

**Департамент образования и науки города Москвы
Государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования города Москвы
«Московский городской педагогический университет»**

**Институт цифрового образования
Департамент информатизации образования**

На правах рукописи

Туманова Алина Михайловна

**МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КЛИМАТА И
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

**Направление подготовки 09.06.01 – Информатика и
вычислительная техника**

**Направленность «Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»**

**Научный доклад об основных результатах научно-
квалификационной работы (диссертации)**

Научный руководитель: доктор педагогических наук, доктор
социологических наук, профессор
Каптерев Андрей Игоревич

Москва
2023

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время всё более значимый интерес для экономики и науки среди территорий Российской Федерации вызывают северные регионы России и Арктики. Это объясняется экстремальными природно-климатическими условиями в регионе, включая сильные ветры, наличие ледяного покрова на арктических морях, низкие температуры воздуха.

В настоящее время проблема мониторинга климата и окружающей среды достаточно остро стоит перед многими странами мира, в том числе и перед Российской Федерацией. На данный момент наблюдается массовые попытки проектирования специализированных программных систем. Но разработка эффективных программных систем мониторинга климата и окружающей среды является достаточно сложной и комплексной задачей, требующей научного исследования и обоснования решений. Она требует глубокого изучения опыта и процесса разработки подобных программных систем. Для этого необходимо выявить проблемы мониторинга климата и окружающей среды, проанализировать существующие модели, методы и алгоритмы проектирования программных систем мониторинга климата и окружающей среды.

Актуальность исследования обусловлена следующими факторами:

- необходимостью создания новых и усовершенствования существующих методов, моделей, алгоритмов проектирования программных систем мониторинга климата и окружающей среды;
- высокой эффективностью современных космических методов и технологий, применимых для разработки программных систем мониторинга климата и окружающей среды.

Проблемам исследования автоматизированного мониторинга состояния климата и окружающей среды посвящены труды многих ученых у нас в

стране и за рубежом. Наибольший интерес представляют работы А.В. Базарова «Автоматизированная информационная система мониторинга территориального распределения общего содержания озона по данным всемирного банка TOMS», В.Ю. Волкова «Разработка автоматизированной системы экологического мониторинга на базе информационных технологий удаленного доступа», В.Н. Копылова «Разработка программно-технологического комплекса регионального центра космического мониторинга окружающей среды», А.А. Гостевой «Методическое и информационное обеспечение региональных геоинформационных систем мониторинга природной среды».

Вопросами моделирования, алгоритмизации и проектирования комплексных программных систем для мониторинга природных и климатических условий занимались отечественные ученые Н.Н. Моисеев, Г.С. Поспелов, Н.П. Бусленко и ряд других.

Концепцией разработки и создания российской Системы оперативного мониторинга окружающей обстановки в Арктике занимался крупный ученый в области наук о Земле, энтузиаст изучения и освоения Арктики академик Николай Павлович Лаверёв.

Одним из наиболее авторитетных научно-образовательных центров по реализации программ и направлений, связанных с арктической тематикой, является Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ) в г. Санкт-Петербурге. В последние годы университет постоянно привлекается для выполнения научно-исследовательских и прикладных работ в области гидрометеорологии, экологического мониторинга, прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений в Арктическом регионе, в рамках реализации Федеральных целевых и Государственных программ Минобрнауки России, Минприроды России, различных хозяйственных проектов. Кроме того, РГГМУ является многопрофильным

инновационным учебным центром мониторинга и анализа экологического состояния природой среды Арктической зоны Российской Федерации.

В настоящий момент созданием систем мониторинга различных параметров окружающей среды в северных регионах России и в Арктической зоне Российской Федерации занимается научно-исследовательский институт «АЭРОКОСМОС», под руководством академика российской академии наук, профессора В.Г. Бондура, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «ААНИИ»), Integrated Climate Data Center – ICDC.

Выполненный анализ научных трудов в рассматриваемой сфере позволил сделать вывод о наличии существенных проблем в вопросах автоматизации, алгоритмизации и моделирования систем мониторинга. В настоящее время не существует единой системы мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе, которая обеспечивала бы решение всех поставленных задач.

Вследствие чего актуальной проблемой является создание новых и усовершенствование существующих моделей, методов и алгоритмов проектирования программных систем для мониторинга климата и окружающей среды.

Цель и задачи работы. Целью настоящего исследования является повышение качества и эффективности мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе путем разработки новых моделей, методов и алгоритмов проектирования специальных программных систем.

Для достижения указанной цели в работе были поставлены и решены следующие основные **задачи**:

- 1) проанализировать и разработать системную классификацию основных проблем мониторинга климата и окружающей среды;

2) выполнить анализ существующих программных систем мониторинга климата и окружающей среды и систем управления базами данных и знаний, применимых в арктическом регионе и в условиях крайнего севера;

3) проанализировать информационные процессы и функциональные взаимосвязи, организационную и программную инфраструктуру для проектирования и реализации программных систем мониторинга климата и окружающей среды для арктического региона;

4) разработать функциональные модели информационных процессов и требования к программной системе мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе (ПСМ КОСАР);

5) на основании разработанных функциональных моделей информационных процессов и требований к ПСМ КОСАР создать модели для организации глобально распределенной обработки данных мониторинга;

6) разработать и реализовать алгоритм управления обработкой и хранением данных мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе;

7) разработать методику, апробировать и оценить показатели качества и надежности системы ПСМ КОСАР.

Объектом исследования являются закономерности и системные связи функционирования процессов мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе.

Предметом исследования являются модели, методы и алгоритмы проектирования программных систем, повышающих качество и эффективность мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе.

Научная новизна работы сформирована в следующих научных результатах:

1. Разработана и расширена классификация существующих программных систем мониторинга климата и окружающей среды;
2. Созданы новые модели функционирования программных систем сбора и анализа данных мониторинга климата и окружающей среды для арктического региона;
3. Сформированы и проверены по критериям эффективности методы проектирования и алгоритмы функционирования программных систем мониторинга климата и окружающей среды для арктических условий;
4. Разработаны инфологические и физические модели базы данных для ПСМ КОСАР;
5. Создана и апробирована методика эффективного и качественного функционирования разработанного прототипа ПСМ КОСАР.

Практическая и теоретическая значимость исследования состоит в том, что его результаты могут быть использованы для качественной, научно обоснованной автоматизированной разработки и совершенствования программных систем для мониторинга климата и окружающей среды различных регионов мира.

Практическое использование. Практическое использование подтверждено актом о внедрении. Результаты работы использованы в ФГБУ «ИПГ».

Методология и методы исследования. Для выполнения теоретических и практических исследований в диссертационной работе использованы методы математического и имитационного моделирования, статистические методы анализа и обработки данных, теория и практика проектирования программных систем, методологии моделирования бизнес-процессов, баз данных, программных систем.

Степень достоверности и апробация результатов Степень обоснованности и достоверности результатов, полученных в ходе диссертационного исследования, обеспечивается высоким уровнем

совпадений теоретических выводов и экспериментальных данных, соотнесением их с результатами, полученными другими авторами, а также апробацией на научных семинарах, а также на международных и научно - технических конференциях, практической реализацией разработанных моделей и методов.

Апробация работы. Основные положения диссертации были представлены и обсуждались на научных семинарах и заседаниях департамента информатизации образования института цифрового образования ГАОУ ВО МГПУ, а также на международных, всероссийских и отраслевых конференциях в 2019-2023 годах.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано одиннадцать научных трудов, в том числе три - в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК.

Личный вклад. Все представленные в диссертации экспериментальные данные и результаты исследований получены автором лично.

Структура и объем работы. Научно-квалификационная работа состоит из списка сокращений, введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст научно-квалификационной работы изложен на 76 страницах, и содержит 33 рисунка, 6 таблиц. Таблицы и рисунки имеют сквозную нумерацию в пределах главы. Список библиографических документов, использованных при работе над темой, содержит 43 наименования отечественной и зарубежной литературы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулирована и обоснована актуальность, цель, и научная новизна научно -квалификационного исследования; определен уровень проработанности темы и сформированы основные положения тематики исследования, спектр решаемых задачи, объект и предмет

исследования; описаны методы исследования; оценена степень достоверности и представлена апробация полученных результатов.

В первой главе анализируется состояние и выявлены проблемы мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе. Проведен анализ существующих программных систем для мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе.

Был выполнен анализ следующих информационных систем мониторинга климата: Arctic Regional Ocean Observing System (далее – AROOS) (существует с 2006 г.), Svalbard Integrated Arctic Earth Observing System (далее – SIAEOS) (в стадии разработки), комплекс программ комплекса программно -технических средств управления техническими средствами (далее – КП (ЭЗ) КПТС УТС) космического аппарата «Электро » № 3 (КА «Электро » № 3) (с 2019 г.), специальное программное обеспечение управления техническими средствами КА «Арктика -М» (СПО УТС-АМ) и др.

На основе проведенного сравнительного анализа была предложена новая программная система мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе (далее – ПСМ КОСАР).

В ходе выявленных проблем у существующих программных систем ПСМ КОСАР должна удовлетворять следующим функциональным требованиям:

- 1) автоматизация ведения базы данных о полученных исходных характеристиках климата и окружающей среды;
- 2) выполнение автоматизированного прогнозирования численных значений характеристик климата и окружающей среды на основе мониторинга поверхности Земли;
- 3) автоматизация выполнения мониторинга окружающей среды;
- 4) автоматизированное формирование отчетности о результатах мониторинга климата и окружающей среды.

Во второй главе выполнен анализ современных методов и подходов мониторинга климата и окружающей среды.

На данный момент мониторинг климата и окружающей среды можно классифицировать по методам наблюдения:

1) **Физический мониторинг.** Осуществляет наблюдения за влиянием физических явлений и процессов на природную среду (радиация, различные излучения, акустические шумы и др.).

2) **Химический мониторинг.** Предусматривает наблюдение за химическим составом атмосферы, атмосферных осадков, почв, вод мирового океана и морей, поверхностных и подземных вод, растительности и животных. Химический мониторинг также контролирует динамику распространения загрязняющих веществ. Основная задача химического мониторинга заключается в четком определении фактического уровня загрязнения природной среды высокотоксичными ингредиентами.

3) **Экобиохимический мониторинг.** Базируется на оценке химической и биологической составляющих окружающей природной среды.

4) **Биологический мониторинг.** Осуществляет наблюдения за состоянием окружающей среды с помощью биоиндикаторов - определенных организмов, по состоянию и поведению которых оцениваются изменения в окружающей среде.

5) **Дистанционный мониторинг.** Наблюдения за окружающей средой осуществляются с применением современных летательных аппаратов (авиационных, космических и др.), оснащенных радиометрической аппаратурой, с помощью которой проводится зондирование изучаемого объекта и регистрируются опытные данные.

На основе проведенного исследования были проанализированы существующие информационные потоки и процессы для проектирования программных систем мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе.

Согласно организационной структуре отдела мониторинга, взаимодействие между должностными лицами отдела происходит по схеме информационных потоков, которая изображена на рисунке 1.

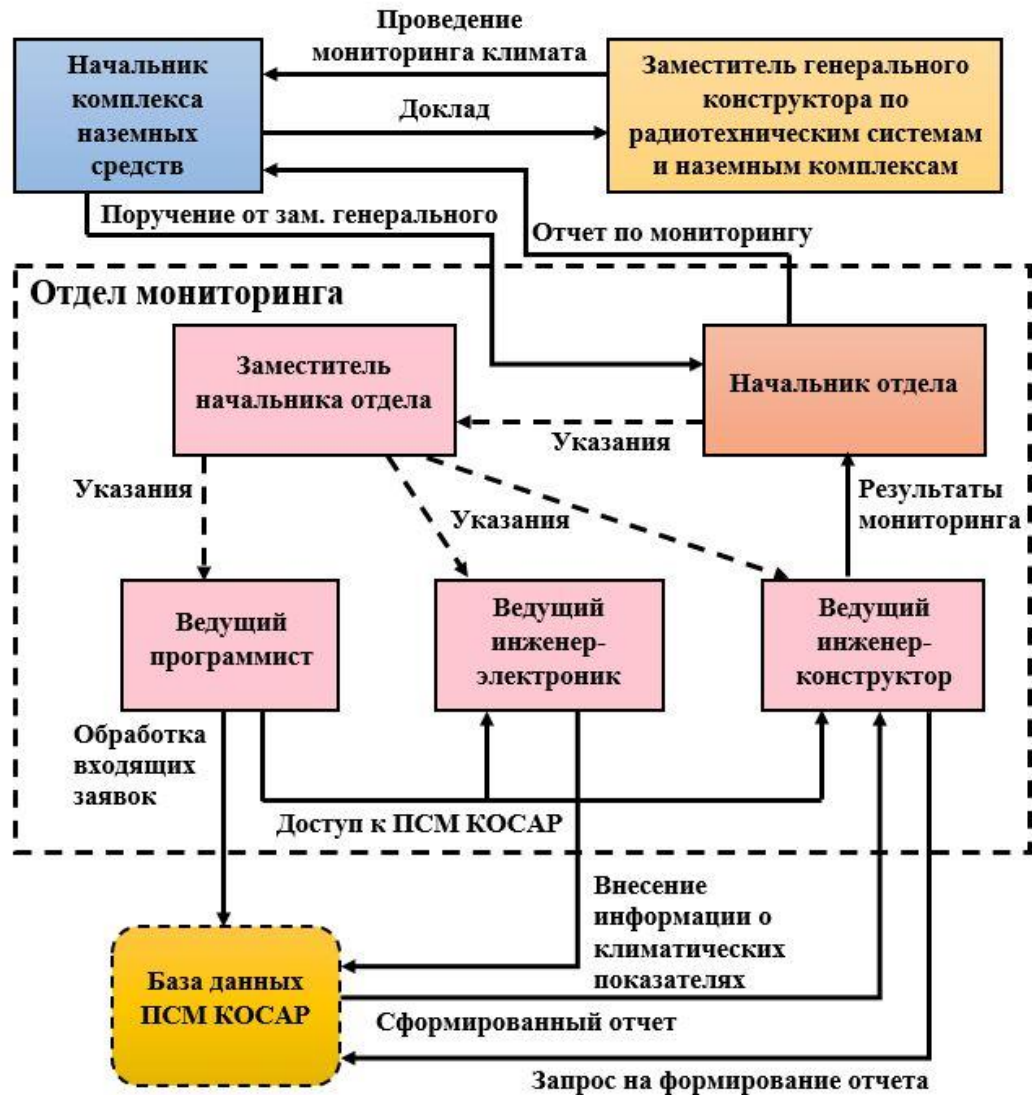


Рисунок 1 – Схема информационных потоков

Для разработки модели информационных процессов мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе было выбрано инструментальное средство СА Erwin Process Modeler. Это CASE -средство предназначено для автоматизированной разработки моделей функционирования информационных систем.

На начальном этапе разработки ПСМ КОСАР была построена модель, наглядно представляющая информационные процессы деятельности по

мониторингу климата и окружающей среды в арктическом регионе. Для построения модели информационных процессов были выбраны графические языки описания процессов в нотации IDEF0 и IDEF3.

Контекстная диаграмма верхнего уровня отражает процессы осуществления деятельности по мониторингу климата и окружающей среды в арктическом регионе. После описания процесса в целом проводится разбиение его на отдельные подсистемы и разрабатываются диаграммы декомпозиции. В результате декомпозиции процесса «Осуществлять деятельность по мониторингу климата и окружающей среды в арктическом регионе » была создана дочерняя диаграмма декомпозиции уровня А0.

Далее были разработаны диаграммы описания последовательности этапов работ процессов IDEF3, наглядно показывающие, как осуществляется функционирование каждой из указанных подсистем. Были построены диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Определить технологию проведения мониторинга » и «Запустить процесс мониторинга климата и окружающей среды ».

Следующей диаграммой является диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Анализировать полученные климатические показатели». Далее была построена диаграмма описания последовательности этапов работ процесса «Сформировать отчет о результатах мониторинга климата и окружающей среды».

Также были проанализированы существующие инструментальные средства, используемые при разработке программной системы мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе, такие как C++ Builder, C#, Borland Delphi 7, 1С: Предприятие, Microsoft Visual Basic. Лидером группы стала среда разработки Borland Delphi 7.

Третья глава содержит описание структур разработанных компьютерных моделей для проектирования программных систем для мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе.

Для разработки ПСМ КОСАР было выбрано инструментальное средство Bizagi Process Modeler (BPM). Она осуществляет моделирование бизнес-процессов с помощью методологии UML (Unified Modeling Language – унифицированный язык моделирования).

Основными действующими лицами ПСМ КОСАР являются: ведущий программист, ведущий инженер -электроник, ведущий специалист мониторинга, ведущий инженер -конструктор (рисунок 2).

Выделено 5 основных задач использования ПСМ КОСАР:

1. Администрирование ПСМ КОСАРР
2. Автоматизация ведения базы данных.
3. Организация процесса мониторинга.
4. Прогнозирование численных значений характеристик климата и окружающей среды.
5. Формирование отчета о результатах мониторинга климата и окружающей среды.

Далее для каждой задачи ПСМ КОСАР была создана схема взаимодействия процесса. Диаграмма процесса «Администрирование ПСМ КОСАР» представлена на рисунке 3.



Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования процессов функционирования ПСМ КОСАР



Рисунок 3 – Диаграмма процесса «Администрирование ПСМ КОСАР»

Далее было выполнено описание процесса «Автоматизация ведения БД» (рисунок 4).

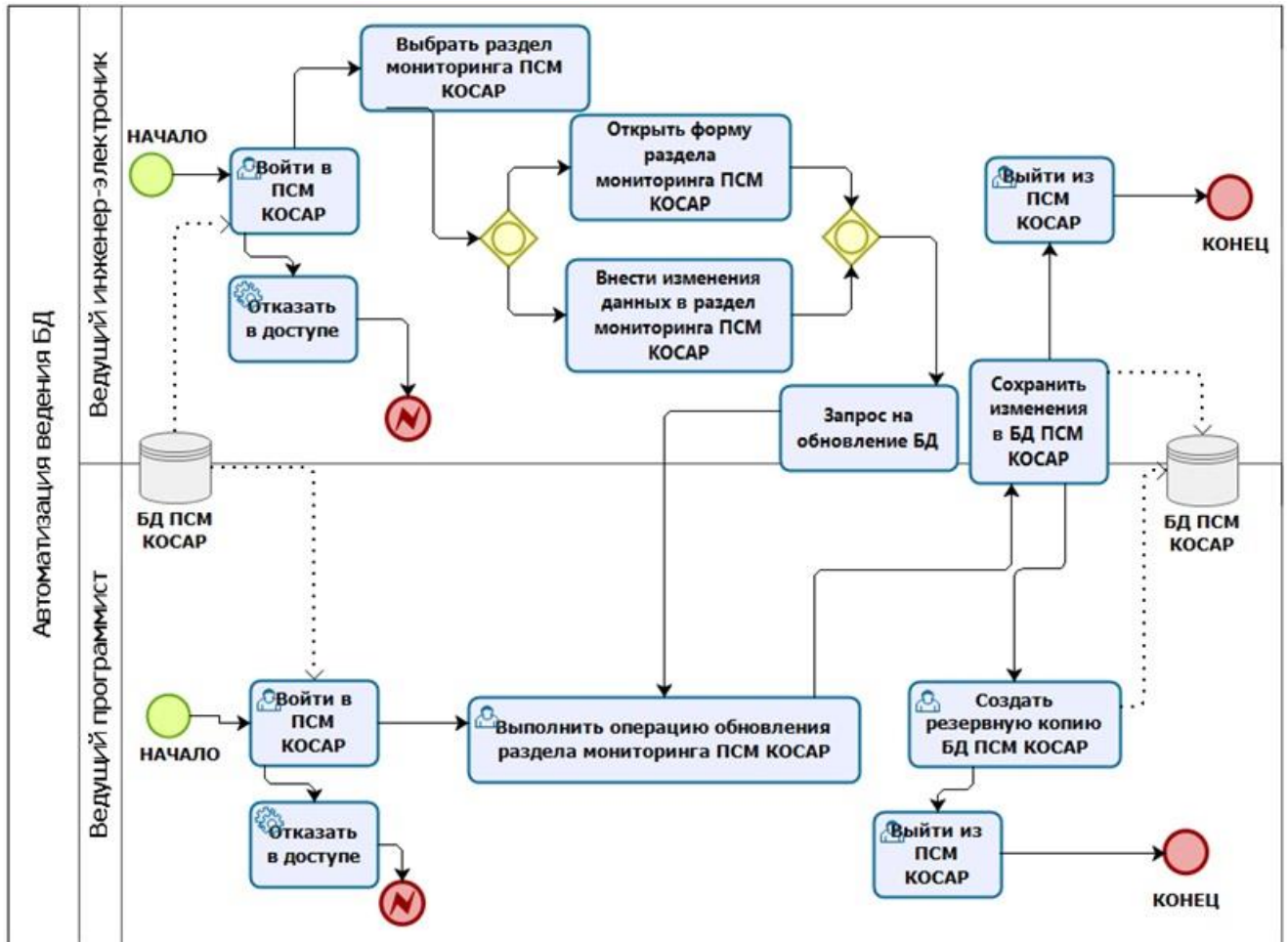


Рисунок 4 – Диаграмма процесса «Автоматизация ведения БД»

Дальнейшим этапом было детализирование процесса «Организация процесса мониторинга», который представлен на рисунке 5.

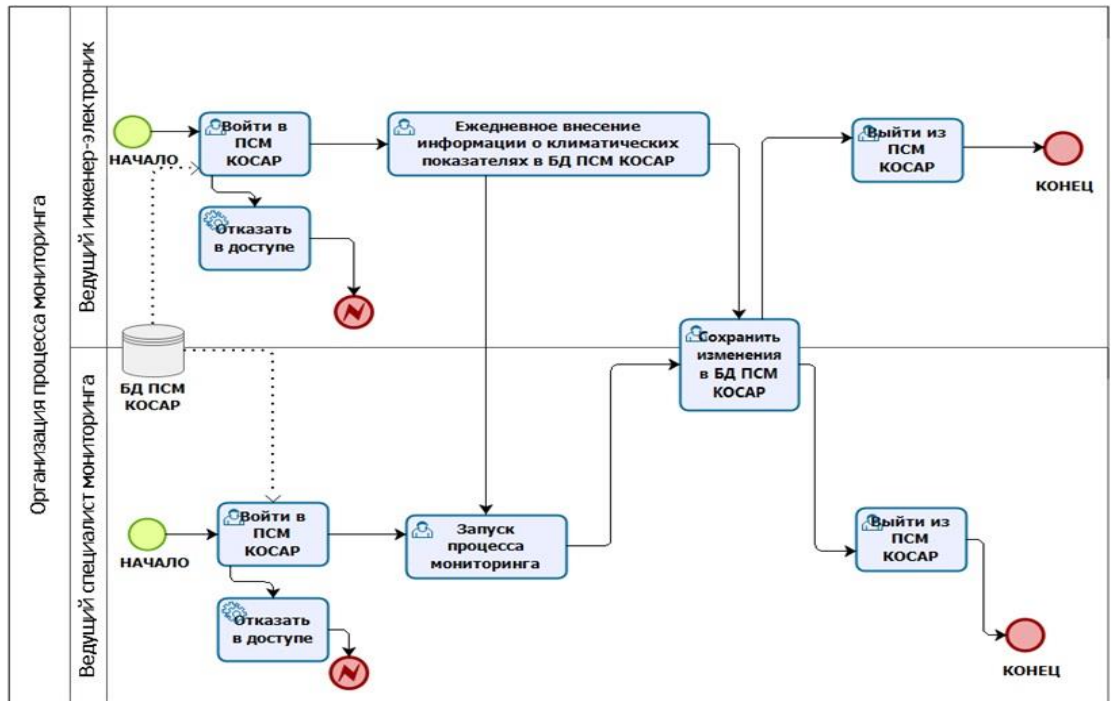


Рисунок 5 – Диаграмма процесса «Организация процесса мониторинга»

На рисунке 6 представлен процесс «Прогнозирование численных значений характеристик климата и окружающей среды».

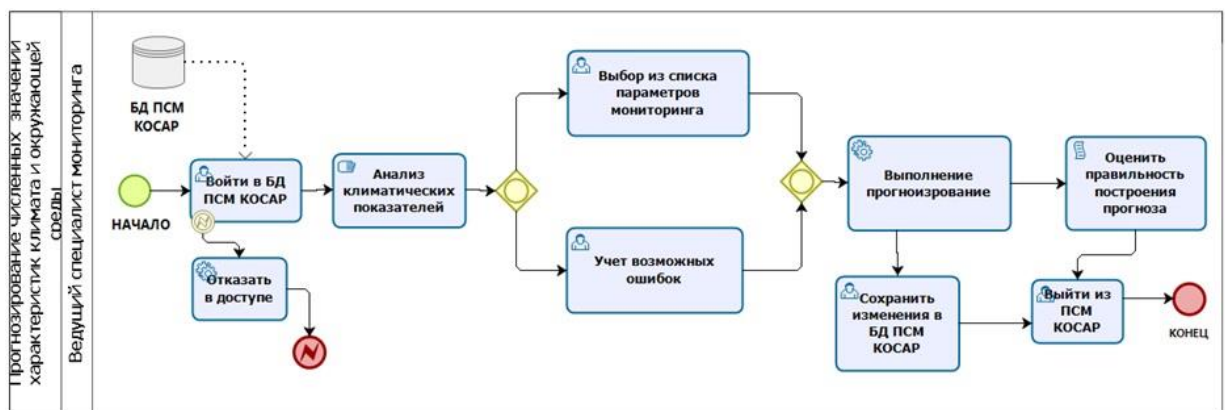


Рисунок 6 – Диаграмма процесса «Прогнозирование численных значений характеристик климата и окружающей среды»

Дальнейшим этапом было построение процесса взаимодействия «Формирование отчета о результатах мониторинга климата и окружающей среды» (рисунок 7).

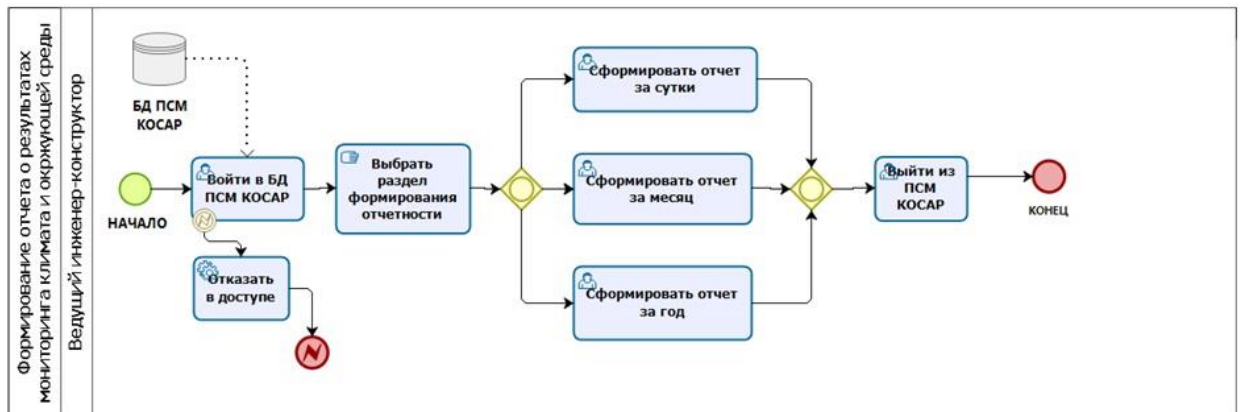


Рисунок 7 – Диаграмма процесса «Формирование отчета о результатах мониторинга климата и окружающей среды»

В четвертой главе разработаны модели данных для проектирования программных систем для мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе.

На основе сравнительного анализа CASE – средств для создания структуры базы данных было выбрано инструментальное средство CA ERwin Data Modeler.

В таблице 1 представлены сущности будущей базы данных и их определения.

В таблице 2 представлены связи между сущностями.

Данные о сущностях и их описание представлено в таблице 3.

Т а б л и ц а 1 – Сущности и их определения

Имя Сущности	Определение
Дата	Содержит информацию о дате получения данных
Местность	Содержит информацию о местности

Математические Модели	Содержит информацию о математических моделях
Источник Данных	Содержит информацию об источнике данных
Климатические Показатели	Содержит информацию о климатических показателях
Территориальные Зоны	Содержит информацию о территориальных зонах

Т а б л и ц а 2 – Связи между сущностями

Родительская сущность	Дочерняя сущность	Имя связи	Тип связи	Семантика связи от родительской сущности к дочерней
Источник Данных	Климатические Показатели	R/1	НИД 1:M	подает
Дата	Климатические Показатели	R/2	НИД 1:M	содержит
Местность	Климатические Показатели	R/3	НИД 1:M	принимает
Математические Модели	Климатические Показатели	R/4	НИД 1:M	включает
Территориальные Зоны	Местность	R/5	НИД 1:M	содержит

Т а б л и ц а 3 – Атрибуты сущностей

Имя сущности	Описание атрибутов		
	Наименование атрибута	Ключи	Определенность значений
Дата	ID_Дата	PK	1
	Дата		1
	Год		1

Имя сущности	Описание атрибутов		
	Наименование атрибута	Ключи	Определенность значений
	Полугодие		1
	Квартал		1
	Месяц		1
Местность	ID_Местность	PK	1
	НаименованиеМестности		1
	ШиротаМестности		1
	ДолготаМестности		1
	ОписаниеМестности		1
	СтатусМестности		1
ИсточникДанных	ID_ИсточникДанных	PK	1
	НаименованиеИсточника		1
	ОписаниеИсточника		1
	Местоположение		1
МатематическиеМодели	ID_МатМодели	PK	1
	Модель		1
	Формула		1
	Расчет		1
КлиматическиеПоказатели	ID_Дата	FK	1
	ID_Местность	FK	1
	ID_ИсточникДанных	FK	1
	ID_МатМодели	FK	1

Имя сущности	Описание атрибутов			
	Наименование атрибута	Ключи	Определенность значений	
	Температура		1	
	Атмосферное Давление		1	
	Направление Ветра		1	
	Скорость Ветра		1	
	Влажность Воздуха		1	
	Атмосферные Осадки		1	
	Облачность Атмосферы		1	
	Территориальные Зоны	ID_ТерритЗоны	PK	1
		Наименование ТерритЗоны		1

Далее была сформирована ER-диаграмма.

Модель данных, основанная на ключах (КВ-модель), кроме сущностей и связей, включает в себя ключевые атрибуты сущностей: первичные (PK) и внешние (FK).

Далее была сформирована КВ-модель.

Далее было выполнено проектирование полной атрибутивной модели (FA – Fully Attributed model) базы данных ПСМ КОСАР.

В результате была сформирована FA-модель предметной области, которая наиболее детально показывает структуры данных, представленная на рисунке 8 на логическом уровне представления данных.

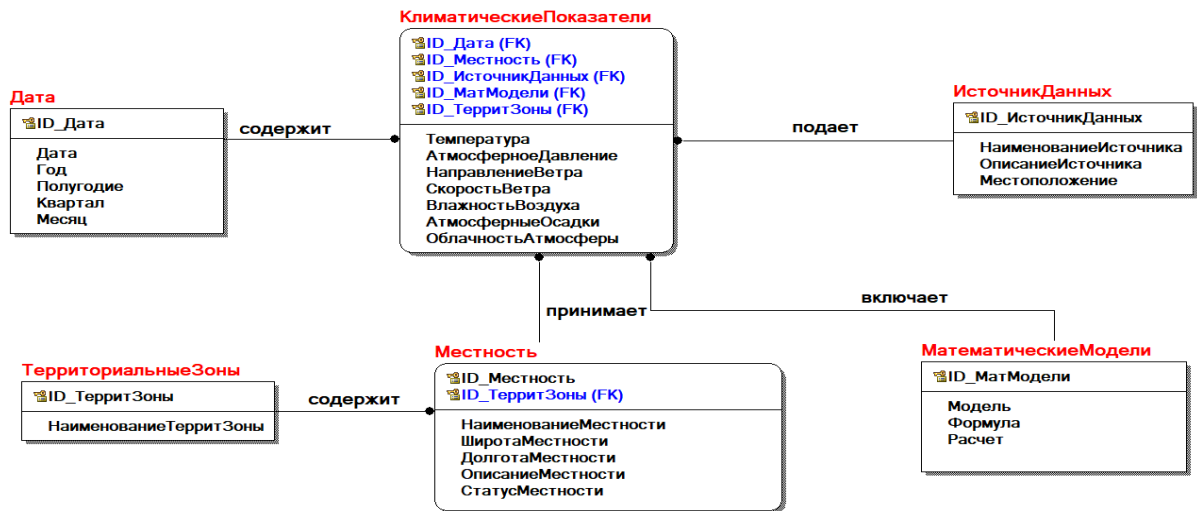


Рисунок 8 – FA-модель базы данных ПСМ КОСАР

На рисунке 9 представлена трансформационная модель базы данных.

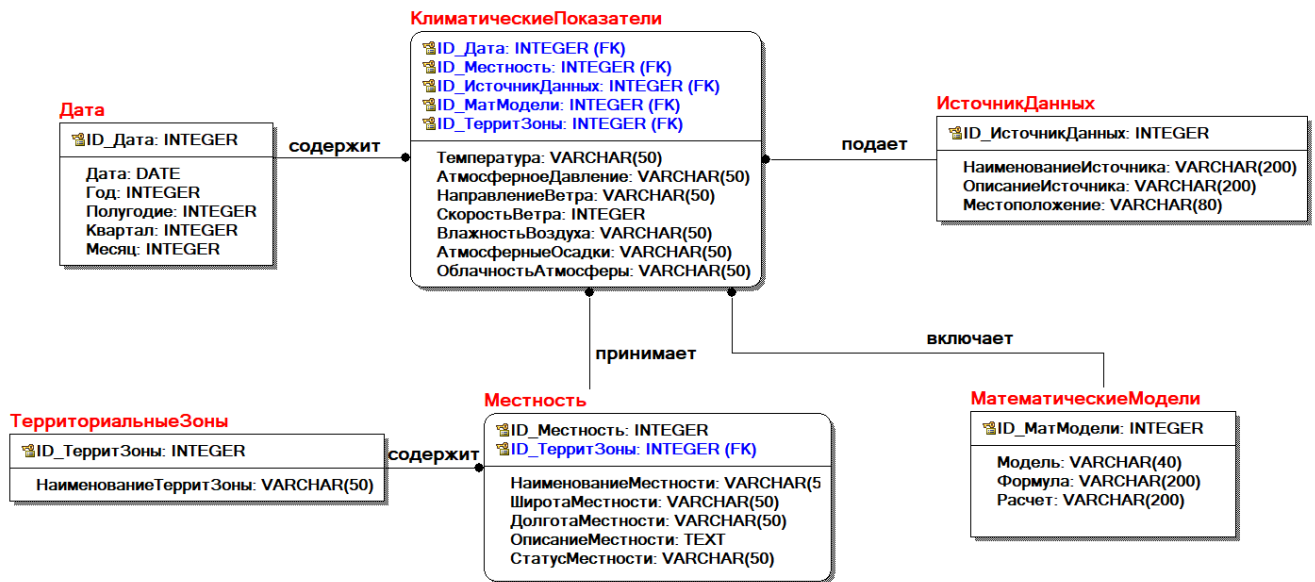


Рисунок 9 – Трансформационная модель базы данных программной системы мониторинга

На рисунке 10 представлена диаграмма базы данных.

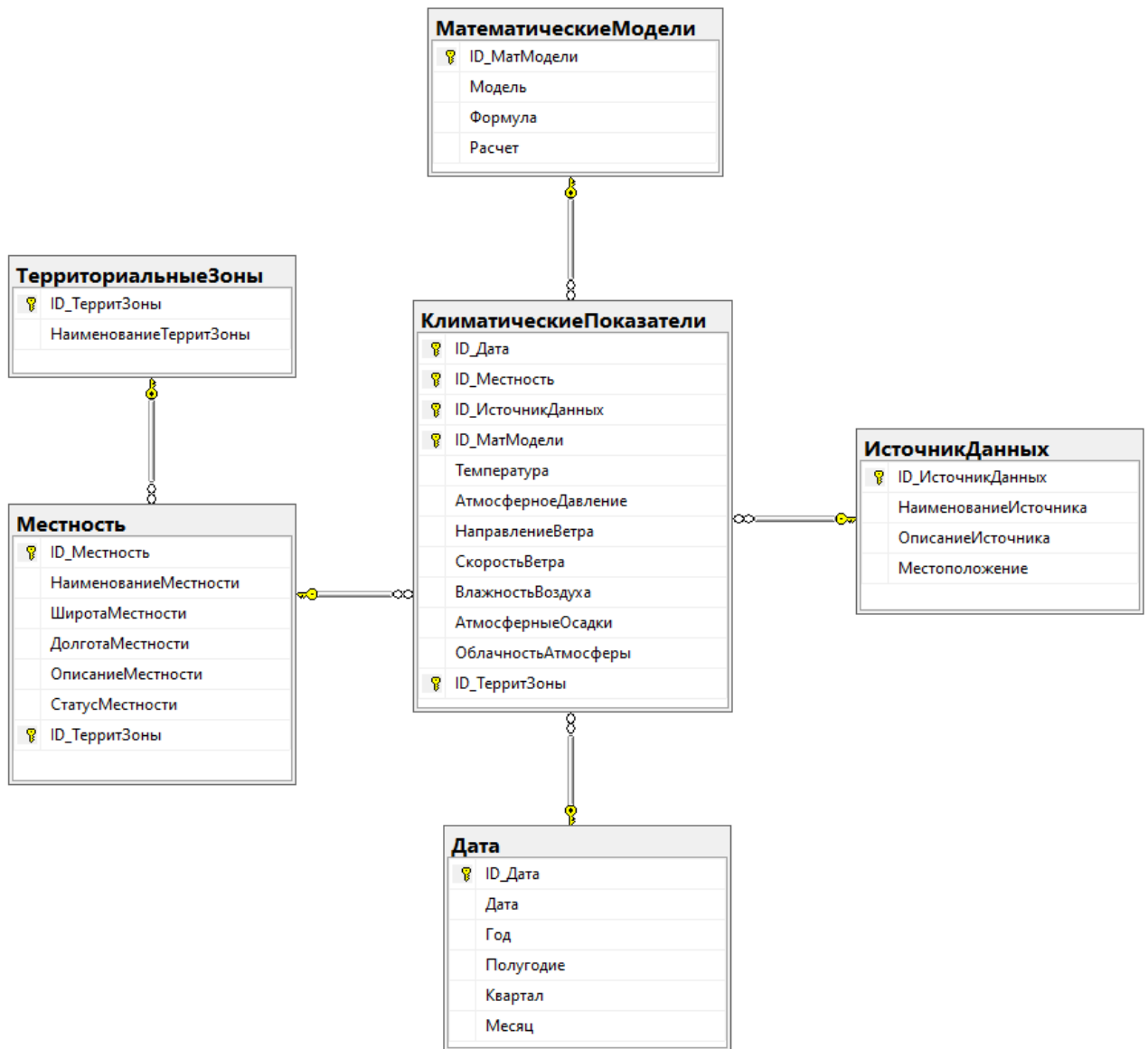


Рисунок 10 – Диаграмма базы данных

В заключении подведены итоги и отражены основные результаты и выводы исследований, полученные в научно - квалификационной работе.

В приложении приведены дополнительные результаты теоретического и практического исследования, а также копии документов о внедрении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационном исследовании были решены следующие основные задачи:

1 Проанализированы и разработаны системные классификации основных проблем мониторинга климата и окружающей среды.

2 Выполнен анализ существующих программных систем мониторинга климата и окружающей среды и систем управления базами данных и знаний, применимых в арктическом регионе и в условиях крайнего севера.

3 Проанализированы информационные процессы и функциональные взаимосвязи, организационную и программную инфраструктуру для проектирования и реализации программных систем мониторинга климата и окружающей среды для арктического региона.

4 Разработаны функциональные модели информационных процессов и требования к ПСМ КОСАР.

5 На основании разработанных функциональных моделей информационных процессов и требований к ПСМ КОСАР созданы модели для организации глобально распределенной обработки данных мониторинга.

6 Разработаны и реализованы алгоритмы управления обработкой и хранением данных мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе.

7 Разработана методика, апробированы и оценены показатели качества и надежности системы ПСМ КОСАР.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в российских рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК России для опубликования основных научных результатов:

1. Петрова А.М., Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н., Чискидов С.В. Информационные системы для мониторинга природно-климатических условий Арктики // Научно-практический журнал: Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия: «Естественные и технические науки» № 5-2 2021 (май) – М.: Научные технологии, 2021. С. 82-87.
2. Петрова А.М., Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н., Чискидов С.В. Модели процессов функционирования информационной системы мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе // Научно-практический журнал: Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия: «Естественные и технические науки» № 4-2 2022 (апрель) – М.: Научные технологии, 2022. С. 104-110.
3. Туманова А.М., Ромашкова О.Н., Михалева Т.Н., Чискидов С.В. Функциональные модели программной системы наблюдения за показателями климата и окружающей среды в арктическом регионе // Научно-практический журнал: Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия: «Естественные и технические науки» № 3 2023 (март) – М.: Научные технологии, 2023. С. 120-125.

Публикации в других журналах, сборниках научных трудов и материалах научных и научно-практических конференций:

4. Петрова А.М. Анализ информационных систем для мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе // В сборнике: Математика и информатика в образовании и бизнесе. Сборник материалов международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 435-438.
5. Петрова А.М. Анализ подходов к автоматизации мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе // #ScienceJuice2020: сборник статей и тезисов. Том 5 – М.: ПАРАДИГМА, 2021. С. 210-211.
6. Петрова А.М. К вопросу автоматизации проектирования программных систем для мониторинга климата и окружающей среды в

арктическом регионе // В сборнике: #ScienceJuice2019: Сборник статей и тезисов студенческой открытой конференции. – 2020. – С. 394-395.

7. Петрова А.М. Модели функционирования программной системы мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе // В сборнике: Открытая наука 2021. Сборник материалов научной конференции с международным участием. – М.: Aegitas, 2021. С. 447-452.

8. Петрова А.М., Ромашкова О.Н. Модели для программной системы мониторинга климата и окружающей среды в районах крайнего севера // В сборнике: Международная молодежная научная школа-конференция «Цифровая трансформация реального сектора экономики»: Сборник тезисов докладов [Электронное издание]. М.: НИЯУ МИФИ, 2021. С. 181-184.

9. Петрова А.М. Функциональные задачи центра мониторинга климатических показателей // В сборнике: #ScienceJuice2021: Сборник статей и тезисов студенческой открытой конференции. – 2021. – С. 419-420.

10. Туманова А.М., Ермакова Т.Н. Современные суперкомпьютерные методы и средства наблюдения за климатом и окружающей средой (в печати).

11. Туманова А.М. Физический уровень представления данных программной системы мониторинга климата и окружающей среды в арктическом регионе // В сборнике: Сборник тезисов студенческой открытой конференции «Лига исследователей МГПУ». – 2022. – С. 315-316.

Туманова Алина Михайловна

**МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КЛИМАТА И
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

09.06.01 – Информатика и вычислительная техника

Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,
комплексов и компьютерных сетей

Научный доклад
об основных результатах научно-квалификационной работы
(диссертации)