

# Визуализация природных ландшафтов и средневекового поселения на Unreal Engine 5

Студент: Колыхалов Д. В. РК6-84Б

Научный руководитель: Витюков Ф. А.



# Введение – Актуальность работы

В современном мире 3D-сцены с рендерингом на Unreal Engine используются в различных сферах, например кинематографе, архитектурных проектах, телевидении, авиационных тренажёрах. Основной проблемой при создании таких сцен является поиск баланса между детализацией самой сцены и оптимизацией 3D-моделей и ландшафта для возможности рендеринга в реальном времени.

Актуальность работы заключается в следующем:

1. Созданные 3D сцены с рендерингом на Unreal Engine используются в различных сферах;
2. Разработка собственного материала ландшафта позволяет полностью автоматизировать возможность нанесения материала на слои ландшафта;
3. Моделирование средневекового поселения способствует сохранению и популяризации культурного наследия, позволяя пользователю погрузиться в атмосферу прошлого средствами интерактивных технологий;
4. Работа охватывает сразу несколько направлений: моделирование окружающей среды, дизайн архитектурных объектов, создание анимаций и механик персонажей, что отражает современные требования к специалистам в цифровом производстве;
5. Разработанные сцены могут быть использованы для будущих приложений в сферах виртуальной и дополненной реальностях.

# Введение – Актуальность работы

Заинтересованность государства в исторических и других интерактивных проектах с трёхмерной графикой. Финансирование ведётся посредством Института Развития Интернета.

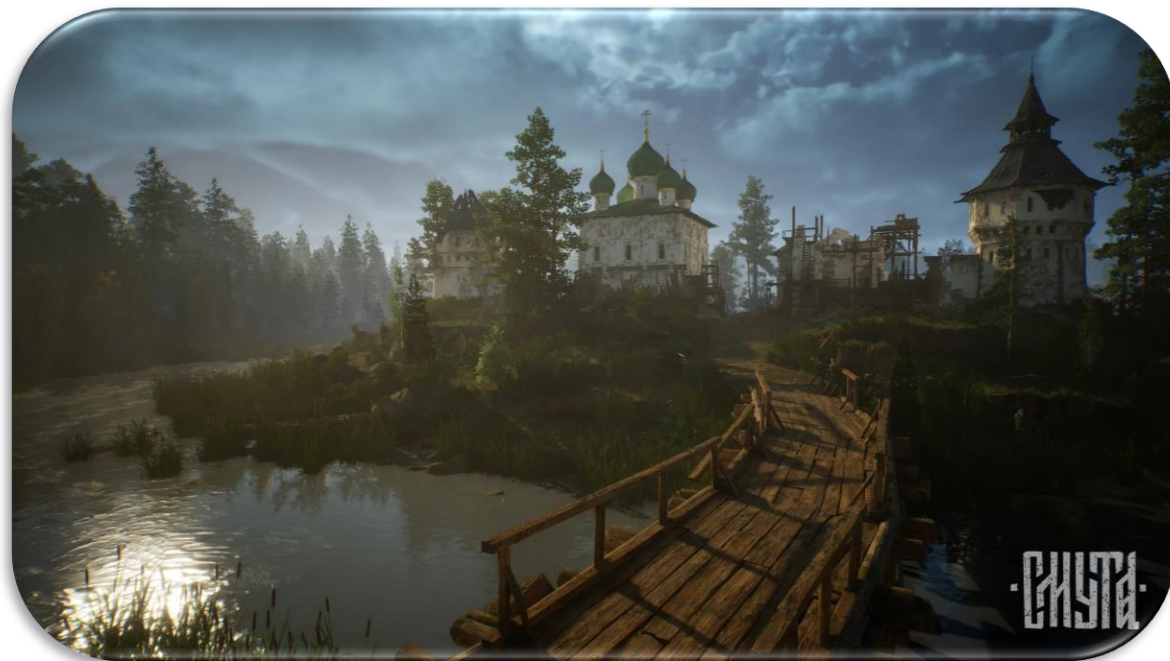


Рисунок 1 – Исторический проект СМУТА

# Постановка задачи

**Цель работы:** Создание сцен с природным ландшафтом и средневековым поселением на Unreal Engine 5.

## **Задачи:**

1. Создать детализированный природный ландшафт: сгенерировать полигональную сетку карты высот и разработать материал ландшафта;
2. Заполнить ландшафт различными природными объектами;
3. Создать ландшафт большого размера и средневековое поселение: создать и корректно разместить объекты, разработать материалы;
4. Настроить освещение и провести оптимизацию производительности;
5. Создать анимированных персонажей окружения;
6. Разработать боевую систему для пользователя и персонажей окружения.

# Создание карты высот ландшафта

Для генерации карты высот ландшафта было использовано приложение GAЕА, которое использует специальные математические алгоритмы и модели, основанные на фракталах, эрозиях и шумах.

1. Шум Перлина – фрактальный алгоритм, задающий базовую форму ландшафта

$$P(x, y) = \sum_{i=0}^n a_i \cdot \text{interp}(g_i(x, y)),$$

где  $P(x, y)$  – высота в точке  $(x, y)$ ;  $a_i$  – амплитуда шума на  $i$ -м уровне;  $g_i(x, y)$  – сетка случайных значений;  $\text{interp}$  – функция интерполяции (билинейная).

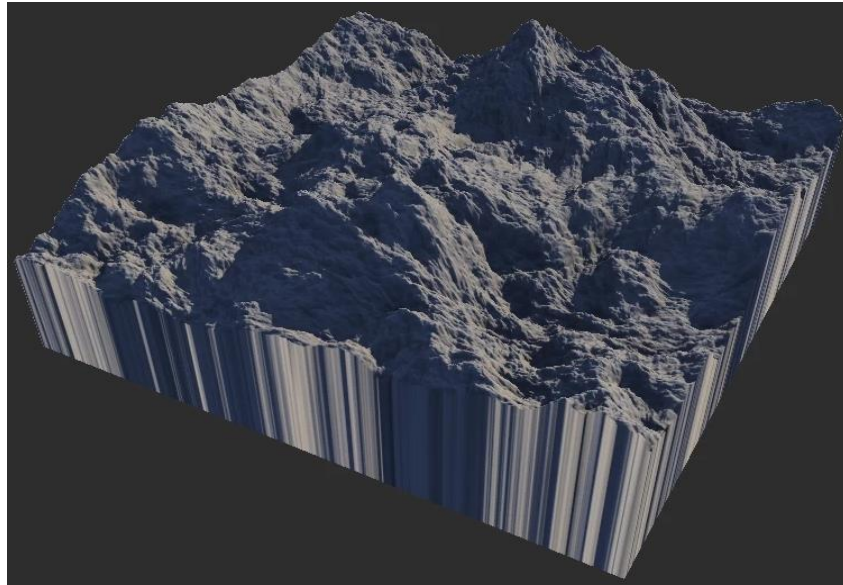


Рисунок 2 - Полученная первоначальная форма ландшафта

# Создание карты высот ландшафта

2. Термическая эрозия моделирует осыпание почвы и выравнивание крутых склонов.

$$\Delta h = k_i \cdot (h_i - h_j), h_i > h_j,$$

где  $\Delta h$  – изменение высоты;  $k_i$  – коэффициент эрозии;  $h_i, h_j$  – высота соседних точек.

3. Гидравлическая эрозия моделирует потоки воды, вымывающие почву.

$$h' = h - k_h \cdot \omega \cdot \nabla h,$$

где  $h'$  – новая высота после эрозии;  $k_h$  – коэффициент гидравлической эрозии;  $\omega$  – объем воды;  $\nabla h$  – градиент высоты (скорость потока воды).

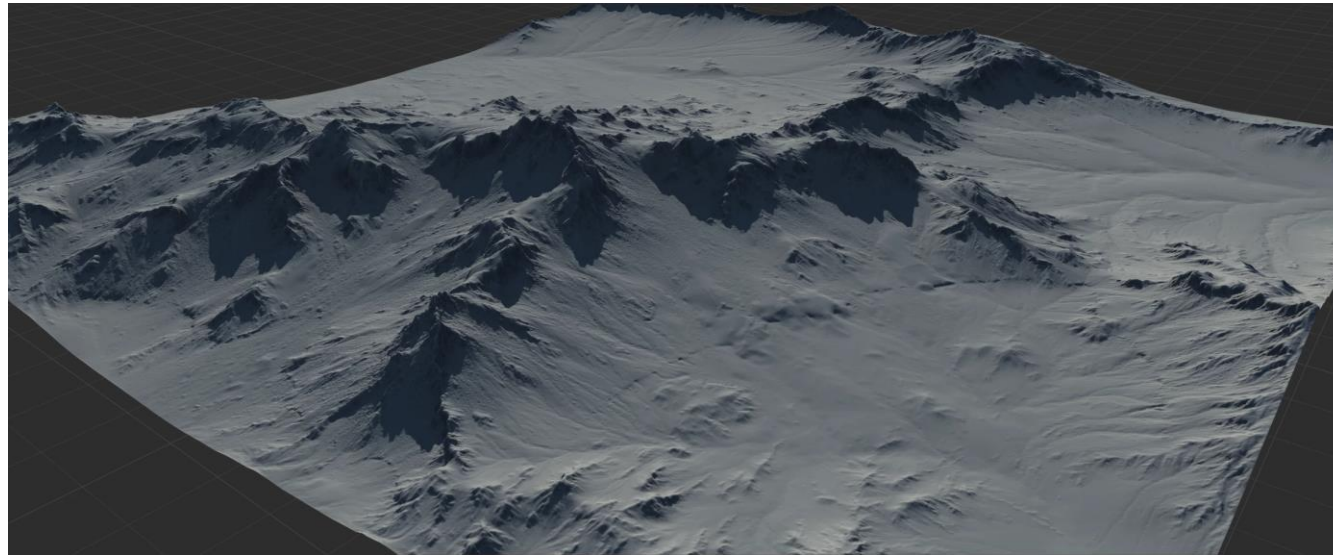


Рисунок 3 - Измененная форма ландшафта после термической и гидравлической эрозий



# Создание материала ландшафта

Задача создания материала ландшафта заключалась в следующих этапах:

1. Создание отдельных материалов для определенного слоя ландшафта;
2. Использование высоты ландшафта для корректного определения позиционирования отдельного материала слоя ландшафта;
3. Возможность быстрого редактирования параметров материала;
4. Использование виртуального текстурирования для оптимизации сложности шейдеров (shader complexity).

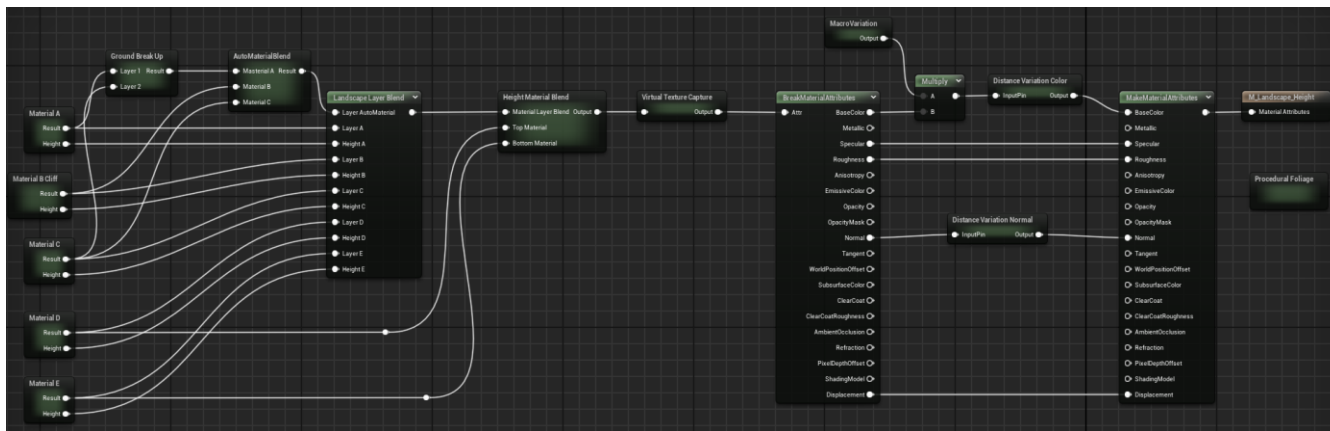


Рисунок 4 - Созданный материал ландшафта

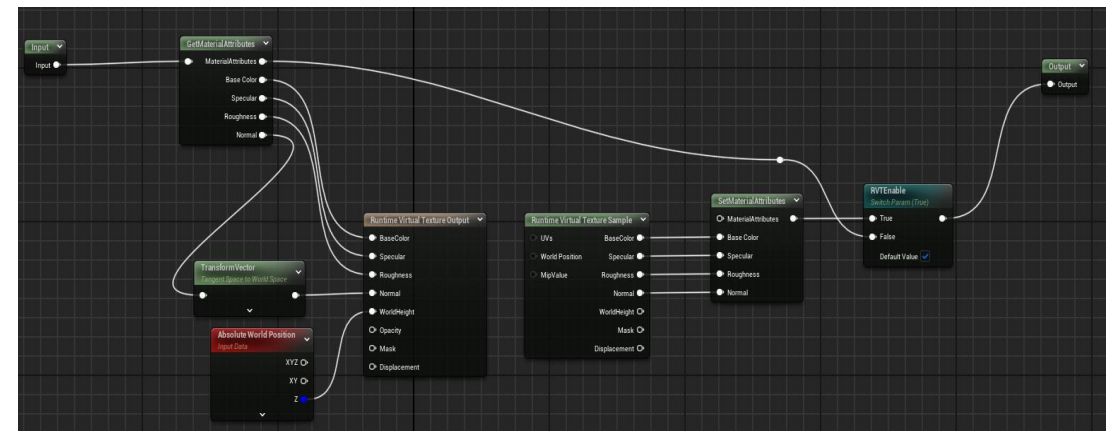


Рисунок 5 – Функция виртуального текстурирования

# Растительность

Для добавления растительности движок Unreal Engine имеет специальный инструмент, Foliage mode, который основан на следующих методах:

1. Распределение объектов (Poisson Disk Sampling) используется для равномерного распределения объектов растительности без пересечений.

$$d(p_i, p_j) \geq r, \quad \forall i, j, i \neq j,$$

где  $p_i, p_j$  – координаты точек распределения объектов;  $d(p_i, p_j)$  – расстояние между двумя точками;

$r$  – минимальное расстояние между объектами.

2. Гармонический осциллятор используется для анимации растительности под воздействием ветра.

$$x(t) = A \cdot e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \phi),$$

где  $x(t)$  – смещение объекта в момент времени  $t$ ;  $A$  – начальная амплитуда;  $\gamma$  – коэффициент затухания;  $\omega$  – частота колебаний;  $\phi$  – фазовый сдвиг.



# Растительность

3. Рассеивание света (Subsurface Scattering (SSS)) используется для пропуска части света через листву.

$$L_o(p, \omega_o) = \int_{\Omega} R_s(p, \omega_i, \omega_o) \cdot L_i(p, \omega_i) \cdot (\mathbf{n} \cdot \omega_i) d\omega_i,$$

где  $L_i, L_o$  – входящий и выходящий свет;  $\Omega$  – сфера направления, откуда может приходить свет  $\omega_i$ ;  $R_s$  – функция рассеивания;  $p$  – точка на поверхности;  $\omega_i, \omega_o$  – входящее и исходящее направления света;  $\mathbf{n}$  – нормаль поверхности.

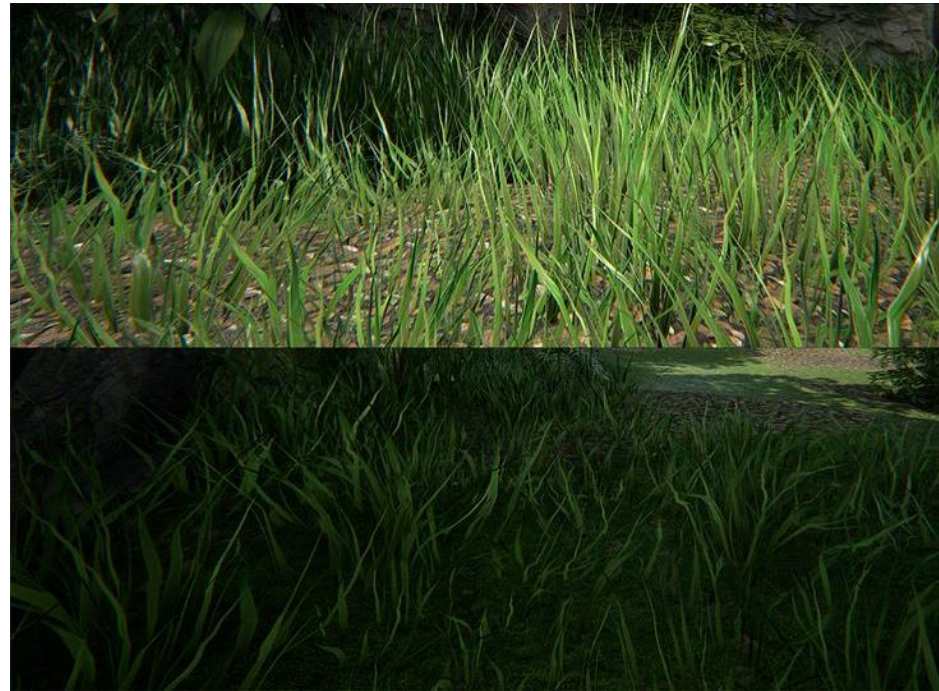


Рисунок 6 - Рассеивание света

# Водные объекты

## 1. Спекулярное отражение (модель Фонга)

$$I_{spec} = k_s(\mathbf{R} \cdot \mathbf{V})^n,$$

где  $k_s$  – коэффициент зеркального отражения;  $\mathbf{R}$  – отраженный вектор света;  $\mathbf{V}$  – вектор к камере (нормализованный);  $n$  – степень блеска (чем выше, тем острее блик).

## 2. Эффект Френеля – реалистичное смешивание отражения и преломления.

$$F(\theta) = F_0 + (1 - F_0)(1 - \cos \theta)^5,$$

где  $\theta$  – угол между направлением взгляда и нормалью поверхности;  $F_0$  – отражение при нормальном падении ( $\theta = 0$ ).

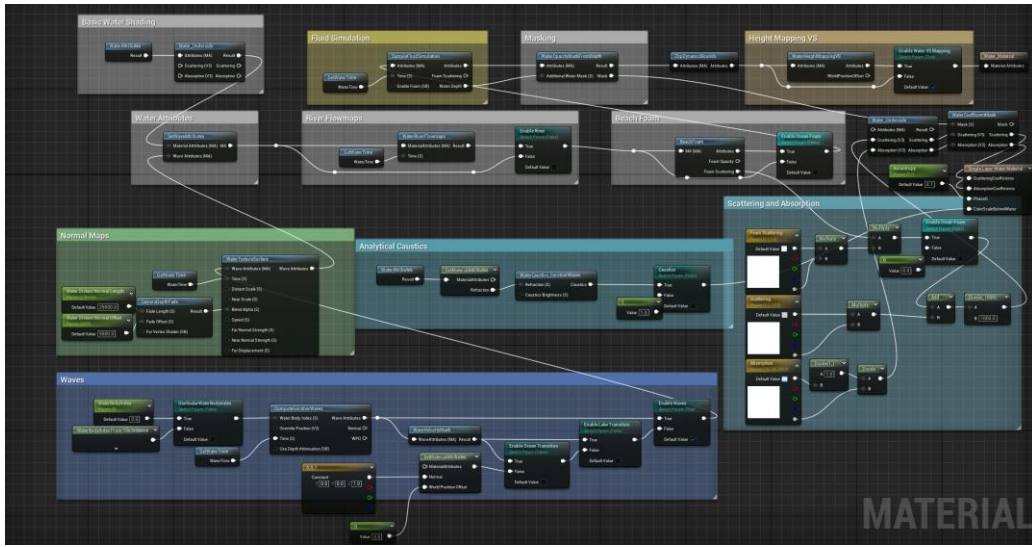


Рисунок 7 - Материал водного объекта



Рисунок 8 - Водный объект

# Процедурная генерация объектов на сцене

Задача создания процедурной генерации заключалась в следующих этапах:

1. Получение данных о ландшафте;
2. Рандомизация появляющихся объектов;
3. Получении информации о внутренней генерации;
4. Выбор и добавление объектов генерации.

$$H(x, y) = f(x, y) + g(x, y),$$

где  $f(x, y)$  - базовое расположение точки;  $g(x, y)$  - шум, добавляющий детали.

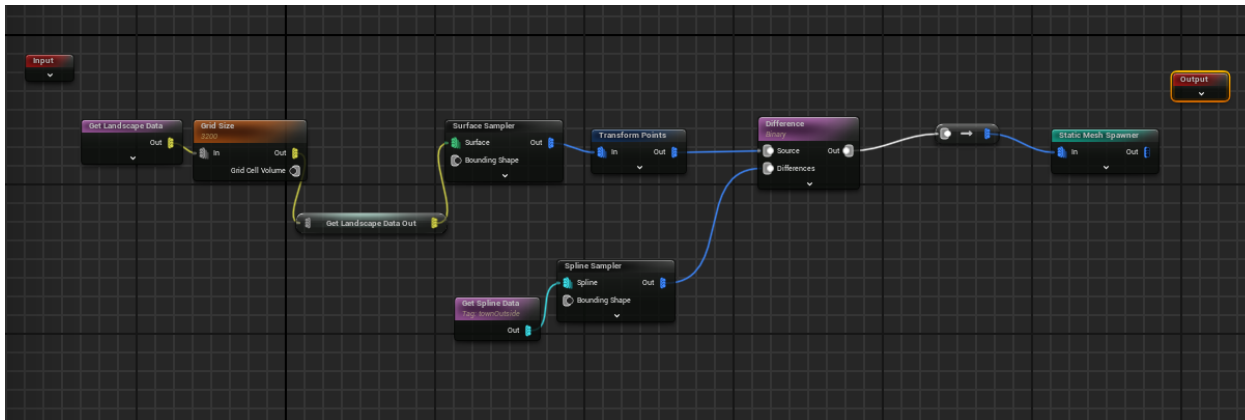


Рисунок 9 - Граф внешней процедурной генерации леса

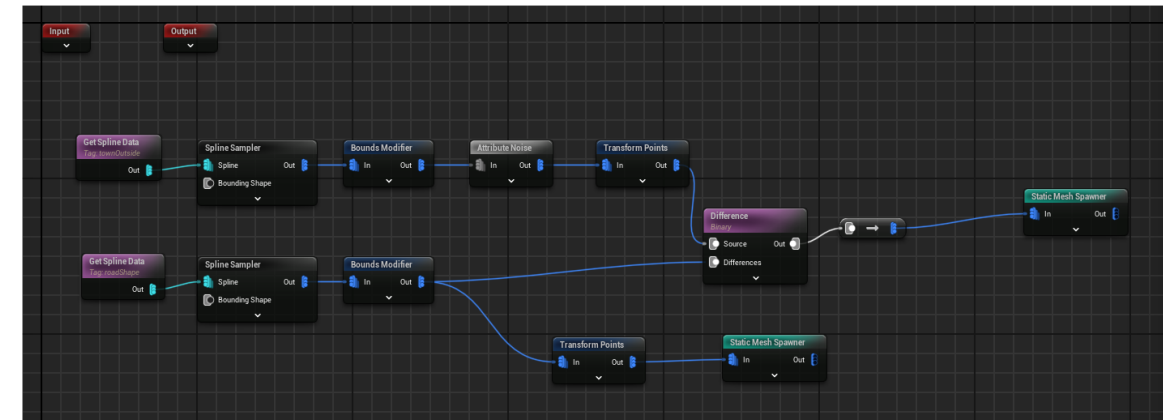


Рисунок 10 - Граф внутренней процедурной генерации



# Средневековое поселение

Для создания средневекового поселения были выделены следующие участки:

1. Жилая зона;
2. Зона торговли;
3. Зона скотоводства и земледелия.



Рисунок 11 - 3D модели жилой зоны



Рисунок 12 - 3D модели торговой зоны



Рисунок 13 - 3D модели зоны скотоводства

# Настройка освещения сцены

Движок Unreal Engine имеет обязательные компоненты сцены для настройки освещения.

1. Направленный свет (DirectionalLight);
2. Туман (ExponentialHeightFog);
3. Атмосфера неба (SkyAtmosphere);
4. Небесный свет (SkyLight).

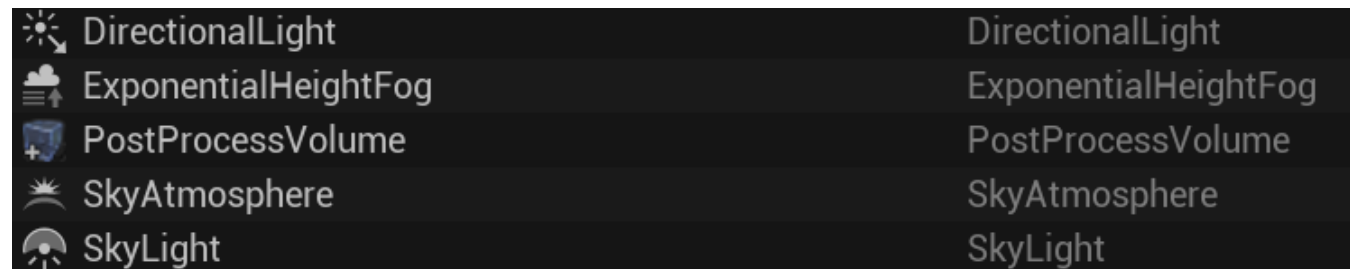


Рисунок 14 - Компоненты освещения сцены

# Улучшение производительности

Для решения проблемы производительности:

1. Использовался метод уровней детализации (LOD), который основан на уменьшении количества полигонов 3D объекта;
2. Проведена оптимизация сложности шейдеров (shader complexity).

Таблица 1 - Сравнение производительности разных LOD

| LOD | Кол-во треугольников | FPS |
|-----|----------------------|-----|
| 0   | 3,039,796            | 12  |
| 1   | 2,309,645            | 14  |
| 2   | 1,022,547            | 25  |
| 3   | 954,495              | 30  |
| 4   | 96,289               | 60  |



Рисунок 15 – Результат оптимизации shader complexity

# Персонаж окружения

Для реализации персонажа окружения было создано дерево поведения со следующими возможностями:

1. Find Random Location – поиск случайной;
2. Find Player Location – поиск главного персонажа;
3. Chasing Player – преследование главного персонажа.

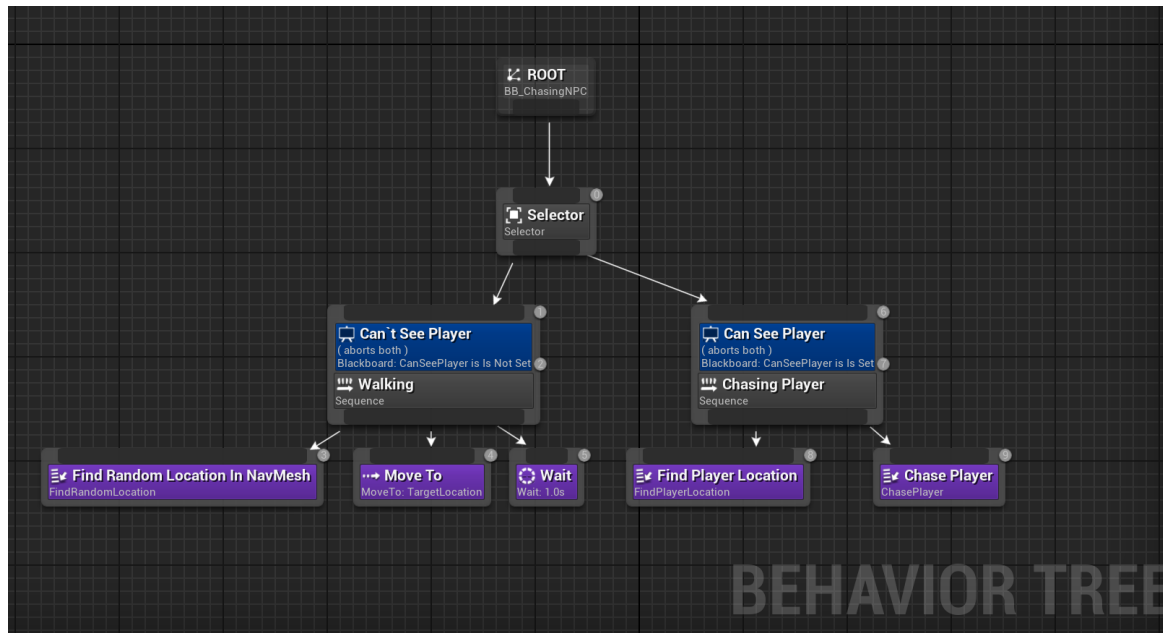


Рисунок 16 - Дерево поведения персонажа окружения

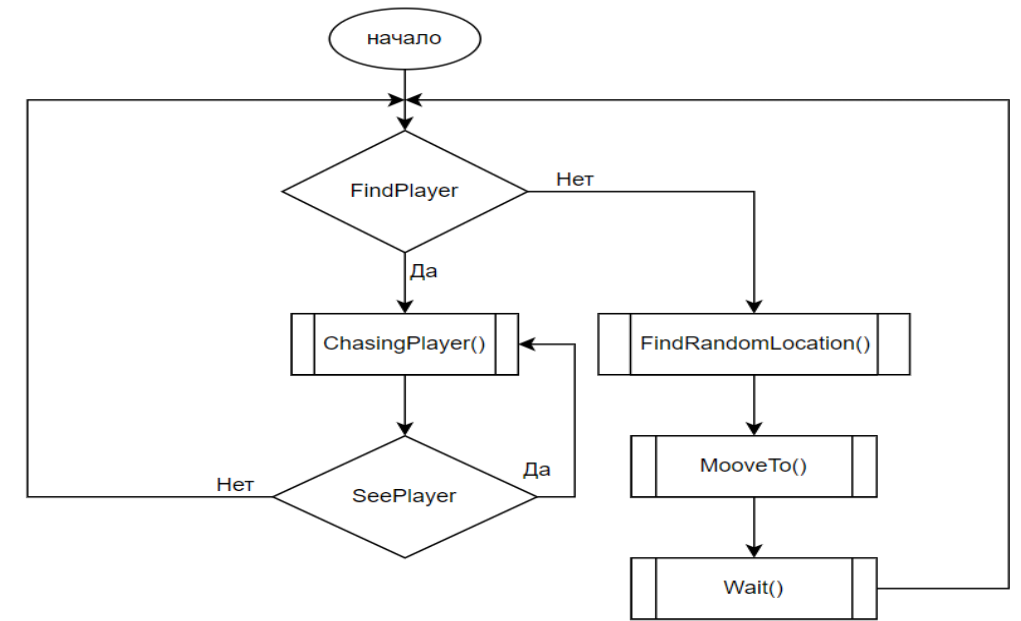


Рисунок 17 – Блок-схема персонажа окружения



# Боевая система

Для реализации боевой системы были выполнены следующие действия:

1. Настроены анимации перемещения персонажа;
2. Разработаны механики захвата цели, комбинации атак, системы здоровья, уклонений, выносливости, инвентаризации;
3. Разработаны эффекты и звуковое сопровождение боевой системы;
4. Разработаны вражеские персонажи окружения.

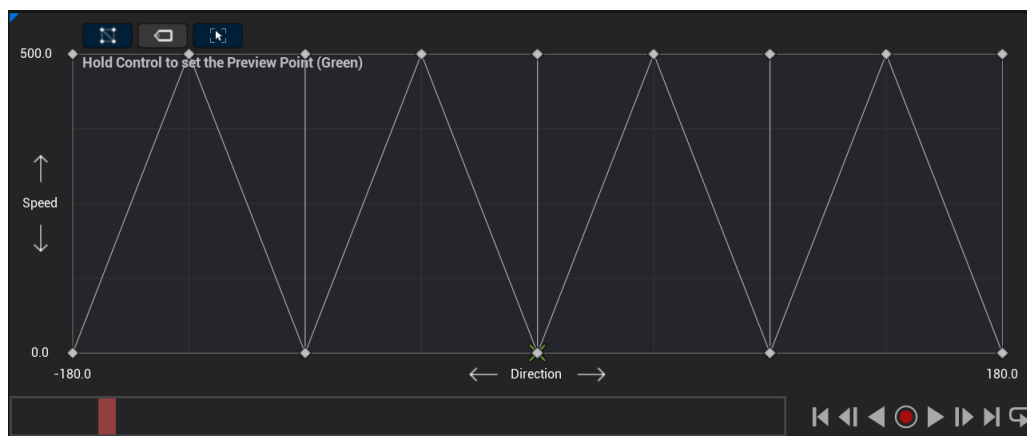


Рисунок 18 – Граф анимаций перемещений

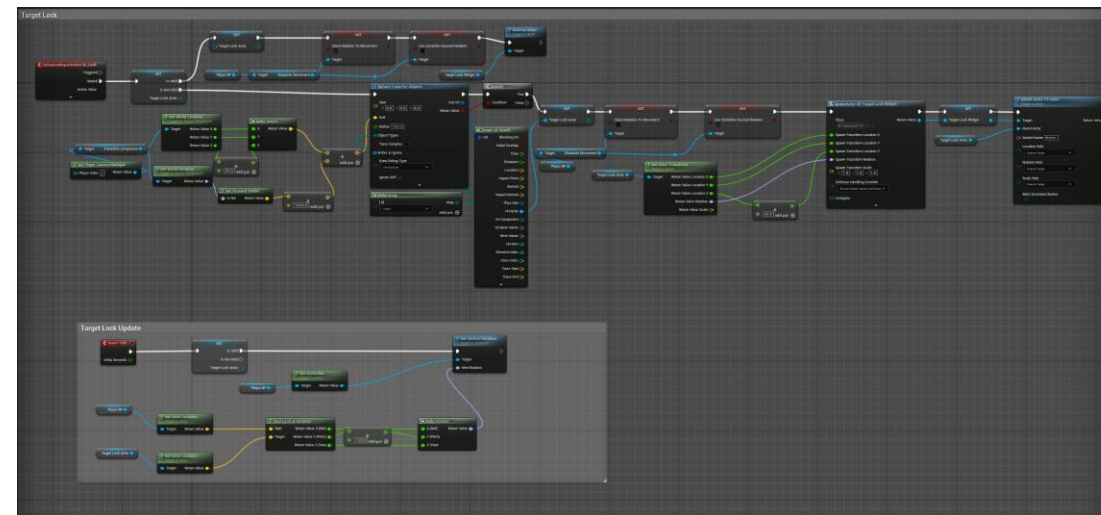


Рисунок 19 – Механика захвата цели

# Боевая система

Для реализации механики системы инвентаризации были разработаны следующие классы:

1. *UBaseOfInventoryItem* – класс получения данных о подбираемом предмете из таблицы данных;
2. *IInterfaceForInteractionWithObject* – класс для взаимодействия с объектом на сцене;
3. *AltemPickup* – класс для представления объекта на сцене;
4. *UComponentOfPlayerInventory* – класс, реализующий основные функции системы инвентаризации;
5. Классы для реализации визуальной составляющей системы инвентаризации (*HUD*, *MainMenu*, *InteractionWidget*, *MainInventory*, *InventoryItemSlot*, *InventoryHint*).

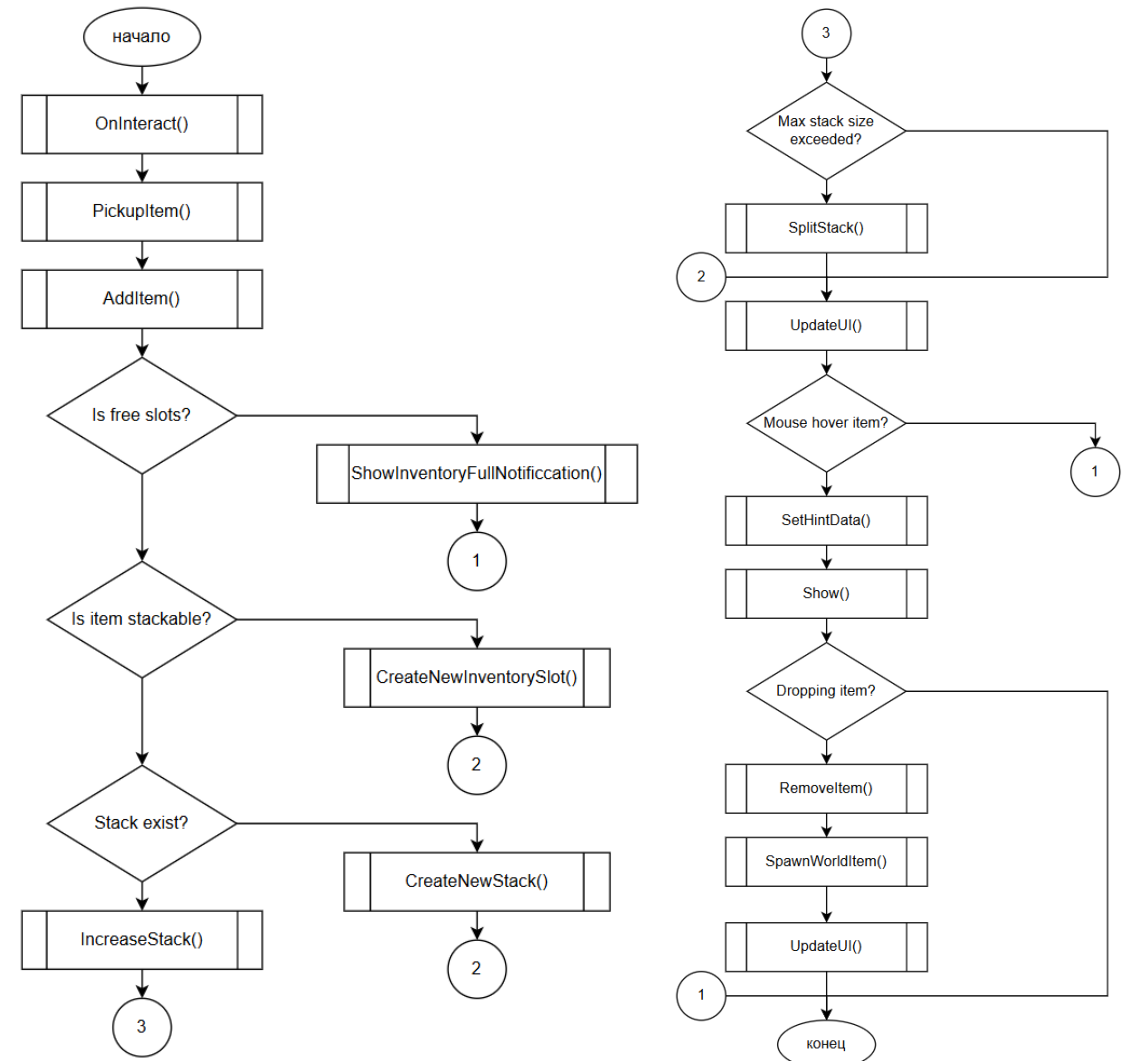


Рисунок 20 – Блок-схема системы инвентаризации

# Результаты разработки



Рисунок 21 - Детализированная природная сцена



# Результаты разработки



Рисунок 22 – Вид на средневековое поселение



# Результаты разработки



Рисунки 23-25 – Персонажи окружения, боевая система и элементы инвентаря



# Заключение

В рамках выполнения работы достигнута поставленная **цель** создания сцен с природным ландшафтом и средневековым поселением на Unreal Engine 5.

Для достижения цели были выполнены следующие **задачи**:

1. Создана детализированная сцена природного ландшафта: сгенерирована полигональная сетка карты высот, разработан материал ландшафта;
2. Ландшафт заполнен различными природными объектами;
3. Создан ландшафт большого размера и средневековое поселение: созданы и корректно размещены объекты, разработаны материалы.
4. Настроено освещение и проведена оптимизация производительности;
5. Созданы анимированные персонажи окружения;
6. Разработана боевая система для пользователя и персонажей окружения.