

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий</b>

УДК 004.774:004.455.1:636

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И6Б	Бондаренко Д.Е.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева О.С.	К.Т.Н		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН УОД	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШПИБ	Белоенко Е.В.	К.Т.Н		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Цапко И.В.	К.Т.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные и общепрофессиональные компетенции</b>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания для комплексной инженерной деятельности по созданию, внедрению и эксплуатации геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P2	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием геоинформационных систем и технологий, информационных систем в бизнесе, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по созданию информационных систем и технологий, а также средств их реализации (информационных, методических, математических, алгоритмических, технических и программных).
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные геоинформационные системы и технологии, информационные системы и технологии в бизнесе, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
<b>Универсальные (общекультурные) компетенции</b>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом. Владеть иностранным языком (углублённый английский язык), позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций.
P10	Демонстрировать личную ответственность за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, а также готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Цапко И.В.  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8И6Б	Бондаренко Дмитрию Евгеньевичу

Тема работы:

Разработка веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 г. № 59-61/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Карта с источниками загрязнения атмосферного воздуха.          Объёмы выбрасываемых веществ от каждого источника.          Описание каждого источника загрязнения.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ предметной области, связанной с моделированием распространения загрязняющих веществ,</li> <li>– Проектирование системы для моделирования распространения загрязняющих веществ,</li> <li>– Реализация системы для моделирования системы распространения загрязняющих веществ,</li> <li>– Тестирование функциональных возможностей разработанной системы,</li> <li>– Финансовый менеджмент,</li> <li>– Социальная ответственность.</li> </ul>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Архитектура системы, схема алгоритма построения зон загрязнения атмосферного воздуха, схема потока данных, разработанные классы и компоненты системы, результаты работы приложения
---	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Белоенко Е.В.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Все разделы должны быть написаны на русском языке.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	27.01.2020
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева О.С.	к.т.н		27.01.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И6Б	Бондаренко Д.Е.		27.01.2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий  
 Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.02.2020	<i>Анализ предметной области</i>	15
31.03.2020	<i>Проектирование программной системы</i>	20
16.05.2020	<i>Социальная ответственность</i>	10
20.05.2020	<i>Финансовый менеджмент</i>	10
28.05.2020	<i>Программная реализация и тестирование программной системы</i>	40
05.06.2020	<i>Подготовка пояснительной записки</i>	5

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева О.С.	к.т.н.		27.01.2020

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Цапко И.В.	к.т.н.		27.01.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b> 8И6Б	<b>ФИО</b> Бондаренко Дмитрию Евгеньевичу
-----------------------	--

<b>Школа</b> Уровень образования	<b>ИШИТР</b> Бакалавриат	<b>Отделение школы (НОЦ)</b> Направление/специальность	<b>ОИТ</b> 09.03.02 Информационные системы и технологии
-------------------------------------	-----------------------------	---	--

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад инженера – 21760 руб., Оклад руководителя – 33664 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Премияльный коэффициент 30 %; Коэффициент доплат и надбавок 20 %; Районный коэффициент 13% Коэффициент дополнительной заработной платы 12 %; Накладные расходы 16 %.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %.</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Формирование плана и графика разработки: – определение структуры работ, – определение трудоемкости работ, – создание диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат на разработку: – материальные затраты, – затраты на специальное оборудование; – заработная плата (основная и дополнительная), – социальные отчисления, накладные расходы.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение потенциального эффекта разработки.</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. *Оценочная карта конкурентных технических решений,*
2. *Матрица SWOT,*
3. *Диаграмма Ганта,*
4. *Расчет бюджета затрат.*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	31.01.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН УОД	Рыжакина Т.Г.	к.э.н		31.01.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8И6Б	Бондаренко Д.Е.		31.01.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8И6Б	Бондаренко Дмитрию Евгеньевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Разработка веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом разработки является веб-приложение для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий. Работа осуществляется с использованием персонального компьютера. Разработанное веб-приложение может быть использовано для оценки возможности распространения запахов от животноводческих предприятий при заданных метеоусловиях.
--	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Перечень нормативов: – Трудовой кодекс РФ, – ТОИ Р-45-084-01 – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – СанПиН 2.2.4.542-96
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Анализ выявленных вредных факторов: – недостаточная освещенность рабочей зоны, – отклонение параметров микроклимата, – повышенный уровень шума, – повышенный уровень электромагнитного излучения, – нервно-психические перегрузки. Анализ выявленных опасных факторов: – электрический ток, – короткое замыкание, – статическое электричество.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Воздействие объекта на атмосферу и гидросферу отсутствует. Воздействие на литосферу происходит при утилизации персонального компьютера, используемого при разработке, и люминесцентных ламп освещения.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможной чрезвычайной ситуацией при разработке веб-приложения является возникновение пожара на рабочем месте.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Е.В.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И6Б	Бондаренко Д.Е.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 82 с., 24 рис., 24 табл., 19 источников.

Ключевые слова: ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ, МЕТОД ГАУССА, КАРТА, ЗАПАХ, ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ЗОНА.

Целью данной работы является разработка веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий с использованием геоинформационной системы OpenStreetMap.

Объектом исследования является картографическое моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

В отчете приведены результаты анализа предметной области, проектирования, программной реализации и практического применения веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий с отображением результатов на карте.

Практическая ценность разработанного веб-приложения состоит в предоставлении возможности оценивать ареалы распространения запахов от животноводческих предприятий при заданных метеоусловиях и оперативно принимать последующие решения.



## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ГИС – геоинформационная система;

ИС – информационная система;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ПДК<sub>сс</sub> – среднесуточная предельно допустимая концентрация;

ПДК<sub>мр</sub> – максимально разовая предельно допустимая концентрация;

ПК – персональный компьютер;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

OSM – OpenStreetMap;

HTML – HyperText Markup Language – язык гипертекстовой разметки;

JS – JavaScript;

CSS – Cascading Style Sheets – каскадные таблицы стилей;

API – Application programming interface – программный интерфейс приложения;

NPM – Node Package Manager – менеджер пакетов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	12
1 Анализ предметной области, связанной с загрязнением атмосферного воздуха.....	14
1.1 Актуальность проблемы.....	14
1.2 Описание источников загрязнения атмосферного воздуха .....	15
1.3 Обзор существующих систем для моделирования загрязнения атмосферного воздуха.....	17
1.4 Модели загрязнения атмосферного воздуха .....	20
2 Проектирование системы .....	24
2.1 Требования к разрабатываемой системе.....	24
2.2 Общая архитектура системы.....	24
2.3 Схема алгоритма построения зон загрязнения атмосферного воздуха .....	26
2.4 Схема потока данных.....	28
3 Программная реализация.....	30
3.1 Выбор средств реализации.....	30
3.2 Программная реализация системы.....	31
4 Тестирование разработанного веб-приложения .....	36
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	44
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	44
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	44
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	44
5.1.3 SWOT-анализ.....	46
5.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	49
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	49
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	51
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	52
5.2.4 Бюджет научно-технической разработки .....	57

5.2.4.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	57
5.2.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование .....	58
5.2.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	59
5.2.4.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	60
5.2.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..	61
5.2.4.6	Накладные расходы .....	62
5.2.4.7	Формирование бюджета затрат проекта разработки.....	62
5.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	63
6	Социальная ответственность .....	66
6.1	Введение.....	66
6.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	66
6.2.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	67
6.2.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	68
6.3	Производственная безопасность .....	68
6.3.1	Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	69
6.3.2	Отклонение параметров микроклимата.....	70
6.3.3	Повышенный уровень шума .....	71
6.3.4	Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	71
6.3.5	Психофизиологические факторы .....	72
6.3.6	Статическое электричество.....	73
6.3.7	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека .....	73
6.3.8	Соответствие рабочего места указанным нормам.....	75
6.4	Экологическая безопасность.....	75
6.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
6.6	Вывод по разделу .....	77
	Заключение .....	79
	Список публикаций.....	80
	Список источников .....	81

## ВВЕДЕНИЕ

Любые производственные процессы связаны с образованием отходов. Отходы производства могут приносить человеку неудобства, а то и вовсе наносить вред. Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области занимается задачами по оценке загрязнения атмосферного воздуха для своевременного принятия мер по снижению воздействия загрязняющих веществ на жителей города.

В весенне-летний период учащается поступление жалоб от жителей г. Томска на неприятный запах в воздухе. Запах появляется в результате испарения отходов от животноводческих предприятий и затем распространяется по направлению ветра. ОГБУ «Облкомприрода» была разработана ГИС «Запах», которая не позволяет оперативно оценивать распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и содержит неактуальные данные о зонах загрязнения атмосферного воздуха. Актуально создание веб-приложения, которое позволит специалистам-экологам и жителям города оценивать возможность распространения запахов от животноводческих предприятий при заданных метеоусловиях на жилые массивы г. Томска и прилегающие населенные пункты. Веб-приложение является наиболее универсальным, практичным и доступным решением для конечного пользователя, по сравнению с десктопным приложением.

Целью данной работы является разработка веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий с использованием геоинформационной системы OpenStreetMap.

Объектом исследования является картографическое моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

В разделе 1 обоснована актуальность разработки веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Описаны предприятия животноводческого комплекса в окрестностях г. Томска

и вещества, которые они выбрасывают. Рассмотрены аналоги системы для решения задачи моделирования и модели загрязнения атмосферного воздуха.

В разделе 2 описаны требования к разрабатываемому веб-приложению. Приведены общая архитектура веб-приложения, схема потока данных и схема алгоритма построения зон загрязнения атмосферного воздуха.

В разделе 3 обоснован выбор средств и приведены результаты программной реализации веб-приложения. Описаны разработанные классы и компоненты.

В разделе 4 приведены результаты тестирования разработанного веб-приложения на основании составленного алгоритма его работы.

В разделе 5 изложен материал, связанный с финансовым менеджментом и ресурсоэффективностью разработки.

В разделе 6 рассмотрены вопросы техники безопасности работников на рабочем месте и экологическая безопасность.

Практическая ценность разработанного веб-приложения состоит в предоставлении возможности оценивать ареалы распространения запахов от животноводческих предприятий при заданных метеоусловиях и оперативно принимать последующие решения.

Результаты работы представлены на конференции «Молодежь и современные информационные технологии» (г. Томск, 2020) и опубликованы в сборнике материалов конференции.

Работа выполнена с использованием редактора кода Visual Studio Code, языка программирования JavaScript и его фреймворка React с включенной в него библиотекой Leaflet, HTML и CSS. Пояснительная записка оформлена в текстовом редакторе Microsoft Word.

# **1 Анализ предметной области, связанной с загрязнением атмосферного воздуха**

## **1.1 Актуальность проблемы**

Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области решает задачи по отслеживанию и оценке загрязнения атмосферного воздуха для своевременного принятия мер по снижению воздействия загрязняющих веществ (аммиака, сероводорода и др.) на жителей. Одной из таких проблем, связанной с оценкой загрязнения атмосферного воздуха, является появление в нем неприятного запаха.

От жителей г. Томска поступают жалобы на неприятный запах в воздухе в весенне-летний период. В этот период происходит повышение температуры окружающей среды и увеличение испарения влаги и веществ с поверхностей. В данной работе источниками загрязнения являются объекты, принадлежащие животноводческим предприятиям, на которых появляются и накапливаются отходы животноводства. Под отходами животноводства подразумевается многокомпонентная смесь, включающая в себя твердые и жидкие продукты жизнедеятельности сельскохозяйственных животных (экскременты), технологическую и смывную воду, кормовые остатки и газы [1], которые в виде испарений попадают в атмосферный воздух и далее распространяются по направлению ветра. Из-за повышения температуры, отходы начинают испаряться быстрее, поэтому в воздухе увеличивается концентрация загрязняющих веществ, которые являются результатом процесса испарения отходов. При высокой концентрации веществ в воздухе и последующем их распространении по направлению ветра до жилых массивов может доноситься неприятный запах, который и чувствуют жители г. Томска и прилегающих населенных пунктов. При увеличении скорости ветра, площадь распространения веществ становится больше. Таким образом, актуальным является разработка веб-приложения, позволяющего моделировать и отображать на карте результаты моделирования распространения загрязняющих веществ от животноводческих

предприятий в зависимости от прогнозируемых метеоусловий в выбранный момент времени. Такое приложение поможет специалистам и жителям города оперативно оценивать состояние атмосферного воздуха на определенной территории и принимать соответствующие решения на основании полученных результатов. Отображение результатов на карте облегчает визуальное восприятие результатов моделирования.

## **1.2 Описание источников загрязнения атмосферного воздуха**

Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области предоставил данные о животноводческих предприятиях и имеющихся на них источниках загрязнения атмосферного воздуха, вызывающих появление неприятного запаха.

Источниками загрязнения на соответствующих предприятиях являются:

- ООО «ПЗ Заварзинский» – место разведения и содержания животных;
- птицефабрика «Томская» АО «Сибирская аграрная группа» – место разведения и содержания животных, помехохранилище, отходы птицеводства;
- свинокомплекс «Томский» АО «Сибирская аграрная группа» – место разведения и содержания животных;
- АО «Сибирская аграрная группа» – пруд-накопитель жидких отходов;
- ООО «Межениновская птицефабрика» – место разведения и содержания животных, помехохранилище, отходы птицеводства.

Данные источники выбрасывают такие вещества, как аммиак (бесцветный газ с едким запахом) и сероводород (бесцветный газ и резким неприятным запахом, запахом тухлых яиц).

Для данных веществ установлены среднесуточные предельно допустимые концентрации (ПДКсс) – концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна оказывать на человека воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании:

- ПДКсс аммиака – 0,4 мг/м<sup>3</sup>;

– ПДКсс сероводорода – 0,008 мг/м<sup>3</sup>.

Также для веществ установлены максимально разовые предельно допустимые концентрации (ПДК<sub>мр</sub>) – ПДК, которая устанавливается для предупреждения рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.) при кратковременном воздействии атмосферных загрязнений (20-30 минут):

- ПДК<sub>мр</sub> аммиака – 0,5 мг/м<sup>3</sup>;
- ПДК<sub>мр</sub> сероводорода – 0,014 мг/м<sup>3</sup>.

ПДК<sub>мр</sub> далее используются для определения зон распространения запаха на территории.

Информация о выбросах загрязняющих веществ от источников загрязнения были предоставлены не по всем источникам. Для источников, по которым не была предоставлена информация о мощности источников выбросов, для проведения тестирования разрабатываемого веб-приложения подбирались значения, приближенные к значениям источников, по которым есть информация. Мощности источников по каждому веществу, используемые в модельных расчетах, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Мощности источников загрязнения

Компания	Источник загрязнения	Мощность, г/с	
		Аммиак	Сероводород
ООО «ПЗ Заварзинский»	Место разведения и содержания животных	0,15	0,0189
Птицефабрика «Томская» АО «Сибирская аграрная группа»	Место разведения и содержания животных	0,15	0,0212
Птицефабрика «Томская» АО «Сибирская аграрная группа»	Отходы птицеводства	0,13	0,0184
Свинокомплекс «Томский» АО «Сибирская аграрная группа»	Места разведения и содержания животных	0,17	0,0197
АО «Сибирская аграрная группа»	Пруд-накопитель жидких отходов	0,41	0,0188
ООО «Межениновская птицефабрика»	Место разведения и содержания животных	0,133	0,0244
ООО «Межениновская птицефабрика»	Пометохранилище	0,128	0,0201



### 1.3 Обзор существующих систем для моделирования загрязнения атмосферного воздуха

Для оценки распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе необходимо иметь систему, которая бы производила моделирование распространения загрязняющих веществ при заданных метеоусловиях и отображало на карте результаты моделирования.

Примером таких систем являются ГИС «Запах» и «ЭРА-УПРЗА».

ГИС «Запах» была разработана ОГБУ «Облкомприрода» для Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области [2]. Данная система представляет собой веб-приложение, карта которого содержит различные информационные слои: сельскохозяйственные предприятия, птицефабрики, сливные станции, точки контроля выбросов, границы зон превышения ПДК загрязняющих веществ и т.д. (рисунок 1).

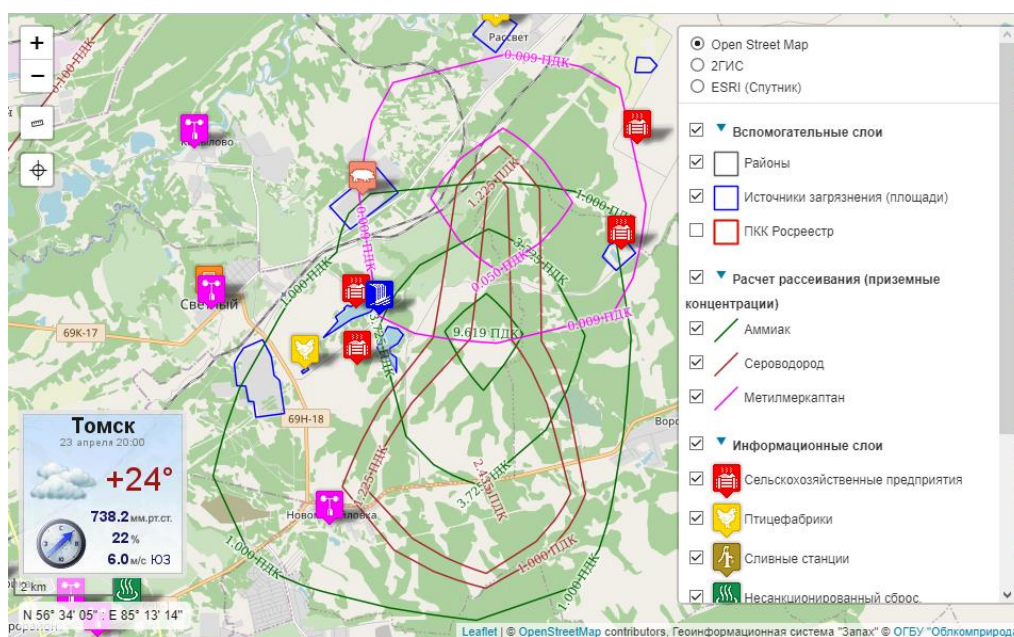


Рисунок 1 – Интерфейс ГИС «Запах»

Данная ГИС имеет следующие недостатки, описанные ниже. Невозможно оперативно при меняющихся метеоусловиях производить моделирование распространения загрязняющих веществ и построение зон превышения ПДК загрязняющих веществ в самой ГИС. Построение зон загрязнения воздуха произведено в сумме от всех источников с использованием программного

комплекса «ЭРА Воздух» (модуль «ЭРА-УПРЗА») при неизвестных для сторонних пользователей ГИС условиях и полученные зоны добавлены в качестве информационного слоя в данную ГИС. Зоны загрязнения атмосферного воздуха построены от объектов, которых нет на карте и на космических снимках (рисунок 1), и они не обновляются. Некоторые границы источников загрязнения указаны там, где на космических снимках никаких объектов нет (рисунок 2).



Рисунок 2 – Границы несуществующего источника загрязнения

Некоторые административные здания обозначены как источники загрязнения в то время, как места разведения животных не обозначены как источники загрязнения, например, как это показано на рисунке 3 для ООО «ПЗ Заварзинский».



Рисунок 3 – Расположение административного здания ООО «ПЗ Заварзинский» (1) и места разведения и содержания животных (2)

Красная метка сельскохозяйственного предприятия стоит на административном здании в д. Заварзино и вокруг этого здания синей линией нанесена граница источника загрязнения, хотя сам источник загрязнения (место разведения и содержания животных) находится слева от д. Заварзино, как показано на рисунке 3.

Таким образом, в настоящее время ГИС «Запах» отображает неактуальные и некорректные данные о расположении зон загрязнения атмосферного воздуха и не позволяет производить расчеты по актуальным данным.

«ЭРА-УПРЗА» – это модуль программного комплекса «ЭРА Воздух» от компании «Логос-плюс» [3], которая позволяет рассчитать концентрацию в любой точке местности, автоматически построить санитарно-защитную зону и оценить возможность распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе как по заданным метеоусловиям, так и по розе ветров (рисунок 4).

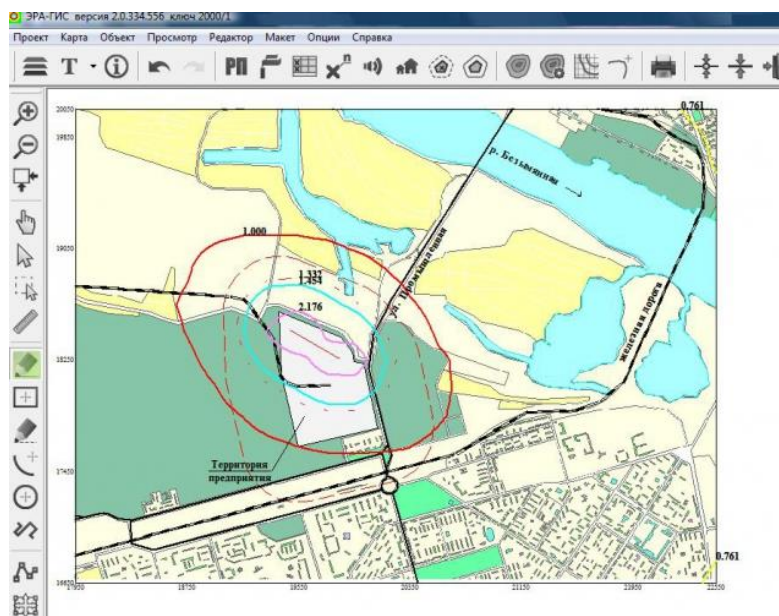


Рисунок 4 – Интерфейс "ЭРА-УПРЗА"

«ЭРА-УПРЗА» имеет недостатки, такие как: необходимо загружать свою карту для работы, для моделирования необходимо вводить параметры (мощность источника, скорость ветра, направление ветра), которые влияют на результаты моделирования.

Таким образом, ГИС «Запах» и «ЭРА-УПРЗА» не подходят для оперативной оценки распространения запахов любым жителем г. Томска.

#### **1.4 Модели загрязнения атмосферного воздуха**

Перед разработкой веб-приложения необходимо выбрать модель загрязнения атмосферного воздуха, с помощью которой будет осуществляться моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе при заданных метеоусловиях.

Были рассмотрены две модели, основанные на модели Гаусса, которая позволяет производить расчеты концентрации с учетом метеоусловий – модель «факела» и модель «клубка». Эти модели являются наиболее распространенными и подходящими в моделировании загрязнения атмосферного воздуха при конкретных метеоусловиях.

Модели основаны на следующих предположениях [4]:

- вредное вещество будет распространяться в соответствии с нормальным распределением;
- погодные условия и характеристики поверхности в пределах рассматриваемого района, определяющие распространение загрязнения, однородны;
- загрязняющее вещество консервативно, т.е. не вступает в химические реакции и не подвержено распаду;
- загрязняющее вещество не поглощается поверхностью земли.

Модель «клубка» предполагает, что источник загрязнения действует мгновенно (например, взрыв баллона с газом).

Данная модель зависит от следующих параметров:

- координат центра «клубка», определяющих траекторию его движения;
- значения скорости и направления ветра в определенный момент времени;
- отклонений размеров клубка в направлениях  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , соответственно;

– количества загрязняющего вещества, которое выделил источник в определенный момент времени [4].

Но модель «клубка» имеет ряд недостатков: необходимость многочисленных измерений скорости ветра по направлениям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , сложность выявления параметров клубка (отклонения размеров по направлениям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и высота центра), сложность программной реализации, а также то, что источник загрязнения должен действовать мгновенно в то время, как источники, рассматриваемые в данной работе, непрерывно испускают загрязняющие вещества.

Модель «факела» предполагает, что источник точечный и действует непрерывно.

Данная модель применяется в случаях, когда выброс загрязняющих веществ происходит от различных по высоте источников (от 0 и далее), характер выбросов (физические, химические, биологические) и температура среды в модели не учитываются [4].

Координатная система в модели задается следующим образом:  $OX$  – ось, направленная на восток,  $OY$  – ось, направленная на север,  $OZ$  – ось, направленная вертикально вверх. Для решения задачи моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе вводится дополнительная система координат, в которой  $OX'$ ,  $OY'$  и  $OZ'$  направлены соответственно по направлению ветра, перпендикулярно ему и вертикально вверх. В этой системе координаты обозначаются  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  [5].

Центрами каждой системы являются источники загрязнения. Пересчет координат из одной системы в другую происходит по следующим формулам (1 – 3):

$$x' = x_0 + (x - x_0) * \cos\varphi - (y - y_0) * \sin\varphi, \quad (1)$$

$$y' = y_0 + (x - x_0) * \sin\varphi + (y - y_0) * \cos\varphi, \quad (2)$$

$$z' = z, \quad (3)$$

где  $\varphi$  – направление ветра, выраженное в градусах в пределах от 0 до 360 (0 градусов соответствует направлению на Восток, увеличение градуса происходит против часовой стрелки).

Модель концентрации загрязнения  $C$ , которая создается в точке  $x', y', z'$ , находящимся на высоте  $H$  постоянно действующим источником с мощностью  $P$  описывается следующим соотношением [6]:

$$C(x, y, z) = \frac{P}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[ \exp\left(\frac{-(z-h)^2}{\sigma_z^2}\right) + \exp\left(\frac{-(z+h)^2}{\sigma_z^2}\right) \right] \quad (4)$$

где  $x$  – расстояние от источника до точки расчета концентрации загрязняющих веществ,  $y$  – поперечно расстояние от оси шлейфа,  $z$  – высота источника загрязнения (трубы) над поверхностью,  $\sigma_y, \sigma_z$  – горизонтальная и вертикальная функции рассеяния от источника, которые показывают, как меняется ширина гауссовой струи с увеличением расстояния  $x$  от источника загрязнения,  $H$  – высота источника,  $u$  – скорость ветра на высоте источника  $H$  [5].

В данной работе все источники загрязнения являются площадными, но для расчетов они аппроксимируются точечными источниками, расположенными в центрах площадных.

Расчет значений  $\sigma_y, \sigma_z$  для источника загрязнения при нейтральном состоянии атмосферы производится по следующим формулам:

$$\sigma_y(\Delta x') = 0.128(\Delta x')^{0.905}, \quad (5)$$

$$\sigma_z(\Delta x') = 0.108(\Delta x')^{0.81}, \quad (6)$$

где  $\Delta x'$  – расстояние от каждой точки расчета концентрации до источника, формула для расчета данной величины следующая:

$$\Delta x' = (x' - x'_S), \quad (7)$$

Модель «факела» довольно проста и позволяет рассчитывать концентрации загрязняющих веществ по ограниченному количеству параметров – расстояние от источника до каждой точки расчета концентрации,

мощность источника, скорость и направление ветра. Данную модель можно применять при скорости ветра не менее 1 м/с.

Так как большинство источников загрязнений (животноводческих предприятий) действуют непрерывно, то есть постоянно испаряют загрязняющие вещества, и изменяются метеоусловия, для дальнейшей работы была выбрана модель «факела» потому что она больше подходит для поставленной задачи и принимает минимум параметров на вход (что улучшает разработку), чем модель «клубка». Модель «клубка» используется в редких случаях, например, при ЧС на предприятии (взрыв баллона с газом).

## **2 Проектирование системы**

### **2.1 Требования к разрабатываемой системе**

С учетом недостатков имеющихся систем, описанных в подразделе 1.2, был сформулирован следующий перечень требований к разрабатываемой системе:

- система должна иметь простой и понятный для пользователя интерфейс;
- система должна выбирать все источники загрязнения, которые есть на карте, для расчета суммарных концентраций;
- система должна обращаться по дате и времени к OpenWeatherMap, сервису, который предоставляет API для доступа к данным о погоде с прогнозом на 5 дней [7], и возвращать из этого сервиса скорость и направление ветра в указанные дату и время суток для дальнейших расчетов концентрации в точках расчета;
- система должна отображать пользователю следующую информацию: дату и время, скорость и направление ветра, для которых производится расчет концентрации загрязняющих веществ;
- система должна предоставлять возможность выбора вещества, для которого будет производиться моделирование;
- система должна производить корректные расчеты, в зависимости от входных параметров;
- система должна отображать распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на карте в виде зон превышения ПДКсс (далее зоны ПДКсс) и/или ПДКмр (зон распространения запаха), которые окрашиваются в цвета в зависимости от вещества.

### **2.2 Общая архитектура системы**

На рисунке 5 представлена диаграмма, которая показывает архитектуру проектируемой системы.



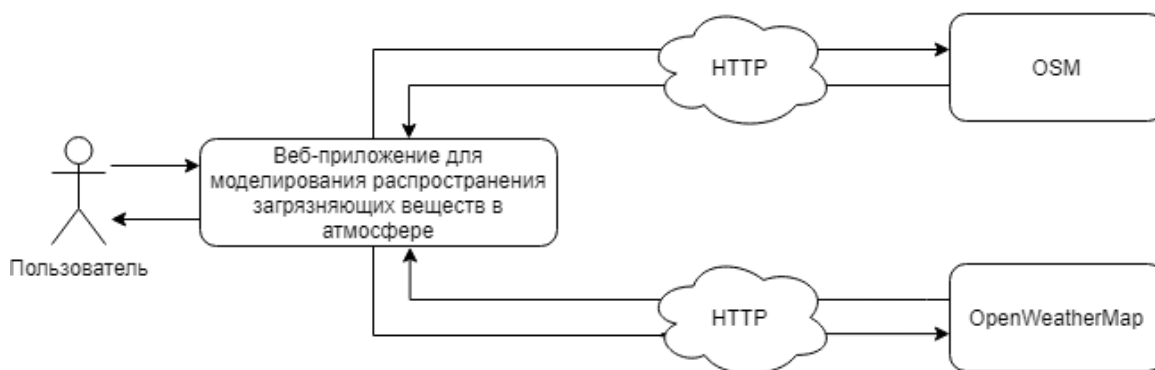


Рисунок 5 – Архитектура проектируемой системы

Пользователь, взаимодействуя с веб-приложением, совершает определенные действия (выбор вещества, ввод даты и времени, сброс результатов моделирования и т.п.), тем самым запускает функции (например, получение координат источника и точек, в которых будут рассчитываться концентрации, построение зон превышения ПДК<sub>сс</sub> и/или ПДК<sub>мр</sub> от источника загрязнения по направлению ветра), которые с помощью сетевых запросов обращаются к поставщику карт OSM и погодному веб-сервису OpenWeatherMap и получают данные, соответствующие запросам.

Приложение имеет локальный сервер, который запускается с помощью пакетного менеджера `npm`. Сервер позволяет отображать веб-приложение в браузере и реагировать определенным образом на различные действия пользователя (запись данных, хранение данных и т.д.).

В качестве входных данных для отображения предприятий на карте в виде маркеров используются данные, находящиеся в файле формата GeoJSON (формат, предназначенный для хранения географических данных). Каждое предприятие в данном файле имеет следующие параметры: название источника выбросов, название предприятия, которому он принадлежит, мощность источника загрязняющих веществ (г/с) и его координаты.

## 2.3 Схема алгоритма построения зон загрязнения атмосферного воздуха

Для расчета концентрации веществ от источников загрязнения производится построение сетки с шагом 500 м. Расчет концентрации веществ производится в узлах сетки (точках расчета).

На рисунке 6 представлена схема алгоритма построения зон загрязнения атмосферного воздуха.

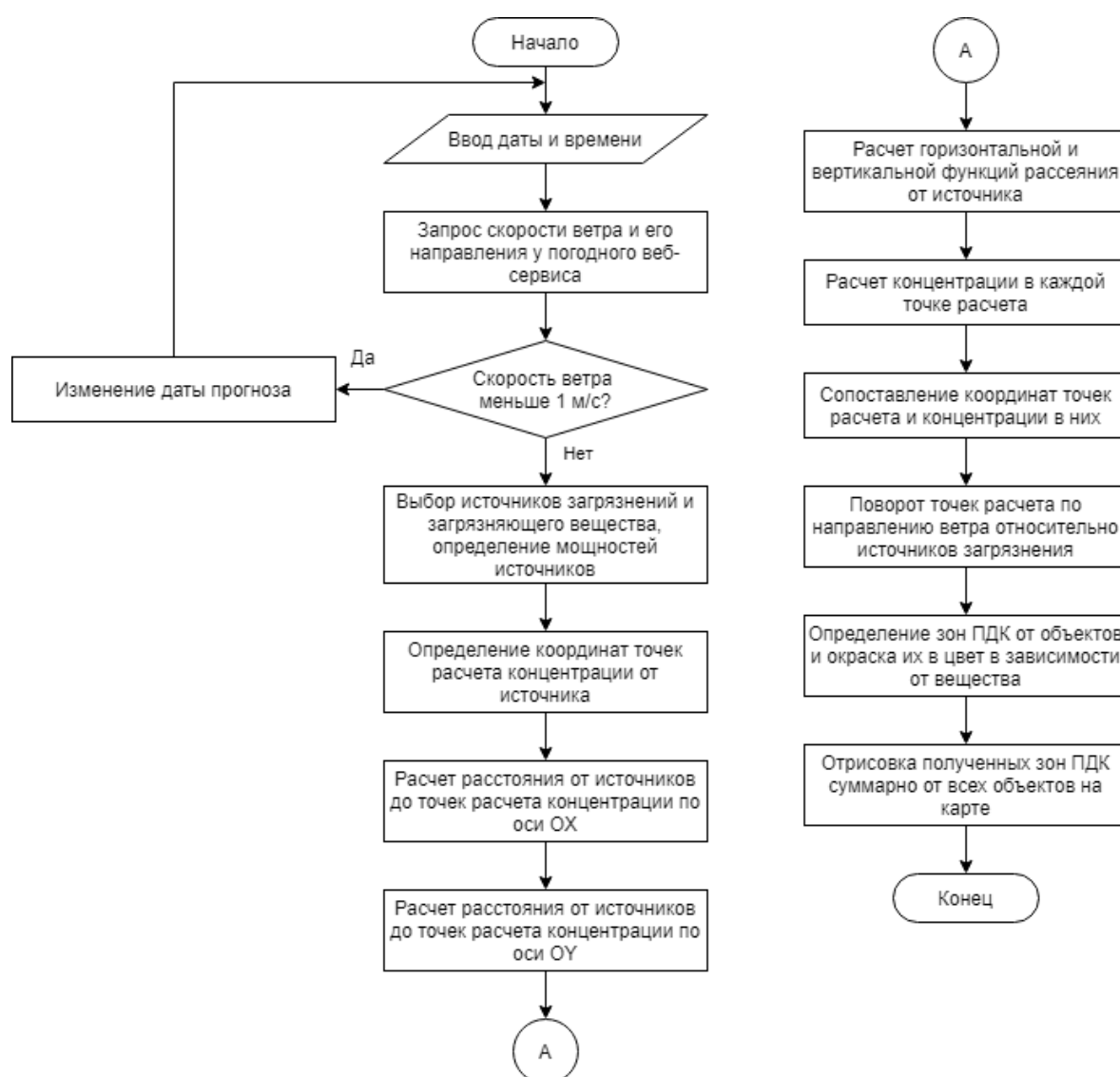


Рисунок 6 – Схема алгоритма построения зон загрязнения атмосферного воздуха

Описание алгоритма работы системы представлено ниже:

1. Пользователь открывает веб-приложение в браузере.

2. Пользователь в меню, находящемся в правой части экрана, вводит дату и время суток, на которые он хочет увидеть прогноз распространения загрязняющих веществ (прогноз можно проводить на 5 дней вперед);

3. Система считывает введенные дату и время суток и обращается к API погодного веб-сервиса OpenWeatherMap для получения скорости ветра и его направления в указанную дату и время суток.

4. Если скорость ветра больше 1 м/с, как этого требует выбранная модель загрязнения атмосферного воздуха, то система производит выбор всех источников загрязнения для дальнейшего расчета концентрации от них и моделирования распространения загрязняющих веществ, иначе система не сможет произвести моделирование на указанные дату и время.

5. Пользователь выбирает вещество, для которого будет рассчитываться концентрация и для которого будет оцениваться возможность распространения.

6. Система считывает координаты источников загрязнения и их мощности и заносит полученные данные в память.

7. Система определяет координаты точек расчета, которые расположены по направлению ветра.

8. Система производит расчеты по формулам, которые приведены в подразделе 1.3.

9. Для визуализации моделирования распространения веществ по направлению ветра, координаты точек, в которых производится расчет, преобразовываются из географической системы координат в прямоугольную для отображения результатов без искажений. Происходит поворот координат узлов сетки, то есть происходит поворот осей OX и OY таким образом, чтобы ось OX была расположена по направлению ветра. Координаты точек преобразовываются обратно в географические координаты.

10. После получения концентрации в каждой точке сетки система суммирует все концентрации, рассчитанные от каждого источника, и производит отрисовку на карте зон превышения ПДКсс и/или зон ПДКмр, которые окрашиваются в цвет в зависимости от вещества.

## 2.4 Схема потока данных

На рисунке 7 показана схема потока данных в веб-приложении.

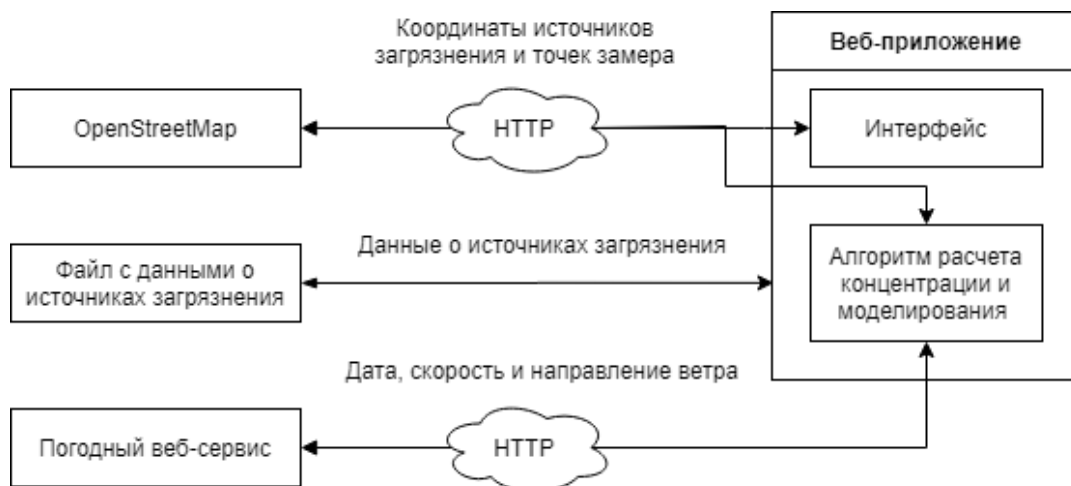


Рисунок 7 – Схема потока данных в веб-приложении

Веб-приложение представляет из себя толстый клиент, который в противовес тонкому клиенту обеспечивает полную функциональность независимо от центрального сервера [8].

В схеме потока данных веб-приложение посылает запросы поставщику карт OpenStreetMap для получения и отображения карты в самом веб-приложении и для получения точек расчета концентрации (узлов сетки).

Файл с данными о источниках загрязнения (координаты, название и мощность источника) хранится в одной папке с веб-приложением в формате, предназначенном для хранения географических данных, GeoJSON. Веб-приложение обращается к данному файлу, получает данные об источниках загрязнения (координаты, название предприятия и мощность источника) и отображает их на карте в виде маркера. При нажатии на маркер источника появляется всплывающее окно, на котором представлена информации о данном источнике и о его принадлежности к предприятию.

Для моделирования распространения загрязняющих веществ необходимо знать скорость ветра и его направление на указанную дату и время. После того, как пользователь ввел необходимые ему дату и время для прогноза, веб-

приложение запрашивает скорость ветра и его направление у погодного веб-сервиса OpenWeatherMap. Данные параметры используются в алгоритме построения зон загрязнения атмосферного воздуха.

## 3 Программная реализация

### 3.1 Выбор средств реализации

Язык программирования, используемый для реализации системы, должен предоставлять возможность использования широкого спектра модулей для работы с растровыми и векторными геоданными.

Для создания веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе подходят такие языки, как: C#, Python и JavaScript. Все перечисленные языки позволяют работать с библиотекой Leaflet, которая позволяет использовать интерактивную карту и другие полезные функции для работы с картами [9]. Данная библиотека предоставляет все возможности для создания интерактивного веб-приложения. Для разработки приложения был выбран JavaScript, так как данный язык является популярным в разработке веб-приложений, а также у автора данной работы есть опыт разработки с помощью него с применением библиотеки Leaflet.

JavaScript имеет множество фреймворков для удобной и простой разработки веб-приложений, а также имеет модули для работы с картами и геоданными. Без фреймворков разработка веб-приложений на чистом JavaScript была бы весьма долгой и трудозатратной, поэтому в качестве фреймворка для создания веб-приложения был выбран ReactJS.

ReactJS это JavaScript фреймворк, с помощью которого разработка веб-приложений становится в разы быстрее, благодаря своей отличительной особенности использовать JSX – язык программирования с близким к HTML (язык разметки страницы) синтаксисом, который компилируется в JavaScript [10].

Существуют и другие фреймворки, которые позволяют сделать разработку приложений эффективнее и проще, такие как Vue.js и AngularJS, но выбран был именно ReactJS, так как в основе данного фреймворка лежат простые языки программирования (HTML, CSS, JavaScript).

В разработке также использовалась среда исполнения JavaScript-программ Node.js. Node.js предоставляет разработчику множество внешних библиотек, благодаря которым JavaScript получает доступ к различным API и модулям. С помощью Node.js были установлены следующие библиотеки:

- Leaflet;
- NPM – менеджер пакетов, с помощью которого происходит установка библиотек.

За визуальное представление веб-приложения отвечает язык гипертекстовой разметки HTML, с помощью которого создается структура веб-приложения, и формальный язык описания внешнего вида HTML-документа CSS, который позволяет задавать всем элементам интерфейса приложения определенный вид.

В качестве текстового редактора для реализации веб-приложения был выбран Visual Studio Code. Данный редактор имеет удобный интерфейс и все необходимые функции для создания приложений, также, если каких-то функций не хватает, их можно добавить с помощью дополнительных расширений.

Все вышеперечисленные средства необходимы для разработки веб-приложения и решения поставленной задачи.

### 3.2 Программная реализация системы

Перед началом программной реализации системы на компьютер была установлена среда исполнения JavaScript-программ Node.js. Далее в терминале среды разработки Visual Studio Code с помощью команды был установлен менеджер пакетов NPM.

```
npm i
```

Был создан шаблон React-приложения, который демонстрирует работу приложения в браузере

```
npm init react-app react-leaflet-app
```

Таким же образом с помощью команды была установлена библиотека Leaflet.

```
npm install react-leaflet leaflet
```

Данная команда устанавливает библиотеку Leaflet в React-приложение.

Все веб-приложение отображается на одной веб-странице, ей соответствует файл index.html.

В качестве контейнера карты в теле файла index.html создается пустой блок с идентификатором root.

Основной код программы находится в файле index.js, который передает все компоненты приложения из других js-файлов в тело index.html для отображения карты и ее компонентов в браузере.

После создания и настройки основы для веб-приложения были реализованы классы разрабатываемой системы и их компоненты, диаграмма которых представлена на рисунке 8.

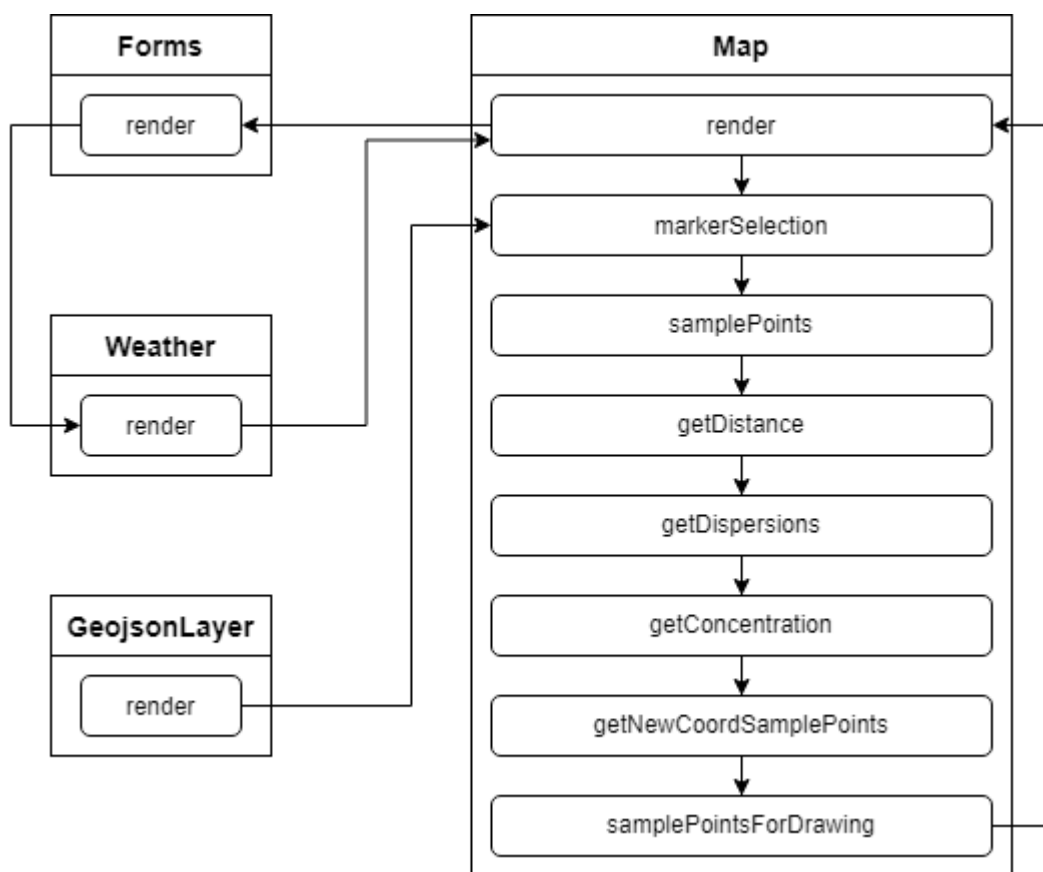


Рисунок 8 – Разработанные классы системы и их компоненты

Веб-приложение состоит из четырех классов Map, Forms, GeojsonLayer и Weather, которые находятся в файлах Map.js, Forms.js, GeojsonLayer.js и Weather.js соответственно.



Класс Map является основным, в нем создана основная логика веб-приложения. Данный класс отвечает за связь компонентов (функций) между собой для правильной работы веб-приложения.

Компоненты класса Map:

- render – отвечает за отрисовку всего интерфейса веб-приложения и взаимодействия с ним пользователя;
- markerSelection – определяет координаты всех источников загрязнения;
- samplePoints – рассчитывает координаты точек расчета концентрации на карте. Точки расчета концентрации (узлы сетки), расположенные по направлению ветра;
- getDistance – определяет расстояния между источниками загрязнения и узлами сетки концентрации по оси OX;
- getDispersions – рассчитывает горизонтальную и вертикальную функции рассеяния от источников, которые показывают, как меняется ширина гауссовой струи с увеличением расстояния от источника загрязнения;
- getConcentration – рассчитывает концентрацию загрязняющих веществ в узлах сетки с учетом скорости ветра и его направления;
- getNewCoordSamplePoints – рассчитывает новые координаты узлов сетки на карте, которые располагаются по направлению ветра;
- samplePointsForDrawing – определяет зоны ПДКсс и/или зоны ПДКмр веществ, сопоставляет концентрацию в узле сетки и его координаты для отрисовки зон ПДКсс и/или зон ПДКмр.

Класс Forms содержит формы, в которых расположены элементы интерфейса (поля для ввода данных и обычные строки, которые имеют информационный характер). У данного класса один компонент - render, который отвечает за отрисовку элементов в интерфейсе веб-приложения.

Класс GeojsonLayer предоставляет данные об источниках загрязнения классу Map из файла в формате JSON.

Класс `Weather` содержит строки, в которые выводятся полученные значения от пользователя (дата и время) и погодного веб-сервиса `OpenWeatherMap` (скорость ветра и его направление). У класса `Weather`, как и у класса `Forms`, также один компонент – `render`, который отвечает за отрисовку элементов на интерфейсе веб-приложения.

После запуска веб-приложения, срабатывает компонент `render` в классе `Map`, который отображает карту с источниками загрязнения и меню пользователя.

После выбора загрязняющего вещества и ввода в поле «Введите дату и время» в меню необходимых даты и времени для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в пределах пяти дней, считая от текущей даты, в классе `Forms` срабатывает компонент `render`, который считывает введенные в поле дату и время и запрашивает у погодного веб-сервиса `OpenWeatherMap` по этой дате и времени скорость и направление ветра.

Компонент `render` в классе `Weather` отображает в меню введенные дату и время, скорость и направление ветра.

`markerSelection` получает координаты источников загрязнения из класса `GeoJsonLayer` и считывает их мощности.

В компоненте `samplePoints` рассчитываются координаты точек расчета концентрации.

На основании полученных данных о расположении источников загрязнения и узлов сетки в компоненте `getDistance` производится расчет расстояния по оси  $OX$  от источников загрязнения до каждой точки расчета концентрации.

В компоненте `getDispersions` по значениям, полученным в компоненте `getDistance`, рассчитываются горизонтальная и вертикальная функции рассеяния от источников, которые показывают, как меняется ширина гауссовой струи с увеличением расстояния от источника загрязнения;

Компонент `getConcentration` является самым важным, поскольку в нем происходит расчет концентрации загрязняющих веществ в каждом узле сетки от каждого источника и определение суммарной концентрации вещества.

В компоненте `getNewCoordSamplePoints` рассчитываются новые координаты узлов сетки с учетом направления ветра.

После расчета концентрации в каждом узле сетки вызывается компонент `samplePointsForDrawing`, в котором сопоставляется концентрация в узле сетки и его координаты для отрисовки зон ПДКсс и/или зон ПДКмр. С помощью компонента `render` в классе `Map` производится отрисовка на карте полученных зон ПДКсс и/или зон ПДКмр, которые окрашиваются в соответствующий цвет.

## 4 Тестирование разработанного веб-приложения

В данном разделе приведены результаты тестирования веб-приложения по разработанному алгоритму.

На рисунке 9 представлен интерфейс веб-приложения с нанесенными на карту источниками загрязнения и меню пользователя. Пользователю предоставляется возможность построения зоны превышения ПДКсс и/или зоны превышения ПДКмр (зоны распространения запаха) от источников загрязнения, окрашенных в цвета в зависимости от загрязняющего вещества. Обозначение зон соответствующих веществ цветом приведено в легенде меню. Пользователь может выбрать дату и время для моделирования распространения загрязняющих веществ, а также может выбрать вещества, для которых будет проведено моделирование распространения и построены их зоны превышения ПДКсс и/или зоны ПДКмр от источников загрязнения. Система позволяет отобразить зоны ПДКсс и/или зоны ПДКмр как для одного вещества, так и для всех сразу. В меню также присутствует «Справка», в которой пользователь может посмотреть, как работать с приложением.

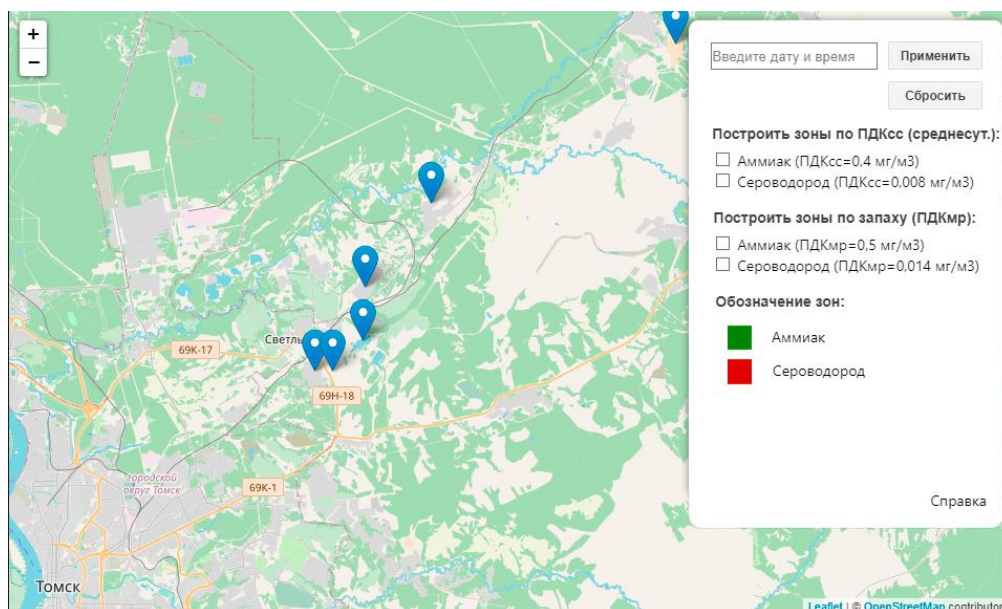


Рисунок 9 – Интерфейс веб-приложения

Возможен просмотр информации о предприятии путем клика на него (рисунок 10).

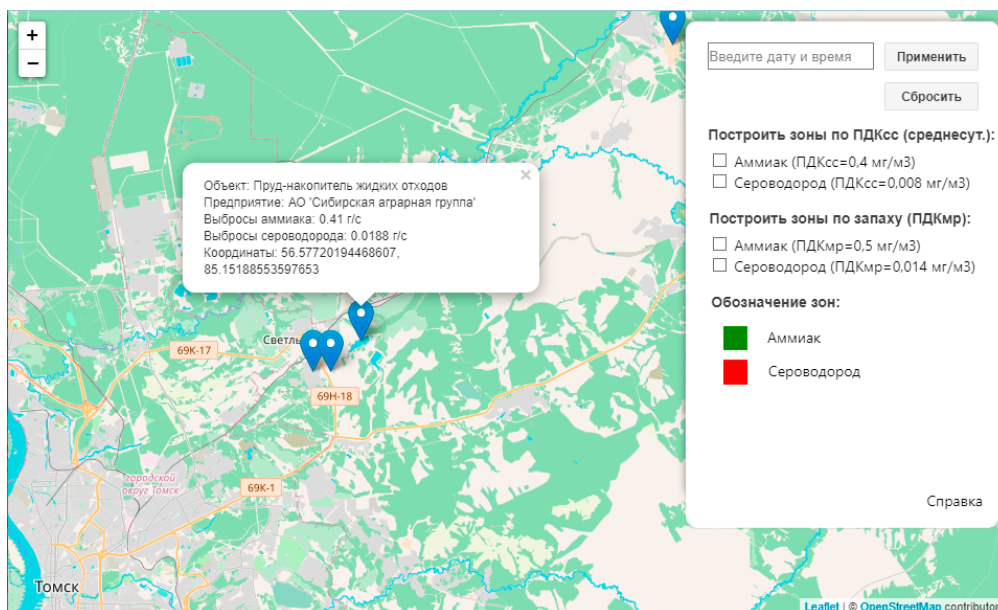


Рисунок 10 – Отображение информации об объекте

После ввода даты и времени суток (с шагом в 3 часа от 00:00) в поле «Введите дату и время» система на карте моделирует распространение загрязняющих веществ в атмосфере в сумме от всех предприятий, в меню появляется информация о скорости ветра и его направлении на указанные дату и время.

Далее пользователь выбирает вещество, зоны (превышения ПДКсс и/или ПДКмр) которого необходимо отобразить.

На рисунках 11-13 приведено отображение зон ПДКсс и/или зон ПДКмр аммиака (закрашенные зеленым цветом области свидетельствуют о превышении ПДКсс и/или ПДКмр аммиака).

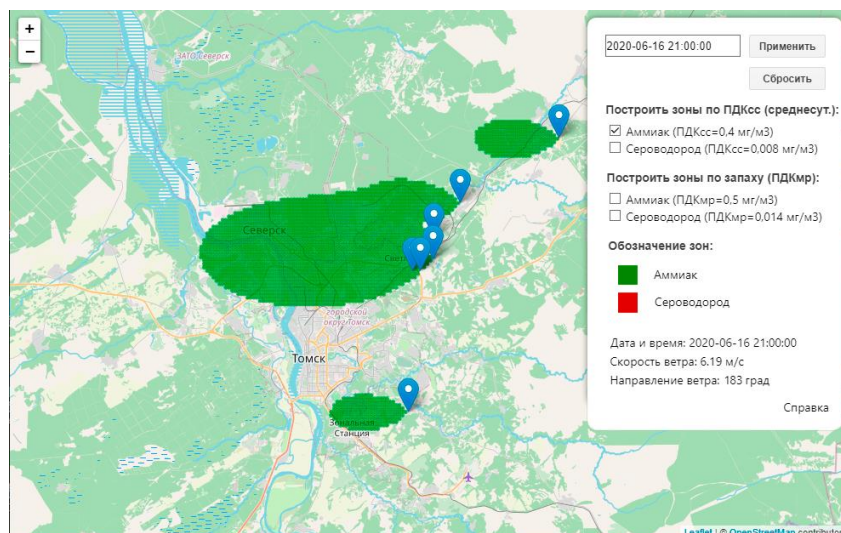


Рисунок 11 – Зоны превышения ПДКсс аммиака

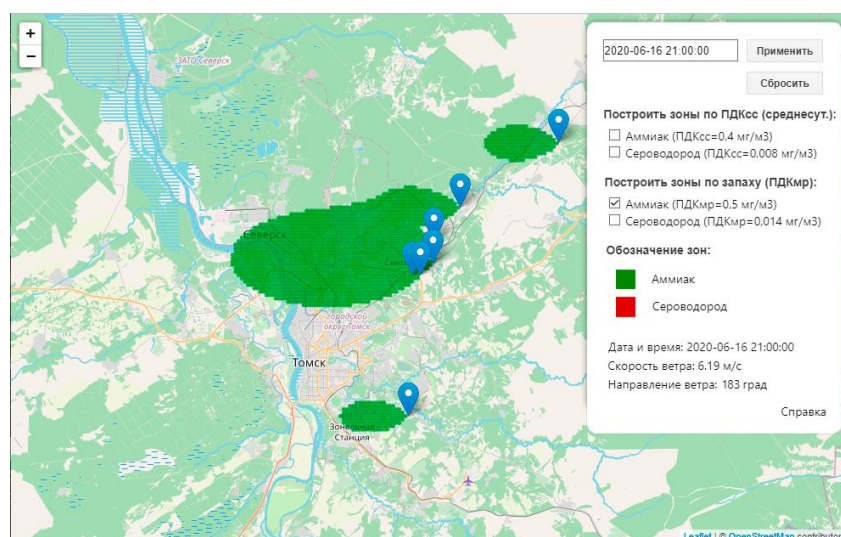


Рисунок 12 – Зоны распространения запаха аммиака

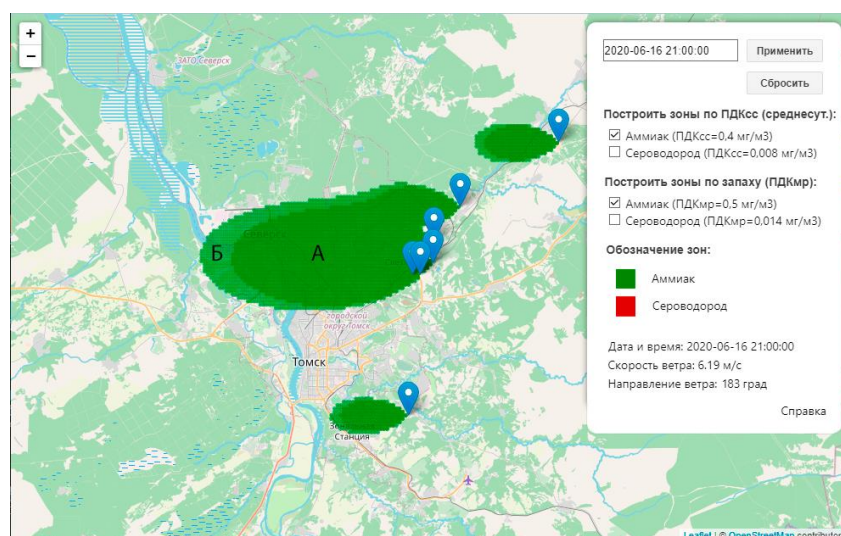


Рисунок 13 – Зоны аммиака: А – ПДКмр, Б – ПДКсс

На рисунках 14-16 приведено отображение зон ПДКсс и/или зон ПДКмр сероводорода.

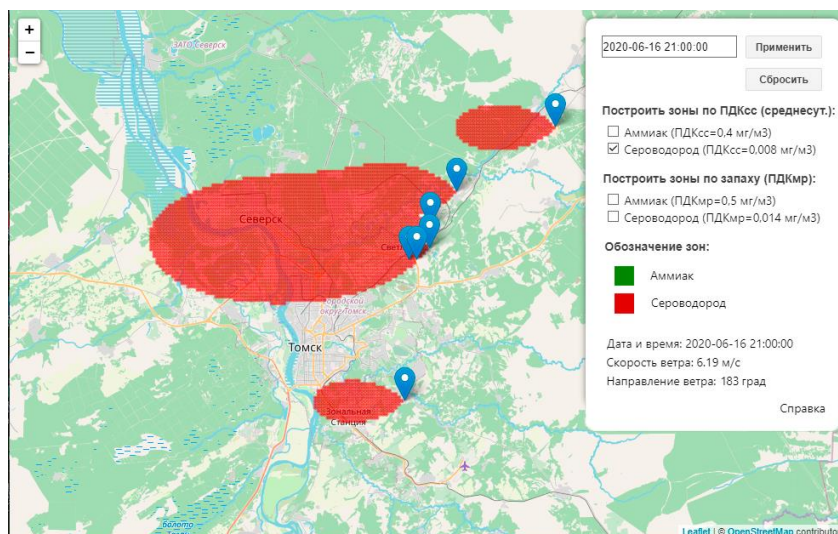


Рисунок 14 – Зоны превышения ПДКсс сероводорода

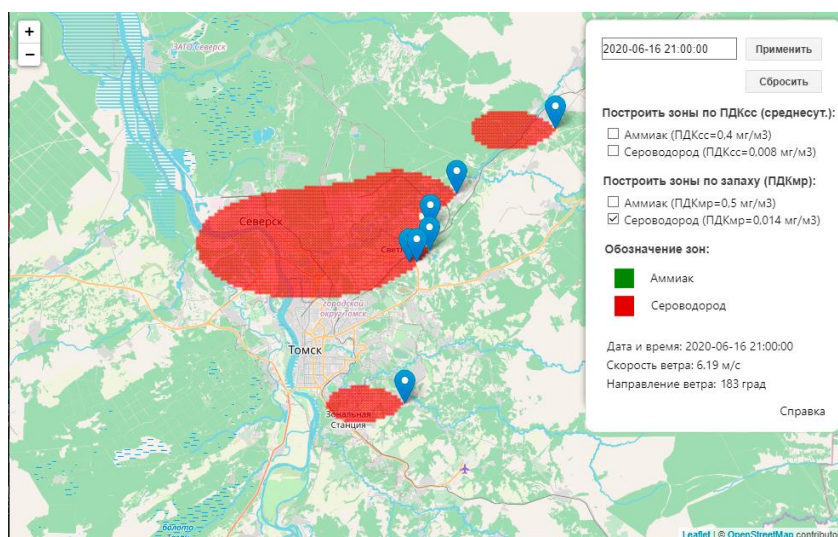


Рисунок 15 – Зоны распространения запаха сероводорода

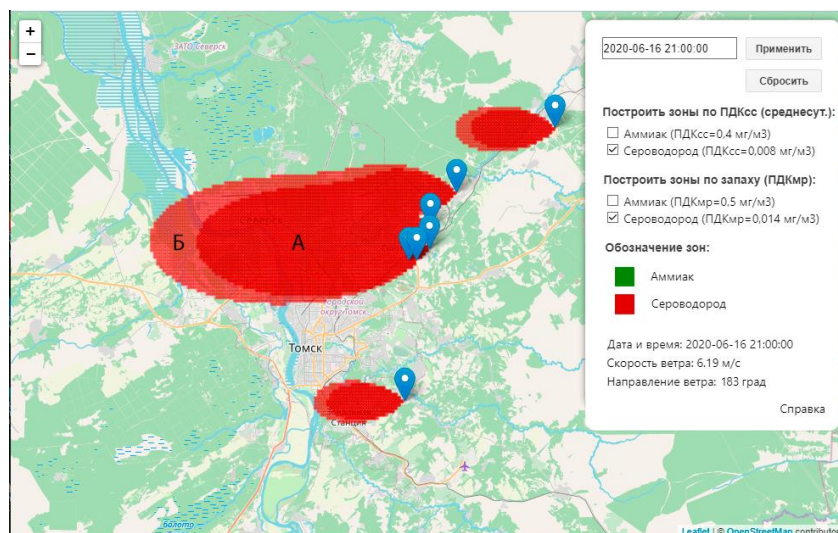


Рисунок 16 – Зоны сероводорода: А – ПДКмр, Б – ПДКсс

Пользователь может выбрать отображение зон ПДКсс или зон ПДКмр для нескольких веществ одновременно (рисунки 17, 18).

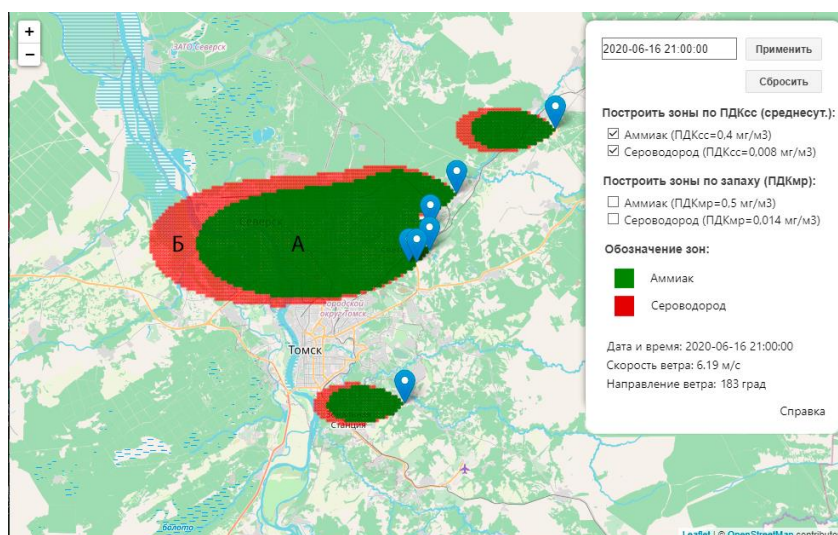


Рисунок 17 – Отображение зон превышения ПДКсс веществ: А – аммиак, Б – сероводород



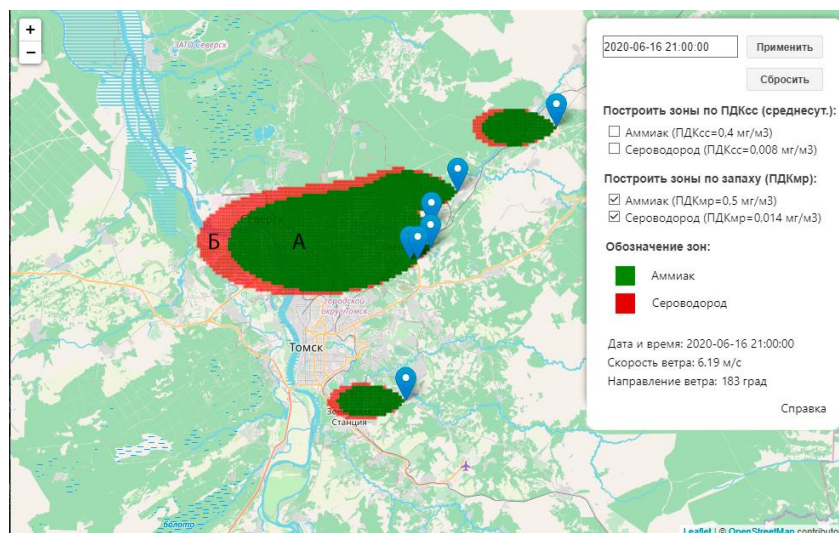


Рисунок 18 – Отображение зон превышения ПДКмр веществ: А – аммиак, Б – сероводород

В зависимости от даты и времени, направление и скорость ветра могут изменяться, зоны ПДКсс и/или зоны ПДКмр веществ изменяются соответственно (рисунки 19, 20).

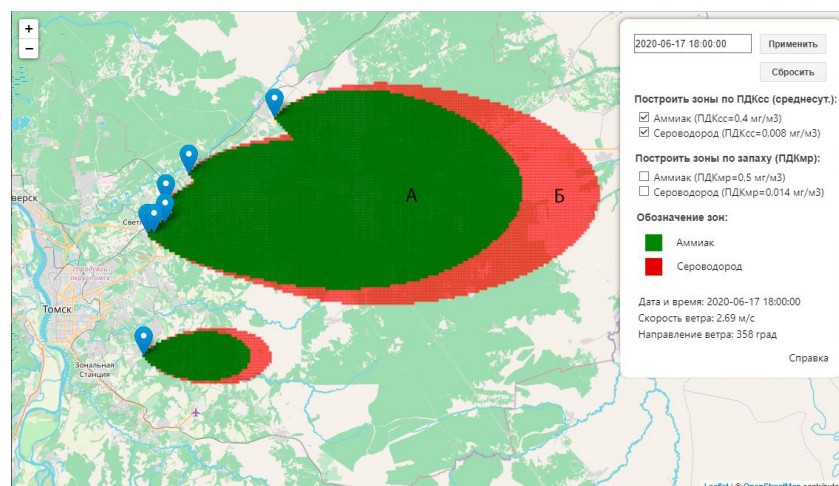


Рисунок 19 – Отображение зон превышения ПДКсс веществ на другую дату и время суток: А – аммиак, Б – сероводород

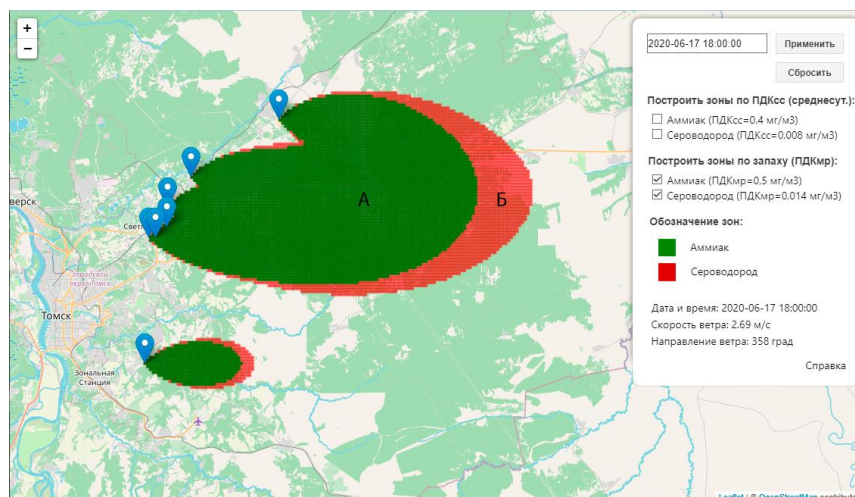


Рисунок 20 – Отображение зон превышения ПДК<sub>мр</sub> веществ на другую дату и время суток:

А – аммиак, Б – сероводород

Расчеты концентрации, произведенные системой, сравнивались с результатами, полученными при ручных расчетах. Был сделан вывод, что система правильно рассчитывает концентрацию загрязняющих веществ во всех точках расчета (узлах сетки) и правильно отрисовывает зоны ПДК<sub>сс</sub> и зоны ПДК<sub>мр</sub>.

Если была введена дата и время, в которые скорость ветра не превышает 1 м/с, то система выведет пользователю сообщение о том, что при данной скорости произвести расчеты невозможно (рисунок 21).

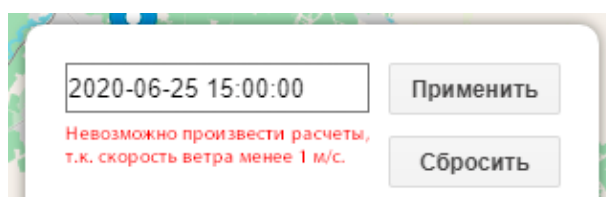


Рисунок 21 – Сообщение о невозможности произведения расчетов (1)

Если пользователь ввел дату, которая выходит за пределы прогноза (не более 5 дней), то система сообщает пользователю о том, что на указанную дату данных нет, и просит пользователя ввести другую дату (рисунок 22).

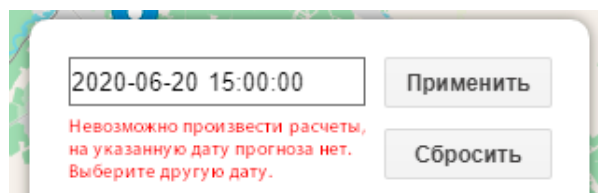


Рисунок 22 – Сообщение о невозможности произведения расчетов (1)

По клику на «Справка» пользователю отобразится окно, в котором будут прописаны действия, необходимые для построения зон (рисунок 23).

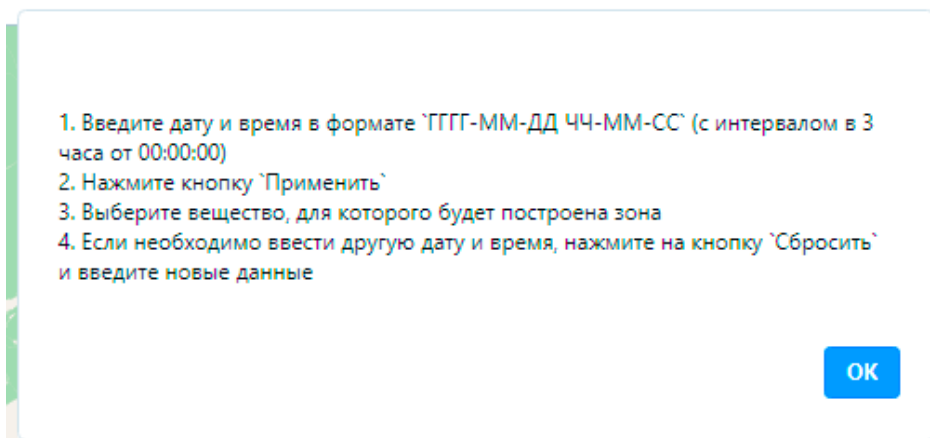


Рисунок 23 – Справка по работе веб-приложения

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Суть работы заключается в разработке веб-приложения, которое позволяет оценивать возможность распространения запахов в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий при заданных метеоусловиях на жилые массивы г. Томска и прилегающие населенные пункты.

Существующие системы, автоматизирующие обозначенный процесс, не являются универсальными и не предоставляют инструменты для быстрого и удобного расширения для решения новых задач моделирования.

Потенциальными потребителями разработанного веб-приложения могут как предприятия, в деятельность которых входит оценка возможности распространения запахов атмосферном воздухе от животноводческих предприятий при заданных метеоусловиях, так и пользователи персональных компьютеров, у которых есть выход в Интернет.

#### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

В качестве основных конкурентных технических решений были выбраны следующие разработки:

- разработка ОГБУ «Облкомприрода» ГИС «Запах»;

- решение от компании «Логос-плюс» «ЭРА-УПРЗА»;
- реализованная в рамках данной работы система.

Сравнение технических и экономических характеристик этих продуктов представлено в таблице 2. ГИС «Запах» обозначена К1, «ЭРА-УПРЗА» – К2.

Таблица 2 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Показатели оценки качества разработки</b>							
1. Удобство в эксплуатации	0,23	8	2	10	2,3	0,46	1,84
2. Потребность в ресурсах памяти	0,07	10	5	4	0,7	0,35	0,28
3. Функциональные возможности	0,17	6	2	10	1,02	0,34	1,7
4. Быстродействие	0,14	10	10	8	1,4	1,4	1,12
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>							
1. Возможность доработки	0,06	10	6	8	0,6	0,36	0,48
2. Цена	0,2	8	10	2	1,6	2	0,4
3. Уровень проникновения на рынок	0,1	2	4	8	0,2	0,4	0,8
4. Обслуживание после продажи	0,02	6	2	10	0,12	0,04	0,2
5. Предполагаемый срок эксплуатации	0,01	10	6	8	0,1	0,06	0,08
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>8,04</b>	<b>5,41</b>	<b>6,9</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i, \quad (8)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Из оценочной карты сравнения конкурентных технических решений следует, что разрабатываемая система имеет преимущества по следующим критериям:

- Цена;
- Потребность в ресурсах памяти;
- Быстродействие;
- Предполагаемый срок эксплуатации;
- Удобство в эксплуатации.
- Возможность доработки

Недостатками системы являются:

- Уровень проникновения на рынок;
- Функциональные возможности;
- Послепродажное обслуживание.

Таким образом, конкурентоспособность системы была оценена выше, чем у К1 и К2, следовательно, целесообразно проводить разработку по данной тематике.

### **5.1.3 SWOT-анализ**

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап включает составление матрицы SWOT-анализа на основе анализа рынка и конкурентных технических решений. Матрица показывает сильные и слабые стороны проекта, потенциальные возможности и угрозы для разработки.

Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 3.

Таблица 3 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Простота эксплуатации  С2. Низкая стоимость разработки  С4. Низкие требования к аппаратно-программному обеспечению  С5. Удобный интерфейс  С6. Графическое представление данных</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Невысокая точность моделирования распространения загрязняющих веществ  Сл3. Длительная разработка</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Реализация новых функций  В2. Повышение отказоустойчивости программы  В3. Увеличение спроса на продукт  В4. Расширение команды разработчиков для ускорения реализации и поддержки продукта</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Увеличение конкуренции  У3. Отсутствие интереса к продукту на рынке</p>		

Второй этап SWOT-анализа включает выявление соответствий между сильными и слабыми сторонами проекта и окружающей средой. Интерактивные матрицы соответствия представлены в таблицах 4-7.

Таблица 4 – Интерактивная матрица соответствия сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C4	C5	C6
	B1	-	+	0	-	+
	B2	-	+	+	-	-
	B3	+	-	+	+	+
	B4	0	+	-	-	-

Таблица 5 – Интерактивная матрица соответствия сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C4	C5	C6
	У1	-	-	-	0	-
	У2	-	+	-	-	-

Таблица 6 – Интерактивная матрица соответствия слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	+	+
	B2	-	+
	B3	-	-
	B4	+	+

Таблица 7 – Интерактивная матрица соответствия слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	+
	У2	+	+

Третий этап включает в себя составление итоговой матрицы SWOT-анализа на основе полученной таблицы SWOT-анализа и интерактивных таблиц (таблица 8).

Таблица 8 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>C1. Простота эксплуатации C2. Низкая стоимость разработки</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Невысокая точность моделирования распространения загрязняющих веществ Сл2. Длительная разработка</p>
--	---	--



	С4. Низкие требования к аппаратно-программному обеспечению С5. Удобный интерфейс С6. Графическое представление данных	
<b>Возможности:</b> В1. Реализация новых функций В2. Повышение отказоустойчивости программы В3. Увеличение спроса на продукт В4. Расширение команды разработчиков для ускорения реализации и поддержки продукта	1. В1С1С6 – Простота расширения функционала системы. 2. В2С2С4 – Простота изменения функционала системы. 3. В3С1С4С5С6 – Широкие возможности для увеличения спроса. 4. В4С2 – Ускорение разработки.	1. В1Сл1Сл2 – Необходимость доработки и оптимизации алгоритма. 2. В2Сл2 – Модификация приложения требует времени. 3. В4Сл1Сл2 – Новые разработчики должны сначала исследовать существующий код и алгоритм.
<b>Угрозы:</b> У1. Увеличение конкуренции У2. Отсутствие интереса к продукту на рынке	1. У2С2 – Недостаточно системный подход к разработке ПО	1. У1Сл1Сл2 – Конкуренты смогут разработать ПО сходного функционала более быстро и качественно. 2. У2Сл1Сл2 – Продукт не удовлетворяет ожидания пользователей.

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для организации и систематизации работы выпускника был сформирован план работ. Данный этап обеспечил своевременное и эффективное выполнение задания выпускной квалификационной работы. Для осуществления разработки,

был сформирован ряд работ и назначены исполнители для каждого этапа работы (таблица 9).

Таблица 9 – Перечень работ по проекту

Основные этапы	№ работы	Наименование работы	Исполнители работы
Разработка технического-задания	1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Бондаренко Д.Е.
	2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Токарева О.С., Бондаренко Д.Е.
	3	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Токарева О.С.
Выбор направления исследования	4	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Бондаренко Д.Е.
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ предметной области	Бондаренко Д.Е.
	6	Проектирование веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий	Бондаренко Д.Е.
	7	Проектирование функционала веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий	Токарева О.С., Бондаренко Д.Е.
	8	Разработка веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий	Бондаренко Д.Е.
	9	Тестирование веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий и анализ полученных результатов	Токарева О.С., Бондаренко Д.Е.
Оценка полученных результатов	10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Токарева О.С., Бондаренко Д.Е.
	11	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Бондаренко Д.Е.
	12	Подведение итогов, оформление работы	Бондаренко Д.Е.

### 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит

от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожi}$  используется следующая формула:

Расчет ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ожi}$  осуществляется согласно формуле:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (9)$$

где  $t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел.-дни;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел.-дни.

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (10)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дни;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дни;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для построения графика, осуществляется перевод длительности каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (11)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (12)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2020 году 366 календарных дней, из них 65 выходных или праздничных дней, следовательно,  $k_{\text{кал}} = 1,22$ .

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 10. Диаграмма Ганта, построенная по рассчитанным показателям, представлена на рисунке 24.

Таблица 10 – Временные показатели проведения разработки

Название	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$		
	$t_{mini}$			$t_{maxi}$			$t_{ожи}$				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	1	2	2	2	3	4	1,4	2,4	2,8	Студент	1	2	3	2	3	3
Составление и утверждение темы бакалаврской работы	4	5	4	7	8	7	5,2	6,2	5,2	Студент, научный руководитель	3	3	3	3	4	3
Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	2	3	3	2	3	3	2	3	3	Научный руководитель	2	3	3	2	4	4
Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	8	8	9	11	11	12	9,2	9,2	10,2	Студент	9	9	10	11	11	12
Анализ предметной области	8	7	8	11	10	9	9,2	8,2	8,4	Студент	9	8	8	11	10	10
Проектирование веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий	7	5	6	10	7	8	8,2	5,8	6,8	Студент	8	6	7	10	7	8
Проектирование функционала веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий	4	2	3	6	4	6	4,8	2,8	4,2	Студент, научный руководитель	2	1	2	3	2	3
Разработка веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий	41	38	40	60	75	68	48,6	52,8	51,2	Студент	49	53	51	59	64	62

Тестирование веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий и анализ полученных результатов	5	4	4	7	6	7	5,8	4,8	5,2	Студент, научный руководитель	3	2	3	4	3	3
Согласование выполненной работы с научным руководителем	2	2	3	4	4	6	2,8	2,8	4,2	Студент, научный руководитель	1	1	2	2	2	3
Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	6	6	5	8	9	8	6,8	7,2	6,2	Студент	7	7	6	8	9	8
Подведение итогов, оформление работы	10	10	9	11	12	11	10,4	10,8	9,8	Студент	10	11	10	13	13	12

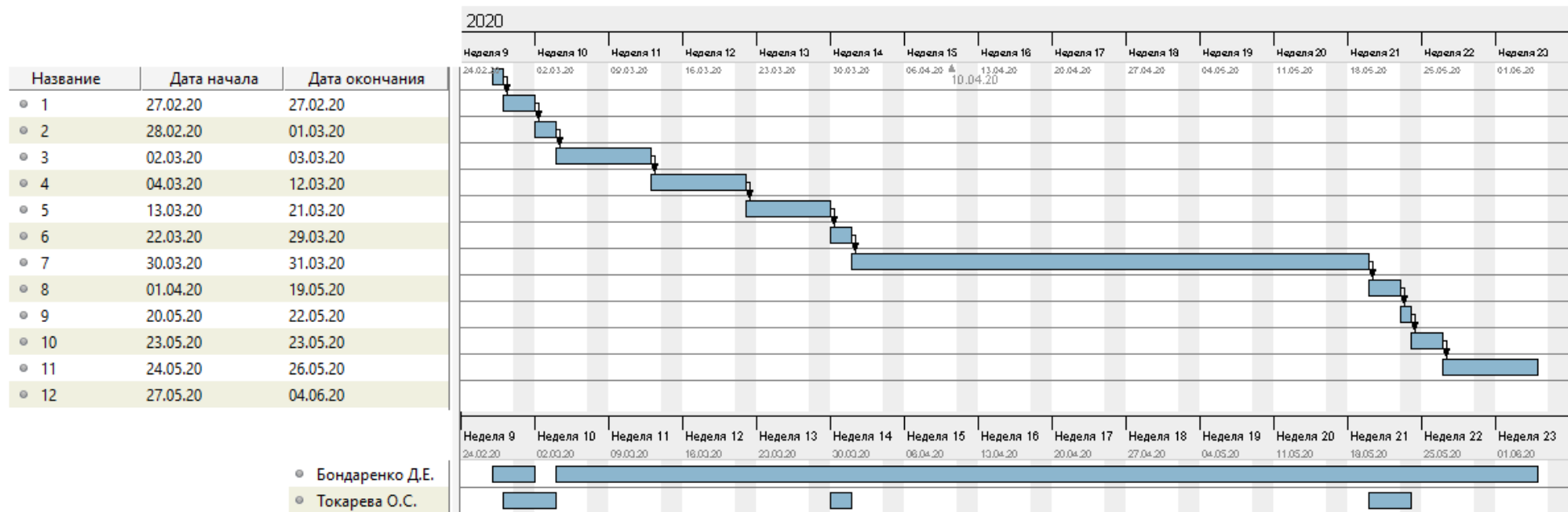


Рисунок 24 – Диаграмма Ганта: этапы выполнения работ (сверху), загруженность исполнителей (снизу)



## 5.2.4 Бюджет научно-технической разработки

При планировании бюджета НИИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НИИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НИИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 5.2.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

Данная статья затрат включает в себя затраты на приобретение сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих со стороны. Также в эту статью включаются транспортные расходы, равные 15 % от общей стоимости материальных затрат.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}, \quad (13)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Общая сумма материальных затрат включает в себя только затраты на канцелярские принадлежности и электроэнергию, для которых не учитываются транспортные расходы (таблица 11).

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Ручка	шт.	3	3	3	35	35	35	105	105	105
Блокнот	шт.	2	2	2	48	48	48	96	96	96
Электричество	кВт/ч	28,8	30,1	29,4	3	3	3	86,4	90,3	88,2
<b>Итого:</b>								287,4	291,3	289,2

#### 5.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования.

Из специального оборудования, используемого при написании работы, необходим только персональный компьютер, его средняя стоимость 42300 рублей.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке в размере 15% от его цены. Результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования			Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	ПК	ПК	ПК	1	1	1	42300	42300	42300	48645	48645	48645
<b>Итого:</b>										48645	48645	48645

### 5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает основную заработную плату с учетом премий и доплат для исполнителей проекта: студента и научного руководителя.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p, \quad (14)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (15)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 13).

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	65	65
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	56

- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	248	248

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p, \quad (16)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z <sub>тс</sub> ,	k <sub>п</sub> р	k <sub>д</sub>	k <sub>р</sub>	Z <sub>м</sub> ,	Z <sub>дн</sub> ,	Тр, раб. дн.			Зосн, руб.		
							Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Научный руководитель	17263,59	0,3	0,2	1,3	33664	1411,72	11	12	14	15952,39	17505,28	19397,26
Студент	11158,97	0,3	0,2	1,3	21760	912,52	103	105	127	94080,41	95631,69	116172,09
<b>Итого:</b>										110032,81	113136,97	135569,36

#### 5.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

В данную статью расходов входит заработная плата, начисленная рабочим и служащим не за фактически выполненные работы или проработанное время, а в соответствии с действующим законодательством, в том числе оплата очередных отпусков рабочих, времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей.

Зная основную заработную плату, можно рассчитать дополнительную заработную плату в размере 12 % от основной:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (17)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительная заработная плата;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата.

Таблица 15 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель ь	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительно й заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Научный руководитель	15952,39	17505,28	19397,26	0,12	1914,29	2100,63	2327,67
Студент	94080,41	95631,69	116172,09		11289,65	11475,80	13940,65
<b>Итого:</b>					13203,94	13576,44	16268,32

#### 5.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (18)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент внебюджетные фонды; в 2020 г., в соответствии с Федеральным законом для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, используется пониженная ставка – 30,2%;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Научный руководитель	15952,39	17505,28	19397,26	1914,29	2100,63	2327,67
Студент	94080,41	95631,69	116172,09	11289,65	11475,80	13940,65
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
<b>Итого</b>						
<b>Исполнение 1</b>	37217,49					
<b>Исполнение 2</b>	38267,45					
<b>Исполнение 3</b>	45854,98					

#### 5.2.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов, оплата услуг связи и т.д. Их величина определяется согласно следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей расходов}), \quad (19)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент накладных расходов, принятый за 16 %.

#### 5.2.4.7 Формирование бюджета затрат проекта разработки

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат на разработку

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты НТИ	287,4	291,3	289,2

Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	48645	48645	48645
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	110032,81	113136,97	135569,36
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13203,9366	13576,436	16268,323
Отчисления во внебюджетные фонды	37217,49	38267,45	45854,98
Накладные расходы	33501,86	34226,74	39460,30
Бюджет затрат НИИ	242888,50	248143,90	286087,15

### 5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности НИИ необходимо рассчитать интегральный показатель финансовой эффективности и интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (20)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Для исполнения 1:  $I_{\text{финр}} = 242888,50 / 286087,15 = 0,85$ .

Для исполнения 2:  $I_{\text{финр}} = 248143,90 / 286087,15 = 0,87$ .

Для исполнения 3:  $I_{\text{финр}} = 286087,15 / 286087,15 = 1$ .

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (21)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 18).

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Функциональные возможности	0,2	4	3	5
2. Быстродействие	0,3	5	4	3
3. Потребность в ресурсах памяти	0,1	3	3	4
4. Удобство в эксплуатации	0,2	5	4	4
5. Надежность	0,2	4	3	5
<b>Итого</b>	1	4,4	3,5	4,1

$$I_{p-исп1} = 4 * 0,2 + 5 * 0,3 + 3 * 0,1 + 5 * 0,2 + 4 * 0,2 = 4,4;$$

$$I_{p-исп2} = 3 * 0,2 + 4 * 0,3 + 3 * 0,1 + 5 * 0,2 + 3 * 0,2 = 3,5;$$

$$I_{p-исп3} = 5 * 0,2 + 3 * 0,3 + 4 * 0,1 + 4 * 0,2 + 5 * 0,2 = 4,1.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп1}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп1}}, I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп2}}, I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}^{исп3}}, \quad (22)$$

$$I_{исп1} = 4,4 / 0,85 = 5,18;$$



$$I_{\text{исп}2} = 3,5/0,87 = 4,04;$$

$$I_{\text{исп}3} = 4,1/1 = 4,10.$$

После этого необходимо определить сравнительную эффективность исполнений разработки, которая позволит выбрать самый выгодный вариант разработки с позиции финансовой и ресурсной эффективности:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп}1}}{I_{\text{исп}2}}, \quad (23)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}1} = 5,18/5,18 = 1;$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}2} = 4,04/5,18 = 0,78;$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}3} = 4,10/5,18 = 0,79.$$

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,85	0,87	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,5	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	5,18	4,04	4,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,78	0,79

Таким образом, самым эффективным исполнением с позиции ресурсоэффективности и финансовой эффективности является первое исполнение. Наименее эффективным является второе исполнение.

## **6 Социальная ответственность**

### **6.1 Введение**

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий на жилые массивы г. Томска и прилегающие населенные пункты при заданных метеоусловиях.

Разработанное веб-приложение может быть внедрено на предприятия, в деятельность которых входит оценка возможности распространения запахов от животноводческих предприятий при заданных метеоусловиях, а также данное приложение могут использовать пользователи персональных компьютеров, у которых есть выход в Интернет.

В данном разделе ВКР исследованы меры по защите работника от возможного негативного воздействия среды, а также вредные и опасные факторы среды.

### **6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Функции государственного надзора и контроля в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляются специально уполномоченными государственными органами и инспекциями согласно федеральным законам.

Для защиты прав сотрудников на труд в условиях, соответствующих принятым правилам и нормам, на территории Российской Федерации действуют следующие организации.

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения;

- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

ТК РФ и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [11] устанавливаются следующие правила и вводятся рекомендации, касающиеся работы сотрудников всех организаций на территории РФ:

- нормальная продолжительность рабочего времени не должна превышать 40 часов в неделю.
- продолжительность непрерывной работы за компьютером без перерыва не должна превышать 1 час;
- рекомендуется делать перерывы в работе за компьютером продолжительностью 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы;
- не рекомендуется работать за компьютером более 6 часов за смену.

Должен осуществляться производственный контроль и надзор внутри предприятия. Предприятия следят за характеристиками используемой аппаратуры, персональных компьютеров и комплектующих.

### **6.2.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Согласно трудовому кодексу РФ:

- продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю;
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм:

- Федеральная инспекция труда;

- Государственная экспертиза условий труда Федеральной службы по труду и занятости населения;
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и др.

### **6.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Большое значение для профилактики статических физических перегрузок имеет правильная организация рабочего места человека, работающего с ПК. Рабочее место должно удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать возможность удобного выполнения работ,
- учитывать физическую тяжесть работ,
- учитывать размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего,
- учитывать технологические особенности процесса выполнения работ.

Невыполнение требований к расположению и компоновке рабочего места может привести к получению пользователем производственной травмы или развития у него профессионального заболевания.

Рабочее место программиста должно соответствовать требованиям СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 [11].

### **6.3 Производственная безопасность**

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника в процессе разработки веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [12].

Опасные и вредные факторы представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Разработка	Эксплуатация	
1. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+		Освещение, шум, статическое электричество, психофизиологические факторы: - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [11], - ТОИ Р-45-084-01 [13]. Микроклимат: - СанПиН 2.2.4.548-96 [14], - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [11]. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, короткое замыкание: - ГОСТ 12.1.033-81 [15] - «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. [16] - «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. № 3. [17]
2. Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте	+	+	
3. Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	+	
4. Повышенный уровень электромагнитного излучения на рабочем месте	+	+	
5. Психофизиологические факторы: нервно-психические перегрузки	+	+	
6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	
7. Возможность короткого замыкания	+	+	
8. Повышенный уровень статического электричества	+	+	

### 6.3.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны в большинстве случаев возникает из-за малого количества осветительных приборов.

К негативным факторам при работе в недостаточно освещенной рабочей зоне относятся повышенные уровни излучения, а также увеличенная нагрузка на зрительные органы. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [11] (см. таблицу 21).

Проблему с недостаточной освещенностью рабочего места возможно решить путем увеличения количества источников освещения.

Таблица 21 – Требования к освещению на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	300 - 500 лк
Освещенность на экране ПК	Не более 300 лк
Блики на экране	Не более 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блескость источника света	Не более 200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение яркости между рабочими поверхностями	3:1 - 5:1
Отношение яркости между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации	Не более 5 %

### 6.3.2 Отклонение параметров микроклимата

К числу показателей микроклимата относятся следующие: скорость движения воздуха, относительная влажность воздуха, температура, интенсивность теплового облучения.

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПК является основной (диспетчерские, операторские и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанных выше нормативов.

Содержание вредных химических веществ в производственных помещениях, в которых работа с использованием ПК является основной, не должно превышать предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами. В помещениях с ПК должна ежедневно проводиться влажная уборка.

Уставленные гигиенические нормативы для помещений с видеодисплейными терминалами и ПК для категории работы 1а, к которой и

относится разработка веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий, приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 120 ккал/ч)	22-24	20-24	40-60	0.1
Теплый		23-25	21-25		

### 6.3.3 Повышенный уровень шума

Повышенный уровень шума может возникать в процессе работы ПК (работа вентиляторов охлаждения), а также шум с улицы.

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПК уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами. В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [11] установлены допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПК (см. таблицу 23).

Таблица 23 – Допустимые значения уровней звукового давления

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, дБ									Уровень звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

### 6.3.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения

При разработке веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий ПК является источником повышенного уровня электромагнитных

излучений, повышающих риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний и негативно влияющих на нервную систему.

Оценка опасности воздействия электромагнитного поля на человека производится по величине электромагнитной энергии, поглощаемой телом человека, с учетом электрической и магнитной напряженностей поля.

В соответствии с ГОСТ 12.1.002-84 [18], нормы допустимых уровней напряженности электромагнитных полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне.

### 6.3.5 Психофизиологические факторы

Работа с ПК сопряжена с воздействием вредных психофизиологических факторов, в частности, нервно-психических перегрузок. Для снижения воздействия вредных факторов, устанавливаются перерывы в работе для отдыха сотрудников. В таблице 24 приведено суммарное время отдыха для каждой категории работ.

Таблица 24 – Суммарное время отдыха для различных категорий работ

Категория работы с ПК	Уровень нагрузки за рабочую смену			Суммарное время регламентированных перерывов при 8-часовой смене, мин.
	Группа А, количество знаков	Группа Б, количество знаков	Группа В, часы	
I	до 20 000	до 15 000	до 2	50
II	до 40 000	до 30 000	до 4	70
III	до 60 000	до 40 000	до 6	90

При разработке веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий уровень нагрузки относится к группе В, категория работы III. Согласно таблице 24, требуется установить перерывы, сумма которых за смену составит не менее 90 минут. По типовой инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере ТОО Р-45-084-01 [13] для данной категории работ требуется установить перерывы по 15 минут каждый трудовой час.



### **6.3.6 Статическое электричество**

В помещениях, оборудованных ПК, токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновениях персонала к элементам ПК. Подобные разряды опасности для человека не представляют, однако способны вызывать неприятные ощущения и вывести оборудование из строя.

Для предотвращения образования и защиты от статического электричества в помещении (ТПУ, пр. Ленина 36, к. 10, ауд. 402) используются нейтрализаторы и увлажнители, полы снабжаются антистатическое покрытие в виде поливинилхлоридного антистатического линолеума, предусматривается использование защитного заземления.

Также в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [11] установлен максимальный допустимый электростатический потенциал экрана видеомонитора – 500 В.

В качестве мер уменьшения влияния вредных факторов на пользователя используются защитные фильтры для мониторов, увлажнители воздуха, проводится влажная уборка.

### **6.3.7 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека**

К опасностям использования электрического тока относятся возможность поражения электрическим током.

Требования безопасности при эксплуатации электрооборудования регламентируются следующими нормативными актами:

- правилами устройства электроустановок, утвержденными Главтехуправлением, Госэнергонадзором Минэнерго СССР 05.10.1979 г.,
- правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, утверждёнными Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. № 6,

– межотраслевыми правилами охраны труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ 016-2001), утвержденными Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. № 3.

Согласно им:

– электрооборудование должно быть заземлено, а помещения, где размещаются рабочие места с ПК, должны быть оборудованы защитным заземлением;

– все крышки и защитные панели должны находиться на своих местах;

– при работе с электрооборудованием не допускать попадания влаги на поверхность электрооборудования;

– вентиляционные отверстия электрооборудования не должны быть перекрыты посторонними предметами;

– выдергивание штепсельной вилки электроприбора необходимо осуществлять за корпус штепсельной вилки;

– подключение и отключение разъемов компьютеров и оргтехники должно производиться при отключенном питании (за исключением подключения и отключения USB-устройств);

– удаление пыли с электрооборудования должно производиться в отключенном от электрической цепи состоянии;

– перед использованием электроприборов необходимо проверить надёжность крепления электророзетки, свериться с номиналом используемого напряжения;

– корпуса штепсельных розеток и выключателей не должны содержать трещин, оплавлений и других дефектов, способных снизить защитные свойства или нарушить надёжность контакта;

– кабели (шнуры) электропитания не должны содержать повреждений изоляции, сильных изгибов и скручиваний.

### **6.3.8 Соответствие рабочего места указанным нормам**

По итогам анализа было установлено:

- освещение на рабочем месте (ТПУ, пр. Ленина 36, к. 10, ауд. 402) соответствует нормам – используется несколько энергосберегающих ламп;
- уровни шума находятся в допустимых пределах;
- микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования и соответствуют установленным нормам;
- защита от повреждений статическим электричеством обеспечивается путем защитного заземления и соблюдения правил безопасности на рабочем месте;
- во время работы делаются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-психических перегрузок;
- помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности;
- регулярно проводится влажная уборка помещения.

### **6.4 Экологическая безопасность**

Для проектирования и разработки веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий необходим ПК, в таком случае происходит воздействие на литосферу при его утилизации.

Федеральный закон № 89 от 1998 г. «Об отходах производства и потребления» запрещает юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Этим видом деятельности, согласно постановлению Правительства РФ № 340 от 2002 г., могут заниматься только специализированные структуры. Обращение с отходами регламентируется ГОСТ Р 53692-2009 [19].

При необходимости утилизировать вышедшую из употребления электронику наиболее безопасным для окружающей среды способом является обращение в специализированную компанию по утилизации.

Существуют компании, занимающиеся утилизацией энергосберегающих ламп. Причина опасности данных ламп заключается в наличии паров ртути, содержащихся в колбах ламп.

## **6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при разработке веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий является пожар на рабочем месте. В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- в помещении должны находиться средства тушения пожара, средства связи;
- электрическая проводка электрооборудования и осветительных приборов должна быть исправна;
- все сотрудники должны знать место нахождения средств пожаротушения, средств связи и номера экстренных служб;
- все сотрудники должны иметь компетенции по использованию указанных выше средств пожаротушения и связи.

В связи с возможностью возникновения пожара разработан следующий план действий:

- в случае возникновения пожара сообщить о нем руководителю, постараться устранить очаг возгорания имеющимися силами при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель порошковый, углекислотный О-1П0 (з)-АВСЕ);

- привести в действие ручной пожарный извещатель;
- сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01, 101 или 112, сообщить адрес, место и причину возникновения пожара;
- принять меры по эвакуации людей.

Рабочее помещение, использованное при разработке веб-приложения, оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности: имеются порошковый огнетушитель, пожарная сигнализация и соответствующие средства связи.

## **6.6 Вывод по разделу**

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться сотрудник, разрабатывающий веб-приложение для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий. Был проведен анализ нормативной документации.

Рабочее место (ТПУ, пр. Ленина 36, к. 10, ауд. 402), использованное при разработке веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий, удовлетворяет требованиям безопасности.

Освещение на рабочем месте соответствует нормам – используется несколько энергосберегающих ламп.

Уровни шума находятся в допустимых пределах. Микроклиматические условия соблюдаются.

Защита от повреждений статическим электричеством обеспечивается путем защитного заземления и соблюдения правил безопасности на рабочем месте.

Во время работы делаются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-психических перегрузок.

Помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности и пожарной безопасности.

В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была обоснована актуальность разработки веб-приложения для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от животноводческих предприятий при заданных метеоусловиях. Были спроектированы и реализованы функции для расчета концентрации загрязняющих веществ и моделирования их распространения на жилые массивы г. Томска и прилегающие населенные пункты. Была протестирована способность разработанного веб-приложения решать поставленные задачи по оценке возможности распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

В будущем разработанное веб-приложение может быть расширено: возможно создание клиент-серверной архитектуры, которая позволит добавить базу данных для хранения большего количества предприятий для других городов и информации о них с добавлением новых функций и для решения других задач моделирования, также возможно добавление других веществ и источников загрязнения в систему администратором.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

### Список публикаций по тематике ВКР:

1. Бондаренко Д.Е. Программный комплекс для моделирования загрязнения атмосферного воздуха // Сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 17-20 февраля 2020 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020, С. 41 – 42



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Отходы животноводства [Электронный ресурс] / Утилизация и переработка отходов – URL: <https://vtorothody.ru/othody/zhivotnovodstva.html> (дата обращения: 25.04.2020)
2. Геоинформационная система «Запах» [Электронный ресурс] – URL: <http://gisapp.green.tsu.ru/zapah> (дата обращения: 25.05.2020)
3. Расчет загрязнения атмосферы (ЭРА-УПРЗА), версия 2.5 [Электронный ресурс] / Логос-Плюс – URL: [https://lpp.ru/catalog/era\\_vozdukh/era\\_vozdukh-1\\_programmy\\_rascheta\\_zagryazneniya\\_atmosfery\\_i\\_vypusk\\_tomov\\_pdv/1.1\\_era\\_uprza](https://lpp.ru/catalog/era_vozdukh/era_vozdukh-1_programmy_rascheta_zagryazneniya_atmosfery_i_vypusk_tomov_pdv/1.1_era_uprza) (дата обращения: 15.04.2020)
4. Хаширова Т.Ю., Акбашев Г.А., Шакова О.А., Акбашева Е.А. Моделирование загрязненности атмосферного воздуха // Фундаментальные исследования (научный журнал). – 2017. – № 8 (часть 2). – С. 325 – 330
5. Кондраков О.В., Крючин О.В., Волосатов М.Ю., Клетров С.Ю. Моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосфере на основании модели «факела» // Вестник российских университетов. Математика (научный журнал). – 2011. – № 1 (том 16). – С. 196 – 198
6. Зарипов Ш.Х., Марданов Р.Ф. Шарафутдинов В.Ф. Математическое моделирование загрязнений в окружающей среде // Гауссова модель распространения атмосферных загрязнений. – 2018. – 33 с.
7. One Call API [Электронный ресурс] / OpenWeatherMap – URL: <https://openweathermap.org/api/one-call-api> (дата обращения: 01.06.2020)
8. Толстый клиент [Электронный ресурс] / Википедия – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Толстый\\_клиент](https://ru.wikipedia.org/wiki/Толстый_клиент) (дата обращения: 14.05.2020)
9. Leaflet API references [Электронный ресурс] / Leaflet – URL: <https://leafletjs.com/reference-1.6.0.html> (дата обращения: 25.05.2020)

10. Документация [Электронный ресурс] / React – URL: <https://ru.reactjs.org/docs/getting-started.html> (дата обращения: 12.05.2020)
11. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 54 с.
12. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 01.03.2017 – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 16 с.
13. ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. – Утверждено Приказом Минсвязи РФ от 2 июля 2001 г. № 162
14. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Санитарные правила и нормы: – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2001. – 20 с.
15. ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения. – Введ. 01.07.1982 – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 9 с.
16. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – Утверждено Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. № 6
17. ПОТ Р М-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – Утверждено Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. № 3
18. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. – Введ. 01.01.86 – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 7 с.
19. ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. – Введ. 15.12.2009 – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 20 с.