

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Отделение школы: отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Применение космоснимков урбанизированных территорий для постановки атмогеохимических исследований снегового покрова

УДК 551.578.46:550.814:629.78

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Егошин Эдуард Анатольевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Языков Егор Григорьевич	д-р геол.- минерал. наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	канд. экон. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н.В.	д.б.н., доцент		

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Отделение школы: отделение геологии

Планируемые результаты обучения по программе
 05.04.06 «Экология и природопользование»

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
P1	Применять глубокие базовые и специальные, естественно-научные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач, связанных с рациональным природопользованием и охраной окружающей среды	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС ВО), ОПК- 1, 2, 3, 6, 7, 8, ПК-1, 2, 4, 6, 10), CDIO Syllabus (1.1, 1.2, 2.2, 2.3, 2.4), Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.1-5.2.3., 5.2.5, 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»
P2	Разрабатывать природоохранные мероприятия, практические рекомендации по охране природы и обеспечению устойчивого развития, диагностировать проблемы охраны природы, проводить оценку воздействия планируемых сооружений на окружающую среду с учетом российских и международных стандартов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС ВО), УК-2 (соотв. ОК-2 из ФГОС ВО), ОПК- 2, 6, 7, 8, ПК - 2, 3, 4, 5, 6, 9), CDIO Syllabus (1.2, 2.1, 4.1, 4.3, 4.4), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4, 5.2.7-5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»
P3	Организовывать и проводить экологическую экспертизу различных видов проектного задания, осуществлять экологический аудит любого объекта, владеть основами проектирования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС ВО), УК-2 (соотв. ОК-2 из ФГОС ВО), ОПК-6, 7, 8, ПК- 3, 4, 5, 7, 8, 9), CDIO Syllabus(2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 4.3, 4.4, 4.7), Критерий 5АИОР (п. 5.1, 5.2.6, 5.2.10, 5.2.14.-5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»
P4	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-5, ОПК-3, 5, 7, 9, ПК- 9, 10), CDIO Syllabus(2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.1, 3.2, 4.1, 4.7), Критерий 5АИОР (п. 5.1, 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008

	квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	«Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»
P5	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе. Разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в сфере охраны окружающей среды, в том числе на иностранном языке	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, УК-5, УК-6 (соотв. ОК-3 из ФГОС), ПК- 1, ПК-2, ПК-4, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6, ОПК-8), Критерий 5АИОР (п. 5.2.12-5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»
P6	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1 (соотв. ОК-1 из ФГОС), УК-6 (соотв. ОК-3 из ФГОС), ОПК-2, 3, 4, 5, 6, 8, ПК-1, 3, 4, 6, 10), CDIO Syllabus(2.2, 2.4, 2.5, 3.2, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.13-5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 26.008 «Специалист-технолог в области природоохранных (экологических) биотехнологий», 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», 40.133 «Специалист контроля качества и обеспечения экологической и биологической в области обращения с отходами»

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Отделение школы: отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 Барановская Н.В.

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Егошину Эдуарду Анатольевичу

Тема работы:

Применение космоснимков урбанизированных территорий для постановки атмогеохимических исследований снегового покрова	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	58-46/с от 27.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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>	Литературные и методические материалы по ранее проведенным исследованиям, результаты собственных научных исследований и составление методик эксплуатации спутниковых данных для различных территорий
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы и научных статей в области научного исследования обработки спутниковой информации и детализации; 2. Обзор организаций, космических аппаратов, средств приема информации, оперативной продукции и геоинформационных систем; 3. Разработка методики в области мониторинга атмосферного воздуха промышленными объектами на основании данных спутниковой информации;

	<p>4. Выбор территорий на основе космоснимков для постановки атмогеохимических исследований снегового покрова;</p> <p>5. Разработка главы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»;</p> <p>6. Разработка главы «Социальная ответственность».</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Космоснимки разной детализации Томск-Северской агломерации, территория Новосибирского электродного завода в Новосибирской области и территория г. Омск;</p> <p>2. Снимки NDSI.</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Скачкова Л.А.
Иностранный язык	Болсуновская Л.М.

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

Введение

1. Дистанционное зондирование Земли и геоинформационные системы

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.10.2019
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Язиков Е.Г.	д-р геол.-минерал. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Егошин Эдуард Анатольевич		

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
 Уровень образования: магистратура
 Отделение геологии
 Период выполнения (осенний/весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.10.2019	<i>Глава 1. Дистанционное зондирование Земли и геоинформационные системы</i>	
01.11.2019	<i>Глава 2. Мониторинг загрязнения снежного покрова с использованием наземных наблюдений и спутниковой информации</i>	
01.12.2019	<i>Глава 3. Характеристика антропогенной нагрузки атмосферного воздуха исследуемых территорий</i>	
08.03.2020	<i>Глава 4. Методика использования спутниковых данных и расчета NDSI в геоинформационных системах для мониторинга загрязнения снежного покрова</i>	
20.04.2020	<i>Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	
20.05.2020	<i>Глава 6. Социальная ответственность</i>	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Язиков Е.Г.	д-р геол.-минерал. наук		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н.В.	д.б.н., доцент		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Егошин Эдуард Анатольевич

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Экология и природопользование

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>Расчет сметной стоимости выполняемых работ, согласно применяемой техники и технологии Материально-технические ресурсы: 2 057 038 млн. рублей Информационные ресурсы: фондовая литература, интернет ресурсы, спутниковая информация Человеческие ресурсы: 2 человека</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка налога на прибыль 20 %; Налог на добавленную стоимость 20%</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>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	30.01.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	канд. экон. наук		30.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Егошин Эдуард Анатольевич		30.01.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ81	Егошин Эдуард Анатольевич

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.06 Экология и природопользование

Тема ВКР:

Применение космоснимков урбанизированных территорий для постановки атмогеохимических исследований снегового покрова	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования являются данные спутниковой информации, приуроченные к территории Томск – Северской агломерации, а также данные по Новосибирской области, в частности территории Новосибирского электродного завода и г. Омск. Исследуемые данные отображают информацию в области мониторинга снежного покрова и его загрязнения промышленными объектами. В ходе исследования разрабатывается алгоритм проведения мониторинга в геоинформационных системах. Потенциальной областью применения являются экологические организации и предприятия</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<i>1. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. 2. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. 3. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. 4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. 5. СанПиН 2.2.4.1294-03. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003. 6. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019)</i>
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов	<i>Анализ выявленных вредных факторов при исследованиях: 1. Отклонение параметров микроклимата в</i>

2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>помещении;</p> <p>2. Недостаточная освещенность рабочей зоны;</p> <p>3. Повышенный уровень шума;</p> <p>4. Электромагнитное поле от персональных устройств;</p> <p>5. Негативное влияние на зрительную функцию.</p> <p>Анализ выявленных опасных факторов при исследовании:</p> <p>1. Поражение электрическим током;</p> <p>2. Пожароопасность.</p>
3. Экологическая безопасность:	Объект исследования и его изучение в лабораторных условиях оказывает нег
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является возможность возникновения пожара в ходе короткого замыкания персонального компьютера

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику:	30.01.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Егошин Эдуард Анатольевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа объемом 144 страниц, 30 рисунков, 32 таблицы, 88 источника, 9 приложений.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, геоинформационные системы, обработка спутниковой информации, снеговой покров, загрязнение атмосферы, нормализованный дифференциальный индекс снега.

Объектом исследования являются территории Томск-Северской агломерации, а также данные по Омской и Новосибирской областям.

Предметом исследования являются космические снимки и метаданные различных спутников разной детализации и разрешения.

Цель работы – создание методики работы с данными ДЗЗ, для моделирования карт с рассчитанным нормализованным дифференциальным индексом снега на исследуемых территориях, в качестве оценки загрязнения атмосферного воздуха промышленными объектами.

В процессе работы было обработано более 30 архивов спутниковых данных по исследуемым территориям. Работа проводилась в таких геоинформационных системах, как ArcGIS, QGIS, GRASS, SAGA, ENVI и др.

В результате исследования была разработана методика получения и создания специализированных карт снежного покрова на основе данных ДЗЗ при помощи ГИС. Автором были запрошены данные по исследуемым территориям с различных сторонних ресурсов, включая коммерческие. Для полноты представления различий итоговых результатов в работе были задействованы шесть различных геоинформационных систем и более шести спутников.

Область применения: геоэкология и геохимия. Работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ отделения геологии ИШПР.

Значимость работы: данная методика может служить пособием для получения конкретных метаданных, а также для обучения работы с

геоинформационными системами. Результаты проведенного исследования могут служить дополнительной информацией для проведения атмогеохимических исследований.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	16
1. ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	20
1.1 История развития геоинформационных систем	20
1.2 Общий принцип обработки данных ДЗЗ и известные программные комплексы.....	23
1.3 Применение геоинформационных систем в мониторинге окружающей среды.....	27
2. МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	34
3. ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ИССЛЕДУЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ	43
3.1 Качество атмосферного воздуха Томск-Северской агломерации и характеристика пылевой нагрузки по данным изучения снегового покрова .	44
3.2 Качество атмосферного воздуха исследуемых территорий Омской и Новосибирской областей	46
4. МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И РАСЧЕТА NDSI В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА	49
4.1 Получение спутниковых данных.....	49
4.2 Обработка спутниковых данных	52
4.3 Расчет NDSI	54
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	61
5.1 Предпроектный анализ.....	61
5.2 Инициация проекта	69
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом	72

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	82
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	92
6.1 Правовые и организационные вопросы по обеспечению безопасности ...	92
6.2 Производственная безопасность	98
6.3 Экологическая безопасность	103
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	110
ПРИЛОЖЕНИЕ А	122
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	138
ПРИЛОЖЕНИЕ В	139
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	104
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	141
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	142
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	143
ПРИЛОЖЕНИЕ З	144
ПРИЛОЖЕНИЕ И	145

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ДЗЗ – дистанционное зондирование земли;

ГИС – геоинформационная система;

ПК (ПЭВМ) – персональный компьютер;

ПО – программное обеспечение;

NDSI – нормализованный дифференциальный индекс снега;

НДС – налог на добавочную стоимость;

НИ ТПУ – Национальный исследовательский Томский политехнический университет;

МИНОЦ – Международный инновационный научно-образовательный центр;

ИШПР – Инженерная школа природных ресурсов;

НПБ – нормы пожарной безопасности;

ИКС – индекс качества снега;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина;

ESRI - Институт исследования систем окружающей среды;

УФ – участок спектра;

БИК – ближний инфракрасный канал;

СИК – средний инфракрасный канал;

ТИК – тепловой инфракрасный канал;

NDVI – нормализованный дифференцированный вегетационный индекс;

СО РАН – Сибирское отделение Российской академии наук;

РКС – Российские космические системы;

ИЗА – индекс загрязнения атмосферы;

ПАУ – полиароматические углеводороды;

НЭЗ – Новосибирский электродный завод.

ВВЕДЕНИЕ

С первых дней своего появления человек оказывает негативное воздействие на окружающую среду, увеличивая антропогенную нагрузку, изобретением новых технологий и аппаратов. В настоящее время воздействие человека на окружающую среду приводит к комплексному изменению нашей планеты. Изменение природных сред и нарушение биогеохимических циклов планеты происходит за счет вырубки лесов, осушения водоемов, загрязнения огромных территорий различными поллютантами и т.д. Одним из ведущих загрязнений окружающей среды является загрязнение атмосферного воздуха антропогенными выбросами. Ежедневно в атмосферу выбрасываются тонны различных загрязнителей, разного количественного и качественного состава. С помощью потока воздушных масс, они разносятся на дальние расстояния и аккумулируются в разнообразных средах, изменяя их элементный состав.

На сегодняшний день существует большое количество систем мониторинга за различными природными объектами и источниками загрязнения окружающей среды. Одной из таких систем является мониторинг загрязнения атмосферного воздуха с помощью дистанционного зондирования земли с дальнейшей обработкой данных в геоинформационных системах. Спутниковые данные обладают рядом преимуществ. Благодаря им возможно проводить наблюдения за отдаленными объектами, которые находятся за пределами городской инфраструктуры. На сегодняшний день возможно получение спутниковых снимков практически любой точки планеты, так как около 95 % земного шара зондируется космическими спутниками. Еще одним значимым преимуществом является бюджетность использования данных спутникового зондирования и огромный объем информации для решения различного рода задач.

В зимний период единственным материалом для оценки загрязнения атмосферы является снежный покров. В это время года естественное

пылевыведение с территории минимизируется, и витающие в воздухе частицы имеют преимущественно техногенное происхождение. В снежном покрове депонируются осаждающиеся из атмосферного воздуха твердые и аэрозольные частицы загрязняющих веществ. Благодаря своей высокой поглотительной способностью снежный покров является наиболее информативным индикатором загрязнения атмосферного воздуха.

Актуальность исследования. Исходя из вышесказанного, актуальность приобретает создание методики системы мониторинга, опирающейся на данные ДЗЗ путем расчета нормализованного дифференциального индекса снега (Normalized differential snow index – NDSI) и индекса загрязнения снежного покрова (ИЗСП). На сегодняшний день в мире не существует таких спутниковых устройств, которые могли бы в точности детализировать качественный состав загрязнения, однако уже сегодня высокоточные модули могут определять примерные ассоциации элементов на снежном покрове, благодаря их отражательной способности. Таким образом, благодаря спутниковым снимкам в будущем появится возможность классифицировать источники загрязнения по их элементному составу.

Данная работа несет методический характер и может применяться для создания более качественной и гибкой программы мониторинга атмосферного воздуха от загрязнения промышленными объектами, как в черте города, так и на отдельных предприятиях и участках.

Объектом исследования данной работы являются территории Томск-Северской агломерации, а также данные по Омской и Новосибирской областям.

Предметом исследования являются космические снимки и метаданные различных спутников разной детализации и разрешения.

Цель работы – создание методики работы с данными ДЗЗ, для моделирования карт с рассчитанным нормализованным дифференциальным

индексом снега на исследуемых территориях, в качестве оценки загрязнения атмосферного воздуха промышленными объектами.

Задачи исследования:

– обзор литературных данных в области мониторинга снежного покрова с помощью данных дистанционного зондирования и моделирования в геоинформационных системах;

– обзор организаций, космических аппаратов, средств приема информации, оперативной продукции и геоинформационных систем;

– разработка методики в области мониторинга атмосферного воздуха на основании данных спутниковой информации;

– выбор территории на основании космических снимков для проведения атмогеохимических исследований снегового покрова;

– разработка главы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»;

– разработка главы «Социальная ответственность».

Научная новизна работы:

– разработка методики использования космических снимков для мониторинга атмосферного воздуха промышленными объектами через расчет NDSI, благодаря которому можно классифицировать загрязненные участки на исследуемой территории;

– использование уникальных карт для проведения атмогеохимических исследований;

– расчёт индекса загрязнения снега на исследуемых территориях.

Практическая значимость работы. Данная методика может служить пособием для получения конкретных метаданных, а также для обучения работы с геоинформационными системами. Результаты проведенного исследования могут служить дополнительной информацией для проведения атмогеохимических исследований.

Фактические материалы и методы исследования. Фактическим материалом исследования являются глобальные геоданные космического зондирования зарубежных и отечественных космических аппаратов Landsat 5,7,8., Sentinel-1A., Канопус -В1., Terra (ASTER-MODIS), а также множество других сторонних ресурсов, например, сервисы Glovis, Earth Observing System, Google Earth и др.

Всего, за время исследования было обработано более 30 архивов спутниковых данных по исследуемым территориям. Работа проводилась в таких геоинформационных системах, как ArcGIS, QGIS, GRASS, SAGA, ENVI и др.

Метод исследования данной работы – математическое моделирование и расчет стандартизированного индекса различий снежного покрова (NDSI) от загрязнения промышленными объектами. Рассматривается вопрос проведения корреляционных связей между данными полученными на местности и данными зондирования спутниковых аппаратов.

Личный вклад автора в данное исследование заключается в непосредственной разработке методики получения и создания специализированных карт снежного покрова на основе данных ДЗЗ при помощи ГИС. Автором были запрошены данные по исследуемым территориям с различных сторонних ресурсов, включая коммерческие. Для полноты представления различий итоговых результатов в работе были задействованы шесть различных геоинформационных систем и более шести спутников.

Материалы исследования были представлены автором на Международных симпозиумах имени академика М.А. Усова в 2019-2020 годах в г. Томске.

1. Дистанционное зондирование Земли и геоинформационные системы

1.1 История развития геоинформационных систем

Геоинформационные системы (ГИС) – это программно-аппаратный комплекс, осуществляющий сбор, хранение и обработку информации о пространственно распределенных объектах, имеющих координатное описание. В современных литературных источниках выделяют три основных периода развития геоинформационных систем и технологий.

Первый этап или как его еще называют «пионерский период» относят к концу 50-х – началу 70-х годов XX вв. Данный период считается взрывным для картографии и геоинформационных технологий, т.к. в это время стали широко использоваться компьютерные и информационные технологии в различных сферах жизнедеятельности человека. Использовались такие технологические инновации как первые электронно-вычислительные машины, крупные графические дисплеи, различные периферийные устройства для анализа поверхностей и т.д. Важную роль играли научные и теоретические исследования в области картографии, а также применение компьютерных технологий в географии. Ведущими специалистами данного периода были такие ученые как, Уильям Гаррисон, Гарольд Маккарти, Ян Магхарг и Торстен Хагерстренд.

В 60-х годах, в Канаде, создается геоинформационная система, именуемая, как «Географическая Информационная Система Канады» (Canada Geographic Information System, CGIS). Создание данной ГИС послужило началом развития такой науки как геоинформатика. Ее создателем является ведущий разработчик ГИС, Роджер Томлинсон. Первая ГИС предназначалась для изучения данных земельного кадастра Канады, и для получения статистических показателей, для дальнейшего землеустройства.

Основными задачами первых ГИС было поиск решения ввода в программу исходных данных, отображающих картографическую и тематическую информацию. На этом этапе впервые было предложено

разделять картографическую информацию на несколько слоев различной тематики, что в геоинформатике привело к делению информации о местоположении объектов и их данных. Именно канадские ученые впервые смогли разработать систему, которая обладала функциями и алгоритмами для полигональных операций, с расчетом площадей и другими показателями при работе с геоданными [19].

В то же время, Гарвардская лаборатория компьютерной графики и пространственного анализа занималась исследованиями в области геоданных и геоинформационных систем, в ходе которых были получены огромные концептуальные и практические знания в сфере зондирования спутниковой информации и ГИС. Данные наработки позволили в 80-х годах сделать существенный рывок при разработке программного обеспечения [19]. Программное обеспечение для ГИС, разработанное Гарвардской лабораторией, было признано учеными и использовалось по всему миру. Именно они заложили фундамент для разработки огромного числа различных типов ГИС-программ. Также в этой лаборатории Дана Томлин заложила основы картографической алгебры, создав знаменитое семейство растровых программных средств Map Analysis Package - MAP, PMAP, aMAP.

Следующим этапом в развитии ГИС принято считать «период государственных инициатив» (с 70-х годов по начало 80-х годов). Данный период характеризуется разработкой и дальнейшим развитием крупных геоинформационных проектов при поддержке государства. В это же время наблюдается увеличение числа институтов в области ДЗЗ и ГИС.

В США, в научных кругах активно обсуждалась идея применения ГИС для обработки и предоставления данных Национальных переписей населения. Для исследователей была поставлена задача разработки такой методики, которая бы позволяла вести картографическую «привязку» переписи. Главной проблемой стала задача перевода адресов проживания граждан в систему географических координат, для дальнейшей детализации

и ведения электронной карты США. Благодаря ГИС, в 1970 году была проведена масштабная работа по обработке результатов переписи населения, а также были разработаны картографические данные в специальном формате DIME (Dual independent Map Encoding). Особенностью этого формата было то, что он включал прямоугольные координаты перекрёстков, разбивающих улицы на отдельные области картографических полей. Разработка формата DIME и его использование в программном продукте POLYVRT позволило увеличить рост исследовательских работ в области использования ГИС, которые основывались на базах данных уличных сетей. Использование ГИС при переписи населения в США позволило создать атласы нескольких крупных городов США и упрощенных электронных карт для торговых и транспортных компаний. Помимо применения ГИС в землепользовании и переписи населения, исследовались вопросы работы систем навигации с картографической поддержкой при управлении городским транспортом и в других целях, где необходима точная привязка объекта к картографическим данным.

Третий этап, пользовательский или коммерческий период начался с 80-х годов прошлого века и продолжается в настоящее время. Данный этап характеризуется коммерческой эксплуатацией программных продуктов и приложений ГИС. Исследования в области обработки спутниковой информации, применение сетевых технологий и навигации привели к появлению на рынке огромного разнообразия продуктов ГИС, включая ПО для индивидуального использования на ПК. Развитие вычислительных машин и ПК позволило широкому кругу специалистов начать свои собственные исследования и выстраивать для них аппаратные и программные средства.

Одним из таких примеров является разработка программного продукта ГИС ARC/INFO исследовательского института экологических систем (Environmental Systems Research Institute, ESRI Inc). Разработчикам

ARC/INFO удалось создать первый программный продукт, который эффективно применяется на ПЭВМ и доступен для разных технических платформ и операционных систем.

Еще одним примером отличной коммерческой реализации в области производства аппаратно-программных средств для ГИС стал, и до сих пор является, Intergraph Corp. Успех компании в области применения ГИС связан с внедрением систем управления ракетами в реальном времени для вооруженных сил США.

В настоящий момент период коммерческого развития ГИС находится на подъеме. Мировой объем продаж геоинформационных систем и данных ПО оценивают в десятки млрд долларов США в год. Геоинформационные технологии служат инструментом во многих сферах жизнедеятельности человека и являются незаменимыми инструментами многих исследований, в том числе в области экологии.

1.2 Общий принцип обработки данных ДЗЗ и известные программные комплексы

Дистанционное зондирование земли – совокупность технологий, благодаря которым информация о различных объектах земной поверхности принимается, обрабатывается и передается без прямого физического контакта. Такую информацию получают путем измерения отраженной солнечной радиации и электромагнитного излучения от земной поверхности, которая фиксируется сенсорами, расположенными на орбитальных спутниках Земли [31]. Основными областями применения дистанционного зондирования является мониторинг качества окружающей среды, землепользование, изучения состояния растительных сообществ, оценка урожайности сельскохозяйственных культур, анализ последствий от стихийных бедствий (наводнений, землетрясений, извержений вулканов, лесных пожаров) и т.д. Инструменты дистанционного зондирования

эффективны при изучении загрязнения почвы и водоемов, льдов на суше и на воде, и в океанологии. Они позволяют получать сведения о состоянии атмосферы, в том числе в глобальном масштабе. Данные поступают в цифровом виде, а обработка ведется на специальных компьютерных комплексах, поэтому проблематика ДЗЗ тесно связана с цифровой обработкой изображений [17].

Методы дистанционного зондирования позволяют получать информацию об интересующем объекте на расстоянии. С помощью таких данных возможно измерить отдельно взятые параметры, но не весь комплекс сразу, поэтому они, как правило, являются косвенными. Современные спутниковые методы позволяют не только получать изображение поверхности Земли. Благодаря чувствительным приборам и модулям, удается измерять концентрацию атмосферных газов, в том числе вызывающих парниковый эффект. Например, спутник «Метеор-3», с установленным на нем прибором TOMS, позволяет за сутки оценить состояние всего озонового слоя Земли. Спутник NOAA, кроме получения изображений земной поверхности, дает возможность исследовать озоновый слой, и даже вертикальные профили параметров атмосферы (давление, температуру, влажность на разных высотах в сотнях точек полосы обзора).

При дистанционном зондировании Земли из космоса используются оптический диапазон электромагнитных волн и микроволновый участок радиодиапазона. В таблице 1 представлен оптический диапазон, включающий в себя ультрафиолетовый участок спектра (УФ); видимый участок – зеленую (G), синюю (B) и красную (R) полосы; инфракрасный участок (ИК) – ближний, средний и тепловой (БИК, СИК, ТИК).

Таблица 1 – Оптический диапазон волн (длина волны, мкм)

УФ	Видимый спектр			Инфракрасный спектр		
	B	G	R	БИК	СИК	ТИК
0,1	0,38	0,5	0,6	0,76	1	10

Человеческий глаз видит предметы в интервале длин волн 0,38-0,76 мкм, максимум чувствительности приходится на 0,5 мкм [17]. На рисунке 1 представлена технология дистанционного зондирования, где:

А – источник электромагнитной радиации (Солнце);

В – прохождение солнечной радиации через атмосферу при взаимодействии с земной поверхностью;

С – отражение электромагнитного излучения от земной поверхности;

Д – фиксирование отраженной энергии сенсором орбитального спутника и ее сохранение в специальном формате;

Е – передача и первичная обработка полученных данных;

Ф – анализ данных (пользовательская обработка полученных данных с различными целями), интерпретация полученных результатов;

Г – конечное применение полученных результатов (разработка карт, написание статей, принятие решений и пр.) [28].

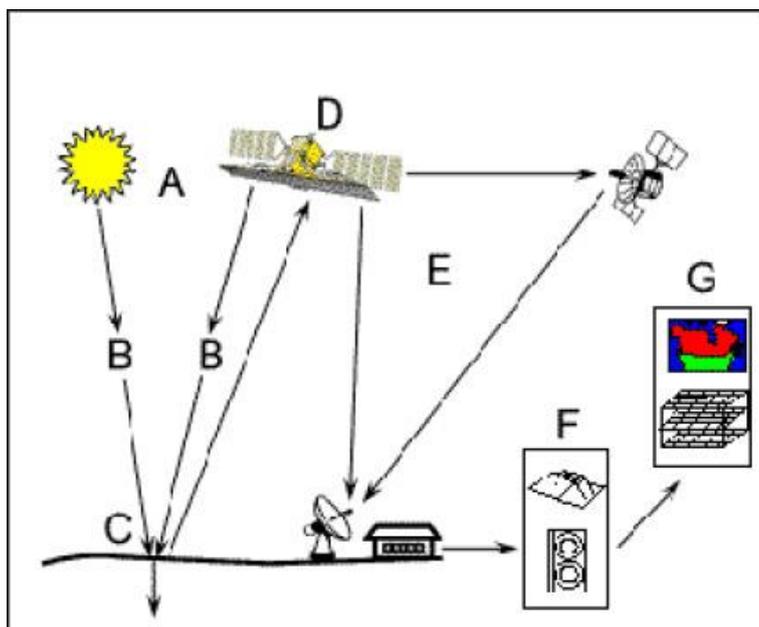


Рисунок 1 – Принцип работы дистанционного зондирования земли [28]

В настоящее время существует множество ресурсов, как свободного доступа, так и коммерческие, где можно получить данные дистанционного зондирования земли. Рассмотрим некоторые из них.

Earth Explorer – продукт службы геологической съемки США (United States Geological Survey, USGS). Данный сервис имеет огромную и бесплатную базу ГИС-данных о природных катаклизмах, водных объектах, природных ископаемых, а также о последствиях изменения климата, землепользования и геологических процессов земли. Снимки получают со спутников USGS-NASA, Terra, Aqua MODIS, ASTER, VIIRS и др. В сервисе имеются наборы данных с открытым исходным кодом, которые были получены в результате сотрудничества с Индийской организацией космических исследований (ISRO) и Европейским космическим агентством (ESA). Это данные со спутников Resourcesat-1, 2 и Sentinel-2 [40,72]. Также имеется много данных с коммерческих спутников высокого разрешения, таких как IKONOS-2, OrbView-3 и исторических данных SPOT. Сайт позволяет производить поиск по дате, территории и количеству модулей спутников [40].

Land Viewer (EOS) – является одним из основных сервисов по предоставлению спутниковых данных высокого разрешения. Данные зондирования получают со спутников CBERS-4, Sentinel-1, 2, MODIS/ NAIP, Landsat-7, 8, а также Landsat-4, 5 для исторических снимков. Максимальное пространственное разрешение достигает 40 см на пиксель. Данный источник включает себя аналитические возможности визуализации выбранной сцены, что делает сервис уникальным среди остальных сервисов [76].

Такие продукты как EO Browser и Sentinel Playground (Sentinel Hub) сочетает в себе полный архив Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-5P, архив ESA Landsat 5, 7 и 8, глобальный охват продуктов Landsat-8, Envisat Meris, MODIS, Proba-V и GIBS в одном месте и позволяет просматривать и сравнивать изображения с полным разрешением из этих источников [82]. Визуализация мультиспектральных данных в реальном времени позволяет создавать новые продукты наблюдения Земли, такие как индексы растительности, за считанные секунды [82]. Sentinel Playground можно

использоваться для мозаики снимков, полученных с Sentinel-2, Landsat-8, DEM и MODIS [40].

В России, основными организациями в области приёма и обработки спутниковой информации являются Российские космические системы (РКС) и научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «ПЛАНЕТА», г. Новосибирск. Данными организациями предоставляется широкий спектр оперативной продукции.

1.3 Применение геоинформационных систем в мониторинге окружающей среды

Географические информационные системы применяются для анализа дистанционного зондирования, позволяя проводить моделирование с пространственно-распределенной информацией, а именно с картами, таблицами, различными планами и схема в сочетании с текстом [8]. Такие данные используются при разработке карт природных ресурсов, для создания атласов земельного кадастра, для результатов экологического мониторинга и др. Моделирование и прогнозирование экологической ситуации является одним из важнейших вопросов при проведении экологического мониторинга. Корректно рассчитанный прогноз позволяет предсказывать появление неблагоприятных последствий на исследуемой территории и своевременно принимать решения. Далее рассмотрены некоторые варианты использования ГИС-технологий в целях контроля окружающей среды.

ГИС-мониторинг лесных пожаров. Геоинформационные системы используются для обеспечения информационной поддержки охраны лесов и борьбы с лесными пожарами, в целях: снижения наносимого ущерба природе и обществу, расширения имеющихся данных о процессах возникновения и развития пожаров, их влиянии на структуру и динамику лесного фонда. ГИС-мониторинг обеспечивает решение комплекса функциональных задач, связанных с оценкой и прогнозом пожарной опасности в лесах,

обнаружением возгораний, контролем их состояния и динамики, оценкой последствий лесных пожаров, управлением работой лесопожарных служб [18].

Данный мониторинг является незаменимым в случаях с лесными пожарами, находящимися на отдаленных территориях, не имеющих собственную инфраструктуру. На рисунке 2 показана пожароопасная обстановка в Красноярском крае на 10.05.2020 по данным спутника Sentinel-2A.



Рисунок 2 – Мониторинг пожарной обстановки, Красноярский край [30]

ГИС-мониторинг состояния растительности. Еще одной важной возможностью использования ГИС-технологий, является контроль состояния растительности. Данный метод, а именно мониторинг посевов и пастбищ, широко применяется в сельском хозяйстве. В настоящее время данные дистанционного зондирования широко применяются в землепользовании и прогнозе урожая. Количество накопленной биомассы зависит от количества получаемой солнечной радиации. Нормализованный относительный индекс

растительности (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) позволяет отображать способность растений поглощать солнечную радиацию, тем самым оценивая возможность прироста биомассы, урожайности и других характеристик [63]. На рисунке 3 представлен мониторинг состояния посевов зерновых культур в Сузунском районе Новосибирской области на 17.07.2018 по данным спутника Terra.

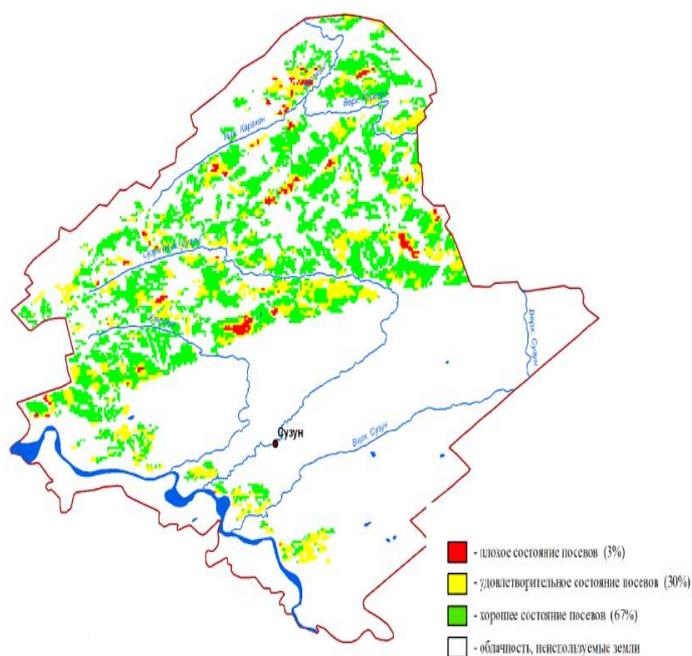


Рисунок 3 – Состояние посевов зерновых культур, Сузунский район Новосибирской области [30]

Для распознавания видов сельскохозяйственных культур, определения их состояния и площади чаще всего используют многоспектральные данные высокого разрешения со спутников Landsat и Ресурс [83]. Спутниковые данные позволяют обнаружить районы, пораженные засухой, вредителями и техногенным загрязнением. Из-за опасности глобального изменения окружающей среды и климатических условий, леса признаны надежными природными восстановителями системы, т.к. именно они напрямую связаны с проблемой парникового эффекта. Исходя из этого, контроль в области лесных массивов стал частью мировой экологической политики. Изучение

лесов в глобальном масштабе становится возможным только с применением дистанционного зондирования земли и геоинформационных систем.

Например, на территории Российской Федерации Институт леса СО РАН ведет наблюдение с использованием космоснимков за состоянием уникального участка леса Норильской котловины на севере Красноярского края [50]. Специфика данного леса заключается в том, что на протяжении полувека он подвергался интенсивному воздействию выбросов Норильского горно-металлургического комбината, основными загрязняющими веществами которого, являются SO_2 , NO_x и тяжелые металлы. В ходе анализа полученных данным было установлено, что основная часть погибших, сильно поврежденных и поврежденных деревьев, преобладает в юго-восточном направлении от основного переноса загрязнения от комбината. В настоящее время граница негативного воздействия на лес увеличилась на 240 км от источника эмиссии, а на расстоянии до 80-100 км весь древостой погиб [50].

Контроль состояния водных объектов. Геоинформационные системы очень эффективно используются при изучении Мирового океана и внутриконтинентальных водоемов. Для их исследования создаются специальные спутники – «Океан-О» (Россия), MOS (Япония), SeaWiFS (США). Данные спутники имеют на своем борту специальные модули для измерения хлорофилла, растворенной в воде органики и солености, а также для определения содержания аэрозолей и температуры в атмосфере. Океан является одним из главных элементов общей системы экологического равновесия на планете. Он сильно влияет на состояние атмосферы, формирование погоды, климат, энергетический и газовый баланса планеты и др. Температура воды в океане – наиболее важная характеристика поверхностных водных масс. Данные о состоянии крупномасштабных полей температуры поверхности океана и температурных фронтов позволяют

обнаружить зоны аномального нагрева или охлаждения воды, что важно при оценке энергообмена между океаном и атмосферой [81].

Благодаря ГИС океан исследуется во многих направлениях. Например, исследуется количество хлорофилла в поверхностных водах, что позволяет находить зоны, перспективные для рыболовства. Или используются для мониторинга гидрологической ситуации в районах затопления (рис. 4).

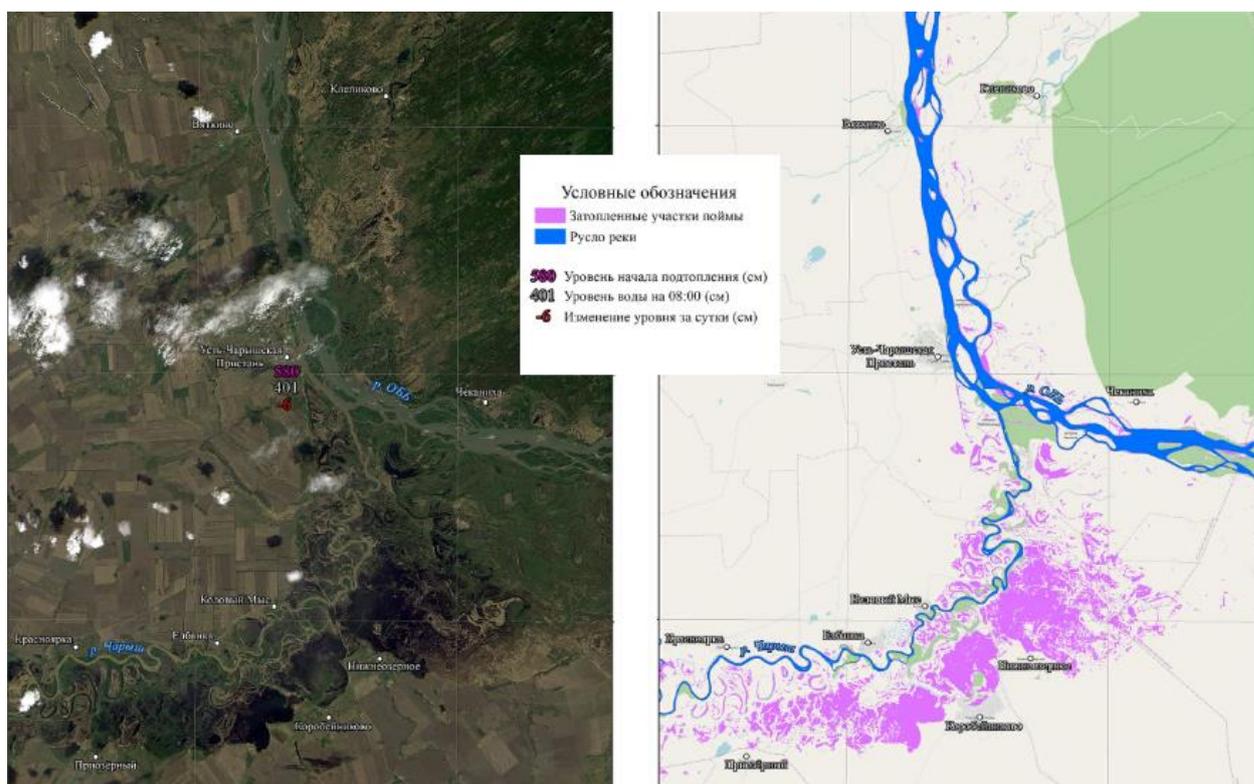


Рисунок 4 – Мониторинг гидрологической обстановки, Алтайский край [30]

Так же, геоинформационные системы успешно используются для точного отображения данных по мониторингу разливов нефти в мировом океане.

Контроль снежного и ледяного покрова. Мониторинг снежной и ледовой обстановки особенно актуален для территорий Сибири в районах с малой плотностью населения и редкой сетью метеорологических и гидрологических постов (рис. 5).



Рисунок 5 – Мониторинг загрязнения промышленными объектами, Новосибирская область [30]

Снежный покров зимой и в начале периода снеготаяния – удобный индикатор техногенного загрязнения местности. Например, при исследовании деградации лесов в Норильском промышленном районе, выявлено соответствие между ореолом загрязнения снегового покрова, обнаруженного по космоснимкам за зимний период, и концентрацией тяжелых металлов (Cu, Ni, Co) в почве, которая в верхних почвенных горизонтах (0-10 см) превосходит фоновый уровень в 10-1000 раз в радиусе до 40 км от источника загрязнений [50].

Важной задачей наблюдения за снежным покровом является оперативное определение его площади, что необходимо для прогнозирования речного стока со снежным питанием, типичным для севера Сибири и для горных рек [3]. Используя космическую информацию, можно своевременно обнаруживать опасные природные явления, а именно ледовые заторы, которые представляют угрозу для судоходства. Неблагоприятные погодные

условия, такие как сильные и частые снегопады, туманы, густая облачность затрудняют использование навигации и применение спутниковых данных оптического диапазона. Однако при исследовании радиолокационных изображений, не обледенелые участки хорошо просматриваются. Помимо этого, геоинформационные системы широко используются для исследований вертикальных профилей атмосферы, изучения облачности. Большое внимание уделяется изучению проблемы озонового слоя и борьбе с природными катастрофами.

2. Мониторинг загрязнения снежного покрова с использованием данных наземных наблюдений и спутниковой информации

Загрязнения воздуха является серьезной проблемой в густонаселенных и промышленно развитых районах. Экономический рост и индустриализация идет быстрыми темпами, сопровождаясь увеличением источников выбросов, загрязняющих атмосферу. Воздействие загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, негативно сказывается на здоровье населения, растительности, состоянии различных строительных материалах и т.д. Для предотвращения или минимизации ущерба, причиняемого атмосферным загрязнением, необходимы соответствующие системы мониторинга. На сегодняшний день существует множество методов мониторинга атмосферного воздуха. Метод зондирования и математического моделирования является одними из них [35]. Мониторинг данных дистанционного зондирования является альтернативным способом получения информации о уровне загрязнения атмосферного воздуха. А благодаря математическому моделированию появляется возможность оперативно визуализировать процессы распространения загрязняющих веществ [20].

Снег – это надежный индикатор состояния загрязнения приземного слоя атмосферы. Снежный покров накапливает загрязняющие частицы, которые после снеготаяния попадают в почву и подземные воды, тем самым, создавая различные области загрязнения. Основными источниками загрязнения снежного покрова на территории городов являются промышленные выбросы, автотранспорт, тепловые электростанции и коммунальные предприятия [38]. Размер и количество загрязняющих веществ напрямую зависят от преобладающей промышленности и размера города.

Основным принципом дистанционного исследования снежного покрова являются спектральные свойства загрязнителей, то есть их отражательная

способность. Многие ученые говорят о корреляции между отражательной способностью снежного покрова и количественного и качественного состава загрязнителей. Данные исследования проводились в 80-х годах Государственным гидрологическим институтом на основании различий в характеристике спектральных каналов и индекса снега. [41,51,67]. При помощи радиометрических показателей были получены результаты отражательной способности снежного покрова. В зависимости удаления от дороги количество твердых частиц в отобранных пробах уменьшалось [51].

В своей работе по методам анализа загрязнения снежного покрова в зонах влияния промышленных предприятий, С. Б. Бортникова приводит результаты исследования по г. Новосибирск. В данной работе, основываясь на содержании в пробах загрязняющих веществ как органических, так и не органических, было проведено математическое моделирование распространения загрязняющих веществ на территории города от ТЭЦ и Оловокомбината [1]. Автор затрагивает проблему малой изученности методов моделирования аналитических данных загрязнения снежного покрова и говорит об эмпирическом характере таких подходов. По ее мнению, изучение закономерностей и путей миграции примесей, поступающих в окружающую среду, вследствие техногенной деятельности, с последующим применением математического моделирования, создает основу для построения моделей контроля и оптимизации состояния окружающей среды. На основании полученных результатов проводится моделирование полей загрязнения от источников (рис. 6) [1].

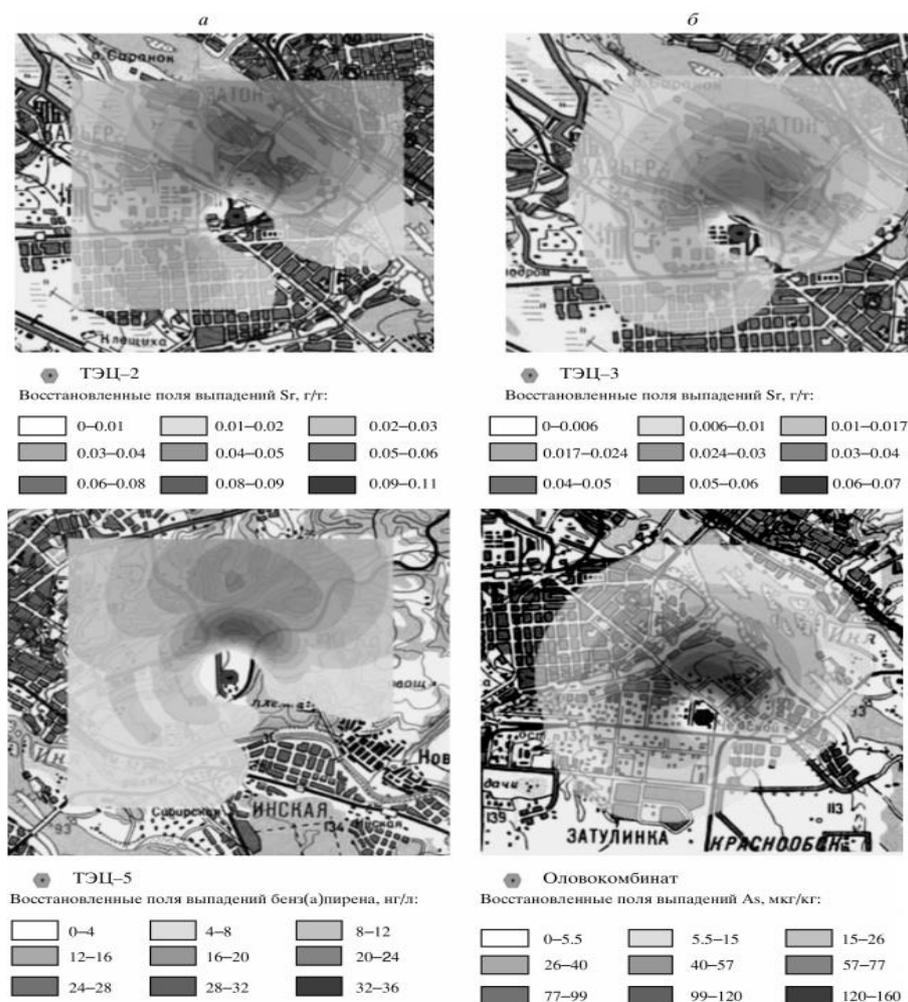


Рисунок 6 – Поля распространения примесей от источников загрязнения [1]

Создание карта-схем концентраций, с использованием данных наблюдений и модельных представлений о процессах распространения газовых и аэрозольных примесей, позволяет более надежно описывать процессы и характеристики техногенного загрязнения местности. Такой подход дает возможность оценивать информативность систем наблюдений и оптимизировать положение и количество точек отбора проб. Автор утверждает, что с помощью численного моделирования возможна оценка уровня регионального загрязнения территорий на расстоянии порядка нескольких десятков и даже сотен километров от города [1].

В другом научном труде М.И. Василевич применяет спутниковые методы в целях оценки загрязнения снежного покрова вокруг промышленных предприятий в тундровой зоне. Благодаря методу интерполяции спектральных характеристик поверхности снежного покрова и химического анализа, в исследовании демонстрируется возможности использования космоснимков для оценки уровня загрязнения территорий [5]. Автор выделяет благоприятные условия для выявления участков загрязнения за счёт снижения коэффициента спектральной яркости снежного покрова на период снеготаяния, так как именно в этот период снег визуально несет в себе косвенную информацию о загрязнении.

Суть методики заключалась в предварительном преобразовании значения в каналах от 0 до 255, где 0 отображает черный цвет, а 255 отображает белый цвет. После была произведена работа по съемке значений каналов для каждого изображения в точке отбора проб. Далее был рассчитан коэффициент корреляции спектральных величин и химических показателей загрязнения благодаря принципу многомерной линейной регрессии. Используя растровый графический редактор Erdas Imagine 9.0, применив расчет оценочного раstra со значением показателя в каждом пикселе, получилось добиться результатов по оценке содержания анализируемого компонента для каждого космоснимка. Расчет производился по формуле:

$$y = b + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6,$$

где y – значение определяемого химического показателя в каждом пикселе;

b – свободный член линейной регрессии;

a_1 - a_6 – коэффициенты регрессии при переменных;

x_1 - x_2 – значения в каналах снимка.

М.И. Василевич смогла определить компоненты, для которых возможно применение методики с использованием спутниковых данных. Это возможно благодаря значению содержаний элементов в талой воде наиболее

взаимосвязанной со спектральными характеристиками поверхности снежного покрова. Среди микрокомпонентов на исследуемой территории автор выделяет хорошую корреляцию спектральных данных с валовым содержанием ванадия, который относится к маркерам загрязнения угольной пылью, а также с алюминием, марганцем, никелем, медью, хромом, свинцом и серой [5].

Группой исследователей был проведен подбор вариантов использования разных вариаций спутниковой информации, а также была оценена обоснованность использования разных каналов снимка. Для этого проводили сравнение между ошибкой при использовании наборов из шести каналов и трех каналов снимка спутник Landsat. В результате сравнения, М. И. Василевич установила, что наибольшая точность построения оценочных растров достигается при использовании набора из шести каналов снимка, так как при использовании только трех, часть информации анализа теряется [5]. Также были представлены средние значения погрешности в точке растров, рассчитанные с использованием каналов снимков 2-7, и сравнены с погрешностями аналитических методик определения компонентов. Достаточно близкие величины погрешности отмечаются для удельной электропроводности, содержания углерода, пересчитанного с ХПК. Автор указывает о трудности оценки погрешности для суммарного содержания макрокомпонентов, поскольку слагаются содержания 10 компонентов, имеющих разные значения погрешности: Ca, Mg, K, Na, HCO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} . Высокая точность оценки получена для тяжелых металлов, особенно алюминия и марганца [5].

Опираясь на полученные данные, М.И. Василевич считает данная методика может использоваться как новый метод оценки и прогнозирования загрязнения с применением спутниковой информации. Однако отмечает, что не стоит забывать об присутствии ошибки даже при большом наборе точек. Отклонения расчетных значений от измеренных составляет, в среднем, для

общей минерализации 23 %, для рН – 4 %, что соответствует уровню погрешностей методик КХА (20 % и 10 % соответственно) [6].

В результате обработки данных и применения корреляционных связей между отражательными характеристиками и химическим анализом, автор выстраивает карта-схемы распределения загрязняющих веществ в снежном покрове на исследуемой территории (рис. 7,8).

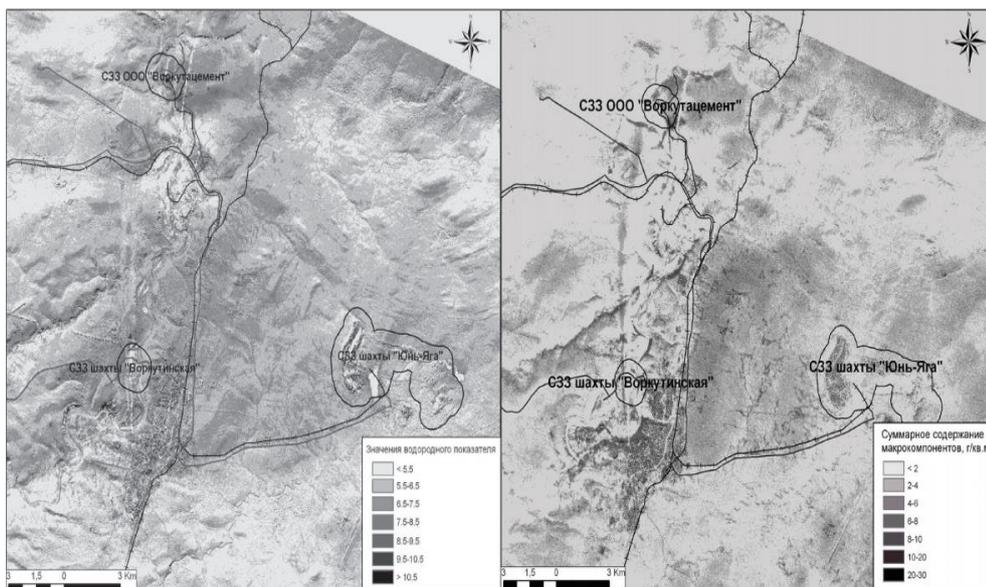


Рисунок 7 – Карта-схемы распределения значений [5]:
 Слева – значение водородного показателя; справа – суммарное содержание макрокомпонентов в снежном покрове

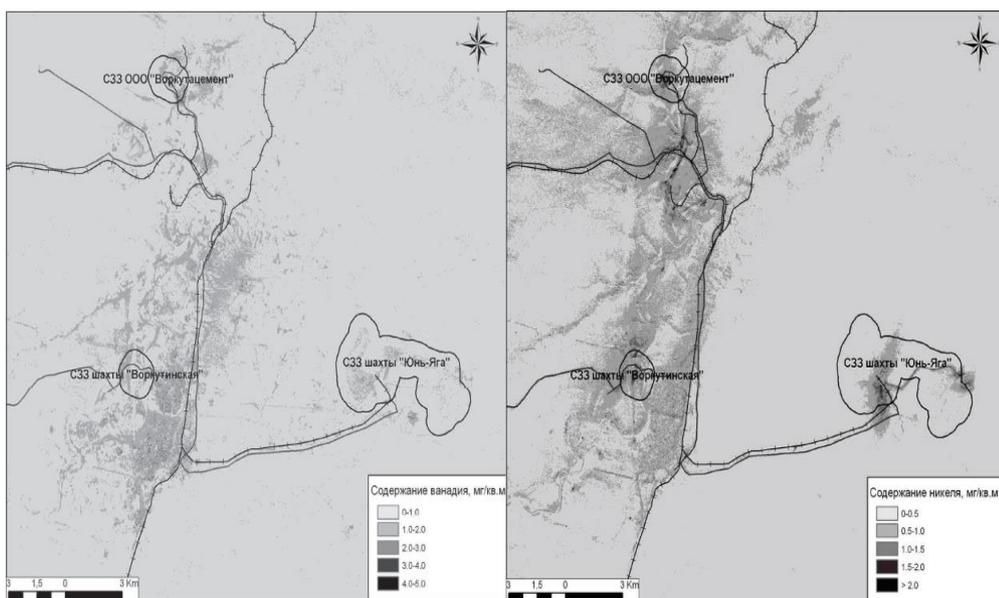


Рисунок 8 – Карта-схемы распределения значений [5]:
 Слева – значение содержания ванадия; справа – значение содержание никеля

В своих трудах автор опирается на работы Б. В. Виноградова [7] и А. Кохановского [73]. Последний, долгие годы изучает фотохимию и физические особенности загрязнения снега на основании космических данных в Институте физики окружающей среды Бременского университета, занимая должность консультанта в Департаменте продуктов дистанционного зондирования Европейской организации по эксплуатации метеорологических спутников (EUMETSAT) [74].

В своем научном труде о спектральном отражении солнечного света от загрязненного снега, А. Кохановский говорит о влиянии различных поллютантов в его составе (сажа, пыль) на альбедо и его продолжительность [73]. Автор занимается вопросами поглощения и отражения солнечной радиации, в зависимости от структуры снежного покрова. На основании чего выстраивает спектральную зависимость и предлагает использовать данную методику для решения задач снеговых и полевых работ.

В другом своем исследовании [72], А. Кохановский затрагивает тему изменения климатических условий, посредством распространения аэрозолей, с последующей аккумуляцией в различных системах, в том числе снежном покрове. Автор сравнивает возможности разных спутниковых данных для моделирования рассеивания загрязнения в верхних и нижних слоях атмосферы.

В 2011 году научная группа, в которую входил В.Ф. Рапута занималась комплексным изучением наземных наблюдений с использованием спутниковой информации для анализа полей загрязнения снежного покрова в черте города Кемерово. В ходе исследования использовались снимки в панхроматическом диапазоне, что позволило выделить ореолы пылевых выпадений от основных источников загрязнения (рис. 9) [54].

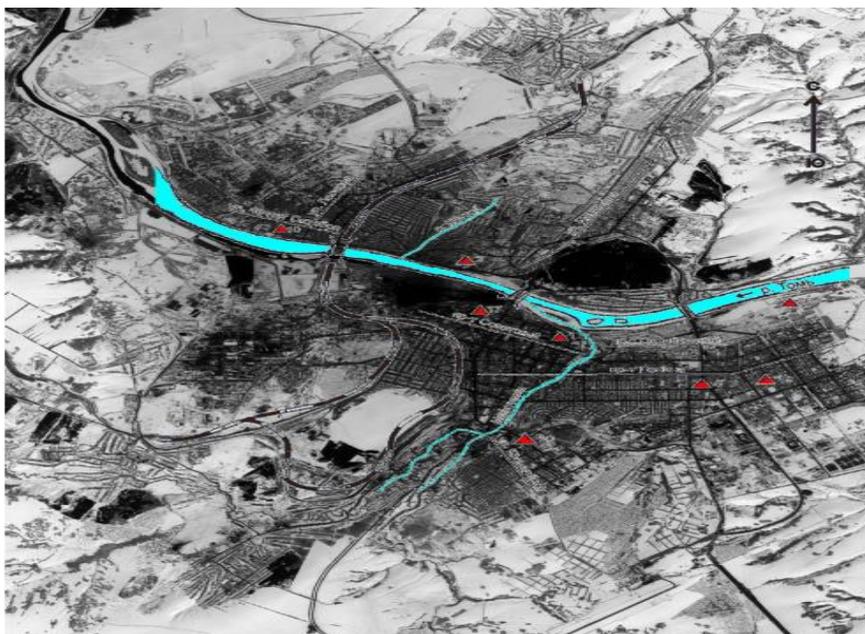


Рисунок 9 – Схема размещения постов контроля атмосферного воздуха в г. Кемерово на оцифрованном спутниковом снимке от 26.03.2006 г. [54].

Авторы говорят о взаимосвязи изменения параметров загрязнения около пунктов контроля, относящихся к промышленным районам, и различий контрастности тонов серого цвета на спутниковом снимке (рис. 10) [54,55].



Рисунок 10 – Фрагменты оцифрованного снимка г. Кемерово в окрестностях постов с различной антропогенной нагрузкой [54]

Исследования загрязнения снежного покрова, на основании анализа результатов отбора проб и спутниковой информации, проводится с помощью линейного корреляционного анализа (рис. 11). Таким образом авторы добиваются корреляционной зависимости между тонами серого цвета на снимке и пыли в пробах.

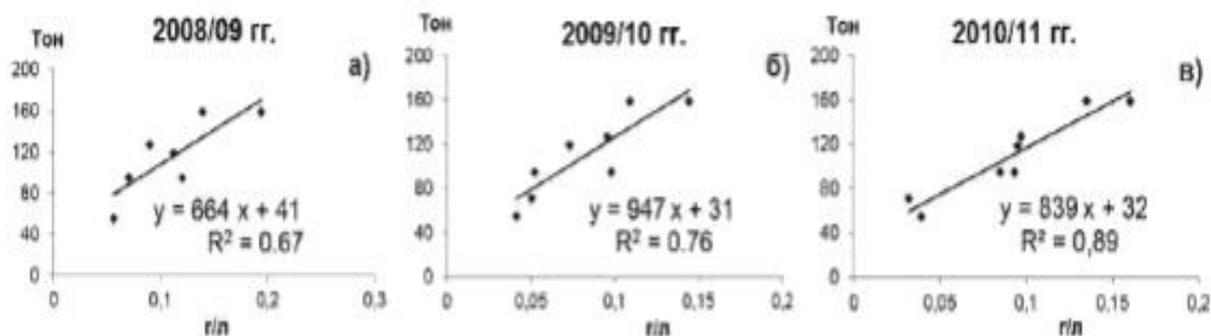


Рисунок 11 – Линейно корреляционные зависимости между оттенками серого цвета на спутниковом снимке г. Кемерово и твердыми осадками в пробах снега зимних сезонов [54]

Авторы считают, что результаты корреляционного анализа показывают достаточно высокий уровень взаимосвязи и говорят о возможности создания комплексной системы мониторинга для более детальной оценки состояния загрязнения снежного покрова в черте города [54,55,56,26].

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью выпускной квалификационной работы является обработка и исследование спутниковой информации и дальнейшее использование данных в геоинформационных системах для возможности мониторинга атмосферного воздуха от промышленных предприятий на и вне территории города.

В данной работе используются данные по Томск-Северской агломерации, территории Новосибирского электродного завода в Новосибирской области и территория г. Омск.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Подобные исследования очень актуальны в наше время техногенеза, когда промышленность с невероятной скоростью загрязняет по всем фронтам окружающую среду. Интерес к спутниковым данным все больше и больше проявляется как у экологических организаций, так и у самих предприятий, ответственных за то или иное загрязнение. Если в будущем получится на прямую сопоставить корреляционные связи от данных полученных на местности, путем пробоотбора и данных полученных при обработке спутниковой информации, тогда возможно будет разработать куда более качественную систему мониторинга за огромным количеством природных объектов окружающей среды.

Исходя из этого можно судить о круге заинтересованных лиц и организаций.

Целевым рынком для использования спутниковой информации в качестве мониторинга могут стать различные предприятия разной категории, так или иначе загрязняющие окружающую среду. Также данные космоснимков могут интересовать научно-исследовательские институты для более качественной детализации исследуемых объектов. И наконец данное исследование может быть применено как пособие по работе со спутниковой информацией в геоинформационных системах в различных обучающих организациях или индивидуальных занятиях любого желающего.

Сегментировать рынок использования данного исследования можно по размеру потребителя и степени потребности результатов. Данные сегментирования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Карта сегментирования рынка

		Степень потребности		
		Высокая	Средняя	Низкая
Размер	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			



– Предприятия



– Научно-исследовательские институты



– Обучение

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Применение обработанной спутниковой информации дает решение огромному спектру задач широкого профиля. Это и мониторинг загрязнения,

мониторинг пожароопасных ситуаций, мониторинг ледовой и снежной обстановки, мониторинг состояния посевов, оперативная продукция по содержанию пылеаэрозолей, концентрации углекислого газа, состояние озонового слоя земли и др.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности данных методик со схожими разработками, имеющимися на рынке.

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 3, где ф – исследование, к1 – данные с беспилотных летательных аппаратов, к2 – математическое моделирования.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Наличие данных в открытом доступе	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
2. Наличие софта в открытом доступе	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
3. Простота методики	0,05	3	4	5	0,15	0,2	0,25
4. Эксплуатация	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
5. Точность результата	0,2	4	4	2	0,8	0,8	0,4
6. Трудозатратность	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
7. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
2. Цена	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Итого	1	43	41	39	4,45	4	3,65

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Вес показателей, определяемых экспертным путем, в сумме должен составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Конкурентоспособность исследований, приведенных в выпускной квалификационной работе выше по сравнению с методиками или математическим моделированием рассеивания элементов, однако все рассмотренные варианты имеют свои плюсы и минусы, и должны использоваться вместе для более точного получения результатов.

5.1.3 SWOT – анализ

SWOT представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, который применяют для исследования внешней и внутренней среды исследования. Проводится данный анализ в три этапа.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Данные SWOT анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Бюджетность исследования и дальнейшей эксплуатации;</p> <p>С2. Большой спектр решения задач;</p> <p>С3. Актуальное поле исследования.</p>	<p>Сл1. Для более качественного результата необходим платный софт, а также дорогостоящие снимки с высокой детализацией;</p> <p>Сл2. Трудоемкий процесс работ по методикам в ГИС;</p> <p>Сл3. Невозможность проведения корреляционных связей между данными снимка и данными с местности без специальной математической аналитики.</p>
<p>Возможности:</p> <p>1. Спрос экологических организаций, предприятий;</p> <p>2. Влияние на обучающий аспект, привлечение данного метода в основную программу мониторинга;</p> <p>3. Появление спроса у населения рассматриваемого региона к подобным исследованиям</p>	<p>Обработанная спутниковая информация может служить в качестве мониторинга загрязнения окружающей среды промышленными объектами, что может повлечь за собой к проверкам определенных предприятий или локальных территорий на моменты нарушений, утечек, превышений уровня допустимых выбросов.</p>	<p>Изменение системы методических указаний в области охраны окружающей среды;</p>
<p>Угрозы:</p> <p>1. Отсутствие спроса на результаты подобных исследований;</p> <p>2. Недостоверность информации в связи с ошибкой в работе программ.</p>	<p>Данная работа имеет актуальное значение, однако методы приведенные в ВКР не являются обязательными, а имеет превентивный характер для использования, что может повлечь отсутствие спроса</p>	<p>Поиск источников финансирования дальнейшего исследования</p>

В рамках второго этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT.

Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить – «+» или «-». Данные интерактивной матрицы исследования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта		
		С1.	С2.	С3.
Возможности проекта	В1.	+	+	+
	В2.	+	0	+
	В3.	-	+	+
Угрозы проекта	У1.	-	-	+
	У2.	0	+	+
		Слабые стороны проекта		
		Сл1.	Сл2.	Сл3.
Возможности проекта	В1.	-	+	+
	В2.	0	-	-
	В3.	+	+	0
Угрозы проекта	У1.	-	-	+
	У2.	-	+	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей.

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для определения стадии жизненного цикла научной разработки необходимо оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Оценка степени готовности представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
-------	--------------	--	---

Продолжение таблицы 6

1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	43	46

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при

оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i ,$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i – му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Вывод: Данный проект слабо проработан по критериям вопросов международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок, а также использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот. Также можно выделить проблему маркетинговых исследований рынков сбыта и проблему разработки бизнес-плана коммерциализации научной работы.

Для более масштабного исследования необходим набор команды специалистов, включающих в себя ГИС-разработчиков и экологов.

Необходимо разработать пути продвижения научной разработки на рынок и проработать вопросы возможного финансирования.

5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

Для данной научно-исследовательской работы наиболее целесообразными методами коммерциализации можно выделить инжиниринг и передачу интеллектуальной собственности в капитал какого-либо предприятия.

5.2 Инициация проекта

5.2.1 Цели и результаты проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы.

Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Информация заинтересованных сторон и ожидания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Заинтересованные стороны проекта и их ожидания

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Вспомогательный инструмент для качественно мониторинга окружающей среды
Разработчик проекта (магистрант)	Разработка методики управления обработанной спутниковой информацией в Гис для последующей эксплуатации
Возможные потребители сферы производства и людей относящихся к районам воздействия этой сферы	Появление достоверного, актуального и наглядного исследования на территории загрязнения

В таблице 8 представлена информация о целях и результатах проекта.

Таблица 8 – Цели и результат проекта

Цель проекта:	Провести мониторинг атмосферного воздуха от промышленного загрязнения при помощи спутниковой информации и геоинформационных систем на указанных территориях
Ожидаемые результаты проекта:	Создание методики
Критерии приемки результата проекта:	Создание результатов с видимым индексом NDSI
Требования к результату проекта:	Требования:
	Обработка большой базы литературных данных в области космоснимков и работ с операционными системами Гис
	Возможность проведения корреляционных связей между снимками и данными на местности
	Провести сравнение полученных данных с литературными данными

5.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые

каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Данная информация представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Язиков Е.Г., д. г-м. н., ОГ, профессор	Руководитель проекта	Координация деятельности, помощь в получении необходимых знаний и данных в области мониторинга	100
2	Рыжакина Т.Г., ТПУ, ОСГН, доцент, к.э.н.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	3
3	Скачкова Л.А., ТПУ, ОБД, ст. препод.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению раздела «Социальная ответственность»	3
4	Болсуновская Л.М., ТПУ, к.ф.н., ОИЯ, доцент	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению английской части	3
5	Егошин Э.А., ТПУ, ОГ, магистрант	Исполнитель проекта	Исследовательская часть всего проекта	1000
ИТОГО:				1109

5.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта. Факторы и ограничения представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
3.1. Бюджет проекта	2 060 000
3.1.1. Источник финансирования	НИТПУ
3.2. Сроки проекта:	30.09.2018 – 31.05.2020
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	30.09.2018
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2020

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом включает в себя:

1. иерархическая структура работ проекта;
2. контрольные события проекта;
3. план проекта;
4. бюджет научного исследования.

5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 29 представлен шаблон иерархической структуры работ по проекту.



Рисунок 29 – Иерархическая структура ВКР

5.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Календарный план проекта представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Утверждение проекта	25	05.09.2018	30.09.2018	Язиков Е.Г
1.1	Утверждение научного руководителя	5	05.09.2018	10.09.2018	Язиков Е.Г
1.2	Утверждение темы проекта	20	10.09.2018	30.09.2018	Язиков Е.Г
2	Обзор литературы	90	01.10.2018	30.12.2018	Егошин Э.А.
3	Запрос данных	180	30.09.2018	01.04.2019	Егошин Э.А.
4	Сбор софта и программ	180	30.09.2018	01.04.2019	Егошин Э.А.
5	Экспериментальная	270	02.04.2019	01.01.2020	Егошин Э.А.

	часть				
--	-------	--	--	--	--

Продолжение таблицы 11

6	Анализ и обработка данных	30	30.01.2020	30.02.2020	Егошин Э.А.
6.1	Сравнение и составление методик	60	30.02.2020	31.05.2020	Егошин Э.А.
5.2	Оформление пояснительной записки	120	01.02.2020	31.05.2020	Егошин Э.А.
5.3	Защита магистерской диссертации	1	17.06.2020	18.06.2020	Егошин Э.А.
И т о г о:		656	01.09.2018	18.06.2020	

5.3.3 Бюджет научного исследования

В эту часть включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, и информации, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода и представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Группировка затрат по статьям

Вид работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ
Поиск литературных источников	Канцелярские принадлежности	Персональный компьютер (ПК)
Запрос данных	Запрос оперативной продукции Sentinel – 1А, Канопус – В, Landsat–8 и др.	ПК, интернет ресурс, средства приема
Получение и установка софта	ArcGIS, QGIS, GRASS, SAGA, ENVI и др.	ПК, интернет ресурс
Экспериментальная часть проекта	Геоинформационные системы	ПК мат. анализ
Анализ и обработка полученных результатов с последующим сравнением	Аналитическая и сравнительные части	Математический анализ, калькулятор индексов NDSI, ПК
Составление методик	–	ПК

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам.

Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Для учета затрат на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, производится расчет стоимости материальных затрат по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Спутниковые снимки	Sentinel – 1А, Канопус – В, Landsat–8 и др.	12	1.250	15.000
Бумага офисная	Пачка	0,5	250	125
Ручка шариковая	Шт.	1	25	25
Электроэнергия	кВт	3 230	3,50	11 305
Всего за материалы				26 455
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				793
Итого по статье См				27 248

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Данные представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Спецоборудование для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Персональный компьютер LENOVO	1	45.000	45.000
2	ПО	4	17.000 – 30.000	Около 89.000
ИТОГО:				134.000

Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата работников непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{раб} ,$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, рабочих дней;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}} ,$$

где: $З_{м}$ – 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, представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	99	99
-праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
-отпуск	24	24
-невыходы по болезни	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	218	218

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

где: Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

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

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст.

преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад Z_6 определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Расчёты заработной платы приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_6 , руб.	кпр	кд	кр	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	Тр, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	50000	1	0,014	1,3	65910	3386,2	218	738191
Исполнитель	4 000	–	–	1,3	5200	267,16	218	58 240,8

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную часть включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$K_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

Форма расчёта основной и дополнительной заработной платы представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата, руб. $Z_{\text{осн}}$	738191	58 240,8
Дополнительная зарплата, руб. $Z_{\text{доп}}$	73819,1	5 824,1
Итого по статье Сзп, руб.	876075	

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (738191 + 73819,1) = 243603 \text{ руб.}$$

Накладные расходы

В данную часть включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

Где:

$K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,3 \cdot (738191 + 73819,1) = 243603,03 \text{ руб.}$$

Далее необходимо на основании полученных данных составить калькуляцию плановой себестоимости НТИ по форме, приведенной в таблице 18.

Таблица 18 – Группировка затрат по статьям

Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
27 248	134 000	738 191	73 819,1	243 603	243 603	1 339 864

5.3.5 Организационная структура проекта

В проекте используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная. Данные представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Организационная структура проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая

Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая
--	---------	---------	--------

Для данного научного проекта больше всего подходит проектная организационная структура.

5.3.6 План управления коммуникациями проекта

План формируется в случае необходимости заключения контрактов для осуществления поставок или работ по проекту. Данные по этому разделу сводятся в таблице 20.

Таблица 20 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2	Информация о текущем состоянии научного проекта	Участники проекта	Исполнителю проекта	Еженедельно (понедельник)
3	Еженедельный отчет и информация о проведенных внештатных работах	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану производства

5.3.7 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска
1	Электротравма	Поражение техническим электричеством	На здоровье человека	Высокий	Соблюдение правил техники безопасности при работе с оборудованием

Продолжение таблицы 21

2	Пожар	Короткое замыкание, перепады напряжения, не соблюдение правил пожарной безопасности	На здоровье человека, на сохранность имущества	Высокий	Проверка оборудования перед и вовремя работы
3	Отсутствие выдачи заработной платы сотрудникам	Приостановление работ	На конкурентоспособность товара	Низкий	Несколько источников финансирования

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

Эффективность научного проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

5.4.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cashflow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности инноваций используют:

1. чистый доход;
2. чистый дисконтированный доход;
3. внутренняя норма доходности;
4. потребность в дополнительном финансировании;
5. срок окупаемости;
6. индексы доходности затрат и инвестиций и др.

Чистая текущая стоимость (NPV)

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов). Расчёт NPV осуществляется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – Горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным. Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 22.

При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, амортизационное отчисления 10 %.

Таблица 22 - Расчет чистой текущей стоимости по проекту

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	1 607 837	1 607 837	1 607 837	1 607 837
2	Итого приток, руб.	0	1 607 837	1 607 837	1 607 837	1 607 837
3	Инвестиционные издержки, руб.	-1 339 864	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	3 081 723	3 081 723	3 081 723	3 081 723
5	Налогооблагаемая прибыль	0	1 473 850	1 473 850	1 473 850	1 473 850
6	Налоги 20 %, руб.	0	294 770	294 770	294 770	294 770
7	Итого отток, руб.	-1 339 864	3 376 493	3 376 493	3 376 493	3 376 493
8	Чистая прибыль, руб.	0	1 179 080	1 179 080	1 179 080	1 179 080
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-1 339 864	1 313 066	1 313 066	1 313 066	1 313 066
10	Коэффициент дисконтирования (КД)	1	0,833	0,694	0,578	0,482
11	Чистый дисконтированный денежный доход (ЧДД), руб.	-1 339 864	1 093 784	911 268	758 952	632 898
12	Σ ЧДД		3 396 902			
12	Итого NPV, млн руб.		2 057 038			

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 2 057 038 млн. рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0$$

Где: ЧДД – чистый денежный поток, млн. руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, млн. руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{3396902}{1339864} = 2,5$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности

Значение ставки, при которой NPV обращается в ноль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR.

Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или = 0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования (i) можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования (i), тем больше риск от инвестирования в данный проект.

$$\sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опт}}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+IRR)^t}$$

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость.

Данные зависимости представлены в таблице 23 и рисунке 30

Таблица 23 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	Сумма, млн. руб.
1	Чистые денежные потоки, млн. руб.	-1 339 864	1 313 066	1 313 066	1 313 066	1 313 066	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, млн. руб.						
	0,1	-1339864	1193577	1084593	986113	896824	2821242
	0,2	-1339864	1093784	911268	758952	632898	2057038
	0,3	-1339864	1009748	777335	597445	459573	1504237
	0,4	-1339864	937529	669664	477956	341397	1086682
	0,5	-1339864	875815	583001	387354	259987	766294
	0,6	-1339864	820666	512096	320388	200899	514185
	0,7	-1339864	772083	439877	266552	147063	285712
	0,8	-1339864	730065	405737	224534	124741	145214

	0,9	-1339864	690673	363719	191708	101106	7342
	1,0	-1339864	656533	328267	164133	81410	-109521

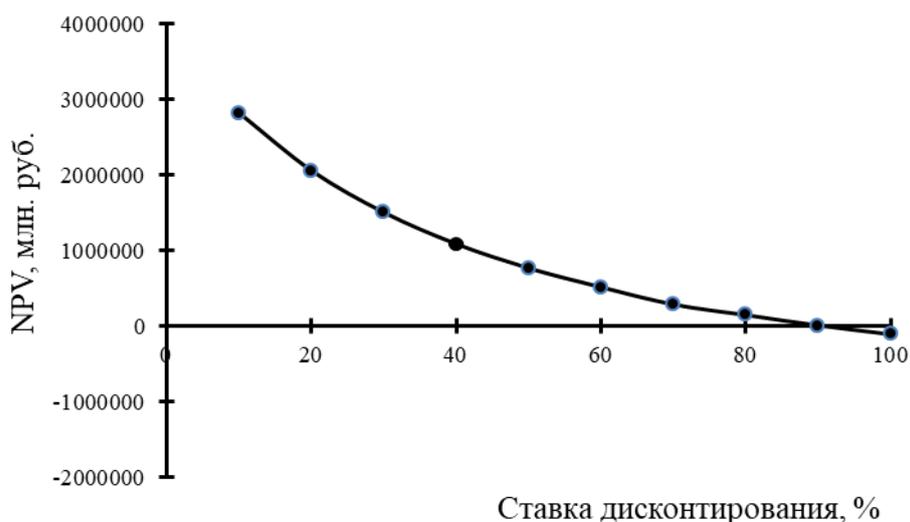


Рисунок 30 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,9. Запас экономической прочности проекта: $90\% - 20\% = 70\%$.

Дисконтированный срок окупаемости

Одним из недостатков показателя срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот. Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока, представленного в таблице 24.

Таблица 24 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный доход ($i=0,20$), млн. руб.	-1 339 864	1 093 784	911 268	758 952	632 898
2	То же нарастающим итогом, млн. руб.	-1 339 864	-246 080	665 188	1 424 140	2 057 038
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 1 + 246080/911268 = 0,27$				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Для оценки социальной эффективности научного проекта необходимо выявить критерии социальной эффективности, на которые влияет реализация научного проекта и оценить степень их влияния. Данные представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Низкая детализация необработанного снимка	Визуализированный результат обработанного снимка через NDSI
Отсутствие данной методики в открытом доступе для определения загрязнения промышленными объектами атмосферного воздуха	Уникальная разработка методик для открытого доступа

5.4.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более)

вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля). Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – Число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Точность результата	0,1	4	4	4
2. Наличие данных в свободном доступе	0,25	5	5	4
3. Простота эксплуатации	0,2	4	4	4
4. Трудозатратность	0,25	5	4	3
5. Безопасность	0,2	5	5	5
ИТОГО	1	23	22	20

Расчеты по интегральному показателю ресурсоэффективности представлены ниже.

$$I_m^p = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 = 4,7$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 = 4,45$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 = 3,95$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}; I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

Где:

$\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 27.

Таблица 27 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,68	1	0,86
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	4,45	3,95
3	Интегральный показатель эффективности	6,9	4,45	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,5	0,64	0,65

Исходя из данной таблицы можно сделать вывод, что данный вариант проекта является наиболее эффективным при решении поставленных задач выпускной квалификационной работы с позиции финансов и ресурсоэффективности.

Вывод: в ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» были рассчитаны:

- бюджет научного исследования;
- чистая текущая стоимость (NPV) равная 2 057 038млн. руб.;
- индекс доходности – 2,5;
- внутренняя ставка доходности 90 %;
- срок окупаемости – 0,27 лет.

Исходя из этого инвестиционный проект можно считать выгодным и экономически целесообразным.

6. Социальная ответственность

Данная работа направлена на исследование и моделирование спутниковой информации в области загрязнения промышленными объектами на территории Томск – Северской агломерации, а также отдельных районов Новосибирской области и г. Омск.

Целью данного раздела является анализ возможных вредных и опасных факторов, получаемых в ходе исследования и моделирования работы, а также рассмотрение вопросов по воздействию на окружающую среду, чрезвычайных ситуаций на рабочем месте, технике безопасности и оценке условий труда.

Данная работа имеет методический характер и может применяться в экологическом мониторинге для создания специализированных данных.

6.1 Правовые и организационные вопросы по обеспечению безопасности

Основным документом, регулирующим правовые особенности человека в Российской Федерации является Конституция Российской Федерации. Согласно ей, каждый имеет право свободно распоряжаться своими способностями к труду, выбирать род деятельности и профессию. Принудительный труд запрещен. Каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы. Признается право на индивидуальные и коллективные трудовые споры с использованием установленных федеральным законом способов их разрешения, включая право на забастовку. Каждый имеет право на отдых. Работающему по трудовому договору гарантируются установленные федеральным законом

продолжительность рабочего времени, выходные и праздничные дни, оплачиваемый ежегодный отпуск [22].

ТК РФ регулирует основные трудовые отношения между работником и работодателем. В эти отношения входит выполнение работником за плату трудовой функции (работы по должности в соответствии со штатным расписанием, профессии, специальности с указанием квалификации; конкретного вида поручаемой работнику работы) в интересах, под управлением и контролем работодателя, подчинении работника правилам внутреннего трудового распорядка при обеспечении работодателем условий труда, предусмотренных трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями, локальными нормативными актами, трудовым договором. [45]

Статьи № 4 и 5 ФЗ №426 «О специальной оценке условий труда» регулируют права и обязанности работника и работодателя в ходе проведения специальной оценки условий труда.

Эргономические требования.

На поведение, деятельность и самочувствие человека на работе, дома и на отдыхе оказывают влияние человеческий, технологический, экономический, экологический и организационный факторы. Изначально эргономика как наука была направлена на применение в области работы, но по мере своего развития охватила другие области деятельности человека, такие как дом и отдых. Однако, независимо от области применения, основные принципы эргономики остаются одинаковыми, хотя их относительная значимость может быть различной. Эти принципы являются основополагающими при разработке проектов, частью которых является человек, они обеспечивают оптимальную интеграцию требований и характеристик человека в проект.

Негативное воздействие на организм человека в ходе рабочего дня за компьютером заключается в мышечной и головной боли, огромной нагрузке на зрительную систему, что влечет к напряжению глазных яблок, а также отёком всего тела и болям в спине, поясничном отделе, в связи с многочасовым, неподвижным сидением на одном месте.

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы в области работы с персональными вычислительными машинами регулирует Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 03.06.2003 N 118"О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03" (вместе с "СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. 2.2.2. Гигиена труда, технологические процессы, сырье, материалы, оборудование, рабочий инструмент. 2.4. Гигиена детей и подростков. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. [39]

Требования в области обращения с персональным ПК.

ПК должны соответствовать требованиям настоящих Санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке.

Допустимые уровни звукового давления и уровней звука, создаваемого ПК, не должны превышать значений принятых нормативов.

Мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ВДТ (на электронно-лучевой трубке) при любых положениях регулировочных устройств не должна превышать 1 мкЗв/час (100 мкР/час). [1] Допустимые уровни звукового давления и уровней звука, создаваемых ПК, не должны превышать значений, представленных в Таблице 28.

Таблица 28 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПК

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

Измерение уровня звука и уровней звукового давления проводится на расстоянии 50 см от поверхности оборудования и на высоте расположения источника(ков) звука.

Конструкция ПК должна обеспечивать возможность поворота корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального наблюдения экрана ВДТ. Дизайн ПК должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПК, клавиатура и другие блоки и устройства ПК должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4 - 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. [1]

Требования к помещениям для работы с ПК.

Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Расположение рабочих мест за мониторами для взрослых пользователей в подвальных помещениях не допускается.

Площадь на одно рабочее место с компьютером для взрослых пользователей должна составлять не менее 6 м², а объем не менее 20 м³.

Помещения с компьютерами должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Для внутренней отделки интерьера помещений с компьютерами должны использоваться диффузно – отражающие материалы с

коэффициентом отражения для потолка — 0,7-0,8; для стен — 0,5-0,6; для пола — 0,3-0,5.

Поверхность пола в помещениях эксплуатации компьютеров должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическими свойствами.

В помещении должны находиться аптечка первой медицинской помощи, углекислотный огнетушитель для тушения пожара. [1]

На рабочих местах пользователей персональных компьютеров должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата в соответствии с СанПин 2.2.4.548-96.

Не следует размещать рабочие места с ПК вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПК. [1]

Требования к микроклимату.

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПК является вспомогательной, температура, относительная влажность и скорость движения воздуха на рабочих местах должны соответствовать действующим санитарным нормам микроклимата производственных помещений.

Климатические параметры в помещениях в значительной степени влияют на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, а также ненадежность работы вычислительной техники. Отклонение микроклимата в помещениях оказывает очень заметное воздействие на организм человека, ухудшается работоспособность, замедляется мыслительная деятельность, рассеивается внимание. В таблице 30 представлены оптимальные значения показателей микроклимата для помещений при проведении лабораторных и камеральных работ, в соответствии СанПиН 2.2.4.548-96. [1]

Таблица 30 - Оптимальные величины показателей микроклимата для помещений [14]

Период года	Показатель микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	23-25°С
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	20-22°С
	Относительная влажность	40-60 %
	Скорость движения воздуха	0,1 м/с

Подача воздуха в помещение осуществляется за счёт естественной вентиляции – подача в помещение свежего воздуха путем его проветривания.

Для поддержания оптимального микроклимата помещений в зимнее время года рабочие помещения должны отапливаться.

В летний период необходимо не реже одного раза в сутки проветривать помещения, а также проводить влажную уборку. Необходимо вытирать пыль с поверхности микроскопа и монитора компьютера.

Режим труда и отдыха при работе с компьютером.

Виды трудовой деятельности на ПК разделяются на 3 группы: группа А – работа по считыванию информации с экрана с предварительным запросом; группа Б – работа по вводу информации; группа В – творческая работа в режиме диалога с ПК. Данные исследования можно определить в категорию Б – работа по вводу информации.

Для данной категории при 8 – часовой рабочей смене и работе на ПК следует устанавливать перерывы через 2 часа от начала рабочей смены и через 1,5-2,0 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый или продолжительностью 10 минут через каждый час работы. При 12-часовой рабочей смене регламентированные перерывы должны устанавливаться в первые 8 часов работы аналогично перерывам при 8-часовой рабочей смене, а в течение последних 4 часов работы, независимо от категории и вида работ, каждый час продолжительностью 15 минут.

Эффективными являются нерегламентированные перерывы (микропаузы) длительностью 1-3 минуты.

Регламентированные перерывы и микропаузы целесообразно использовать для выполнения комплекса упражнений и гимнастики для глаз, пальцев рук, а также массажа. Комплексы упражнений целесообразно менять через 2-3 недели. [49]

6.2 Производственная безопасность

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм, характера реагирования организма в зависимости от интенсивности и длительности воздействия (экспозиции) данного фактора. [48] Регулирует данный вопрос ГОСТ 12.0.003-2015. В таблице 31 рассмотрены возможные вредные и опасные факторы при исследовании в данной работе.

Таблица 31 – возможные и опасные вредные факторы

Опасные и вредные факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Обзорный этап	Составление методик	Построение	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Р 2.2.2006-05
2. Монотонность работы	+	+	+	ГОСТ 12.0.002-2014 Р 2.2.2006-05

3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ Р 55710-2013 СНиП 23-05-95
4. Электрический Ток	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ГОСТ 12.1.030-81 ГОСТ 12.1.038-82
5. Пожарная опасность	+	+	+	ГОСТ 12.4.009-83 ГОСТ 12.1.004-91

Отклонение показателей микроклимата.

Микроклимат рабочей зоны имеет важное значение в ходе проведения исследования, так как оказывает влияние на самочувствие человека и работоспособность ПК. Источниками изменения микроклимата является: система вентиляции, нагревание ПК в ходе работы, отопительная система, солнце, лампы накаливания и др. Отклонения от показателей может привести к дискомфорту и быстрой утомляемости работающего. Оптимальные параметры микроклимата для рабочих зон с использованием ПК представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Оптимальные параметры микроклимата для рабочих зон с использованием ПК

Температура, град. С	Относительная влажность. %	Абсолютная влажность, г/м ³	Скорость движения воздуха. м/с
19	62	10	< 0,1
20	58	10	< 0,1
21	55	10	< 0,1

Для минимизации данных факторов предлагается частое проветривание помещения в случае повышения температуры, а также давать возможность остывать ПК для дальнейшей оптимальной работы на нем.

По необходимости можно использовать комнатные увлажнители воздуха.

Монотонность работы.

Монотонность работы проявляется из-за высокой повторяемости некоторых трудовых операций на этапе обработки спутниковой информации. Её можно рассматривать как фактор утомляемости трудящегося.

Монотонная работа вызывает усталость и утомляемость, что ведет в свою очередь к сонливости, апатии, скуке, снижению мышечного тонуса, уменьшению потребления кислорода, а это приводит к снижению работоспособности и производительности, ухудшению качества продукции, понижению внимательности, повышению заболеваемости, снижению инициативы.

В качестве уменьшения фактора монотонности стоит учитывать в первую очередь психофизиологические явления, возникающие в организме человека, подверженного данному фактору. Исходя из данных наблюдений необходимо разработать комплекс мероприятий, направленных на бодрствование, обеспечение оптимальной нагрузки и двигательной функции, и совершенствование технологических процессов. Также, в качестве повышения внимательности необходимо делать периодические перерывы на физические упражнения или иного рода действия. [49]

Недостаточная освещенность рабочей зоны.

Недостаточная освещенность вредный физический фактор, который может вызвать нарушение зрительной функции и понижение качества исследования. [7] Основным источником освещения в данной работе является освещение от люминесцентных ламп. Тип освещения на рабочей зоне можно назвать совмещенным.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Регулирует освещенность рабочей зоны СНиП 23-05- 95 [7]. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 -

500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. [7].

К системам освещения предъявляются следующие требования:

- соответствие уровня освещенности рабочих мест по характеру выполняемой зрительной работы;
- достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве;
- отсутствие резких теней, прямой и отраженной блёскости (повышенной яркости светящихся поверхностей);
- постоянство освещенности во времени;
- оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока.

В качестве регулирования данного фактора необходимо заблаговременно менять лампы, уменьшать или увеличивать количество осветительных приборов, регулярно мыть окна, а также регулировать рабочую зону на момент предметов с высокой отражательной способностью.

Электрический ток.

Источником электрического тока является ПК, а также провода и розетки. При непосредственном контакте с электрическим током последствия для человека носят разный характер. От малой электротравмы до смерти.

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает три вида воздействия:

- термическое – ожоги разных форм, перегревание кровеносных сосудов и нарушение функциональности внутренних органов;
- электролитическое – расщепление крови и иной органической жидкости в тканях организма;
- биологическое – нарушение нормальной работы мышечной системы, вызывая непроизвольные судорожные сокращения мышц.

При работе с источниками электрического тока необходимо соблюдать правила электробезопасности, которые регламентированы в ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [11]

Для обеспечения безопасности необходимо проверять оборудование перед использованием, следить за показателями нагрузки электросети, следить за исправностью электропроводки и розеток, а также соблюдать основные правила электробезопасности.

Пожарная опасность.

Источником пожароопасной ситуации может стать ПК, неисправная проводка, поврежденная розетка, неправильное обращение с электроприборами и др. Согласно ФЗ-69 статье 25 в образовательных организациях проводится обязательное обучение обучающихся мерам пожарной безопасности. Органами, осуществляющими управление в сфере образования, и пожарной охраной могут создаваться добровольные дружины юных пожарных. Порядок создания и деятельности добровольных дружин юных пожарных определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере общего образования, по согласованию с федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области пожарной безопасности. [46]

При возникновении пожара необходимо следовать инструкции о соблюдении правил пожарной безопасности. Необходимо позвонить по телефону пожарной службы, назвать свой точный адрес, оповестить всех о случившемся, организовать эвакуацию граждан, документов и материальных ценностей, принять меры по ликвидации пожара. [22]

В целях недопущения подобных ситуаций необходимо соблюдать правила пожарной безопасности и следить за электроприборами, а также за нагрузкой на электросеть, чтобы не допустить короткого замыкания.

6.3 Экологическая безопасность

В ходе исследования и дальнейшей работы негативное воздействие на окружающую среду оказывается в пределах нормы, так как основная работа проводится на персональном компьютере. В ходе работы образовывались отходы V класса опасности, а именно бумага и ее обрезки, отходы от канцелярских принадлежностей, отходы от продуктов питания, отходы от уборки помещений.

Данные отходы были собраны и накоплены согласно статье 22 Федерального закона 52-ФЗ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения. Далее были временно помещены в специализированные контейнеры для дальнейшей транспортировки, обработки, утилизации или размещения. Федеральный закон 89 – ФЗ "Об отходах производства и потребления" не устанавливает специальных требований по транспортированию отходов V опасности. [47]

В данном законе прописаны общие условия, действительные для отходов V класса опасности. В них входят:

- Наличие специально оборудованных транспортных средств;
- соблюдение требований безопасности к транспортированию отходов на транспортных средствах;
- наличие документации для транспортирования и передачи отходов с указанием количества транспортируемых отходов, цели и места назначения их транспортирования.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятным источником чрезвычайной ситуации является пожар. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ регулирует общие принципы обеспечения пожарной безопасности и правил поведения по техническому регулированию. [49]

Правовой основой технического регулирования в области пожарной безопасности являются Конституция Российской Федерации, общепризнанные принципы и нормы международного права, международные договоры Российской Федерации, Федеральный закон "О техническом регулировании", Федеральный закон "О пожарной безопасности" и настоящий Федеральный закон, в соответствии с которыми разрабатываются и принимаются нормативные правовые акты Российской Федерации, регулирующие вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов защиты. [49]

Источником пожара могут стать искры из-за короткого замыкания в ПК и его прикладных частях, питающиеся от электросети. Случится короткое замыкание может из-за резкого скачка электроэнергии или неполадок в самой электросети. Также источниками пожара могут стать осветительные приборы, соприкасающиеся с тканью, например, накрытая лампа освещения, которая при контакте может нагревать накрытый ее материал до высокой температуры.

Чтобы избежать пожароопасной обстановки необходимо следовать правилам техники безопасности, прописанным в Федеральном законе от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 27.12.2019) "О пожарной безопасности". [47]

В случае возникновения пожара нужно действовать согласно «Инструкции о действиях работников в случае возникновения пожара»:

1. Незамедлительно сообщить об этом по телефону 01/101 или 112 в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес объекта, место

возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию), поставить в известность службу охраны и покинуть здание.

2. В случае сильного задымления и ограниченной видимости не следует паниковать, надо лечь на пол (для того, чтобы не задохнуться т.к. дым висит над полом примерно в 30-ти сантиметрах и в этой зоне можно дышать) и осмотреться, сориентироваться в помещении, определить направление движения к выходу и покинуть помещение.

3. Принять по возможности меры по эвакуации людей и материальных ценностей в соответствии с планом эвакуации и реально создавшейся ситуацией.

4. По возможности отключить электроэнергию и приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения, не подвергая свою жизнь опасности. [46]

Вывод

В ходе написания раздела «Социальная ответственность» в магистерской выпускной квалификационной работе были рассмотрены и описаны правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности рабочей зоны исследования. Был проведен анализ вредных и опасных факторов, возникающих в ходе работы, таких как:

1. Отклонение показателей микроклимата
2. Монотонность работы
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны
4. Электрический Ток
5. Пожарная опасность

На основании регламентирующих документов были обоснованы мероприятия по защите и уменьшению негативного воздействия опасных и вредных факторов на работника исследования.

Было выявлено что проводимое исследование не оказывает негативного воздействия на окружающую среду.

Также рассмотрен возможный вариант развития чрезвычайной ситуации, такой как пожар на рабочем месте.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был изучен литературный материал в области исследования дистанционного зондирования земли и использования спутниковых данных для оценки загрязнения снегового покрова. Были рассмотрены основные спутниковые комплексы, наиболее относящиеся к теме исследования, а так же основные зарубежные и отечественные организации, предоставляющие различную оперативную спутниковую информацию, и их продукты.

Также была разработана и использована методика для возможности оценки загрязнения снегового покрова путем расчета индекса NDSI на исследуемых территориях на начало таяния снега. Это связано с тем, что при снеготаянии происходит быстрое снижение отражательной способности подстилающей поверхности. В результате методики по данным космического зондирования и дальнейшего расчета NDSI снегового покрова, можно сделать выводы об оценке состояния атмосферного загрязнения исследуемых территорий.

При расчете индекса загрязнения снега на территории Томск-Северской агломерации значение NDSI находится в интервале 0,4-0,8, что характеризует участки с загрязнением снегового покрова и участки с чистым снегом, имеющим хороший показатель отражательной способности. Основными объектами с загрязненным снеговым покровом на территории Томск-Северской агломерации являются дорожные покрытия, что напрямую связано с выхлопными газами от автомобильного транспорта, а также работами жилищного коммунального хозяйства по посыпке дорог песчано-солевой смесью. Выделены участки с сильным загрязнением снегового покрова с показателем NDSI от 0 до 0,2-0,3. Это территория ГРЭС-2, территории Томского кирпичного завода и Карьеруправления, золошлаковый отвал от ТЭЦ г. Северск, а также территория деревообрабатывающей компании г. Томск.

Также для примера были исследованы территории г. Омск с использованием сужения яркостного диапазона. И рассчитаны показатели NDSI для промышленной зоны Новосибирского электродного завода и прилегающих территорий, включая промышленную дорогу для перевозки сырья.

В ходе совместных исследований со специалистами в данной области, было установлено, что содержание элементов в снежном покрове неоднозначно фиксируется дистанционными индексами. Отношение Nir/Green реагирует на изменение содержания в талой воде ассоциации элементов, включающей Cd, Ni, V, Cu, Li, Mg, Fe, Al. Индекс Swirl/Green в равной степени реагирует как на предыдущую группу, так и на ассоциацию W, Ti, Co, Sn. Оба индекса реагируют слабо на изменения группы Ba, Mn, Mo, Cr, Mg. Данные ассоциации элементов в снеге сформированы за счёт поступления их в снежный покров из разных источников. Эти источники могут воздействовать как по отдельности, так и накладываться друг на друга.

В результате исследования можно говорить о возможности создания комплексной методики мониторинга загрязнения как урбанизированных территорий, так отдельных промышленных объектов, на основании данных дистанционного зондирования земли и химического анализа отобранных проб снегового покрова, с дальнейшим установлением спектральных свойств элементов.

Использование спутниковой информации широко распространено для оценки и состояния окружающей среды. Для более детальных экологических исследований необходимо использовать снимки спутников, имеющих высокоточное пространственное разрешение, например снимки спутников Ресурс-П и Канопус-В. Такими данными обладают специализированные организации, например, НИЦ «ПЛАНЕТА», куда можно отправить запрос на получение данных для экологических исследований. В будущем подобные исследования могут проводиться при помощи использования нейросети.

В работе использовались данные дистанционного зондирования и стабильные версии ГИС, а именно: GRASS GIS 7.2.1, QGIS 3.12.3, SAGA GIS 2.3.2, ENVI 4.7, ArcGIS. Используемая операционная система – Windows 10.

Список литературы

1. Бортникова С.Б., Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий / С.Б. Бортникова, В.Ф. Рапута, А.Ю. Девятова, Ф.Н. Юдахин // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2009. № 6. с. 515-525.
2. Брюханов А.В. Господинов Г.В., Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы в географических исследованиях. М.: МГУ, 1982. 232 с.
3. Бураков Д.А. Методика определения заснеженности речного бассейна по спутниковым данным для оперативных прогнозов стока / Д.А. Бураков, В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин, В.Ю. Ромасько, И.В. Ратненко // Метеорология и гидрология. 1996. № 8. с. 100-109.
4. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 182 с.
5. Василевич М.И., Применение спутниковых методов исследований при оценке загрязнения снежного покрова вокруг промышленных предприятий в тундровой зоне / М.И. Василевич, В.М. Щанов, Р.С. Василевич // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 2. с. 50-60.
6. Василевич М.И., Безносиков В.А., Кондратенок Б.М. Химический состав снежного покрова Европейского северо-востока России. Lambert Academic Publishing, 2012. 146 с.
7. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с.
8. Геоинформационные системы. Обзорная информация. М.: ЦНИИГАИК, 1992., 52 с.
9. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.2.542-96.

10. ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.

11. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

12. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2017 году» / глав. ред. Ю. В. Лунева; редкол.: Ю. В. Лунева, Н. А. Чатурова; сост. Н. А. Чатурова; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». Томск: Дельтаплан, 2018. 158 с.

13. Дергачёва Е.А. Техногенное общество и противоречивая природа его рациональной трансформации: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата философских наук : спец. 09.00.11. - Брянск, 2005. - 195 с.

14. Доклад об экологической ситуации в Омской области за 2018 год. / Министерство природных ресурсов и экологии Омской области. – Омск: ООО «Омскбланкиздат», 2019. 318 с.

15. Жиров, О.Б. Гонтарь, Е.А. Святковская // Вестник МГТУ. 2015. Т. 18. №2. с. 328 – 334.

16. Замай С.С. Модели оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами в информационно-аналитической системе природоохранных служб крупного города: учеб. пособие / С.С. Замай, О.Э. Якубайлик. Красноярск: КГУ, 1998. 109 с.

17. Замятин А.В., Марков Н.Г. Анализ динамики земной поверхности по данным дистанционного зондирования Земли. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 176 с.

18. Исаев А.С., Сухих В.И., Калашников Е.Н. // Аэрокосмический мониторинг лесов. М.: Наука, 1991.

19. История развития ГИС [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gistechnik.ru/istoriya-gis-2> – свободный. Дата обращения: 14.11.2019 г.

20. Касимов Н.С. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы / Н.С. Касимов, Н.Е. Кошелева, Д.В. Власов, Е.В. Терская // Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2012. № 4. С.14–24.

21. Коковкин В.В. Экспериментальное и численное исследование загрязнения снегового покрова в окрестностях Новосибирского электродного завода / В.В. Коковкин, В.Ф. Рапута, С.Е. Олькин // Интерэкспо Гео-Сибирь. Т. 1. № 4. 2012. с. 138-143.

22. Конституция Российской Федерации (1993). Конституция Российской Федерации: принята всенар. голосованием 12.12.1993 г. / Российская Федерация. Конституция (1993). М.: АСТ: Астрель, 2007. 63 с.

23. Крутских Н.В. Использование космоснимков Landsat для геоэкологического мониторинга урбанизированных территорий / Н.В. Крутских, И.Ю. Кравченко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 159-168.

24. Крылова А.И. Планирование и анализ подфакельных наблюдений концентрации примеси в атмосфере / А.И. Крылова, В.Ф. Рапута, И.А. Суторихин // Метеорология и гидрология. 1993. № 5. С. 5-13.

25. Лагутин А.А. Мониторинг крупных промышленных центров юга Западной Сибири с использованием данных MODIS и наземных наблюдений / А.А. Лагутин, И.А. Суторихин, В.В. Синицин, А.П. Жуков, И.А. Шмаков // Оптика атмосферы и океана. 2011. №24. С. 60–66.

26. Леженин А.А. Мониторинг аэрозольного загрязнения снежного покрова на основе наземной и спутниковой информации / А.А. Леженин, Т.В. Ярославцева, В.Ф. Рапута // Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2016 С. 10-18.

27. Лозовик П.А. Поступление химических веществ с атмосферными осадками на территории Карелии / П.А. Лозовик, И.Ю. Потапова // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. №1. С. 111–118.
28. Лурье, И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: учебник / И.К. Лурье. М.: КДУ, 2008. 424 с
29. МР 5174-90. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве, Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов АН СССР. От 15.05.1990.
30. Оперативная продукция [Электронный ресурс]. URL: <https://rcpod.ru/index.html> – свободный. Дата обращения – 18.10.2018 г.
31. Основы геоинформатики: В 2 кн.: учебное пособие для студентов вузов / В.С. Тикунов и др.; Под общ. ред. В.С. Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. Кн. 1. 352 с.
32. О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2017 году – Новосибирск, 2018 – 235 с.
33. Петрухин В.А. Фоновое загрязнение тяжелыми металлами природных сред в бассейне Верхней Волги / Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 1 Под ред. Ю.А. Израэля. Л.: Гидрометеиздат. 1982. С. 147-165.
34. Потапов В.П. Применение данных дистанционного зондирования для оценки экологического состояния природных объектов в угледобывающем регионе в зимние периоды времени / В.П. Потапов, О.Л. Гиниятуллина, А.А. Быков, Н.В. Андреева // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: Материалы международной научной конференции. Красноярск, 2014. С. 32–35.
35. Прокачева В.Г., Усачев В.Ф. Снежный покров в сфере влияния города. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 176 с.

36. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г. Сухих Ю.И., Барановская Н.В., Волков В.Т., Волкова Н.Н., Архангельский В.В., Архангельская Т.А., Денисова О.А., Шатилов А.Ю., Янкович Е.П. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения. 216 с., 111 илл., Томск, 2006 г.
37. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Под ред. А.Д.Семенова. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 540 с.
38. Салтан Н.В. Химический состав снега на урбанизированных территориях в условиях Крайнего Севера / Н.В. Салтан, Е.П. Шлапак, В.К. Жиров // Вестник МГТУ. Т. 18. № 12. 2015. с. 328-334.
39. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03" (вместе с "СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. 2.2.2. Гигиена труда, технологические процессы, сырье, материалы, оборудование, рабочий инструмент. 2.4. Гигиена детей и подростков. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы";
40. Созвонд [Электронный ресурс]. – URL: <https://sovzond.ru/press-center/articles/ers/5823/> - свободный. Дата обращения – 09.10.2019.
41. Соляник Н.А. Информационная система прогнозирования состояния атмосферного воздуха г. Саратова / Н.А. Соляник, В.А. Кушников, Н.С. Пряхина // Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2005. с. 153-156.
42. Сухинин А.И. Космический мониторинг снегового покрова Сибири по данным радиометра MODIS / А.И. Сухинин, М.В. Воробьева, Е.А. Охоткина // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. 2011. №4. с. 90–96.
43. Таловская А.В. Динамика элементного состава снегового покрова на территории северо-восточной зоны влияния Томск-Северской

промышленной агломерации / А.В. Таловская, Е.А. Филимоненко, Е.Г. Язиков // Оптика атмосферы и океана. 2014. № 6. с. 491-495.

44. Таловская А.В. Экспериментальные и численные исследования длительного загрязнения снегового покрова ураном и торием в окрестностях теплоэлектростанции (на примере Томской ГРЭС-2). / А.В. Таловская, В.Ф. Рапуга, Е.А. Филимоненко, Е.Г. Язиков // «Оптика атмосферы и океана», 26, № 8 (2013), С. 642-646.

45. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).

46. Федеральный закон "О пожарной безопасности" от 21.12.1994 N 69-ФЗ.

47. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 07.04.2020) "Об отходах производства и потребления".

48. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

49. Фролов А.В. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда / А.В. Фролов, Т.Н. Балаева. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. 751.

50. Харук. В.И., Винтербергер К., Цибульский Г.М., Яхимович А.П., Анализ техногенной деградации притундровых лесов по данным съемки из космоса // Исследование Земли из космоса. 1995. С. 91.

51. Чепелев О.А. Изучение связи запыленности снега с его спектральной отражательной способностью / О.А. Чепелев, О.М. Ломиворотова, П.А. Украинский, Э.А. Терехин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. №1. с. 1162-1166.

52. Шевырногов А.П., Сидько А.Ф. Спектральная яркость растений как основа дистанционной диагностики посевов сельскохозяйственных культур / ДАН. 1997. Т. 354, № 1. с. 118.

53. Языков Е.Г. Экогеохимия территорий Западной Сибири: монография / Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publisching GmbH Co. KG, Germany. 2011. 360 с.

54. Ярославцева Т.В. Использование космоснимков и наземных наблюдений для анализа полей длительного загрязнения снежного покрова города / Т.В. Ярославцева, В.Ф. Рапута // Интерэкспо ГЕО-Сибирь, Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 25.04.2015 г. – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. Т 3. с. 28-33.

55. Ярославцева Т.В. Восстановление полей длительного загрязнения атмосферного воздуха промышленного города по спутниковым наблюдениям состояния снежного покрова / Т.В. Ярославцева, В.Ф. Рапута // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. Т. 1. с. 50–54.

56. Ярославцева Т.В. Закономерности длительного загрязнения атмосферы и снежного покрова г. Новосибирска / Т.В. Ярославцева, В.Ф. Рапута // Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология: сб. материалов Междунар. науч. конф. В 2 т. – Новосибирск: СГУГиТ, 2014. – Т. 2. – С. 44-49.

57. Ahmad, A., Hashim, M., Hashim, Md. N., Ayof, Md. N. & Budi, A. S. (2006). The Use of Remote Sensing and GIS to Estimate Air Quality Index (AQI) Over Peninsular Malaysia. Proc. Map Malaysia 2006, held in Kuala Lumpur, Malaysia.

58. BAUMGARTNER. M. F., 1990, Snowmelt runoff simulations based on snow cover mapping using digital Landsat·MSS and NOAA·AVHRR data.

Technical Report HL-16. U.S. Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service, Hydrology Laboratory, Beltsville. Maryland, USA

59. BAUMGARTNER, M. F. and RANGO. A. 1991, Snow cover mapping using micro-computer image processing systems. *Nordic Hydrology*, 22, 193-210.

60. Bellander et al., 2001 T. Bellander, N. Berglind, P. Gustavsson, T. Jonson, F. Nyberg, G. Pershagen, L. Järup Using geographic information systems to assess individual historical exposure to air pollution from traffic and house heating in Stockholm *Environmental Health Perspectives*, 109 (6) (2001), pp. 633-639

61. Chander, G., & Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM Radiometric calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674-2677.

62. Congalton, 1991 R.G. Congalton A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data *Remote Sensing of Environment*, 37 (1991), pp. 35-46.

63. Coward S.N. et al. Normalized Difference Vegetation Index Measurement from the Advanced Very High Resolution Radiometer // *Remote Sensing Environment*. 1991. V. 35. 237 P.

64. Dmitriev A.V., Dmitriev V.V., Korrelyatsiya dinamiki snegotayaniya i sodержaniya pylevykh veshchestv v snegu vokrug g. Omska (Correlation of the dynamics of snow melting and the content of dust substances in the snow around Omsk), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Vol. 1, No. 5, pp. 84-91.

65. FERRIS. J. S., and CONGALTON, R. G., 1989, Satellite and geographic information system estimates of Colorado river basin snow pack. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 11, 1629-1635.

66. Hall et al., 2001 D.K. Hall, G.A. Riggs, V.V. Salomonson, J.S. Barton, K. Casey, J.Y.L. Chien, N.E. DiGirolamo, A.G. Klein, H.W. Powell, A.B.

TaitAlgorithm theoretical basis document (ATBD) for the MODIS snow and sea ice-mapping algorithms.

67. Hall D.K., Riggs G.A., Salomonson V.V., DiGirolamo N.E., Bayr K. J., Jin J.M. MODIS snow-cover products // Remote Sensing of Environment. 2002. V. 83. No. 1. P. 181–194.

68. Hartman et al., 1996 R.K. Hartman, A.A. Rost, D.M. Anderson Operational processing of multi-source snow data Third International Conference/Workshop on Integrating Geographic Information Systems and Environmental Modeling. Santa Fe, NM, January 21–26, 1996. Santa Barbara, CA(1996).

69. Hogda, K. A., Tommervik, H., Solheim, I., & Lauknes, I. (1995). Mapping of air pollution effects on the vegetation cover in the Kirkenes Nickel area using remote sensing. Proc. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 95. Quantitative Remote Sensing for Science and Applications, 2, 1249-51.

70. Kartushinskiy A.V. Time-Space Structure and Variability of Surface Temperature Frontal Zones In Ocean (Based on AVHRR Satellite Data) // Adv. Space Res. 2000. V. 25. 1107 P.

71. Klein et al., 1998 A.G. Klein, D.K. Hall, G.A. Riggs Improving snow-cover mapping in forests through the use of a canopy reflectance model Hydrological Processes, 12 (1998), pp. 1723-1744

72. Kokhanovsky A.A., Breon F. – M., Cacciari A., Carboni E., Diner E., Nicolantonio W.Di, Grainger R.. Aerosol remote sensing over land: A comparison of satellite retrievals using different algorithms and instruments. Institute of Environmental Physics, O. Hahn Allee 1, D-28334 Bremen, Germany. P. 372 – 394.

73. Kokhanovsky A. Spectral reflectance of solar light from dirty snow: a simple theoretical model and its validation // Cryosphere, 2013. № 7. pp. 1325–1331.

74. Light scattering, radiative transfer, and remote sensing [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sites.google.com/site/kokhanovsky2016/1987/dr-alexander-a-kokhanovsky> – свободный. Дата обращения: 06.07.2019.

75. MARTINEC, J., RANGO, A., and MAJOR, E., 1983, The snowmelt runoff model (SRM) user's manual. NASA Reference Publ. 1100, Scientific and Technical Information Branch, NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, U.S.A.

76. MONITORING OF WASTE DUMPS USING MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGERY [Электронный ресурс]. – URL: <https://eos.com/environment-pollution-and-climate/monitoring-of-waste-dumps-using-multispectral-satellite-imagery/> - свободный. Дата обращения: 24.12.2018 г.

77. Mozumder, C., Reddy, K.V. & Pratap, D. Air Pollution Modeling from Remotely Sensed Data Using Regression Techniques. J Indian Soc Remote Sens 41, 269-277 (2013).

78. Negi, H. S., Kulkarni, A. V., & Semwal, B. S. (2009). Estimation of snow cover distribution in Beas basin, Indian Himalaya using satellite data and ground measurements. Journal of Earth System Science, 118(5), 525-538.

79. Pei Hao; Han Jinwei; Li Yunpeng (Inner Mongolia Monitoring and servlcc Centre of Metcorological Disasters);STUDY ON SNOW BY METEOROLOGICAL SATELLITE[J];JOURNAL OF ARID LAND RESOURCES AND ENVIRONMENT;1994-02

80. Potapov V.P., Giniyatullina O.L., Bykov A.A., Andreeva N.V., Primenenie dannykh distantsionnogo zondirovaniya dlya otsenki ekologicheskogo sostoyaniya prirodnykh ob"ektov v ugledobyvayushchem regione v zimnie periody vremeni (Application of remote sensing data to assess the ecological status of natural sites in the coal-mining region in winter periods), Regional'nye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli. Materialy konferentsii (Proc. Conf.

“Regional problems of remote sensing of the Earth”), Krasnoyarsk, 2014, pp. 32–35.

81. Ruru, D., & Shouping, X. (2005). The Coupled Model of Atmosphere and Ground for Air Pollution Remote Sensing and Its Application on Guangdong Province, China. Proc. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS'05, IEEE International, 7, pp. 5133–5136.

82. Sinergize [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sinergise.com/en>, для доступа к информационным ресурсам требуется авторизация. Дата обращения: 13.04.2020 г.

83. USGS [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.usgs.gov/about/about-us>, для доступа к информационным ресурсам требуется авторизация. Дата обращения: 24.12.2018.

84. WANG Wei, FENG Qi-sheng, ZHANG Xue-tong, YU Hui, Lü Zhi-bang(College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University; Key Laboratory of Grassland Agro-Ecology System, Ministry of Agriculture, Lanzhou Gansu 730020,China);Accuracy Analysis of Snow Cover Based on MODIS and AMSR-E in Qinghai Province[J];Journal of Glaciology and Geocryology;2011-01

85. Wiegand C.L. et al. Vegetation Indices in Corp Assessments // Remote Sensing Envroment. 1994. 150 P.

86. Wong, D. W., Yuan, L., & Perlin, S. A. (2004). Comparison of spatial interpolation methods for the estimation of air quality data. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 14(5), 404-415.

87. XU Gen-sheng et al (Yongzhou Meteorological Bureau, Yongzhou, Hunan 425000);Accuracy Analysis of MODIS Snow Cover Products Based TM Data[J];Journal of Anhui Agricultural Sciences;2012-20

88. ZHANG Xu^{1,2},TANG Hong³,ZHAO Xiang³,ZHOU Ting-gang^{1,2}(1.School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715,China;2.Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir

Region(Ministry of Education),Chongqing 400715,China;3.Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Beijing Normal University, Beijing 100875,China);SUB-PIXEL SNOW COVERAGE AND CORRELATION FACTORS ANALYSIS BASED ON MODIS AND HJ-1-B DATA[J];Resources and Environment in the Yangtze Basin;2010-05

Приложение А

(справочное)

Тема

Remote sensing of the Earth and geoinformation systems

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ81	Егошин Эдуард Анатольевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Языков Егор Григорьевич	д-р геол.- минерал. наук		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Болсуновская Людмила Михайловна	к.ф.н		

INTRODUCTION

From the first days of its appearance, a person has a negative impact on the environment, increasing the anthropogenic load by the invention of new technologies and devices. Currently, the human impact on the environment leads to a comprehensive change in our planet. Changes in natural environments and disruption of the planet's biogeochemical cycles occur due to deforestation, drainage of water bodies, contamination of og territories with various pollutants, etc. One of the leading environmental pollution is air pollution by anthropogenic emissions. Into the atmosphere every day are emitted tons of various pollutants of different quantitative and qualitative composition. Using the flow of air masses, pollutants are carried over long distances and accumulate in various natural environments, changing their elemental composition.

Today, there are a large number of monitoring systems for various natural objects and sources of environmental pollution. One of such systems is monitoring of air pollution using remote sensing of the earth with further data processing in geographic information systems. Satellite data has several advantages. Thanks to them, it is possible to monitor distant objects that are outside the urban infrastructure. Today it is possible to obtain satellite images of almost anywhere on the planet, since about 95% of the globe is sensed by space satellites. Another significant advantage is the low cost of using satellite sounding data and a huge amount of information for solving various problems.

The content of substances in the snow cover is the only material for assessing atmospheric pollution in winter. Natural dust emission from the territory is minimized, and particles floating in the air are mainly of technogenic origin. Solid and aerosol particles of pollutants deposited from atmospheric air are deposited in the snow cover. Snow cover is the most informative indicator of air pollution due to its high absorption capacity.

The relevance of research. Based on the foregoing, the creation of a monitoring system technique based on remote sensing data by calculating the

normalized differential snow index and snow cover pollution index is more relevant than ever. To date, there are no such satellite devices in the world that could accurately detail the qualitative composition of pollution, but today, high-precision modules can determine approximate associations of elements on the snow cover, due to their reflectivity. Thus, thanks to satellite images, it will be possible in the future to classify pollution sources by their elemental composition. This work is methodological and can be used to create a better and more flexible program for monitoring atmospheric air from pollution by industrial facilities, both within the city and at individual enterprises and sites.

The object of this study is the territory of the Tomsk-Seversk agglomeration, as well as data on the Omsk region, Novosibirsk and Kemerovo regions and the Krasnoyarsk Territory.

The subject of the study is satellite images and metadata of various satellites of different detail and resolution.

Purpose of work – the creation of a technique for working with remote sensing data, for modeling maps with the calculated normalized differential snow index in the studied territories, as an estimate of atmospheric air pollution by industrial facilities.

Research objectives:

- review of literature data in the field of monitoring of snow cover using data from remote sensing and modeling in geographic information systems;
- a review of organizations, spacecraft, the information receiving equipment, operational products and geographic information systems;
- development of methods in the field of atmospheric air monitoring based on satellite information;
- selection of a territory based on satellite imagery for conducting atmogeochemical studies of the snow cover;
- development of the chapter “Financial Management, Resource Efficiency and Resource Saving”;

– development of the chapter “Social Responsibility”.

Scientific novelty of the work:

– development of a technique for using satellite imagery for monitoring atmospheric air by industrial facilities through the NDSI calculation, through which it is possible to classify contaminated sites in the study area;

– the use of unique maps for conducting atmogeochemical studies;

– calculation of the snow pollution index in the studied territories.

The practical significance of the work. This technique can serve as a tool for obtaining specific metadata, as well as for training in working with geographic information systems. The results of the study may serve as additional information for conducting atmogeochemical studies.

Actual materials and research methods. The actual research material is the global geodata of space sensing of foreign and domestic spacecraft Landsat 5,7,8., Sentinel-1A., Canopus-B1., Terra (ASTER-MODIS), as well as many other third-party resources, for example, Glovis, Earth Observing System, Google Earth, etc.

In total, throughout the study, more than 30 archives of satellite data for the studied territories were processed. The work was carried out in such geographic information systems as ArcGIS, QGIS, GRASS, SAGA, ENVI, etc.

The research method of this work is mathematical modeling and calculation of a standardized index of differences in snow cover (NDSI) from pollution by industrial facilities. The issue of correlation between the data obtained on the ground and the sensing data of satellite devices is considered.

The author’s contribution to this study is the direct development of a method for obtaining and creating specialized snow cover maps based on remote sensing data using GIS. Data on the studied territories were requested by the author from various resources, including commercial ones. For a more complete presentation of the differences in the final results, the study involved six different geographic information systems and more than six satellites.

The research materials were presented by the author at the International Symposium named after the academician M.A. Usov in 2019-2020 in the city of Tomsk.

1. REMOTE SENSING OF THE EARTH AND GEOINFORMATION SYSTEMS

1.1 the history of the development of geographic information systems

Geographic Information Systems (GIS) is a hardware-software complex that collects, stores and processes information about spatially distributed objects that have a coordinate description. In modern literary sources, there are three main periods of development of geographic information systems and technologies.

The first stage, or as it is also called the «pioneer period», is referred to the end of the 50s – the beginning of the 70s of the XX centuries. This period is considered explosive for cartography and geographic information technologies, because at that time, computer and information technologies began to be widely used in various spheres of human life. Such technological innovations as the first electronic computers, large graphic displays, various peripheral devices for surface analysis ect., were used for the first time. An important role was played by scientific and theoretical research in the field of cartography, as well as the use of computer technology in geography. Leading experts of this period were such scientists as William Harrison, Harolt McCarthy, Jan Magharg and Torsten Hagerstrand.

In the 60s, in Canada, a geographic information system was created, referred to as the «Geographic Information System of Canada, CGIS.» The creation of this GIS served as the beginning of the development of such a science as geoinformatics. Its creator is a leading GIS developer, Roger Tomlinson. The first GIS was intended to study the data of the land cadastre of Canada, and to obtain statistical indicators for further land management.

The main tasks of the first GIS were to find a solution to input the source data into the program, displaying cartographic and thematic information. At this stage, for the first time, it was proposed to divide the cartographic information into several layers of various subjects, which in geoinformatics led to the division of information about the location of objects and their data. It was the Canadian scientists who for the first time were able to develop a system that possessed functions and algorithms for polygonal operations, with the calculation of areas and other indicators when working with geodata [19].

At the same time, the Harvard Laboratory of Computer Graphics and Spatial Analysis was engaged in research in the field of geodata and geographic information systems, during which huge conceptual and practical knowledge was acquired in the field of sensing satellite information and GIS. These developments allowed in the 80s to make a significant breakthrough in software development [19]. GIS software developed by the Harvard Laboratory has been recognized by scientists and has been used around the world. They laid the foundation for the development of a huge number of different types of GIS software. It was in this laboratory that Dana Tomlin laid the foundations of cartographic algebra, creating the famous family of raster software tools Map Analysis Package.

The next stage in the development of GIS is considered to be the “period of state initiatives” (from the 70s to the beginning of the 80s). This period is characterized by the development and further development of large geoinformation projects with state support. At the same time, there is an increase in the number of institutions in the field of remote sensing and GIS.

In the USA, the scientific community actively discussed the idea of using GIS in the processing and provision of data from National Censuses (U.S. Census Date). For experts, the task was set to develop such a technique that would allow the cartographic “linking” of the census. The main problem was the task of translating the addresses of citizens into a system of geographical coordinates, for further detail and maintaining an electronic map of the United States. Thanks to the

GIS, in 1970 a large-scale work was carried out to process the results of the census, and cartographic data were developed in the special DIME format (Dual independent Map Encoding). The peculiarity of this format was that it included the rectangular coordinates of intersections dividing the streets into separate areas of cartographic fields. The development of the DIME format and its use in the POLYVRT software product allowed to increase the growth of research work in the field of GIS use, which were based on street network databases. The use of GIS for censuses in the US allowed the creation of atlases of several major US cities and simplified electronic maps for trading and transport companies. In addition to the use of GIS in population censuses and cadastration, the issues of the operation of navigation systems with cartographic support in the management of urban transport and for other purposes, where an exact binding of the object to cartographic data is required, were investigated.

The user or commercial period began in the 80s of the last century and continues today. This stage is characterized by the commercial operation of GIS software products and applications. Research in the field of satellite information processing, the use of network technologies and navigation have led to the appearance on the market of a huge variety of GIS products, including software for personal use on a PC. The development of computers and PCs has allowed a wide circle of specialists to start their research and build hardware and software for them.

One such example is the development of a GIS software product ARC/INFO by the Environmental Systems Research Institute, ESRI Inc. ARC/INFO developers managed to create the first software product that is effectively used on a PC and is available for various technical platforms and operating systems.

Another example of excellent commercial implementation in the field of production of hardware and software for GIS has become, and still is, Intergraph Corp. The company's success in the field of GIS application is associated with the introduction of real-time missile control systems for the US armed forces.

Currently, the period of GIS commercial development is booming. Global sales of geographic information systems and software are estimated at tens of billions of US dollars per year. Geoinformation technologies serve as a tool in many areas of human life and are indispensable tools in many studies, including in the field of ecology.

1.2 System remote sensing of the earth

Remote sensing of the earth is a combination of technologies, thanks to which information on various objects of the earth's surface is received, processed and shared without direct physical contact. Such information is obtained by measuring reflected solar radiation and electromagnetic radiation from the earth's surface, which is recorded by sensors located on the Earth's orbiting satellites [31]. The main areas of application for remote sensing are monitoring environmental quality, land use, studying the status of plant communities, assessing crop yields, analyzing the effects of natural disasters (floods, earthquakes, volcanic eruptions, forest fires), etc. Remote sensing tools are effective in the study of soil and water pollution, ice on land and water, and in oceanology. They allow you to obtain information about the state of the atmosphere, including on a global scale. Data comes in the form of digital image, and processing is carried out on special computer systems, so the problems of remote sensing are closely related to digital image processing. [17]

Remote sensing methods allow you to obtain information about the object of interest to us from a distance. Using such data, it is possible to measure individual parameters, but not the entire complex at once, so they are usually indirect. Modern satellite methods allow not only to obtain an image of the Earth's surface. Thanks to sensitive instruments and modules, it is possible to measure the concentration of atmospheric gases, including those causing the greenhouse effect. The Meteor-3 satellite with the TOMS instrument installed on it makes it possible to evaluate the state of the entire ozone layer of the Earth in a day. The NOAA

satellite, in addition to acquiring images of the earth's surface, makes it possible to study the ozone layer and even vertical profiles of atmospheric parameters (pressure, temperature, humidity at different heights in hundreds of points of the field of view).

For remote sensing of the Earth from space are used, the optical range of electromagnetic waves and the microwave section of the radio range. Table 1 presents the optical range, including the ultraviolet plot of the spectrum (UV); visible plot – green (G), blue (B) and red (R) stripes; infrared plot (IR) – near, middle and thermal (NIR, SIC, TEC).

Table 1 – Optical wavelength range (wavelength, microns)

UV	Visible spectrum			Infrared spectrum		
	B	G	R	NIR	SIC	TEC
0,1	0,38	0,5	0,6	0,76	1	10

The human eye sees objects in the wavelength range of 0,38-0,76 μm , the maximum sensitivity is 0,5 μm [17]. Figure 1 shows the technology of remote sensing, where:

A – source of electromagnetic radiation (sun);

B – the passage of solar radiation through the atmosphere when interacting with the earth's surface;

C – is the reflection of electromagnetic radiation from the earth's surface;

D – recording the reflected energy by the sensor of the orbiting satellite and its conservation in a special format;

E – transmission and primary processing of the received data;

F – data analysis (user processing of the received data for various purposes), interpretation of the results;

G – the final application of the results (development of maps, writing articles, making decisions, etc.) [28].

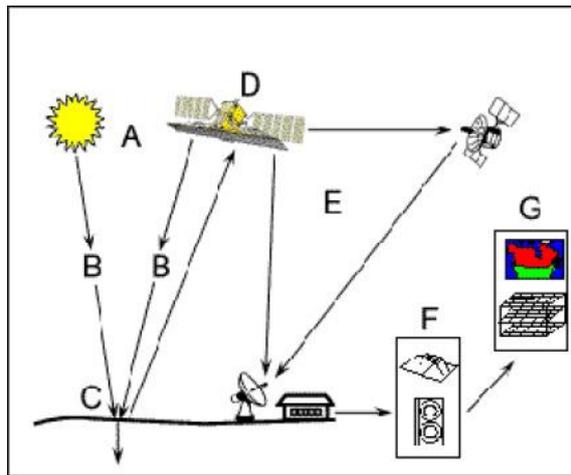


Figure 1 – The principle of operation of remote sensing of the earth [28]

Currently, there are many resources, both free access and commercial, where you can get remote sensing data. Let's consider some of them.

Earth Explorer is a product of the United States Geological Survey (USGS). This service has a huge and free GIS database of natural disasters, water bodies, natural resources, as well as the consequences of climate change, land use and geological processes of the earth. Images are obtained from satellites USGS-NASA, Terra, Aqua MODIS, ASTER, VIIRS, etc. The service has open source data sets that were obtained as a result of cooperation with the Indian Space Research Organization (ISRO) and the European Space Agency (ESA). These are data from Resourcesat-1, 2 and Sentinel-2 satellites. There is also a lot of data from commercial high-resolution satellites, such as IKONOS-2, OrbView-3 and historical SPOT data. The site allows you to search by date, territory and number of satellite modules [40].

Land Viewer (EOS) – is one of the main services for the provision of satellite data of high resolution. The sounding data is obtained from the satellites CBERS-4, Sentinel-1,2, MODIS/NAIP, Landsat-7,8, and Landsat-4,5 for historical images. The maximum spatial resolution reaches 40 cm per pixel. This source includes the analytical capabilities of visualizing the selected scene, which makes the service unique among other services [76].

A product such as EO Browser and Sentinel Playground (Sentinel Hub) combines the complete Sentinel-1 archive, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-5P, ESA Landsat archive 5, 7 and 8, global coverage of Landsat-8, Envisat products Meris, MODIS, Proba-V and GIBS in one place and allows you to view and compare full resolution images from these sources. Real-time visualization of multispectral data allows you to create new Earth observation products, such as vegetation indices, in seconds [82]. Sentinel Playground can be used for mosaic shots taken with Sentinel-2, Landsat-8, DEM and MODIS [40].

In Russia, the main organizations in the field of reception and processing of satellite information are the Russian space systems (RCC) and the research center for space hydrometeorology "PLANET", Novosibirsk. These organizations provide a wide range of operational products.

1.3 The use of geographic information systems in environmental monitoring

Geographic information systems are used for remote sensing analysis, allowing modeling along with spatially distributed information, namely with maps, tables, various plans and a diagram in combination with text [8]. Such data are used in the development of maps of natural resources, to create atlases of the land cadastre, for the results of environmental monitoring, etc.

Modeling and forecasting of the environmental situation is one of the most important questions when conducting environmental monitoring. A correctly calculated forecast allows predicting the appearance of adverse sites in the study area and making timely decisions. The following are some of the uses of GIS technology for environmental control.

GIS monitoring of forest fires. Geographic information systems are used to provide information support for forest protection and combating forest fires, in order to reduce damage to nature and society, expand existing data on the processes of occurrence and development of fires, their impact on the structure and dynamics of the forest fund. GIS monitoring provides a solution to a set of

fundamental tasks related to the assessment and forecast of fire hazard in forests, the detection of fires in the forest, the monitoring of their condition and dynamics, the assessment of the consequences of forest fires, and the management of forest fire services [18].

This monitoring is indispensable in cases of forest fires located in remote areas without their own infrastructure. Figure 2 shows the fire hazard situation in the Krasnoyarsk Territory on 05.10.2020 according to the Sentinel-2A satellite.



Figure 2 – Fire monitoring, Krasnoyarsk Territory [30]

GIS monitoring of vegetation. Another important possibility of using GIS technology is the monitoring of vegetation. This method, namely monitoring of crops and pastures, is widely used in agriculture. Currently, remote sensing data are widely used in land use and crop forecasting. The amount of biomass accumulated depends on the amount of solar radiation received. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) allows you to display the ability of plants to absorb solar radiation, thereby assessing the possibility of an increase in biomass, yield and other characteristics [63]. Figure 3 shows the monitoring of the state of grain crops in the Suzunsky district of the Novosibirsk region on 07.17.2018 according to the Terra satellite.

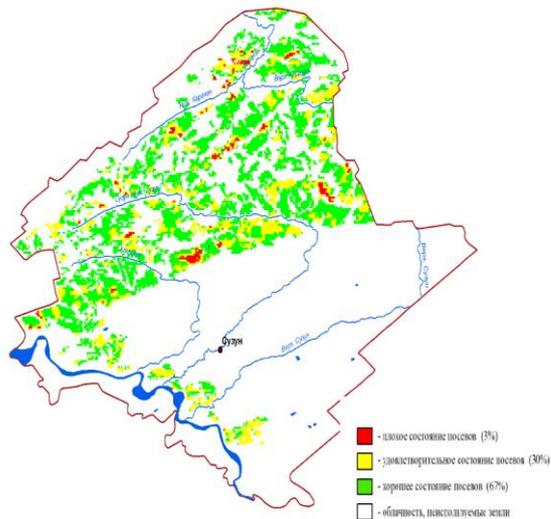


Figure 3 – The state of grain crops in the Suzunsky district of the Novosibirsk region [30]

To identify crop species, determine their condition and area, multispectral high-resolution data from Landsat and Resource satellites are most often used [83]. Satellite data make it possible to detect areas affected by drought, pests, and industrial pollution. Due to the dangers of global environmental and climatic changes, forests are recognized as reliable natural regenerators of the system, as they are directly related to the problem of the greenhouse effect. Based on this, control in the field of forest areas has become part of the global environmental policy. The study of forests on a global scale becomes possible only with the use of remote sensing of the earth and geographic information systems.

For example, in the territory of the Russian Federation, the Forest Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences monitors with the use of satellite images the state of a unique forest section of the Norilsk Basin in the north of the Krasnoyarsk Territory [50]. The specificity of this forest lies in the fact that for half a century it was subjected to intense emissions from the Norilsk Mining and Metallurgical Combine, the main pollutants of which are SO_2 , NO_x and heavy metals. In the analysis of the data obtained, it was found that the bulk of dead, severely damaged and damaged trees prevail in the southeast direction from

the main pollution transfer from the plant. Currently, the border of the negative impact on the forest has increased by 240 km from the source of emissions, and at a distance of 80-100 km the entire stand has died [50].

Monitoring the status of water bodies. Geographic information systems are very effectively used in the study of the oceans and inland water bodies. For their research are created special satellites – Ocean-O (Russia), MOS (Japan), SeaWiFS (USA). These satellites have special modules on board for measuring chlorophyll, organic matter and salinity dissolved in water, as well as for determining aerosols content and temperature in the atmosphere. The ocean is one of the main elements of the general system of ecological balance on the planet. It strongly affects the state of the atmosphere, weather formation, climate, energy and gas balance of the planet, etc. Ocean water temperature is the most important characteristic of surface water masses. Data on the state of large-scale fields of ocean surface temperature and temperature fronts allow us to detect zones of abnormal heating or cooling of water, which is important when assessing energy exchange between the ocean and the atmosphere [81].

Thanks to GIS, the ocean is explored in many directions. For example, the amount of chlorophyll in surface waters is investigated, which allows finding areas promising for fishing. Or are used to monitor the hydrological situation in the areas of flooding (fig. 4).

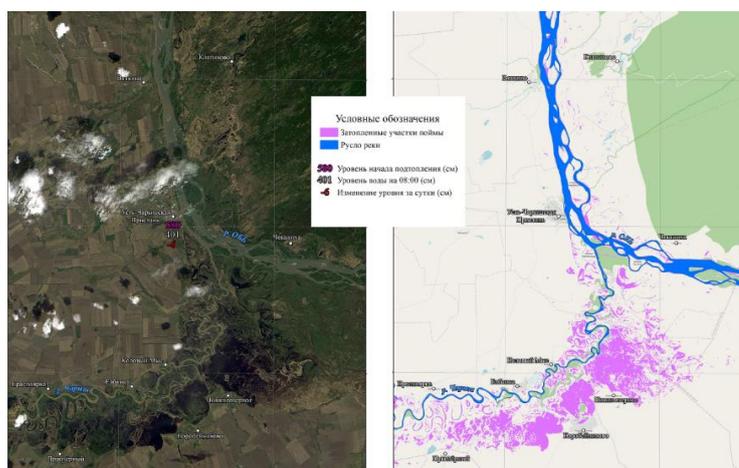


Figure 4 – Monitoring of the hydrological situation, Altai Territory [30]

Also, geographic information systems are successfully used to accurately display data on monitoring oil spills in the oceans.

Snow and ice cover control. Monitoring of snow and ice conditions is especially relevant for Siberian territories in areas with a low population density and a rare network of meteorological and hydrological posts (fig. 5).



Figure 5 – Monitoring of pollution by industrial facilities, Novosibirsk Region [30]

Snow cover in winter and at the beginning of snowmelt is a convenient indicator of technogenic pollution of the area. For example, when studying forest degradation in the Norilsk industrial region, a correspondence was found between the halo of snow cover pollution, detected by satellite images during the winter period, and the concentration of heavy metals (Cu, Ni, Co) in the soil, which in the upper soil horizons (0-10 cm) exceeds the background level by 10-1000 times in a radius of up to 40 km from the source of pollution [50].

An important task of observing the snow cover is to quickly determine its area, which is necessary for forecasting river flows with snow nutrition, typical of northern Siberia and mountain rivers [3]. Using space information, it is possible to timely detect hazardous natural phenomena, namely ice jams, which pose a threat to shipping. Unfavorable weather conditions, such as heavy and frequent

snowfalls, fogs, and dense clouds make it difficult to use navigation and the use of satellite data in the optical range. However, in the study of radar images, not icy areas are visible. Besides, geographic information systems are widely used for studying vertical profiles of the atmosphere, studying clouds. Much attention is paid to the study of the problems of the ozone layer and the fight against natural disasters.

Приложение Б

Снимок нормализованного индекса снегового покрова территорий
Томск-Северской агломерации и Томского района



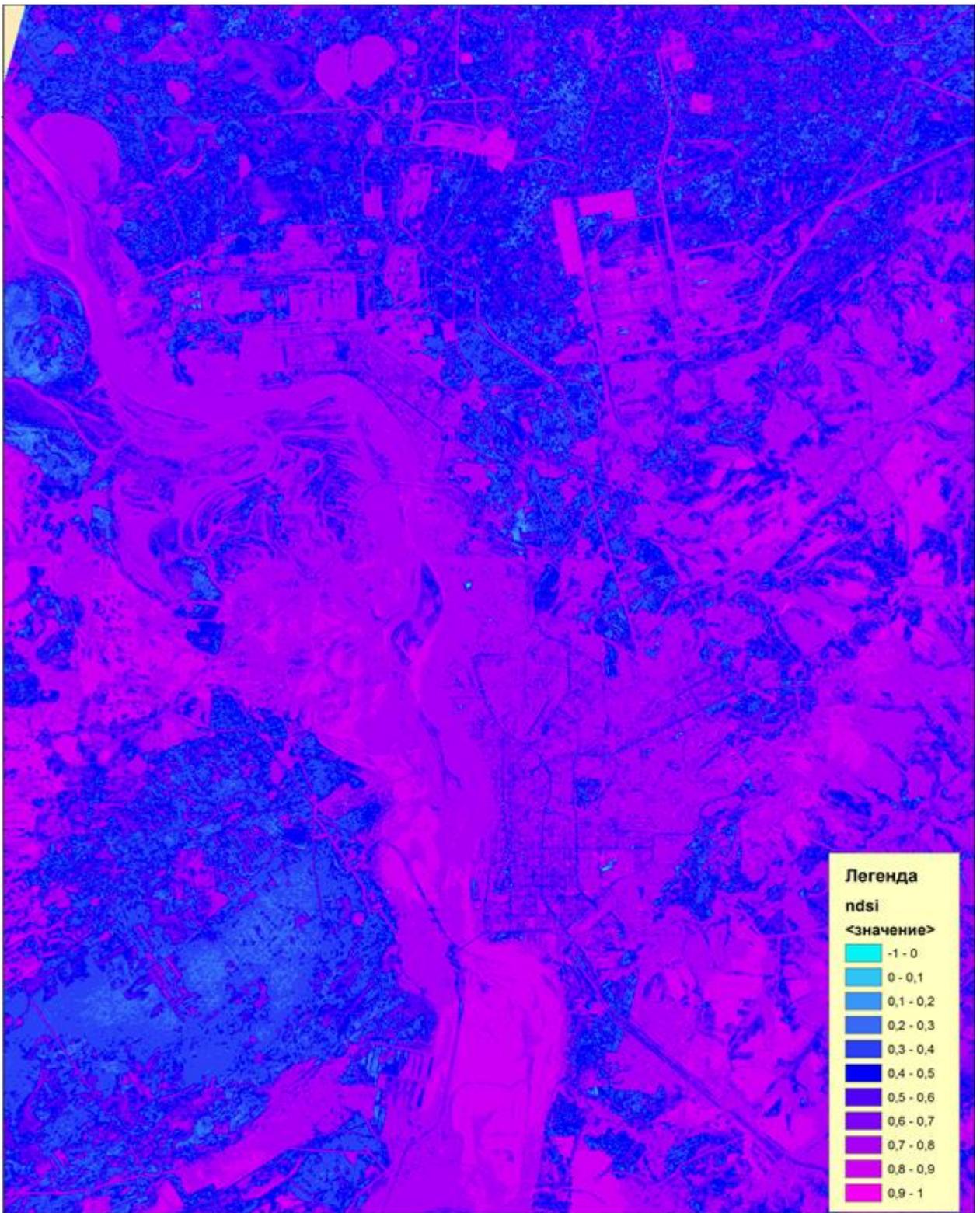
07.03.2015 05:17 UTC

1:60 000



Приложение В

Использование градиента на снимке нормализованного индекса снегового покрова



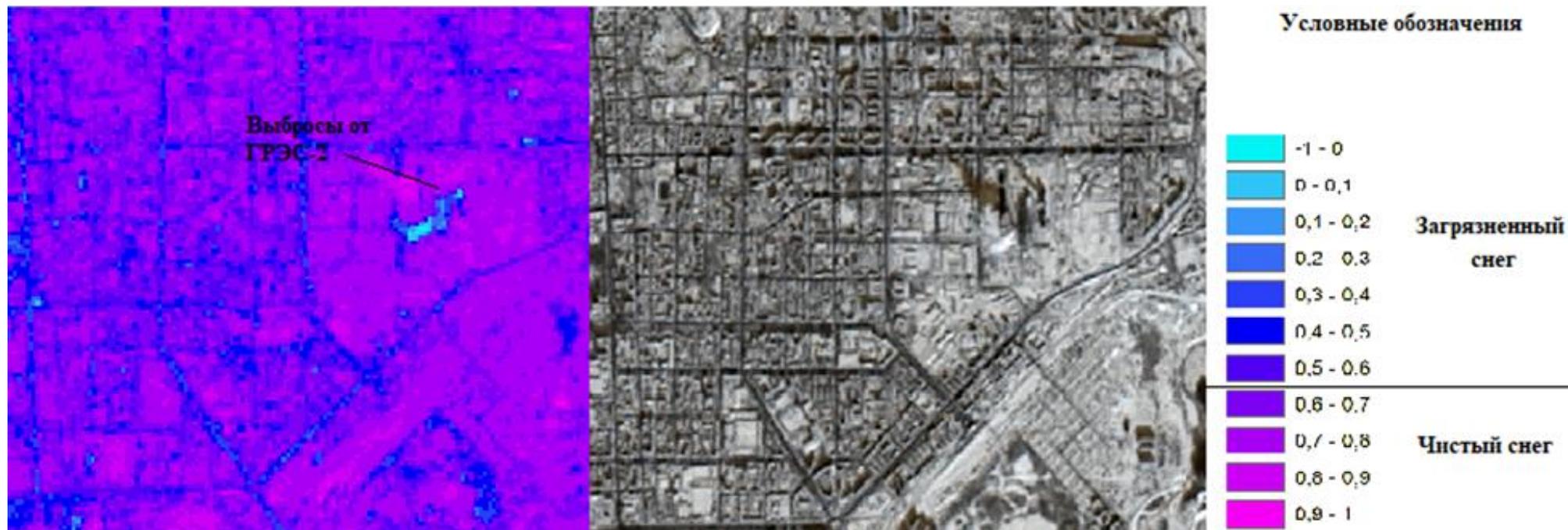
07.03.2015 05:17 UTC

1:60 000



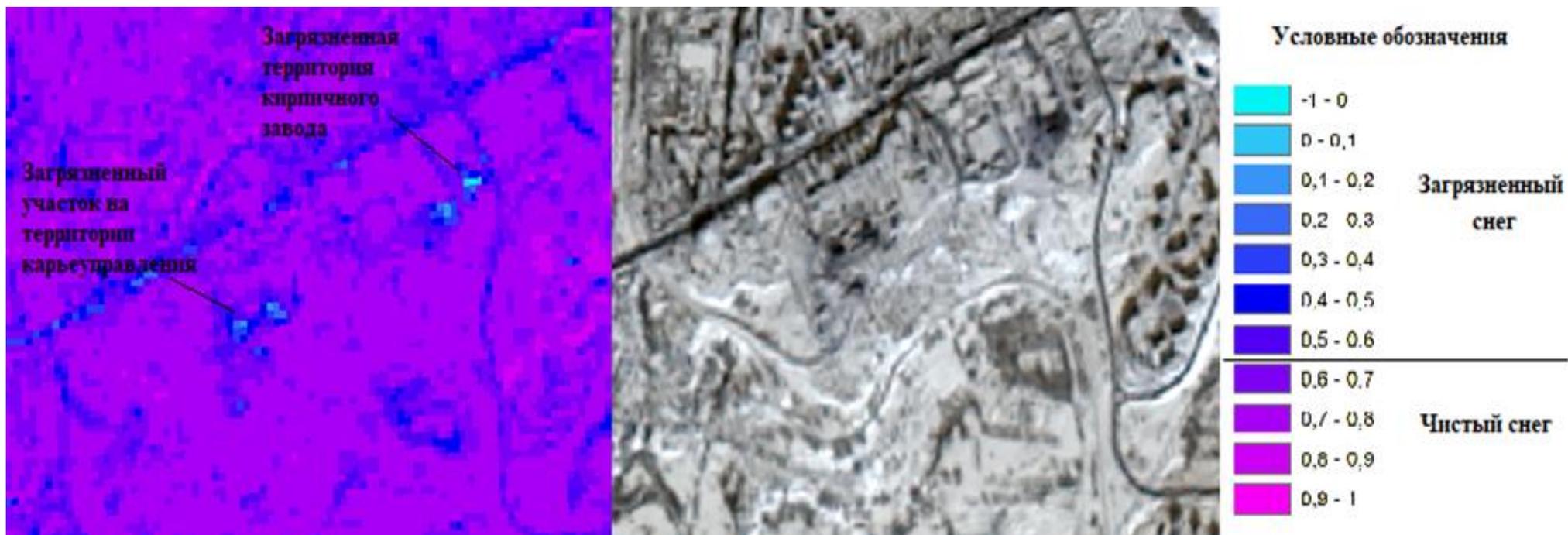
Приложение Г

Визуализация загрязнения от ГРЭС-2. г. Томск



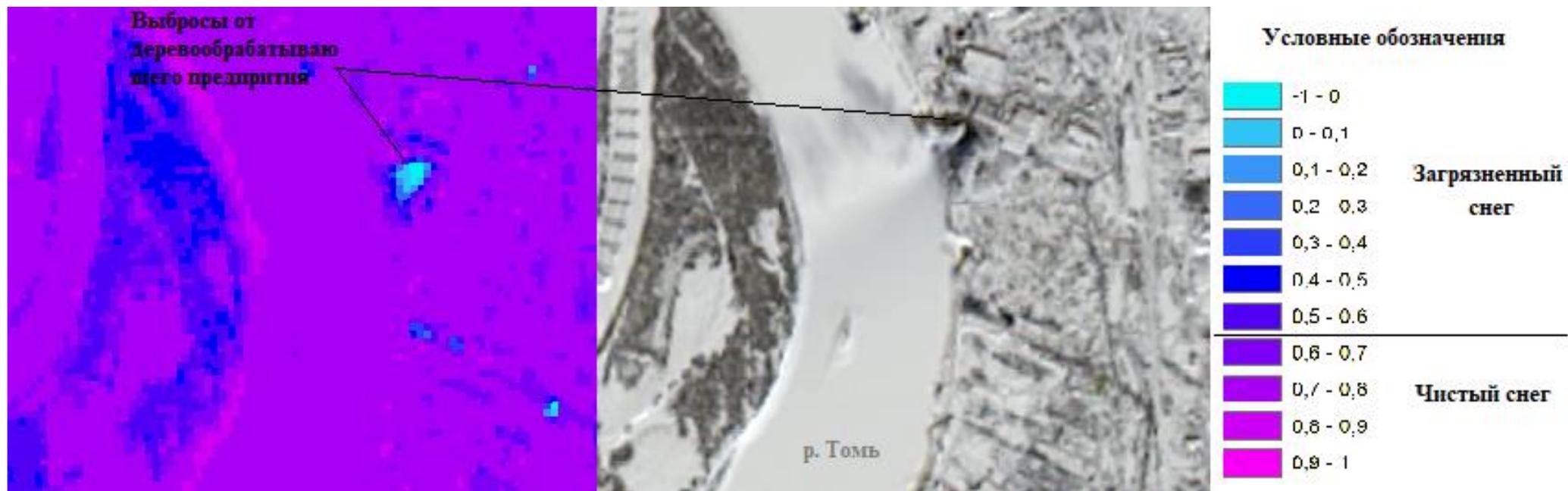
Приложение Д

Визуализация загрязнения территорий Томского кирпичного завода и Карьеруправления. г. Томск



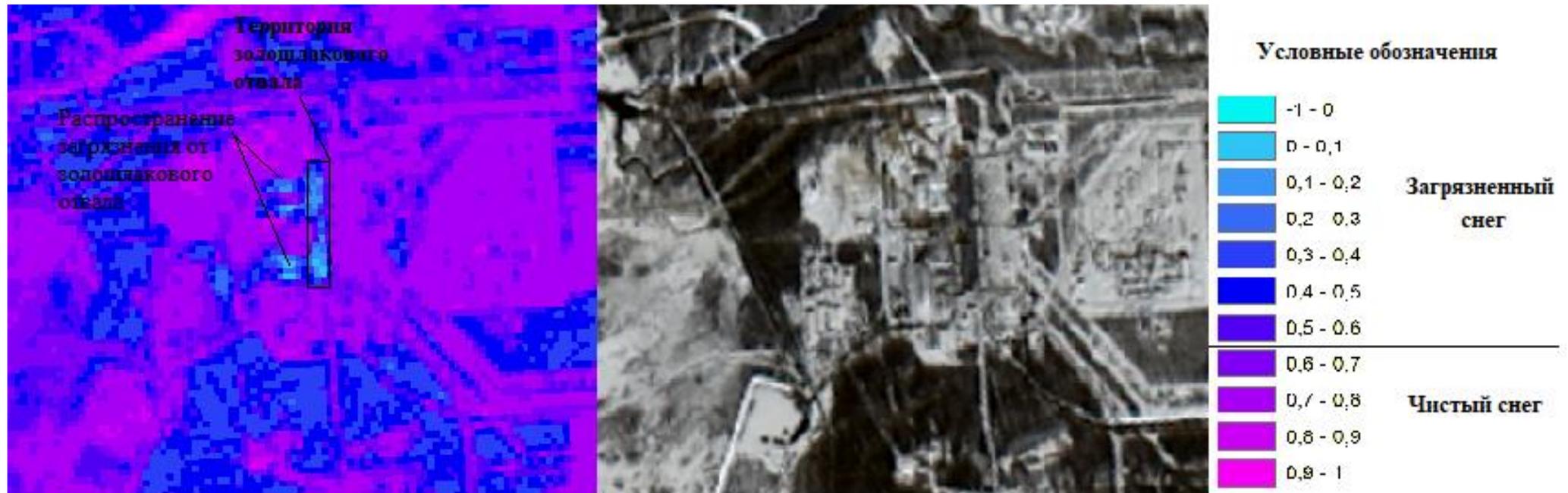
Приложение Е

Визуализация загрязнения от «Томлесдрев». г. Томск



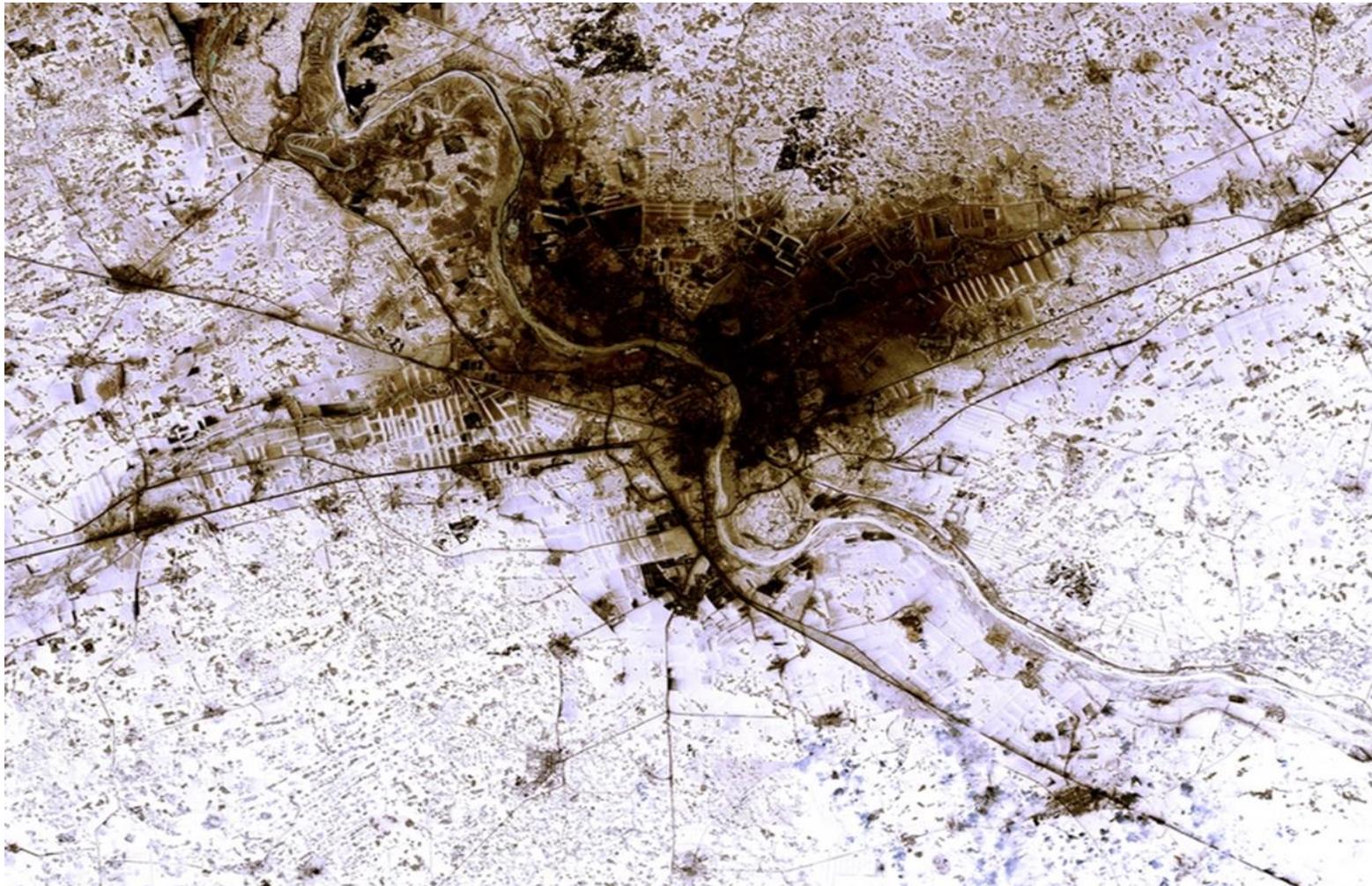
Приложение Ж

Визуализация загрязнения территории от золошлакового отхода. г. Северск



Приложение 3

территория г. Омск (снимок со спутника Landsat 5, 02.04.2010)



Приложение И

Мониторинг атмосферного загрязнения от Новосибирского электродного завода по данным спутника Landsat 8 (24.02.2016)

