

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

Факультет Математики и информатики  
Кафедра Информационных и управляющих систем  
Направление подготовки 09.03.01 – Информатика и вычислительная техника  
Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизированные  
системы обработки информации и управления

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Зав. Кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.В. Бушманов  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Разработка VR приложения для изучения курса биологии по теме  
«Строение плоских червей»

Исполнитель студент группы 853-об	_____	К.Н. Тарасенко
	(подпись, дата)	
Руководитель доцент, канд. физ. -мат. наук	_____	В.В. Еремина
	(подпись, дата)	
Консультант по безопасности и экологичности доцент, канд. техн. наук	_____	А.Б. Булгаков
	(подпись, дата)	
Нормоконтроль Инженер кафедры	_____	В.Н. Адаменко
	(подпись, дата)	

Благовещенск 2022



## РЕФЕРАТ

Дипломная (бакалаврская) работа содержит 74 страницы, 41 рисунок, 4 таблицы, 5 приложений, 25 источников.

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ, VR ТЕХНОЛОГИИ, ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ, ВИРТУАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ, ТЕКСТУРИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА VR ПРИЛОЖЕНИЯ

Объектом исследования выступает процесс создания VR приложения для изучения курса биологии по теме «Строение плоских червей». Цель работы состоит в разработке приложения, которое позволит проводить занятия с использованием VR технологий по курсу биологии.

Для достижения поставленной цели следовало провести анализ предметной области, изучить теоретическую основу как виртуальной реальности, так и 3D-моделирования в целом, ознакомиться с существующими программными решениями и средами разработки VR приложений.

Результатом выполнения данной работы является VR приложение для изучения курса биологии по теме «Строение плоских червей».

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Анализ предметной области	10
1.1 Общая характеристики предприятия	10
1.1.1 Цели и задачи организации	10
1.1.2 Организационная структура	11
1.1.3 Документооборот организации	11
1.2 Области применения VR технологии	14
1.3 Анализ существующих аналогов	16
2 Программное обеспечение проекта	18
2.1 Анализ существующих средств разработки	18
2.2 Используемое программное обеспечение	20
2.2.1 Пакет 3D-моделирования Blender	20
2.2.2 ПО для текстурирования моделей Substance Painter	23
2.2.3 Среда разработки Unity	23
3 Разработка программного продукта	25
3.1 Разработка моделей	25
3.1.1 Разработка моделей окружения	26
3.1.2 Разработка строения плоских червей	28
3.2 Этапы текстурирования	34
3.2.1 Создание UV-развёртки	34
3.2.2 Наложение текстур на модели	36
3.3 Этапы реализация VR приложения	39
3.3.1 Импорт моделей в Unity	39
3.3.2 Сборка сцены	40
3.3.3 Написание логики взаимодействия	41
3.3.4 Интеграция VR окружения	42
3.4 Тестирование приложения	43

3.5 Описание работы программного продукта	43
4 Безопасность и экологичность	47
4.1 Безопасность	47
4.1.1 Вредные факторы при работе с вычислительной техникой	47
4.1.2 Требования к помещениям с ПЭВМ	48
4.1.3 Требования к организации рабочего места с ПЭВМ	49
4.1.4 Требования охраны труда во время работы с VR оборудованием	50
4.1.5 Требования к освещению помещений и рабочих мест с ПЭВМ	51
4.1.6 Требования к параметрам микроклимата	52
4.1.7 Требования к шуму и вибрации на рабочем месте	53
4.1.8 Электробезопасность в помещении с ПЭВМ	53
4.2 Экологичность	54
4.3 Чрезвычайные ситуации	55
4.3.1 Пожаровзрывобезопасность в помещении с ПЭВМ	56
Заключение	59
Библиографические ссылки	60
Библиографический список	61
Приложение А. Техническое задание	63
Приложение Б	71
Приложение В	72
Приложение Г	73
Приложение Д	74

## СОКРАЩЕНИЯ

ПО – Программное обеспечение

АмГУ – ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»

VR – Виртуальная реальность

ДНК – Дом научной коллаборации имени академика РАН М.Т. Луценко

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Виртуальная реальность – созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие. Виртуальная реальность имитирует как воздействие, так и реакции на воздействие;

Программное обеспечение – программа или множество программ, используемых для управления компьютером;

Виртуальное образование – это процесс и результат коммуникативного взаимодействия субъектов и объектов в виртуальной образовательной сфере;

3D-модель – трёхмерная модель объекта;

Референс – вспомогательное изображение: рисунок или фотография, которые изучаются перед работой, чтобы точнее передать детали, получить дополнительную информацию и идеи;

3D-моделирование – это процесс формирования виртуальных моделей, позволяющий с максимальной точностью продемонстрировать размер, форму, внешний вид объекта и другие его характеристики. По своей сути это создание трехмерных изображений и графики при помощи специализированного программного обеспечения.

## ВВЕДЕНИЕ

В данной работе будет представлена разработка VR приложения для изучения курса биологии по теме «Строение плоских червей» для дальнейшего проведения учебных занятий в «Доме научной коллаборации имени академика РАН М.Т. Луценко».

В основе обучения с применением виртуальной реальности лежат иммерсивные технологии – виртуальное расширение реальности, позволяющее лучше воспринимать и понимать окружающую действительность. То есть, они в буквальном смысле погружают человека в заданную событийную среду.

«Дом научной коллаборации имени академика М.Т. Луценко» – структурное подразделение ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет», осуществляет образовательную деятельность по образовательным программам основного, дополнительного образования.

В настоящее время использование технологий виртуальной реальности в образовании не пользуется особым спросом ввиду того, что разработано малое количество качественных специализированных образовательных программ и программных обеспечений. Не смотря на вышесказанное VR технология способна затмить классические методы преподавания школьного образования и вызвать больший интерес к обучению у обучающихся.

Проблема исследования – повышение заинтересованности обучающихся к школьному курсу биологии на тему «Плоские черви».

Цель исследования – разработать и внедрить приложение, которое позволит проводить занятия на базе центра развития современных компетенций для детей «Дом научной коллаборации имени академика РАН М.Т. Луценко» с использованием VR технологий по курсу биологии.

Для реализации поставленной цели необходимо осуществить выполнение следующих задач:

- Проанализировать предметную область;
- Рассмотреть структуру организации;
- Выявление тем по курсу биологии, которые необходимо изучать с помощью технологии виртуальной реальности;
- Разработать приложение для изучения курса по биологии;
- Провести тестирование реализованного программного продукта на технических средствах заказчика.

Объектом исследования в данной работе является «Дом научной коллаборации имени академика РАН М.Т. Луценко», который выполняет разработку и сопровождение перспективных методов, технологий и образовательных программ развития компетенций.

Предметом исследования является проектирование и разработка курса по биологии по теме «Строение плоских червей» с использованием VR технологий.

Актуальность проектирования и разработки образовательного приложения с использованием современных технологий состоит в следующем:

- внедрение технологий виртуальной реальности в образовательную программу в центре развития компетенций;
- необходимость увеличения заинтересованности обучающихся при освоении учебного материала;
- автоматизация тестирования по изученному материалу в рамках учебной программы.

# 1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

## 1.1 Общая характеристика предприятия

«Дом научной коллаборации имени академика РАН М.Т. Луценко» является структурным подразделением ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет», и занимается образовательной деятельностью по образовательным программам основного и дополнительного образования.

«ДНК» реализует следующие образовательные проекты:

– «Детский Университет» – дополнительное образование для детей 5 – 9 классов;

– «Малая Академия» – дополнительное образование для детей 10 – 11 классов и студентов СПО по приоритетным направлениям, таким как геномная инженерия, биотехнологии, искусственный интеллект;

– «Урок технологии» – реализация предметной области «Технология» в сетевой форме с использованием инфраструктурных, материально-технических и кадровых ресурсов вуза по заказу региональной системы образования и/или дисциплины «Биология»;

– «Педагог К-21» – обновление содержания и технологий преподавания учебных предметов, ведения занятий в системе дополнительного и среднего профессионального образования, путем повышения квалификации педагогических кадров.

### 1.1.1 Цели и задачи организации

Целью деятельности «ДНК» является создание условий для повышения качества образования детей и молодежи путем:

– реализации дополнительных образовательных программ для детей и молодежи и подготовки кадров для развития современных компетенций;

– использования сетевой формы взаимодействия с образовательными организациями региона при создании условий для непрерывного образования;

– развитие современных компетенций у широких слоев населения, в первую очередь обучающихся и преподавателей образовательных организаций общего, профессионального и дополнительного образования детей посредством оказания им образовательных услуг с использованием современных методов и технологий развития современных компетенций;

– разработка и сопровождение перспективных методов, технологий и образовательных программ развития компетенций, в том числе при участии (в сотрудничестве) международных и российских компаний.

### **1.1.2 Организационная структура**

Для осуществления образовательной деятельности ДНК может привлекать ведущих преподавателей, магистрантов, аспирантов ФГБОУ ВО «АмГУ» и внешних сотрудников.

Преподавателями, реализующими дополнительные общеразвивающие программы для детей в ДНК, могут быть:

– профессорско-преподавательский состав образовательной организации высшего образования, имеющие практику работы в профессиональной среде;

– инженеры, лаборанты, молодые ученые и другие специалисты ФГБУ ВО «АмГУ», обладающие необходимой квалификацией и опытом;

– педагоги образовательных организаций общего и дополнительного образования детей Амурской области;

– сотрудники организаций-партнеров, представляющих реальный сектор (наставники);

– сотрудники частных поставщиков образовательных услуг (специализированные направления).

### **1.1.3 Документооборот предприятия**

Внешний документооборот — это все входящие и исходящие документы компании, которыми она обменивается с контрагентами, клиентами и контролирующими органами. К ним относятся счета-фактуры, накладные,

акты выполненных работ, электронная отчетность, ветеринарные сертификаты и другие виды документов.

Диаграмма внешнего документооборота представляет собой контекстную диаграмму, построенную в нотации IDEF0. Это диаграмма, расположенная на вершине древовидной структуры диаграмм, представляющая собой самое общее описание системы и ее взаимодействие с внешней средой. Контекстная диаграмма состоит из одного блока, описывающего функцию верхнего уровня, ее входы, выходы, управления, и механизмы, вместе с формулировками цели модели и точки зрения, с которой строится модель. Стрелки на этой диаграмме отображают связи объекта моделирования с окружающей средой.

Внешний документооборот «ДНК» представлен ниже на рисунке 1.

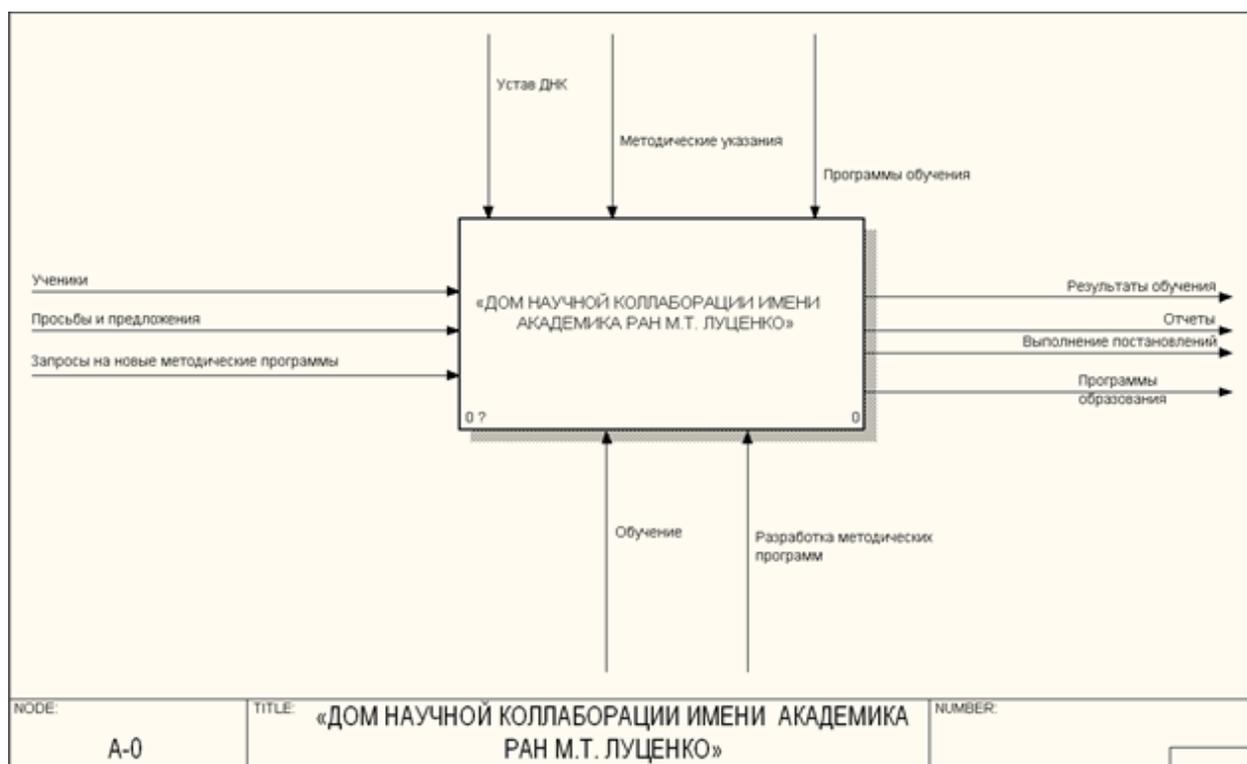


Рисунок 1 – Внешний документооборот

Внутренний документооборот – это движение документов внутри предприятия или организации, которые регулируются ведомственными или корпоративными нормативными правовыми актами. При описании внутреннего документооборота представляются основные функции каждого подраз-

деления и рабочего места, характеризуется хранилище данных и основные документы, циркулирующие внутри предприятия.

Основная часть документов в процессе документооборота в исследуемой области организации составляет методические материалы, утвержденные методические материалы, образовательные программы, отчеты о достижениях учеников, а также внутренние приказы вышестоящих органов. Заполнение и составление учебных планов является должностными обязанностями преподавателей и педагогов, работающих с детьми. Утверждением учебных планов и используемых методических материалов занимается вышестоящее руководство.

Внутренний документооборот представлен на рисунке 2.

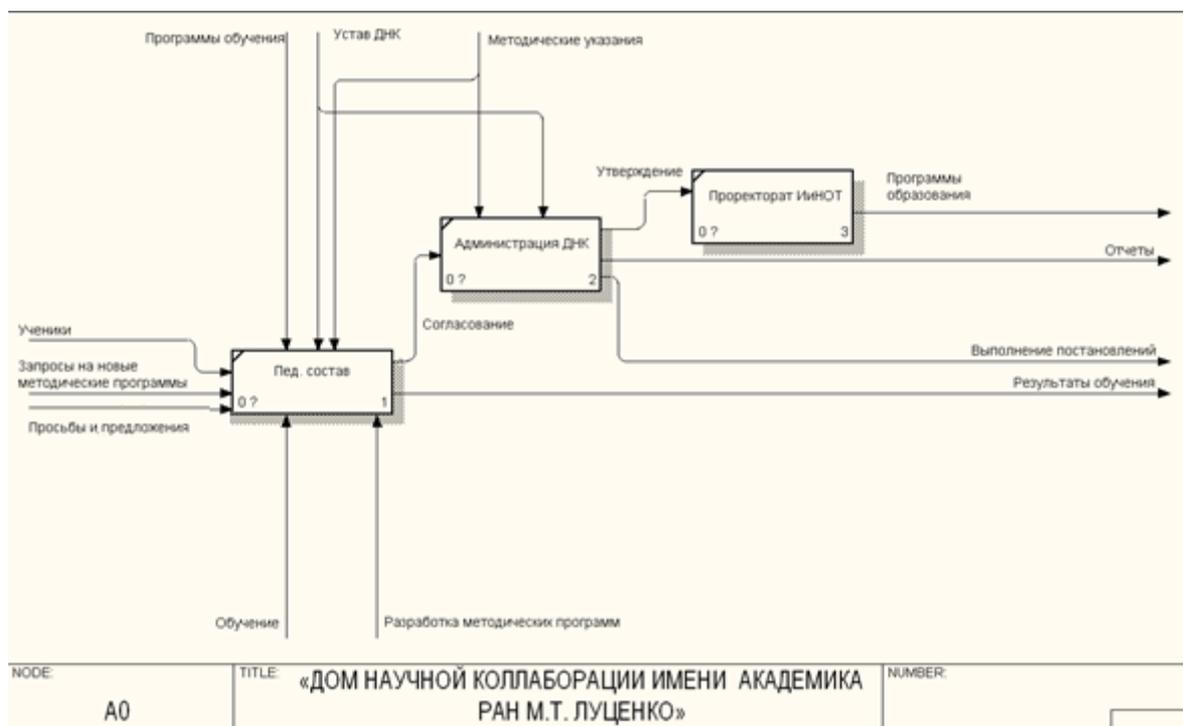


Рисунок 2 – Внутренний документооборот

Судя по диаграмме внутреннего документооборота между отделами организации, а также внешними сущностями существует взаимодействие и документооборот. По диаграмме можно определить, как на работу организации влияет каждый её отдел и связь между ними.

Разрабатываться приложение будет для преподавательского состава организации и учеников, а дальнейшее использование данной разработки должно утвердиться администрацией «ДНК».

## 1.2 Области применения VR технологии

В настоящее время всё большее значение придается понятию «Виртуальная реальность». Данное понятие встречается во всех отраслях: от видеоигр до различных сфер машиностроения, в том числе и для проектирования объектов. В повседневной жизни под понятием VR подразумевают всё обилие технологий, связанных с представлением виртуальной реальности.

VR технологии – это созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие. Виртуальная реальность имитирует как воздействие, так и реакции на них.

В архитектуре и градопланировании виртуальная реальность помогает исполнителям и заказчикам путешествовать по помещениям и объектам ещё до их воссоздания. Объёмное изображение позволяет вносить какие-либо корректировки в планировку ещё на стадии ознакомления (рис. 3).



Рисунок 3 – VR технологии в архитектуре

VR используется в автомобилестроении для проведения краш-тестов, компоновки узлов и агрегатов, создания эргономики салона. Обработку про-

цессов сборки, изучение взаимозаменяемости деталей можно проводить с использованием технологий виртуальной реальности (рис. 4).



Рисунок 4 – Виртуальная реальность в автомобилестроении

Технологии виртуальной реальности в образовании создают новый подход к подаче и усвоению научного и методического материала в образовательных организациях. Ученики могут поработать в уникальных локациях, наблюдать за реконструированными историческими событиями, побывать в космосе, изучать макро- и микромир. Виртуальная система позволяет участникам из разных городов посещать дистанционные занятия и участвовать в научных экспериментах (рис. 5).



Рисунок 5 – Применение VR технологии в образовании

### 1.3 Анализ существующих аналогов

В рамках дипломной работы был проведён анализ существующих программных решений, которые осуществляют подобную деятельность.

В результате чего был найден подобный готовый курс по клеточной биологии для школьников в виртуальной реальности под названием «VR курс: Биология для школьников».

Найденный проект представляет собой платное обучающее приложение по школьному курсу биологии на темы «Клеточная биология» и «Строение головного мозга» в виртуальной реальности. В существующем решении представлены 3D-модель головного мозга и его отдельные системы, модели растительной и животной клетки, а также вспомогательный голосовой учитель (рис. 6). Но данный курс не может быть рассмотрен для изучения курса по биологии на тему «Плоские черви», ввиду отсутствия соответствующих моделей, а также отсутствия бесплатной версии.

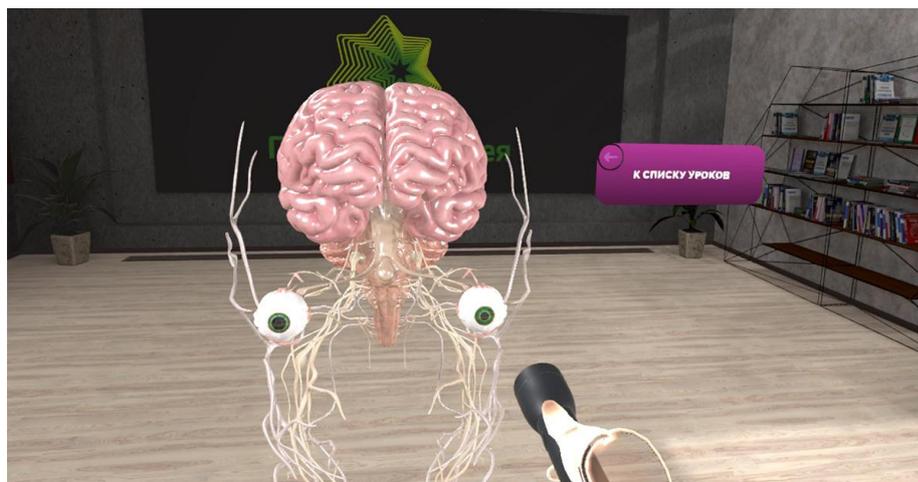


Рисунок 6 – Сцена с 3D-моделью головного мозга аналоговой программы

В качестве аналогов также могут выступать сайты, на которых представлены отдельные платные 3D-модели плоских червей в своеобразном окне (рис. 7).



### Молочная планария

Одна из видов самых распространённых плоских червей.

Биология



Этикетки

планарии, плоские черви, ресничные черви, червь, плоский червь, гастроваскулярная система, животное, беспозвоночные, биология, зоология

Рисунок 7 – Окно сайта с аналоговым решением

Представленный выше аналог, также не может быть использован, т.к. зачастую представляются лишь единичные модели на платной основе и не имеется приложения адаптированного под VR оборудование.

## 2 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТА

Для достижения поставленной цели необходимо выбрать существующие программные обеспечения, которые позволят выполнить последовательно специфические задачи.

### 2.1 Анализ существующих средств разработки

На данный момент существует обширный выбор программных средств в области 3D-графики и виртуальной реальности. Из-за чего было проведено обзорное сравнение специализированных программ. Сравнение представлено в таблицах ниже, которые главным образом отобразят суть того или иного программного обеспечения. Таблицы были разделены в соответствии с интересующими направлениями работ по 3D-моделированию, текстурированию и созданию виртуальной реальности.

Таблица 1 – Обзор программ для моделирования 3D-объектов

Название ПО	Описание ПО
Autodesk 3ds Max	Профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации при создании игр и проектировании.
Cinema 4D	Пакет для создания трёхмерной графики и анимации. Является универсальной комплексной программой для создания и редактирования двух- и трехмерных эффектов и объектов. Позволяет рендерить объекты по методу Гуро.
Blender	Профессиональное свободное и открытое программное обеспечение для создания трёхмерной компьютерной графики, включающее в себя средства моделирования, скульптинга, анимации, симуляции, рендеринга, постобработки и монтажа видео со звуком, компоновки с помощью «узлов», а также создания 2D-анимаций.

Кроме вышеуказанного ПО по созданию трёхмерных моделей, существуют и иные программы, которые являются узконаправленными (создание одежды, создание техники и т.п.). Именно из-за узкой специализации этих программ, они не были рассмотрены.

Таблица 2 – Обзор программ для текстурирования 3D-моделей

Название ПО	Описание ПО
Autodesk Mudbox	Профессиональная графическая программа, предназначенная для моделирования высокополигональной цифровой скульптуры и текстурного окрашивания 3D-моделей.
The Foundry Mari	Приложение используется для разработки текстур в различных игровых сериях. Программа удобная благодаря индивидуальной настройке интерфейса под конкретного пользователя и огромному функционалу.
Substance 3D Painter	ПО широко используется в производстве игр и фильмов, а также в сфере проектирования товаров, в модной индустрии и архитектуре. Это приложение для создания 3D-текстур, предназначенное для профессиональных дизайнеров в любой области.

Текстурирование моделей возможно и в обычных программах для 3D-моделирования (Blender и т.п.), однако в них представлен лишь некоторый функционал, который в свою очередь может замедлить и усложнить процесс создания и наложения текстур.

Таблица 3 – ПО для разработки VR

Название ПО	Описание ПО
Unity	Межплатформенная среда разработки компьютерных игр. Позволяет создавать приложения, работающие на более чем 25 различных платформах, включающих персональные компьютеры, игровые консоли, мобильные устройства и другие.
Unreal Engine 4	Набор инструментов для разработки игр, имеющий широкие возможности: от создания двухмерных игр на мобильные до AAA-проектов для консолей.
React 360	Это библиотека, которая использует множество функций React Native для создания приложений виртуальной реальности, которые запускаются в вашем веб-браузере

## 2.2 Используемое программное обеспечение

Рассмотрев ранее приведённые программные продукты, сравнив удобство интерфейса, спектр решаемых ими задач и стоимость были выбраны и установлены следующие программы:

- Blender;
- Substance Painter;
- Unity.

Данный выбор был осуществлён на основе следующих критериев:

- Свободная доступность выбранного ПО;
- Хорошая оптимизация выбранных программных средств;
- Простота работы с программами;
- Эффективность решения поставленной задачи;
- Большое количество информации в сети Интернет по функционалу выбранного программного обеспечения.

### 2.2.1 Пакет 3D-моделирования Blender

Blender – это бесплатное программное обеспечение для создания и редактирования трехмерной графики. Программа позиционируется как приложение для создания и редактирования трехмерной графики, визуализации, анимации, создания компьютерных игр и даже скульптинга.

На сегодняшний день это полноценный 3D-редактор, в котором пользователь работает с полностью программируемым интерфейсом и уникальной внутренней файловой системой. Для ещё более детальной работы с приложением можно воспользоваться языком программирования Python, который позволит создать собственные инструменты, редактировать имеющийся интерфейс или вовсе изменить сам принцип работы программы. Главное окно программы представлено на рисунке 8.

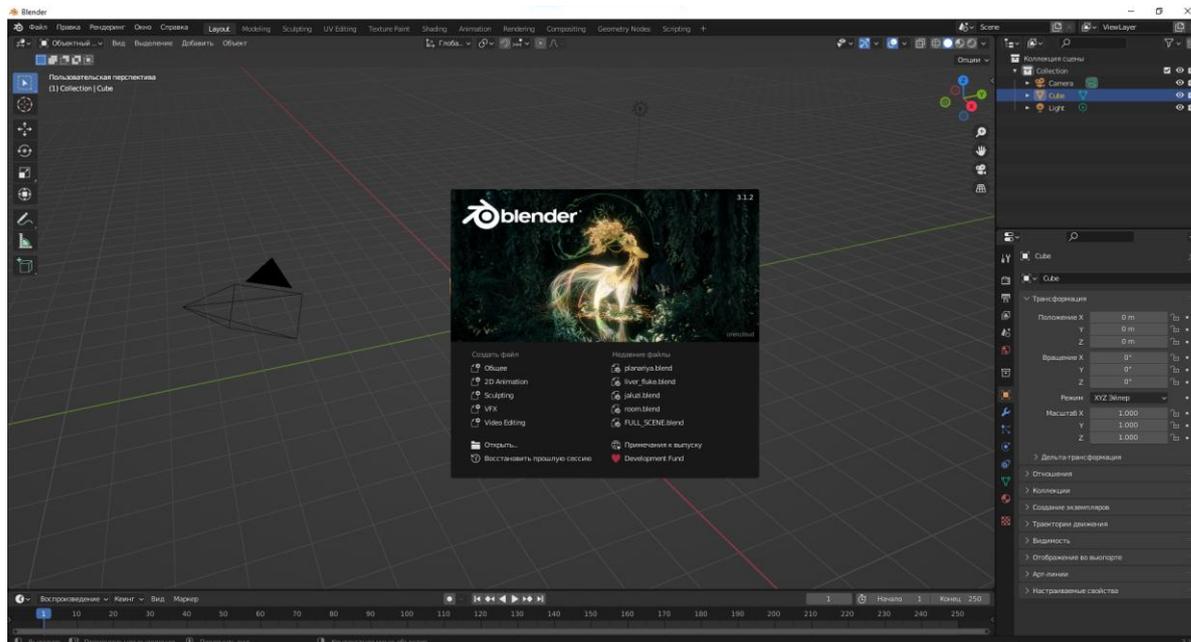


Рисунок 8 – Главное окно программы Blender

Моделировать интересные объекты возможно благодаря редактированию доступных мешев, полигонов, кривых и иных поверхностей. Упрощает процесс работы с объектом наличие в программе модификаторов, которые способствуют внешнему изменению объекта (рис. 9). Влияние на объект каждого модификатора достаточно своеобразно, одни способны в один клик кардинально изменить объект, а другие будут выступать в роли временного помощника. В качестве примера использовался модификатор «Подразделе-

ние поверхности», который используется для подразделения граней исходного меша на более мелкие, добавляя сглаженности объекту, в результате чего стандартный куб принял форму похожую на шар (рис. 10).

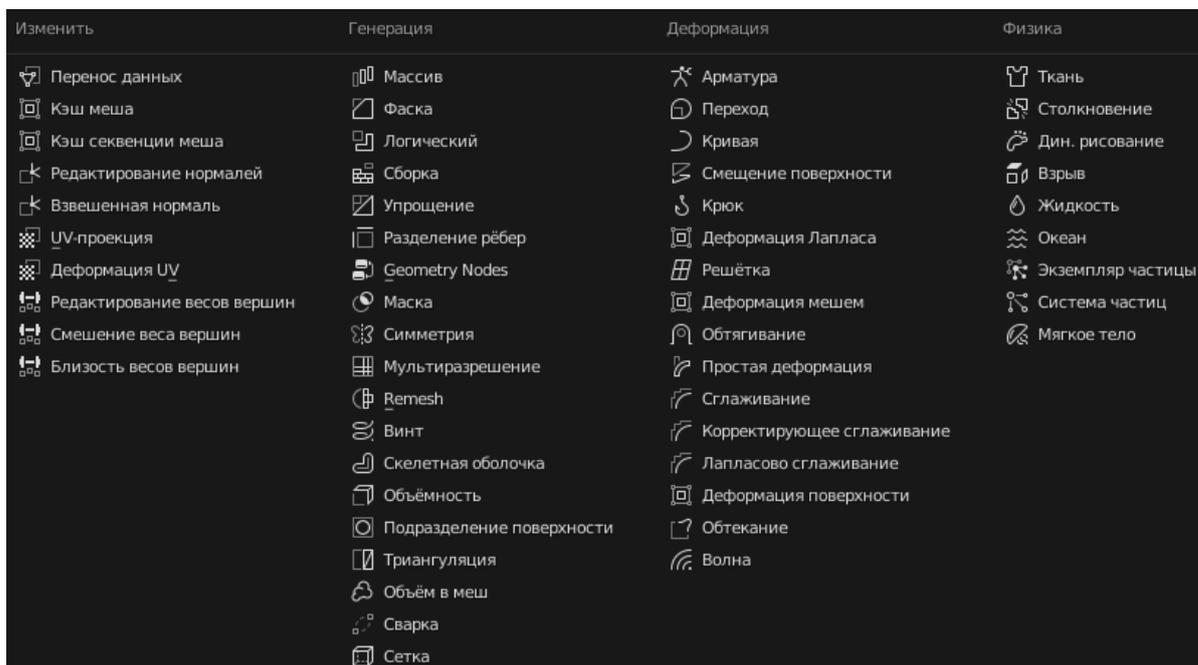


Рисунок 9 – Окно модификаторов ПО Blender

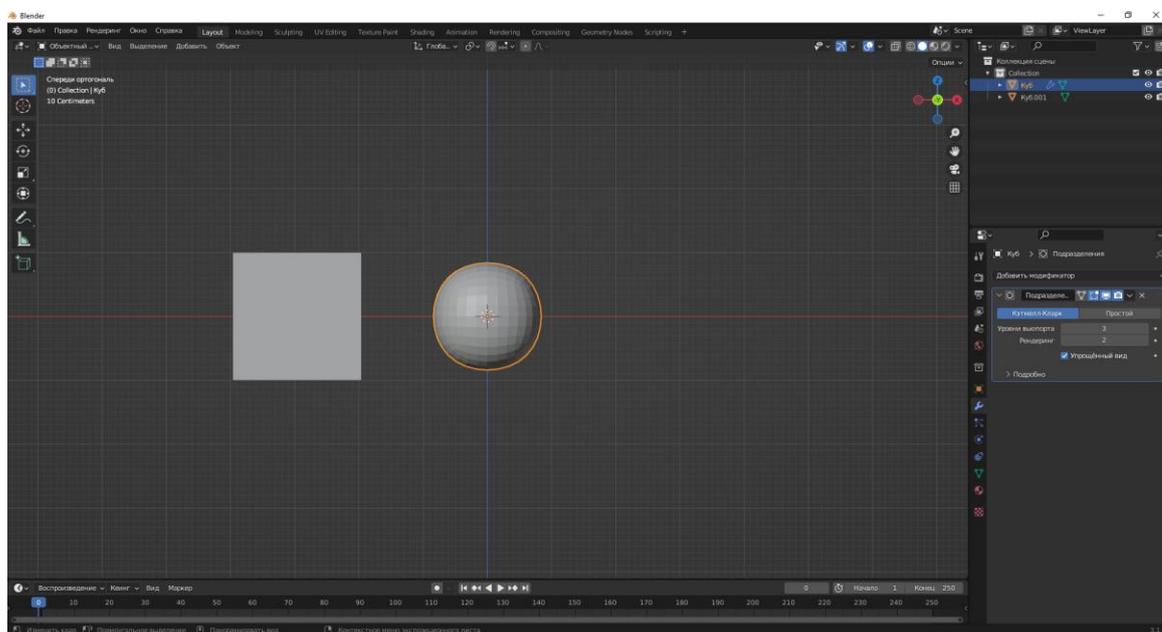


Рисунок 10 – Применение модификатора «подразделение поверхности»

Для дальнейшей работы с моделями в программах текстурирования, необходимо также сделать UV-развёртку, которая представляет собой своего рода кройку 3D-модели, по которой в дальнейшем и размещаются текстуры. UV-преобразование или развёртка в трёхмерной графике – это соответствие

между координатами на поверхности трёхмерного объекта и координатами на текстуре. Blender в свою очередь позволяет делать UV-развёртку для созданных в нём моделей. Для этого в программе есть отдельный пункт под названием «UV Editing». Перейдя по этому пункту, можно спокойно создавать UV-развёртку выбранной модели благодаря простоте интерфейса и навигации (рис. 11).

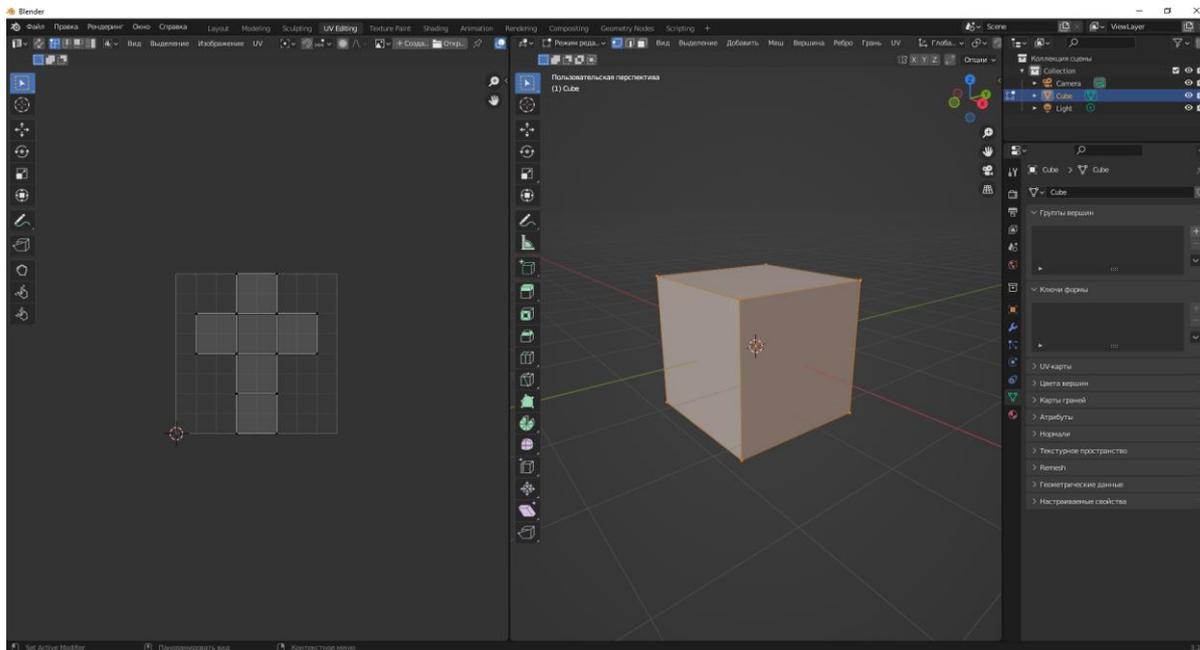


Рисунок 11 – Интерфейса пункта «UV Editing» программы Blender

### 2.2.2 ПО для текстурирования моделей Substance Painter

Достижение хорошего качества любой 3D-модели напрямую зависит от того, насколько хорошо сделаны и наложены текстуры. Именно поэтому для подбора и создания текстурных карт использовался Substance Painter – программа для текстурирования рисованием по 3D-модели в реальном времени при помощи заранее подготовленных материалов.

По умолчанию программа содержит материалы, которые способны удовлетворить практически всем потребностям. Однако для увеличения вариативности и индивидуальности модели можно создавать и собственные материалы.

### 2.2.3 Среда разработки Unity

Unity – больше, чем движок, это среда для разработки компьютерных игр, в которой объединены различные программные средства, используемые при создании ПО – текстовый редактор, компилятор, отладчик и т.д. При этом Unity делает создание приложений максимально комфортным, а мультиплатформенность движка позволяет разработчикам приложений охватить как можно большее количество игровых платформ и операционных систем.

После создания проекта в среде Unity требуется разобраться с его структурой (рис. 12). Она может быть представлена в следующем виде:

- Models – хранит все модели, используемые в проекте;
- Prefabs – хранит все шаблоны моделей;
- Textures – хранит все текстуры;
- Materials – хранит все материалы;
- Scripts – хранит все скрипты;
- Sounds – хранит все звуки;
- Animations – хранит все анимации.

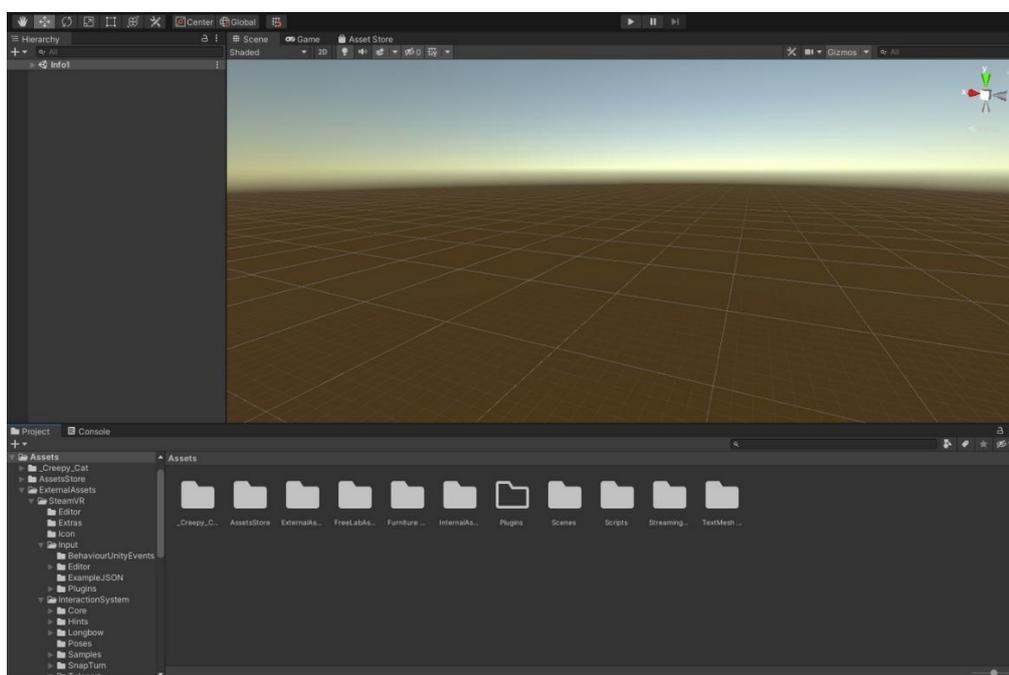


Рисунок 12 – Интерфейс среды разработки Unity

## 3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

Реализация VR курса начинается с процесса выполнения определённых этапов разработки, таких как: разработка и подготовка 3D-моделей плоских червей и окружения, текстурирование этих моделей, а затем реализация VR приложения с последующим тестированием. Такая организация процесса работы обеспечит скорость разработки программного продукта, за счёт последовательного выполнения поставленной задачи.

### 3.1 Разработка моделей

Практически вся часть того, что пользователь видит в виртуальном мире – это созданные и размещённые на сцене 3D-модели. Существует несколько подходов к созданию моделей для VR приложения, такие как: конструирование с нуля, доработка уже готовых решений под свои нужды, разработка 3D-копий реально существующих объектов при помощи фотограмметрии.

Перед созданием моделей был определён алгоритм разработки и созданы соответствующие диаграммы последовательности (рис. 13 – 14).



Рисунок 13 – диаграмма алгоритма создания 3D-моделей окружения



Рисунок 14 – диаграмма алгоритма создания 3D-моделей плоских червей

### 3.1.1 Разработка моделей окружения

Взаимодействие пользователя с интерактивными объектами осуществляется в смоделированной среде. Среда имеет стилизованное под задачу окружение, которое направлено на достижение приятного визуального эффекта.

Моделирование окружения начинается с определения концепции, после чего осуществляется либо самостоятельная разработка концепт-артов, либо поиск уже существующих.

Непосредственно моделирование объектов окружения начинается с их разделения на два произвольных вида, а именно: простые объекты, которые имеют простую сетку полигонов (пол, стены, потолок и т.п.), сложные объекты, которые имеют в своём составе элементы сложной геометрии (элементы декора, светильники, цветы и т.п.) (рис. 15).

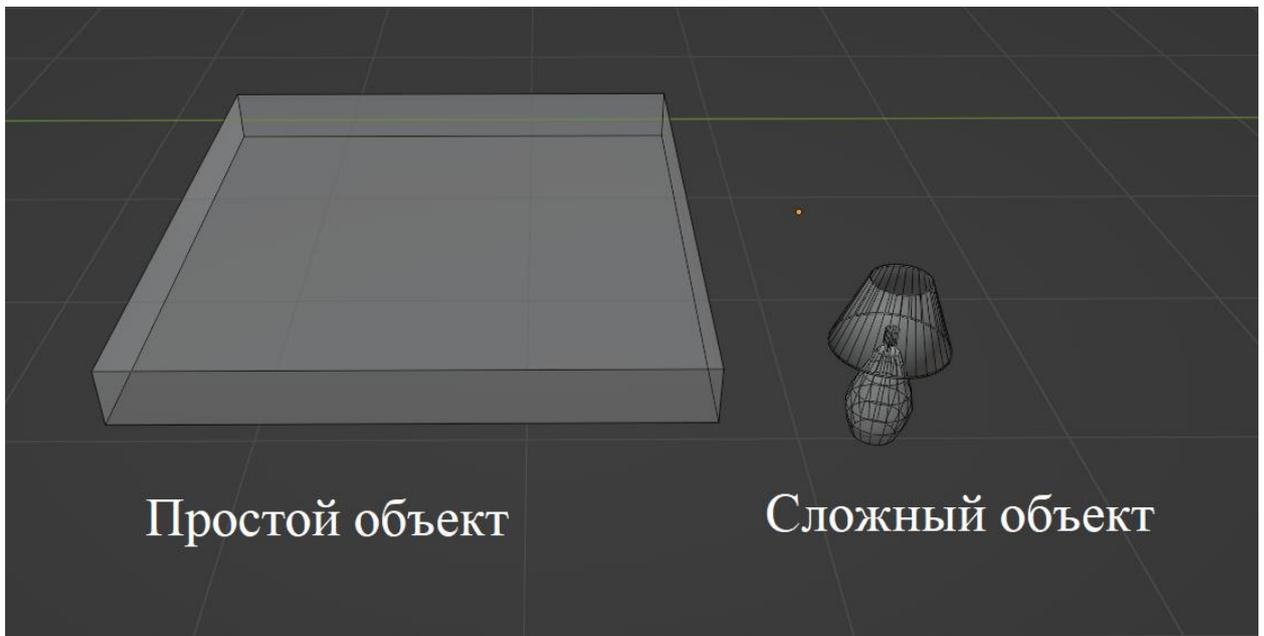


Рисунок 15 – Представление простого и сложного объектов

После деления объектов друг от друга, происходит их моделирование опираясь на выбранные ранее референсы (рис. 16).



Рисунок 16 – Референс учебной комнаты

Простые объекты состоят из примитивов, т.е. при их моделировании над первоначальным объектом производилась лишь малая часть, доступных в программе Blender, манипуляций. Например: моделирование пола было осуществлено при помощи масштабирования куба по оси  $x$ ,  $y$  и  $z$ .

При моделировании сложных объектов сцены в ПО Blender используется большое число программных инструментов, таких как: экструдирование, выдавливание внутрь, фаска и т.п. Также большинство сложных объектов моделируются при помощи разделения их на части, которые в конце объеди-

няются между собой. Объединение частей может происходить вручную, когда у каждой из частей настраивается топология под другую, либо же при помощи модификатора «Логический», который сделает объединение этих частей автоматически. Смоделированная, вышеописанным образом, часть моделей представлена на рисунках 17 – 18.



Рисунок 17 – 3D-модели окна и жалюзи



Рисунок 18 – 3D-модели книг, настольной лампы, горшка с растением

### **3.1.2 Разработка строения плоских червей**

Далее для работы с пользователем были созданы 3D-модели интерактивных объектов, с которыми пользователь будет работать напрямую, а именно модели плоских червей и их внутреннее строение (нервная система, пищеварительная и т.д.).

Моделирование начиналось с изучения курса по биологии на тему «Плоские черви», в ходе чего было выделено три класса плоских червей, а именно: класс ресничные черви, класс сосальщики, класс ленточные черви (рис. 19). В результате для моделирования были выбраны по одному из представителей на каждый приведённый класс, а именно: планария (класс ресничные черви), печеночный сосальщик (класс сосальщики), свиной цепень (класс ленточные черви).



Рисунок 19 – Плоские черви

Моделирование представителя ресничных червей – планарии, основывалось на найденных референсах. Изначально, используя инструменты: экструдирование, выдавливание, фаска, был смоделирован основной объект, состоящий из малого количества полигонов, но имеющий схожую с референсом форму. Затем при помощи модификаторов была придана более сглаженная и реалистичная форма, которая соответствовала внешнему виду плоского червя (рис. 20).

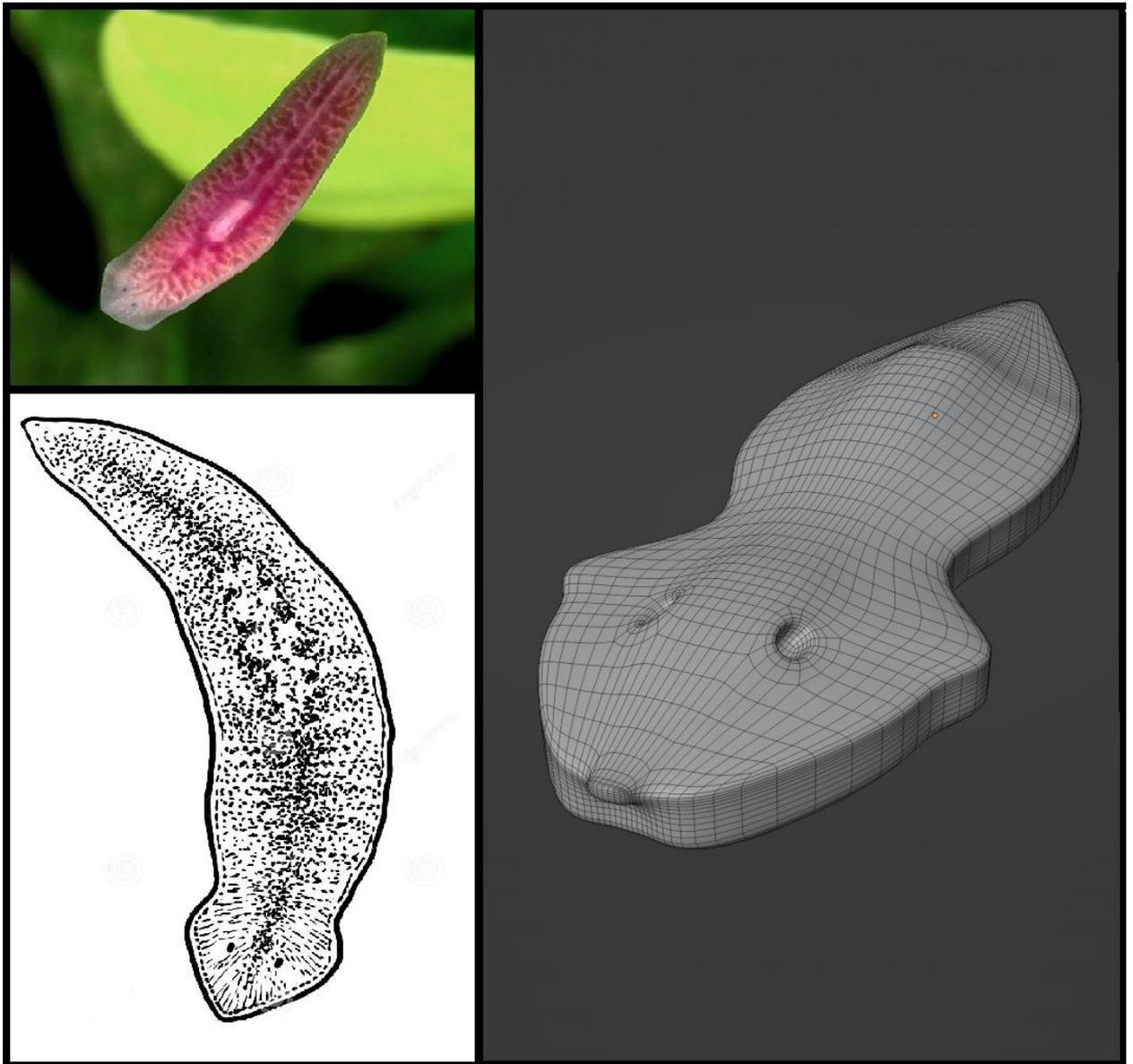


Рисунок 20 – 3D-модель планарии

После, используя картинки из учебника по биологии, была изучена визуальная часть внутреннего строения планарии, а именно пищеварительная, выделительная, нервная, женская и мужская половые системы (рис. 21). Затем при работе с объектами в ПО Blender были смоделированы описанные выше системы. Результат работы представлен на рисунке 22.

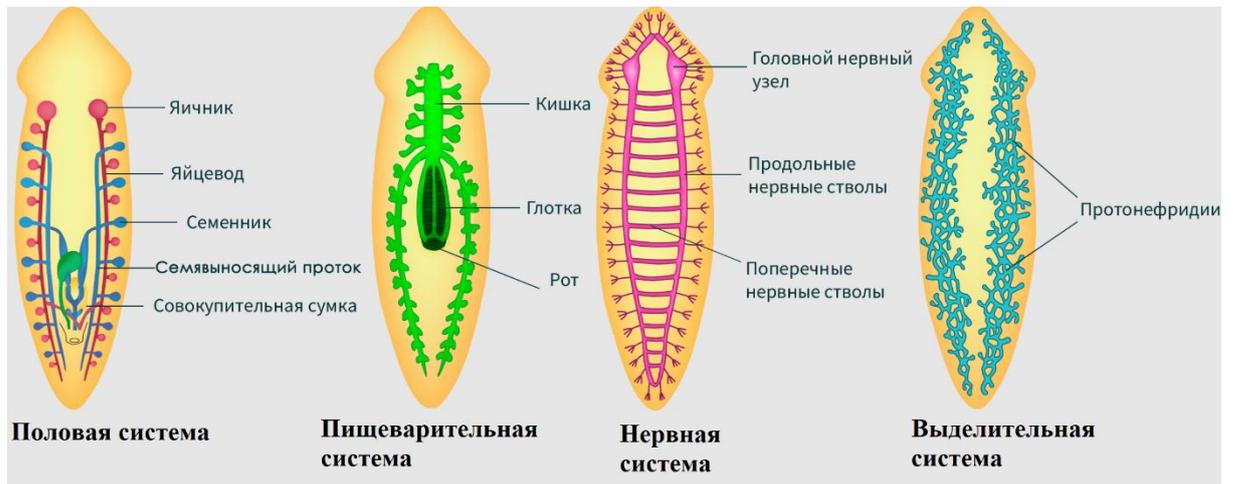


Рисунок 21 – Внутреннее строение планарии



Рисунок 22 – 3D-модели внутреннего строения планарии

Моделирование печеночного сосальщика производилось аналогичным образом, так как визуальная часть этих плоских червей схожа между собой. Внешний вид и смоделированная 3D-модель выбранного представителя класса сосальщиков представлена на рисунке 23.

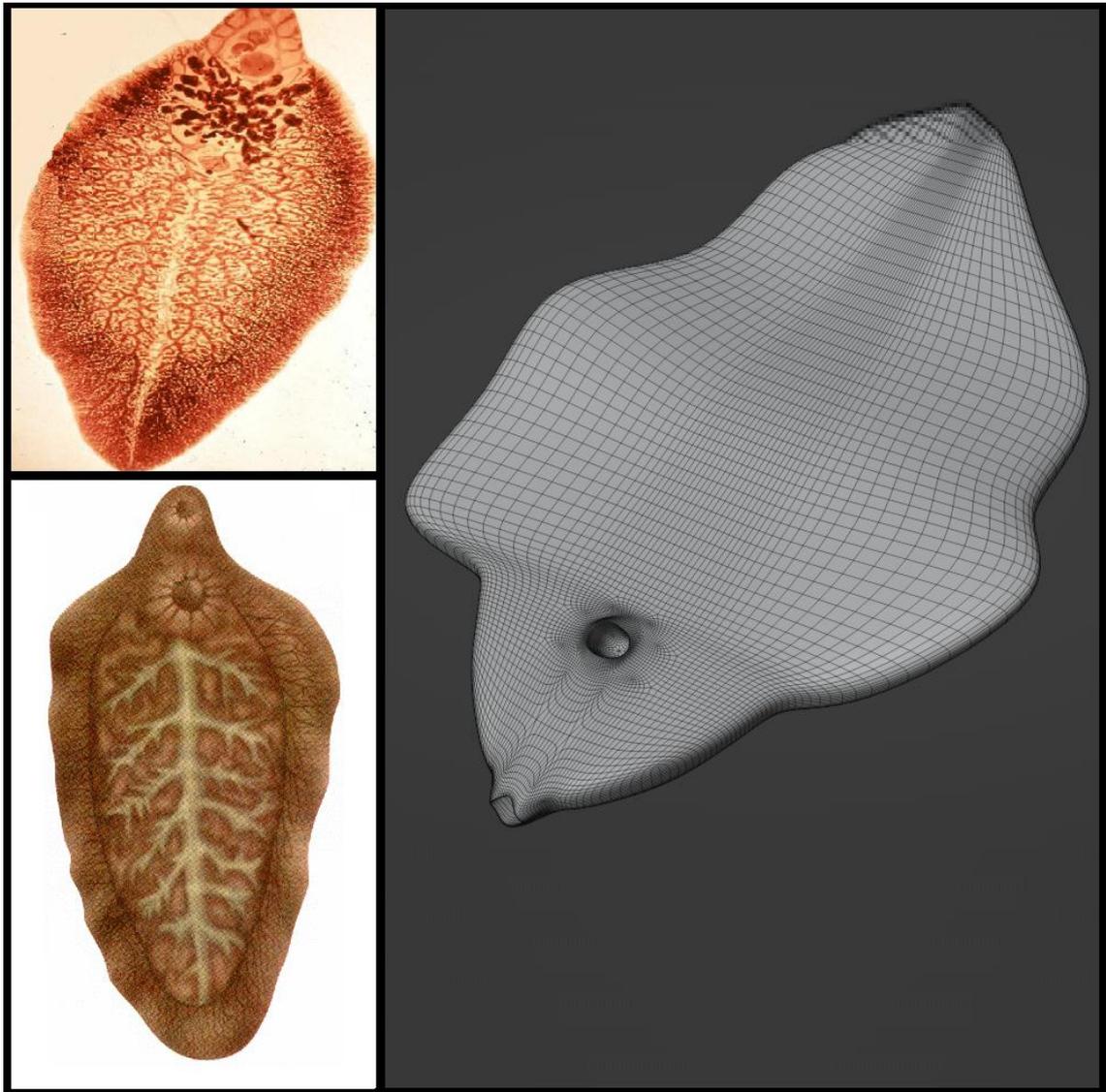


Рисунок 23 – 3D-модель печеночного сосальщика

Для представителя класса сосальщико, также были найдены рисунки внутреннего строения в учебниках по биологии и в сети Интернет, что способствовало успешному моделированию нервной, выделительной и пищеварительной систем плоского червя (рис. 24).



Рисунок 24 – Внутреннее строение печёночного сосальщика

При разработке моделей использовались инструменты масштабирования, экструдирования, выдавливания, перемещения и т.п. По завершению построения моделей был применён модификатор «Подразделение поверхности», который поспособствовал их сглаживанию. Результат проведённой работы представлен на рисунке 25.

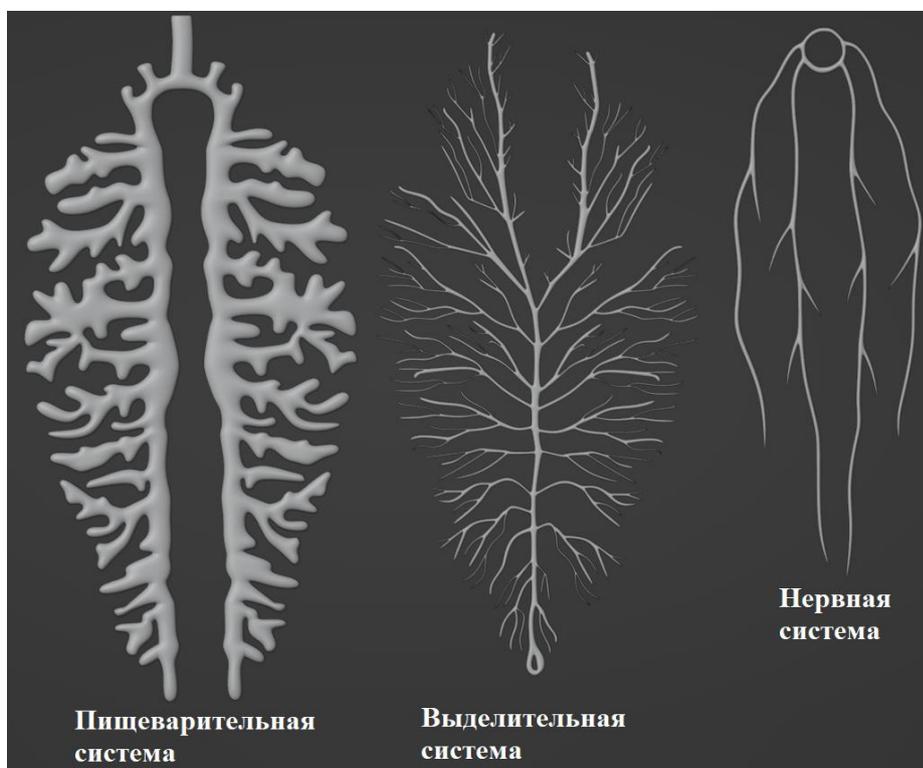


Рисунок 25 – 3D-модели внутреннего строения печеночного сосальщика

Последним для моделирования был выбран свиной цепень, моделирование которого начиналось с различных манипуляций над кубом для того, чтобы смоделировать его голову и присоски на ней, затем при помощи вытягивания, экструдирования цилиндра было создано туловище плоского червя, которое для придания своеобразной формы было связано с кривой при помощи одноимённого модификатора. Результат моделирования показан на рисунке 26.

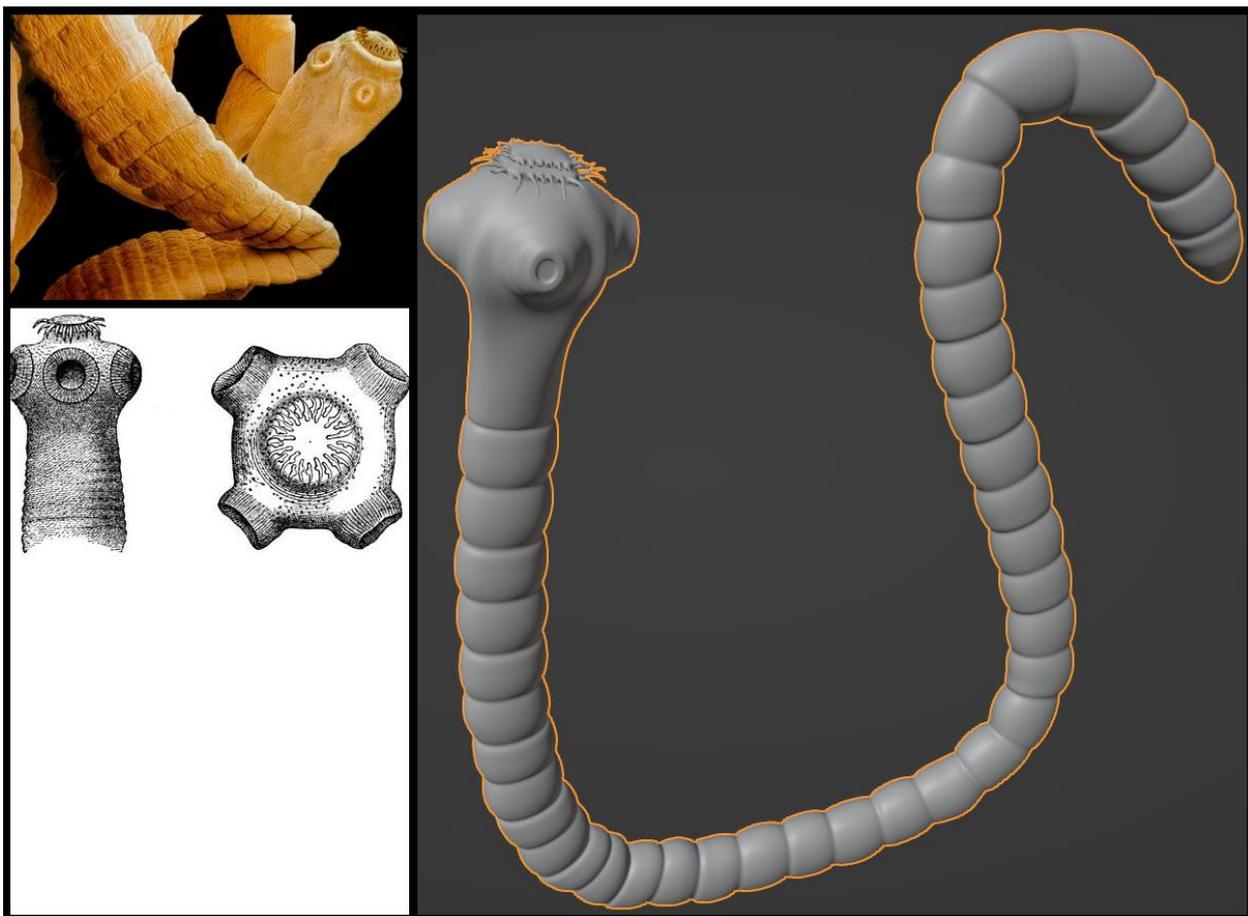


Рисунок 26 – 3D-модель свиного цепня

### 3.2 Этапы текстурирования

Текстурирование является важным этапом в процессе визуализации 3D моделей, позволяющий придать поверхности объекта определенных параметров и свойств, для придания ее максимальной реалистичности и сходства с референсом.

#### 3.2.1 Создание UV-развёртки

UV-развертка предназначена для того, чтобы можно было наложить текстуру на созданную ранее 3D-модель. А если быть точнее, с помощью развертки мы указываем как именно 2D-текстура должна накладываться на 3D-модель.

Выполняется UV-развёртывание интересующего нас объекта в ПО Blender во вкладке «UV-Editing». При переходе на которую справа будет демонстрироваться 3D-модель, а слева окно с автоматической разверткой (рис. 27).

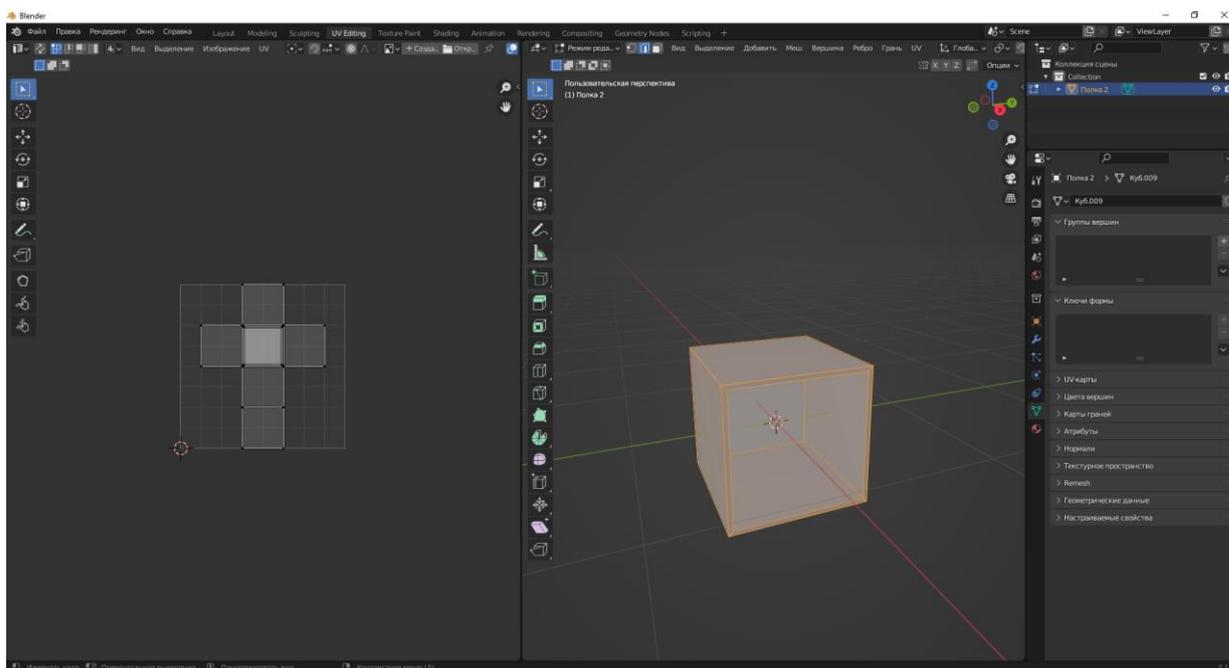


Рисунок 27 – Вкладка «UV-Editing» ПО Blender

Изначально при помощи автоматического инструмента были созданы UV-развёртки для простых объектов сцены, таких как пол, стены и прочие модели, не имеющие в себе сложной геометрии. Но для более сложных объектов (окно, полка, настольная лампа и т.п.) стоит сделать уже ручную развёртку, чтобы в дальнейшем наложенные текстуры не имели визуальных багов.

Создание ручной развёртки начинается с разделения объекта швами. Швы – это разрезы на поверхности 3D-модели, которые разрезают модель так чтобы её можно было развернуть на плоскость. Намечаются швы при помощи выделения граней объекта, помечания граней как швов в, выпадающем

по нажатию ПКМ, меню. После выбора всех швов в верхнем меню выбирается пункт «UV» и в выпадающем меню выбирается кнопка «Развернуть». В ходе всех этих манипуляций в окне с UV-развёрткой появляется уже ручная работа. Ручная развёртка показана на примере модели полки на рисунке 28.

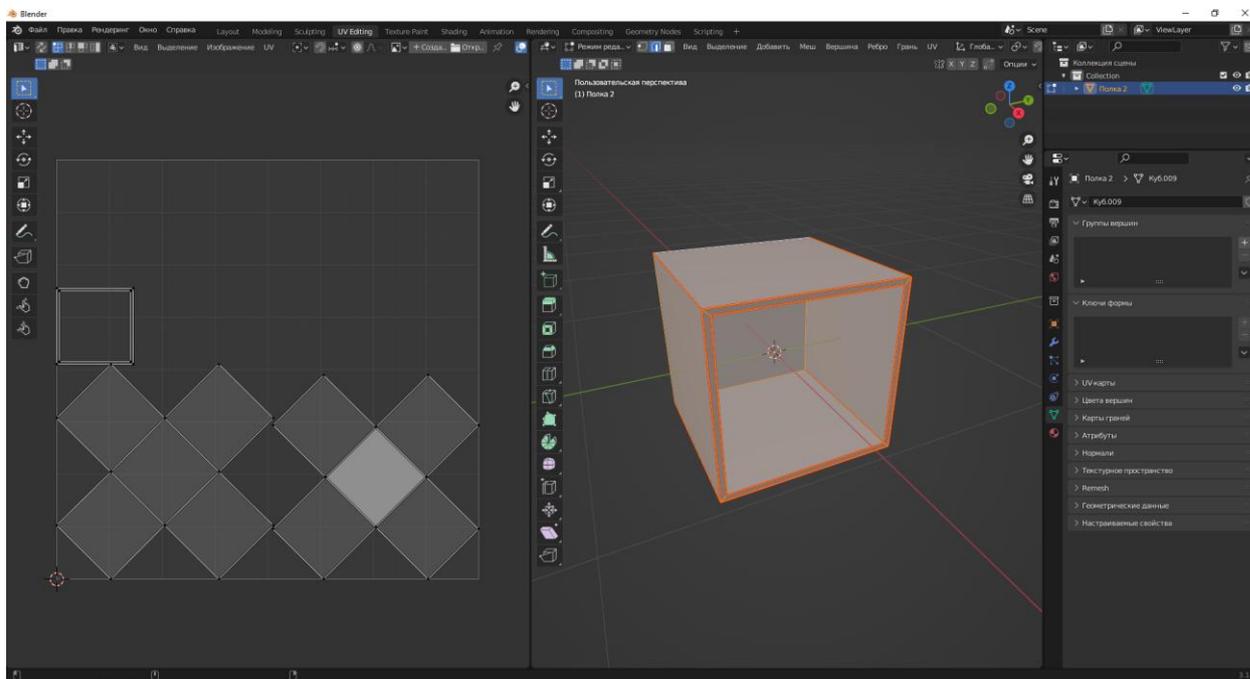


Рисунок 28 – UV-развёртка 3D-модели полки

Описанными выше способами были сделаны UV-развёртки для всех ранее созданных моделей.

### 3.2.2 Наложение текстур на модели

Текстурирование проводилось в ПО Substance Painter.

Для упрощения работы программа позволяет выбрать существующие материалы, которые в дальнейшем будут являться своего рода базой. В дальнейшем на основе этой базы придаётся нужный вид при помощи настройки слоёв материала. Материал в свою очередь может иметь абсолютно различные слои, начиная от сплошного цвета и заканчивая следами повреждения, коррозии и т.п (рис. 29).

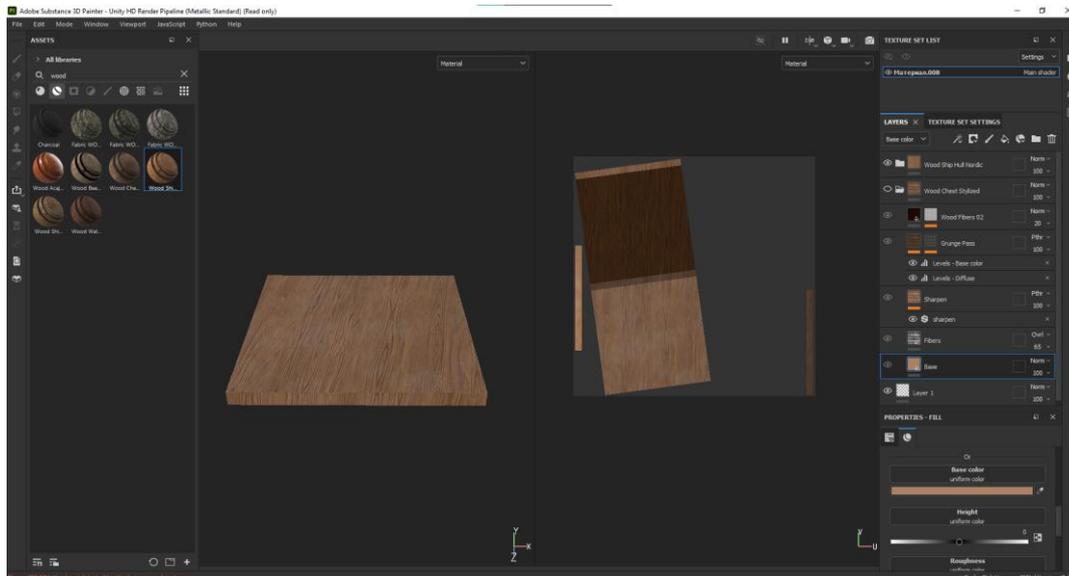


Рисунок 29 – Интерфейс программы Substance Painter

Накладывание материала происходит на созданную ранее UV-развёртку. Первоначально протекстурированы 3D-модели сцены. Модели полок, пола были протекстурированы с использованием материала дерева и его доработки в виде изменения цвета, масштабирования и позиционирования. При текстурировании модели окна и иных объектов использовался материал пластика с его дальнейшим окрашиванием и т.п. На примере модели напольного светильника было показано применение материала металла (рис. 30).

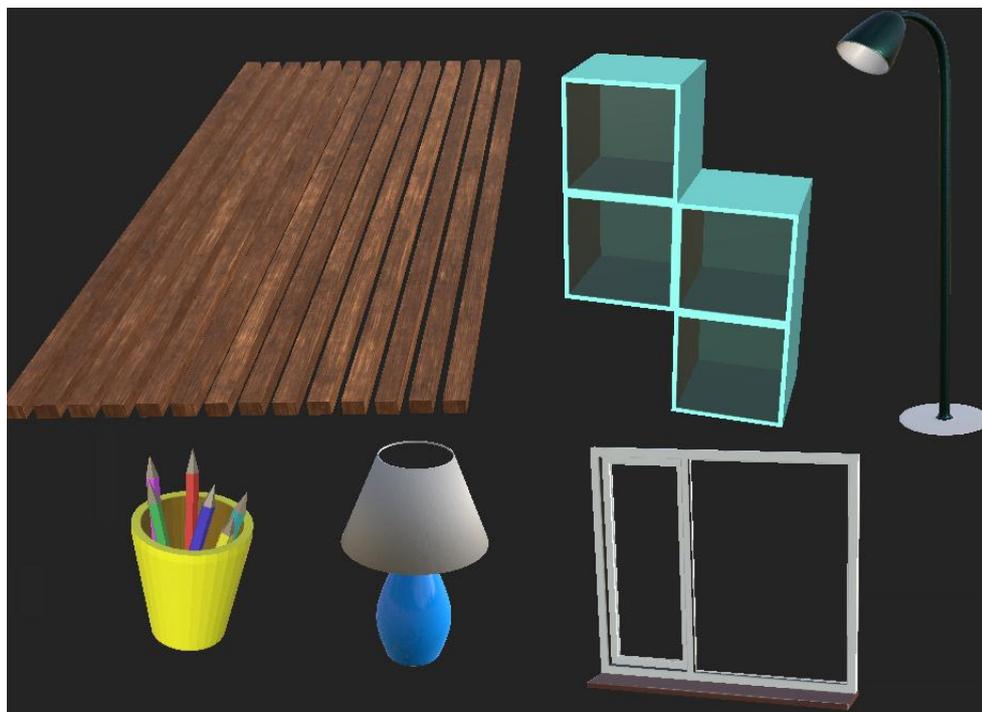


Рисунок 30 – Пример текстурированных моделей интерьера

После работы с объектами интерьера, основываясь на рисунках в учебниках и фотографиях, было проведено текстурирование моделей плоских червей. Для достижения успешного результата был осуществлён поиск и настройка органического материала, который больше всего подходил под наши требования. Результат работы представлен на рисунках 31 – 32.

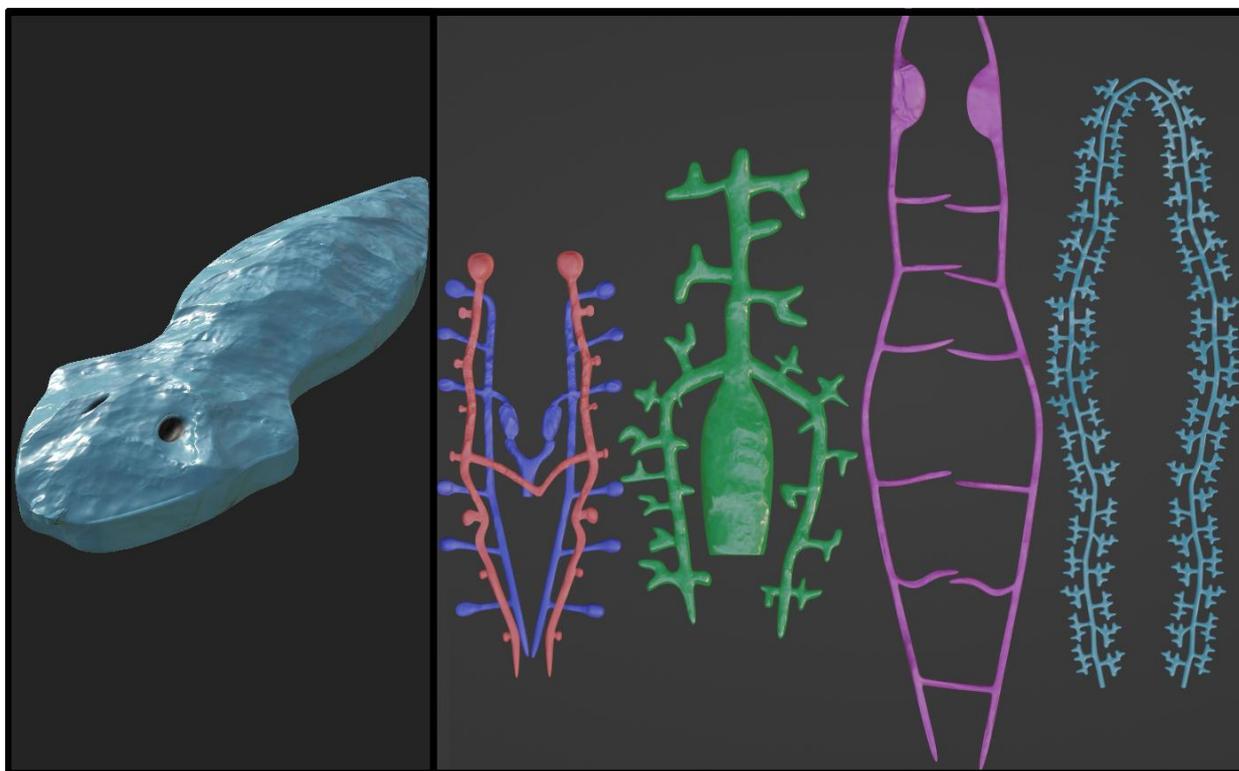


Рисунок 31 – Текстурированная модель планарии и её внутренних систем

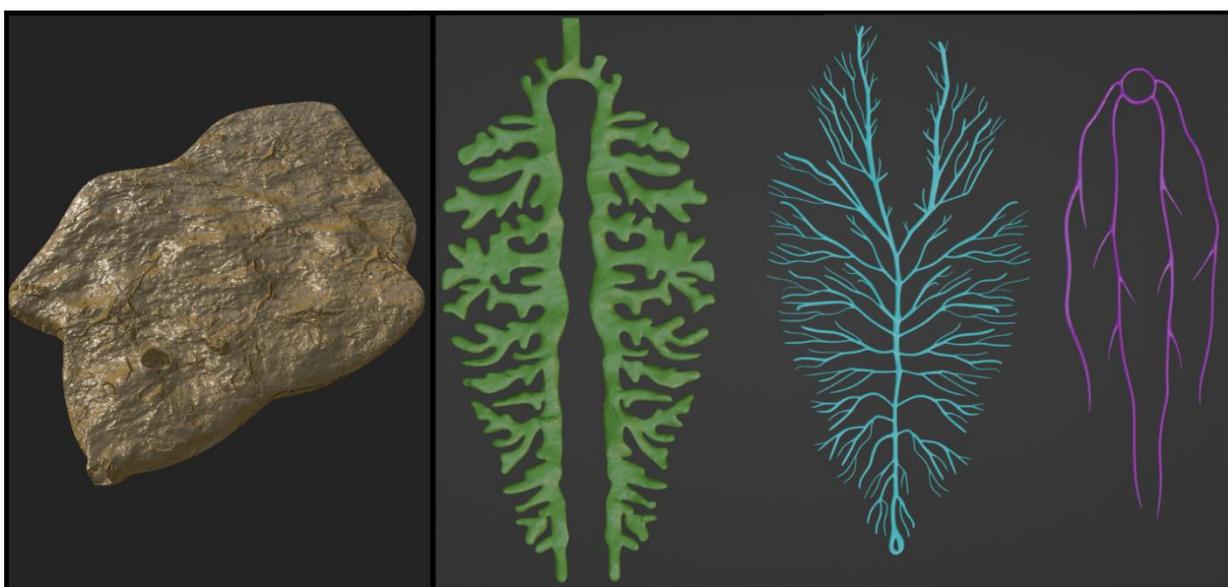


Рисунок 32 – Текстурированный печеночный сосальщик и его внутренние системы

Текстурирование свиного цепня проводилось при помощи рисования встроенными в ПО Substance Painter кистями на различных слоях. Результат работы представлен на рисунке 33.



Рисунок 33 – Текстурированный свиной цепень

### **3.3 Этапы реализация VR приложения**

Далее будут рассмотрены шаги разработки VR приложения на базе ранее разработанных 3D-моделей и текстур.

#### **3.3.1 Импорт моделей в Unity**

Импорт подготовленных в Blender моделей в среду разработки заключается в соблюдении следующих шагов:

- Расположить модель в нулевых координатах (центрировать относительно осей);
- Установить масштаб (Scale) равным единице;

- Удалить лишние объекты (камера, источник света);
- Сохранить модель в формате .fbx;
- Перенести файл в Unity;
- Распределить всё по папкам – Модель к Моделям, Материал к Материалам и т.д.;
- Создать префаб модели.

### 3.3.2 Сборка сцены

На следующем шаге происходит формирование сцены VR приложения, т.е. места, в котором пользователь будет взаимодействовать с интерактивными моделями и элементами интерфейса.

В сцене размещаются объекты окружения, заграждения, декорации, устанавливается освещение.

Позиционирование объекта в сцене происходит за счёт инструмента Transform. Также есть возможность напрямую задавать значения для точного размещения и поворота.

Освещение в сцене можно добиться благодаря трём разным типам светильников, которые отличаются друг от друга поведением.

Работа с инструментарием Unity представлена на рисунке 34.

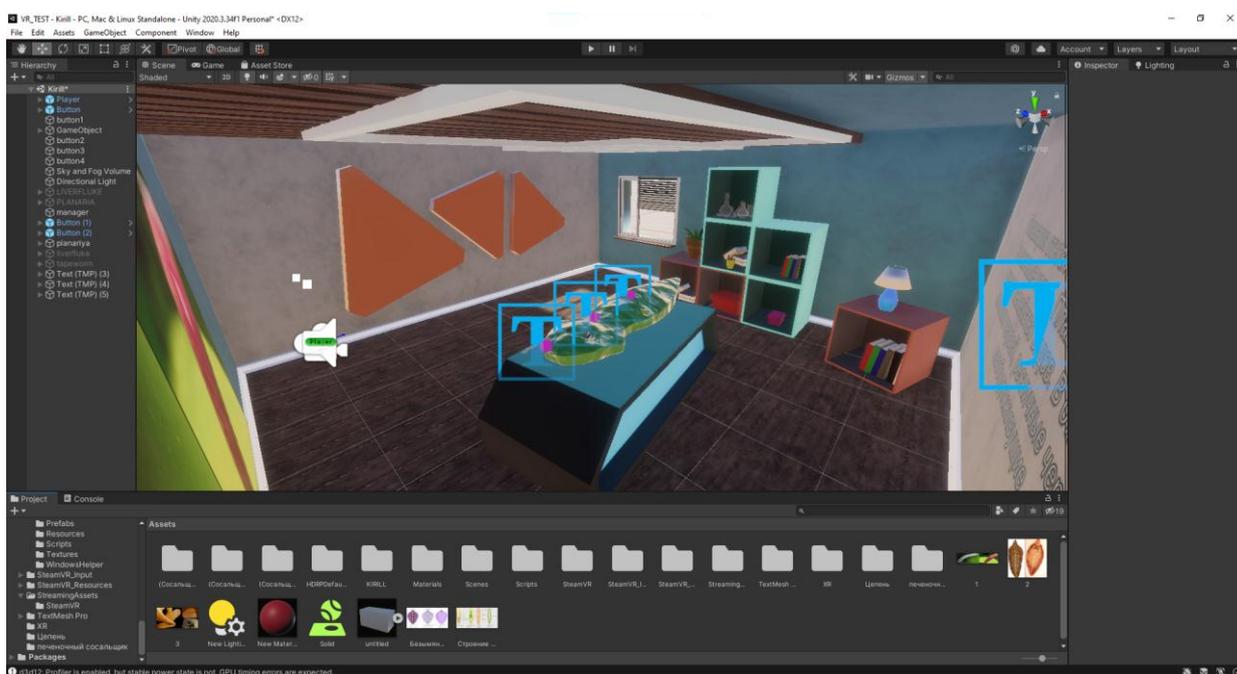


Рисунок 34 – Сборка сцены в среде Unity

### 3.3.3 Написание логики взаимодействия

Используя инструменты среды разработки Unity, было реализовано взаимодействие при помощи кнопок, которые имитирует взаимодействие с объектами в реальном мире. Так как интерфейс построен на VR, то классические методики управления в десктопных программных продуктах не подходят, из-за чего приходится симулировать методики взаимодействия, как с объектами из реального мира. В данном проекте было реализовано взаимодействие в виде кнопок, то есть были созданы переключатели, при помощи которых пользователь может выбрать объект, который будет показываться перед ним на стенде сцены.

После выбора объекта пользователь может выбирать его виды, то есть разные системы плоских червей. К тому же, так как вывод информации (текстовой или изображений) в классическом виде недоступен, была реализована симуляция реальных условий, то есть изображение с информацией об выбранном объекте выводится на информационную панель напротив стенда.

Результаты, вышеописанной работы, представлены на рисунках 35 – 36.



Рисунок 35 – Сцена с объектом плоского червя

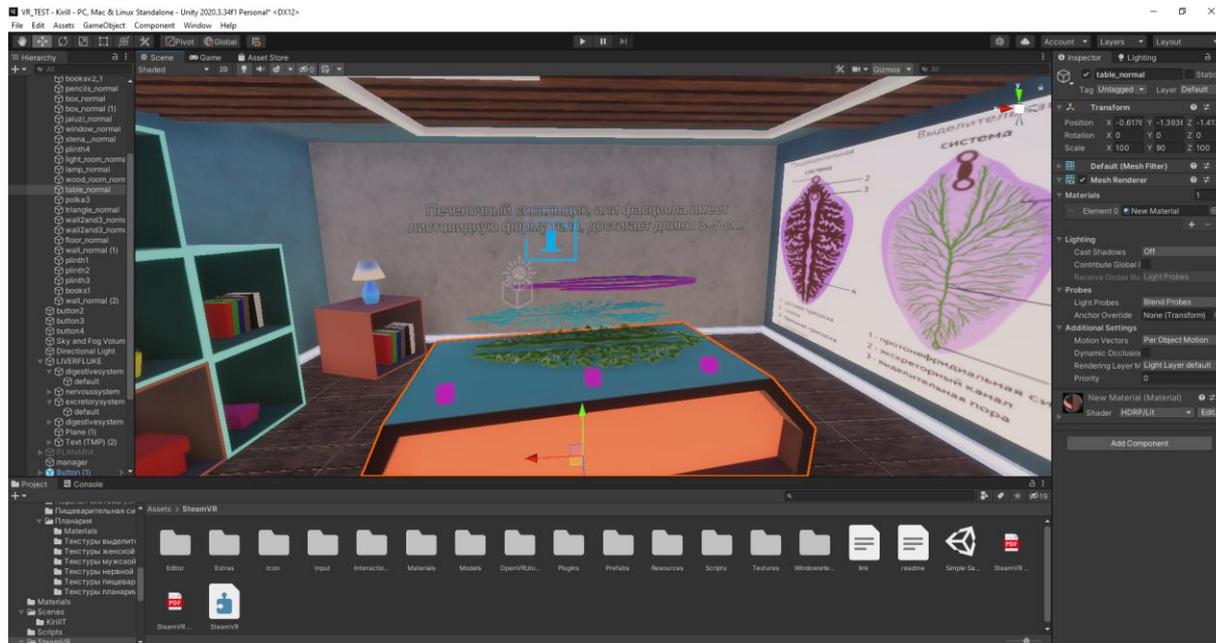


Рисунок 36 – Сцена после использования кнопки переключения

### 3.3.4 Интеграция VR окружения

VR окружение было интегрировано с помощью плагина SteamVR. SteamVR – это бесплатный ассет, который доступен в магазине ассетов. SteamVR работает совместно с клиентом Steam, то есть его наличие на компьютере также необходимо для корректной работы приложения.

Используется SteamVR, так как, во-первых, при наличие такого типового программного решения нет смысла писать собственное, потому что он заточен под огромное количество популярных VR устройств. Во-вторых, он используется так как является бесплатным и свободно распространяемым. VR окружение в нем реализуются с помощью предустановленных, уже написанных, поставляемых вместе с плагином, скриптов, которые накладываются на объекты, которые будут в дальнейшем исполнять роль кнопок, что позволяет взаимодействовать с ними с помощью VR контроллера.

Также при помощи отдельных скриптов реализуется взаимодействие с моделями, то есть моделям придаётся физика и интерактивность, что позволяет в дальнейшем вращать, перемещать, «держат в руках» выбранный объект.

Перемещение реализуется двумя классическими способами. Первый способ – это хождение по комнате с VR оборудованием. Пользователь, свободно перемещаясь по комнате, перемещается и в виртуальном мире, осматривает виртуальный мир, поворачивая голову, и взаимодействует с окружающими объектами при помощи контроллеров.

Второй способ актуален если пользователь использует приложение в ограниченном пространстве. Передвижение по виртуальному миру в данном случае реализуется при помощи телепортации. То есть контроллер имеет специально настроенные кнопки, при взаимодействии с которыми происходит перемещение к нужному месту в виртуальном мире. Перемещение возможно как с интерактивными объектами в руках, так и без них.

### **3.4 Тестирование приложения**

После реализации приложения, было произведено его тестирование на VR оборудовании.

Изначально производилась проверка производительности приложений, для регулировки кадровой частоты, так как эффект погружения напрямую зависит от данного параметра.

После было произведено функциональное тестирование приложения, что включало в себя проверку взаимодействия между пользователем и объектом, регулировку перемещения, высоты и положения камеры.

В результате тестирования были выявлены и устранены визуальные баги объектов и была произведена настройка VR оборудования для дальнейшего пользования.

### **3.5 Описание работы программного продукта**

При запуске приложения пользователь попадает в виртуальную сцену, в центре которой находится стенд с тремя интерактивными кнопками на нём (рис. 37).



Рисунок 37 – Исходная сцена

Далее переместившись к стенду, пользователю необходимо нажать на крайнюю левую кнопку, после чего на стенде появится первая модель плоского червя (свиного цепня) с кратким описанием и картинками вокруг (рис. 38).



Рисунок 38 – Стенд с моделью плоского червя

После пользователь может переключиться на следующую модель, нажав крайнюю правую кнопку (рис. 39).

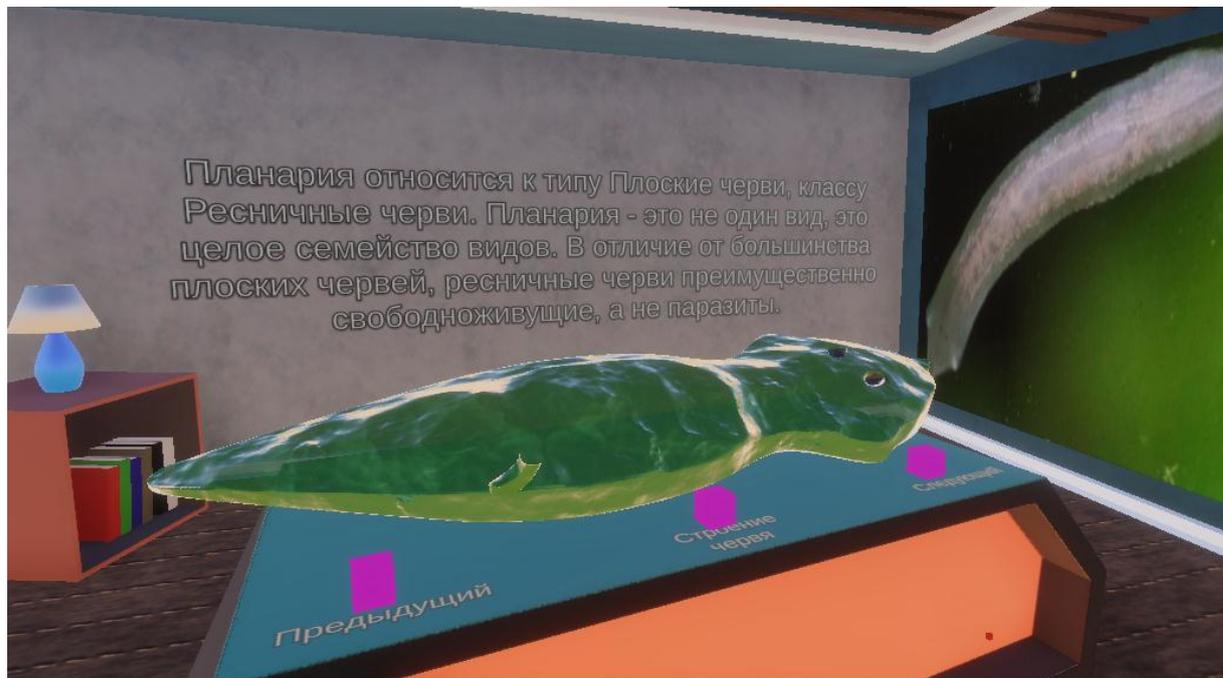


Рисунок 39 – Стенд с иной моделью плоского червя

Если же пользователю будет необходимо изучить строение того или иного представителя, то нужно провзаимодействовать с центральной кнопкой. В результате на стенде появятся модели внутренних систем (рис. 40).

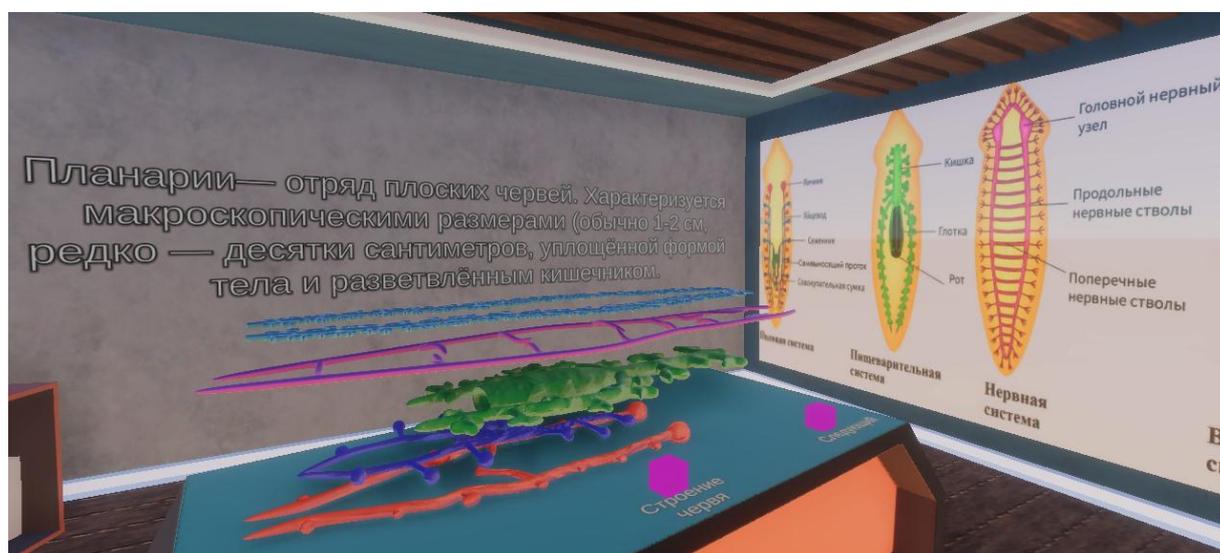


Рисунок 40 – Стенд с моделями строения планарии

Для более подробного визуального изучения той или модели, необходимо навестись на неё и нажать кнопку взаимодействия на VR контроллере. В ходе выполнения вышеперечисленных действий пользователь сможет перемещать объект по сцене и рассматривать его под разными углами (рис. 41).



Рисунок 41 – Результат перемещения модели по виртуальной сцене

По завершению работы пользователю следует выключить запущенное приложение.

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

### 4.1 Безопасность

#### 4.1.1 Вредные факторы при работе с вычислительной техникой

В соответствии с ГОСТом 12.0.003-2015 при работе с ПЭВМ, опасными и вредными факторами являются [1]:

а) опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током;

б) опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, постоянного характера, связанного с:

1) повышенным образованием электростатических зарядов;

2) наличием электростатического поля, чрезмерно отличающегося от поля Земли;

3) наличием постоянного магнитного поля, чрезмерно отличающегося от геомагнитного поля Земли;

в) опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека, переменного характера, связанного с:

1) наличием электромагнитных полей промышленных частот (порядка 50-60 герц);

2) наличием электромагнитных полей радиочастотного диапазона;

г) опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой:

1) отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

2) отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

3) повышенная яркость света;

- 4) пониженная световая и цветовая контрастность;
- 5) прямая и отраженная блескость;
- б) повышенная пульсация светового потока;
- д) опасные и вредные производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями:
  - 1) инфракрасное излучение;
  - 2) ультрафиолетовое излучение;
  - 3) лазерное излучение;
- е) опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем ионизирующих излучений;
- ж) опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся:
  - 1) повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;
  - 2) повышенным уровнем инфразвуковых колебаний;
  - 3) повышенным уровнем ультразвуковых колебаний.

Для предотвращения или снижения воздействия вышеописанных вредных факторов были сформированы требования, которые предъявляются к помещению помещениям, организации рабочего места, освещению, параметрам микроклимата, шуму и вибрации.

#### **4.1.2 Требования к помещениям с ПЭВМ**

К помещению, оборудованному ПЭВМ, предъявляются нижеперечисленные требования:

– естественное и искусственное освещение помещения должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации. Окна в помещениях, где эксплуатируется ПЭВМ, должны быть ориентированы в сторону севера и северо-востока. Оконные проемы должны быть оборудованы такими регулируемым устройствами как: жалюзи, занавески, внешние козырьки и т.п;

– площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) должна составлять не менее 4,5 метров;

– для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка – 0,7 – 0,8; для стен – 0,5 – 0,6; для пола – 0,3 – 0,5;

– помещение с ПЭВМ, должно быть оборудовано защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации;

– не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

#### **4.1.3 Требования к организации рабочего места с ПЭВМ**

Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ приведены ниже:

– при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами, должно быть не менее 2,0 метров, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 метров;

– рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом;

– рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 – 2,0 метров;

– экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 – 700 миллиметров, но не ближе 500 миллиметров с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;

– конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 – 0,7;

– конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ;

– рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию;

– поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

#### **4.1.4 Требования охраны труда во время работы с VR оборудованием**

Общие требования при работе с VR оборудованием представлены ниже:

– перед использованием VR шлемов необходимо убедиться, что в окружающем вас пространстве нет объектов, которые способны нанести физический вред во время работы;

– рекомендуется избегать использование шлема виртуальной реальности вблизи открытых окон;

– не нарушать конструкцию VR оборудования, не подвергать его воздействию жидкости и избегать попадания прямых солнечных лучей на линзы шлема;

– в случае возникновения нарушения зрительного восприятия, тошноты, дезориентации, головокружения, ощущения дискомфорта или боли в голове или глазах, немедленно прекратить использование оборудования;

– в процессе эксплуатации шлемов виртуальной реальности быть предельно осторожными в обращении со шлемом, контроллерами, а также соединяющими их проводами.

#### **4.1.5 Требования к освещению помещений и рабочих мест с ПЭВМ**

Одним из важных требований к организации рабочих мест с ПЭВМ, является освещение. Правильное построение освещения повышает производительность труда, так как в процессе работы снижается нагрузка на зрительный аппарат. Плохое освещение, в свою очередь, способно привести к быстрой утомляемости, ослаблению внимания, раздражённости и ослеплению пользователя.

Для правильной организации освещения следует соблюдать представленные ниже требования:

– рабочий стол следует размещать таким образом, чтобы дисплей был ориентирован боковой стороной к световым проемам, а естественный свет падал преимущественно слева;

– искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения;

– освещенность на поверхности рабочего стола должна быть 300 – 500 люкс. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 люкс;

– яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кандела на квадратный метр, защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов;

– светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов;

– следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ.

#### **4.1.6 Требования к параметрам микроклимата**

Микроклимат производственных помещений – это метеорологические условия внутренней среды, определяемые действующими на организм человека сочетаниями температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, а также температуры поверхностей ограждающих конструкций и технологического оборудования.

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата, которые приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Оптимальные нормы микроклимата помещений с ПЭВМ

Период года	Категория работ	Температура воздуха, град. С не более	Относит. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Лёгкая – 1а	22 – 24	40 – 60	0,1
	Лёгкая – 1б	21 – 23	40 – 60	0,1
Тёплый	Лёгкая – 1а	23 – 25	40 – 60	0,1
	Лёгкая – 1б	22 – 24	40 – 60	0,2

К категории 1а относятся работы, производимые сидя и не требующие физического напряжения, при которых расход энергии составляет до 120 ккал/ч.

К категории 1б относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением, при которых расход энергии составляет от 120 до 150 килокалорий в час.

Для поддержания микроклимата в помещениях, оборудованных ПЭВМ, должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

#### **4.1.7 Требования к шуму и вибрации на рабочем месте**

При выполнении основной работы на ПЭВМ, во всех учебных и дошкольных помещениях уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 децибел.

Повышенный уровень шума и вибрации способствует понижению качества производительности труда, появлению головокружения, головной боли, повышенной усталости.

В помещениях всех типов образовательных и культурно-развлекательных учреждений, в которых эксплуатируются ПЭВМ, уровень вибрации не должен превышать допустимых значений для жилых и общественных зданий.

Снизить уровень шума в помещениях с ПЭВМ возможно с использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 – 8000 герц для отделки помещений, подтвержденных специальными акустическими расчетами.

#### **4.1.8 Электробезопасность в помещении с ПЭВМ**

Электробезопасность (ЭБ) в помещении с персональным компьютером обеспечивается благодаря соблюдению следующих методов [2]:

- а) обеспечение недоступности электропроводящих частей;
- б) электрическое разделение сети;
- в) устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах других частях электрооборудования нормально не находящихся под напряжением с помощью:

- 1) защитного заземления;
  - 2) зануления;
  - 3) защитного отключения;
- г) применение малых напряжений;
- д) защита от опасности при переходе от напряжения с высшей стороны на низшую;
- е) контроль и профилактика повреждений изоляции;
- ж) компенсация емкостной составляющей тока на землю;
- и) применение специальных электрозащитных средств;
- к) организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Защитное заземление – это преднамеренное электросоединение металлических нетоковедущих частей ЭУ или другого электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением, с заземляющим устройством.

Зануление – это преднамеренное электросоединение с нулевым защитным проводником, который многократно заземлен и соединен с глухозаземленной нейтралью трансформатора, металлических нетоковедущих частей ЭУ или другого ЭО, которые могут оказаться под напряжением.

Согласно требованиям ГОСТ 12.1.030 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», защитному заземлению подлежат металлические части электроустановок, доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность [3].

#### **4.2 Экологичность**

Из-за того, что ПЭВМ содержит в себе большое количества компонентов, которые состоят из токсичных веществ и представляют угрозу для человека, а также для окружающей среды, к ним должны применяться комплексные методы утилизации.

К веществам, из которых состоят компоненты ПЭВМ, относятся [4]:

– ртуть (появляются боли в животе, боли в груди, кашель и отдышка), находится в подсветке ЖК-мониторов;

– щелочи (раздражение слизистых носа, горла и легких), находятся в щелочных аккумуляторах источников бесперебойного питания;

– никель и цинк (могут спровоцировать воспаление кожных покровов, сбои в деятельности нервной, сердечно-сосудистой системы и пищеварительного тракта), находится в составе материнских плат и батареях питания для ноутбуков;

– поливинилхлорид (разрушает нервную систему и вызывает раковые заболевания), находится в кабелях, которые подключаются к электронным устройствам.

Перед тем как отправить неисправную технику на утилизацию следует отправить оборудование на проведение диагностики и ремонта, в ходе которого возможно исключение дальнейшей утилизации и закупки нового оборудования.

Комплексные методы утилизация состоят из:

а) сортировка металлических и неметаллических частей;

б) сортировка компонентов для дальнейшей переработки:

1) металлические части отправляются на переплавку для последующего производства;

2) неметаллические части компьютера утилизируются специальным способом.

В настоящее время создается и внедряется малоотходная технология в ряде отраслей промышленности, однако полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию потребует решения большого комплекса весьма сложных технологических, конструкторских и организационных задач.

### **4.3 Чрезвычайные ситуации**

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, представляющая опасность для окружающих, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

#### **4.3.1 Пожаровзрывобезопасность в помещении с ПЭВМ**

Причинами пожара в помещениях с ПЭВМ могут быть: системы вентиляции и кондиционирования; энергоснабжение, осуществляемое от трансформаторных подстанций, на которых особую опасность представляют трансформаторы с масляным охлаждением; кабельные линии.

Эксплуатация ПЭВМ связана с необходимостью проведения обслуживающих, ремонтных и профилактических работ, при этом используется различные смазочные вещества, легковоспламеняющиеся жидкости, прокладывают временные электропроводки, ведут пайки и чистку отдельных узлов и деталей. Возникает дополнительная пожарная опасность, требующая принятия соответствующих мер пожарной безопасности.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

Пожаровзрывобезопасность в помещениях с ПЭВМ обеспечивается выполнением следующих мероприятий:

- наличие пожарной сигнализации;
- наличие датчиков дыма;
- наличие огнетушителя;
- наличие мест для курения;
- использование электрооборудования закрытого типа;
- обучение сотрудников противопожарным правилам;
- наличие в помещениях эвакуационных выходов.

Далее были выделены требования настоящего свода правил установленные для обеспечения возможности своевременной и беспрепятственной эвакуации людей при пожаре, а также для обеспечения возможности спасения людей при пожаре [5]:

- защита людей на путях эвакуации должна быть обеспечена комплексом объемно-планировочных, эргономических, конструктивных, инженерно-технических и организационных решений;

- эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать возможность безопасного движения людей через эвакуационные выходы из данного помещения;

- за пределами помещений защиту путей эвакуации следует предусматривать из условия обеспечения безопасной эвакуации людей с учетом функциональной пожарной опасности помещений, выходящих на эвакуационный путь, численности эвакуируемых, их групп мобильности, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности здания, количества эвакуационных выходов с этажа и из здания в целом;

- пожарная опасность строительных материалов поверхностных слоев конструкций в помещениях и на путях эвакуации за пределами помещений должна ограничиваться в зависимости от функциональной пожарной опасности помещения и здания, количества людей, а также с учетом других пожарно-технических характеристик здания.

Перед началом использования ПЭВМ или VR оборудования следует:

- провести внешний осмотр места установки оборудования на отсутствие каких-либо повреждений, в случае обратного сообщить о неисправности;

- при наличии около оборудования каких-либо горючих предметов (салфеток, накидок, книги т.п.) убрать их;

- убедиться в том, что вентиляционные отверстия оборудования не закрыты какими-либо предметами;

– убедиться в нахождении возле оборудования огнетушителя или иных средств по устранению пожара.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы, объектом исследования которой была выбрана тема виртуальной реальности, разработано VR приложение.

Перед разработкой необходимо было познакомиться с теоретической основой виртуальной реальности. Виртуальная реальность развивается постепенно, на сегодняшний день выпускается большое количество новых приложений и шлемов, обеспечивающих трехмерный обзор. VR находит своё применение как в приложениях, рассчитанных на широкую аудиторию, так и в узкоспециализированных. Однако, несмотря на это, продуктов, применяющих эти новые технологии, всё еще недостаточное количество. Именно поэтому перспективность данной области является актуальной.

Для выполнения проекта потребовалось изучить 3D-моделирование, методы текстурирования, среду разработки Unity и способы создания VR приложения.

Трёхмерное моделирование позволило разработать 3D-модели как сцены, так и интерактивных объектов приложения, произвести наложение спроектированных текстур и перенести модели в среду разработки для создания VR приложения.

Разработанный продукт можно применять для обучения учеников различных образовательных организаций, с целью закрепления, полученного в ходе изучения школьной программы, материала.

Таким образом, считаю все, поставленные в выпускной работе, задачи выполненными, что, в свою очередь, обеспечило достижение установленной цели.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1 ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Введ. 01.03.2017.

2 Мероприятия по обеспечению электробезопасности. [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/9803754/page:10/>

3 ГОСТ 12.1.030 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление». Введ. 01.07.1982.

4 Руководство по материалам электротехники для всех. Часть 1 [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/makeitlab/blog/405107/>

5 СП 1.13130.2020 «Система противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы». Введ. 2020-09-19.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Бергер, Е. Г. Единая система программной документации : учебно-методическое пособие / Е. Г. Бергер. – Москва : РТУ МИРЭА, 2020. – 109 с.
- 2 Боресков, А. В. Программирование компьютерной графики / А. В. Боресков. – Москва : ДМК Пресс, 2019. – 370 с.
- 3 Блохин, Г. И. Зоология : учебник для вузов / Г. И. Блохин, В. А. Александров. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 572 с.
- 4 Воган, У. Цифровое моделирование / У. Воган ; научный редактор Я. Е. Гурин ; перевод с английского И. Л. Люско. – Москва : ДМК Пресс, 2022. – 430 с.
- 5 Джонатан, Л. Виртуальная реальность в Unity / Л. Джонатан ; перевод с английского Р. Н. Рагимов. – Москва : ДМК Пресс, 2016. – 316 с.
- 6 Кенни, Л. Шейдеры и эффекты в Unity. Книга рецептов / Л. Кенни ; под редакцией В. В. Симонова ; перевод с английского Е. А. Шапочкин. – Москва : ДМК Пресс, 2014. – 274 с.
- 7 Корнилов, А. В. Unity. Полное руководство / А. В. Корнилов. – Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2020. – 432 с.
- 8 Ларкович, С. Н. Справочник UNITY. Кратко, быстро, под рукой : справочник / С. Н. Ларкович. – Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2020. – 288 с.
- 9 Ларкович, С. Н. Unity на практике. Создаем 3d-игры и 3d-миры : учебное пособие / С. Н. Ларкович. – Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2019. – 272 с.
- 10 Лисяк, В. В. Основы компьютерной графики: 3D-моделирование и 3D-печать : учебное пособие / В. В. Лисяк. – Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2021. – 109 с.
- 11 Меженин, А. В. Технологии разработки 3D-моделей : учебное пособие / А. В. Меженин. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2018. – 100 с.

12 Нужнов, Е. В. Мультимедиа технологии : учебное пособие / Е. В. Нужнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов-на-Дону : ЮФУ, [б. г.]. – Часть 2 : Виртуальная реальность, создание мультимедиа продуктов, применение мультимедиа технологий в профессиональной деятельности – 2016. – 180 с.

13 Освещение в искусстве, фотографии и 3D-графике : учебно-методическое пособие / А. С. Андреев, А. Н. Васильев, А. А. Балканский [и др.]. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2019. – 64 с.

14 Основы трёхмерного моделирования и визуализации : учебно-методическое пособие / Р. Г. Хисматов, А. Н. Грачёв, Р. Г. Сафин, Н. Ф. Тимербаев. – Казань : КНИТУ, [б. г.]. – Часть 1 – 2012. – 140 с.

15 Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности : учебное пособие / А. А. Смолин, Д. Д. Жданов, И. С. Потемин [и др.]. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2018. – 59 с.

16 Субботина, Е. Ю. Зоология беспозвоночных : учебно-методическое пособие / Е. Ю. Субботина, Р. Т. Багиров. – Томск : ТГУ, 2014. – 148 с.

17 Технология трёхмерного моделирования и текстурирования объектов в Blender 3d и 3d Max : учебное пособие / А. А. Кузьменко, А. Д. Гладченков, В. А. Шкаберин [и др.]. – Москва : ФЛИНТА, 2019. – 142 с.

18 Торн, А. Искусство создания сценариев в Unity : руководство / А. Торн ; перевод с английского Р. Н. Рагимова. – Москва : ДМК Пресс, 2016. – 360 с.

19 Тюкачев, Н. А. C#. Основы программирования : учебное пособие для вузов / Н. А. Тюкачев, В. Г. Хлебостроев. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 272 с.

20 Флеминг, Б. Текстурирование трёхмерных объектов / Б. Флеминг. – Москва : ДМК Пресс, 2009. – 240 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Техническое задание

### 1. ВВЕДЕНИЕ

#### 1.1. Наименование программы

VR приложения для изучения курса биологии по теме «Строение плоских червей»

#### 1.2. Краткая характеристика области применения программы

Приложение предназначено для проведения занятий по уроку биологии на тему «Строение плоских червей».

### 2. ОСНОВАНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ

#### 2.1. Основание для проведения разработки

Основанием для проведения разработки является выполнение выпускной квалификационной работы.

#### 2.2. Наименование и условное обозначение темы разработки

Наименование темы разработки – «Разработка курса по биологии по теме «Строение плоских червей» с использованием VR технологий».

Условное обозначение темы разработки - «VR курс по биологии по теме «Строение плоских червей»».

### 3. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ

#### 3.1. Функциональное назначение программы

Функциональным назначением программы является помощь в освоении и понимании учениками темы «Клетка» из курса биологии.

#### 3.2. Эксплуатационное назначение программы

Приложение должно эксплуатироваться в центре развития современных компетенций детей «АмурТехноЦентр» в структурном подразделении ФГБОУ ВО АмГУ «ДНК».

### 4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ

#### 4.1. Требования к функциональным характеристикам

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

### 4.1.1. Требования к составу выполняемых функций

Программа должна обеспечивать возможность выполнения перечисленных ниже функций:

Просмотр трёхмерных моделей плоских червей, их внутренний состав и т.п;

Ознакомление с учебным материалом по теме «Строение плоских червей».

### 4.1.2. Требования к организации входных данных

Входные данные в приложении получаются путем считывания информации с VR оборудования.

### 4.1.3. Требования к организации выходных данных

Выходные данные организованы с помощью вывода полученной информации на экран и VR оборудование.

### 4.1.4. Требования к временным характеристикам

Задержка между вводом информации и выводом результата обработки действий на экран не должна превышать 40 миллисекунд.

## 4.2. Требования к надежности

4.2.1. Требования к обеспечению надежного (устойчивого) функционирования программы.

Надежное (устойчивое) функционирование программы должно быть обеспечено выполнением совокупности организационно-технических мероприятий:

- организацией бесперебойного питания технических средств;
- выполнением рекомендаций Министерства труда и социального развития РФ, изложенных в Постановлении от 23 июля 1998 г. «Об утверждении межотраслевых типовых норм времени на работы по сервисному обслуживанию ПЭВМ и оргтехники и сопровождению программных средств»;

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

– выполнением требований ГОСТ 51188–98. Защита информации. Испытания программных средств на наличие компьютерных вирусов.

### 4.2.2. Время восстановления после отказа

Время восстановления после отказа, вызванного сбоем электропитания технических средств (иными внешними факторами), не фатальным сбоем (не крахом) операционной системы, не должно превышать времени, необходимого на перезагрузку операционной системы и запуск программы, при условии соблюдения условий эксплуатации технических и программных средств.

Время восстановления после отказа, вызванного неисправностью технических средств, фатальным сбоем (крахом) операционной системы, не должно превышать времени, требуемого на устранение неисправностей технических средств и переустановки программных средств.

### 4.2.3. Отказы из-за некорректных действий оператора

Отказы программы возможны из-за некорректных действий оператора (пользователя) при взаимодействии с операционной системой или специализированного технического обеспечения. Во избежание возникновения отказов программы по указанным причинам необходимо обеспечить доступ к операционной системе без предоставления административных привилегий, а также обеспечить проведение инструктажа по работе со специализированным VR оборудованием.

## 4.3. Условия эксплуатации

### 4.3.1. Климатические условия эксплуатации

Климатические условия эксплуатации должны соответствовать постановлению главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 29 декабря 2010 г. N 189 г. Москва «Об утверждении СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях»»

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

### 4.3.2. Требования к видам обслуживания

См. Требования к обеспечению надежного (устойчивого) функционирования программы.

### 4.3.3. Требования к численности и квалификации персонала

Минимальное количество персонала, требуемого для обеспечения работы программы, должно составлять не менее 2 штатных единиц – системный администратор и пользователь.

Системному администратору необходимо иметь минимум среднее техническое образование.

В перечень задач администратора должно входить:

- задача поддержки работоспособности технического оборудования;
- задачи установки и поддержания работоспособности программных средств;
- задача установки программного продукта.

Пользователь должен быть проинструктирован о работе с программным продуктом и сопутствующим техническим оборудованием.

### 4.4. Требования к составу и параметрам технических средств

В состав технических средств должен входить IBM-совместимый персональный компьютер, включающий в себя

- процессор Intel Core i5 с тактовой частотой не менее 3.5 ГГц;
- оперативную память объемом, 8 Гб, не менее;
- жесткий диск объемом 50 Гб, и выше;
- манипулятор типа «мышь» и «клавиатура»;
- наличие 2 COM- портов;
- наличие USB порта;
- наличие HDMI порта;
- наличие VR оборудования.

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

### 4.5. Требования к информационной и программной совместимости

#### 4.5.1. Требования к информационным структурам и методам решения

Программа должна обладать простым и интуитивно понятным пользовательским интерфейсом.

#### 4.5.2. Требования к исходным кодам и языкам программирования

Основная часть проекта должна быть реализована на языке программирования C#. В качестве движка для визуализации должен быть использован игровой движок Unity.

#### 4.5.3. Требования к программным средствам, используемым программой

Операционной системой должна быть версия Windows не ниже Windows 10. Необходимо программное обеспечение, поставляемое вместе с имеющимся VR оборудованием.

#### 4.5.4. Требования к защите информации и программ

В Системе должен быть обеспечен надлежащий уровень защиты информации в соответствии с законом о защите персональной информации и программного комплекса в целом от несанкционированного доступа – « Об информации, информатизации и защите информации» РФ N24-ФЗ от 20.02.95.

### 4.6. Специальные требования

Программа должна обеспечивать простое взаимодействие с пользователем. Обладать возможностью работы без присутствия системного администратора. Не должна содержать тесты и материалы более 25 минут.

## 5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

### 5.1. Предварительный состав программной документации

Состав программной документации должен включать в себя:

– техническое задание;

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

- спецификация;
- текст программы;
- описание программы;
- программу и методики испытаний;
- пояснительная записка;
- ведомость эксплуатационных документов;
- формуляр;
- описание применения;
- руководство системного администратора;
- руководство оператора.

### 5.2. Специальные требования к программной документации

Специальные требования к программной документации не предъявляются.

## 6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

### 6.1. Ориентировочная экономическая эффективность

Экономическая эффективность программного продукта не рассчитывалась.

### 6.2. Предполагаемая годовая потребность

Предполагаемое количество использования программного продукта в год – работа программного продукта 5 учебных дней начиная с 8ч. до 20ч.

## 7. СТАДИИ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ

### 7.1. Стадии разработки

Разработка должна быть проведена в три стадии:

- разработка технического задания;
- рабочее проектирование;
- внедрение.

### 7.2. Этапы разработки

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

На стадии разработки технического задания должен быть выполнен этап разработки, согласования и утверждения настоящего технического задания.

На стадии рабочего проектирования должны быть выполнены перечисленные ниже этапы работ:

- разработка программы;
- разработка программной документации;
- испытания программы;
- тестирование программного продукта на техническом обеспечении заказчика.

На стадии внедрения должен быть выполнен этап разработки - подготовка и передача программы.

### 7.3. Содержание работ по этапам

На этапе разработки технического задания должны быть выполнены перечисленные ниже работы:

- постановка задачи;
- определение и уточнение требований к техническим средствам;
- определение требований, представляемых к программному продукту;
- определение стадий разработки программного продукта;
- определение с языками программирования и платформой;
- согласование и утверждение технического задания.

На этапе разработки программного продукта должно быть выполнено написание кода, разработка и внедрение моделей в игровой движок, а также проверка и отладка итогового программного продукта.

На этапе разработки программной документации должна быть выполнена разработка программных документов в соответствии с требованиями

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

ГОСТ 19.101–77 и требованием п. «Предварительный состав программной документации» настоящего технического задания.

На этапе испытаний программы должны быть выполнены перечисленные ниже виды работ:

- разработка, согласование и утверждение программы и методики испытаний;
- проведение приемо-сдаточных испытаний;
- корректировка программы и программной документации по результатам испытаний.

На этапе подготовки и передачи программы должна быть выполнена подготовка и передача программы и программной документации в эксплуатацию.

### 7.4. Исполнители

Руководитель разработки

Преподаватель

Исполнитель

Студент группы

Еремина В.В.

Тарасенко К.Н.

853-об

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

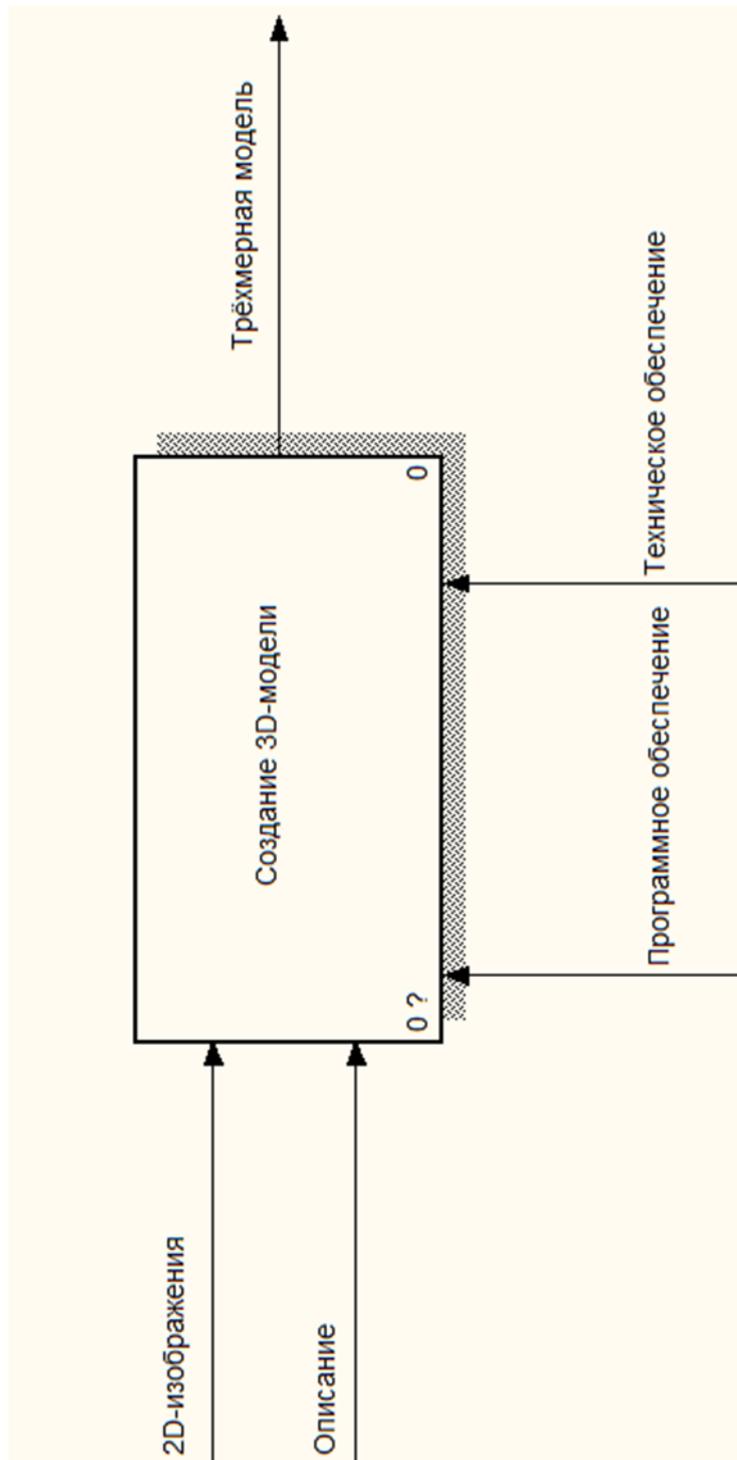


Рисунок Б.1 – Контекстная диаграмма процесса создания 3D-модели

# ПРИЛОЖЕНИЕ В

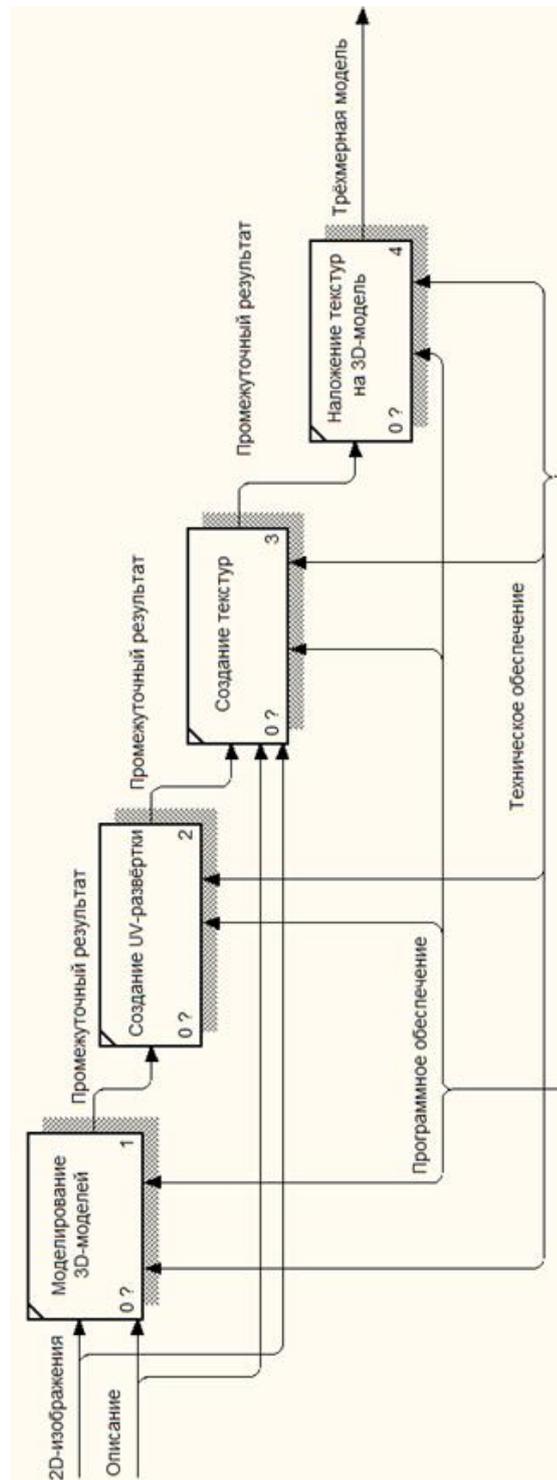


Рисунок В.1 – Декомпозиция процесса создания 3D-модели

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

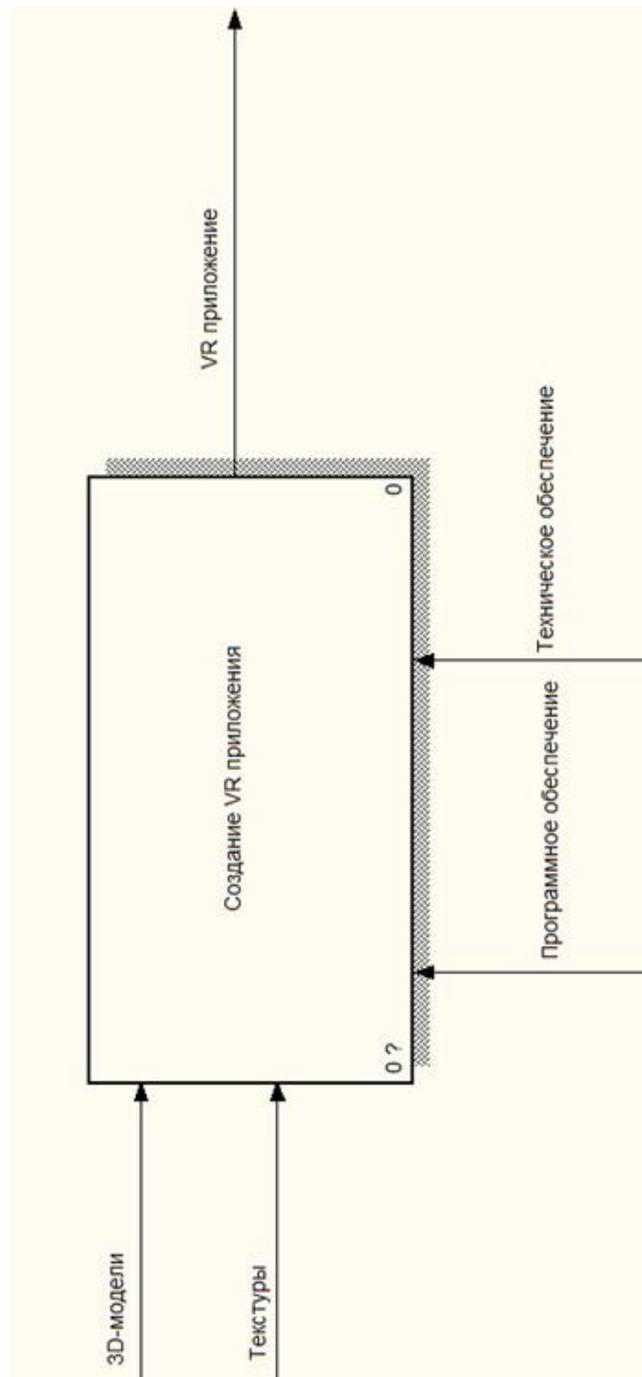


Рисунок Г.1 – Контекстная диаграмма процесса создания VR приложения

# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

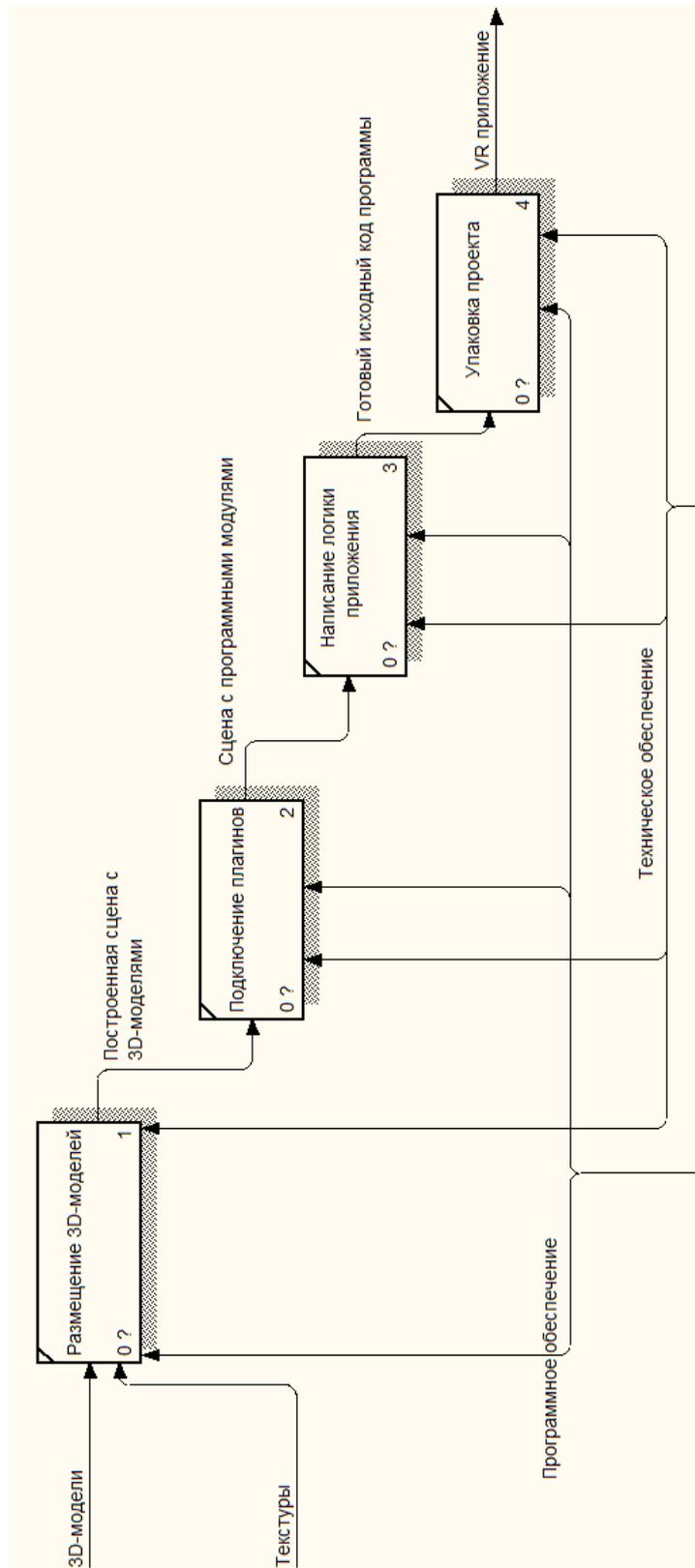


Рисунок Д.1 – Декомпозиция процесса создания VR приложения