МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ГЕОТЕРМИИ ДАГЕСТАНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН
(ИПГ ДНЦ РАН)

УДК 621.548
Рег № НИОКТР 01201360101
Рег № ИКРБС 0204-2018-0001

УТВЕРЖДАЮ
Врио директора ИПГ ДНЦ РАН
_____Д.К. Джаватов
«____» _____ 2019г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
в рамках государственного задания «Фундаментальные научные исследования в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы»;
направление 17 «Основы эффективного развития и функционирования энергетических систем на новой технологической основе в условиях глобализации, включая проблемы энергобезопасности, энергосбережения и рационального освоения природных ресурсов»
по теме:

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(промежуточный за 2018г.)

Руководитель темы _____ Д.Н. Кобзаренко
подпись, дата

Махачкала 2019

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,

доктор технических наук,
заведующий лабораторией _____ Д.Н. Кобзаренко (введение, заключение, основная часть)

подпись, дата

Исполнители темы:

ведущий специалист _____ А.М. Камилова (раздел 1)

подпись, дата

ведущий специалист _____ Н.Ш. Газанова (раздел 1)

подпись, дата

Реферат

Отчет 25 страниц, 12 рисунков, 1 формула, 1 таблица, 11 источников.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, СКОРОСТЬ ВЕТРА, ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

Объектом исследования является пространственное распределение потенциала возобновляемых энергоресурсов (в данном случае ветроэнергетического потенциала).

Цель работы – является разработка методического и программного обеспечения геоинформационного моделирования пространственного распределения потенциала ВИЭ и его изучения как по отдельным видам (геотермальная энергия, энергия ветра, солнечная энергия), так и в комплексе.

Разработано программное обеспечение для построения гистограмм частотного распределения по результатам непрерывного вейвлет-преобразования функцией morlet. Оно позволяет детализировать результаты частотно-временного анализа на основе вейвлет-преобразования для временных рядов – скоростей и направления ветра. Отличительной особенностью программы является то, что она позволяет компоновать и сопоставлять гистограммы частотного распределения из разных временных периодов и разных источников.

На основе разработанного программного обеспечения исследованы особенности динамики суточного и сезонного хода ветра для Приморского Дагестана за период 2011-2017гг. исследования показали, что динамика смены скоростей ветра имеет свои сезонные и региональные особенности.

Содержание

Термины и определения……..... 5
Список сокращений…….. 6
Введение……..... 7
1 Программное обеспечение для построения гистограмм частотного распределения по результатам непрерывного вейвлет-преобразования функцией morlet…..……..... 8
1.1 Цели и задачи разработки программного обеспечения …… 8
1.2 Инженерия программного обеспечения……..... 9
Выводы по первой главе……. 14
2 Пространственно-временной анализ данных ветромониторинга в Приморском Дагестане за период наблюдения 2011-2017 станций Дербент и Махачкала ……..... 15
2.1 Непрерывное вейвлет-преобразование данных функцией morlet …… 15
2.2 Построение гистограмм и анализ результатов …….. 16
Выводы по второй главе……. 22
Заключение…… 23
Список использованных источников…….. 24

Термины и определения

Возобновляемые источники энергии	Потоки энергии, образующиеся на основе постоянно существующих или периодически возникающих процессов в природе, а также жизненном цикле растительного и животного мира и жизнедеятельности человеческого общества. К основным относятся: солнечная энергия, энергия малых рек, энергия ветра, энергия биомассы, геотермальная энергия, энергия приливов, волновая энергия, энергия, определяемая разностью температур по глубине океана. Потенциальные запасы возобновляемых источников энергии намного превышают все перспективные потребности человечества в энергии, а также потенциал невозобновляемых источников энергии (органическое и ядерное топливо).
Ветроэнергетика	Отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве.
Вейвлет-преобразование	Способ преобразования функции (или сигнала) в форму, которая или делает некоторые величины исходного сигнала более поддающимися изучению, или позволяет сжать исходный набор данных. Вейвлетное преобразование сигналов является обобщением спектрального анализа. Термин (англ. wavelet) в переводе с английского означает "маленькая волна". Вейвлеты – это обобщённое название математических функций определенной формы, которые локальны во времени и по частоте и в которых все функции получаются из одной базовой, изменяя её (сдвигая, растягивая).

Список сокращений

БД	База данных
ВИЭ	Возобновляемые источники энергии

Введение

При решении задачи подсчета ресурсов ветровой энергии с целью определения территорий наиболее перспективных для их промышленного использования, необходимо иметь исходные данные – временные ряды распределения скоростей и направлений ветра в различных географических точках (чем плотнее покрытие изучаемой территории, тем лучше). Также для расчета удельной мощности и удельной энергии ветра необходимо знать температуру окружающей среды [1].

Идея пространственно-временного анализа данных ветромониторинга состоит в том, чтобы показать наличие или отсутствие закономерностей во временных рядах – скоростях и направлениях ветра. При этом анализ выполняется как по пространству (сопоставление данных ветромониторнга за один временной период), так и по времени (несколько лет).

Исследования по применению вейвлет-преобразования для анализа данных метеорологических временных рядов известны как в России [2, 3], так и за рубежом [4]. Причем, в работах [2, 3] приводятся идеи о применении вейвлет-преобразования для восстановления промежуточных значений сигнала и прогнозирования с помощью вейвлет-преобразования.

Текущие исследования по теме на 2018 год состоят в изучении особенностей суточной динамики изменения скорости ветра и зависимость периодичности изменения скорости ветра от сезонного времени года для Приморского Дагестана по исходным метеорологическим данным станций Махачкала и Дербент за период 2011-2017гг. Результаты исследований дают более полное понимание о возможностях освоения ветроэнергетических ресурсов региона.

1 Программное обеспечение для построения гистограмм частотного распределения по результатам непрерывного вейвлет-преобразования функцией morlet

1.1 Цели и задачи разработки программного обеспечения

В работе [5] показано, что на основе частотно-временного анализа временных рядов – скоростей ветра с помощью вейвлет-преобразования вейвлетом morlet можно делать обобщенные выводы относительно частотной динамики изменения скорости ветра. Для этого используется визуализация массива полученных вейвлет-коэффициентов $W(a, t)$, где по оси X откладывается время t, по оси Y – периодичности a. Однако, точные значения выявленных периодичностей такие данные не показывают. Кроме того, графическое представление массивов $W(a, t)$ сильно вытянуто по горизонтали, что затрудняет их визуальное представление, приходиться представлять картины отдельными частями. Определенные трудности также вызывает временная календарная шкала в днях, в которой для идентификации месяца приходиться отсчитывать дни и обозначать месяцы дополнительно в приложении растровой графики.

Учитывая вышесказанное, делается вывод о необходимости получения более детальной информации о распределении частот во времени в сигнале на основе двумерных массивов – результатов вейвлет-преобразования вейвлетом morlet $W(a, t)$. Удобнее всего представлять эту информацию в виде графиков – частотных гистограмм, где по оси X откладываются периодичности, а по оси Y – наличие периодичности в сигнале.

Таким образом, можно получить гибкий инструмент, который в определенном частотном диапазоне с одной стороны позволит обобщить частотно-временную информацию на основе различных временных интервалов и источников, с другой – позволит выполнять сопоставление данных различной компоновки.

Программное обеспечение, способное решать вышеуказанные задачи является узкоспециализированным и, что вполне естественно, и не представлено в современных реализациях математических пакетов, поэтому его необходимо разработать и реализовать.

Сформулируем цель разработки программное обеспечения. Целью является – обеспечение возможности количественно оценить и сопоставить результаты частотно-временного анализа результатов непрерывного вейвлет-преобразования вейвлетом morlet метеорологических временных рядов.

В задачи программного обеспечения входят:

- обеспечение возможности загрузки результатов непрерывного вейвлет-преобразования в виде двумерных массивов $W(a, t)$;
- обеспечение возможности задавать диапазон интервалов периодичностей;

- обеспечение возможности выполнять компоновку данных для графика на основе различных источников и различных временных периодов;
- обеспечение возможности одновременно выводить несколько графиков для их сопоставления;
- обеспечение возможности сохранения результатов.

1.2 Инженерия программного обеспечения

Программное обеспечение (далее по тексту – приложение) для построения гистограмм частотного распределения по результатам непрерывного вейвлет-преобразования функцией morlet разработано для платформы семейства Windows. Разработка приложения велась в среде визуального программирования Delphi. В качестве интерфейса пользователя определен стандартный оконный интерфейс Windows. Функциональная часть приложения реализована на основе принципов объектно-ориентированного программирования.

Исходные (входные) данные.

Входными данными приложения являются пары файлов с одинаковым именем и расширениями WTR и TXT.

В файле с расширением WTR содержится матрица вейвлет-преобразования $W(a,t)$ вейвлетом morlet. Файл WTR имеет двоичный формат, хранящий массив восьмибайтовых вещественных чисел. Структура файла приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Структура формата двоичного файла WTR

№№	Название поля	Размер в байтах	Описание
1	Start_A	8	Начальное значение периода (или частоты)
2	Finish_A	8	Конечное значение периода (или частоты)
3	Count_A	8	Размер матрицы по *A*
4	Step_A	8	Шаг между значениями периодов (или частот)
5	Start_Time	8	Начальное значение времени
6	Finish_Time	8	Конечное значение времени
7	Count_Time	8	Размер матрицы по *Time*
8	Step_Time	8	Шаг между значениями времени
9	Data	8 * Count_A * Count_Time	Значения элементов матрицы $W(a, t)$

К двоичному файлу WTR обязательно добавляется поясняющий текстовый файл TXT, в котором содержится информация о наименовании исходного сигнала, наименовании источника,

числа измерений в сутках, порядковых номеров измерений в дневное и ночное время суток, а также об интервалах отсчетов с указанием номера месяца и номера года. Этот файл имеет свой определенный формат. Пример поясняющего файла текстового формата TXT приведен ниже на рисунке 1.1.

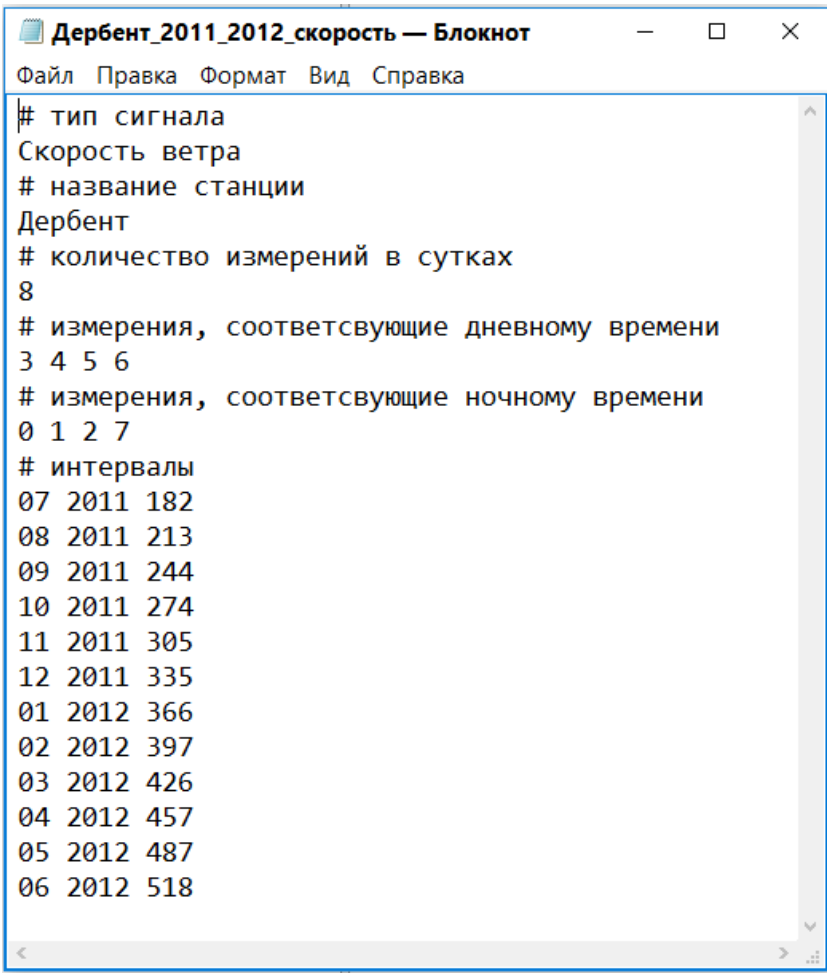

Рисунок 1.1 – Пример поясняющего файла текстового формата

Входные данные считаются корректными только при наличии двух файлов двоичного и описательного. Для загрузки исходных данных задается имя каталога. Приложение автоматически загружает все пары файлов исходных данных и преобразовывает их в структурированную форму, удобную для выполнения расчётов и построения графиков гистограмм.

Функциональная часть приложения.

Функциональная часть приложения реализована на основе объектно-ориентированного подхода и состоит из трех объектов (далее по тексту классов).

Класс TMonthData определен как потомок TPersistent, что позволяет использовать данный тип в качестве описания составного свойства другого объекта. В задачи данного класса входят: хранение части матрицы вейвлет-преобразования $W(a,t)$ в рамках одного календарного месяца,

обеспечение доступа к элементами матрицы и импорт данных из общей матрицы *W(a,t)*. Основными параметрами класса TMonthData являются: номер года, номер месяца, количество измерений в сутки, размер матрицы по частоте *A*. Данные параметры определены в конструкторе класса и задаются при создании его экземпляра.

В классе TMonthData определены следующие свойства (все рассчитываются автоматически и доступны только для чтения):

- YearNum : целого типа – номер года;
- MonthNum : целого типа – номер месяца;
- Tcount : целого типа – размер матрицы по t;
- Acount : целого типа – размер матрицы по A;
- Data[a, t] : вещественного типа – векторное свойство доступа к элементу матрицы *W(a,t)*.

Также определен метод ImportData, реализующий импорт данных из матрицы источника на основе значения временного отсчета.

Класс TWTData также определен как потомок TPersistent, поскольку его экземпляр используется в следующем объекте как составное свойство. Реализует задачу чтения и структурирования данных из пары файлов WTR и TXT, описанных выше. В структуру полей данного класса входит массив экземпляров класса TMonthData с целью разбить исходную матрицу на временные интервалы по месяцам.

В классе TWTData определены следующие свойства:

- IsEmpty : логический типа – определяет загружены ли данные;
- SignalName : строковый тип – содержит название временного ряда;
- SourceName : строковый тип – содержит название источника;
- DayMeasuresCount : целый тип – содержит количество измерений, соответствующих дневному времени суток;
- DayMeasures[i] : целый тип – номера измерений, соответствующие дневному времени суток;
- NightMeasuresCount : целый тип – содержит количество измерений, соответствующих ночному времени суток;
- NightMeasures[i] : целый тип – номера измерений, соответствующие ночному времени суток;
- MonthDataCount : целый тип – количество экземпляров класса TMonthData
- MonthData[i] : тип TMonthData – векторное свойства для доступа к классам, хранящим информацию по месяцам;
- Start_A : вещественный тип – начальный масштаб;
- Finish_A : вещественный тип – конечный масштаб;
- Step_A : вещественный тип – шаг между значениями масштабов;
- CountPerDay : целый тип – количество измерений в сутках.

Для загрузки данных из файлов WTR и TXT в классе определен метод LoadData с параметрами, задающими имена этих файлов. В случае успешной загрузки и обработке файлов функция LoadData возвращает 0, при отсутствии файла WTR – возвращает 1, при ошибке чтения файла WTR – возвращает 2, при отсутствии файла TXT – возвращает 3, при ошибке чтения файла TXT – возвращает 4.

Класс TWTDataAnalysis инкапсулирует всю информацию из заданного рабочего каталога. В задачу класса входит чтение и структурирование в оперативной памяти всей информации из текущего рабочего каталога. Экземпляр данного класса взаимодействует с интерфейсными элементами приложения. Данный класс предоставляет полный перечень свойств, с помощью которых осуществляется доступ к структурированной информации, полученной из текущего рабочего каталога. Это следующие свойства:

- WTDataCount : целый тип – количество объектов типа TWTData;
-WTDatas[i] : тип TWTData – векторное свойство доступа к i-му экземпляру класса TWTData;
- SignalsCount : целый тип – количество видов сигналов;
- SignalsNames[i] : строковый тип – название i-го вида сигнала;
- SourcesCount : целый тип – количество источников данных;
- SourcesNames[i] : строковый тип – название i-го источника данных;
- YearsCount : целый тип – количество лет;
- Years[i] : строковый тип – название i-го календарного года;
- MinRange : вещественный тип – минимальное значение диапазона масштабов;
- MaxRange : вещественный тип – максимальное значение диапазона масштабов;
- StepRange : вещественный тип – шаг между значениями диапазона масштабов.

В классе определены два метода. Метод Init с параметром DirName (имя каталога) запускает на выполнение процесс инициализации данных указанного рабочего каталога. Метод SetSignal с параметром Index загружает данные, связанные с типом соответствующего временного ряда. В единицу времени могут быть загружены только данные временного ряда одного типа.

Интерфейсная часть приложения.

Интерфейсная часть приложения состоит из главного окна (рисунок 1.2) и двух диалоговых окон: окно задания диапазона масштабов и окно визуализации графиков на весь экран. Главное окно разделено на три части: задание рабочего каталога с выбором диапазона масштабов, панель выборки данных и панель визуализации результатов. Слева имеется панель, в которой пользователь выбирает временной ряд, с которым предстоит работа и компонует выборку для построения гистограммы. Выборка состоит и опций «источники данных», «годы», «месяцы», «время суток».

В самом начале работы нужно задать рабочий каталог, в котором имеются файлы входных данных через нажатие на кнопку «Задать рабочий каталог». Текущий рабочий каталог запоминается

в файле инициализации приложения.

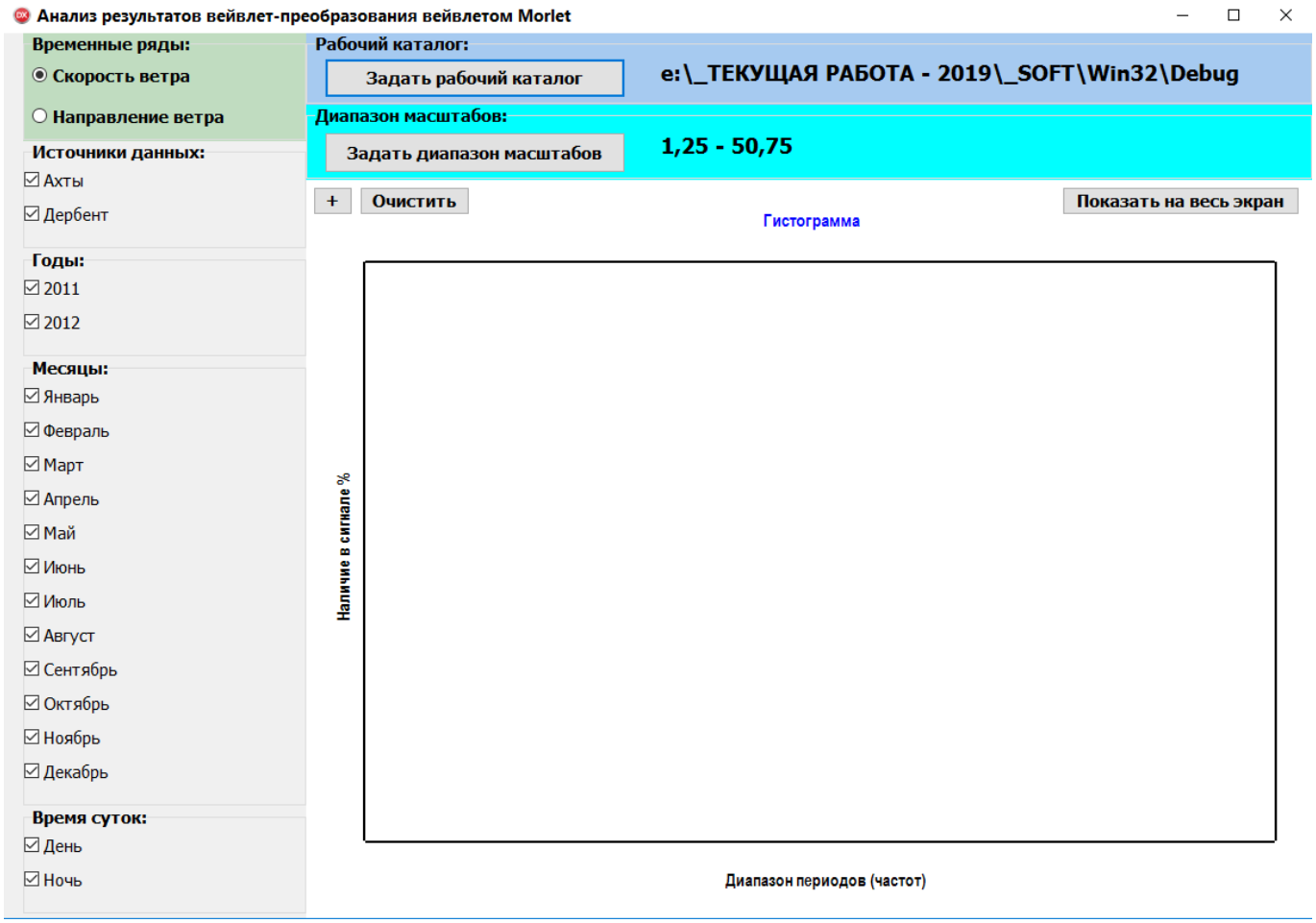

Рисунок 1.2 – Главное окно приложения

Далее после выбора временного ряда задается диапазон масштабов по нажатию на кнопке «Задать диапазон масштабов» и всплывает диалоговое окно, реализующее задание диапазона масштабов (рисунок 1.3).

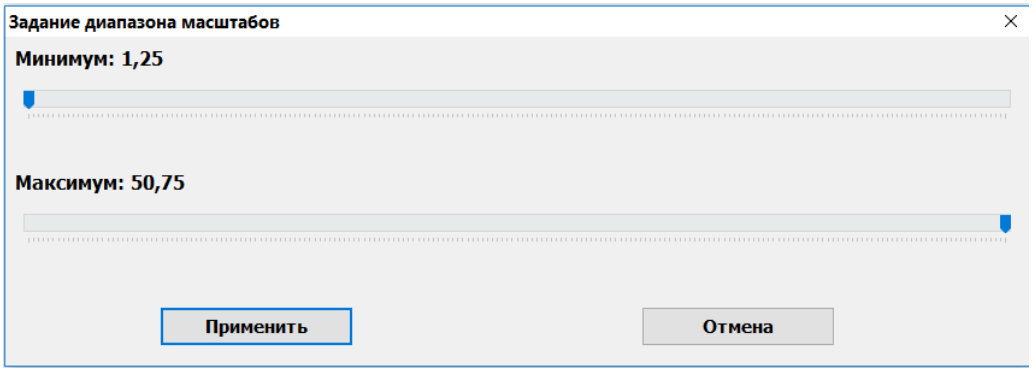

Рисунок 1.3 – Диалоговое окно задания диапазона масштабов

В части визуализации графиков гистограмм имеются три управляющие кнопки:

- кнопка «+» выполняет расчет и добавляет на экран график гистограммы на основе компоновки выборки данных в левой панели;
- кнопка «Очистить» выполняет очистку графиков гистограмм;
- кнопка «Показать на весь экран» визуализирует графики гистограмм на весь экран монитора с возможностью сохранения результатов в растровом файле.

Выводы по первой главе:

Разработано программное обеспечение для построения гистограмм частотного распределения по результатам непрерывного вейвлет-преобразования функцией morlet.

Данное программное обеспечение позволяет детализировать результаты частотно-временного анализа на основе вейвлет-преобразования для временных рядов – скоростей и направления ветра. Отличительной особенностью программы является то, что она позволяет компоновать и сопоставлять гистограммы частотного распределения из разных временных периодов и разных источников. На основе разработанного программного обеспечения исследованы особенности динамики суточного и сезонного хода ветра для Приморского Дагестана.

2 Пространственно-временной анализ данных ветромониторинга в Приморском Дагестане за период наблюдения 2011-2017 станций Дербент и Махачкала

2.1 Непрерывное вейвлет-преобразование функцией morlet

С 2014 году нами выполняются исследования вейвлет-преобразавания функциями mexican hat [6] и morlet [7] для временных рядов скоростей ветра, полученных на основе метеонаблюдений. Для хранения и выборки данных ветромониторинга разработано специализированное программное обеспечение, описанное в [8]. На сегодняшний момент у нас имеется в наличии заполненная база данных ветромонитиринга по наблюдениям метеостанций Махачкала, Дербент, Кочебей и Ахты за временной период 2011-2017гг с частотой 8 измерений в сутки. Для выполнения текущих исследований по Приморскому Дагестану сформированы временные ряды на основе данных метеостанций Махачкала и Дербент за весь имеющийся временной период.

Поскольку для выполнения вейвлет-преобразования охватить весь временной период 2011-2017гг. сложно технически, он разбивается на двухлетние интервалы: 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015, 2015-2016 и 2016-2017. Для каждого интервала готовится файл с исходными данными временного ряда. За единицу временных отсчетов приняты дни с интервалом 0,125 (что соответствует 8 измерениям в сутках). Отсчеты дней начинаются с 1 января первого года и заканчиваются 31 декабрем второго года.

Для выполнения вейвлет-преобразования использовано программное обеспечение (с некоторыми доработками) написанное в 1999 году [9]. В программное обеспечение добавлена опция сохранения матрицы *W(a,t)* результатов вейвлет-преобразования в двоичный файл формата WTR (таблица 1.1)

Непрерывное вейвлет-преобразование сигнала состоит в его разложении по базису, построенному из специальной производящей функции (вейвлета) посредством масштабных изменений и переносов.

$$W(a,x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\psi\left[\frac{t-x}{a}\right]dt \,, \qquad (1.1)$$

где *W(a, x)* – коэффициенты вейвлет-преобразования; *f(t)* – исследуемая функция; t – время; ψ – вейвлет, *a* – величина масштаба; *x* – параметр сдвига по временной оси.

В текущем исследовании для анализа временного ряда используется вейвлет-функция morlet. Morlet – вейвлет комплексный, он хорошо приспособлен для анализа сигналов, для которых важен принцип причинности: этот вейвлет сохраняет направление времени и не создает паразитной интерференции между прошлым и будущим. Таким образом, вейвлет-преобразование временного ряда с помощью вейвлета morlet дают возможность оценить его колебательные свойства для

различных временных периодов [10]. Относительно данных ветромониторинга локализация данных по времени дает возможность проанализировать изменчивость характеристик ветра по месяцам, сезонам, полугодиям – на глобальных и локальных временных масштабах.

Для всех временных рядов – скоростей ветра по метеоданным станций Махачкала и Дербент выполнено вейвлет-преобразование функцией morlet в диапазоне периодов от 0,5 до 50,5 суток с интервалом 0,25 суток. Полученные матрицы *W(a,t)* сохранены в формат WTR. К каждому файлу WTR добавлены описательные файлы TXT таким образом, что двухлетний временной период усекается до одного года по датам 01 июля – 30 июня (например, 01.07.2011 – 30.06.2012).

Таким образом, сформирован полный набор данных для выполнения их частотно-временного анализа в специально разработанной программе для построения гистограмм частотного распределения по результатам непрерывного вейвлет-преобразования функцией morlet, описанной в первой главе.

2.2 Построение гистограмм и анализ результатов

Первым пунктом исследований является проверка того насколько частотно-временные характеристики временных рядов зависят от времени суток (дневного и ночного). Сравнение гистограмм по времени суток показало, что графики практически совпадают, причем они совпадают и при рассмотрении обобщенного временного периода 2011-2017, и при рассмотрении локального периода времени для одной станции (рисунок 2.1). Это говорит о том, что частота изменчивости скорости ветра практически не зависит от времени суток. Что является первым выводом исследований.

Далее рассмотрим гистограмму, в которую включены все имеющиеся данные по двум станциям за все временные периоды (рисунок 2.2). Гистограмма показывает, что основным периодом изменчивости скорости ветра является период в одни сутки. Можно сказать, что это основная несущий период колебания во всех рассматриваемых временных рядах Приморского Дагестана. Другие периоды в среднем в три и более раз проявляются реже. Причем чем выше значение периода, тем реже он проявляется. Таким образом, показано, что основным периодом колебания скорости ветра – является период в одни сутки. Периодичность смены скорости ветра в одни сутки характерна для 65% всех данных с 2011 по 2017 гг. станций Махачкала и Дербент.

На графике (рисунок 2.2) можно также наблюдать, что наличие периодичностей всех временных рядов постепенно уменьшается от периодичности в одни сутки до минимума при значениях периодов 14-15 дней и далее не поднимается выше 5%. Это означает, что основные периодичности в скоростях ветра сосредоточены в интервале 1-14 дней.

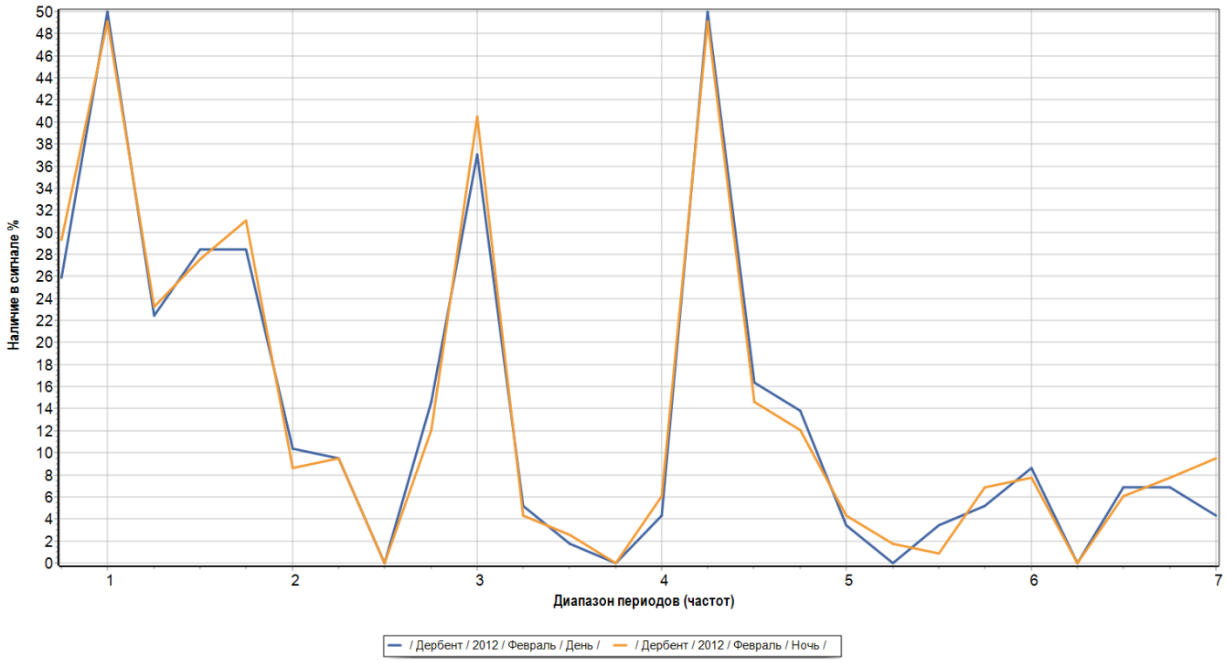

Рисунок 2.1 Сравнение гистограмм по данным ночных дневных измерений для февраля 2012 года

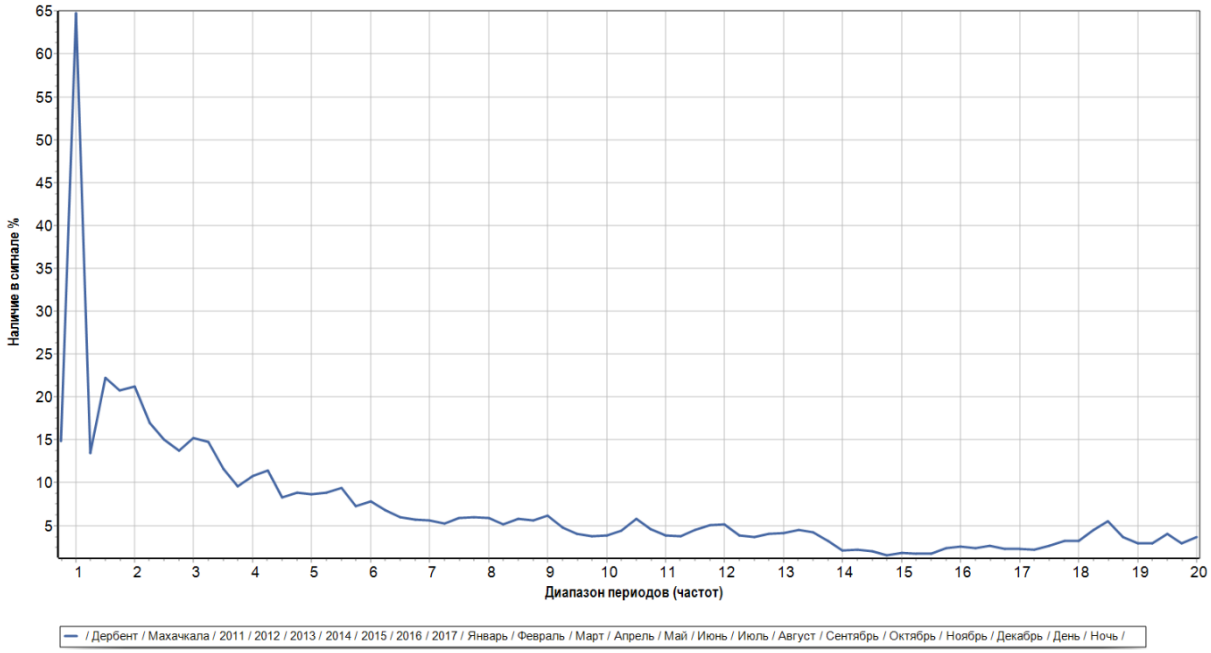

Рисунок 2.2 – Гистограмма с полной компоновкой данных по всему временному периоду данных двух станции

Выполним сравнение гистограмм по данным станций Махачкала и Дербент по временам года. Такое сравнение показывает (рисунки 2.3-2.6), что во всех случаях наличие периодичности в одни сутки у данных станции Дербент выше на 10-15%. Это говорит о том, что изменчивость скорости ветра в районе Дербента более динамична, чем в районе Махачкалы.

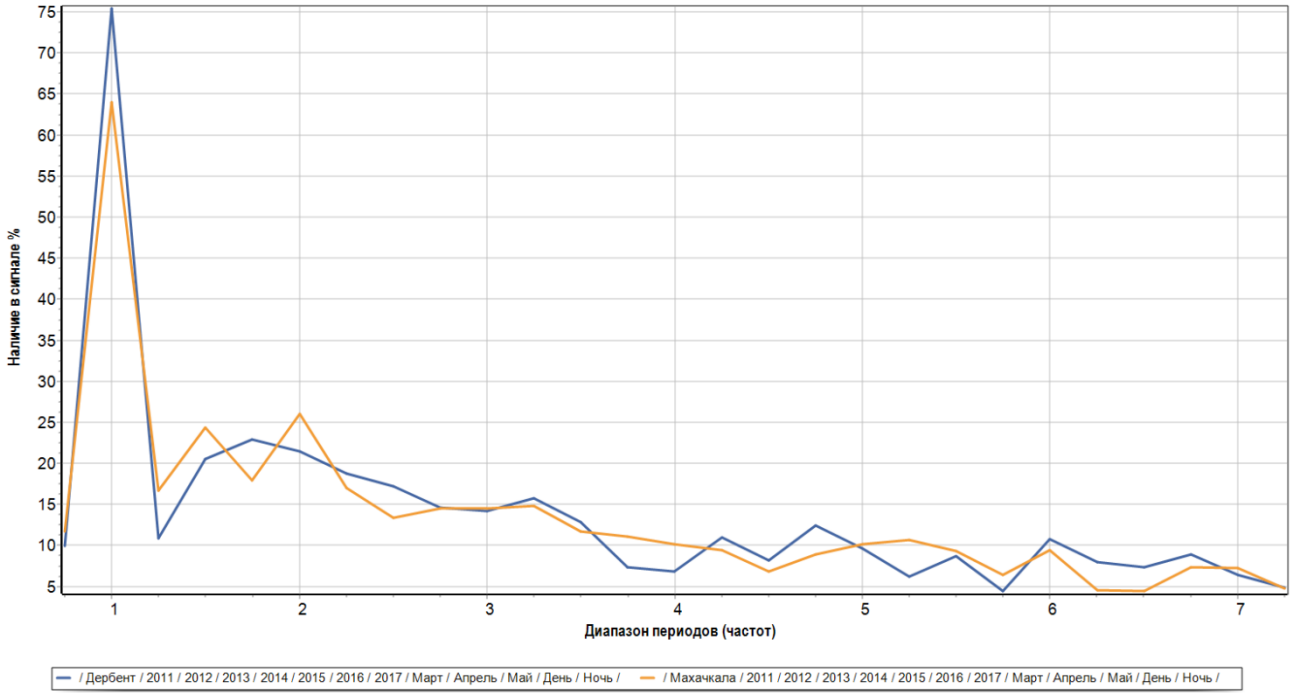

Рисунок 2.3 – Гистограммы по данным всего временного диапазона 2011-2017гг. от станций Дербент и Махачкала в весенний период

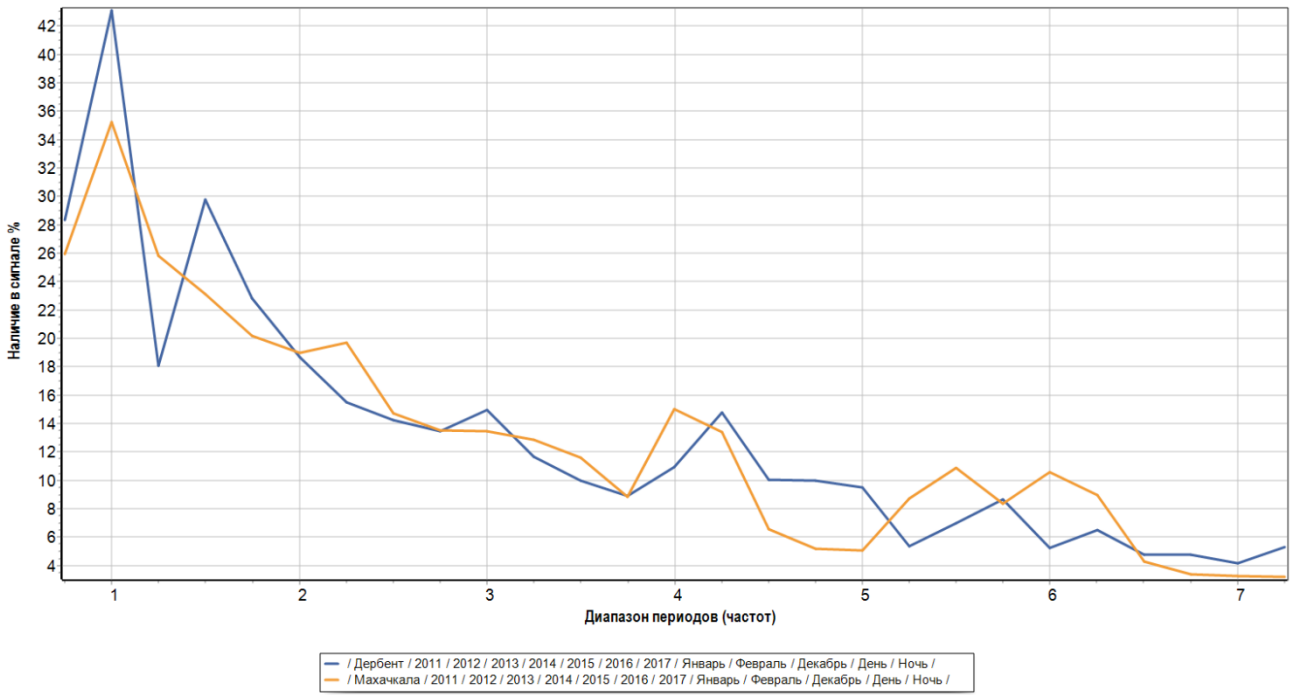

Рисунок 2.4 – Гистограммы по данным всего временного диапазона 2011-2017гг. от станций Дербент и Махачкала в зимний период

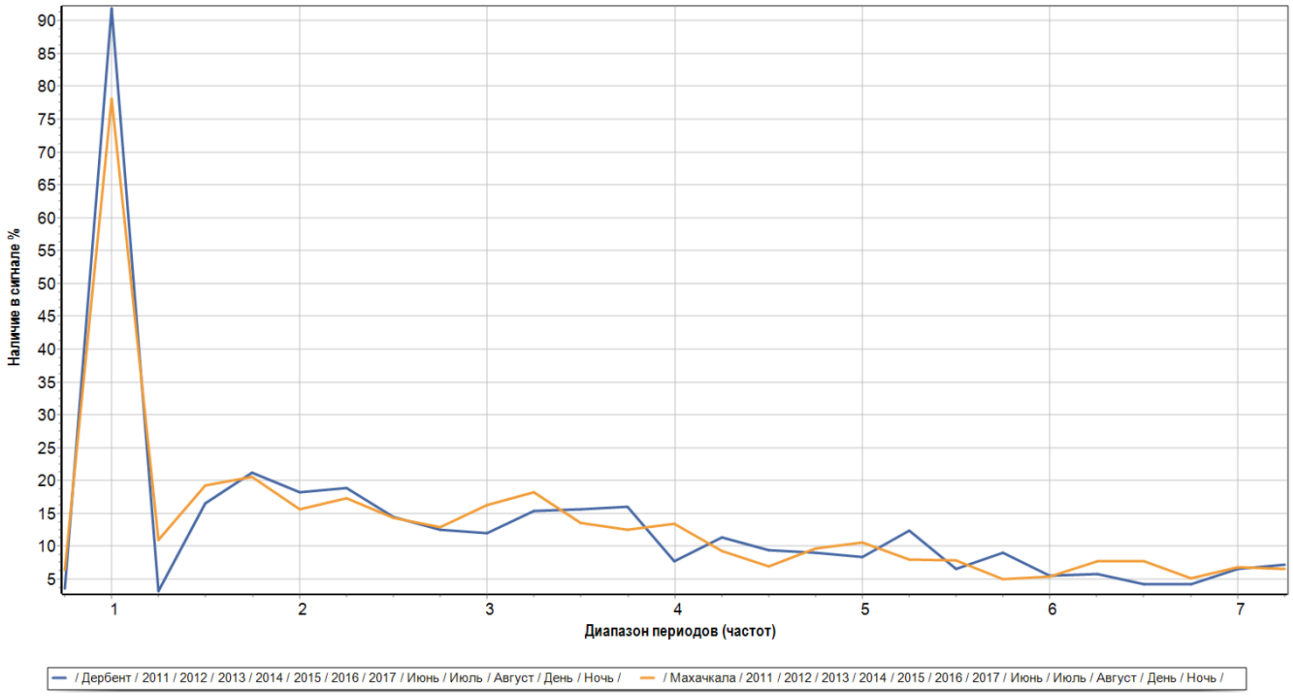

Рисунок 2.5 – Гистограммы по данным всего временного диапазона 2011-2017гг. от станций Дербент и Махачкала в летний период

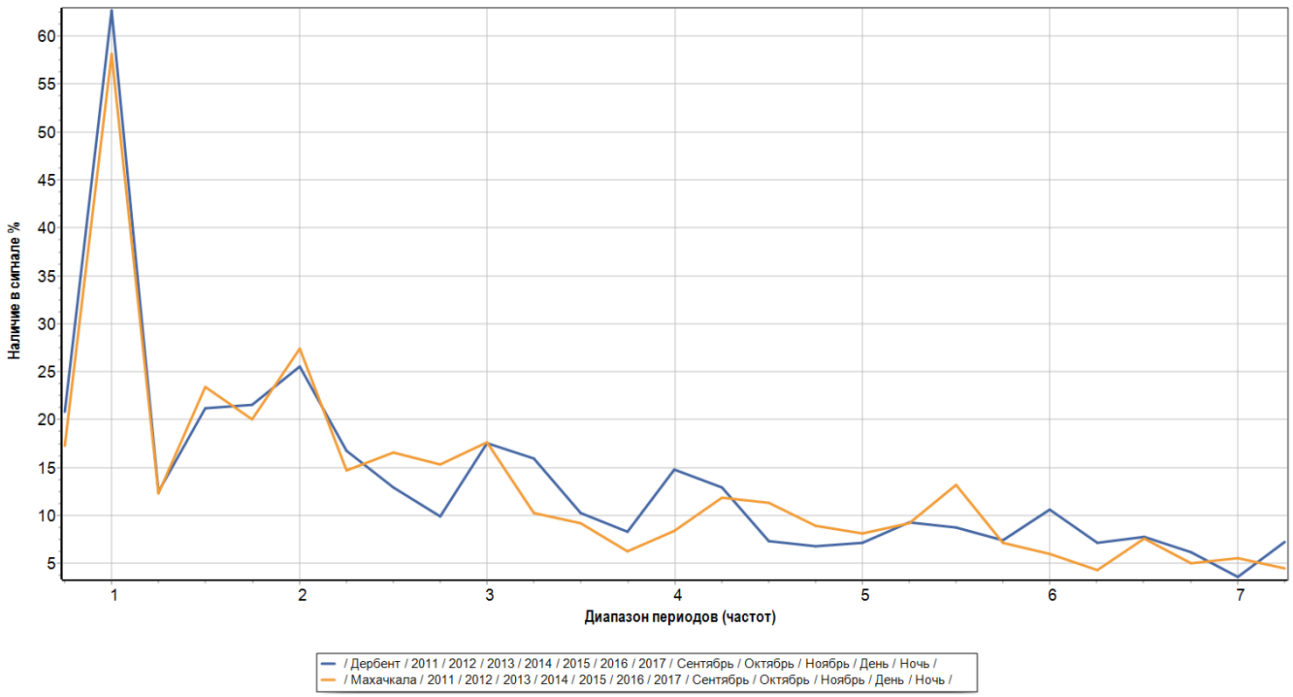

Рисунок 2.3 – Гистограммы по данным всего временного диапазона 2011-2017гг. от станций Дербент и Махачкала в осенний период

Рассмотрим гистограммы в диапазоне периодов 0,75 – 7,25 дней по данным всего временного периода для исследуемых станций Дербент (рисунок 2.7) и Махачкала (рисунок 2.8) по временам года.

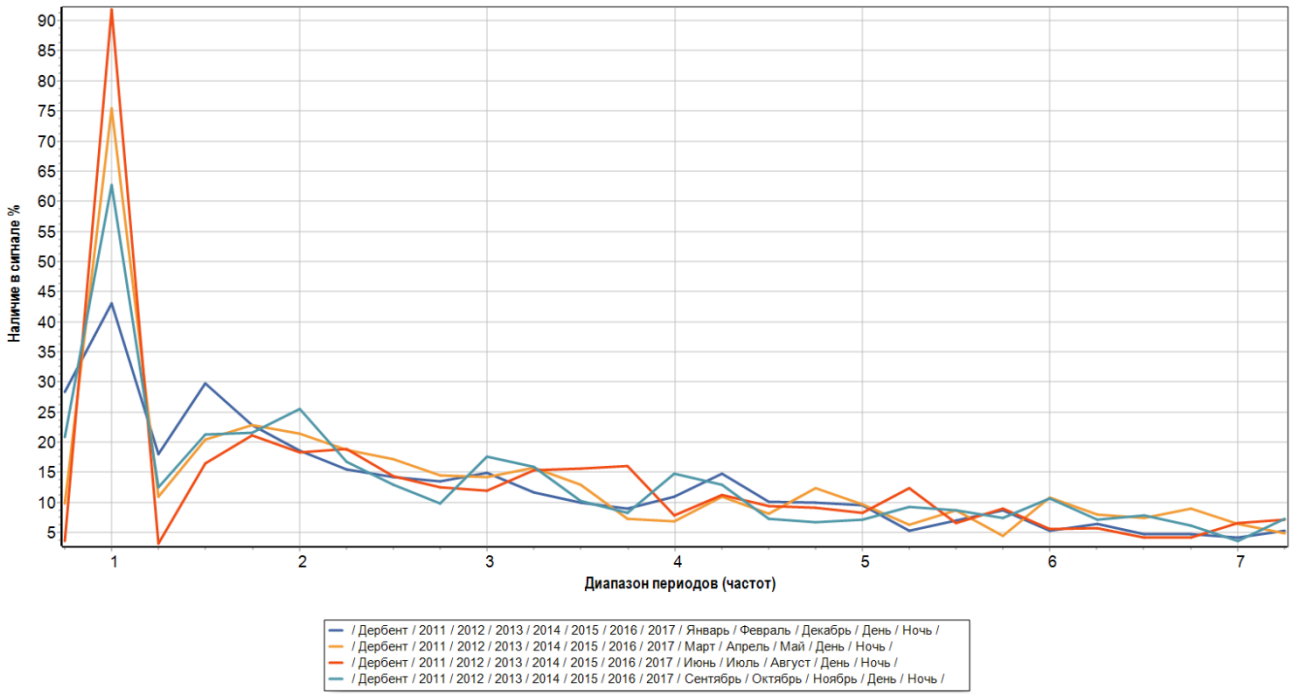

Рисунок 2.7 – Гистограммы по данным 2011-2017гг. от станции Дербент по временам года

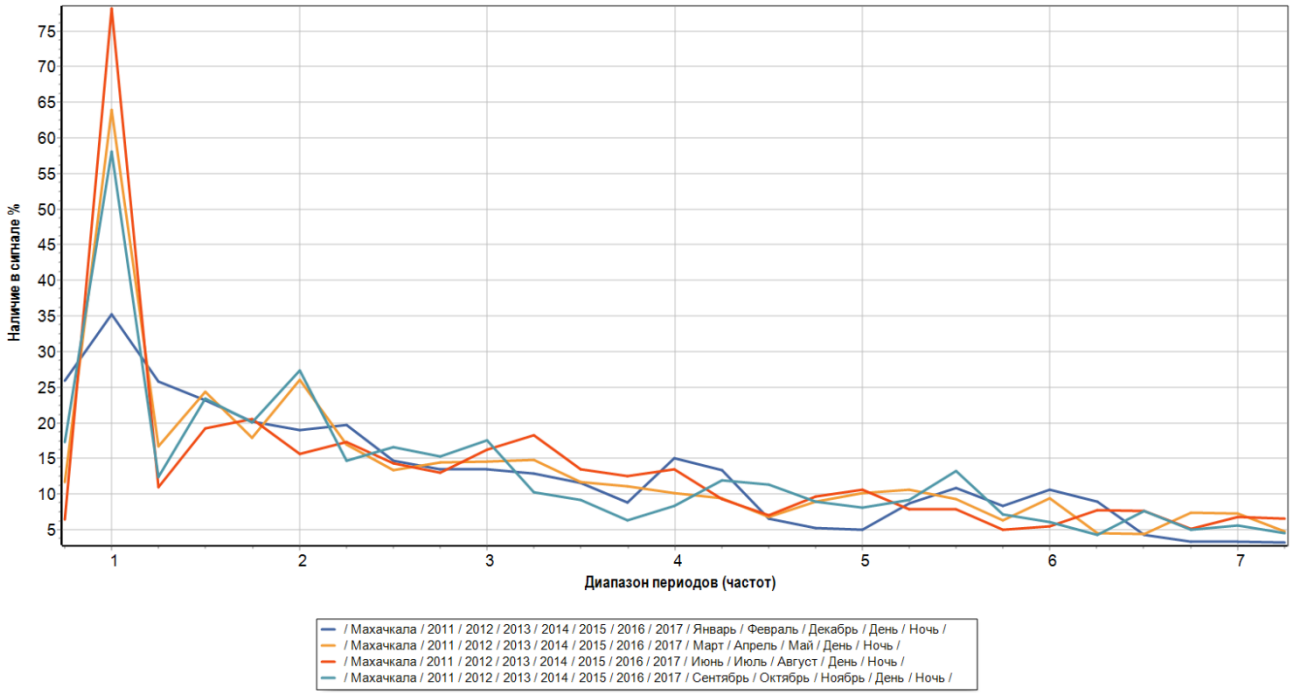

Рисунок 2.8 – Гистограммы по данным 2011-2017гг. от станции Махачкала по временам года

На рисунках 2.7-2.8 наблюдается следующая закономерность относительно периодичности в одни сутки. Максимальный процент наличия в сигнале периодичности в одни сутки характерно для летнего периода и составляет 80-90%. Следом идет весенний период со значениями 65-75%. В осенний период наличие в сигнале периодичности в одни сутки составляет 55-65%. Самый минимальный процент наличия во временном ряде периодичности в одни сутки наблюдается в зимний период 35-40%. Таким образом, показано, что динамика скорости ветра имеет явную зависимость от времени года.

Теперь обратимся к рисунку 2.9. На основе гистограмм, полученных по месяцам для временных рядов станций Дербент и Махачкала, учитывающих весь временной период 2011-2017гг., в редакторе Excel построены графики зависимости процентного наличия во временном ряде периодичности в одни сутки в зависимости от календарного месяца.

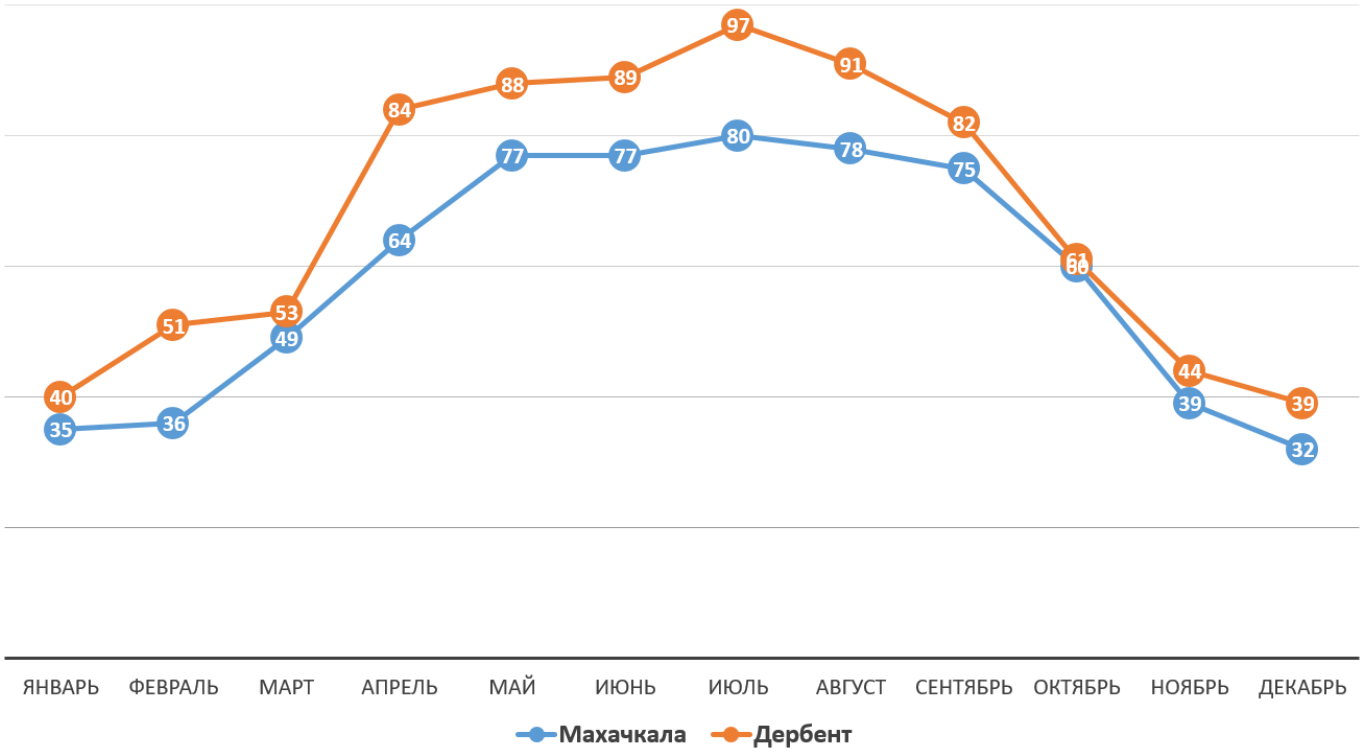

Рисунок 2.9 – Значения наличия (%) периодичности в одни сутки во временных рядах по станциям Дербент и Махачкала за период 2011-2017гг по месяцам

Рисунок 2.9 демонстрирует четкую периодичность в рассматриваемом параметре по месяцам с максимальными значениями в июле и минимальными – в декабре, причем для станции Дербент все значения немного выше чем для станции Махачкала.

Все рассмотренные результаты частотно-временного анализа на основе данных вейвлет-преобразования вейвлетом morlet данных Приморского Дагестана позволяют сделать выводы о наличии определенных закономерностей.

Выводы по второй главе:

Исследования данных частотно-временного анализа временных рядов – скоростей ветра для Приморского Дагестана по станциям Дербент и Махачкала, показали, что:

1. Периодичность изменчивости скорости ветра практически не зависит от времени суток.
2. Основным периодом колебания значений скорости ветра во всех временных рядах – является период в одни сутки. Наличие этой периодичности в среднем в 2 раза встречается чаще.
3. Основные периодичности, встречающиеся во временных рядах – скоростях ветра сосредоточены в интервале 1-14 дней.
4. Во всех случаях наличие периодичности в одни сутки у данных по станции Дербент выше на 10-15%. Это говорит о том, что изменчивость скорости ветра в районе Дербента более динамична, чем в районе Махачкалы.
5. Максимальный процент наличия в сигнале периодичности в одни сутки характерно для летнего периода и составляет 80-90%. Следом идет весенний период со значениями 65-75%. В осенний период наличие в сигнале периодичности в одни сутки составляет 55-65%. Самый минимальный процент наличия во временном ряде периодичности в одни сутки наблюдается в зимний период 35-40%. Таким образом, показано, что динамика скорости ветра имеет явную зависимость от времени года.
6. Графики зависимости процентного наличия во временном ряде периодичности в одни сутки в зависимости от календарного месяца демонстрирует четкую периодичность в рассматриваемом параметре по месяцам с максимальными значениями в июле и минимальными – в декабре.

Заключение

В 2018 году выполнены исследования в рамках пункта: «Моделирование сезонного и суточного хода ветра для Приморского Дагестана на основе частотно-временного анализа». Для выполнения пункта разработано программное обеспечение для построения гистограмм частотного распределения по результатам непрерывного вейвлет-преобразования функцией morlet. Оно позволяет детализировать результаты частотно-временного анализа на основе вейвлет-преобразования для временных рядов – скоростей и направления ветра.

На основе разработанного программного обеспечения исследованы особенности динамики суточного и сезонного хода ветра для Приморского Дагестана, которые показали, что:

- Периодичность изменчивости скорости ветра практически не зависит от времени суток.
- Основным периодом колебания значений скорости ветра во всех временных рядах – является период в одни сутки. Наличие этой периодичности в среднем в 2 раза встречается чаще.
- Основные периодичности, встречающиеся во временных рядах – скоростях ветра сосредоточены в интервале 1-14 дней.
- Во всех случаях наличие периодичности в одни сутки у данных по станции Дербент выше на 10-15%. Это говорит о том, что изменчивость скорости ветра в районе Дербента более динамична, чем в районе Махачкалы.
- Максимальный процент наличия в сигнале периодичности в одни сутки характерно для летнего периода и составляет 80-90%. Следом идет весенний период со значениями 65-75%. В осенний период наличие в сигнале периодичности в одни сутки составляет 55-65%. Самый минимальный процент наличия во временном ряде периодичности в одни сутки наблюдается в зимний период 35-40%. Таким образом, показано, что динамика скорости ветра имеет явную зависимость от времени года.
- Графики зависимости процентного наличия во временном ряде периодичности в одни сутки в зависимости от календарного месяца демонстрирует четкую периодичность в рассматриваемом параметре по месяцам с максимальными значениями в июле и минимальными – в декабре.

Результаты работы доложены на Международной конференции и Школе молодых ученых «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» [11].

Подана заявка на регистрацию программы для ЭВМ (Кобзаренко Д.Н., Камилова А.М.): «Программа для построения гистограмм частотного распределения по результатам непрерывного вейвлет-преобразования функцией morlet».

Подготовлена публикация для печати на тему «Исследование сезонной динамики суточного изменения скорости ветра в Приморском Дагестане».

Список использованных источников

1. Виссарионов В.Э. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии. М: МЭИ. 2009. 144с.
2. Золотов С.Ю., Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В. Прогнозирование климатических характеристик с помощью метода вейвлет-преобразования // Оптика атмосферы и океана. 2005. – Т.18, №4. – С.349-351.
3. Золотов С.Ю., Ипполитов И.И., Логинов С.В. Прогнозные оценки изменения температуры приземного воздуха с использованием метода вейвлет-преобразования // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т.22, №5. – С. 471-475.
4. F.Chellali, A.Khellaf, A.Belouchrani Wavelet spectral analysis of the temperature and wind speed data at Adrar, Algeria // Renewable Energy. – 2010. – 35, P.1214–1219.
5. Кобзаренко Д.Н., Камилова А.М., Газанова Н.Ш., Дадашев А.М. Применение непрерывного вейвлет-преобразования в изучении временных рядов ветромониторинга на примере Дагестана // Информационные технологии. – 2018. – Т.24, №3. – С. 201–208.
6. Кобзаренко Д.Н., Камилова А.М., Газанова Н.Ш. К возможностям применения вейвлет-функции «*Mexican Hat*» в частотно-временном анализе временных рядов – скоростей ветра // В сб.: Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов // Материалы III Международной конференции. 6-8 октября 2014г. / Под ред. д.т.н. А.Б.Алхасова - Махачкала: ИП Овчинников (АЛЕФ), 2014. – С.288-294.
7. Кобзаренко Д.Н., Камилова А.М., Газанова Н.Ш. Изучение вейвлет-преобразования функцией «morlet» временных рядов – скоростей ветра для решения задачи пространственно-временного моделирования распределения ветроэнергетических ресурсов // В сб.: «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» Материалы IV Международной конференции. Том №2. Махачкала: АЛЕФ. 2015. – С.274-280.
8. Кобзаренко Д.Н. К созданию средств автоматизации выборки данных ветромониторинга с сервера "Погода России" // Программная инженерия. – 2014. – №2, 2014. – С.27-32.
9. Гаджиев А.А., Гаджиев Р.А., Кобзаренко Д.Н. Вейвлет-анализ колебаний уровня Каспийского моря и влияния на сейсмический режим Дагестанского клина // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2000. – №3. – С.230-236.
10. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. – 1996, – Т.166, №11. – С.1145–1170.
11. Кобзаренко Д.Н., Камилова А.М., Газанова Н.Ш., Шихсаидов Б.И., Паштаев Б.Д., Шихсаидов М.Б., Мухуров В.Н. К вопросу о геоинформационном моделировании пространственного

распределения геотермальных ресурсов на примере Дагестана // Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов: материалы докл. Межд. конф. (Махачкала 15-18 октября 2018г.). Махачкала, АЛЕФ, 2018. – С. 273–283.

Публикации по теме за 2018г.:

1. Кобзаренко Д.Н., Камилова А.М., Газанова Н.Ш., Дадашев А.М. Применение непрерывного вейвлет-преобразования в изучении временных рядов ветромониторинга на примере Дагестана // Информационные технологии. – 2018. – Т.24, №3. – С. 201–208.
2. Кобзаренко Д.Н., Камилова А.М., Газанова Н.Ш., Шихсаидов Б.И., Паштаев Б.Д., Шихсаидов М.Б., Мухуров В.Н. К вопросу о геоинформационном моделировании пространственного распределения геотермальных ресурсов на примере Дагестана // Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов: материалы докл. Межд. конф. (Махачкала 15-18 октября 2018г.). Махачкала, АЛЕФ, 2018. – С. 273–283.