

## References

1. Kaljaev I. A., Gajduk A. R., Kapustjan S. G. *Modeli i algoritmy kollektivnogo upravlenija v gruppah robotov*, (Models and algorithms of collective control in robots groups), Moscow, Fizmatlit, 2009. 280 p. (in Russian).
2. Karpov V. E. Upravlenie v staticheskikh rojakh. Postanovka zadachi (Control in static swarms. Problem statement), *Integrirovannye modeli i mjagkie vychislenija v iskusstvennom intellekte. Sb. nauchnyh trudov VII-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* (Kolomna, 20.05–22.05.2013), In 3 vol. Moscow, Fizmatlit, 2013, vol. 2, pp. 730–739 (in Russian).
3. Madden S., Hellerstein J., Hong W. *TinyDB: In-Network Query Processing in TinyOS: Version 0.4*. 2003. 46 p.
4. TinyOS Documentation Wiki, available at: [http://tinysos.stanford.edu/tinysos-wiki/index.php/TinyOS\\_Documentation\\_Wiki](http://tinysos.stanford.edu/tinysos-wiki/index.php/TinyOS_Documentation_Wiki).
5. Vorob'ev V. V., Parshikova E. A. Primenenie mul'timnozhestv dlja ocenki situacii mobil'nym agentom (Application of multisets for assessment of the situation by the mobile agent), *Informacionnye tehnologii*, 2015, vol. 21, no. 6, pp. 421–426 (in Russian).
6. Singh R., Singh K. A Descriptive Classification of Causes of Data Quality Problems in Data Warehousing, *IJCSI Int. J. Comput. Sci. Issues.*, 2010, vol. 7, no. 2, pp. 41–50.
7. Gorbakov S. A., Belolipcev I. I., Murzina E. A. Uдаление protivorechivyh nabljudenij kak procedura predreguljarizacii nejrosetovoj modeli nalogovogo kontrolja (Removal of inconsistent observations as the procedure of prerequisite neural network model of tax control), *Vestnik UGATU*, 2013, vol. 17, no. 5, pp. 110–114 (in Russian).
8. Rahm E., Do H. Data cleaning: Problems and current approaches, *IEEE Data Eng. Bull.*, 2000, vol. 23, no. 4, pp. 3–13.
9. Vagin V. N., Fomina M. V. Argumentacija v induktivnom formirovanii ponjatij (The argument in the inductive formation of concepts), *Obrazovatel'nye resursy i tehnologii*, 2014, vol. 2, no. 5, pp. 34–39 (in Russian).
10. Guseva M. V., Demidova L. A. Generirovanie reshajushhih pravil klassifikacii investicionnyh proektov na osnove sistem nechetkogo vyvoda i mul'timnozhestv (Decision rules generating for the investment projects classification based on fuzzy inference systems and multisets), *Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii*, 2006, no. 4, pp. 46–53 (in Russian).
11. Ventcel' E. S. *Teorija verojatnostej* (Probability theory): Ucheb. dlja vuzov. 6-e izd. ster., Moscow, Vyssh. shk., 1999. 576 p. (in Russian).
12. Beljaevskij I. K. *Marketingovoe issledovanie: informacija, analiz, prognoz* (Marketing research: information, analysis, forecast). Moscow, Finansy i statistika, 2014, 320 p. (in Russian).
13. Petrovskij A. B. *Prostranstva mnozhestv i mul'timnozhestv* (Spaces of sets and multisets), Moscow, Editorial URSS, 2003. 248 p. (in Russian).
14. Karpov V. E. O nekotoryh osobennostjakh primeneniya nedoopredelennyh modelej v robototekhnike (Some features of the application of subdefinite models in robotics), *Mezhdunarodnaja nauchno-praktičeskaja konferencija "Integrirovannye modeli i mjagkie vychislenija v iskusstvennom intellekte"* (28.05–30.05.2009), sb. nauchnyh trudov, vol. 1, Moscow, Fizmatlit, 2009, pp. 520–532 (in Russian).

УДК 004.94, 620.91

Д. Н. Кобзаренко, д-р техн. наук, зав. лаб., e-mail: kobzarenko\_dm@mail.ru,

А. М. Камилова, вед. специалист, e-mail: anna702@mail.ru,

Н. Ш. Газанова, вед. специалист, e-mail: dyuzya@gmail.com,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем геотермии

Дагестанского научного центра Российской академии наук, г. Махачкала, Россия,

А. М. Дадашев, начальник, e-mail: daggidromet@mail.ru,

Дагестанский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды —

филиал Федерального государственного бюджетного учреждения "Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды", г. Махачкала, Россия

## Применение непрерывного вейвлет-преобразования в изучении временных рядов ветромониторинга на примере Дагестана

Рассмотрены результаты частотно-временного анализа временных рядов — скоростей ветра с помощью информационных технологий и вейвлет-преобразования вейвлетом Morlet.

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 ветромониторинга за один временной период), так и по времени (несколько лет).

Для выполнения анализа получены достоверные данные ветромониторинга, выполняемого в Дагестане метеорологическими станциями. Данные охватывают временной период 2011–2015 гг. и получены с метеостанций: "Ахты", "Дербент", "Махачкала" и "Кочубей". На основе исходных данных подготовлены по четыре временных ряда для каждой метеостанции. Каждый временной ряд охватывает два календарных года (2011–2012, 2012–2013, 2013–2014, 2014–2015). Данные представлены частотой 8 измерений в сутки.

**Ключевые слова:** скорость ветра, ветроэнергетика, вейвлет-преобразование, частотно-временной анализ

## Введение

Исследования по применению вейвлет-преобразования для анализа данных метеорологи-

ческих временных рядов известны как в России [1, 2], так и за рубежом [3]. Причем в работах [1, 2] приведены идеи о применении вейвлет-преобразования для восстановления промежуточных

значений сигнала и прогнозирования с помощью вейвлет-преобразования.

Первый этап анализа состоит в изучении визуальной информации картин вейвлет-преобразования, которые могут дать определенное представление о динамике частотных характеристик ряда во времени. Этому посвящена текущая работа. Далее предполагается изучить значения вейвлет-коэффициентов в целях выявления основных гармоник, составляющих временной ряд в разные временные периоды. Данные результаты позволят разработать модели годового хода ветра для различных районов и выполнить оценку ресурсного потенциала на ближайшие годы.

Данная работа начата в 2014 г. и за это время проведены исследования вейвлет-преобразования функциями *Mexican hat* [4] и *Morlet* [5] для временных рядов скоростей ветра, полученных на основе метеонаблюдений станций "Ахты", "Дербент", "Кочубей" и "Махачкала" в 2010–2011 гг. Так как информация бралась из открытых источников сервера "Погода России" и содержала некоторые пропуски в измерениях, была проблема гарантии

ее достоверности. К этому стоит добавить, что временной период в два календарных года недостаточный, чтобы делать обобщения и выводы о каких-либо временных закономерностях.

Благодаря научному сотрудничеству с Дагестанским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды нами получены достоверные данные ветромониторинга в Дагестане за период 2011–2015 гг. со станций "Ахты", "Дербент", "Махачкала" и "Кочубей". Географически наблюдения данных станций охватывают северный равнинный Дагестан (ст. "Кочубей"), приморский центральный Дагестан (ст. "Махачкала"), приморский южный Дагестан (ст. "Дербент") и южный горный Дагестан (ст. "Ахты"). Таким образом, имеются достаточные для полноценных исследований период наблюдения и пространственный территориальный охват (рис. 1).

Для предварительной обработки исходных данных было использовано программное обеспечение, разработанное ранее, — система управления базой данных ветромониторинга [6]. Для выполнения вейвлет-преобразования и визуализации его результатов использовано программное обеспечение (с некоторыми доработками), написанное еще в 1999 г. [7], так как оно является для нас более удобным вариантом по сравнению с тем же MathCAD.



Рис. 1. Географическое расположение метеостанций:

1 — "Ахты", 2 — "Дербент", 3 — "Кочубей", 4 — "Махачкала"

## 1. О непрерывном вейвлет-преобразовании функцией *Morlet*

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

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

где  $W(x, a)$  — коэффициенты вейвлет-преобразования;  $f(t)$  — исследуемая функция;  $t$  — время;  $\psi$  — вейвлет;  $a$  — значение 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  $W(x, a)$  представим в виде вейвлет-картины коэффициентов, где каждую точку можно показывать в определенном цвете, в зависимости

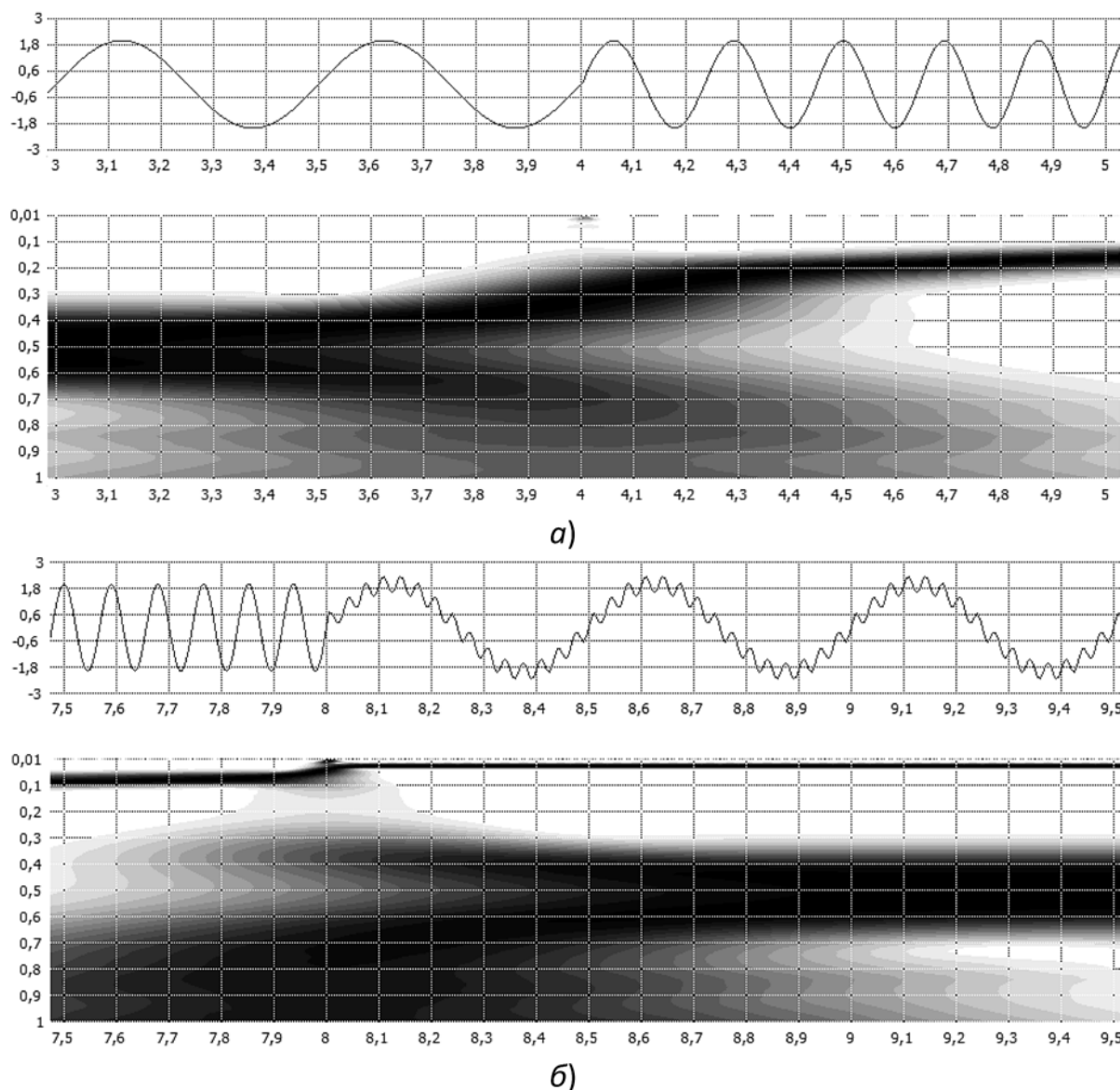


Рис. 2. Фрагменты картины коэффициентов модуля вейвлет-преобразования функцией *Morlet* для модельного сигнала

от значения  $W(x, a)$ . 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 рис. 2. Для фрагмента сигнала с постоянным периодом 0,5 с (рис. 2, а) на карте 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-кар-

тине — черная полоса также плавно устремляется к нулевому значению. Начиная с временного отсчета 8, модельный сигнал состоит из суммы двух гармоник (рис. 2, б) с постоянными периодами. На вейвлет-картине это проявляется двумя черными полосами, соответствующими периодам этих гармоник.

Таким образом, вейвлет-преобразование временного ряда с помощью вейвлета *Morlet* и картина коэффициентов модуля вейвлет-преобразования дают возможность оценить его частотные свойства для различных временных периодов. Относительно данных ветромониторинга локализация данных по времени дает возможность проанализировать изменчивость характеристик ветра по декадам, месяцам, сезонам, полугодиям — на временных масштабах порядка 1—50 дней.

## 2. Обработка информации и анализ

На основе исходных данных были подготовлены по четыре временных ряда для каждой метеостанции. Каждый временной ряд охватывает два календарных года (2011—2012, 2012—2013, 2013—2014, 2014—2015) и основывается на частоте восемь 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 восьми рисунков для анализа.

**Пространственный анализ.** Для пространственного анализа сформированы соответствующие компоновки картин вейвлет-преобразования. В компоновках представлены картины от

четырёх станций для одного временного периода (рис. 3—6). Черные 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 циклическим 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 (рис. 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.

1. Картины, полученные на основе данных станции "Ахты", по всем четырем временным периодам имеют существенные отличия от картин, полученных на основе данных других станций.

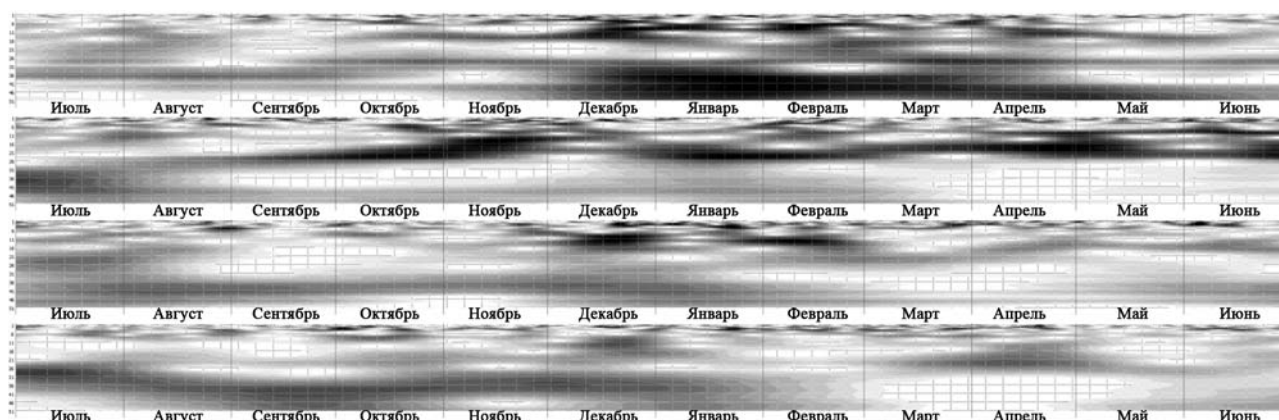


Рис. 3. Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов — скоростей ветра по станциям (сверху вниз) "Ахты", "Дербент", "Кочубей", "Махачкала" за временной период 01.07.2011—30.06.2012

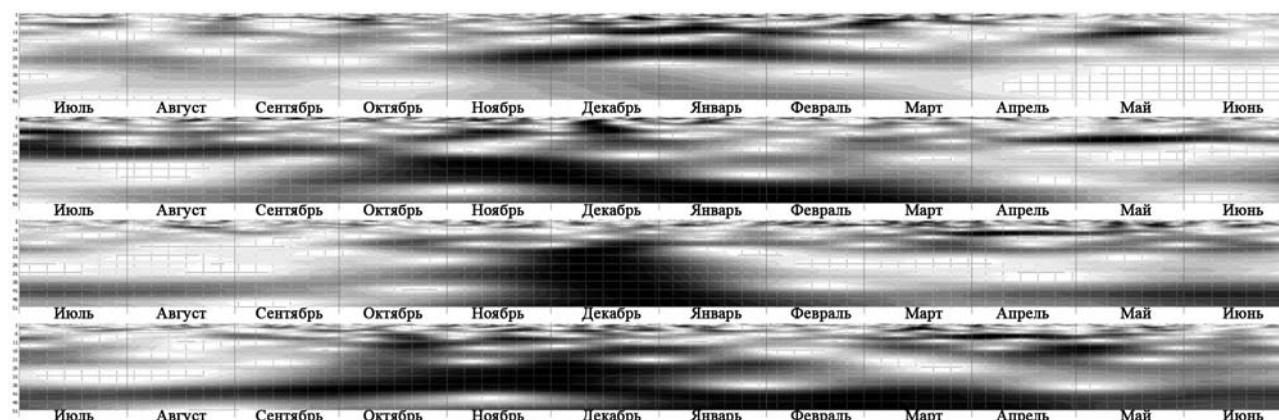


Рис. 4. Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов — скоростей ветра по станциям (сверху вниз) "Ахты", "Дербент", "Кочубей", "Махачкала" за временной период 01.07.2012—30.06.2013

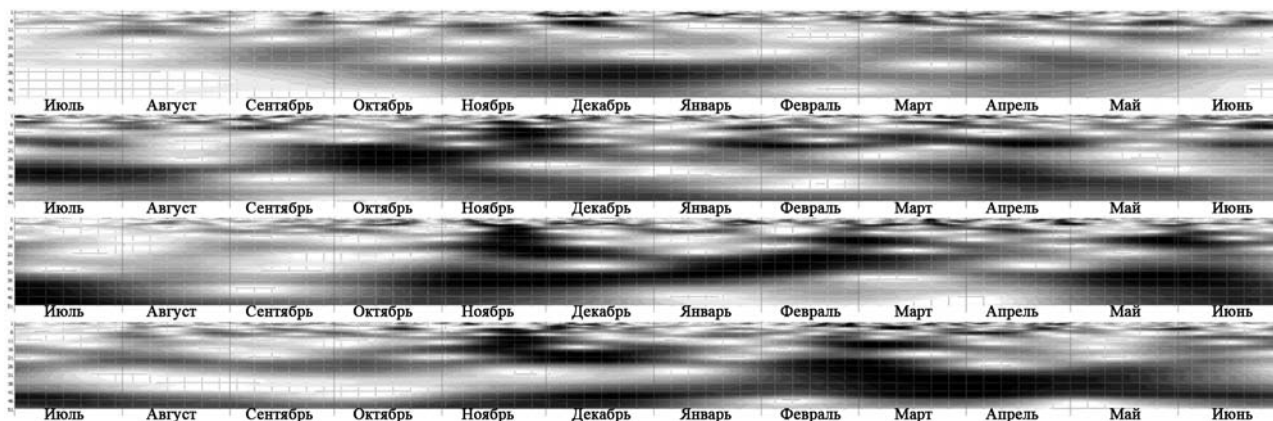


Рис. 5. Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов — скоростей ветра по станциям (сверху вниз) "Ахты", "Дербент", "Кочубей", "Махачкала" за временной период 01.07.2013—30.06.2014

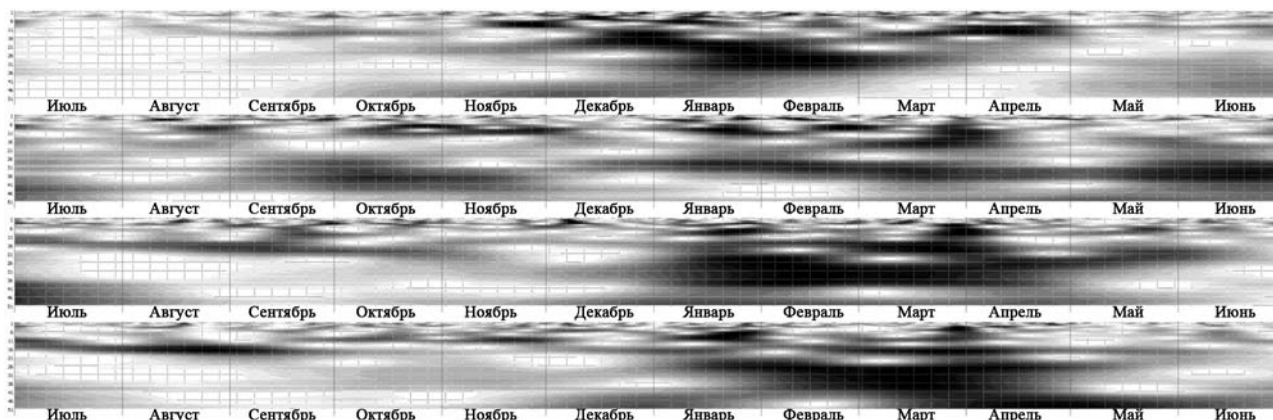


Рис. 6. Компоновка картин вейвлет-преобразования временных рядов — скоростей ветра по станциям (сверху вниз) "Ахты", "Дербент", "Кочубей", "Махачкала" за временной период 01.07.2014—30.06.2015

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 (см. рис. 4) и 2014—2015 (см. рис. 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 Каспийского моря.

3. При сопоставлении картин вейвлет-преобразования на всех компоновках (см. рис. 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.

**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.

Анализ картин вейвлет-преобразования по данным четырех сезонов станции "Ахты" (рис. 7) показывает, что в период с июля по ноябрь практически отсутствуют частотные всплески (темные пятна) по всей масштабной шкале. Колебания во временном ряду на средних периодах (20—30 дней) начинаются в ноябре, продолжают 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" (рис. 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 стороны, обеспечивают подобную динамику изменчивости ветровой активности.

Анализ картин вейвлет-преобразования по данным четырех сезонов станции "Кочубей"

(рис. 9) показывает следующее. В течение сезона может случиться относительное затишье с отсутствием во временном ряде колебаний на средних и крупных масштабах (сезон 2011—2012). 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

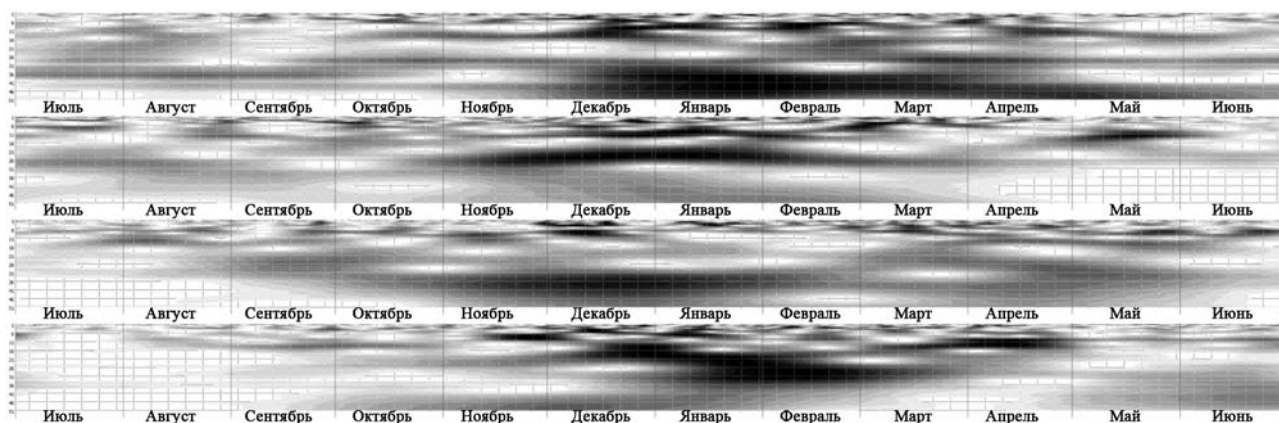


Рис. 7. Компонировка картин вейвлет-преобразования временных рядов — скоростей ветра по станции "Ахты" для временных периодов (сверху вниз): 2011—2012, 2012—2013, 2013—2014, 2014—2015

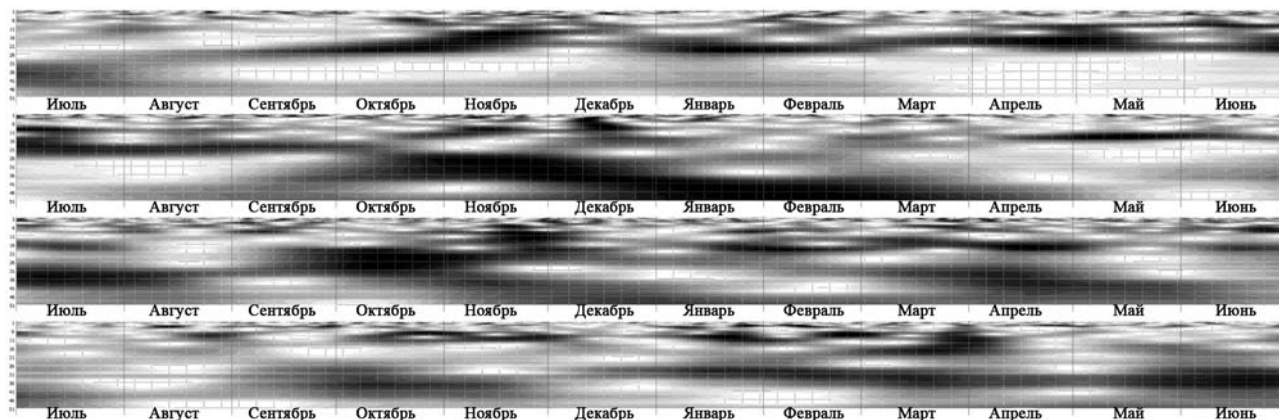


Рис. 8. Компонировка картин вейвлет-преобразования временных рядов — скоростей ветра по станции "Дербент" для временных периодов (сверху вниз): 2011—2012, 2012—2013, 2013—2014, 2014—2015

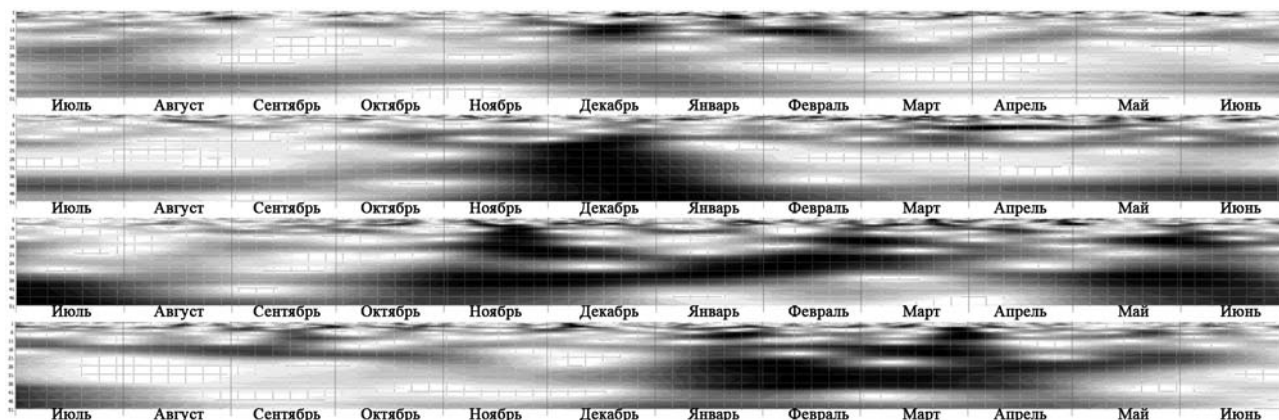


Рис. 9. Компонировка картин вейвлет-преобразования временных рядов — скоростей ветра по станции "Кочубей" для временных периодов (сверху вниз): 2011—2012, 2012—2013, 2013—2014, 2014—2015



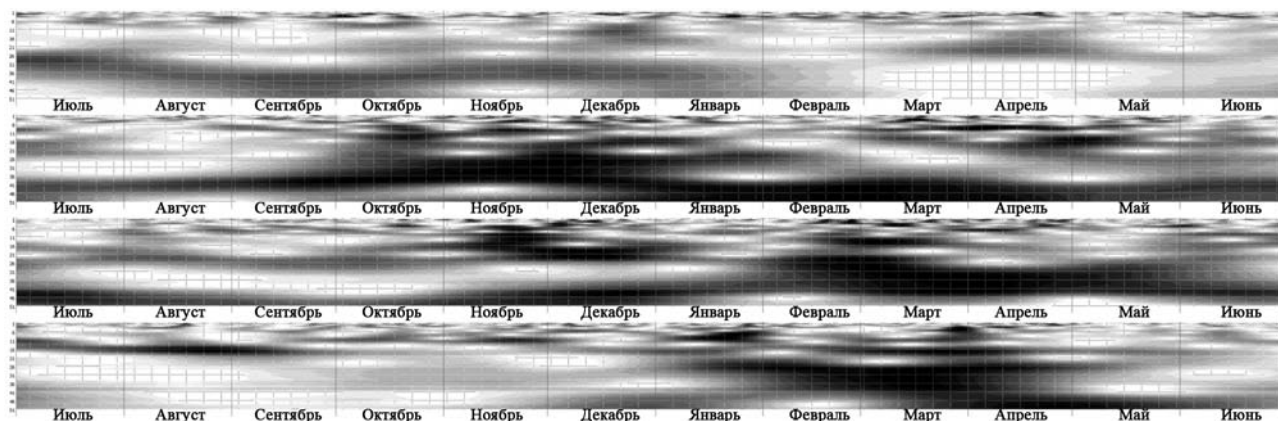


Рис. 10. Компонировка картин вейвлет-преобразования временных рядов — скоростей ветра по станции "Махачкала" для временных периодов (сверху вниз): 2011—2012, 2012—2013, 2013—2014, 2014—2015

ние крупномасштабной периодичности зафиксировано в мае — июне.

Анализ картин вейвлет-преобразования по данным четырех сезонов станции "Махачкала" (рис. 10) показывает, 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.

### Заключение

Частотный анализ временных рядов — скоростей ветра на основе вейвлет-преобразования с помощью вейвлета *Morlet* и представление результатов в виде картин модуля, в которых цветовыми оттенками показано значение вейвлет-функции на определенных масштабах, позволяет сделать предварительные выводы о пространственных и временных закономерностях динамики скорости ветра. На примере частотно-временного анализа данных от четырех метеостанций Дагестана показано, что существуют как пространственные, так и временные закономерности во временных рядах — скоростях ветра.

Более детальное изучение временных рядов — скоростей ветра с помощью дополнительных функций программного обеспечения на предмет выявления конкретных значений периодичности во временном ряду 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 в целях выдачи рекомендаций по их освоению.

### Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. Chellali F., Khellaf A., Belouchrani A. Wavelet spectral analysis of the temperature and wind speed data at Adrar, Algeria // Renewable Energy. 2010, Vol. 35. P. 1214—1219.
4. Кобзаренко Д. Н., Камилова А. М., Газанова Н. Ш. К возможностям применения вейвлет-функции Mexican Hat в частотно-временном анализе временных рядов — скоростей ветра // Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы. Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. Материалы III Международной конференции. 6—8 октября 2014 г. / Под ред. д. т. н. А. Б. Алхасова. Махачкала: АЛЕФ, 2014. С. 288—294.
5. 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 // Материалы IV Международной конференции "Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы" и VIII Школы молодых ученых "Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов" имени Э. Э. Шпильрайна. Том 2. 21—24 сентября 2015 г. / Под ред. д. т. н. А. Б. Алхасова — Махачкала: АЛЕФ, 2015. С. 274—280.
6. Кобзаренко Д. Н. К созданию средств автоматизации выборки данных ветромониторинга с сервера "Погода России" // Программная инженерия. 2014. № 2. С. 27—32.
7. 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.

**D. N. Kobzarenko**, D.Sc., Head of laboratory, kobzarenko\_dm@mail.ru,  
**A. M. Kamilova**, Leading Specialist, anna702@mail.ru, **N. Sh. Gazanova**, Leading Specialist, anna702@mail.ru,  
Federal State Budgetary Institution of Science "Institute for Geothermal Research of Dagestan Scientific  
Center of Russian Academy of Sciences", Makhachkala, Russia,  
**A. M. Dadashev**, Chief, daggidromet@mail.ru,  
Dagestan Center of Environment Hydrometeorology and Monitoring —  
Branch of Federal State Budgetary Institution "Northern-Caucasus Control  
for Environment Hydrometeorology and Monitoring", Makhachkala, Russia

## Application of Continuous Wavelet-Transformation in the Study of Time Series of Wind Monitoring on the Example of Dagestan

*The paper considers the results of time-frequency analysis of time series — wind speeds with the help of information technologies and wavelet transform by the Morlet wavelet.*

*The idea of spatial and temporal analysis of wind monitoring data is to show the presence or absence of patterns in time series — wind speeds and wind directions. At the same time, the analysis is performed both in space (comparing wind monitoring data for one time period) and in time (several years).*

*To perform the analysis, reliable data of wind monitoring, carried out in Dagestan by meteorological stations, were obtained. The data cover the time period of 2011–2015 and received from meteorological stations: "Akhty", "Derbent", "Makhachkala" and "Kochubei". Based on the initial data, four time series for each meteorological station have been prepared. Each time series covers two calendar years (2011–2012, 2012–2013, 2013–2014, 2014–2015). Data are represented by a frequency of 8 measurements per day.*

*Spatial analysis of the obtained wavelet transform patterns showed that the periods on a large scale that correspond to cyclical manifestations of increasing (or decreasing) wind activity is mainly present in the winter and spring times. More rarely, large-scale periods exist in the autumn time (mainly in late autumn).*

*The time analysis of the obtained wavelet transforms showed the following: 1) in the southern mountainous Dagestan area (the area of the settlement Akhty), the absence of periodic variability of wind speed in the autumn and summer times is strongly pronounced; 2) on the territory of southern coastal Dagestan (the district of the settlement Derbent) variability of wind speed on medium and large scale is observed practically during the whole calendar season; 3) on the territory of the central seaside Dagestan (the district of the settlement of Makhachkala) there are pronounced periodicity on medium and large scale in the autumn, winter and spring times; 4) in the territory of the northern plain Dagestan (the district of the settlement Kochubey) during the season there can be a relative calm with no fluctuations on medium and large scale, but the brightest manifestation of large-scale periodicity begins in November or later and can last 2–4 months, and in one of the seasons the manifestation of large-scale period is observed in May–June.*

**Keywords:** wind speed, wind energy, wavelet transform, frequency-time analysis

### References

1. Zolotov S. Yu., Ippolitov I. I., Kabanov M. V., Loginov S. V. Prognozirovanie klimaticheskikh harakteristik s pomoshch'yu metoda vejvlet-preobrazovaniya (Prediction of climatic characteristics using the wavelet transform method), *Optika atmosfery i okeana*, 2005, vol. 18, no. 4, pp. 349–351 (in Russian).
2. Zolotov S. Yu., Ippolitov I. I., Loginov S. V. Prognoznnye ocenki izmeneniya temperatury prizemnogo vozduha s ispol'zovaniem metoda vejvlet-preobrazovaniya (Forecast estimates of the change in surface air temperature using the wavelet transform method), *Optika atmosfery i okeana*, 2009, no. 5, vol. 22, pp. 471–475 (in Russian).
3. Chellali F., Khellaf A., Belouchrani A. Wavelet spectral analysis of the temperature and wind speed data at Adrar, Algeria, *Renewable Energy*, 2010, vol. 35, pp. 1214–1219.
4. Kobzarenko D. N., Kamilova A. M., Gazanova N. Sh. K vozmozhnostyam primeneniya vejvlet-funkcii "Mexican Hat" v chastotno-vremennom analize vremennykh ryadov — skorostej vetra (To the possibilities of using the wavelet function "Mexican Hat" in the time-frequency analysis of time series — wind speeds), *Vozobnovlyаемая энергетика: problemy i perspektivy. Aktual'nye problemy osvoeniya vozobnovlyаемых energoresursov — Materialy III Mezhdunarodnoj konferencii. 6–8 oktyabrya 2014 g.* Ed A. B. Alhasov, Makhachkala: ALEF, 2014, pp. 288–294 (in Russian).
5. Kobzarenko D. N., Kamilova A. M., Gazanova N. Sh. Izuchenie vejvlet-preobrazovaniya funkciej "Morlet" vremennykh ryadov — skorostej vetra dlya resheniya zadachi prostranstvenno-vremennogo modelirovaniya raspredeleniya vetroehnergeticheskikh resursov (The study of the wavelet transform by the function "Morlet" of time series — wind speeds for solving the problem of spatio-temporal simulation of the distribution of wind energy resources), *Materialy IV Mezhdunarodnoj konferencii Vozobnovlyаемая энергетика: problemy i perspektivy i VIII Shkoly molodykh uchennykh Aktual'nye problemy osvoeniya vozobnovlyаемых energoresursov imeni E. E. Shpil'rajna*. 21–24 sentyabrya 2015 g. Ed. A. B. Alhasov, Makhachkala: ALEF, 2015, vol. 2, pp. 274–280 (in Russian).
6. Kobzarenko D. N. K sozdaniyu sredstv avtomatizacii vyborki dannykh vetromonitoringa s servera "Pogoda Rossii" (To the creation of automation tools for sampling wind data from the server "Weather of Russia"), *Programmnyaya inzheneriya*, 2014, no. 2, pp. 27–32 (in Russian).
7. Gadzhiev A. A., Gadzhiev R. A., Kobzarenko D. N. Vejvlet-analiz kolebanij urovnya Kaspijskogo morya i vliyaniya na sejsmicheskij rezhim Dagestanskogo klina (Wavelet analysis of fluctuations in the level of the Caspian Sea and influence on the seismic regime of the Dagestan wedge), *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2000, no. 3, pp. 230–236 (in Russian).