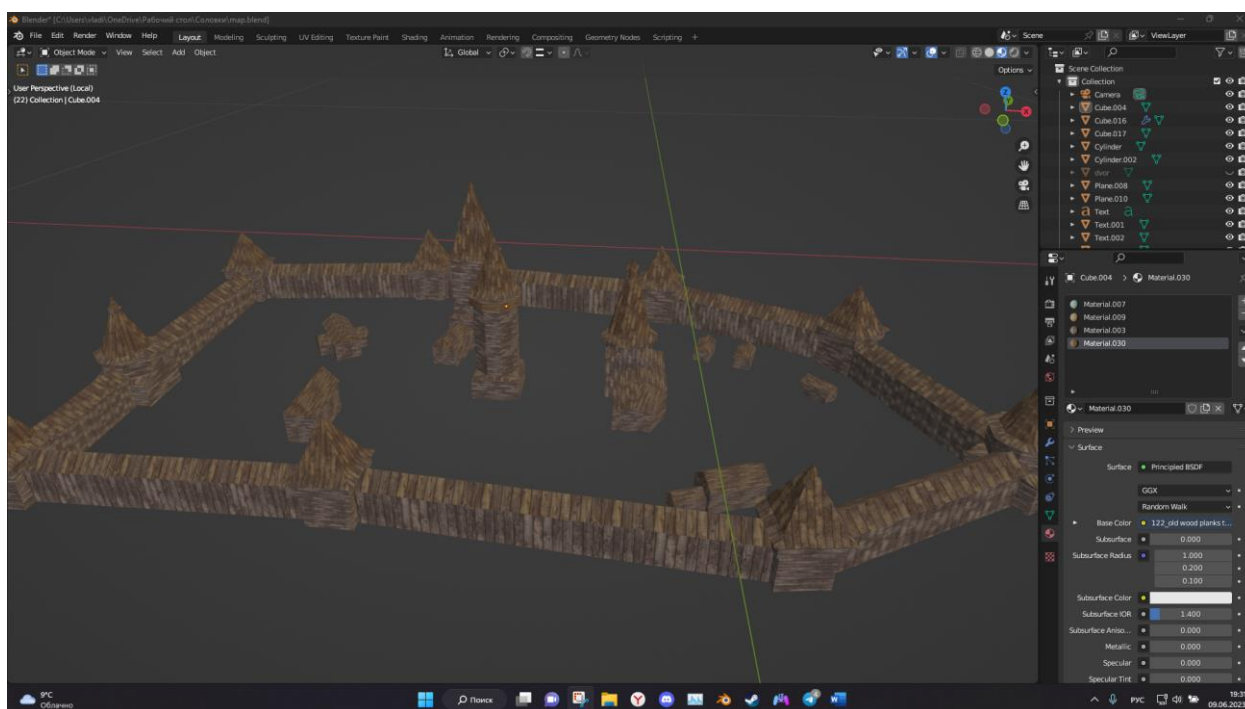


Рисунок 46 – Окрашенная модель собора Святого Архангела Михаила

Модели надписей окрашены в два цвета. Белый для облака текста и черный для самого текста и обводки вокруг облака. Окрашенная надпись «мыс Пур-Наволок» представлена на рисунке 47.

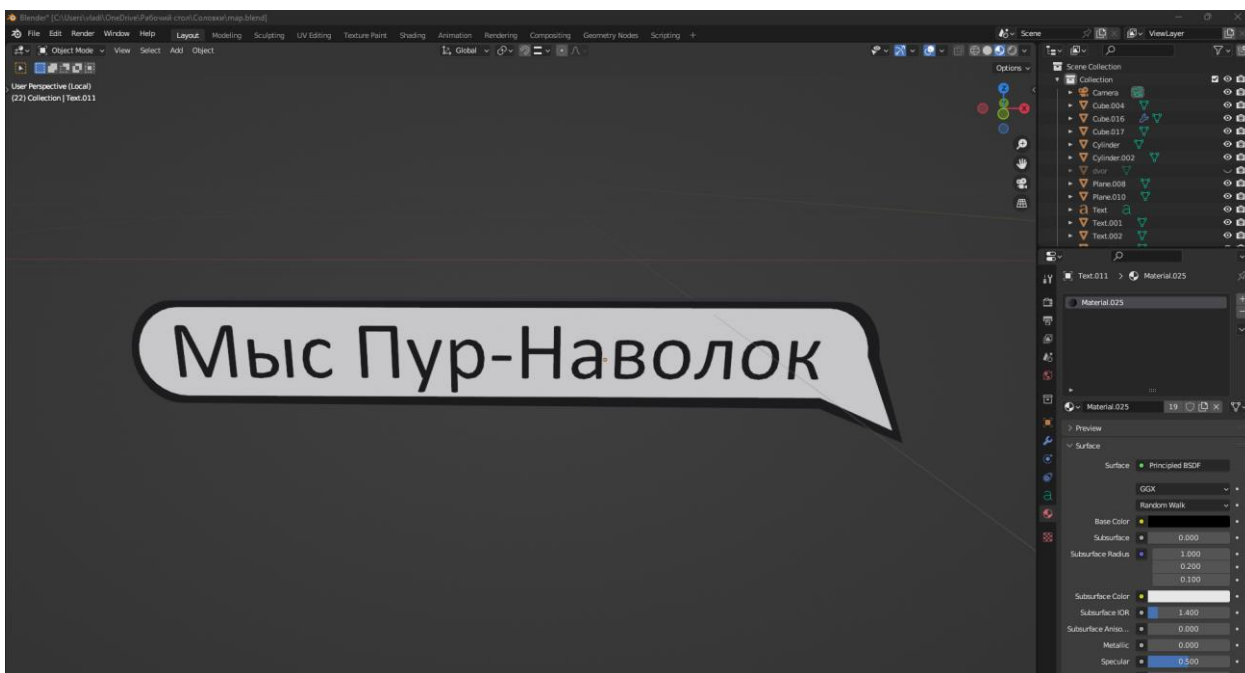


Рисунок 47 – Окрашенная надписи «мыс Пур-Наволок»

Конечный вариант модели 3D карты дельты реки Северная Двина представлена на рисунке 48.

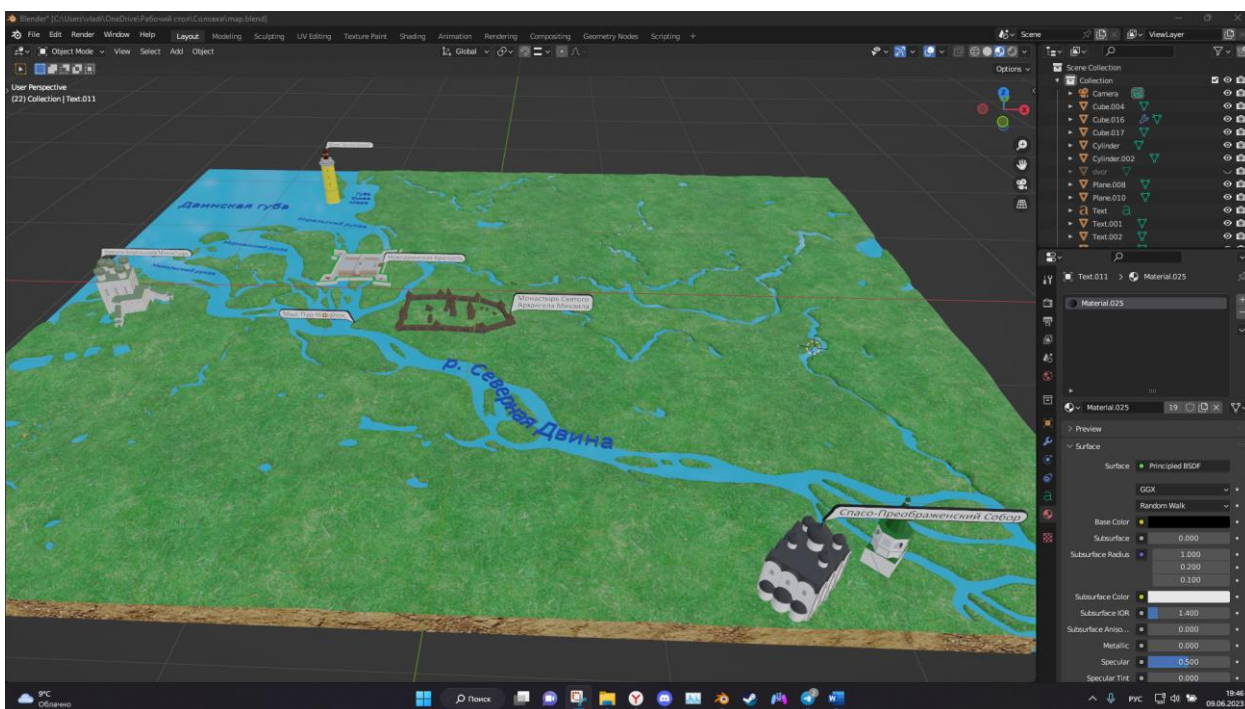


Рисунок 48 – Итоговая модель 3D карты реки Северная Двина

3.3 Поморский коч

3.3.1 Моделирование

Для создания поморского коча определить части, из которого он будет состоять. Это корпус, мачты с парусами, и предметы экстерьера (бочки, шлюпки, якорь).

Для создания корпуса на плоскости сцены X, Y и Z были расположены изображения реального корабля в трех плоскостях для достоверного изображения судна. Основа корпуса была сделана из простой плоскости, разрезанной на несколько полигонов. Позже модель была выдавлена и отмасштабирована примерно по нужной форме, после чего каждая точка модели была отдельно перемещена по контуру проекции. Палуба была сделана при помощи вдавливания верхней части модели вглубь. Руль и управляемый им поворотный механизм в задней части корабля были также выдавлены, а часть полигонов была удалена для эффекта отдельных частей. Нос корабля был сделан из цилиндра, вытянутого вдоль. Лестницы, проход в трюм и решетка над трюмом были выполнены из отдельных кубов, также вытянутых и отмасштабированных по нужной форме. Корпус корабля представлен на рисунке 49.

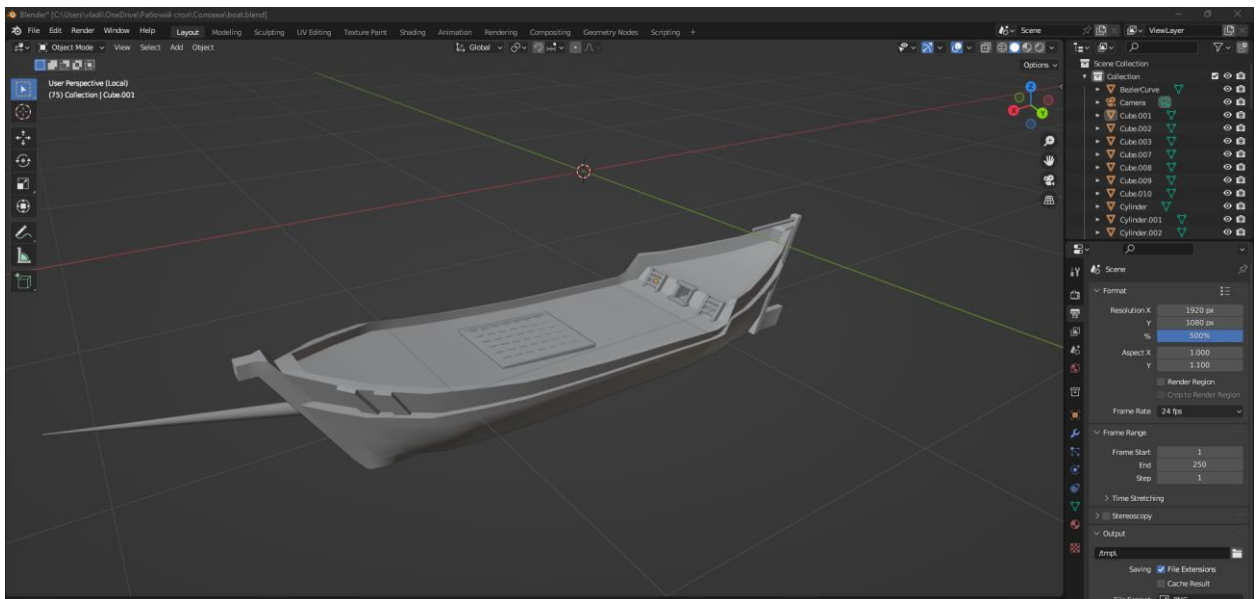


Рисунок 49 – Корпус корабля

Мачты корабля, канаты, скрепляющие эти мачты и переключины на их вершине сделаны из простых цилиндров, вытянутых вдоль. Канаты, оплетённые вокруг переключин и мачт также сделаны из цилиндров, но к ним был применен модификатор Screw, позволяющий быстро создавать спирали из объектов и тонко их настраивать. Пару сделаны при помощи плоскостей разрезанных на очень большое количество полигонов. После, края

этих плоскостей были закреплены в пространстве, а к самим плоскостям был применен модификатор Cloth, позволяющий симулировать поведение ткани. После на сцену был добавлен объект Force Field, использующийся в проектах с симуляцией физики. Тип объекта был выбран Wind (ветер) и направлен по направлению корабля. Благодаря этому были реалистично смоделированы паруса корабля. Мачты с парусами и крепежные канаты представлены на рисунке 50.

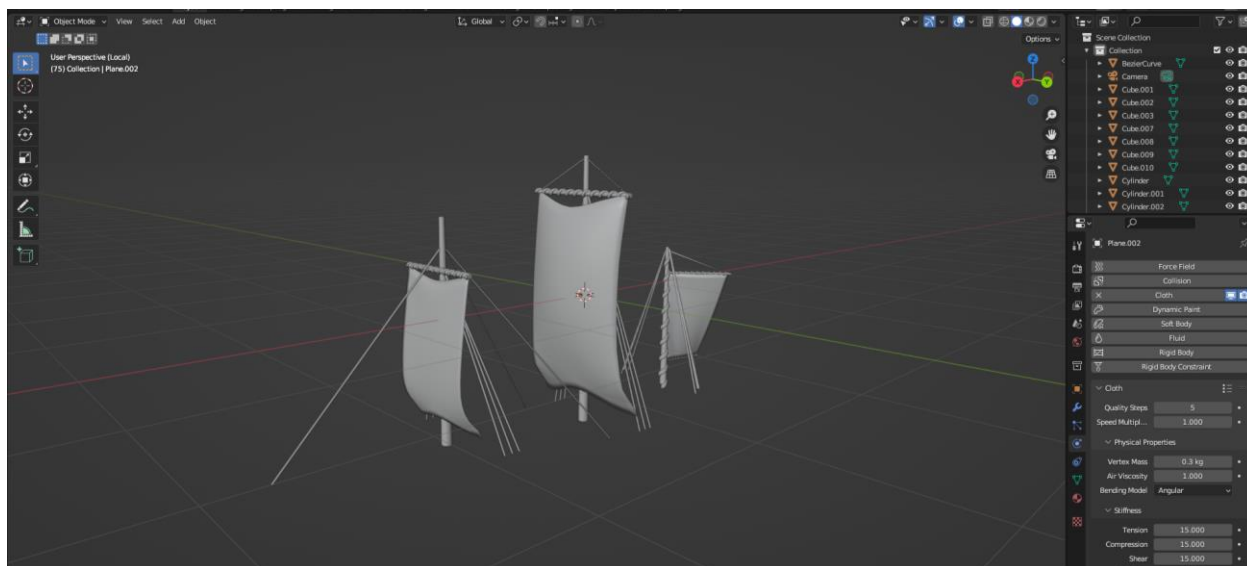


Рисунок 50 – Мачты, паруса и канаты

Бочки на корабле были сделаны из цилиндра, вытянутого высоты и отмасштабированного по нужной форме. Шлюпки были выполнены схожим образом, но из куба. После создания первой шлюпки, вторая была просто скопирована и расположена поверх первой. Бочки и шлюпки представлены на рисунке 51.

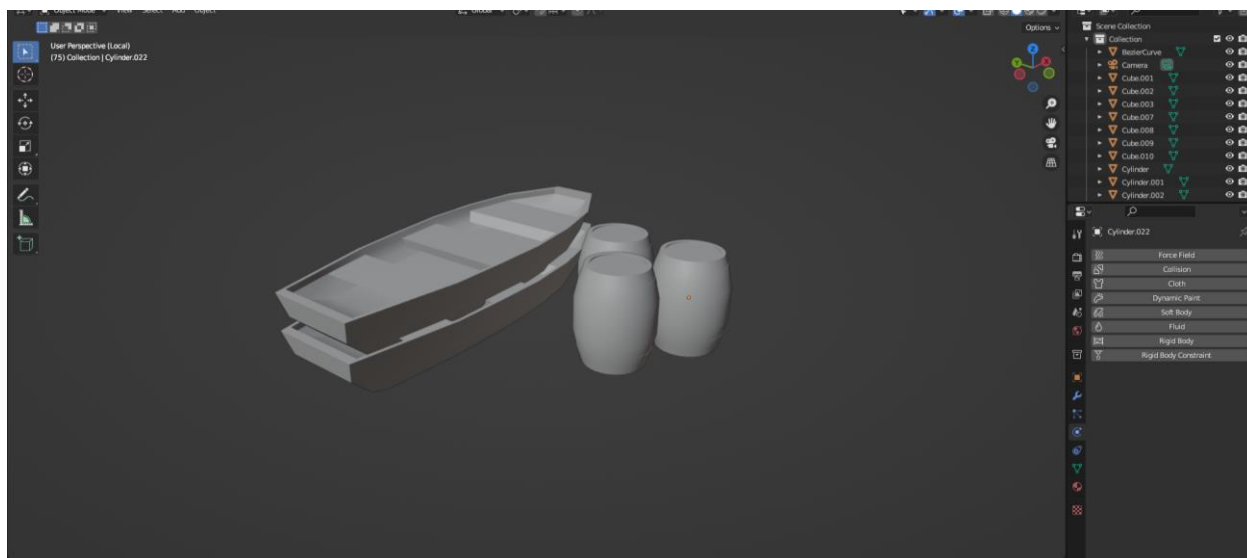


Рисунок 51 – Бочки и шлюпки

Якорь был сделан из плоскости и с помощью инструментов масштабирование и выдавливание был изменен до нужной формы. Также для этого использовался модификатор mirror, для создания зеркальных изменений по ходу работы с объектом. Механизм якоря был сделан из множества цилиндров. Для создания каната использовалась кривая Безье. Сначала кривая была вручную скручена по нужной форме, а после вокруг этой кривой были выдавлены полигоны. Якорь, канат и механизм представлены на рисунке 52.

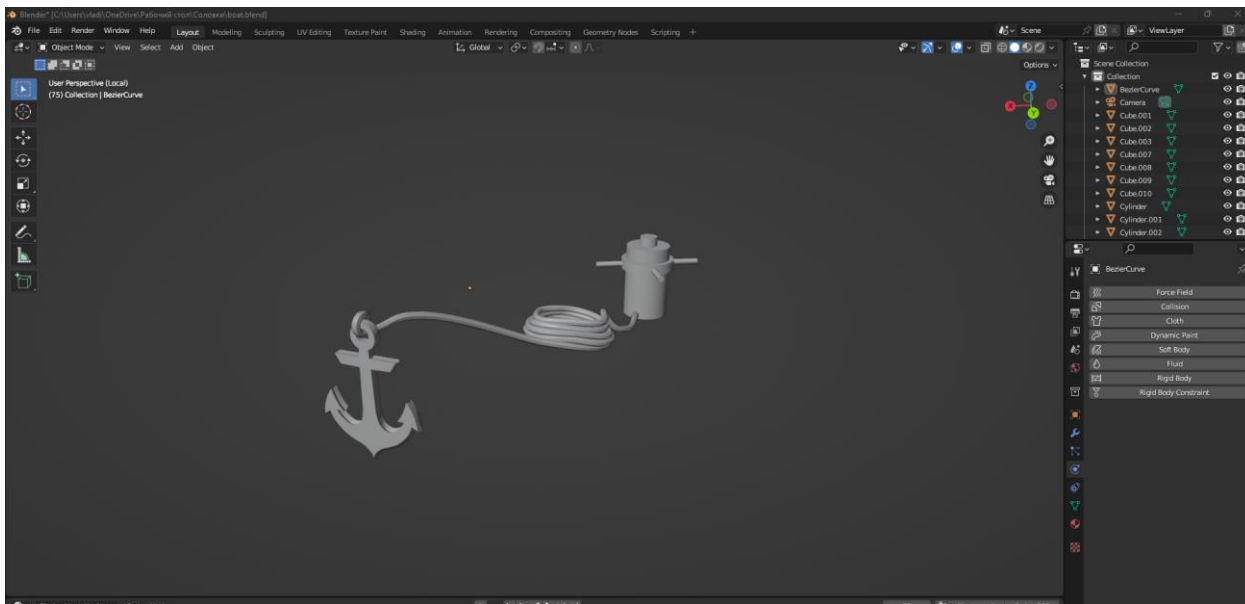


Рисунок 52 – Якорь, канат и механизм

Модель поморского коча представлена на рисунке 53.

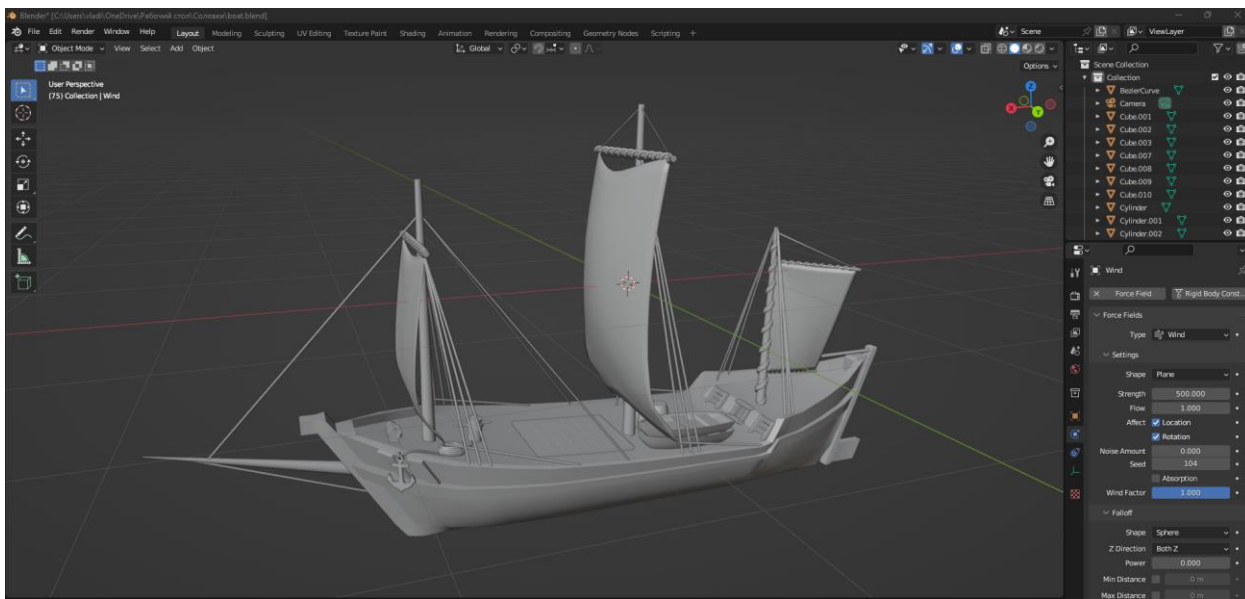


Рисунок 53 – Поморский коч

3.3.2 Наложение материалов и текстур

Во всей модели использовались пять текстур и два материала.

Текстура коричневых досок используется в корпусе корабля, шлюпках, бочках, якорном механизме и в решётке над трюмом. Текстура коричневых досок представлена на рисунке 54.



Рисунок 54 – Текстура коричневых досок

Текстура темных досок используется на палубе корабля. Текстура темных досок представлена на рисунке 55.



Рисунок 55 – Текстура темных досок

Текстура светлых досок используется в боковых элементах корабля. Текстура светлых досок представлена на рисунке 56.



Рисунок 56 – Текстура светлых досок

Текстура брусьев используется в мачтах, переключателях, поворотном механизме и носовой части корабля. Текстура брусьев представлена на рисунке 57.



Рисунок 57 – Текстура брусьев

Текстура ткани используется в парусах и якорном канате. Текстура ткани представлена на рисунке 58.

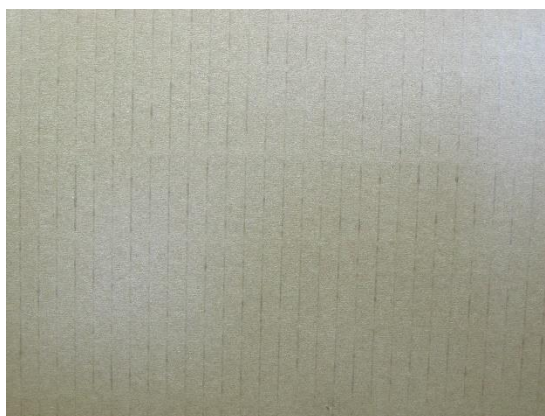


Рисунок 58 – Текстура ткани

Материал метала используется в якоре и скрепляющих кольцах на бочках. Черный материал используется для в решётке трюма и переходных элементах между корпусом и поворотным механизмом. Итоговая модель поморского коча представлена на рисунке 59.



Рисунок 58 – Итоговая модель поморского коча

3.4 Гостиные дворы

3.4.1 Моделирование

Модель Гостиных дворов представляет собой аналог миниатюры реального строения с прорезями в некоторых стенах и башня. Модель стоит из центральной башни, круглых башен, одна из которых доступна для просмотра изнутри, стен здания, две из которых также доступны для просмотра изнутри, а также деревянных построек на территории дворов.

Центральная башня была сделана из куба, выдавленного и отмасштабированного по нужной форме. Арка и окна объекта были сделаны путем вырезания отдельных частей модели при помощи модификатора Boolean. Модель центральной башни представлена на рисунке 59.

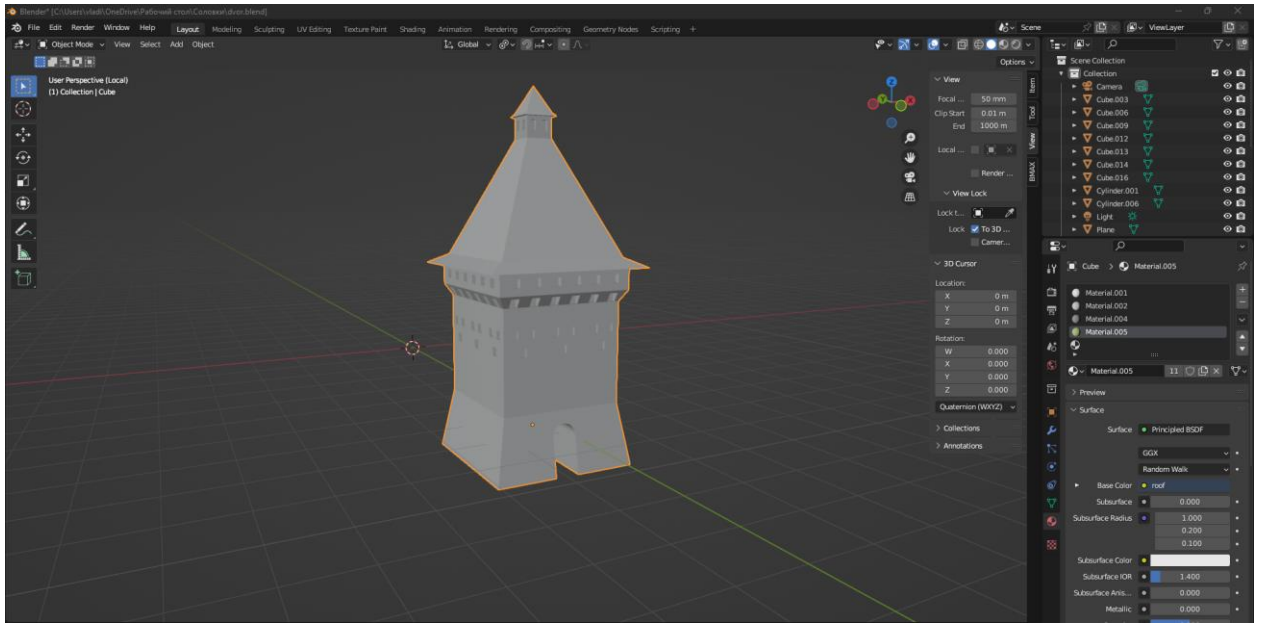


Рисунок 58 – Модель центральной башни

Круглые башни были сделаны по тому же принципу что и центральные, но из цилиндров. Чтобы убрать стену в башне, которую необходимо подготовить для просмотра, использовался цилиндр похожей формы, который был поставлен так, чтобы при применении модификатора Boolean, не только исчезали полигоны, мешающие просмотру, но и создавалась толщина для стен башни. Лестничный пролет внутри башни был создан путем вытягивания вершины башни вниз, а перекладины под крышей создавались из отдельных кубов. Модели центральной башни и башни с прорезями представлены на рисунках 59 и 60.

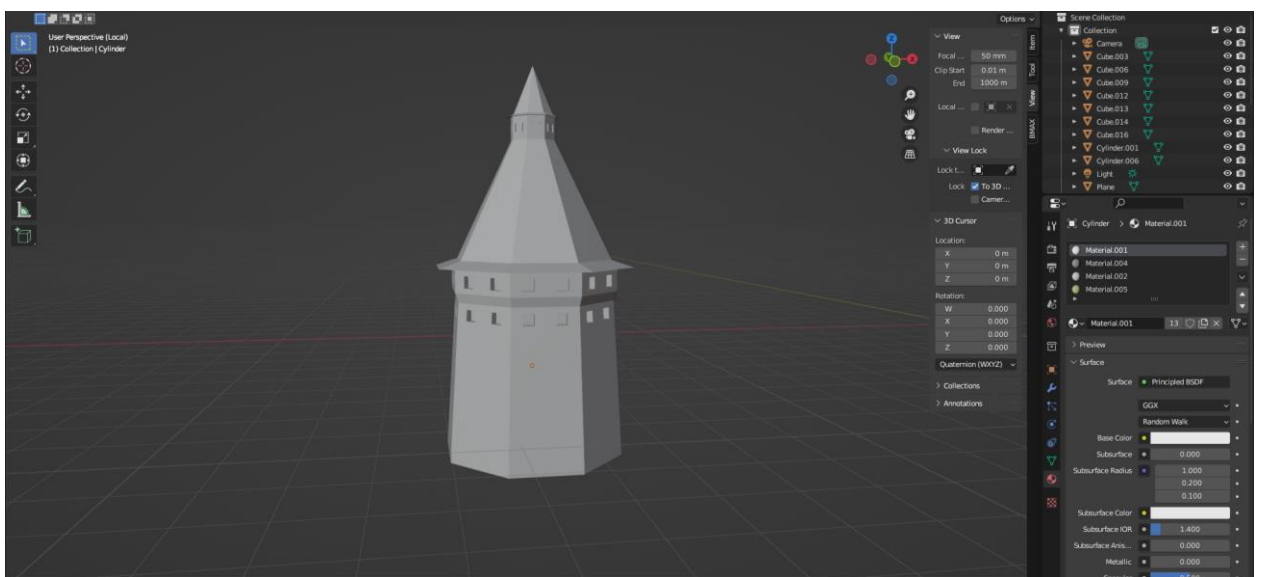


Рисунок 59 – Модель круглой башни

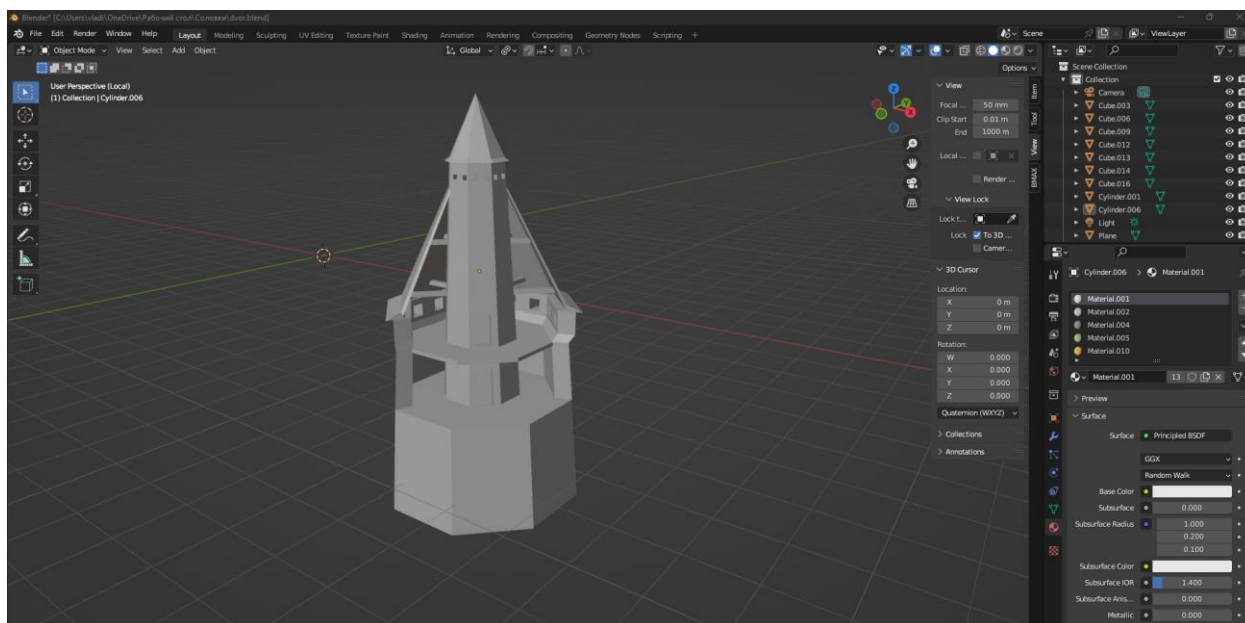


Рисунок 60 – Модель башни с прорезями

Стены крепости также были созданы при помощи вытянутых и отмасштабированных кубов. Арки и окна в них также были созданы при помощи модификатора Boolean. Лестницы ведущие со двора на второй этаж выполнены в виде отдельных объектов, также сделанных из кубов. Одна из стен, изнутри являющаяся обычным коридором доступна для просмотра. Для удаления стен и создания проходов внутри также использовался модификатор Boolean. Вторая стена, изнутри представляющая собой гостиную, также была сделана доступной для просмотра, путем удаления одной из стен. Внутри нее были дополнительно расположены предметы интерьера, такие как стулья, стол и печка, являющиеся отдельными объектами. Общая модель стен, модель коридора и модель гостиной представлены на рисунках 61-63.

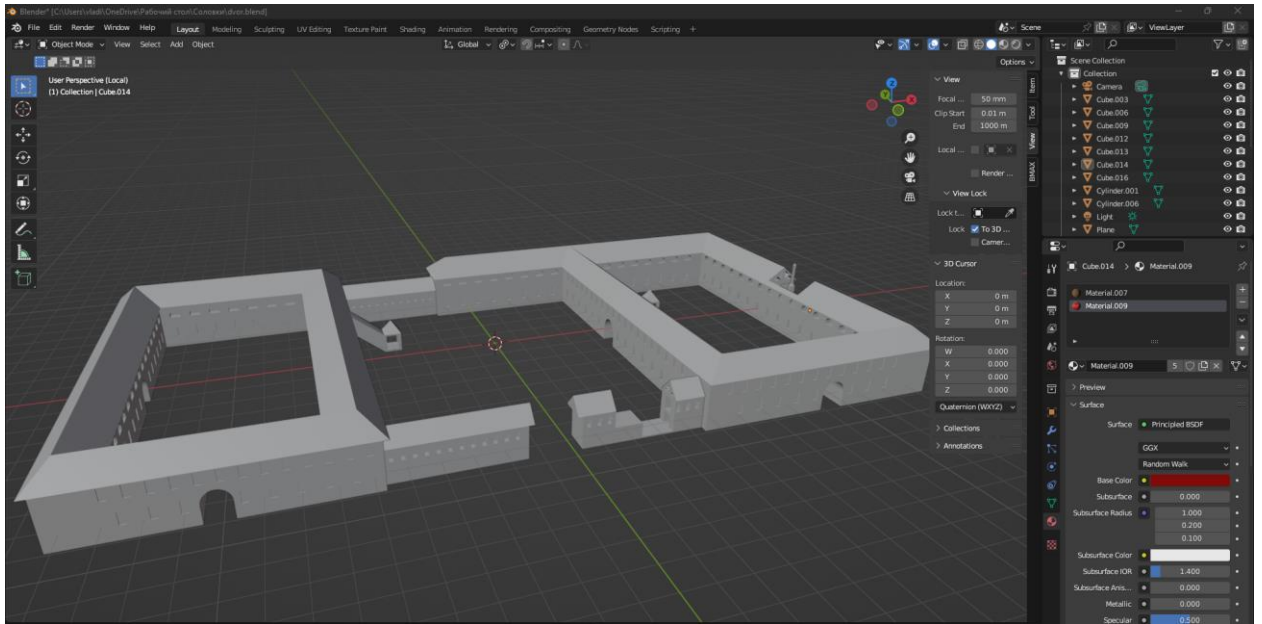


Рисунок 61 – Общая модель стен

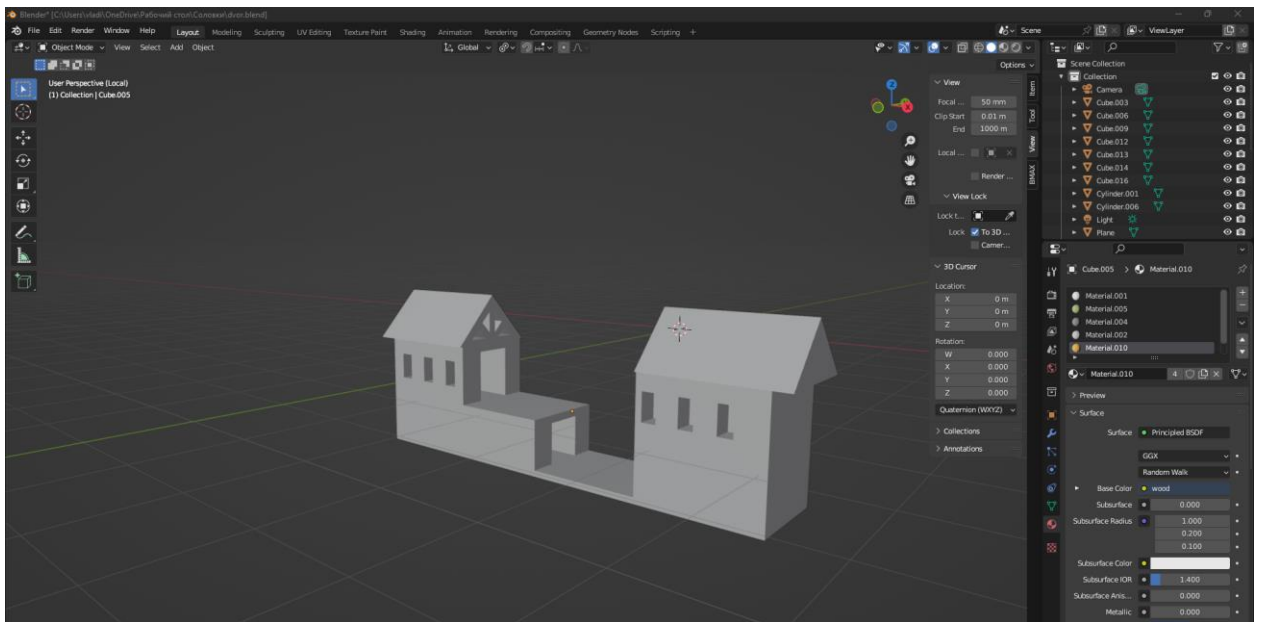


Рисунок 62 – Модель коридора

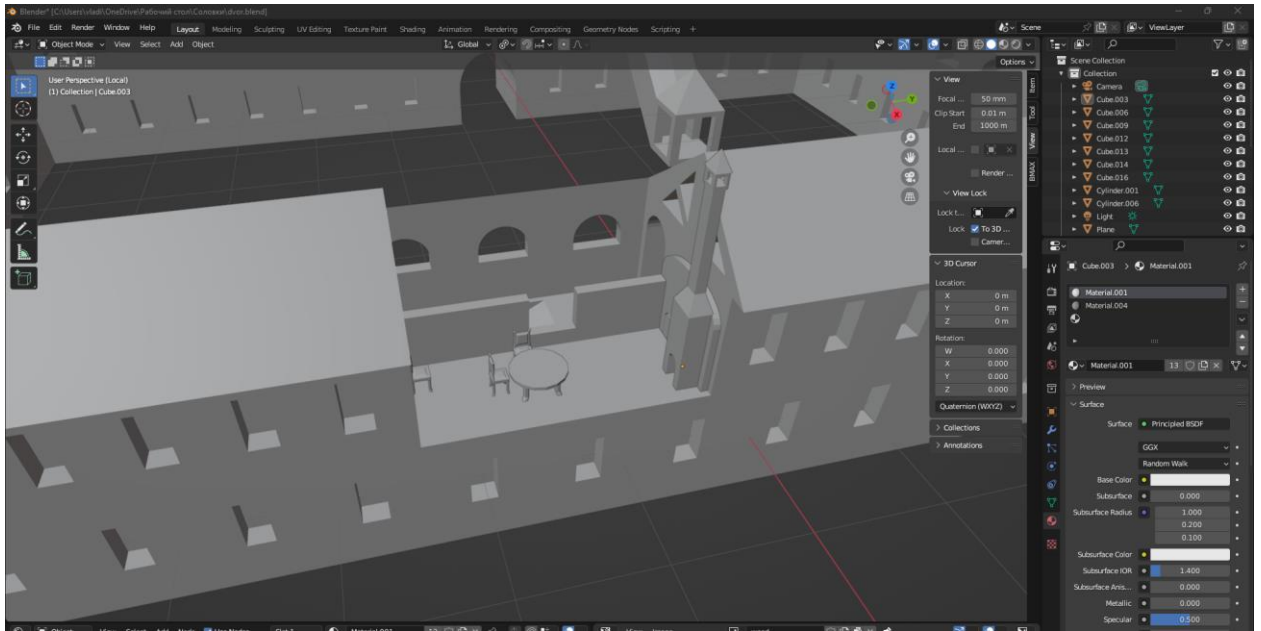


Рисунок 63 – Модель гостиной

Деревянные дома во внутренней территории сделаны с помощью наложения друг на друга множества цилиндров, для имитации брусьев. Крыши домов сделаны из куба, вытянутого по нужному размеру. Верхний полигон куба была сжат до прямой линии. Модель деревянного дома представлена на рисунке 64.

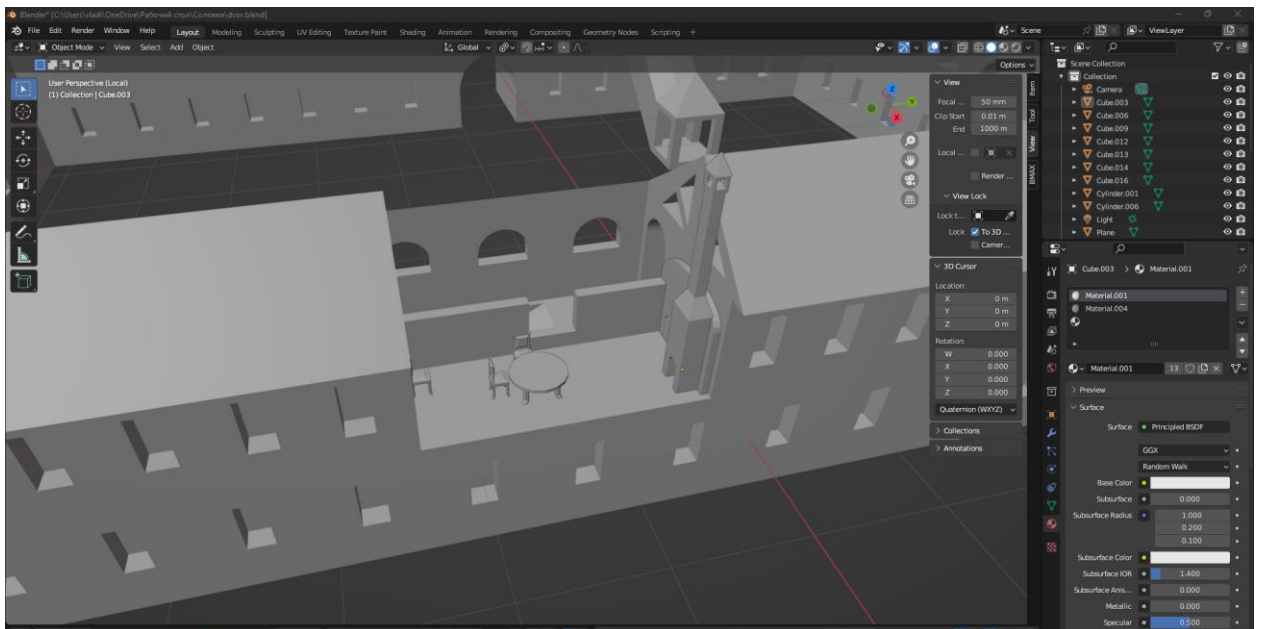


Рисунок 64 – Модель деревянного дома

Плоскость земли сделана из куба, отмасштабированного по нужной форме. После чего к нему был применен модификатор Subdivision Surface, добавляющий на модель

дополнительные полигоны и создающий плавные переходы между ними. Модель плоскости земли представлена на рисунке 65.

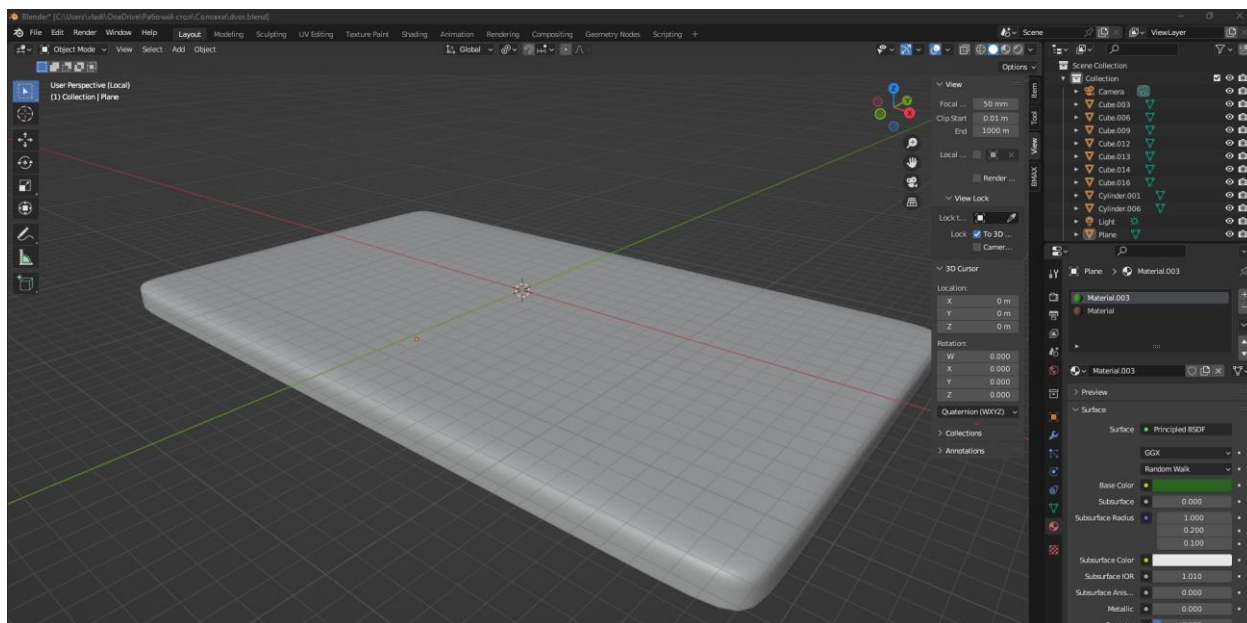


Рисунок 65 – Модель плоскости земли

Модель Гостиных дворов представлена на рисунке 66.

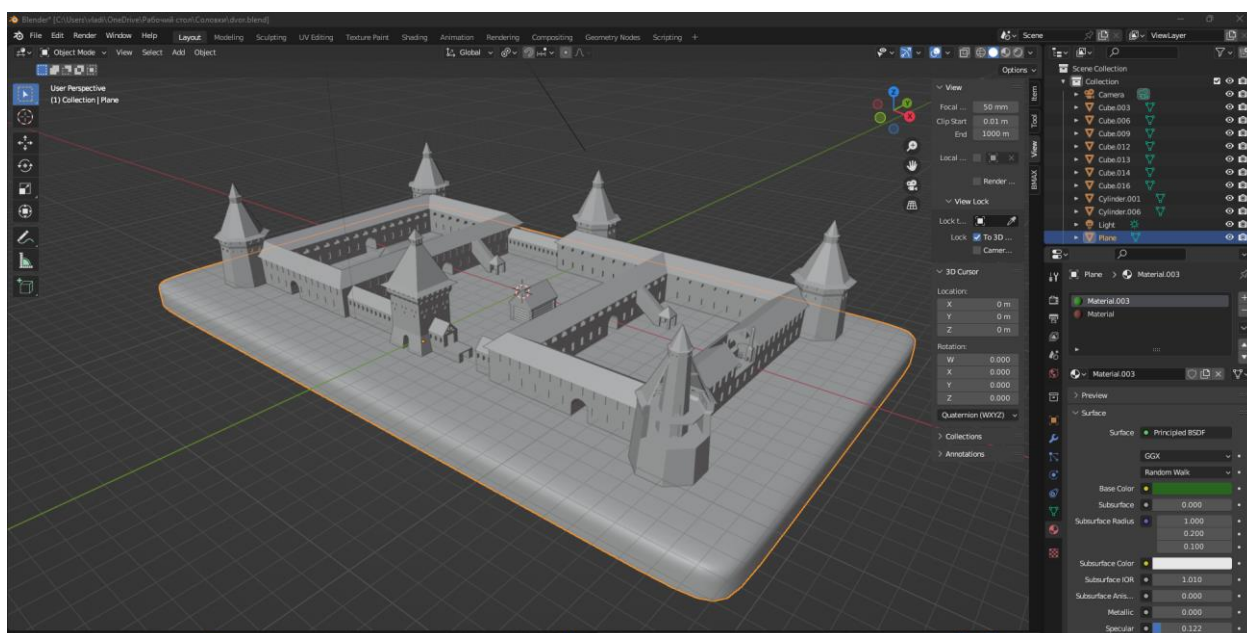


Рисунок 66 – Модель Гостиных дворов

3.4.2 Наложение материалов

Для окрашивания модели использовались несколько одноцветных материалов, и один материал с использованием узлов. Для создания материала выпуклой крыши

использовалась комбинация узлов Texture Coordinate, Mapping и Noise Texture, создающая на модели пятна. После, с помощью узла Color Ramp, был создан градиент, окрашивающий основную часть модели в темно-зеленый цвет, а пятна на ней в серо-желтый. Настройки материала крыши представлены на рисунке 66.

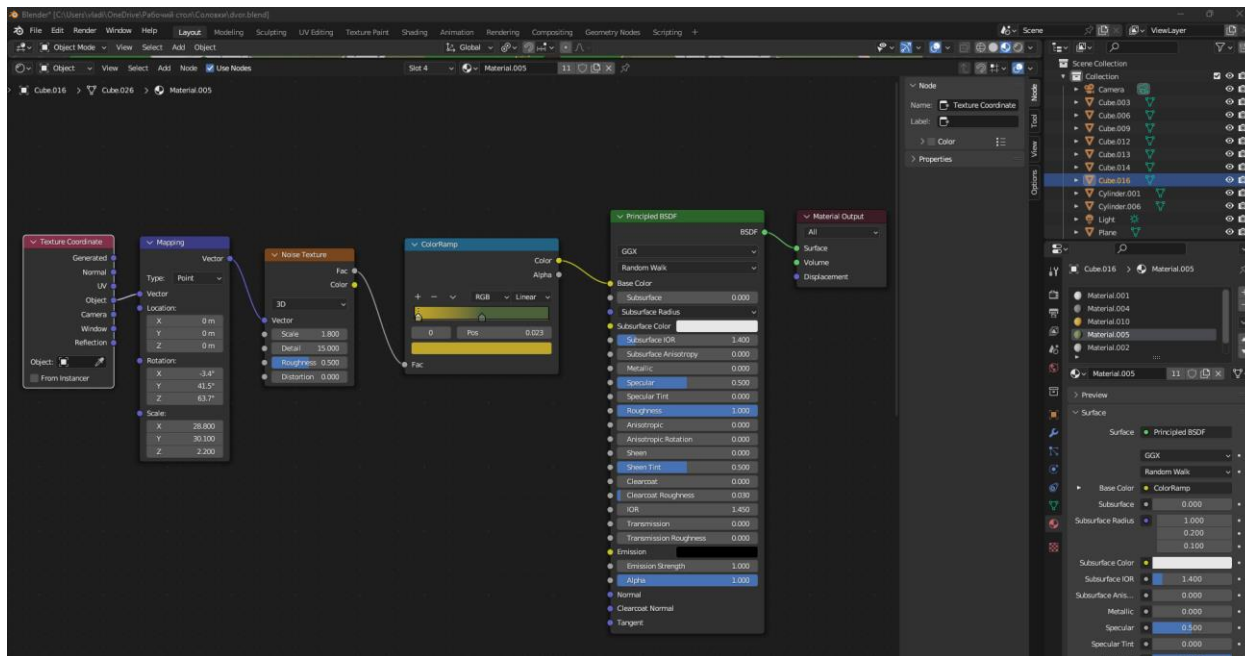


Рисунок 66 – Настройки материала крыши.

Зеленый материал используется на верхней части плоскости земли. Темно-коричневый цвет используется на нижней части плоскости земли, стульях, столе и на крышах деревянных зданий. Белый материал используется на стенах крепости и печки. Коричневый цвет используется на стенах деревянных зданий. Светло-коричневый цвет используется на внутренней части крыш и полов внутри Гостиных дворов. Итоговая модель Гостиных дворов представлена на рисунке 67.



Рисунок 66 – Настройки материала крыши.

4 ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

4.1 Размещение в дополненной реальности.

Перед размещением моделей в сервисы дополненной реальности их необходимо предварительно экспортировать в формат glb для отображения модели в Web AR Studio и Google ARCore, а также в формате usdz для отображения в Apple ARKit. Программа Blender3D позволяет быстро экспортировать готовую модель в нужные форматы файла.

Для размещения модели на сервисе Web AR Studio необходимо предварительно зарегистрироваться на сайте. После необходимо создать проект и указать тип проекта, от этого будет зависеть с помощью чего будет отслеживаться будущая модель, QR-кода или заранее подготовленного изображения. Для размещения сцены «Прибытие Петра I к Соловецкой крепости» был выбран вариант отслеживания через QR-код. Экран выбора проектов представлен на рисунке 67.

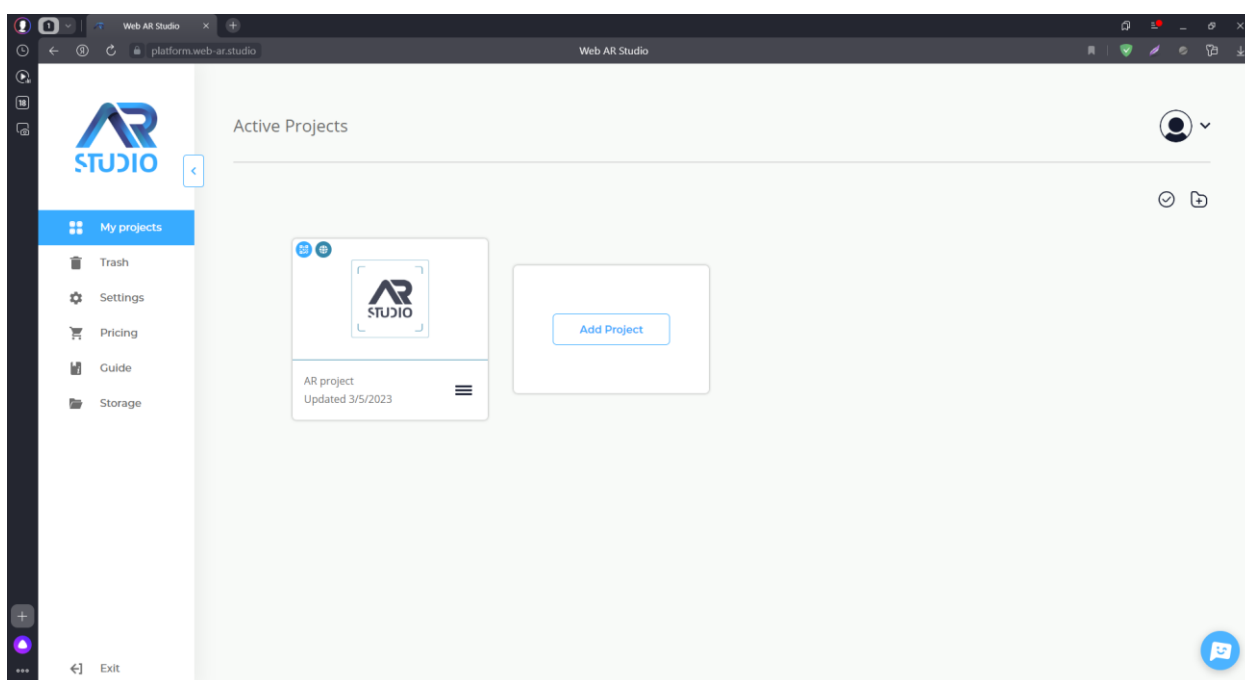


Рисунок 67 – Настройки материала крыши.

После создания проекта к нему автоматически привязывается QR-код для просмотра сцены и открывается редактор сцены дополненной реальности, в котором можно размещать модели, настраивать освещение и загрузить звуки, воспроизводимые при просмотре модели. Экран редактора представлен на рисунке 68.

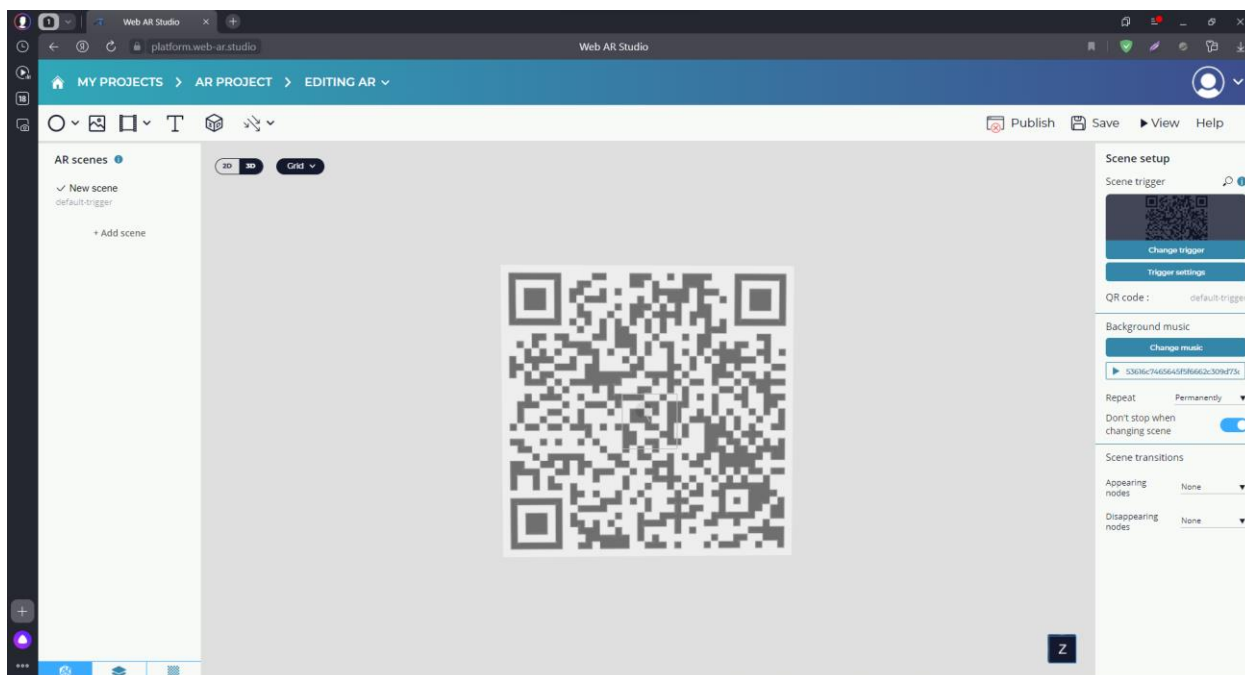


Рисунок 68 – Экран редактор

Для работы с моделью ее необходимо загрузить. Для на верхней панели необходимо выбрать пункт 3D Model и загрузить со своего компьютера файл 3D модели в формате glb. После небольшой загрузки модель появится на сцене. Модель можно свободно перемещать в пространстве относительно QR-кода, вращать и масштабировать. Это будет влиять на то на каком расстоянии, под каки углом и какого размера будет модель относительно QR-кода. Также, если в модели присутствует анимация ее можно свободно отключить если это необходимо. Разместим модель в центре QR-кода параллельно ему и зададим масштаб во весь размер датчика. Также добавим на сцену звук морского ветра и вол, а также звук выстрела из пушки. Сам звуковой файл был заранее подготовлен и предоставлен студией F5. Подготовленная сцена представлена на рисунке 69.

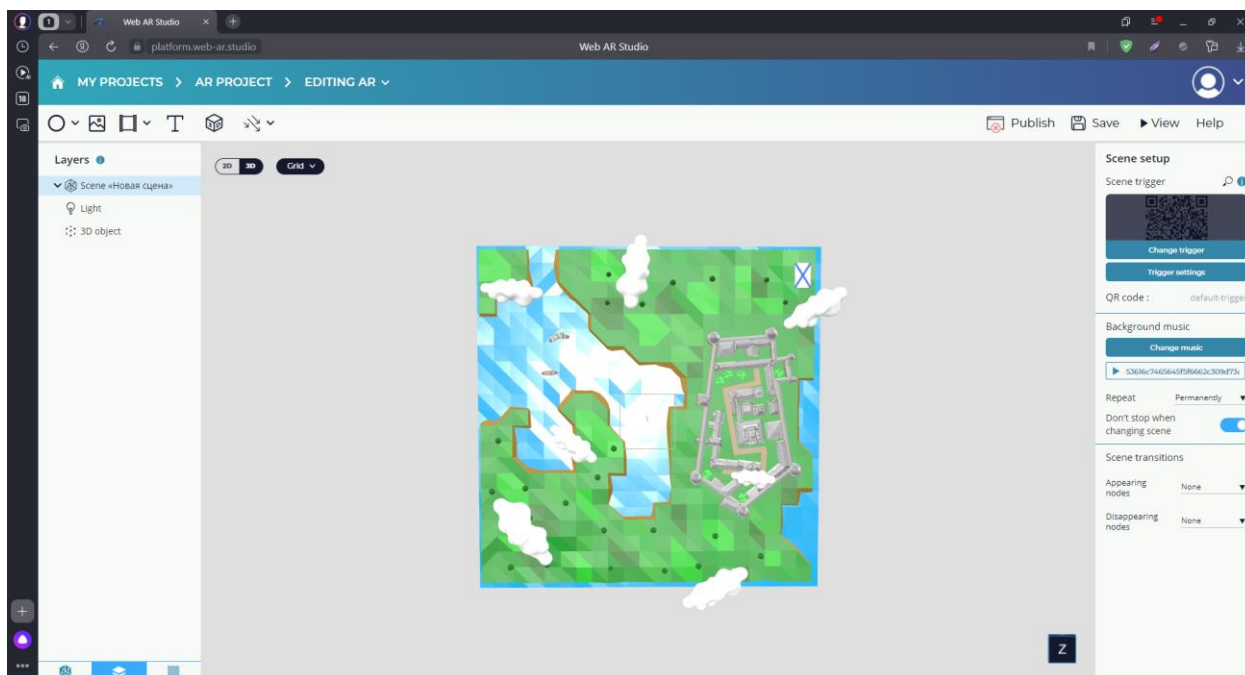


Рисунок 69 – Подготовленная сцена

После того как сцена полностью подготовлена ее необходимо опубликовать на сайте нажав кнопку Publish в верхнем меню. Рядом с ней можно посмотреть QR-код ведущий на мобильный сайт Web AR Studio для просмотра моделей в дополненной реальности. При повторном сканировании QR-кода через данный сайт можно увидеть получившуюся сцену в дополненной реальности. QR-код для просмотра сцены «Прибытие Петра I к Соловецкой крепости» представлен на рисунке 70.



Рисунок 70 – QR-код сцены «Прибытие Петра I к Соловецкой крепости»

Для размещения оставшихся моделей в дополненную реальность с помощью технологий ARCore и ARKit необходимо сгенерировать ссылки на эти модели, переходя по которым будут активироваться данные технологии. Однако ARCore и ARKit это всего лишь технологии для просмотра моделей в дополненной реальности, а не сервисы для их загрузки в неё. Поэтому для размещения этих моделей в дополненную реальность использовалась собственная разработка студии F5. Сайт представляет собой простой генератор ссылок на модели в дополненной реальности. Для этого просто необходимо загрузить модель в формате glb для просмотра на устройствах Android и в формат usdz для просмотра на устройствах iOS. После этого сгенерируется ссылка и QR-код для просмотра моделей в дополненной реальности. Настраивать сами модели не надо, так как они автоматически подстраиваются под окружение, в котором находятся с помощью технологий от Google и Apple. Сайт для генерации ссылок дополненной реальности представлен на рисунке 71. Сгенерированные QR-коды моделей карты Северной Двины, поморского коча и Гостиных дворов представлены на рисунках 72-74.

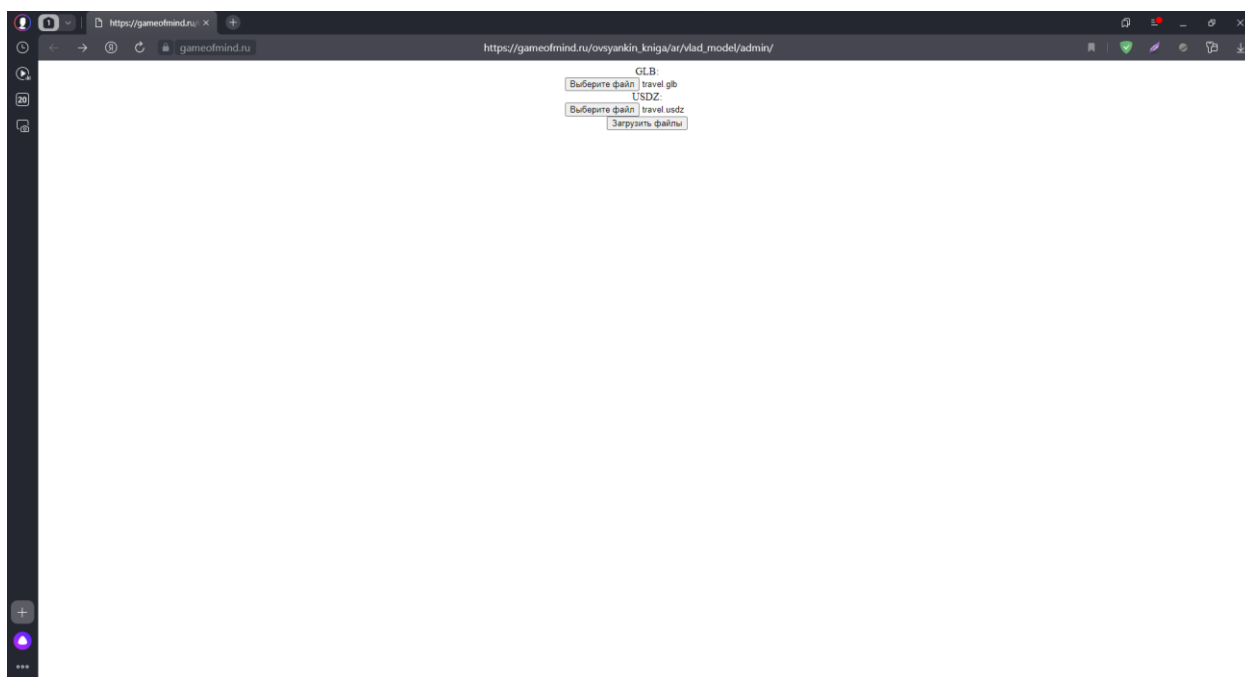


Рисунок 71 – Сайт для генерации ссылок



Рисунок 72 – QR-код модели 3D карты дельты реки Северная Двина



Рисунок 73 – QR-код модели поморского коча



Рисунок 74 – QR-код модели Гостиных дворов

4.2 Тестирование

Тестирование проводилось на устройствах Xiaomi Redmi 12 и iPhone X. Во время тестирования не было замечено каких-либо различий при просмотре на разных

устройствах. Также при просмотре не было замечено каких-либо критических ошибок. Результаты тестирования представлены на рисунках 75-78



Рисунок 75 – Тестирование поморского коча



Рисунок 76 – Тестирование Гостиных дворов

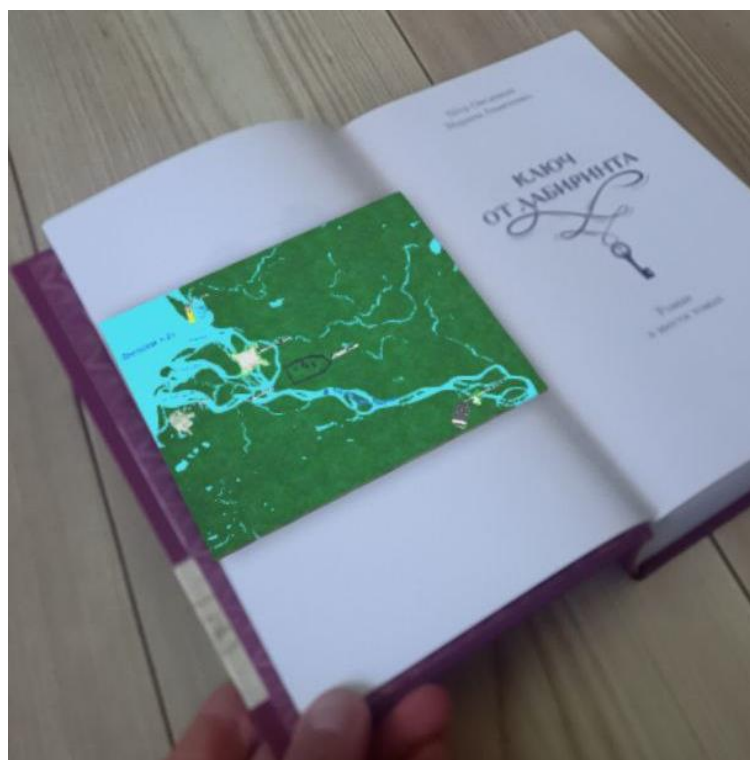


Рисунок 77 – Тестирование 3D карты дельты реки Северная Двина

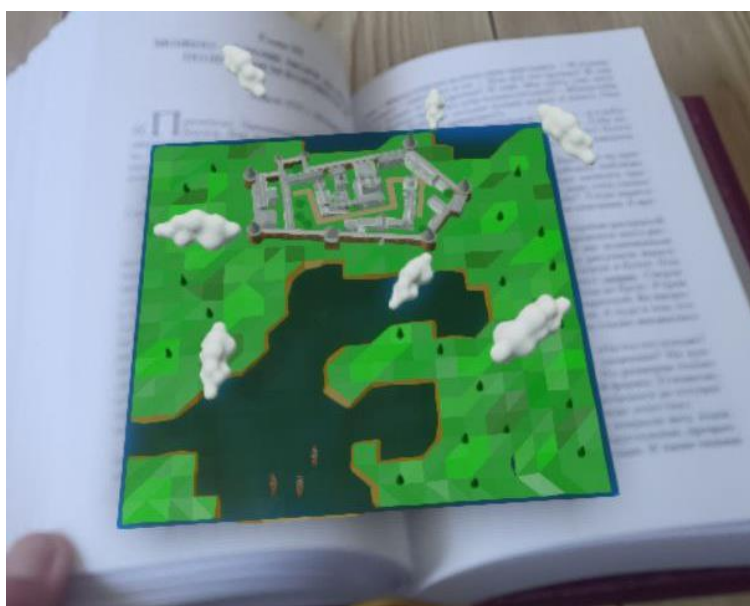


Рисунок 78 – Тестирование сцены «Прибытие Петра I к Соловецкой крепости»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была достигнута поставленная цель, которая заключалась в создание трехмерных моделей и их отображении в дополненной реальности.

Для достижения цели ВКР были выполнены следующие шаги:

- изучение проекта «Российский культурный код: в поисках Смыслов»
- определение 3D-моделей для разработки;
- изучение и определение инструментария, сервисов и приложений для создания 3D-моделей и их отображения в дополненной реальности в книгах;
- разработка 3D-моделей и их анимация;
- размещение и отображение 3D-модели в сервисах дополненной реальности, а также провести тестирование 3D-моделей на их корректное отображение в дополненной реальности при работе с книгой;

В результате проделанной работы был созданы и размещены в дополненной реальности следующие модели:

- Сцена «Прибытие Петра I к Соловецкой крепости»;
- 3D карта дельты реки Северная Двина;
- Поморский коча;
- Гостиные дворы.

Все созданные модели были внедрены с помощью QR-кодов на страницах книг «Государевы шахматы» и «Государев дар». Ожидается, что трехмерные модели для дополненной реальности поспособствует привлечению новых читателей к серии книг «Ключ от Лабиринта» благодаря их заинтересованности новыми технологиями, что поможет увеличить аудиторию читателей данной серии. Так использование трехмерных моделей в дополненной реальности позволит расширить читательский опыт благодаря возможности увидеть некоторые сцены книги, рассмотреть отдельные исторические места или объекты.

В качестве апробации результат работы был представлен на научной практической конференции «информационные технологии в прикладных областях» и на конференции по итогам преддипломной практики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ключ от лабиринта - Роман-флейв. «Российский культурный код: в поисках Смыслов» [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://ключотлабиринта.рф/>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);

2. 3D-моделирование: виды, принципы, инструменты [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://gb.ru/blog/3d-modelirovanie/>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);

3. 3D для каждого: способы создать модель. Часть 1 / Хабр [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/645315/>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);

4. Обзор популярных систем автоматизированного проектирования | ПОИНТ [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.pointcad.ru/novosti/obzor-sistem-avtomatizirovannogo-proektirovaniya>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);

5. Области применения 3d моделирования [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: https://3d-stl.store/articles/stati_12.html, свободный (дата обращения: 11.05.2023);

6. Применение 3D-моделирования в кино и видео-индустрии [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2017/01/77658>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);

7. 3Д технологии в медицине | 3d моделирование в медицине: использование 3d принтера для печати имплантов [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://vektor.us/blog/3d-tehnologii-v-meditsine.html>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);

8. Подробнее о 3D навигации в nanoCAD Plus 7 / Хабр [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/nanosoft/articles/261241/>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);

9. Что такое архитектурное моделирование? - 3D-студия [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://3dstudio.co/ru/architectural-modeling/>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);

10. Промышленное 3D-моделирование [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://kompaswork.ru/stati/12-stat/18-promyshlennoe-3d-modelirovanie.html>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);
11. 3D для каждого: области применения / Хабр [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/648637/>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);
12. MODELING-Этапы создания моделей : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://akidon-y.github.io/site/steps.html>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);
13. AR — Дополненная Реальность (статья плюс ролик) / Хабр [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/419437/>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);
14. Использование дополненной реальности в разных областях - Mentamore [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://mentamore.com/virtualnaya-realnost/ispolzovanie-dopolnenoj-realnosti.html>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);
15. blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.blender.org/>, свободный, (дата обращения: 11.05.2023);
16. Maya Software | Get Prices & Buy Official Maya 2024 | Autodesk [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/maya/overview>, свободный, (дата обращения: 11.05.2023);
17. 3ds Max Software | Get Prices & Buy Official 3ds Max 2024 | Autodesk [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);
18. Создать оживающие фото бесплатно - онлайн-конструктор WebAR [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://web-ar.studio/ru/>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);
19. Build new augmented reality experiences that seamlessly blend the digital and physical worlds | ARCore | Google for Developers [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://developers.google.com/ar>, свободный (дата обращения: 11.05.2023);

20. ARKit 6 - Augmented Reality - Apple Developer [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/>, свободный (дата обращения 11.05.2023);

21. Sketchup free seamless Textures [Электронный ресурс] : [официальный сайт] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.sketchuptextureclub.com/>, свободный (дата обращения: 23.05.2023);

Сведения о самостоятельности выполнения работы

Работа «Создание трехмерных моделей и их отображение в дополненной реальности для книг» выполнена мной самостоятельно.

Используемые в работе материалы и концепции из публикуемой литературы и других источников имеют ссылки на них.

Электронный экземпляр выпускной квалификационной работы в формате pdf размещен на странице онлайн-курса «ГИА_09.03.03 Разработка Web и мультимедийных приложений (ОФО) (22-23)».

« » 2023 г.

(подпись)

В.В. Якшин
(инициалы, фамилия)