РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

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

УДК 621.548

№ госрегистрации 01201360101

Инв №

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПГ ДНЦ РАН

_____А.Б. Алхасов

«____» _____ 2017г.

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 2017г.)

Руководитель темы _____ Д.Н. Кобзаренко

подпись, дата

Махачкала 2017

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,

доктор технических наук,
заведующий лабораторией _____ Д.Н. Кобзаренко (основная часть)
подпись, дата

Исполнители темы:

ведущий специалист _____ А.М. Камилова (введение, заключение)
подпись, дата

ведущий специалист _____ Н.Ш. Газанова (раздел 1)
подпись, дата

Реферат

Отчет 20 страниц, 10 рисунков, 1 формула, 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.

Рассмотрены подходы к автоматизации процессов съема, обработки и анализа данных ветромониторинга, которые выполняются с помощью специально разработанного для этих целей программного обеспечения. Его функциональные возможности демонстрируются на примере данных по Дагестану.

Рассмотрены результаты вейвлет-преобразования функцией *Morlet* для временных рядов – скоростей ветра, сформированных на основе метеорологических наблюдений на станции «Кочубей» (Северный Дагестан) за временной период 2011-2015гг и выполнения сравнение этих данных с тремя другими станциями региона.

Содержание

Термины и определения……..... 5
Список сокращений…….. 6
Введение……..... 7
1 Средства автоматизации выборки данных ветромониторинга…….. 8
1.1 О данных ветромониторинга…… 8
1.2 Инженерия программного обеспечения……..... 9
2 Пространственно-временной анализ данных ветромониторинга в Дагестане за период наблюдения 2011-2015 станций Кочубей (Северный Дагестан), Ахты, Дербент, Махачкала.. 12
2.1 О непрерывном вейвлет-преобразовании функцией morlet…….. 12
2.2 Обработка данных и анализ…….. 13
2.2.1 Пространственный анализ…….. 14
2.2.2 Временной анализ…… 16
Заключение…… 19
Список использованных источников…….. 20

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).

Первый этап анализа состоит в изучении визуальной информации картин вейвлет-преобразования, которая может дать определенное представление о динамике частотных характеристик временного ряда. Этому посвящена текущая работа. На втором этапе будут изучены конкретные значения вейвлет-коэффициентов с целью выявления основных гармоник составляющих временной ряд в зависимости от временного периода. Данные результаты позволят разработать модели годового хода и направлений ветра для различных районов и выполнить оценку их ресурсного потенциала на ближайшие годы.

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.

1 Средства автоматизации выборки данных ветромониторинга

1.1 О данных ветромониторинга

Задача подсчета ресурсов ветровой энергии с целью определения территорий наиболее перспективных для их промышленного использования требует наличие исходных данных. Основными исходными данными для такого определения являются временные ряды распределения скоростей и направлений ветра в различных географических точках. Чем плотнее при этом данные покрывают изучаемую территорию, тем более надежными получаются результаты анализа. Для расчета удельной мощности и удельной энергии ветра необходимо также знать температуру окружающей среды [1].

Во многих публикациях, например в [5], при анализе распределения ресурсов энергии солнца и ветра в качестве исходных данных берутся данные из информационной базы NASA Surface meteorology and Solar Energy. Особенностью этой базы является то, что для любой географической точки предоставляются только среднегодовые и среднемесячные значения метеорологических параметров за весь период наблюдения с 1983 года по настоящее время. Однако при этом в текущей базе данных не получить информацию по конкретным годам, месяцам и дням не представляется возможным.

При построении общероссийских атласов с картами среднегодовых и среднемесячных значений параметров, связанных с возобновляемыми энергоресурсами, применение базы данных NASA Surface meteorology and Solar Energy вполне оправдано. Однако, при выполнении работ по исследованию ветроэнергетического кадастра в региональном масштабе [5], которые предполагают анализ таких характеристик, как повторяемость скоростей и направлений ветра, максимальная скорость ветра и т.д., в качестве исходных данных необходимо использовать временные ряды с измерениями 8 раз в сутки.

Использование данных ветромониторинга для последующих расчетов и составления ветроэнергетического кадастра в региональном масштабе предполагает решения ряда задач, решение которых требует использования подобных методов статистической обработки данных и современных средств автоматизации этих процессов [6]. Необходимость решения некоторых задач обусловлена тем обстоятельством, что во многих временных рядах имеются пробелы в измерениях различной длительности, а также тем, что иногда во временных рядах встречаются некорректные значения измеряемых параметров. Решение таких задач предполагает:

- определение метеостанций, имеющих отношение к исследуемому региону;
- получение текстовых файлов с данными этих метеостанций за весь временной период;
- предварительная обработка данных - выборка временных рядов интересующих пользователя

параметров, исключение некорректных значений;

- определение временных периодов и наборов метеостанций с минимумом пропущенных значений;
- выборка данных в соответствии с предыдущим пунктом и перевод их в цифровую форму для выполнения дальнейших расчетов.

1.2 Инженерия программного обеспечения

Для объединения данных ветромониторинга в единую форму, удобную для работы, разработана иерархическая структура базы данных (рисунок 1).

На самом верхнем уровне иерархии данные рассматриваются как единое целое. Уровнем ниже идет разделение по метеостанциям. Для уровня «метеостанция» имеются поля, описывающие: название станции, координаты географического положения, значение альтитуды и данные. Данные разделяются по годам, что представляет собой последний уровень иерархии. Для уровня иерархии «год» имеются поля, описывающие: номер года и массивы данных, хранящие значения четырех интересующих нас параметров.

Формат данных БД. Для хранения данных на жестком диске в соответствии с разработанной структурой БД разработан двоичный формат файла. Первые 6 байт в фале хранят ASCII-коды символов «WindDB» представляющих собой идентификатор файла. Следующие 4 байта являются целым числом N – количество метеостанций. В остальной части файла хранятся N-блоков данных для всех имеющихся в базе метеостанций.

Блок i-ой метеостанции состоит из следующей последовательности данных: название станции в ASCII-строка (размер зависит от длины), широта (4 байта – вещественное), долгота (4 байта – вещественное), альтитуда (4 байта – целое), количество лет (4 байта – целое). Далее следует M – блоков данных, хранящих информацию по годам для i-й метеостанции.

Блок j-го года состоит из следующей последовательности данных: номер года (2 байта целое), массив данных о скоростях ветра (5952 байт), массив данных о направлениях ветра (5952 байт), массив данных о порывах ветра (2976 байт) и массив данных о температуре (2976 байт).

Длины массивов определены из следующих соображений. Для удобства расчетов доступа к данным длина всех 12 месяцев принята равной 31 день. Максимальное количество измерений в день равно 8, через каждые три часа. Итого 31 * 12 * 8 = 2976 измерений в году. Для хранения значения скорости ветра используется 2 байта: старший байт – целая часть, младший – дробная. Для хранения значения направления ветра (в диапазоне 0-355) также используется 2 байта. Для хранения значения порыва ветра с точностью до 1 м/с и значения температуры окружающей среды с точностью до 1°C достаточно 1 байта.

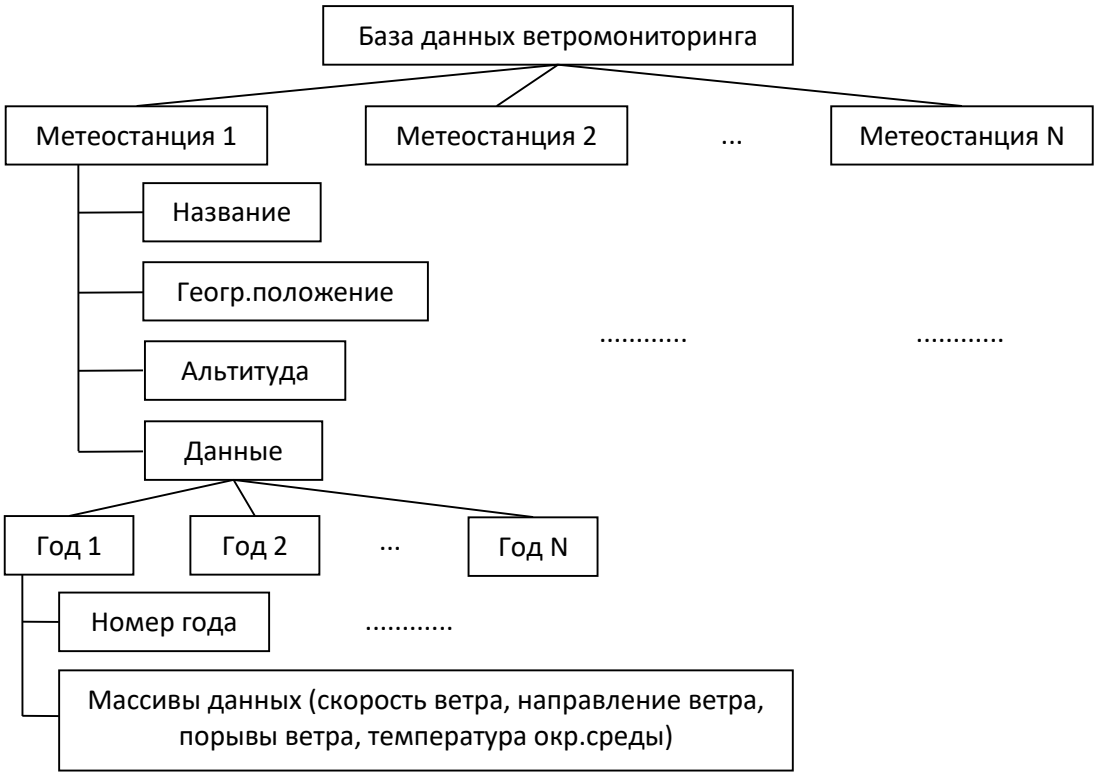


Рисунок 1 – Структура базы данных ветромониторинга

Реализация функционала управления базой данных выполнена на основе объектно-ориентированного подхода. В среде программирования Delphi разработаны три управляющих класса [7].

Класс TWindProc управляет базой данных, как единым целым. В свойствах класса содержится информация о количестве метеостанций, временном диапазоне (годы) данных. Функционал класса состоит из функций: чтения БД из файла, записи БД в файл и импорта данных из группы файлов сервера «Погода России». Через векторное свойство класса Stations[i] осуществляется доступ к управлению данными для i-й метеостанции. Это свойство является экземпляром класса управления данными метеостанции – TWindStation.

В свойствах класса TWindStation содержится информация о параметрах метеостанции. Имеется функция добавления нового календарного года к данным по текущей метеостанции. Через векторное свойство Years[Number] класса осуществляется доступ к управлению данными для Number-го календарного года. Это свойство является экземпляром класса управления данными календарного года – TWindYear.

В свойствах класса TWindYear содержится информация о номере года и о том, является ли год високосным. Через векторные свойства класса Speeds[Month, Day, Num], Directions[Month, Day, Num], Gusts[Month, Day, Num], Tempers[Month, Day, Num] осуществляется доступ к данным по скоростям ветра, направлениям ветра, порывам ветра и температуре окружающей среды месяца

Month, дня Day, измерения Num. Также в этом классе имеются свойства и методы для выполнения статистического анализа данных в рамках текущего года.

В рамках функциональной части ПО разработан класс TDiagram, выполняющий графическое построение так называемых диаграмм полноты данных.

Интерфейсная часть ПО разработана с применением стандартных средств среды программирования Delphi. Имеются возможности табличного и графического представления данных ветромониторинга и набор кнопок для управления программой.

2 Пространственно-временной анализ данных ветромониторинга в Дагестане за период наблюдения 2011-2015 станций Кочубей (Северный Дагестан), Ахты, Дербент, Махачкала

2.1 О непрерывном вейвлет-преобразовании функцией morlet

Данная работа начата в 2014 году и за это время нами проведены исследования вейвлет-преобразавания функциями mexican hat [9] и morlet [10] для временных рядов скоростей ветра, полученных на основе метеонаблюдений станций Ахты, Дербент, Кочубей и в 2010-2011 годах. Так как информация бралась из открытых источников сервера «Погода России» и содержала некоторые пропуски в измерениях, мы не могли уверенно гарантировать ее достоверность. К этому стоит добавить, что временной период в два календарных года не совсем достаточный, чтобы делать обобщения и выводы о каких-либо временных закономерностях.

В этом году благодаря научному сотрудничеству с Дагестанским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды нами получены достоверные данные ветромониторинга в Дагестане за период 2011-2015гг. со станций Ахты, Дербент, Махачкала, Кочубей. Наблюдения данных станций охватывают северный равнинный Дагестан (Кочубей), приморский центральный Дагестан (Махачкала), приморский южный Дагестан (Дербент) и южный горный Дагестан (Ахты). Таким образом, у нас имеется достаточные для полноценных исследований и период наблюдения, и пространственный территориальный охват.

Для выполнения вейвлет-преобразования и визуализации его результатов использовано программное обеспечение (с некоторыми доработками) написанное еще в 1999 году [11], т.к. оно является для нас более удобным вариантом по сравнению с тем же Mathcad.

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

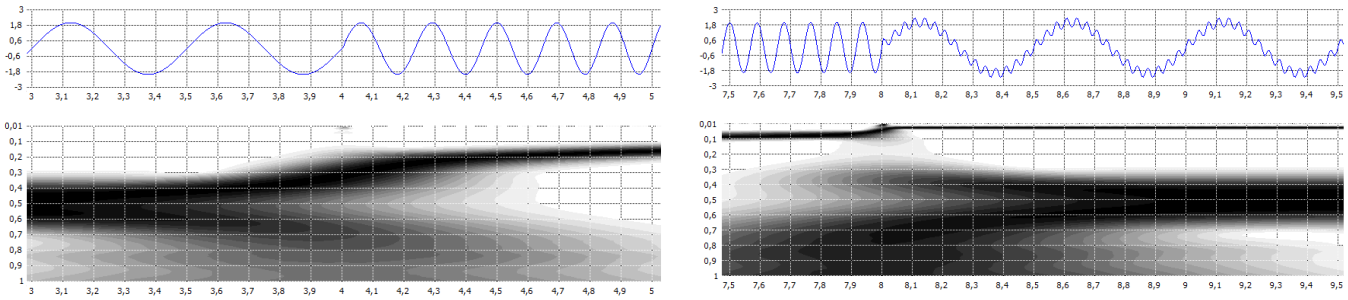
$$W(x,a) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\psi\left[\frac{t-x}{a}\right]dt, \qquad (1)$$

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

Для анализа временного ряда взята 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.

Информацию из массива вейвлет-преобразования W(x,a) будем представлять в виде вейвлет-картины коэффициентов, где каждую точку можно показывать в определенном цвете, в

зависимости от значения Wf(x,a). Картина коэффициентов демонстрирует, что процесс составляют компоненты разных масштабов: экстремумы Wf(x,a) наблюдаются на разных масштабах, интенсивность их меняется и со временем, и с масштабом. Лучше всего понять какую информацию можно получить с помощью вейвлет-преобразования на базе функции *Morlet* позволяет картина вейвлет-коэффициентов модуля для модельного сигнала, представленная на рисунок 2. Для фрагмента сигнала с постоянным периодом 0,5 секунд (рисунок 2а) на картине вейвлет-коэффициентов можно наблюдать сплошную черную полосу, соответствующую масштабу 0,5 (период колебания) по горизонтали. Для следующего участка сигнала, начиная с временного отсчета 4 период колебаний плавно уменьшается, что отражается на вейвлет-картине – черная полоса также плавно устремляется к нулевому значению. Начиная с временного отсчета 8, модельный сигнал состоит из суммы двух гармоник (рисунок 2б) с постоянными периодами. На вейвлет-картине это проявляется двумя черными полосами, соответствующими периодам этих гармоник.



(а) (б)

Рисунок 2 – Фрагменты картины коэффициентов модуля вейвлет-преобразования функцией Morlet для модельного сигнала

Таким образом, вейвлет-преобразование временного ряда с помощью вейвлета *Morlet* и построения картины коэффициентов модуля вейвлет-преобразования дают возможность оценить его колебательные свойства для различных временных периодов. Относительно данных ветромониторинга локализация данных по времени дает возможность проанализировать изменчивость характеристик ветра по декадам, месяцам, сезонам, полугодиям – на глобальных и локальных временных масштабах.

2.2 Обработка данных и анализ

На основе исходных данных были подготовлены по четыре временных ряда для каждой метеостанции. Каждый временной ряд охватывает два календарных года (2011-12, 2012-13, 2013-

14, 2014-15) и основывается на частоте 8 измерений в сутки.

Для всех рядов выполнено вейвлет-преобразование функцией Morlet в диапазоне периодов от 1 до 51 дня и построены картины коэффициентов модуля. Картины вейвлет-преобразования доработаны таким образом, что двухлетний временной период усекается до 1 года по датам 01 июля – 30 июня, например 01.07.2011 – 30.06.2012. Кроме того, во временную шкалу введены обозначения месяцев. На основе 16 подготовленных картин коэффициентов модуля выполнена компоновка окончательных 8 рисунков для анализа.

2.2.1 Пространственный анализ

Для пространственного анализа сформированы соответствующие компоновки картин вейвлет-преобразования. В компоновках представлены картины от 4-х станций для одного временного периода (рисунки 3-6). Четные пятна на картинах показывают наличие во временном ряде периодичностей определенного (по шкале) масштаба.

Анализ всех четырех компоновок показывает, что периодичности на крупных масштабах, которые соответствуют цикличным проявлениям повышения/снижения ветровой активности, в основном, присутствуют в зимний и весенний периоды. Реже крупномасштабные периодичности имеются в осенний период (в основном поздней осенью). Относительно светлая картина (рисунок 3, два нижних сигнала) говорит о том, что в течение года отсутствуют существенные колебания в скорости ветра на длительных периодах.

Выполним сопоставление картин вейвлет-преобразования от разных станций с точки зрения выявления пространственных закономерностей. Это приводит к следующим выводам.

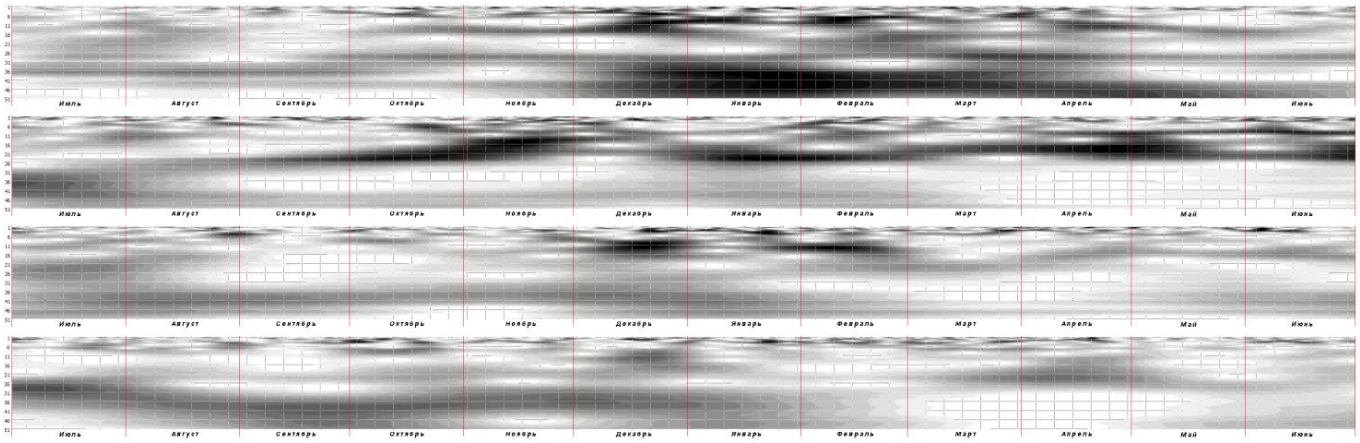


Рисунок 3 – Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов – скоростей ветра по станциям (сверху-вниз) «Ахты», «Дербент», «Кочубей», «Махачкала» за временной период 01.07.2011-30.06.2012

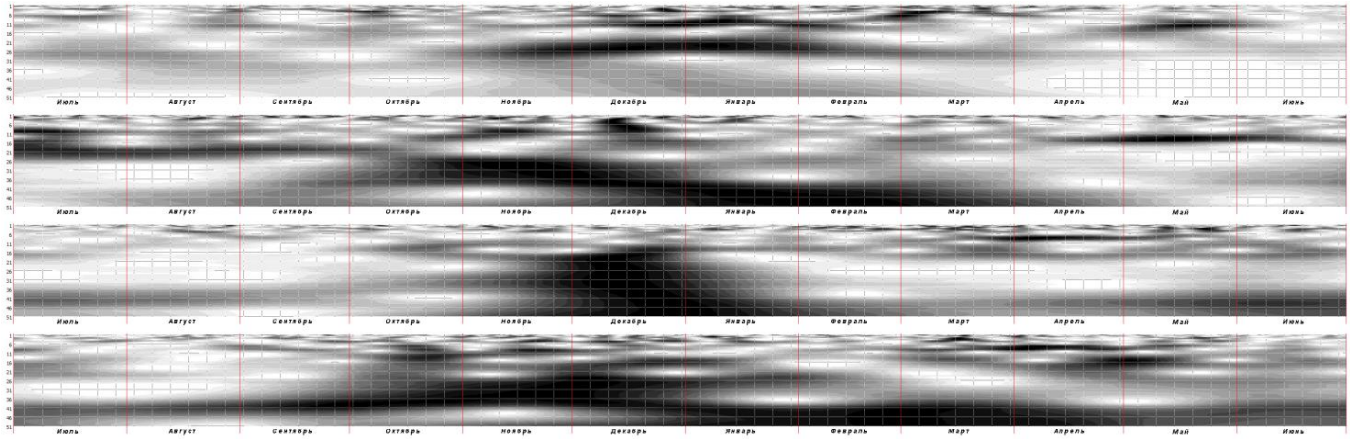


Рисунок 4 – Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов – скоростей ветра по станциям (сверху-вниз) «Ахты», «Дербент», «Кочубей», «Махачкала» за временной период 01.07.2012-30.06.2013

1) Картины, полученные на основе данных станции «Ахты» по всем четырем временным периодам имеют существенные отличия от картин, полученных на основе данных других станций. Это имеет объяснения – горный ландшафт и удаленность от Каспийского моря дают отличающийся ветровой режим.

2) Картины, полученные на основе данных станции «Дербент» имеет смысл сопоставлять с картинами, полученными на основе данных станции «Махачкала». Можно наблюдать, что в двух временных периодах 2012-2013 (рисунок 4) и 2014-2015 (рисунок 6) имеются схожие элементы на картинах вейвлет-преобразования, относящихся к станциям «Дербент» и «Махачкала». Вместе с тем видно, что в большей степени ветровой режим района Дербента отличается от ветрового режима района Махачкалы, несмотря на то, что обе станции находятся на берегу Каспия.

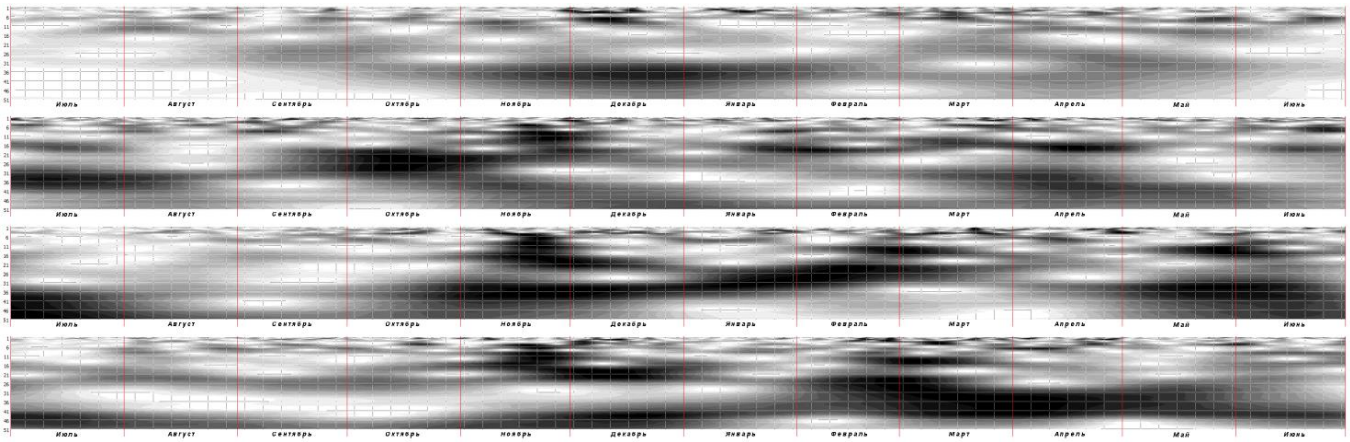


Рисунок 5 – Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов – скоростей ветра по станциям (сверху-вниз) «Ахты», «Дербент», «Кочубей», «Махачкала» за временной период 01.07.2013-30.06.2014

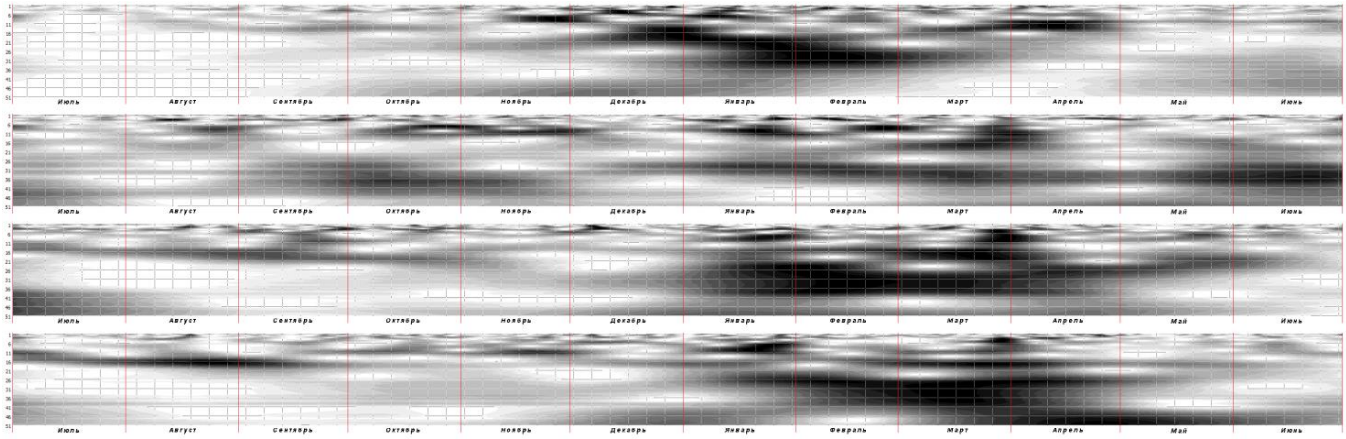


Рисунок 6 – Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов – скоростей ветра по станциям (сверху-вниз) «Ахты», «Дербент», «Кочубей», «Махачкала» за временной период 01.07.2014-30.06.2015

3) При сопоставлении картин вейвлет-преобразования на всех компоновках (рисунки 3-6) видно, что картины, полученные на основе данных станций «Кочубей» и «Махачкала» идентичны, за некоторыми исключениями. Это говорит о том, что частотно-временную изменчивость ветра в Северном Дагестане до предгорий можно считать одинаковой.

2.2.2 Временной анализ

Для данного анализа возьмем полученные картины вейвлет-преобразования на основе данных по каждой станции в различные временные периоды. Это позволяет сделать выводы о том, как меняются периодичности изменения скорости ветра на одной и той же территории от сезона к сезону.

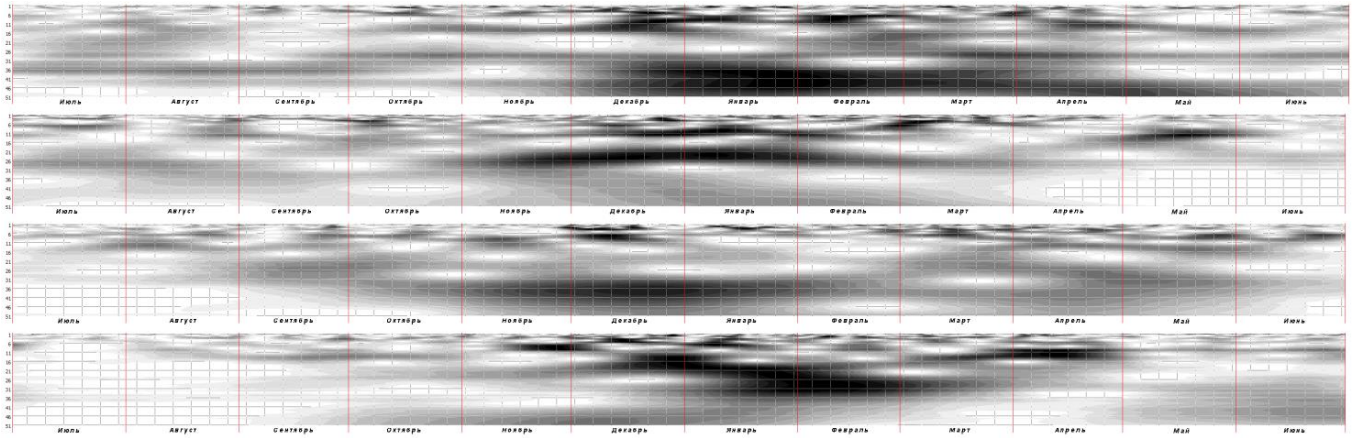


Рисунок 7 – Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов – скоростей ветра по станции «Ахты» для временных периодов (сверху-вниз): 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015

Анализ картин вейвлет-преобразования по данным четырех сезонов станции «Ахты» (рисунок 7) показывает, что в период с июля по ноябрь имеется практическое отсутствие частотных всплесков (темных пятен) по всей масштабной шкале. Присутствие колебаний во временном ряде на средних периодах (20-30 дней) начинаются в ноябре, продолжаются, в основном, всю зиму и заканчиваются в весенний период. Это говорит о том, что на данной территории ярко выражено отсутствие периодичной изменчивости скорости ветра в осенний и летний периоды.

Анализ картин вейвлет-преобразования по данным четырех сезонов станции «Дербент» (рисунок 8) показывает, что в этом регионе изменчивость в скорости ветра на средних и крупных масштабах наблюдается практически в течение всего календарного сезона, а не только в зимний и весенний периоды, как в предыдущем случае. Получается, что побережье Каспия с одной стороны и горный ландшафт – с другой обеспечивают подобную динамику изменчивости ветровой активности.

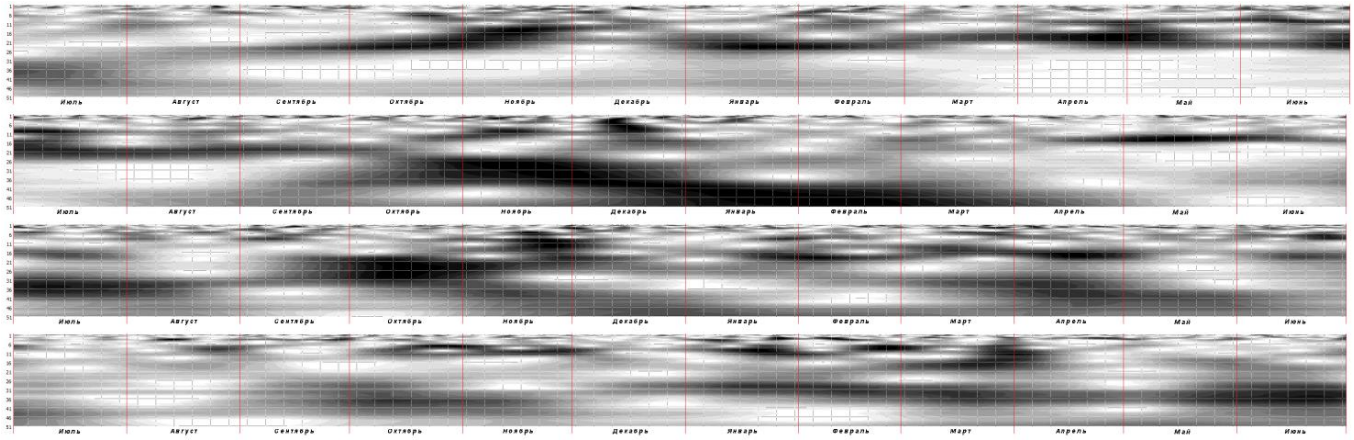


Рисунок 8 – Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов – скоростей ветра по станции «Дербент» для временных периодов (сверху-вниз): 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015

Анализ картин вейвлет-преобразования по данным четырех сезонов станции «Кочубей» (рисунок 9) показывает следующее. В течение сезона может случиться относительное затишье с отсутствием во временном ряде колебаний на средних и крупных масштабах (сезон 2011-12). Но в основном яркое проявление крупномасштабных периодичностей начинается в ноябре (сезоны 2012-2014), либо позднее (сезон 2014-2015) и может продолжаться 2-4 месяца. Также видно, что в сезоне 2013-2014 проявление крупномасштабной периодичности зафиксировано в мае-июне.

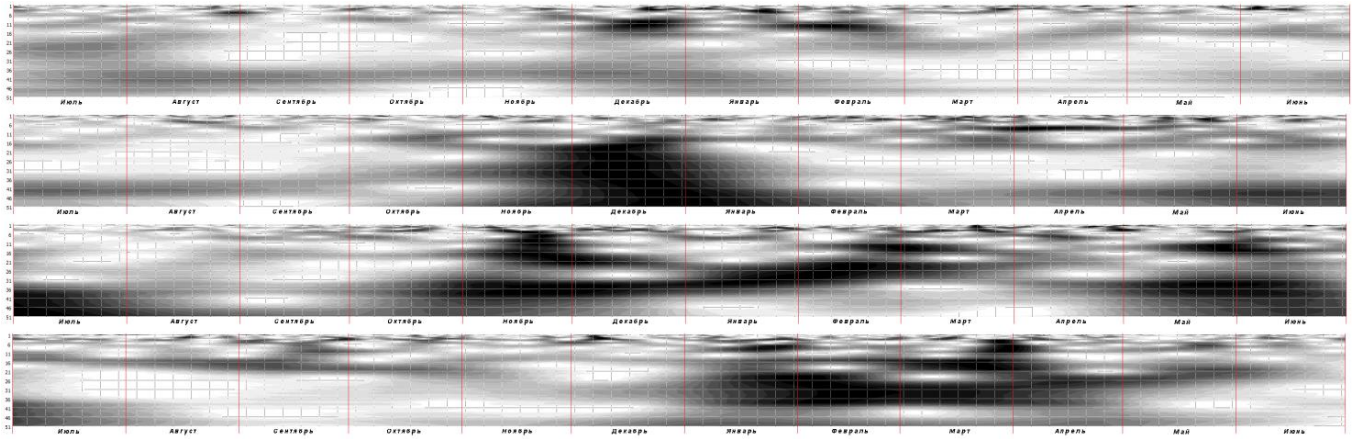


Рисунок 9 – Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов – скоростей ветра по станции «Кочубей» для временных периодов (сверху-вниз): 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015

Анализ картин вейвлет-преобразования по данным четырех сезонов станции «Махачкала» (рисунок 10) показывает то, что на частотную характеристику временного ряда, так же, как и в случае с временным рядом на основе данных станции «Дербент» оказывает влияние Каспийское море. Однако, в отличие от временного ряда станции «Дербент», во временном ряде станции «Махачкала» присутствуют ярко выраженные периодичности на средних и крупных масштабах в осенний, зимний и весенний периоды.

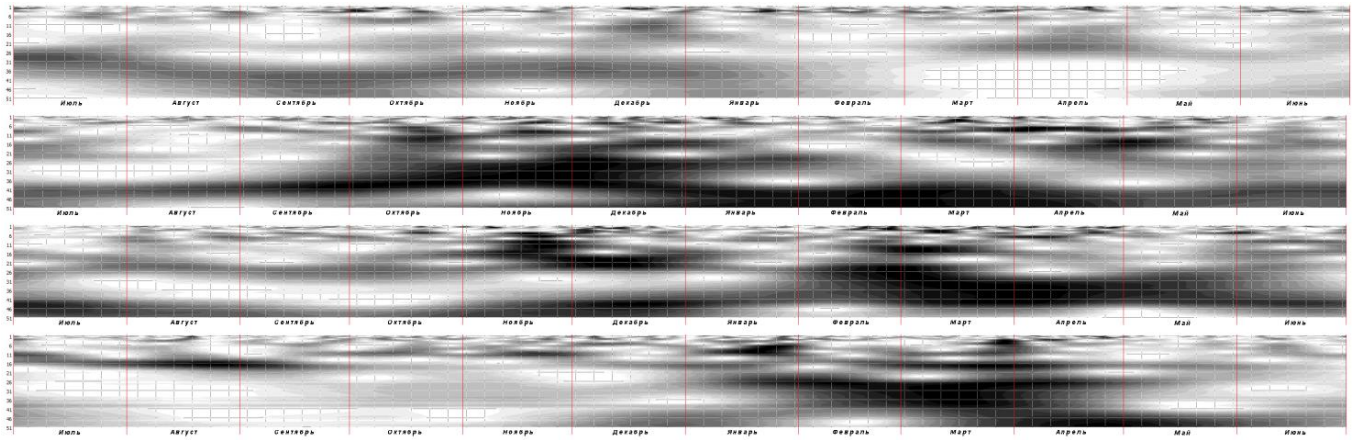


Рисунок 10 – Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов – скоростей ветра по станции «Махачкала» для временных периодов (сверху-вниз): 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015

Заключение

На примере частотно-временного анализа данных от четырех метеостанций Дагестана показано, что существуют как пространственные, так и временные закономерности во временных рядах – скоростях ветра.

Пространственный анализ полученных картин вейвлет-преобразования показал, что периодичности на крупных масштабах, которые соответствуют цикличным проявлениям повышения (или снижения) ветровой активности, в основном, присутствуют в зимний и весенний периоды. Реже крупномасштабные периодичности имеются в осенний период (в основном поздней осенью).

Временной анализ полученных картин вейвлет-преобразования показал следующее: 1) на территории южного горного Дагестана (район населенного пункта Ахты) ярко выражено отсутствие периодичной изменчивости скорости ветра в осенний и летний периоды; 2) на территории южного приморского Дагестана (район населенного пункта Дербент) изменчивость скорости ветра на средних и крупных масштабах наблюдается практически в течение всего календарного сезона; 3) на территории центрального приморского Дагестана (район населенного пункта Махачкала) присутствуют ярко выраженные периодичности на средних и крупных масштабах в осенний, зимний и весенний периоды; 4) на территории северного равнинного Дагестана (район населенного пункта Кочубей) в течение сезона может случиться относительное затишье с отсутствием колебаний на средних и крупных масштабах, но в основном яркое проявление крупномасштабных периодичностей начинается в ноябре, либо позднее и может продолжаться 2-4 месяца, а в одном из сезонов проявление крупномасштабной периодичности наблюдается в мае-июне.

Более детальные изучение временных рядов – скоростей ветра с помощью дополнительных функций программного обеспечения на предмет выявления конкретных значений периодичностей во временном ряде по результатам вейвлет-преобразования по сезонам позволит разработать модели, описывающие ветровой режим региона. С помощью данных моделей можно будет рассчитывать и классифицировать ветроэнергетические ресурсы региона с целью выдачи рекомендаций по их освоению.

Результаты работ апробированы на V Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы», 23-26 октября 2017г., Махачкала. По результатам работ также подана статья в журнал «Информационные технологии».

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, Т.18, №4, 2005, 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, т.22, №5, 2009, 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, 35 (2010), P.1214–1219.
5. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Е.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. Москва: ОИВТ РАН. 2010. 84с.
6. Минин В.А., Дмитриев Г.С., Иванова Е.А., Морошкина Т.Н., Никифорова Г.В. Ресурсы ветровой энергии Мурманской области и возможности их промышленного использования // http://www.kolasc.net.ru/russian/sever06/ sever_9.pdf
7. Кобзаренко Д.Н. К созданию средств автоматизации выборки данных ветромониторинга с сервера "Погода России" // Программная инженерия, №2, 2014. С.27-32.
8. Левкович-Маслюк Л. Дайджест вейвлет-анализа // Компьтерра, №8, 1998, С.31-37.
9. 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.
10. 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.
11. 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. №3, 2000. – С.230-236.