

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Базовая кафедра геоинформационных систем

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.И. Харук

подпись

« ____ » _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.02 Информационные системы и технологии

Информационная технология для анализа изменчивости климатических и
погодных условий территории Евразии

Руководитель _____ доцент каф. Б-ГИС, к. ф-м н. А.В. Картушинский
подпись, дата

Выпускник _____ А.А. Катцына
подпись, дата

Нормоконтролер _____ Е.В. Федотова
подпись, дата

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Базовая кафедра геоинформационных систем

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.И. Харук

подпись

« ____ » _____ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Катцыной Анастасии Андреевне

Группа: КИ14-14Б Направление: (специальность): 09.03.02

Информационные системы и технологии

Тема выпускной квалификационной работы: «Информационная технология для анализа изменчивости климатических и погодных условий территории Евразии»

Утверждена приказом по университету № 7461/с от 24.05.2018 г.

Руководитель ВКР: Картушинский А.В., доцент кафедры Б-ГИС, кандидат физико-математических наук

Исходные данные для ВКР: научные статьи, учебная литература, продукт Meteo 3.

Перечень разделов ВКР: Введение; Анализ методов и средств для получения и хранения метеорологических данных; Анализ метеорологических процессов в нижнем слое атмосферы; Разработка технологии анализа погодных и климатических изменений на территории Евразии с использованием информационно-прикладных средств; Заключение; Список использованных источников.

Перечень графического материала: слайды презентации.

Руководитель ВКР

подпись

А.В. Картушинский

Задание принял к исполнению

подпись

А.А. Катцына

«__» _____ 2018 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Информационная технология для анализа изменений климатических и погодных условий территории Евразии» содержит 46 страниц текстового документа, 19 использованных источников, 28 иллюстраций, 1 таблицу.

КЛИМАТ, ПОГОДА, КЛИМАТОГРАММА, НЫРЯЮЩИЙ ЦИКЛОН, ПЛАВАЮЩИЙ ЦИКЛОН, КЛИМАТИЧЕСКАЯ НОРМА, C++ BUILDER.

Вследствие значительной изменчивости в пространстве и времени условий атмосферы для слежения за ее состоянием необходимы многочисленные измерения.

Гидрометеорологические данные, полученные в результате измерений, собранные за несколько десятков лет доступны в разных форматах, единицах измерения, периодах, что существенно затрудняет работу с их анализом и обработкой.

Программные средства и информационные технологии позволяют решать задачи информационного обеспечения данными и проводить компьютерный анализ гидрометеорологических условий по территории Евразии. Для разработки технологии анализа изменчивости погодных и климатических условий на территории Евразии использовалось программное обеспечение Meteo 3, позволяющее: формировать базы данных температуры воздуха и количества осадков для метеостанций с различными периодами усреднения, рассчитывать климатические индексы и строить графики и климатограммы.

Целью работы является разработка информационной технологии для анализа изменчивости погодных и климатических условий на территории Евразии.

Для достижения данной цели решены следующие задачи: проведен анализ методов и средств получения и хранения метеорологических данных; проведен анализ метеорологических процессов в нижнем слое атмосферы; обновлены компоненты программного обеспечения Meteo 3, которые были не удобны для использования в силу устаревания программно-прикладных средств; сформированы базы данных по среднемесячной температуре воздуха и осадкам за период до 2017 года для метеостанций западной части Евразии; разработана информационная технология анализа погодной и климатической изменчивости на территории Евразии с использованием информационно-программных средств.

В результате бакалаврской работы была достигнута цель – выявление закономерностей изменчивости погодных и климатических условий в западной части Евразии. Обновлены компоненты программного обеспечения Meteo 3. Сформированы базы метеорологических данных и на их основе построены климатограммы некоторых станций западной части Евразии. Выявлены характерные для ныряющих циклонов изменения погодных условий.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Анализ методов и средств для получения и хранения метеорологических данных.....	5
1.1 Приборное обеспечение для измерения метепараметров	7
1.2 Хранение данных.....	9
2 Анализ метеорологических процессов в нижнем слое атмосферы	12
2.1 Климатическая норма.....	15
2.2 Циркуляционные образования, определяющие погодные условия	15
2.2.1 "Нырющие циклоны"	18
3 Разработка технологии анализа погодных и климатических изменений на территории Евразии с использованием информационно-прикладных средств..	20
3.1 Формат исходных данных и структура баз данных	20
3.2 Процедуры и функции программного обеспечения Meteo 3	29
3.3 Анализ климатограмм	31
Заключение	43
Список использованных источников	44

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в определенном смысле, существует проблема понимания определений климатических и погодных условий и разницы между ними.

Вследствие значительной изменчивости в пространстве и времени условий атмосферы для слежения за ее состоянием необходимы многочисленные измерения.

Гидрометеорологические данные, полученные в результате измерений, собранные за несколько сотен лет можно найти в общем доступе, но на разных ресурсах они предоставлены в разных форматах, единицах измерения, периодах, что существенно затрудняет работу с их анализом и обработкой.

Результаты всех видов гидрометеорологических наблюдений не теряют своей ценности со временем. Они постоянно используются при разработке методов гидрометеорологических прогнозов, составлении различных обобщений (справочников, атласов, ежегодников, ежемесячников), климатическом описании территорий, расчете статистических параметров гидрометеорологических элементов и при подготовке различных справок. Поэтому материалы наблюдений должны постоянно храниться и обеспечивать возможность многократного обращения к ним. С этой целью данные гидрометеорологических наблюдений заносятся в базы данных.

Большое значение для человечества имеет прогноз погодных и климатических изменений, чтобы своевременно предсказывать опасные явления, которые могут нанести вред жизни и здоровью человека и других живых организмов.

Одними из важнейших параметров, на которые стоит опираться при прогнозировании погодных условий, это измеренные на различных высотах: атмосферное давление, скорость ветра, влажность, температура воздуха и осадки.

Одной из важнейших функций систем мониторинга окружающей среды, является обработка метеорологических данных с различным уровнем усреднения, а также формирование баз данных и банков данных долговременных рядов метеонаблюдений по среднемесячной температуре и осадкам для изучения климатических факторов, оказывающих влияние на компоненты экологических систем суши и биосферы в целом.

Таким образом, была сформулирована цель работы: разработка информационной технологии для анализа изменчивости погодных и климатических изменений территории Евразии.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ методов и средств, для получения и хранения метеорологических данных;
- анализ метеорологических процессов в нижнем слое атмосферы;
- обновлены компоненты программного обеспечения Meteo 3;
- формирование базы данных по среднемесячной температуре воздуха и осадкам за период до 2017 года для метеостанций западной части Евразии;
- разработка информационной технологии анализа погодной и климатической изменчивости на территории Евразии с использованием информационно-прикладных средств.

Для работы с метеорологическими данными используется программное обеспечение Meteo 3, разработанное в лаборатории Экологической информатики Института биофизики СО РАН. В основные функциональные возможности данного программного обеспечения для изучения изменчивости климатических условий природно-климатических зон Евразии входит:

- построение климатограмм выбранных метеостанций;
- построение графиков среднемесячных, среднесезонных и среднегодовых распределений температуры и осадков;
- расчет гидротермических коэффициентов;
- расчет коэффициентов аридности.

1 Анализ методов и средств для получения и хранения метеорологических данных

Температура воздуха – одна из важнейших характеристик погоды и климата, оказывающая прямое воздействие на человека, животных, растения, на работу механизмов и т.д. Она изменяется в течение времени, с высотой и в горизонтальном направлении в очень широких пределах [1].

Основные данные для суждений о температуре нижних слоев атмосферы мы получаем в результате наблюдений на метеорологических станциях на стандартной высоте 2 м над земной поверхностью [2].

Атмосферными осадками называют капли воды и кристаллы льда, выпадающие из облаков или осаждающиеся из воздуха на поверхности земли и предметах. Количество осадков измеряют высотой слоя в миллиметрах [3].

Точность исходных данных зависит от погрешностей измерительных приборов, ошибок метода измерений, ошибок интерполяции или осреднения во времени или пространстве. Ошибки в данные могут быть внесены в процессе передачи сообщений, обработки или хранения. Ошибки можно классифицировать следующим образом [4]:

- по происхождению: аппаратная (инерция, неисправность), методическая, погрешность отсчета, погрешность градуировки;
- по характеру изменений: статическая, динамическая, дополнительная (отклонение от условий эксплуатации);
- по связи с величиной: аддитивная (не зависящая от истинного значения величины), мультипликативная (коррелирующая с истинным значением величины), погрешность нуля.

Начало международному сотрудничеству в области метеорологии было положено на Второй метеорологической конференции в Лейциге в 1872 г. И на Первом международном метеорологическом конгрессе, состоявшемся в Вене в сентябре 1873 г. На этом конгрессе была создана Международная метеорологическая организация, преобразованная в 1947 г. во Всемирную

метеорологическую организацию. Она осуществляет обмен метеорологическими данными между службами всех стран, следит за соблюдением единой методики наблюдений, заботится о распространении результатов научно-методических исследований и обмене ими [5].

Первые метеостанции появились в России в 1750-х гг.; проекты развития их сети начались после принятия "Декрета об организации метеорологической службы в РСФСР" в июле 1921 года. В азиатской части страны регулярные наблюдения начались позже. В 1936 году количество действующих станций метеонаблюдений (содержащие информацию с 1886 году и ранее) достигло 338. В 1951-1989 годах на территории бывшего СССР уже работало 455 станций первого разряда. В зависимости от объема наблюдений и работ метеорологических станций условно разделены на три разряда.

Метеорологические станции первой категории осуществляют мониторинг, обработку данных и управление работой метеорологических станций второй и третьей категории, а также предоставляют организациям и предприятиям данные о погодных условиях и материалы для мониторинга изменений климата. Метеорологическая станция второго разряда проводит наблюдения, обрабатывает и передает данные о результатах наблюдений. Метеорологическая станция третьего разряда проводит наблюдения по сокращенной программе. Также существуют метеообсерватории, которые проводят наблюдения по расширенной системе и временные метеопосты. До 1991 года все данные всех станций собирались региональными центрами и, теоретически, являлись общедоступными, но только на бумажных носителях. После распада СССР, сеть метеонаблюдений претерпела изменения, какие-то посты наблюдений были закрыты, что привело к прерыванию рядов наблюдений [6].

Сегодня в России сохранились лишь 156 станций с непрерывными наблюдениями в течение всего XX века. В некоторых регионах страны (Арктика, центральные районы Сибири и Дальнего Востока) плотность метеостанций уменьшилась в разы, а то и в десятки раз. Иногда появляются

инициативы о восстановлении сетей сбора метеорологических данных, путем установки автоматических станций, но они практически не реализуются.

После 1991 года было официально объявлено о том, что данные, собранные с постов метеонаблюдений будут распространяться только на коммерческой основе. Во многом эта ситуация сохраняется и сейчас.



Рисунок 1 – Схема плотности распределения метеостанций на территории Европы и западной части России. Светлые области – наличие большого количества постов наблюдений.

В настоящее время используется восьмисрочная система. Каждые 3 часа осуществляется передача данных, которые предварительно были собраны автоматизированными станциями метеонаблюдений, в центры управлений гидрометеорологической службы. На всех метеостанциях нашей планеты измерения подразумевают четкую периодичность, что очень важно для последующего анализа данных.

1.1 Приборное обеспечение для измерения метеопараметров

Классическими методами измерения метеопараметров принято считать осадкометр Третьякова и метеорологическую будку.

Осадкомер Третьякова состоит из двух металлических сосудов для сбора и сохранения выпадающих осадков (одной крышки к ним, тачана для установки осадкомерных сосудов, ветровой защиты и двух измерительных стаканов). Для сбора осадков сосуд в форме цилиндра высота 40 см с внутренним диаметром 159,5 мм, площадью приемного отверстия 200 см. Внутри сосуда впаяна диафрагма в форме конуса (усеченного) с отверстием для стока. Для измерения кол-ва осадков используется измерительный стакан, имеющий 100 делений. Одно деление стакана соответствует слою осадков высотой 0,1 мм.

Метеорологическая будка Будка защитная жалюзная служит для исключения влияния солнечной радиации и излучения окружающих предметов на показания приборов, установленных в ней, а также для защиты их от осадков и сильных порывов ветра. МБ укрепляется на спец. подставке высотой 175 см. Верхняя часть штатива, на котором психометрические термометры должна быть на такой высоте, чтобы резервуары вставленных в ней термометров оказались на высоте 2 м от поверхности земли. Психрометр стационарный состоит из 2-х одинаковых психометрических (ртутных) термометров ценой деления 0,2 С и резервуарами шарообразной формы. Термометры устанавливаются вертикально, под правый на 2 см ниже резервуара устанавливается стаканчик с дистиллированной водой. Резервуар обматывают батиком и погружают в воду.

В свою очередь современные средства измерений метеопараметров базируются, в том числе и на данных метеоспутников.

Для сбора информации через спутниковые устройства, используются такие инструменты, как оптические приборы различного диаметра, СВЧ-радиометры, ГАК-М приборы. С помощью такого оборудования можно следить за изменениями подстилающего слоя Земли, осуществлять мониторинг состояния окружающей среды, осуществлять мониторинг чрезвычайных ситуаций, не только естественного (природного), но и искусственного (техногенного) происхождения.

Существуют два вида спутников, которые осуществляют наблюдение за погодой:

- геостационарные спутники – постоянно находятся над одной точкой экватора, из-за того, что движутся с постоянной скоростью на высоте 38500 километров. Данный спутник одновременно наблюдает за 42 процентами земной поверхности;

- полярные орбитальные спутники – имеют небольшую ось передвижения, находясь на 850-1200 километров над поверхностью Земли. Ведут наблюдение за 2 километрами подстилающей поверхности.

В спутниках всех типов есть запоминающие устройства, имеющие функцию накопления данных, которыми являются снимки в видимой области спектра – фотографии подстилающей поверхности с определенным характером облачности – и снимки в инфракрасном спектре – снимки с данными о температуре и градиентами температуры на поверхности Земли – сделанные камерами. Передача данных осуществляется в момент, когда спутник пролетает над приемной станцией на Земле.

1.2 Хранение метеоданных

В наше время информация о метеорологических наблюдениях по каналам связи поступает во ВНИИГМИ-МЦД в центр коммутации сообщений со всего Земного шара.

Хранение метеорологических данных осуществляется во Всемирной службе погоды в рамках Всемирной метеорологической организации.

Во Всемирной службе погоды существует несколько систем:

- глобальная система наблюдений – содержит в себе приземную, воздушную, надводную и космическую системы;

- глобальная система телесвязи – контроль только оперативных данных. Содержит в себе устройства, которые необходимы для быстрого сбора и передачи данных;

- глобальная система обработки данных – осуществляются оперативные и неоперативные задачи. Содержит в себе средства для обработки, хранения и поиска данных. Подготавливается прогностическая информация.

В среднем в базы данных с метеорологических постов наблюдения России и стран СНГ записывается телеграмм SYNOP: 1700-1900 за срок, 15600 за сутки, 475000 за месяц [7]. В таких телеграммах содержится информация о температуре воздуха (°C), температуре точки росы (°C), относительной влажности воздуха (%), атмосферном давлении (гПа), количестве осадков (мм).

В лаборатории Экологической информатики СО РАН используются данные метеорологических наблюдений. Для работы со среднемесячными показателями осадков и среднемесячными температурами воздуха в лаборатории Экологической информатики института биофизики СО РАН было разработано программное обеспечение Meteo 3, которое используется решения разнообразных проблем и проведения исследований.

Программные средства накопления метеорологических данных предназначены для приема, обработки и хранения в базах данных метеорологической информации, которая получается благодаря различным каналам связи.

Схема обработки данных, поступающих по каналам связи, и их использования

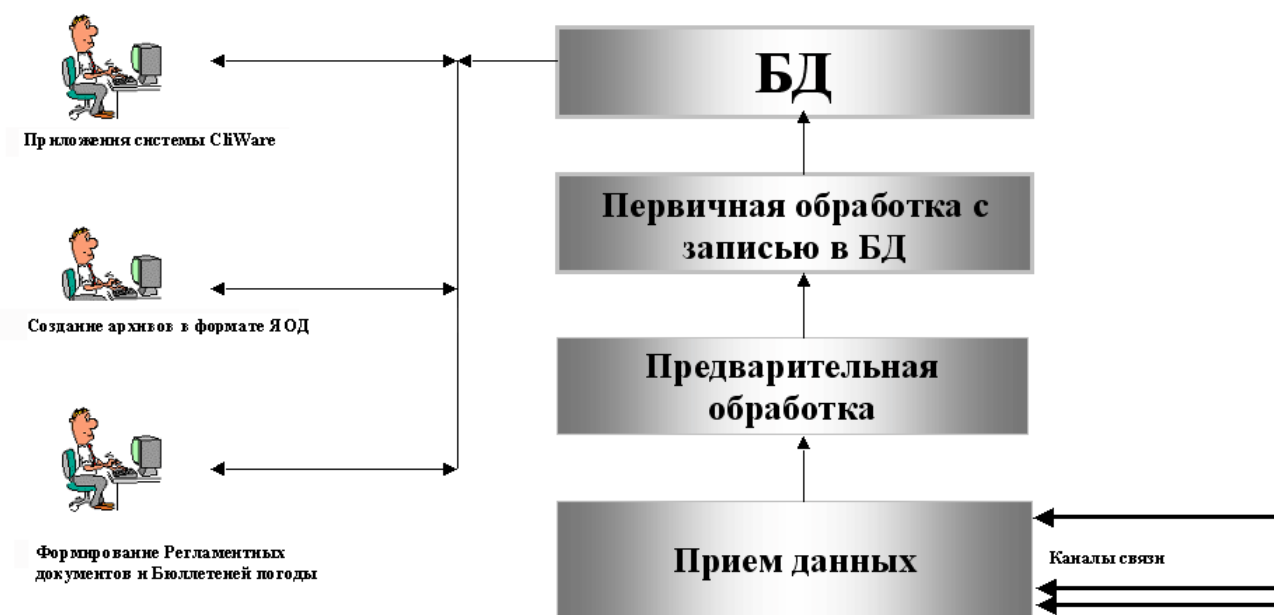


Рисунок 2 – Блок-схема передвижения данных в системе

Как и в любом программном комплексе, система состоит из нескольких этапов:

- получение данных с канала связи – сообщения с метеорологическими данными из центра коммутации сообщений, с помощью транспортного протокола TCP/IP, поступают в программу;
- предварительная обработка – осуществляется подготовка данных к последующей первичной обработке – отсеиваются сообщения, которые не могут быть подвергнуты дальнейшей обработке;
- первичная обработка данных и запись в базы данных – осуществляются несколько функций: раскодирование среды, величин и самих данных; контроль логики значений величин; отбраковка файлов.

После формирования массивов информации, они заносятся в базы данных, которые могут быть представлены в виде ORACLE, MS SQL, Linter и других форматов. В дальнейшем базы данных могут быть предоставлены потребителям для формирования климатических и метеорологических характеристик.

2 Анализ метеорологических процессов в нижнем слое атмосферы

В настоящее время существует разделение на погоду и климат.

Климат – это обобщенное обозначение погодных условий в некоторой местности или регионе, преобладающих на протяжении длительного периода времени [8].

Ежедневно фиксируемые данные о погоде накапливаются, а затем обобщаются, что дает представление об основных климатических тенденциях.

В климате одной местности происходят изменения, которые формируются десятилетиями и более длительными периодами. Из-за закономерных изменений климат данной местности может стать более холодным или более теплым, более влажным или более сухим.

Достоверно доказано, что на протяжении всей геологической истории Земли вместе со всей земной природой менялись состав атмосферы, ее масса, менялся и климат. Следовательно, неизбежно происходили изменения теплооборота, влагооборота и атмосферной циркуляции, а также географических факторов климата. Это и служило причиной его многократных изменений [9].

Согласно классификации Б.П. Алисова на земном шаре существует 13 климатических поясов: один экваториальный, два субэкваториальных, два тропических, два субтропических, два умеренных, один субарктический, один субантарктический, один арктический и один антарктический пояс.

Климатические пояса – это крупные области Земли различные по климатическим особенностям [10].

Климат классифицируется по масштабам макроклимата, определяемым для крупных регионов земного шара, по микроклимату определенной территории-леса или поля. На формирование климата влияет ряд причин, которые называются климатообразующими факторами: температура воздуха, движение воздушных масс, поступающее и исходящее излучение, морские течения, а также рельеф. Но главным фактором разделения на климатические

зоны является географическое положение. Местоположение определяет угол падения солнечного света, который определяет количество поступающего солнечного тепла. Чем меньше угол, тем меньше тепла получает определенное место. Но, если одинаковое количество тепла падает на землю и воду, подстилающая поверхность будет нагреваться по-разному. Вода нагревается и охлаждается медленнее, чем сухая. Следовательно, над поверхностью воды формируется морской климат, который характеризуется низкими температурными амплитудами и высокими облаками. Над сушей формируется континентальный климат, который характеризуется резкими перепадами температур и малой облачностью.

Природно-климатическая зона – часть географической оболочки Земли и географического пояса, имеющая характерные составляющие ее природные компоненты и процессы. Это – климат, рельеф, гидрологические и геохимические условия, а также почвы, растительность и животный мир. Климатические условия, такие как температура, увлажнение, цикличность их изменений, являются определяющим фактором.

Классификация природно-климатических зон [11]:

- арктические и антарктические пустыни – в основном состоят из небольших скал и каменной осыпи, ледников. Особенностью является полное отсутствие солнечного света в течение длительного времени. Практически лишены растительности;
- тундра и лесотундра – Несмотря на малое количество атмосферных осадков, характерна высокая влажность из-за резкого превышения увлажнения над испарениями;
- тайга и бореальный лес – характерны холодная зима и умеренное лето. Среднегодовое количество осадков от 300 до 1000 мм;
- смешанные и широколиственные леса – формируется в умеренном поясе со средним количеством осадков от 250 до 700 мм в год (в широколиственных лесах до 1000 мм в год). относительно мягкий климат и плодородные почвы;

- степи и лесостепи – характерно низкое количество осадков от 250 до 500 мм в год;

- пустыни и полупустыни – малое количество осадков до 15 мм в год.

Практически нет флоры;

- саванны и редколесья – климат либо сухой, либо дождливый от 500 до 1000 мм осадков в основном в летний период;

- жестколистные вечнозеленые леса – Достаточное количество осадков в среднем 600 мм в год. Плодородные почвы;

- переменно-влажные муссонные леса – осадки выпадают только в сезон дождей, затем резко наступает засуха на 4-5 месяцев;

- экваториальные и тропические леса – влажный климат от 2000 до 7000 мм осадков в год. Большое количество флоры и фауны;

- горные леса – горные массивы с колебаниями относительных высот местности до 100 метров и более.

Примерное географическое разделение поверхности Земли на природно-климатические зоны можно увидеть на рисунке 3.

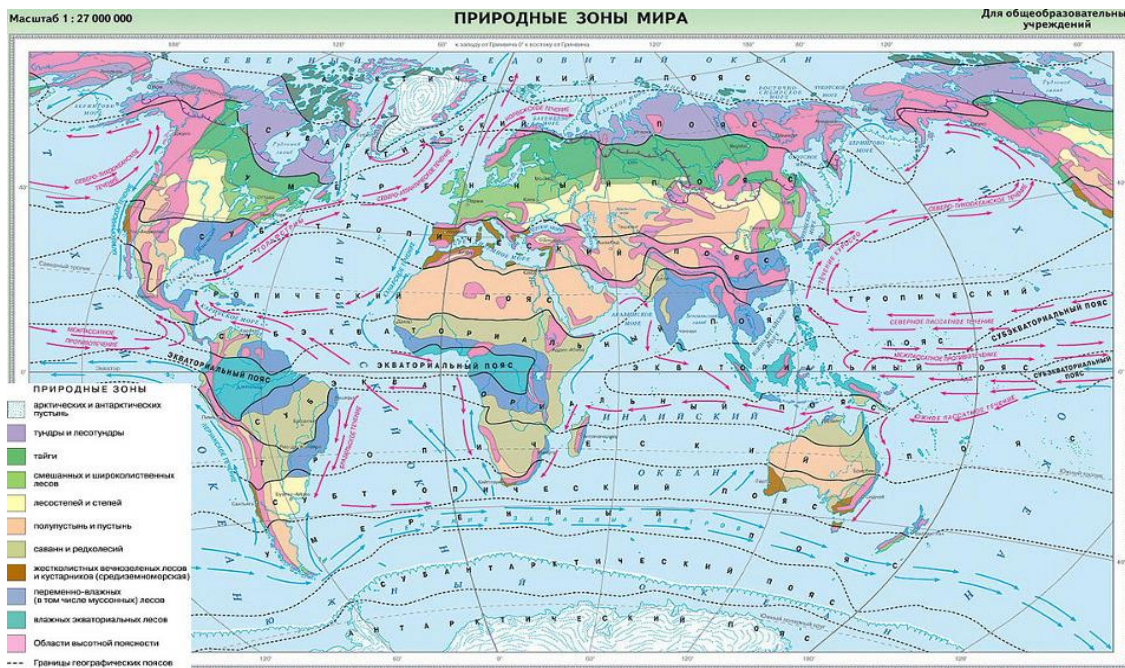


Рисунок 3 – Схема разделения поверхности Земли на природно-климатические зоны

2.1 Климатическая норма

Говоря о погоде, часто можно услышать сравнение метеорологических характеристик с климатической нормой. При сравнении температуры, в средствах массовой информации встречается выражение: «температурный фон на 6-8 градусов выше климатической нормы».

Понятие «норма» в статистике – это средний диапазон значений на шкале измеряемого свойства [12]. Отклонением от нормы считается выход за пределы среднего диапазона.

Климатическая норма – это средняя величина метеорологического элемента, статистически полученная из многолетнего ряда наблюдений в данной местности. В климатологии за климатическую норму принято считать усреднение метеорологических характеристик за 30 лет. Климатологи считают, что за такой период времени атмосфера проходит весь диапазон аномалий, свойственных климату определенного района. Современной климатической нормой метеоэлементов считаются средние величины, рассчитанные за промежуток времени с 1961 по 1990 год, который был утверждён Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО). Это базовый период, с которым сравнивают текущие климатические изменения для оценки долгосрочных колебаний климата [13].

2.2 Циркуляционные образования, определяющие погодные условия

Погода – это состояние атмосферы в данной местности или над обширным пространством [14], которое относится к краткосрочным состояниям атмосферного воздуха (дни и недели). Атмосферные характеристики, определяющие погодные условия: температура воздуха, давление, влажность, осадки, облачность, ясность, видимость и сила ветра.

Главная формирующая часть циркуляции воздуха на нашей планете — это разность температуры у земли между экватором и полюсами. Она вызывает называемый западно-восточный перенос в умеренных широтах, а точнее волны, движущиеся с запада на восток на высоте 4-5 километров. В своих ложбинах и гребнях они несут с собой циклоны и антициклоны. Гидродинамики доказали, что чем волна крупнее, тем медленнее она движется, а начиная с определенного размера, может существовать определенное время над определенной территорией.

Циклон – это атмосферное возмущение с пониженным давлением в центре и вихревым движением воздуха против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном полушарии Земли.

Антициклон – это атмосферное возмущение с повышенным давлением в центре и вихревым движением воздуха по часовой стрелке в северном полушарии и против часовой стрелки в южном полушарии Земли.

Минимальное атмосферное давление в циклоне приходится на центр и растет к периферии, то есть горизонтальные барические градиенты направлены снаружи циклона внутрь, как показано на рисунке 2. В хорошо развитом циклоне давление в центре на уровне моря может понижаться до 950—960 мбар (1 бар = 105 н/м²), а в отдельных случаях до 930—920 мбар (при среднем давлении на уровне моря около 1012 мбар).

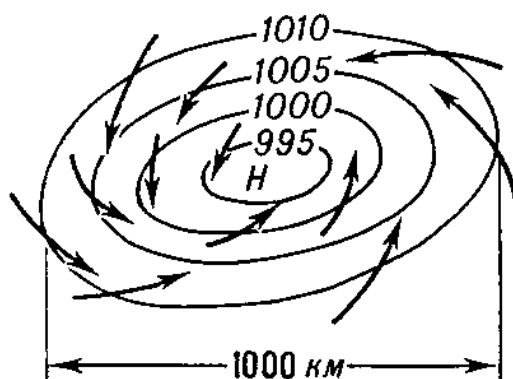


Рисунок 4 – Барические градиенты и давление в циклоне

Скорости ветра в циклоне сильнее, чем в смежных областях атмосферы. Иногда они достигают более 20 м/сек (шторм) и даже более 30 м/сек (ураган).

В связи с восходящими составляющими движения воздуха, особенно вблизи атмосферных фронтов, в циклоне преобладает облачная погода. Основная часть атмосферных осадков во внетропических широтах выпадает именно в циклонах.

Холодными фронтами считаются воздушные массы, которые движутся и вытесняют теплые. Теплыми фронтами считаются фронты, движущиеся в сторону холодного воздуха. Вместе с ними перемещается и теплая воздушная масса

В молодом циклоне можно выделить три зоны, которые резко отличаются по условиям погоды:

- передняя и центральная части холодного сектора циклона перед тёплым фронтом. В этой зоне характер погоды определяется свойствами тёплого фронта. Чем ближе к центру циклона и к линии фронта, тем мощнее система облаков и тем вероятнее выпадение обложных осадков.

- тыловая часть холодного сектора циклона за холодным фронтом. Здесь погода определяется свойствами холодной воздушной массы. При достаточной влажности и значительной неустойчивости в этой зоне выпадают ливневые осадки.

- тёплый сектор между теплым и холодным фронтом. Зимой в теплом секторе молодого циклона отмечаются сплошные облака, а иногда наблюдаются адвективные туманы и морось. Летом в теплом секторе циклона, в зависимости от влажности воздушной массы, может наблюдаться как малооблачная погода, так и облачная погода, а иногда даже грозы. Днём отмечаются преимущественно кучевые облака [15].

Вследствие вихревого движения воздуха в область циклона втягиваются различные по температуре воздушные массы из разных широт Земли. С этим связана температурная асимметрия циклона: в разных его секторах

температуры различны. Это относится в особенности к подвижным циклонам, возникающим на главных фронтах тропосферы.

Подвижные циклоны обычно перемещаются с запада на восток. В каждом отдельном случае направление определяется направлением общего переноса воздуха в верхней тропосфере. Противоположные – с востока на запад – перемещения редки. Средние скорости перемещения циклонов порядка 30-45 км/ч, но встречаются циклоны, которые движутся быстрее (до 100 км/ч), особенно в начальных стадиях развития. В заключительной стадии циклоны могут подолгу не менять положения. Перемещение циклона через какой-либо район вызывает резкие и значительные локальные изменения не только атмосферного давления, но и температуры и влажности воздуха, облачности и осадков.

Циклоническая деятельность приводит к междуширотному обмену воздухом, количеством движения, тепла, влаги, что делает ее важнейшим фактором в общей циркуляции атмосферы.

2.2.1 «Ныряющие циклоны»

Такие термины, как «ныряющий циклон», связаны с внешним восприятием географической карты. Все, что на севере – вверху; все, что на юге – внизу. Поэтому циклон, который на большой скорости врывается с северных на южные территории, ассоциируется со свалившимся сверху или «нырнувшим».

Перемещение их происходит над холодной подстилающей поверхностью, по этой причине циклоны этой группы плохо выражены в облачности и осадках. Так как «ныряющие» циклоны смещаются с северных широт, то их прохождение сопровождается вторжением холода и усилением северо-западных ветров.

В случае ныряющего циклона, все его части находятся со сдвигом на 90 градусов, относительно «обычного» (движущегося с запада на восток) циклона.

Передняя часть и теплый фронт – на юге, теплый сектор – на западе, тыл – на севере и северо-востоке.

В работе журналистки с интернет портала «Гидрометцентр России», «ныряющие циклоны» описываются определенным образом [16]: «... Это циклоны, которые возникают на севере Гренландского и Норвежского морей, там, где встречаются Атлантический и Ледовитый океаны. Эти циклоны вовлекают в свою циркуляцию холодные и влажные воздушные массы, формирующиеся над незамерзающими акваториями. Один за другим они с большой скоростью перемещаются на юго-восток вглубь евразийского континента – что можно увидеть на рисунке 5 – удерживая крайне неустойчивую погоду почти зимнего характера с частыми колебаниями атмосферного давления, температуры, ветрового режима и режима осадков, которые преимущественно выпадают в виде снега, местами сильного, с метелями и снежными заносами на дорогах, на западе и юге в виде мокрого снега и дождя. При этом среднесуточная температура остается ниже нормы.

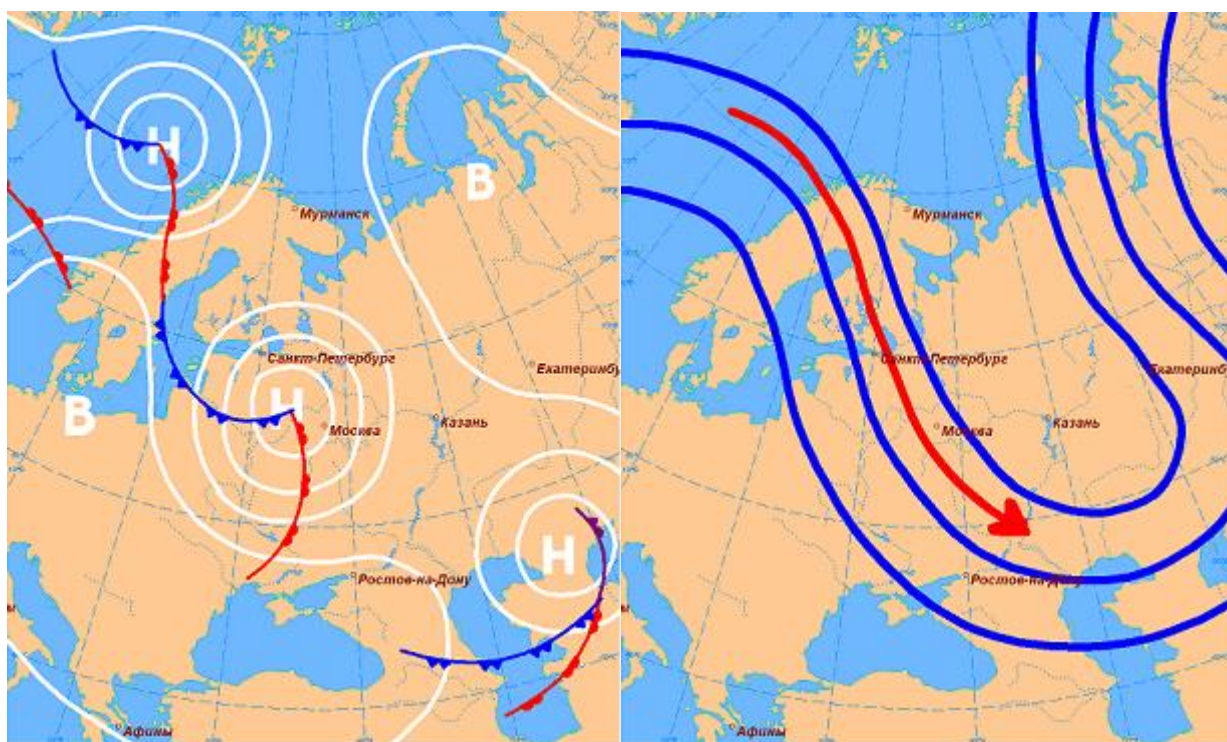


Рисунок 5 – Схема перемещения «ныряющего циклона». В – повышенное давление, Н – пониженное давление.

Термин «ныряющие циклоны» возник много лет назад во время обсуждения или демонстрации прогнозов погоды для территории Европейской России. Синоптики обычно развешивали карты, фактической погоды и прогностические, на вертикальных демонстрационных досках. В ситуациях, когда в атмосфере устанавливался северо-западный, или даже северный, процесс, циклоны на картах Европейской России появлялись в левом верхнем углу, и по мере обсуждения прогноза, при переходе от одной карты к другой, быстро минуя центр, оказывались у нижнего края карты – «ныряли»...».

3 Разработка технологии анализа погодной и климатической изменчивости на территории Евразии с использованием информационно-прикладных средств.

3.1 Формат исходных данных и структура баз данных

Хранение метеоданных погодных сводок возможно в оригинальном формате КН-01, но это нецелесообразно из-за потребности декодирования данных для постобработки. Особенно явно видится сложность использования формата КН-01 при хранении метеоданных с учётом больших объёмов поступающих метеоданных. Хранение и обработка больших объёмов слабо структурированных данных не рекомендуется в современных информационных системах. Это позволяет сделать вывод о целесообразности разработки средств для хранения и постобработки метеоданных, например средствами реляционных СУБД [17].

В программном обеспечении Meteo 3 базы данных представляют собой таблицы, первым столбцом которых является ID выбранной метеостанции. Второй столбец – это год наблюдения и еще 12 столбцов содержат в себе значения среднемесячных температур или суммы осадков.

Данные, которые необходимо использовать для достижения поставленной цели, можно найти в открытом доступе на различных ресурсах, но зачастую они предоставлены в разных форматах и единицах измерения. Для используемого программного обеспечения данные, которые необходимо вносить в базы данных должны быть представлены в определенных единицах измерения: для температуры воздуха – градусы Цельсия, для осадков – миллиметры. Если единицы измерения не соответствуют требованиям, это существенно влияет на дальнейшее их использование в качестве анализируемого материала.

Для заполнения баз данных программного обеспечения Meteo 3, были использованы данные pogodaiklimat.ru, <http://thermo.karelia.ru>, aisori-m.meteo.ru.

Разработанная в ВНИИГМИ-МЦД технология Аисори-М обеспечивает удаленный доступ к ЯОД-архивам для получения из них любых выборок табличной структуры. Данная технология позволяет делать выборки и сортировать данные по разделам, видам информации, элементам, станциям.

Данные используются в программном обеспечении для исследований изменчивости климатических условий в приземном слое атмосферы. Такие исследования необходимы для развития научных направлений в Институте биофизики СО РАН лаборатории Экологической информатики.

Однако в данном программном обеспечении была обнаружена проблема устаревания программных средств, с помощью которых осуществлялось занесение новой информации в существующие базы данных. Ввод данных вручную осуществляется без каких-либо трудностей в интерфейсе самого программного обеспечения, но занесение новой информации в файлы с расширением «.db» путем импорта – трудоемкий процесс, требующий много времени. Импорт осуществляется путем нескольких переформатирований файлов с помощью сторонних утилит.

Исходные данные представлены в форматах: «.xls», «.txt», «.tab». Для осуществления импорта необходимо было выполнить несколько операций:

- исходные данные, представленные в табличном виде в формате «.xls», переформатировать в текстовый формат представления табличной информации – «.csv» под средством конвертера на платформе Softo – Convertio;
- с помощью утилиты Paradox Data Editor открыть исходные базы данных и импортировать новые данные в формате «.csv» в файлы программного обеспечения в формат «.db».

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
20476	1981	-20.5	-29.7	-30.4	-18.0	-11.8	-0.8	1.8	3.2	-2.2	-12.5	-15.2	-27.2
20476	1982	-30.5	-29.5	-29.1	-17.2	-10.5	-0.9	3.4		0.7	-13.1	-25.8	-23.4
20476	1983	-25.6	-26.7	-24.7	-24.3	-10.4	-1.5	2.2	5.5	1.0	-8.7	-19.9	-26.3
20476	1984	-19.6	-23.5	-25.5	-26.6	-10.3	-0.1	5.5	3.3	1.5	-9.2	-23.5	-23.0
20476	1985	-31.1	-26.5	-24.8	-21.9	-12.2	1.7	3.9	5.6	1.2	-6.5	-16.5	-23.9
20476	1986	-27.4	-30.7	-26.7	-23.2	-10.3	-1.5	6.4	1.3	-2.1	-8.5	-16.1	-30.0
20476	1987	-34.7	-28.4	-28.7	-17.9	-9.2	-2.2	3.4	3.5	-0.2	-9.3	-23.4	-28.8
20476	1988	-27.8	-26.5	-27.8	-25.7	-8.0	0.5	1.4	1.6	-2.8	-13.4	-25.6	-21.0
20476	1989	-30.0	-28.4	-27.5	-21.4	-8.2	-2.3	1.6	0.7	-2.8	-13.9	-29.6	-26.6
20476	1990	-29.4	-26.9	-23.3	-13.9	-8.9	0.0	3.7	2.0	-0.3	-12.4	-28.7	-31.4

Рисунок 6 – Изображение фрагмента табличных данных

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
20046,"1963"	,"-30.4"	,"-33.5"	,"-33.2"	,"-20.9"	,"-11.0"	,"-1.3"	"0.4"	"0.7"	,"-5.6"	,"-12.2"	,"-24.2"	,"-29.7"
20046,"1964"	,"-34.6"	,"-21.2"	,"-27.9"	,"-22.3"	,"-13.4"	,"-3.3"	"0.7"	"0.0"	,"-3.1"	,"-10.8"	,"-23.2"	,"-19.4"
20046,"1965"	,"-24.9"	,"-25.8"	,"-27.4"	,"-17.4"	,"-12.8"	,"-1.6"	"0.6"	"0.0"	,"-2.5"	,"-12.2"	,"-14.8"	,"-25.8"
20046,"1966"	,"-29.9"	,"-27.3"	,"-29.6"	,"-20.7"	,"-13.0"	,"-2.7"	"1.0"	"0.1"	,"-3.3"	,"-17.4"	,"-19.0"	,"-7.8"
20046,"1967"	,"-29.3"	,"-32.2"	,"-22.1"	,"-18.1"	,"-10.6"	,"-2.5"	"0.9"	,"-0.4"	,"-3.1"	,"-12.4"	,"-16.3"	,"-20.8"
20046,"1968"	,"-24.2"	,"-23.6"	,"-29.7"	,"-20.3"	,"-9.8"	,"-2.2"	"0.2"	,"-0.3"	,"-4.6"	,"-17.0"	,"-27.6"	,"-26.0"
20046,"1969"	,"-25.9"	,"-20.6"	,"-32.4"	,"-25.1"	,"-10.3"	,"-2.7"	"1.2"	"0.0"	,"-2.6"	,"-8.3"	,"-14.1"	,"-16.7"
20046,"1970"	,"-27.1"	,"-25.2"	,"-22.3"	,"-22.2"	,"-10.0"	,"-1.5"	"0.7"	"0.1"	,"-3.9"	,"-14.1"	,"-20.6"	,"-24.8"
20046,"1971"	,"-32.5"	,"-15.2"	,"-23.0"	,"-19.2"	,"-7.6"	,"-1.6"	"1.0"	"0.1"	,"-2.9"	,"-13.3"	,"-21.6"	,"-21.1"
20046,"1972"	,"-15.1"	,"-26.1"	,"-21.1"	,"-21.8"	,"-12.0"	,"-0.6"	"0.2"	,"-0.2"	,"-1.6"	,"-9.0"	,"-15.8"	,"-23.0"
20046,"1973"	,"-23.4"	,"-22.5"	,"-24.1"	,"-15.0"	,"-10.0"	,"-1.2"	"1.1"	"0.5"	,"-3.5"	,"-17.4"	,"-22.2"	,"-28.3"
20046,"1974"	,"-15.5"	,"-24.1"	,"-20.8"	,"-19.8"	,"-9.8"	,"-0.9"	"0.5"	,"-0.1"	,"-3.8"	,"-9.6"	,"-18.8"	,"-16.4"
20046,"1975"	,"-23.2"	,"-22.4"	,"-27.7"	,"-16.4"	,"-10.4"	,"-2.7"	,"-0.4"	"0.9"	,"-1.9"	,"-15.2"	,"-24.2"	,"-21.9"
20046,"1976"	,"-26.4"	,"-20.4"	,"-17.3"	,"-14.7"	,"-10.7"	,"-1.4"	"0.6"	,"-0.4"	,"-3.8"	,"-11.6"	,"-22.4"	,"-23.1"
20046,"1977"	,"-21.6"	,"-28.4"	,"-28.6"	,"-23.0"	,"-8.5"	,"-1.8"	"1.0"	,"-0.6"	,"-3.9"	,"-14.4"	,"-19.6"	,"-19.3"
20046,"1978"	,"-28.0"	,"-30.6"	,"-25.2"	,"-22.4"	,"-7.7"	,"-1.6"	"0.6"	"0.4"	,"-4.6"	,"-9.1"	,"-17.8"	,"-26.0"
20046,"1979"	,"-29.3"	,"-34.6"	,"-28.9"	,"-23.0"	,"-12.7"	,"-1.2"	"1.7"	"0.7"	,"-1.5"	,"-7.9"	,"-14.0"	,"-21.4"
20046,"1980"	,"-26.4"	,"-23.1"	,"-21.0"	,"-16.6"	,"-8.1"	,"-2.4"	"0.6"	,"-0.9"	,"-4.1"	,"-12.6"	,"-26.2"	,"-26.2"
20046,"1981"	,"-27.7"	,"-24.9"	,"-29.1"	,"-21.4"	,"-9.3"	,"-1.6"	"0.7"	"0.3"	,"-2.4"	,"-7.6"	,"-15.8"	,"-26.4"
20046,"1982"	,"-29.8"	,"-29.0"	,"-24.3"	,"-20.5"	,"-9.8"	,"-2.3"	,"-0.2"	,"-0.8"	,"-5.4"	,"-12.4"	,"-19.8"	,"-20.7"
20046,"1983"	,"-21.7"	,"-27.0"	,"-19.4"	,"-20.3"	,"-10.8"	,"-2.2"	"0.9"	,"-0.3"	,"-1.7"	,"-8.4"	,"-22.3"	,"-26.3"
20046,"1984"	,"-16.2"	,"-15.6"	,"-25.5"	,"-21.8"	,"-8.5"	,"-1.3"	"1.8"	"0.8"	,"-1.1"	,"-4.1"	,"-14.1"	,"-16.0"

Рисунок 7 – Изображение фрагмента данных в формате «.csv»

The screenshot shows the Paradox Data Editor interface. On the left, the 'Properties' section lists database settings: Table Type (PARADOX 7), Language Driver (DBWINUS0), Code Page (1252), Protection (False), Version (130), Field Count (14), Refint Check Count (0), Index Count (0), Validity Check Count (0), Filter Count (0), Password Count (0), and File Size (10,00 KB). The 'Structure' section lists fields: ID (String(8)), Year (Floating-point n...), and months (Jan, Feb, Mar, Apr, May, Jun, Jul, Aug, Sep, Oct, Nov, Dec) all as Floating-point n... fields.

ID	Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
16	2089100	1947	-32,9	-34,3	-24,3	-16,4	-2,8
17	2089100	1948	-29,7	-35	-26,1	-20,3	-5,5
18	2089100	1949	-30,8	-30,1	-22	-16,2	-6,1
19	2089100	1950	-34,8	-34	-29,1	-18,6	-5,1
20	2089100	1951	-37,4	-35,5	-33,1	-18,3	-7,7
21	2089100	1952	-36,6	-27,6	-31,4	-18,8	-6,4
22	2089100	1953	-34,6	-27,6	-23,1	-11,6	-4,3
23	2089100	1954	-34,2	-33	-28	-16	-7,1
24	2089100	1955	-21,4	-37,9	-34,3	-17,5	-9
25	2089100	1956	-32,6	-26,1	-23,6	-22,3	-9
26	2089100	1957	-33,6	-34,5	-27,5	-21,4	-5
27	2089100	1958	-31,7	-36,2	-31,7	-21,2	-8,7
28	2089100	1959	-36,4	-27,3	-21,7	-19,3	-8,7
29	2089100	1960	-34,7	-38,6	-32	-19,6	-6,1
30	2089100	1961	-40,4	-34,6	-20,2	-18,2	-8,4
31	2089100	1962	-29	-29,7	-25,4	-15,6	-9,2
32	2089100	1963	-29,7	-29,6	-28	-20,5	-9,5
33	2089100	1964	-34,3	-19,5	-32,6	-20,9	-9,8
34	2089100	1965	-35,5	-37,4	-25,5	-17,2	-9
35	2089100	1966	-39,7	-40,2	-34,8	-20,2	-8
36	2089100	1967	-35,8	-31,3	-26,3	-15,5	-7,5
37	2089100	1968	-31,5	-27,8	-20,6	-17,1	-8,3
38	2089100	1969	-34,8	-38,8	-29	-19,3	-6,9
39	2089100	1970	-33,8	-35,4	-25,6	-20,2	-9,6
40	2089100	1971	-34,7	-34,2	-24,9	-19,5	-6,1
41	2089100	1972	-36,7	-32,2	-30,1	-15	-10,8
42	2089100	1973	-34,2	-27,8	-22,4	-19,7	-7,8
43	2089100	1974	-38,6	-34,2	-22,1	-15,6	-7,2
44	2089100	1975	-31,4	-31,9	-27,5	-18	-4,8
45	2089100	1976	-29,6	-34,2	-28,9	-13,1	-7,8
46	2089100	1977	-32,7	-35,9	-30,7	-15	-3,1

Рисунок 8 – Изображение фрагмента данных в Paradox Data Editor

После занесения данных в базы данных программного обеспечения, они сохранялись в формате «.db» в каталог «Data». Файлы с данными о температуре воздуха содержат в названии букву «m» и ID станции, а файлы с данными об осадках – букву «p» и ID станции.

Таким образом, весь процесс занесения новой информации можно представить в виде схемы, которая представлена на рисунке 9.

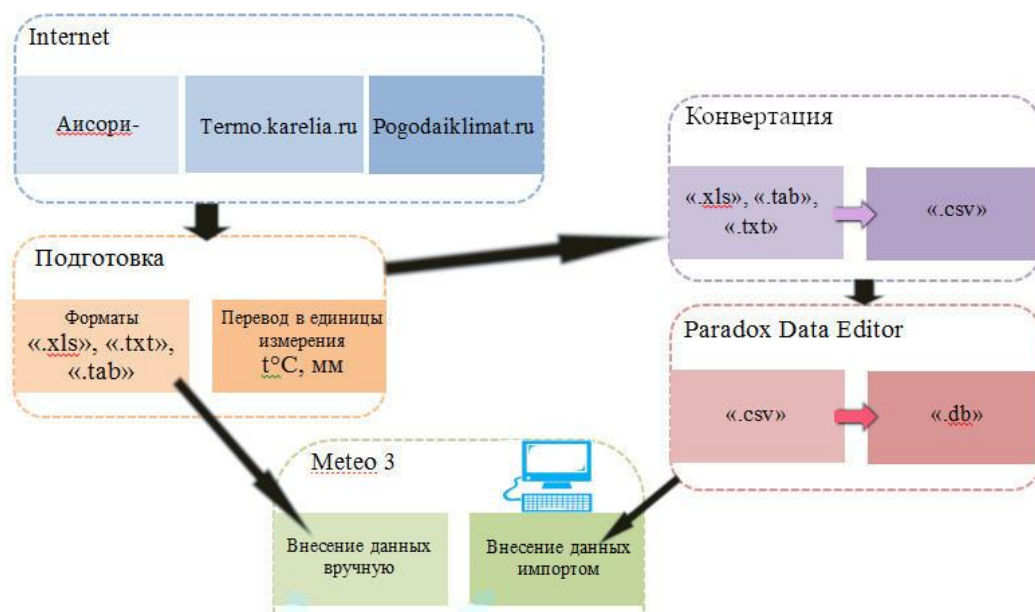


Рисунок 9 – Схема занесения данных в Meteo 3

Однако в данном программном обеспечении была обнаружена проблема устаревания программных средств, с помощью которых осуществлялось занесение новой информации в существующие базы данных. Ввод данных в ручную осуществлялся без каких-либо трудностей в интерфейсе самого программного обеспечения, но, в связи с несовместимостью продуктов обеспечения, открыть файлы с расширением «.db» различными утилитами и внести данные под средством импорта является сложной задачей. Изменение связанной с программным обеспечением базы данных на более новую, существенно уменьшит временные и ресурсные затраты на импортирование данных в программу.

Для модернизации процесса внесения данных под средством импорта, перенастроены связи в программном обеспечении Meteo 3.

Для работы с внутренним устройством программы используется утилита Borland C++ Builder 6, с помощью которой была написана программа Meteo 3. C++ Builder – это программный продукт, инструмент быстрой разработки приложений [18].

Для решения данной проблемы разработан алгоритм действий, включающий в себя несколько этапов.

Все данные о среднемесячной температуре воздуха и осадкам находятся в разных файлах для разных станций, но объединение всей информации в одну базу данных может быть гораздо удобнее для работы. Поэтому данные о названии станций, ID, координатах по широте, координатах по долготе, среднемесячных осадков и температур воздуха были объединены в одну базу данных Microsoft Access с расширением «.mdb».

Таблица с температурой воздуха имеет 14 столбцов. Первый – ID станции, второй – год наблюдений, с третьего по четырнадцатый – значения среднемесячных температур воздуха данной станции. Таблица с осадками имеет подобную структуру, но вместо данных о температуре, содержит данные о сумме осадков за месяц. Таблица «ST_Name» в первом столбце содержит ID станции, во втором – название станции, в третьем – координаты станции по долготе, в четвертом – координаты по широте.

ID	Names	longitude	latitude
20274	OSTROV UEDIN	77.5	82.23
20292	GMO IM.E.K.	77.72	104.28
20674	OSTROV DIKSO	73.5	80.4
20744	MALYE KARMAK	72.38	52.73
20891	HATANGA	71.98	102.47
21432	OSTROV KOTEL	76	137.9
21647	MYS SALAUROV	73.18	143.93

ID	Год	Январь	Февраль	Март
20674	1974	-30.2	-28.2	-21.8
20674	1975	-23.8	-26.7	-24.8
20674	1976	-24.6	-25.8	-20.5
20674	1977	-24.7	-31.5	-27.5
20674	1978	-28.5	-28.1	-26.3
20674	1979	-32.2	-36.1	-29.8
20674	1980	-26.0	-23.0	-23.7

ID	Год	Январь	Февраль	Март
20069	1999	20.6	13.8	9.4
20069	2000	3.8	10.4	9.5
20069	2001	23.5	21.0	3.1
20069	2002	7.7	14.6	10.6
20069	2003	8.3	7.0	17.2
20069	2004	4.0	1.2	7.4
20069	2005	7.2	18.0	9.1

Рисунок 10 – Фрагменты таблиц с данными

Для настройки связей между атрибутами в Meteo 3, необходимо установить связи в базе данных Access, что продемонстрировано на рисунке 11.

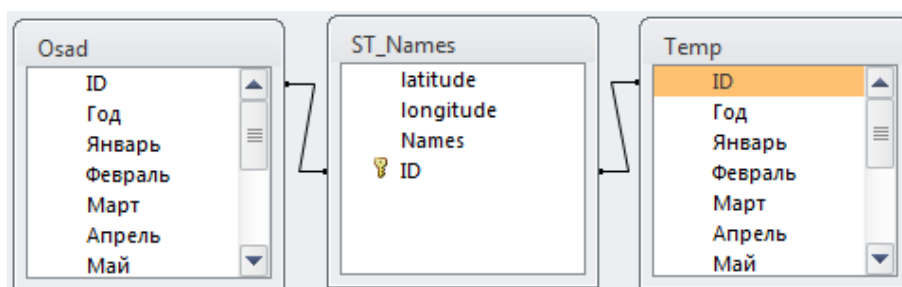


Рисунок 11 – Схема связей между элементами таблиц

Подобная связь говорит о том, что основным ориентиром является первое поле таблицы «ST_Names». Этот столбец содержит в себе данные с ID станций и столбец с этими данными есть в каждой таблице, что позволяет установить связь для дальнейшей загрузки данных по выбору ID станции.

После формирования базы данных с новыми актуальными данными до 2017 года приступаем к настройке программного обеспечения.

Для того, чтобы программа могла установить соединение со сторонним файлом, нужно настроить ADO соединение. ADO – ActiveX Data Object, представляет собой универсальный механизм доступа к различным источникам данных из приложений баз данных [19].

Таблицы, которые будут выводиться в интерфейсе программного обеспечения соединяются через ADO connection к ранее созданной базе данных Access. В качестве поставщика данных выберем OLE DB Provider.

Создаем таблицу для хранения и отображения данных о названии станции, ID, широте и долготе станции на координатной сетке. Через DataSource подключаем к таблице информацию из ранее созданной базы данных Access, а именно таблицу с названием «ST_Name». По данным из этой таблицы будут появляться точки с названиями станций на координатной сетке.

Затем создаем таблицу для отображения среднемесячной температуры и указываем в качестве ресурса таблицу из созданной базы данных Access с

названием «Temp». Здесь будет отображаться информация о среднемесячной температуре воздуха по выбранной метеостанции.

Следующий шаг – создание таблицы с данными об осадках. В качестве ресурса указываем таблицу из базы данных с названием «osad». Здесь будут отображаться данные о среднемесячных осадках.

The screenshot shows the Microsoft Access interface with a database schema and two data views. The schema includes tables ST_Names, Temp, and Osad, with relationships between them. The data views show the following information:

Координаты, названия, ID станций

latitude	longitude	Names	ID
127.5	50.27	BLAGOVESCHEN	31510
130.97	47.73	EKATERINO-NI	31707
135.17	48.52	HABAROVSK	31735
134.47 216	44.75	ZURAVLEVKA	31884
131.38	44.4	POGRANICNYJ	31915
131.9	43.12	VLADIVOSTOK	31960
142.17	50.9	ALEKSANDROV	32061
143.1	49.22	PORONAJSK	32098

Температура

ID	Год	Январь	Феврал	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
31510	1929	-24.8	-20.6	-9.4	1.5	12.9	15.7	20.8	19.2	10.6	1.8	-9.5	-23.3
31510	1930	-23.4	-20.8	-7.4	2.6	11.1	17.4	22.4	19.5	12.7	3.9	-12.8	-27.1
31510	1931	-29.8	-27.6	-10.1	-0.9	8.7	16.9	22.6	20.0	13.0	3.5	-9.2	-18.4
31510	1932	-21.5	-17.1	-9.2	1.0	9.7	16.9	20.6	17.3	13.0	5.5	-11.2	-19.8
31510	1933	-25.0	-21.9	-11.3	1.5	12.1	18.8	22.0	18.9	12.0	4.1	-10.3	-16.6
31510	1934	-21.4	-13.2	-9.5	1.0	13.3	18.5	19.7	19.1	12.1	2.5	-9.3	-18.5
31510	1935	-22.2	-13.5	-7.8	2.0	10.6	17.8	23.9	19.2	12.8	4.3	-15.1	-24.0
31510	1936	-25.8	-18.5	-10.7	1.9	11.1	18.3	20.1	19.0	12.9	1.2	-12.7	-23.7

Осадки

ID	Год	Январь	Феврал	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
31510	1966	19.0	5.0	9.0	22.0	38.0	11.0	11.0	10.0	26.0	67.0	9.0	4.0
31510	1967	4.0	3.0	7.0	13.0	42.0	37.0	33.0	44.0	54.0	19.0	5.0	15.0
31510	1968	5.0	14.0	17.0	16.0	40.0	11.0	59.0	11.0	31.0	3.0	10.0	16.0
31510	1969	3.0	2.0	37.0	76.0	77.0	19.0	19.0	14.0	68.0	42.0	16.0	5.0
31510	1970	2.0	8.0	2.0	18.0	40.0	43.0	53.0	11.0	11.0	0.0	5.0	12.0
31510	1971	9.0	10.0	10.0	50.0	35.0	86.0	88.0	42.0	50.0	18.0	2.0	6.0
31510	1972	3.0	7.0	15.0	20.0	48.0	83.0	78.0	54.0	11.0	56.0	34.0	11.0
31510	1973	2.0	6.0	12.0	44.0	85.0	51.0	22.0	68.0	49.0	4.0	40.0	5.0

Рисунок 12 – Схема соединения таблиц Meteo 3 с таблицами Access

Для соблюдения стиля интерфейса Meteo 3 новую таблицу с данными о названиях, ID и координатах станций вставим на то же место, что и старую.

ID	NAME	X	Y
2027400	OSTROV UEDIN	82,23	77,5
2029200	GMO IM.E.K.	104,28	77,72
2067400	OSTROV DIKSD	80,4	73,5
2074400	MALYE KARMAK	52,73	72,38
2089100	HATANGA	102,47	71,98
2143200	OSTROV KOTEL	137,9	76
2164700	MYS SALAUROV	143,93	73,18
2182400	TIKSI	128,92	71,58
2194600	COKURDAH	147,88	70,62
2196500	OSTROV CETYR	162,4	70,63
2198200	OSTROV VRANG	-178,53	70,97
2216500	KANIN NOS	43,3	68,65
2221700	KANDALAKSA	32,43	67,13
2252200	KEM'PORT	34,78	64,98
2255000	ARHANGEL'SK	40,5	64,58
2258300	KOJNAS	47,65	64,75
2260200	REBOLY	30,82	63,82
2264100	ONEGA	38,12	63,9
2282000	PETROZAVODSK	34,27	61,82
2283700	VYTEGRA	36,45	61,02
2288700	KOTLAS	46,63	61,23

Рисунок 13 – Пример отображения таблицы

Теперь нужно добавить MasterSource для таблиц по осадкам и температурам. В качестве MasterSource для обеих таблиц выбираем таблицу «ST_Name» и устанавливаем связь по первым полям, где содержатся данные о ID станций. Таким образом, появилась возможность загружать данные об осадках и температуре за весь период наблюдений по нужной станции, просто нажав двойным щелчком на ID станции в таблице «ST_Name».

Таким образом, была решена проблема оптимизации импортного добавления данных в программу Meteo 3. Теперь добавить новые данные, можно просто добавив их в соответствующие поля в базе данных Access. Схема модернизированного импорта представлена на рисунке 14.

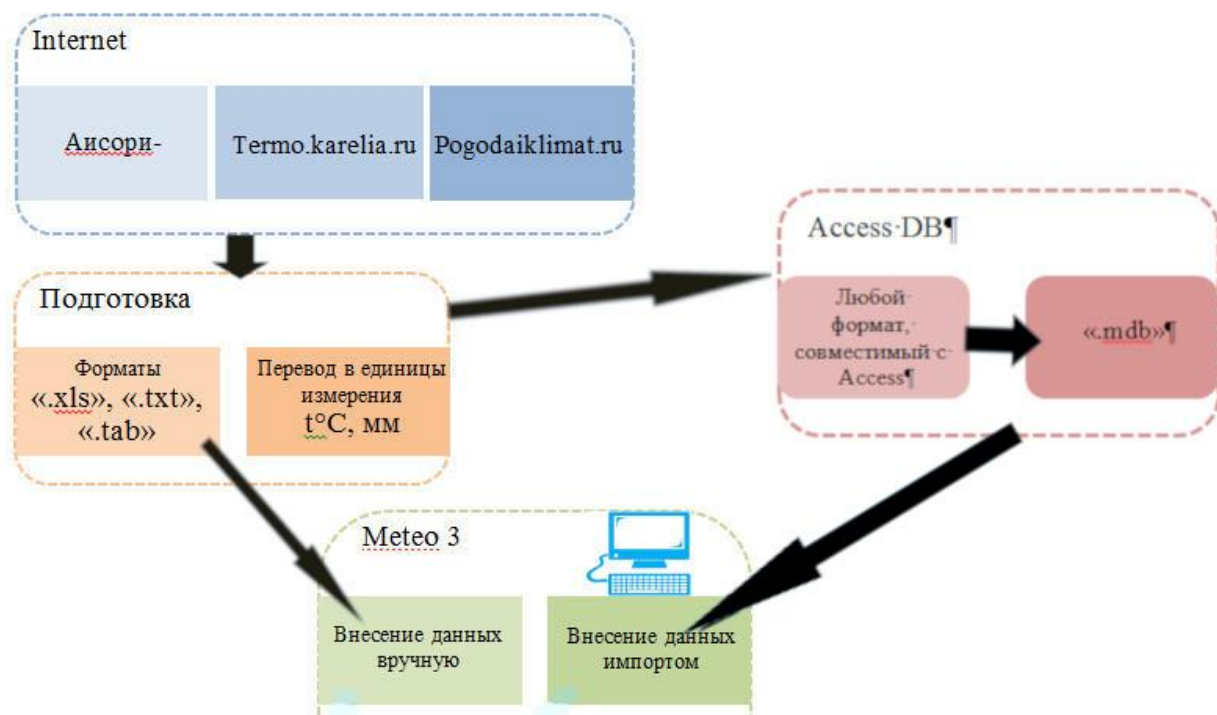


Рисунок 14 – Схема добавления данных после модернизации

3.2 Процедуры и функции программного обеспечения Meteo 3

Meteo 3 – это программное обеспечение, представляющее собой информационную систему, позволяющую анализировать и представлять в наглядном виде метеорологическую информацию, полученную на мировых метеостанциях.

Для разработки программного обеспечения использовался язык программирования Borland C++ Builder 6. Выбор был обусловлен следующими пунктами:

- доступ и возможности редактирования баз данных Paradox7;
- возможности построения графиков;
- вывод информации в числовом и наглядном (визуальном) виде;
- подключение принтеров.

В данном программном обеспечении идет обработка базы данных. Для работы с этой базой, необходимы три компонента. DataSource, Table эти компоненты являются неотображаемыми, то, что видно на форме является

пиктограммами этих компонентов. DBGrid сетка, в которой отображаются данные. Необходимо изменение нескольких свойств, для запуска программы.

Для добавления в базу данных новой метеостанции необходимо на закладке «Название станций» в базу добавить ID, название, широту, долготу и русское название станции и перезапустить программу. После этих действий метеостанция появится на карте и с ней можно работать. Также необходимо добавить в директорию “data” базы данных по температуре и осадкам.

На основе занесенных в программу данных, строятся графики среднемесячных, среднесезонных и среднегодовых показателей температуры воздуха и осадков.

Также в данном программном обеспечении есть функция расчета индекса аридности. Индекс аридности – показатель, характеризующий степень сухости (аридности) климата. Чтобы оценить большую или меньшую влажность климата, необходимо учитывать также и температуру. Во влажной среде идет медленное испарение и наоборот. Поэтому для определения сухости климата или относительную влажность необходимо найти “индекс засушливости Мартона”:

$$i = P / (T + 10) \quad (1)$$

где P — количество осадков, мм;

T — средняя годовая температура в градусах;

i — индекс аридности.

Чем выше индекс засушливости, тем влажнее климат.

Если количество выпавших осадков в миллиметрах, ниже двойного значения температуры, то этот месяц или год считается сухим.

Для расчета увлажненности территории, в Метео 3 есть функция расчета гидротермического коэффициента.

Гидротермический коэффициент — показатель увлажнённости территории. Установлен советским климатологом Г. Т. Селяниновым. Чем ниже ГТК, тем засушливее местность.

Формула для расчета гидротермического коэффициента:

$$ГТК = \frac{\sum P}{\sum T \cdot 0.1} \quad (2)$$

где P – осадки;

T – активные температуры.

Таблица 1 – Значения гидротермического коэффициента

Значение коэффициента	Климатическая зона
>1,6	избыточно влажная зона
1,6...1,3	влажная зона (лесная)
1,3...1,0	зона недостаточного увлажнения (лесостепь)
1,0...0,7	засушливая зона (степь)
0,7...0,4	очень засушливая зона (сухая степь)
<0,4	полупустыни, пустыни

По величине гидротермического коэффициента судят о засушливости периода любой территории, значения гидротермического коэффициента приведены в таблице 1.

3.3 Анализ климатограмм

Диаграммы, на которых показан годовой ход средних месячных температур и месячные суммы осадков для какого-либо пункта метеонаблюдений, принято называть климатограммами.

Построение климатограммы является классическим способом представления климата данной местности или природно-климатической зоны. Сравнение климатограмм различных мест позволяет выявить их климатические различия и сходства. Обычно температуру откладывают по оси ординат, а количество осадков по оси абсцисс; при других способах графического изображения количество осадков заменяют на относительную влажность воздуха или затрата тепла на испарение.

Изучив климатограмму, можно выяснить различия по температуре и осадкам между несколькими населенными пунктами, а также выявить закономерности изменения погодных и климатических условий экосистем и природно-климатических зон.

Благодаря тому, что ранее была выполнена задача по заполнению баз данных новыми актуальными данными, появилась возможность построения климатограмм за период до 2017 года по некоторым станциям западной части Евразии. Был проведен анализ климатограмм метеостанций: Псков, Москва, Елаьма, Тамбов, Курск, Харьков, Кострома, Котлас, Койнас, Архангельск, Онега, Реболы, Кандалакша, Кемь-порт, Петрозаводск, Вытегра, Вологда, Казань, Астрахань, Оренбург, Салехард, Тобольск, Курган.

С помощью анализа климатограмм метеостанций Кандалакша, Кемь-порт, Петрозаводск, Вытегра и Вологда можно отследить перемещение «ныряющего» циклона с конца августа по начало сентября 2017 года.

Для выполнения данной задачи необходимо проанализировать климатограммы выбранных станций за период в 30 лет, который является климатической нормой, чтобы понять базовую климатическую линию данной территории. Климатограмма за 30 лет станции представлена на рисунке 15.

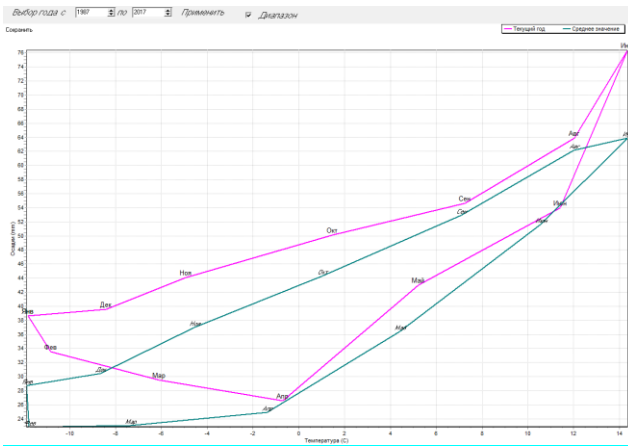


Рисунок 15 – Климатограмма за 30 лет станции «Кандалакша»

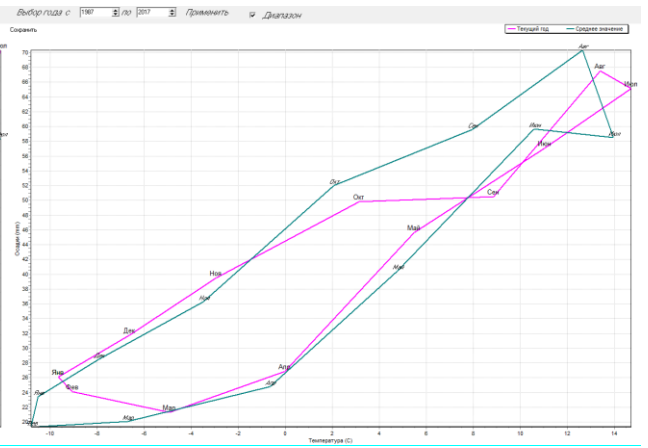


Рисунок 16 – Климатограмма за 30 лет станции «Кемь-порт»

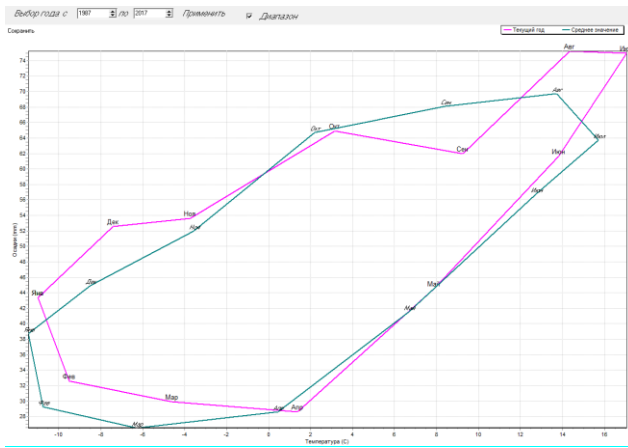


Рисунок 17 – Климатограмма за 30 лет станции «Онега»

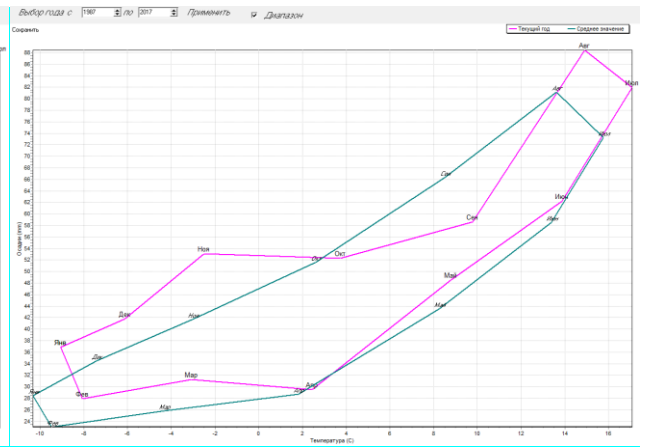


Рисунок 18 – Климатограмма за 30 лет станции «Петрозаводск»

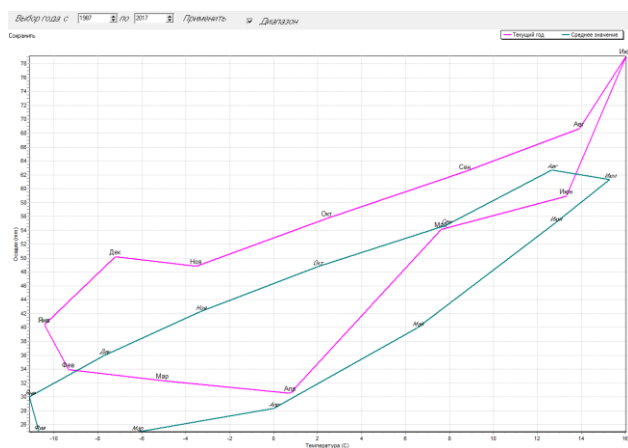


Рисунок 19 – Климатограмма за 30 лет станции «Реболы»

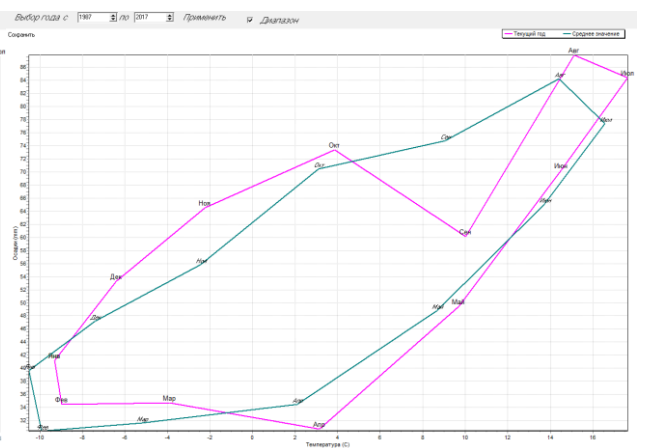


Рисунок 20 – Климатограмма за 30 лет станции «Вытегра»

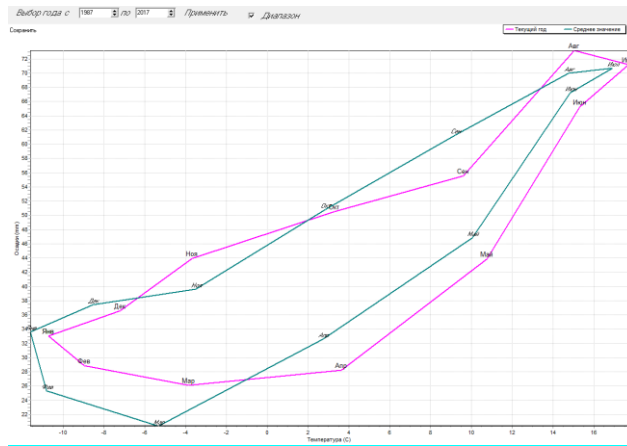


Рисунок 21 – Климатограмма за 30 лет станции «Вологда»

Из построенных диаграмм видно, что климатическая зона за последние 30 лет значительно не поменялась, так как линия усреднения за 30 лет приближена к линии усреднения за весь период наблюдений. Но для выбранных станций продолжительность всего периода наблюдений разная. Для станции Кандалакша – 105 лет, для станции Кемь-порт – 155 лет, для станции Вологда – 126 лет, для станции Вытегра – 137 лет и для станции Петрозаводск – 201 год.

Далее, путем уменьшения периода усреднения были выявлены скачки значений осадков по выбранным метеостанциям. В качестве примера рассматривается период с конца августа по начало сентября 2017 года.

Удобство климатограмм в данной работе обусловлено визуализацией изменений погодных условий. На рисунке 22 можно увидеть, что количество осадков за август 2017 года сильно превышает усредненное количество осадков за весь период наблюдений по метеостанции «Кандалакша» (широта – 32,43; долгота – 67,13). Вместо 62 мм осадков, наблюдается 181 мм. Такое явление может говорить о появлении циклона на данной территории, так как циклоны в первую очередь характеризуются большим количеством осадков.

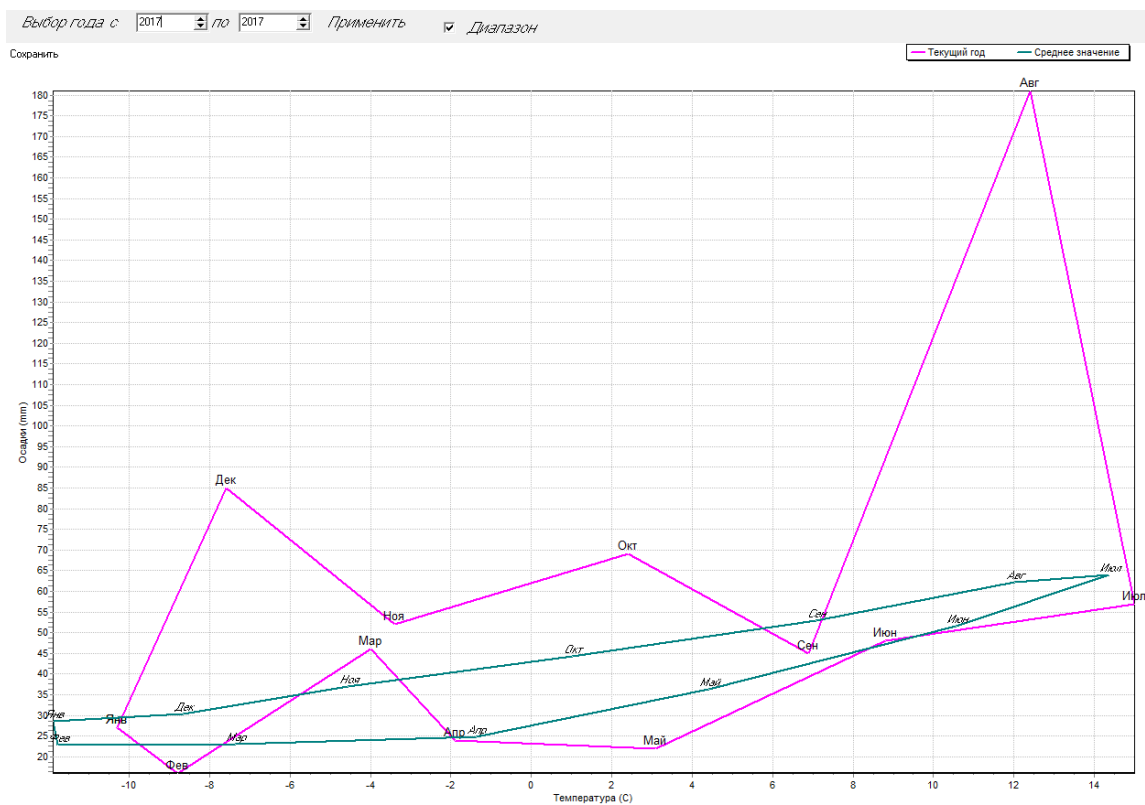


Рисунок 22 – Климатограмма станции «Кандалакша» за 2017 год

Затем был проведен анализ климатограмм за 2017 год всех близлежащих метеостанций и был выявлен скачок значения среднемесячных осадков за август на метеостанции «Кемь-порт» (широта – 34,78; долгота – 64,98), которая находится юго-восточнее станции «Кандалакша». Здесь вместо привычных 70 мм выпало более 100 мм. Климатограмма станции «Кемь-порт» представлена на рисунке 23.

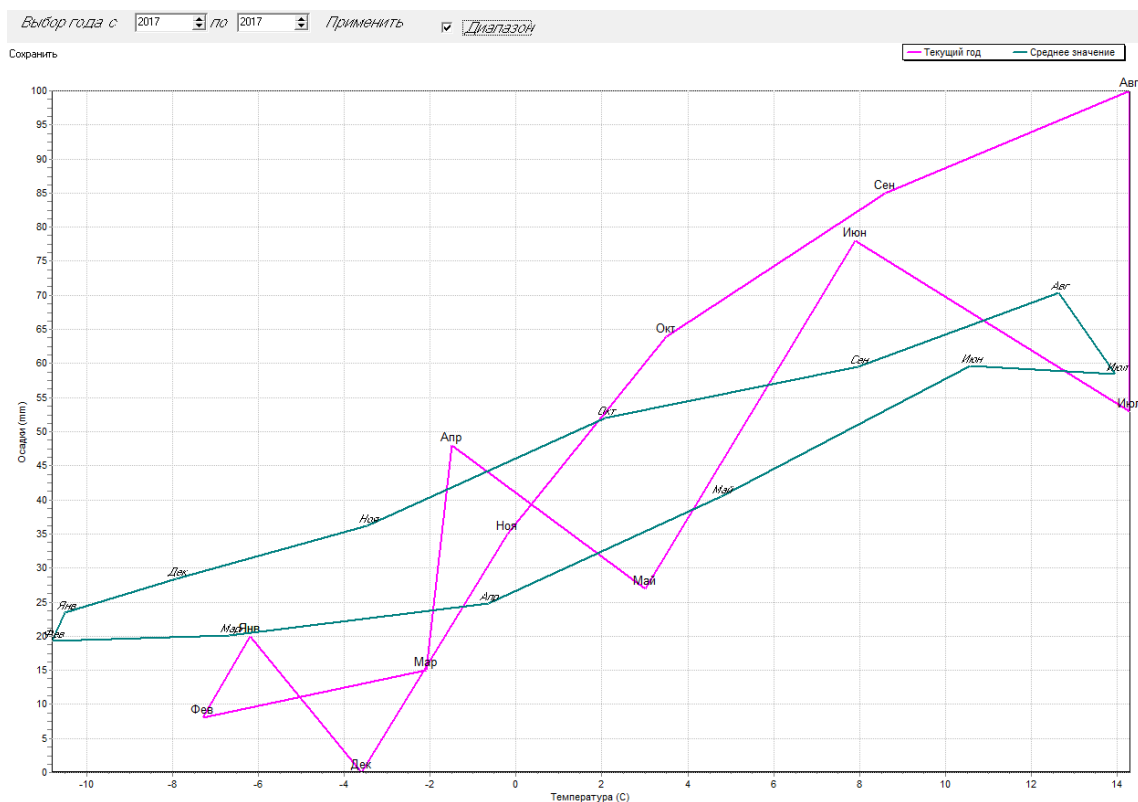


Рисунок 23 – Климатограмма станции «Кемь-порт» за 2017 год

Исходя из того, что количество осадков на станциях «Кандалакша» и «Кемь-порт» повысилось в одном и том же месяце, можно предположить, что в данный период времени над станциями прошел «ныряющий» циклон, так как его передвижение идет с северо-запада на юго-восток.

Для проверки предположения был проведен анализ климатограмм за 2017 год всех близлежащих метеостанций и был выявлен аналогичный предыдущим скачок значения среднемесячных осадков с 81 мм до 152 мм на метеостанции «Петрозаводск» (широта – 34,27; долгота – 61,82). Климатограмма станции «Петрозаводск» за 2017 год представлена на рисунке 24.

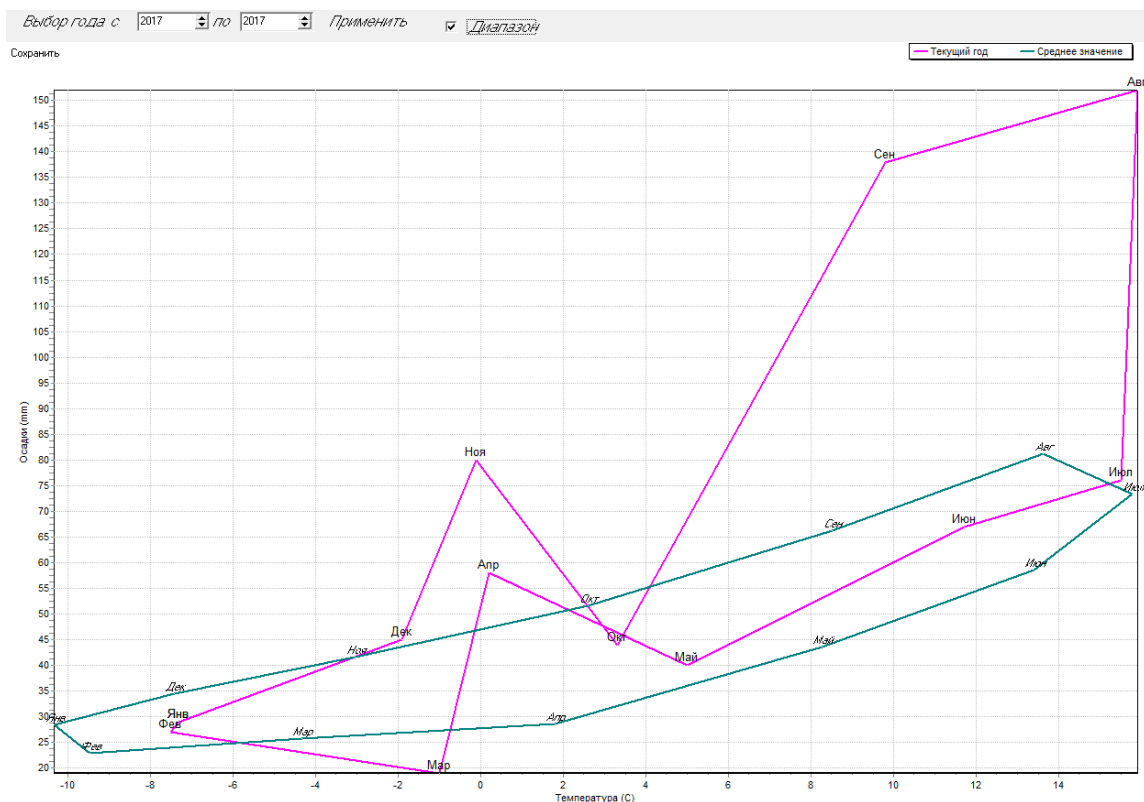


Рисунок 24 – Климатограмма станции «Петрозаводск» за 2017 год

Данная станция находится южнее станции «Кемь-порт», что говорит о передвижении циклона вниз по географической карте. Географическое движение вниз характерно именно для «ныряющих» циклонов.

Далее, был проведен анализ всех близлежащих метеостанций и выявлен скачок значений среднемесячных осадков за сентябрь с 75 мм до 114 мм на метеостанции «Вытегра» (широта – 36,45; долгота – 61,02). Климатограмма станции «Вытегра» за 2017 год представлена на рисунке 25.

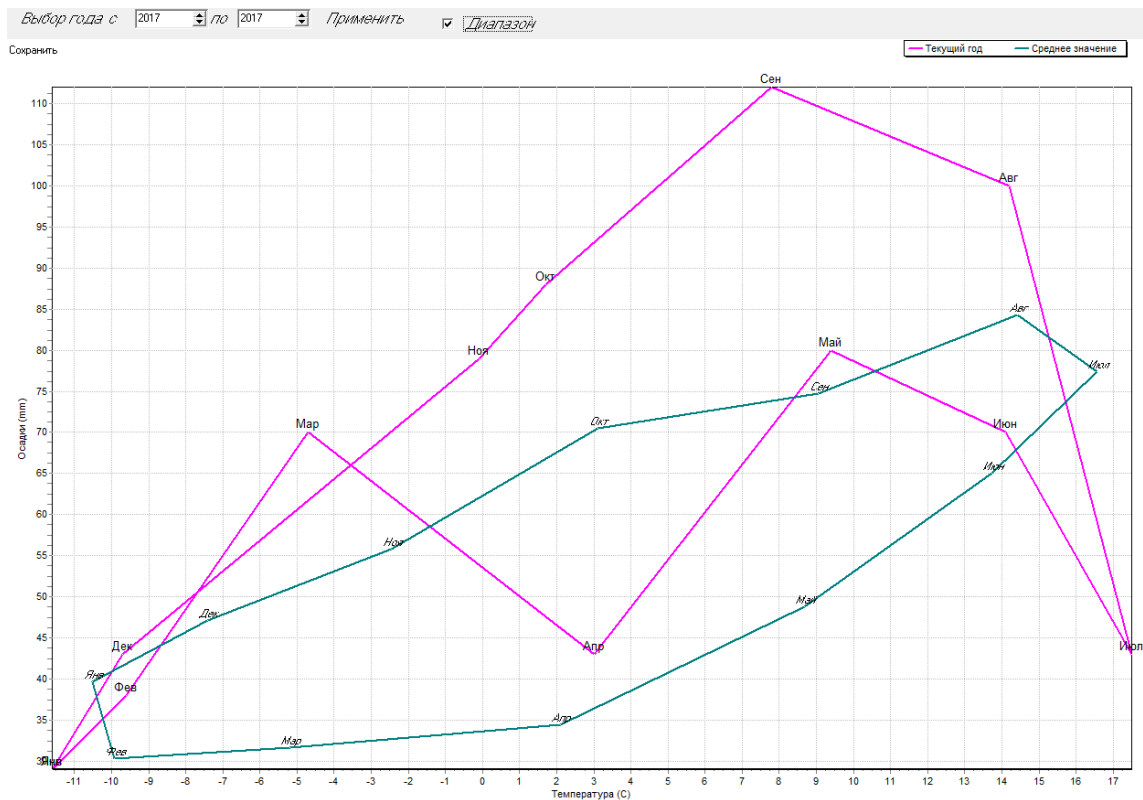


Рисунок 25 – Климатограмма станции «Вытегра» за 2017 год

На данной метеостанции наблюдается повышенное значение среднемесячных осадков за сентябрь, благодаря чему можно предположить, что циклон над метеостанциями «Кандалакша», «Кемь-порт» и «Петрозаводск» был в последних числах августа и пришел на территорию станции «Вытегра» в начале сентября.

Для проверки предположения был проведен анализ всех близлежащих метеостанций и выявлен скачок значений среднемесячных осадков за сентябрь с 62 мм до 88 мм на метеостанции «Вологда» (широта – 39,87; долгота – 59,28). Климатограмма станции «Вологда» за 2017 год представлена на рисунке 26.

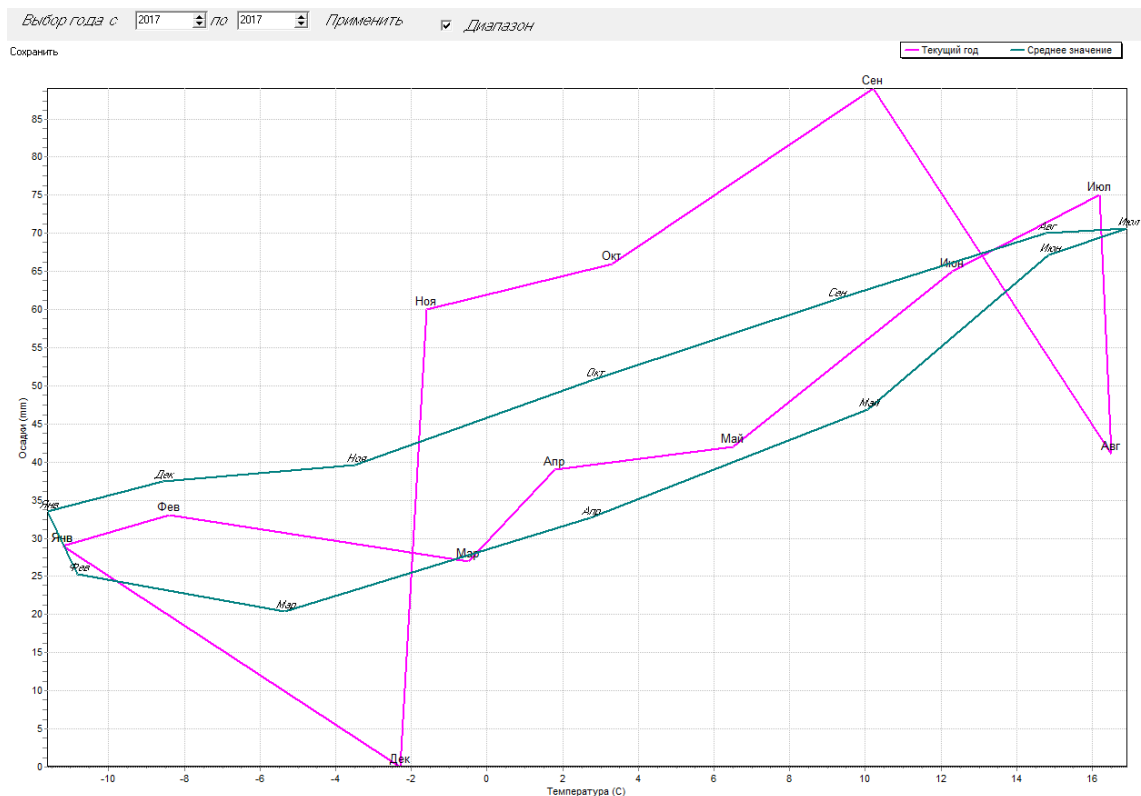


Рисунок 26 – Климатограмма станции «Вологда» за 2017 год

Основываясь на том, что станция «Вологда» располагается юго-восточнее станции «Вытегра», можно сделать предположение о том, что с конца августа 2017 года по начало сентября 2017 года с северо-западной станции «Кандалакша» спустился «ныряющий» циклон на юго-восточную станцию «Вологда». Схема перемещения циклона схематично представлена на рисунке 27.

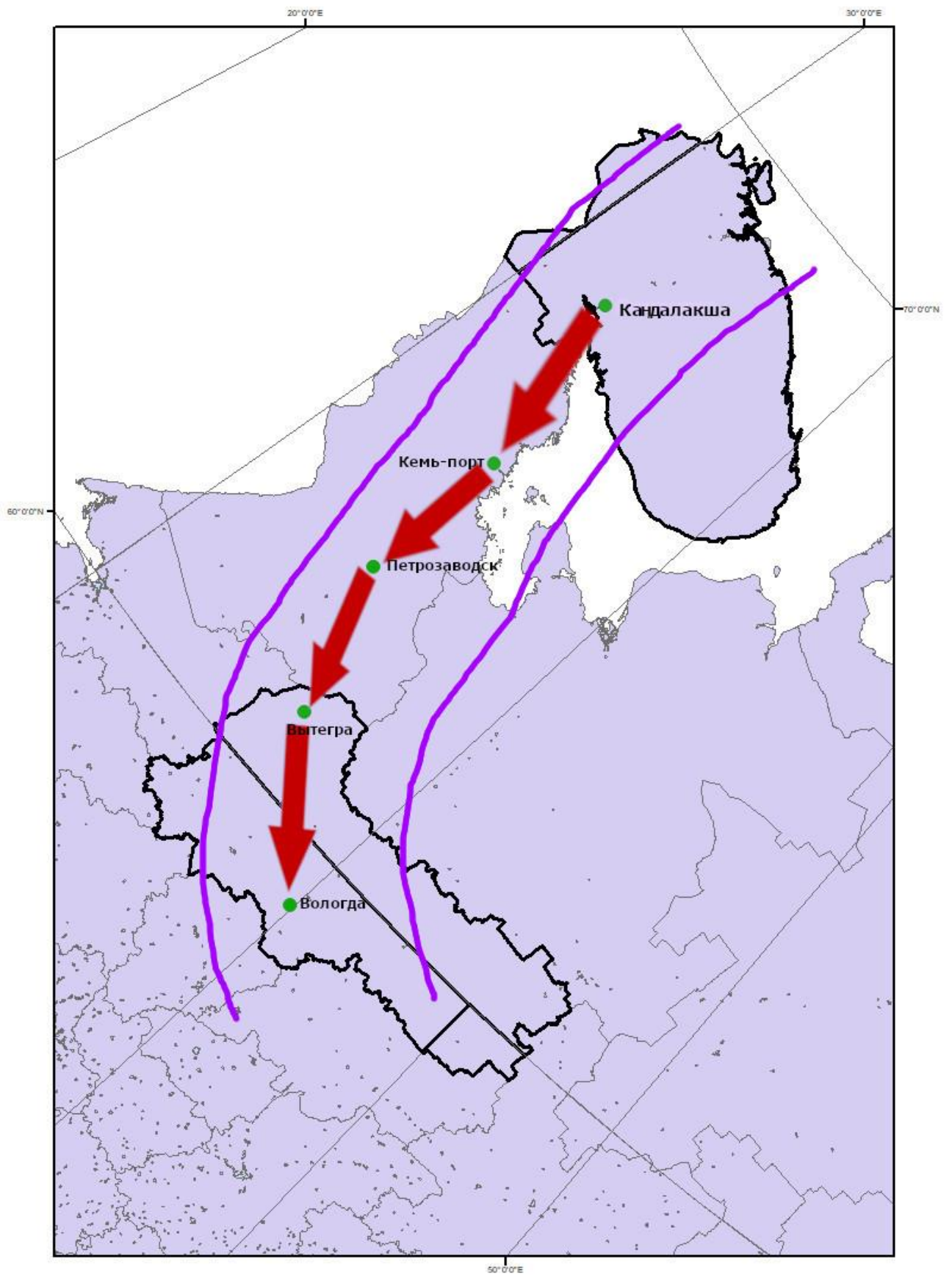


Рисунок 27 – Схема передвижения «ныряющего» циклона

Циклон – это одно из главных явлений, формирующих погодные условия. Таким образом, можно создать технологию выявления «ныряющего» циклона на основе построения климатограмм, для анализа изменчивости погодных и климатических условий на территории западной части Евразии.

1) Сбор надежных стационарно-метеорологических данных по среднемесячной температуре воздуха и сумме осадков за месяц – поиск источников данных, таких как: ВНИИГМИ-МЦД Аисори-М; Геоинформационная система Termo.karelia.ru; Погода и климат Pogodaiklimat.ru.

2) Организация и подготовка данных – сверка форматов («.txt», «.xls», «.tab»), единиц измерений (t°C, мм), периода усреднений.

3) Занесение новой информации в базы данных – вручную под средством ввода данных в таблицы интерфейса программного обеспечения Meteo 3; импортом под средством значения новых данных в привязанную к Meteo 3 базу данных Access для дальнейшей работы с программным обеспечением.

4) Хранилище набора данных – данные метеостанций Евразии до 2017 года, набор геопривязанных метеостанций на координатной сетке.

5) Визуализация данных – построение климатограмм с периодом усреднения в 30 лет и анализ климатической нормы данной местности; построение климатограмм для меньшего периода временного усреднения для анализа изменчивости условий.

6) Выявление закономерностей отклонений от климатической нормы и нахождение траектории перемещений погодных и климатических изменений.

Схема информационной технологии представлена на рисунке 28.

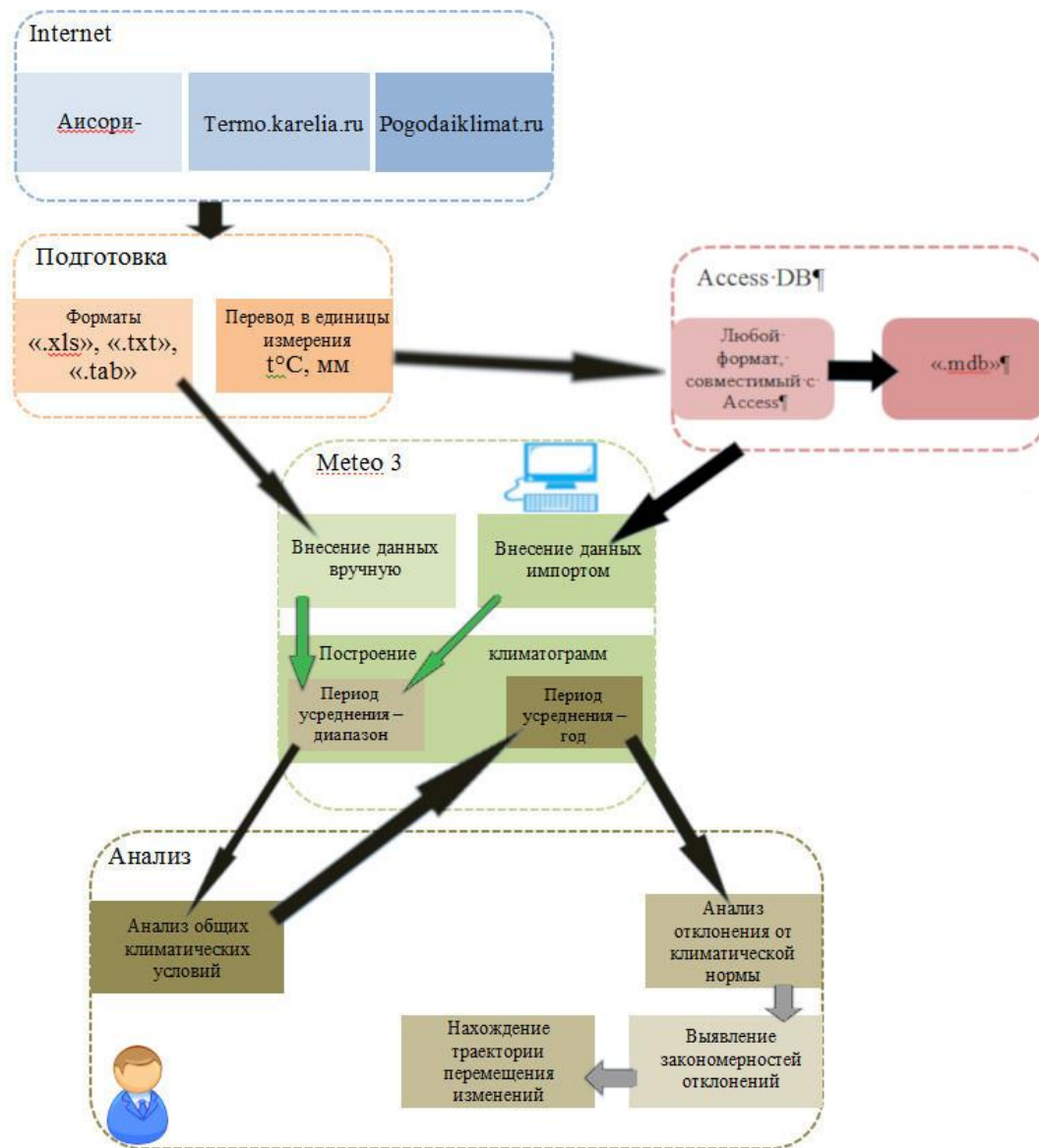


Рисунок 28 – Схема разработанного алгоритма

Дальнейшее применение алгоритма может быть реализовано в рамках программно-прикладного средства для автоматизации процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате бакалаврской работы была достигнута цель: разработка информационной технологии для анализа изменчивости погодных и климатических условий на территории западной части Евразии.

Все задачи для достижения данной цели были выполнены, а именно:

- проанализированы методы и средства для получения и хранения метеорологических данных;
- проанализированы метеорологические процессы в нижнем слое атмосферы;
- обновлены компоненты программного обеспечения Meteo 3, которые были не удобны для использования в силу устаревания программно-прикладных средств;
- сформированы базы данных по среднемесячным значениям температуры воздуха и осадков метеостанций территории западной Евразии;
- разработана информационная технология анализа погодной и климатической изменчивости на территории Евразии с использованием информационно-прикладных средств;
- результат работы представлен на конференции «Перспективы Свободный – 2018» [20].

В дальнейшем возможна автоматизация разработанного алгоритма в рамках прикладной геоинформационной системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сидорова, Л. П. Метеорология и климатология : часть 1. Метеорология / Л. П. Сидорова. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 197 с.
2. Тверской, П. Н. Курс метеорологии (физика атмосферы) / П. Н. Тверской. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1962. — 700 с.
3. Моргунов, В. К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений / В. К. Моргунов. — Ростов н/Д : Феникс, 2005. — 331 с.
4. Характеристики метеорологических данных [Электронный ресурс] : электронная энциклопедия // Студопедия. — Режим доступа: https://studopedia.ru/11_163906_harakteristiki-meteorologicheskikh-dannih.html.
5. Матвеев, Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы / Л. Т. Матвеев. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. — 751 с.
6. Источники метеорологических данных на территорию РФ по станциям [Электронный ресурс] : Географические информационные системы и дистанционное зондирование // GIS LAB — Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/meteo-station-sources.html>.
7. Прием, обработка и использование метеорологической информации, поступающей с каналов связи [Электронный ресурс] : Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды // ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». — Режим доступа: <http://meteo.ru/component/content/article/116-trudy-vniigmi/trudy-vniigmi-mtsd-vypusk-174-2010-g/367-priem-obrabotka-i-ispolzovanie-meteorologicheskoy-informatsii-postupayushchej-s-kanalov-svyazi>
8. Климат [Электронный ресурс] : научно-технический энциклопедический словарь // Академик. — Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/2063/%D0%9A%D0%9B%D0%98%D0%9C%D0%90%D0%A2>.
9. Хромов, С. П. Основы синоптической метеорологии / С. П. Хромов. — Ленинград : Гидрометиздат, 1948. — 696 с.

10. Климатообразующие факторы [Электронный ресурс] : Бурятский Государственный Университет // БГУ. – Режим доступа: http://www.bsu.ru/content/page/1415/hecadem/babikov_va/cl_583/files/m11211.htm.

11. Природная зона [Электронный ресурс] : электронная энциклопедия // Википедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B0.

12. Статистическая норма [Электронный ресурс] : электронные учебники // Scicenter. – Режим доступа: <http://scicenter.online/psihodiagnostika-scicenter/statisticheskaya-norma.html>.

13. Что такое климатическая норма [Электронный ресурс] : Просто о погоде // Примпогода. – Режим доступа: https://primpogoda.ru/articles/prosto_o_pogode/chto_takoe_klimaticheskaya_norma.

14. Погода [Электронный ресурс] : научно-технический энциклопедический словарь // Академик. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/3585/%D0%9F%D0%9E%D0%93%D0%9E%D0%94%D0%90>.

15. Циклон [Электронный ресурс] : Большая советская энциклопедия // Академик. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/173027/%D0%A6%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%BD>.

16. Что же такое «ныряющие циклоны»? [Электронный курс] : О погоде – из первых рук // Гидрометцентр России. – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/4882-23032012-1-r->.

17. Источники метеорологических данных на территорию РФ по станциям [Электронный ресурс] : Географические информационные системы и дистанционное зондирование // GIS LAB – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/meteo-station-sources.html>.

18. C++ Builder [Электронный ресурс] : электронная энциклопедия // Википедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B_Builder.

19. Технология ADO [Электронный ресурс] : Интернет учебник для всех // C++ Builder. – Режим доступа: <https://cubook.supernew.org/database/ado/863-tekhnologiya-ado>.

20. Изменчивость климатических условий на территории Евразии [Электронный ресурс] :Прспект Свободный – 2018 // Международная конференция молодых ученых. – Режим доступа: mn2018.sfu-kras.ru/content/катцына-анастасия-андреевна