



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ

Робототехника и комплексная автоматизация (РК)

КАФЕДРА

Системы автоматизированного проектирования (РК6)

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
НА ТЕМУ:
«Визуализация природных ландшафтов и средневекового
поселения»

Студент РК6-74Б

(Подпись, дата)

Колыхалов Д. В.

И.О. Фамилия

Руководитель НИР

(Подпись, дата)

Витюков Ф.А.

И.О. Фамилия

2025 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой РК6
А.П. Карпенко

«_____» _____ 2025 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение научно-исследовательской работы

по Теме: Визуализация природных ландшафтов и средневекового поселения

Студент группы РК6-84Б

Колыхалов Дмитрий Витальевич
(Фамилия, имя, отчество)

Направленность НИР (учебная, исследовательская, практическая, производственная, др.) учебная
Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) кафедра

График выполнения НИР: 25% к 6 нед., 50% к 11 нед., 75% к 14 нед., 100% к 16 нед.

Техническое задание: создать ландшафт большой размерности и средневековое поселение.

Оформление научно-исследовательской работы:

Расчетно-пояснительная записка на 22 листах формата А4.
Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.):

Дата выдачи задания «1» апреля 2025 г.

Руководитель НИР

(Подпись, дата)

Витюков Ф.А.
И.О. Фамилия

Студент

(Подпись, дата)

Колыхалов Д. В.
И.О. Фамилия

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Создание большой ландшафтной сцены и средневекового поселения	5
1.1. Импорт ландшафта большой размерности	5
1.2. Материал ландшафта	7
1.3. Растительность	10
1.3.1. Painting	12
1.3.2. Placement	13
1.3.3. Instance Static	13
1.3. Средневековое поселение	14
1.4. Водные объекты	16
1.5. Настройка освещения.....	18
1.6. Оптимизация.....	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	21
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	22

ВВЕДЕНИЕ

Unreal Engine — это движок от Epic Games, одной из крупнейших американских компаний по разработке программного обеспечения. И хотя инструмент предназначен в первую очередь для создания видеоигр, он подходит и для производства неигровых проектов в области архитектуры, строительства, автомобильной промышленности, медицины, кинематографа, анимации и других сфер. Редактор движка Unreal Editor создан по принципу «что пользователь видит, то и получит». Это означает, что итоговый результат не будет отличаться от его изображения в 3D-вьюпорте. К тому же редактор очень удобен для использования: все ассеты (модели, источники освещения, визуальные эффекты и так далее) можно сразу разместить в сцене, перетаскив из папок. В целом Unreal Editor можно назвать комплексной системой, состоящей из многочисленных редакторов, которая направлена на то, чтобы сделать процесс разработки максимально цельным.

Целью данной работы является создание большой ландшафтной сцены и средневекового поселения.

Unreal Engine, с его постоянно развивающимися возможностями, предоставляет разработчикам мощные инструменты для достижения этого эффекта. Следует рассмотреть ключевые аспекты, такие как моделирование ландшафта, текстурирование, освещение, постобработка, оптимизация и использование новых возможностей Unreal Engine 5.

1. Создание большой ландшафтной сцены и средневекового поселения

1.1. Импорт ландшафта большой размерности

Удобным и эффективным методом создания ландшафта является импорт его из файла, который представляет собой карту высот, которая может быть получена при генерации ландшафта в сторонних программах, таких как GAEA, и последующая настройка.

Для генерации ландшафта было использовано приложение GAEA, 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; interp – функция интерполяции (билинейная).

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

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

где Δh - изменение высоты; k_i - коэффициент эрозии; h_i, h_j - высота соседних точек.

3. Гидравлическая эрозия моделирует потки воды, вымывающие почву.

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

где h' - новая высота после эрозии; k_h - коэффициент гидравлической эрозии; ω – объем воды; ∇h - градиент высоты (скорость потока воды).

Для импорта данной карты высот в инструменте Manage следует выбрать `import from file`. Появившееся око представлено на рисунке 1.

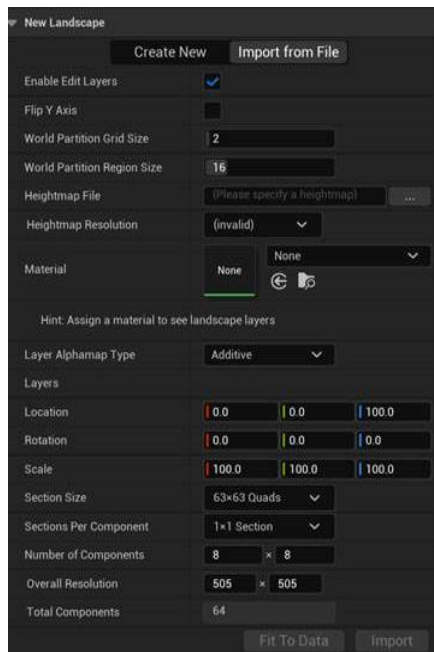


Рис. 1. Инструмент Manage при импорте карты высот

В поле Heightmap File следует выбрать полученную карту высот в GAEA. Важно учесть, что полученный ландшафт в Unreal Engine может отличаться от того, что был создан в GAEA. Для этого следует в поле Scale изменить соответствующие значения.

Для изменения Scale следует воспользоваться следующей формулой:

$$\frac{100}{X_{OR}} * X_{GS} = X_S,$$

где X_{OR} - X в Overall Resolution, X_{GS} – Scale, который использовался в GAEA, X_S – полученный Scale. В самом Unreal Engine метрика измеряется в units, 1 unit \approx 1 см. Таблица рекомендованной размерности ландшафта представлена на рисунке 2.

Overall size (vertices)	Quads / section	Sections / component	Component size	Total Components
8129×8129	127	4 (2×2)	254×254	1024 (32×32)
4033×4033	63	4 (2×2)	126×126	1024 (32×32)
2017×2017	63	4 (2×2)	126×126	256 (16×16)
1009×1009	63	4 (2×2)	126×126	64 (8×8)
1009×1009	63	1	63×63	256 (16×16)
505×505	63	4 (2×2)	126×126	16 (4×4)
505×505	63	1	63×63	64 (8×8)
253×253	63	4 (2×2)	126×126	4 (2×2)
253×253	63	1	63×63	16 (4×4)
127×127	63	4 (2×2)	126×126	1
127×127	63	1	63×63	4 (2×2)

Рис. 2. Рекомендованная размерность ландшафта

1.2. Материал ландшафта

После создания или редактирования ландшафта следует нанести материал на него. Материал ландшафта можно применить на моменте создания самого ландшафта в поле Material в инструменте Manage или после создания ландшафта.

Одними из основных методов нанесения определенного материала на ландшафт является:

1. Ручная раскраска слоев ландшафта
2. Создание авто-материала, который наносит определенные текстуры в зависимости от высоты, скорости перехода ландшафта.

Ручная раскраска слоев ландшафта представляет собой создание мастер материала, который будет содержать в себе несколько материалов с различными текстурами, которые подключены к Layer. Layer используется для создания возможности содержания множества материалов и возможности нанесения каждого из них на ландшафт. Данный способ не является эффективным, т.к. придется вручную прокрашивать каждый слой.

Более эффективным является создание авто-материала, который будет раскрашивать слои ландшафта автоматически в зависимости от их высоты, скорости изменения.

Разработанный авто-материал соответствия материала с высотой ландшафта представлен на рисунке 3.

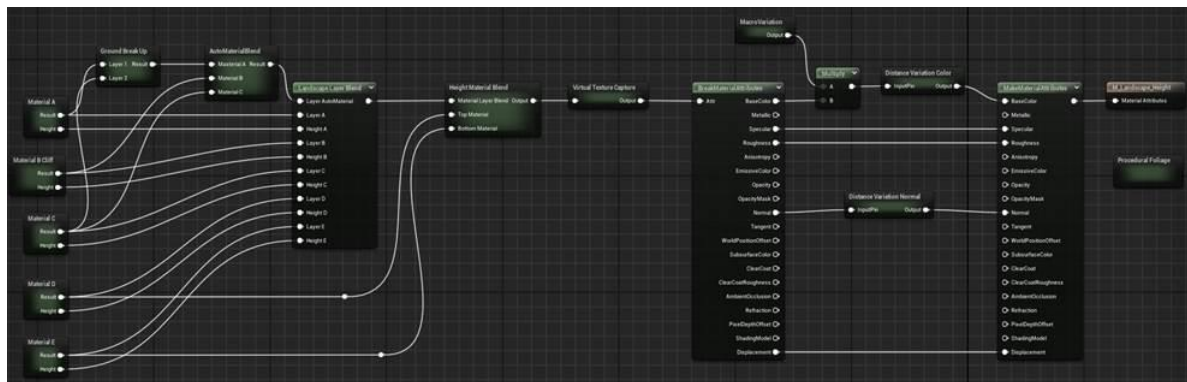


Рис. 3. Авто-материал соответствия материала с высотой ландшафта.

Сами материалы А, В, С, D, Е реализованы по следующему принципу, представленном на рисунке 4.

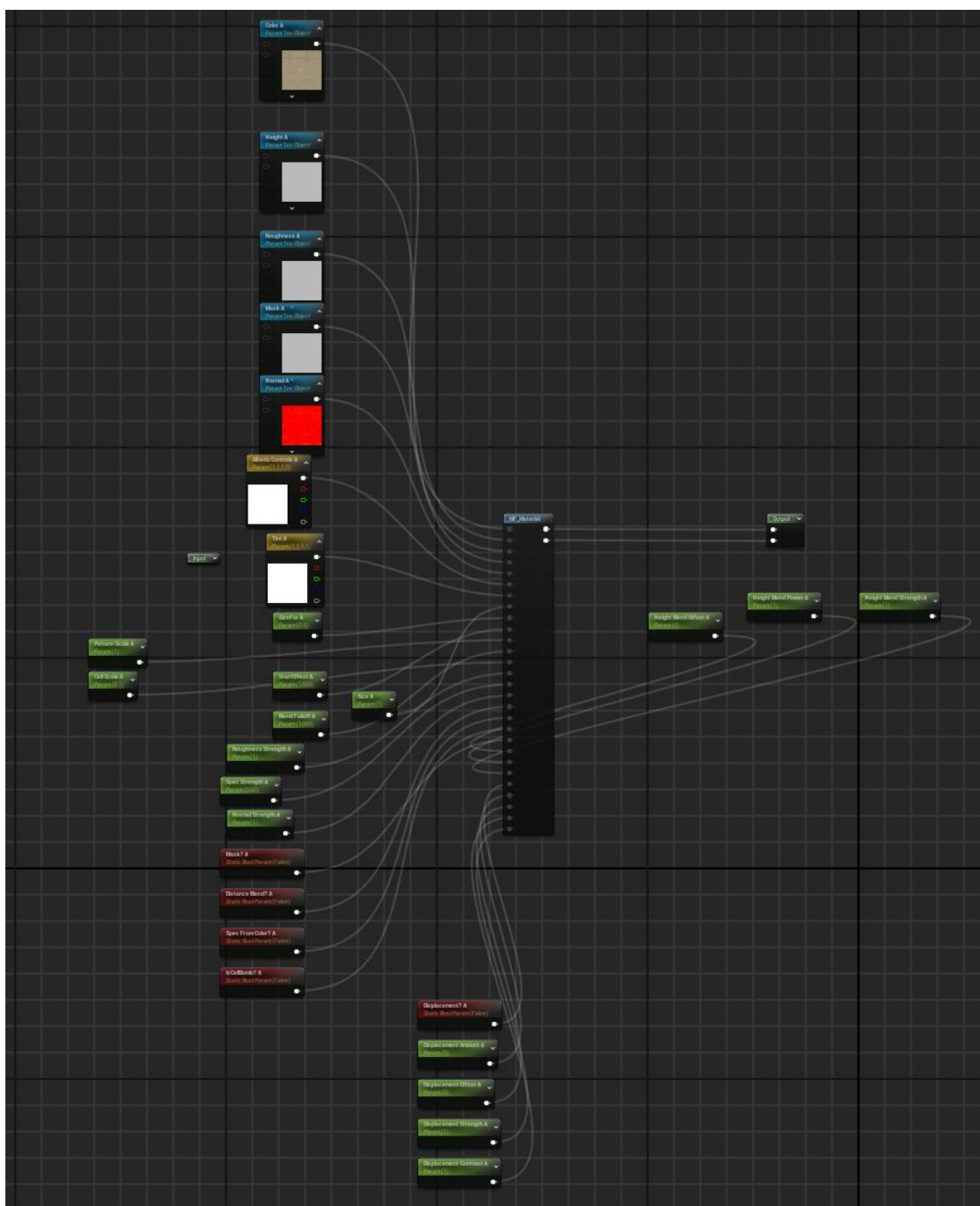


Рис. 4. Принцип реализации материалов А, В, С, D, Е.

В результате создания авто-материала был получен Material Instance, который возможно использовать для текстурирования ландшафта. На рисунке 5 представлены полученные возможности созданного Material Instance.

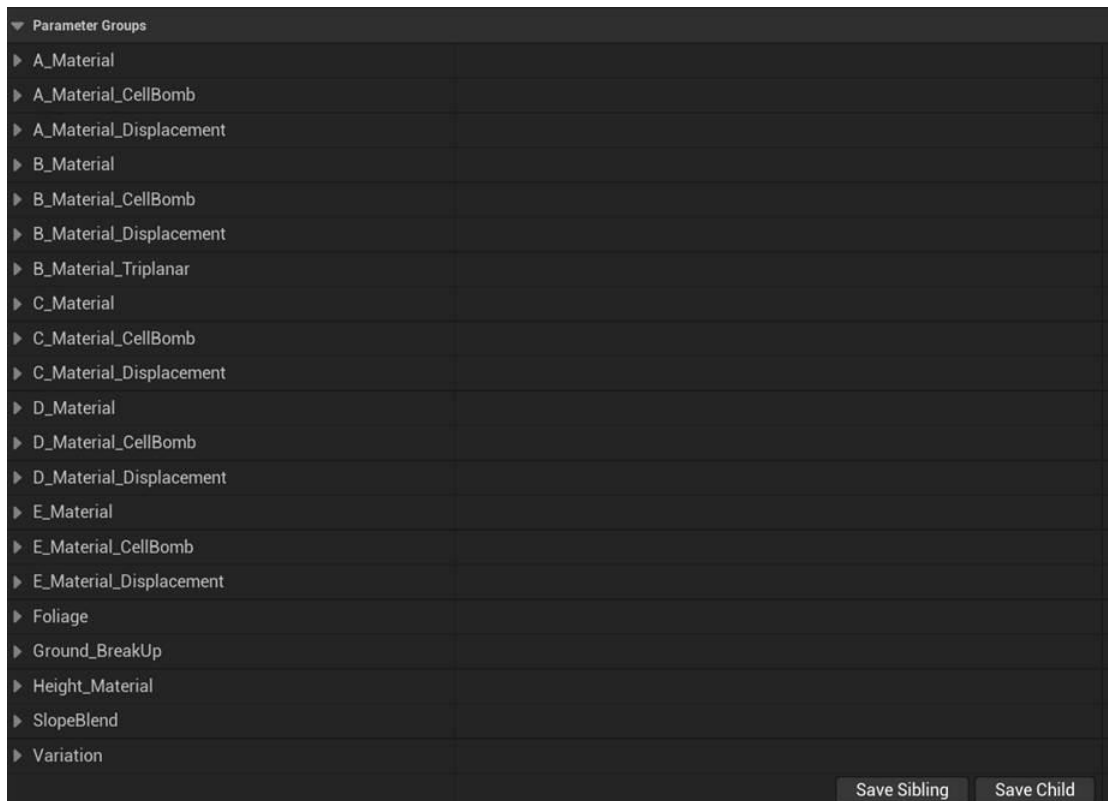


Рис. 5. Возможности Material Instance

1.3. Растительность

Для добавления растительности в сцену движок Unreal Engine 5 имеет множество инструментов, например, Foliage mode.

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; γ – коэффициент затухания; ω – частота колебаний; ϕ – фазовый сдвиг.

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; R_s - функция рассеивания; \mathbf{n} – нормаль поверхности;

ω_i, ω_o - входящее и исходящее направления света; p – точка на поверхности; Ω – сфера направления, откуда может приходить свет ω_i .

Для выбора данного инструмента в панели выбора следует переключить режим на Foliage mode. Выбор режима Foliage mode представлен на рисунке 6.

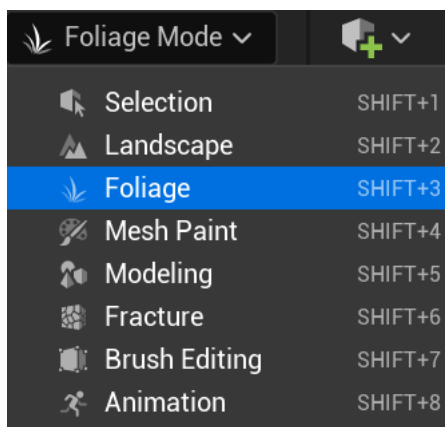


Рис. 6. Выбор Foliage mode

В появившемся окне Foliage mode для возможности нанесения растительности следует перенести статическую сетку модели в поле Foliage. Нанесение растительности на поверхность ландшафта происходит за счет использования кисти, параметры которой можно редактировать. Окно Foliage mode представлено на рисунке 7.

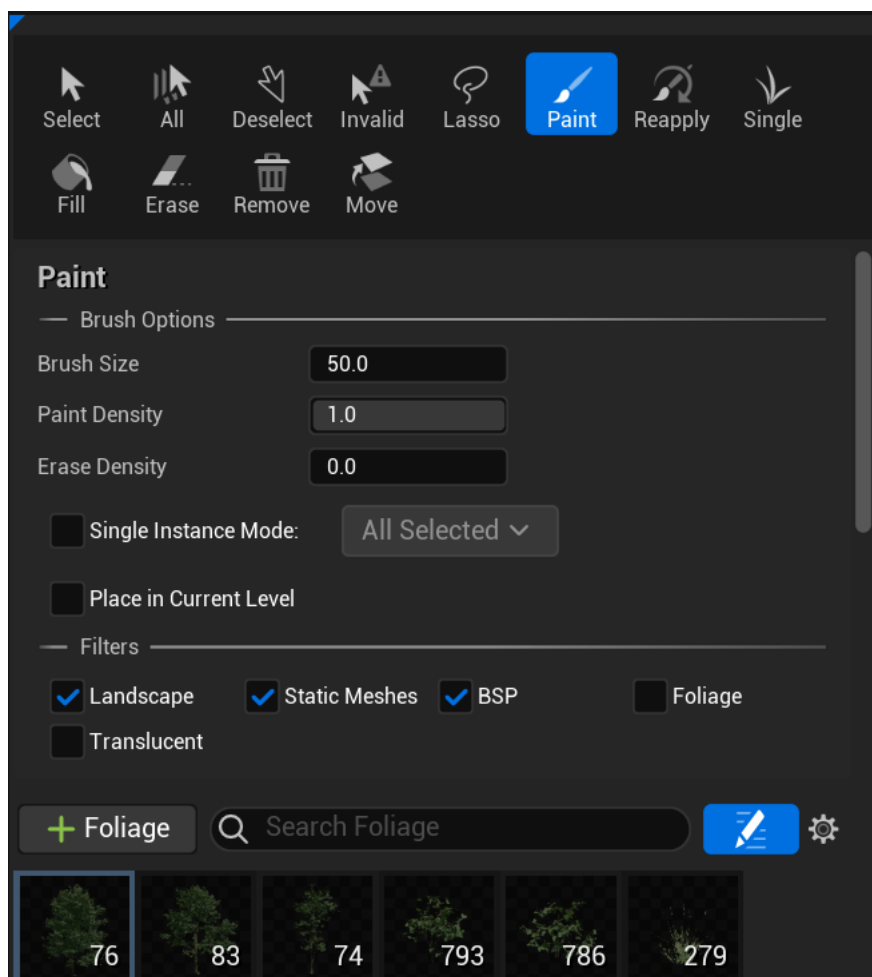


Рис. 7. Окно Foliage mode

В Unreal Engine 5 есть возможность нанесения сразу нескольких объектов, для этого следует выбрать необходимые объекты в панели Foliage и сделать их активными для нанесения. После того, как были выбраны необходимые объекты, инструмент Foliage предлагает параметры, которые могут быть изменены в зависимости от цели, которая необходима.

1.3.1. Painting

Настройка Painting используется для изменения параметров «рисования» на какой-либо области. Она включает в себя настройку плотности, размера. Настройка Painting представлена на рисунке 8.

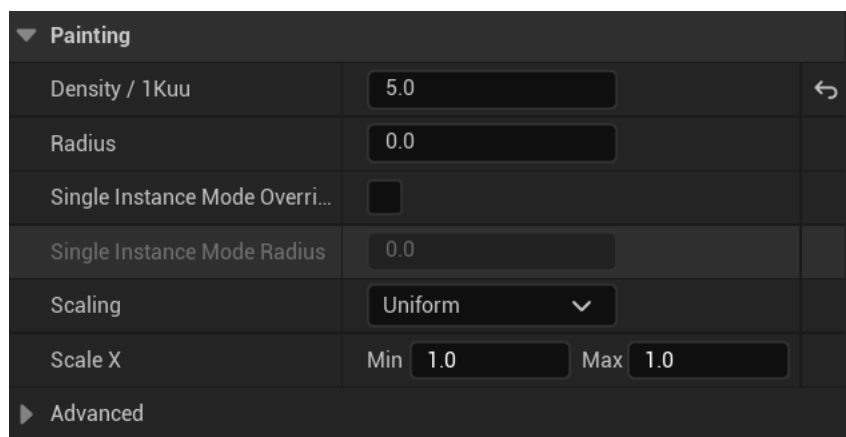


Рис. 8. Настройка Painting

1.3.2. Placement

Немаловажной настройкой Foliage mode является настройка позиционирования объекта. В данной категории представляется возможность выравнивания объектов по нормали, добавления смещения по оси Z, которое используется для того, чтобы объект полностью находился на поверхности ландшафта. Настройка Placement представлена на рисунке 9.

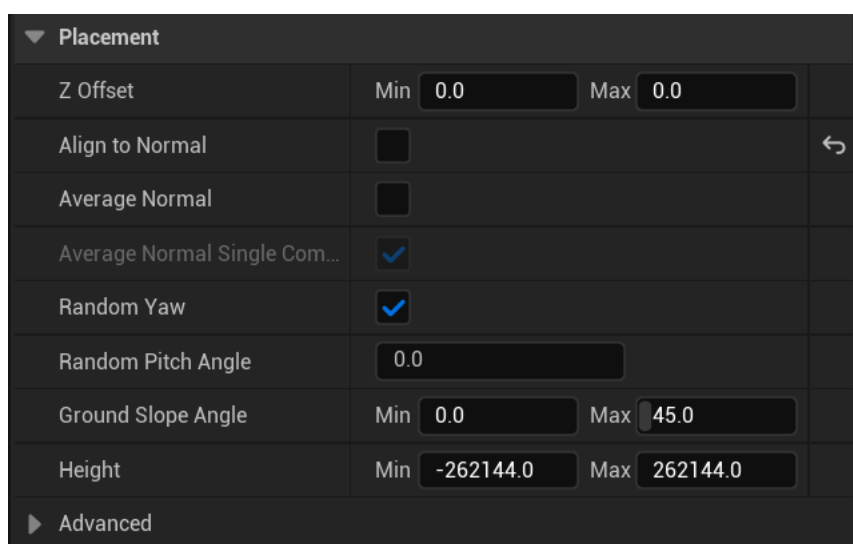


Рис. 9. Настройка Placement

1.3.3. Instance Static

Данная настройка предназначена для изменения теней, коллизий объекта. Настройка Instance Static представлена на рисунке 10.

▼ Instance Settings	
Mobility	Static Movable
Cull Distance	Min 0 Max 0
Cast Shadow	<input checked="" type="checkbox"/>
Affect Dynamic Indirect Ligh...	<input checked="" type="checkbox"/>
Affect Distance Field Lighting	<input type="checkbox"/>
Cast Dynamic Shadow	<input checked="" type="checkbox"/>
Cast Static Shadow	<input checked="" type="checkbox"/>
Cast Contact Shadow	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Light Map Resolution	8
► Collision Presets	NoCollision ▼
Custom Navigable Geometry	Yes ▼
Translucency Sort Priority	0
► Advanced	

Рис. 10. Настройка Instance Static

1.3. Средневековое поселение

Для создания средневекового поселения были использованы:

1. Библиотека Quixel Megascans
2. Marketplace Fab

Созданные 3D модели зданий представлены на рисунке 11.



Рис. 11. 3D модели зданий

Для текстурирования полученных 3D объектов были созданы необходимые материалы стен и крыши. Примеры созданных материалов представлено на рисунках 12 и 13.

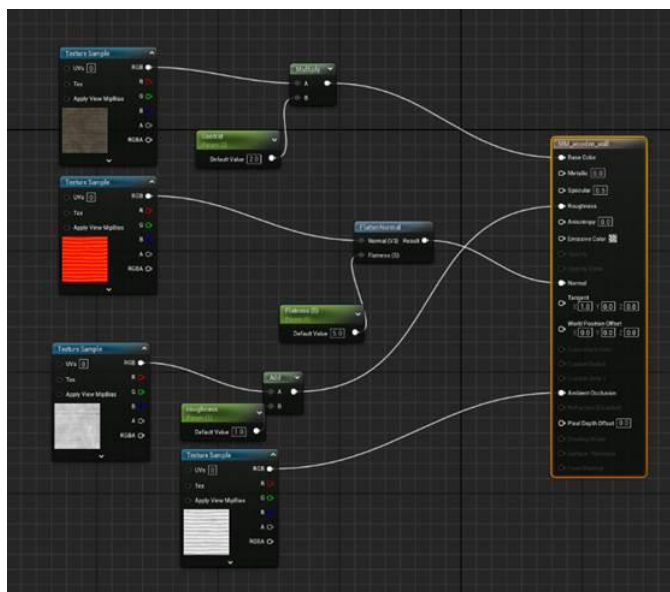


Рис. 12. Материал стены

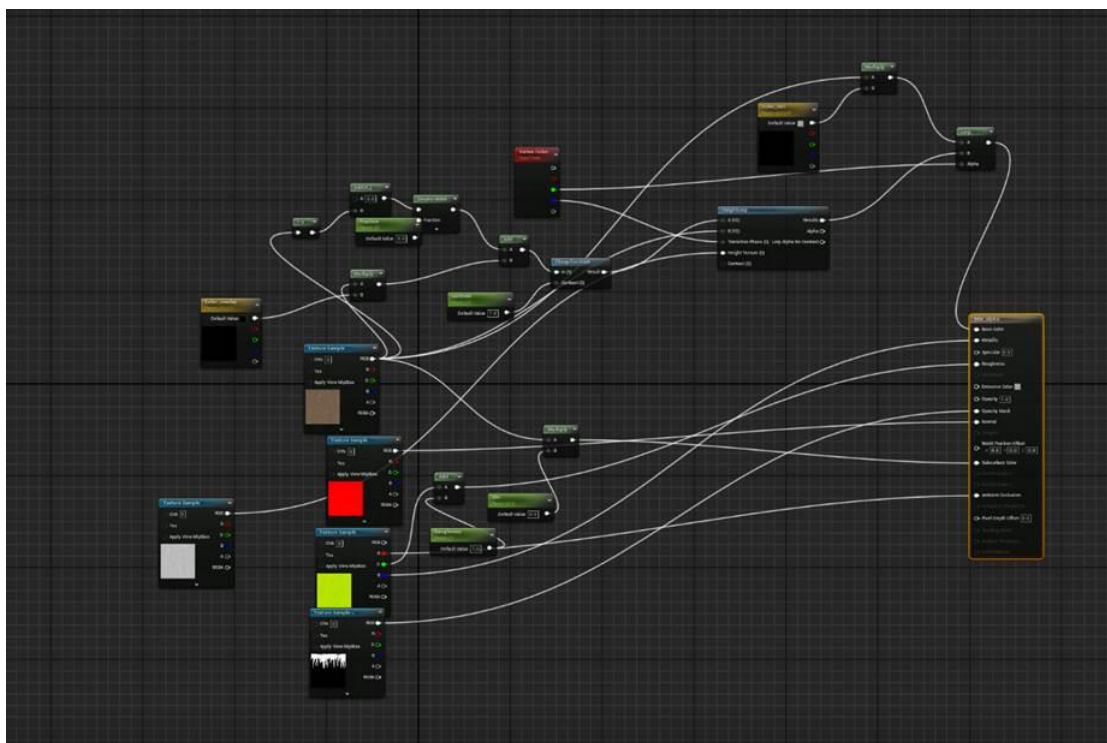


Рис. 13. Материал крыши

1.4. Водные объекты

Unreal Engine 5 имеет инструменты для добавления и последующей работы с водными объектами. Одним из решений добавления водных объектов является подключение плагина Water. Данный плагин предоставляет набор водных инструментов и методов рендеринга, позволяющих легко добавлять океаны, реки, озера или пользовательские водоемы, которые создаются в ландшафте и взаимодействуют с игровым процессом.

Для добавления водного объекта с использованием плагина в меню Place Actor Panel -> Water следует выбрать конкретный водный объект, который должен быть добавлен в сцену. Список доступных водных объектов и результат работы Water River представлены на рисунках 14 и 15.

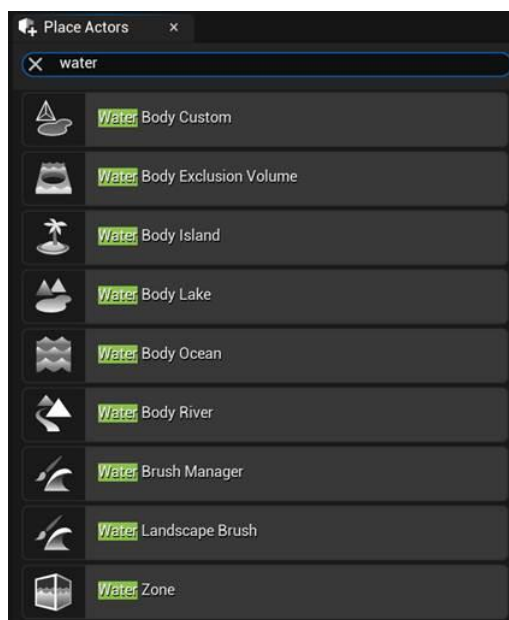


Рис. 14. Список доступных водных объектов при подключении Water плагина.

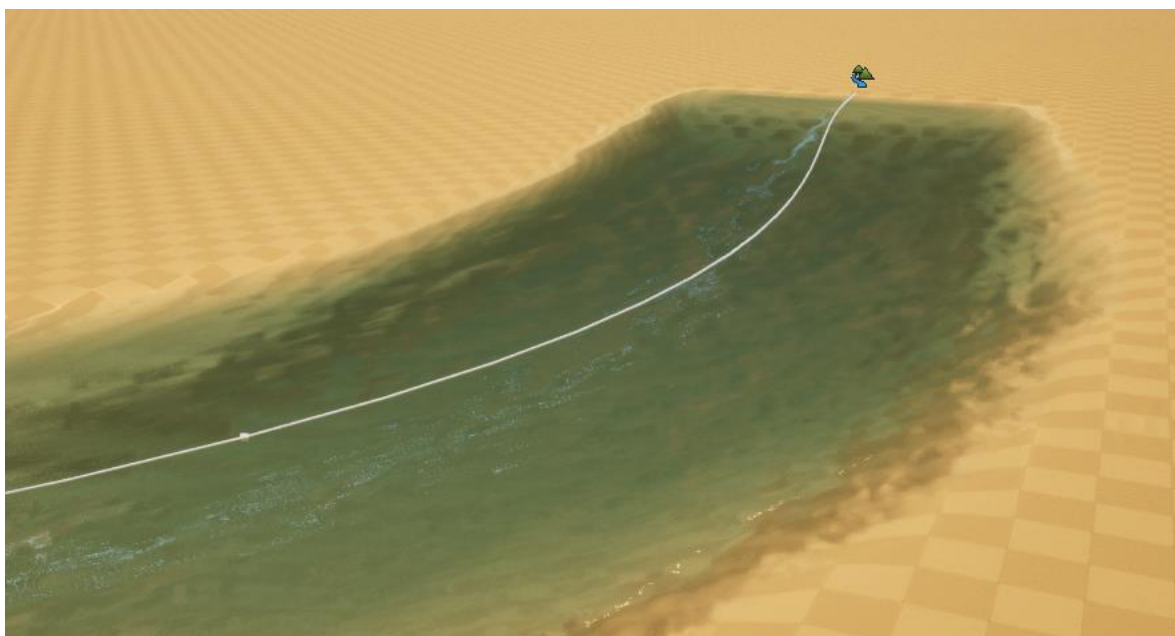


Рис. 15. Результат работы Water River

Данный плагин предоставляет разработчику сцены полную возможность настройки вводного объекта посредством использования сплайнов, изменения параметров водного объекта в определенной точке сплайна, например: глубины, ширины, скорости и др. Также присутствует возможность изменения параметров в материале воды для получения наилучшего визуального эффекта воды.

Для адаптации водного объекта в сцену был изменен водный материал, предоставляемый плагином. Полученный материал представлен на рисунке 16.

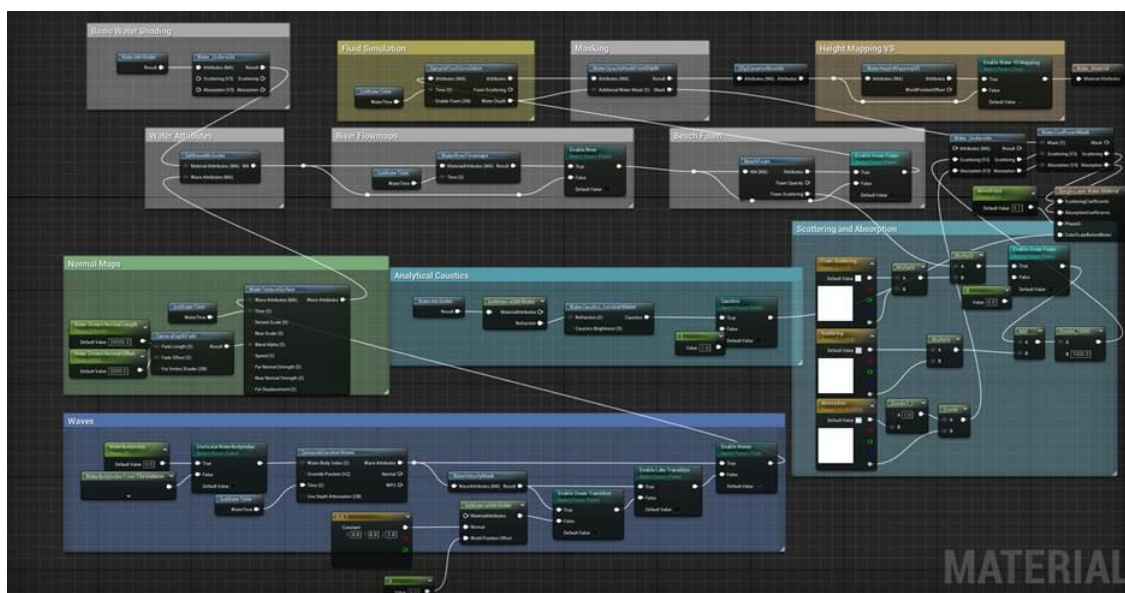


Рис. 16. Материал воды

Другим возможным решением добавления водных объектов является создание углубления при помощи инструментов редактирования ландшафта, последующим созданием поверхности и добавления на нее водного материала, который возможно найти среди бесплатных ассетов, предоставленных в Fab.

1.5. Настройка освещения

Движок Unreal Engine имеет обязательные компоненты сцены для настройки освещения.

1. Направленный свет (DirectionalLight)

Световой компонент с параллельными лучами, который обеспечивает равномерное освещение любой поражаемой поверхности (например, Солнца). Влияет на все объекты в определенном объеме, имеющие значение световой массы.

2. Туман (ExponentialHeightFog)

Используется для создания эффектов запотевания, таких как облака, но плотность которых зависит от высоты тумана.

3. Атмосфера неба (SkyAtmosphere)

Представляет собой материал атмосферы планеты и имитирующий небо и рассеяние света в нем.

4. Небесный свет (SkyLight)

Захватывает свет неба и освещает текстурой неба всю сцену.

Для более точной настройки освещения Unreal Engine предоставляет дополнительные возможности. Одной из них является Post Process Volume. Данный эффект позволяет определять общий внешний вид сцены с помощью комбинированного выбора свойств и функций, влияющих на окраску, тональное отображение, освещение и многое другое.

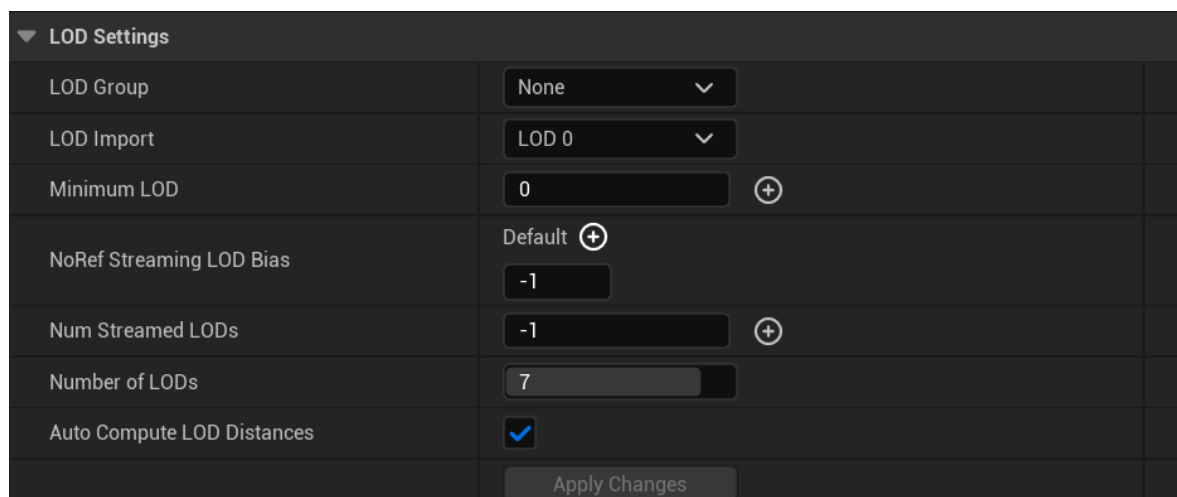
1.6. Оптимизация

При использовании библиотеки готовых ассетов Quixel Megascans полученные 3D объекты являются очень детализированными, что не всегда является верным решением при разработке динамических сцен, где важную роль играет производительность. Для этого существует система LOD.

LOD означает уровень детализации. Для одного объекта может быть несколько уровней детализации. Самый низкий уровень детализации (LOD0) является наиболее подробным, когда вы находитесь близко к объекту. Наивысший уровень детализации (LODx) обеспечивает наименьшее количество деталей, когда объект находится очень далеко от камеры и вы не можете разглядеть детали. Unreal поддерживает 8 уровней детализации, так что между самым низким и самым высоким уровнями детализации может быть множество шагов.

Оптимизация за счет LOD системы возможна, когда самым низким уровнем детализации становится не LOD0, а LOD2 – LOD4. Данное решение уменьшается размерность сетки объекта, из-за чего становится меньше треугольников при рендере модели в сцене.

Изменение минимального LOD-а представлено на рисунке 17.



▼ LOD Settings	
LOD Group	None ▼
LOD Import	LOD 0 ▼
Minimum LOD	0 ⊕
NoRef Streaming LOD Bias	Default ⊕ -1
Num Streamed LODs	-1 ⊕
Number of LODs	7
Auto Compute LOD Distances	<input checked="" type="checkbox"/>
Apply Changes	

Рис. 17. Изменение минимального LOD

Сравнение производительности 10 близко стоящих объектов при использовании Lumen и определенных уровнях детализации представлено в таблице 1.

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

Таблица 1. Сравнение производительности при использовании LOD

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы была разработана большая ландшафтная сцена и средневековое поселение. Получены навыки работы с Unreal Engine 5, получен опыт создания ландшафтов с различными объектами. Были изучены и применены различные техники построения реалистичного ландшафта большой размерности. Необходимо отметить, что для комфортной работы в Unreal Engine необходим производительный компьютер.

В процессе работы были выполнены следующие задачи:

1. Изучены методы импорта ландшафта;
2. Созданы материалы с последующим наложением их на объекты сцены.
3. Изучены методы добавления природных объектов;
4. Подключены сторонние плагины и изменены для внедрения в сцену проекта;
5. Проведена настройка освещения и оптимизация.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Epic Games Unreal Engine Documentation / Epic Games [Электронный ресурс] // Epic Games Developer: [сайт]. — URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/ru-ru/unreal-engine/unreal-engine-5-5-documentation> (дата обращения: 05.05.2025);
2. Unreal Engine Building natural environments / Unreal Engine [Электронный ресурс] // YouTube: [сайт]. — URL: <https://www.youtube.com/watch?v=gbj1qgPOI3E> (дата обращения: 05.05.2025);
3. Том Шэннон Unreal Engine 4 для дизайна и визуализации [Текст] / Том Шэннон — 1-е изд.. — Москва: Vombora, 2021 — 368 с;
4. Epic Games Unreal Engine / Epic Games [Электронный ресурс] // GitHub: [сайт]. — URL: <https://github.com/EpicGames> (дата обращения: 7.11.2024);
5. Максименкова Ольга Вениаминовна, Веселко Никита Игоревич Программирование в Unreal Engine 5. Основы визуального языка Blueprint. [Текст] / Максименкова Ольга Вениаминовна, Веселко Никита Игоревич — 1-е изд.. — Москва: Эксмо, 2023 — 320 с.