

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Одеський державний екологічний університет

**МЕТЕОРОЛОГІЯ, КЛІМАТОЛОГІЯ
ТА ГІДРОЛОГІЯ**

МІЖВІДОМЧИЙ НАУКОВИЙ ЗБІРНИК УКРАЇНИ

Заснований у 1965 р.

В И П У С К 49

Київ
КНТ
2005

В. Н. ХОХЛОВ, канд. геогр. наук,

А. В. РОМАНОВА, асп.

Одесский государственный экологический университет

ПОВТОРЯЕМОСТЬ БЛОКИРУЮЩИХ СИТУАЦИЙ НАД ЕВРОПОЙ В НАЧАЛЕ 21-го ВЕКА

В качестве объективного идентификатора процесса блокирования используется индекс, рассчитываемый по разнице геопотенциальных высот. На его основе получено пространственно-временное распределение блокирующих ситуаций с декабря 2000 по октябрь 2004 года. При помощи непрерывного вейвлет-преобразования получены периодичности индекса блокирования на различных временных масштабах и показаны возможные фрактальные свойства для временного ряда этого индекса

Постановка проблемы и анализ последних исследований. Процесс блокирования обуславливает экстремальную погодную ситуацию над европейским континентом. Зимой, когда это явление выражено наиболее ярко, оно часто связано с сухой и холодной погодой над большей частью Европы. Так как один блокирующий антициклон может существовать несколько недель, то несколько таких барических образований могут определять характер погодных условий на протяжении всей зимы.

В настоящее время не существует общепринятого определения процесса блокирования, что связано, прежде всего, с различными точками зрения разных авторов. Наверное первое и самое известное определение Рекса [1] основывается на субъективной критерии, предполагая минимальную длительность процесса блокирования в 10 дней, выявленную на картах АТ-500 гПа. Основываясь на этом понятии, Доул [2] показал, что блокирующие ситуации могут быть связаны с большими аномалиями геопотенциала на АТ-500 гПа. Однако, Лиу [3], сравнивая критерии блокирования Рекса и Доула, указал на то, что такое простое определение не является адекватным.

Остин [4] показал, что типичный блокирующий процесс связан с областью высокого давления на 60° с.ш. и низкого – на 40° с.ш. Используя эту зависимость, Лейенас и Окленд [5] применили разницу геопотенциальных высот между 40 и 60° с.ш. для создания долготного индекса блокирования. При этом, долгота λ рассматривалась как блокирующая, если индекс $I(\lambda)$ был меньше нуля независимо от продолжительности процесса блокирования. Исследуя возможность отображать начало и продолжительность ситуаций блокирования численными моделями, Тибальди и Монтени [6] слегка изменили формулировку для индекса блокирования. Отметим, что большая часть численных моделей переоценивает, как правило, и частоту появления блокирующих ситуаций, и их продолжительность.

Использование индексов блокирования позволило получить ряд интересных результатов, относящихся к временной изменчивости блокирующих ситуаций. Например, Штейн [7] обнаружил, что влияние температуры поверхности океана и распределение морского льда в Северной Атлантике на формирование блокирующих антициклонов является незначительным, тогда как существует значимая отрицательная корреляционная зависимость между индексами Североатлантического колебания и блокирования. С другой стороны, в настоящее время существует мало сведений о периодичности блокирующих ситуаций на внутригодовом временном масштабе над Европой. Поэтому, **целью настоящего исследования** является анализ пространственно-временного распределения индекса блокирования.

Данные и методика исследования. В настоящей работе используются ежедневные данные объективного анализа NCEP/NCAR с декабря 2000 по октябрь 2004 года (общее количество суток – 1431). Поле геопотенциальных высот имеет разрешение $2,5^\circ$ по широте и долготе. Интервал между отдельными сроками составляет 6 часов, т.е. общее количество индексов блокирования для одной долготы равняется 5724.

Индекс блокирования рассчитывался по методике, предложенной Тибальди и Монтени [6]. Они ввели разницы геопотенциальных высот по широте:

$$GHGS = [Z(\varphi_0) - Z(\varphi_S)] / (\varphi_0 - \varphi_S), \quad (1)$$

$$GHGN = [Z(\varphi_N) - Z(\varphi_0)] / (\varphi_N - \varphi_0), \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} \varphi_N &= 80^\circ \text{ с.ш.} + \Delta, \\ \varphi_0 &= 60^\circ \text{ с.ш.} + \Delta, \\ \varphi_S &= 40^\circ \text{ с.ш.} + \Delta, \end{aligned} \quad (3)$$

с $\Delta = -5^\circ, 0^\circ, 5^\circ$.

Долгота λ считается блокирующей в один срок, если, по крайней мере, для одной Δ выполняются оба критерия:

$$GHGS > 0, \quad GHGN < 10 \text{ м}^\circ/\text{долготы}. \quad (4)$$

Второй критерий вводится для того, чтобы исключить ситуации, при которых наблюдается смещение зоны струйного течения далеко на юг и которые, на самом деле, не описывают блокирующий процесс.

Обнаружить периодичности во временной изменчивости индекса блокирования можно при помощи непрерывного вейвлет-преобразования, которое позволяет определить вейвлет-коэффициенты $C_{a,b}$ сигнала $s(t)$ на

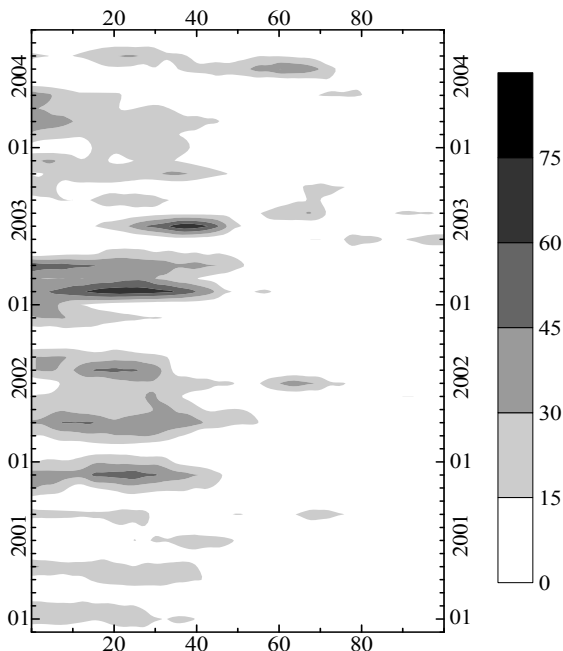
масштабе a и в точке b с помощью следующей формулы

$$C_{a,b} = \int_R s(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \overline{\Psi \frac{t-a}{b}} dt, \quad (5)$$

где Ψ – материнский вейвлет, в качестве которого здесь используется вейвлет Добеши 15-го порядка [8].

Отметим, что в настоящее время вейвлет-анализ широко используется при исследовании различных геофизических сигналов (см., например, [9-11]).

Основные результаты исследования. Рассмотрим, сначала, повторяемость блокирующих ситуаций над Европой, которая представлена на рис. 1.



Ось X – восточная долгота, ось Y – месяцы
 Рис. 1. Повторяемость блокирующих ситуаций (%) в месяце

Как видно, наибольшая повторяемость, достигающая в некоторые месяцы 75% (февраль и июль 2003 г.), наблюдалась до 40° в.д. (восток Украины). При этом положительные индексы блокирования отмечались как в

зимние, та и в летние месяцы. Восточнее указанной долготы блокирующие ситуации наблюдались намного реже и, как правило, в теплый период года на 60-70° в.д. (Уральские горы). Отметим, что аналогичный режим регистрировался на протяжении всего прошлого века [7].

То, что максимум повторяемости отмечается на востоке Украины, свидетельствует о влиянии Сибирского антициклона, в частности, смещением его отрогов на запад; последнее и приводит к блокирующей ситуации. Смещение ж блокирующих долгот на восток в теплое полугодие может быть объяснено незначительной активностью этого центра действия атмосферы в летние месяцы.

Хотя над Западной Европой и отмечается наибольшее количество блокирующих процессов, однако в среднем за рассматриваемый период наибольшая повторяемость не превышала 20% (долготы 20 и 25° в.д.). Если проанализировать временные изменения индекса блокирования на 20° в.д. (рис. 2), то можно увидеть, что продолжительные периоды с положительными индексами блокирования наблюдаются достаточно редко.

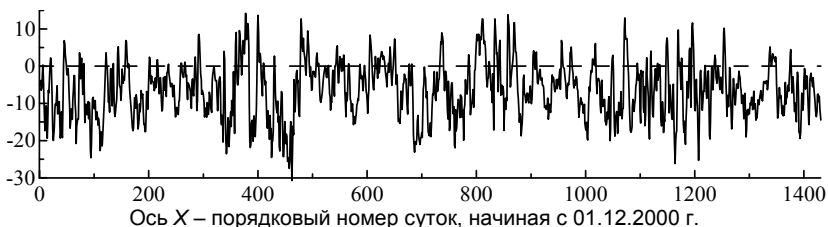
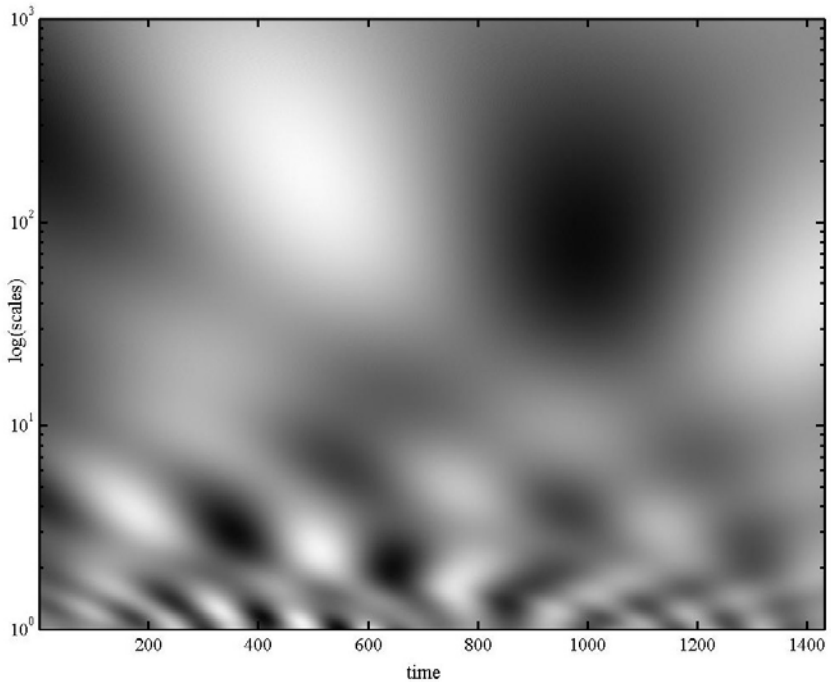


Рис. 2. Изменения среднесуточного индекса блокирования с декабря 2000 по октябрь 2004 года на 20° в.д.

Таким образом, использованный в данной работе индекс достаточно хорошо отображает пространственно-временное распределение блокирующих ситуаций.

Проанализируем, теперь, изменчивость индекса блокирования на 20° в.д., используя коэффициенты непрерывного вейвлет-преобразования. На рис. 3 максимумы коэффициентов отображаются белым цветом, а минимумы – черным. Логарифмическая шкала по оси Y помогает идентифицировать периодичность изменений на маленьких масштабах. Особенно, представлением коэффициентов разложения в виде графика, представленного на рис. 3, является то, что появляется возможность выявить эффект взаимодействия между колебаниями разных масштабов.

На больших масштабах хорошо прослеживаются по одному максимуму и минимуму коэффициентов разложения, причем наибольшие значения соответствуют продолжительной ситуации блокирования, наблюдавшейся в декабре 2001 г. (см. рис. 2 и 3).



Ось X – порядковый номер суток, начиная с 01.12.2000 г,
 ось Y – логарифм масштаба
 Рис. 3. Коэффициенты непрерывного вейвлет-преобразования индекса
 блокирования на 20° в.д.

На меньших масштабах колебания индекса блокирования имеют большую частоту.

Также интересным является то, что максимумы и минимумы чередуют друг друга не параллельно оси времени, а под некоторым углом к ней. Такой режим может свидетельствовать о том, что колебания одного масштаба могут быть причиной колебаний другого (как большего, так и меньшего) масштаба.

В целом же, изображение на рис. 3 показывает определенную фрактальную структуру исследуемого сигнала, хотя оно и несколько отличается от получаемого для настоящих фракталов, например, кривой Коха. Интуиция подсказывает, что вейвлет-разложение состоит из вычислений «показателей сходства» между изучаемым сигналом и вейвлетом. Если такие показатели велики, то велико и сходство, и наоборот. Эти показатели являются коэффициентами вейвлета. Если изучаемый сигнал подобен само-

му себе на различных масштабах, то показатели сходства или коэффициенты вейвлета также будут схожими на различных масштабах. На рис. 3, у которого по оси Y отложен масштаб, как раз и присутствуют признаки такого «самоподобия». Когда же характеристики фрактала эволюционируют со временем и становятся локальными, то такой сигнал называется мультифракталом. Отметим, что во многих исследованиях показано (см., например, [12]), что вейвлет-разложение хорошо приспособлено для исследования фрактальных свойств сигналов и изображений. С другой стороны, также известно, что временные ряды многих геофизических характеристик являются фрактальными [13, 14].

Выводы. В настоящей работе показано, что индекс блокирования является хорошим объективным показателем блокирующих процессов, к тому же его расчет по данным объективного анализа сравнительно прост. Также на основе результатов непрерывного вейвлет-разложения получены некоторые периодичности этого индекса и исследована возможная фрактальная структура его временного ряда.

Л и т е р а т у р а

1. *Rex D.F.* Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate: part I // *Tellus*. – 1950. – Vol. 2. – P.275-301.
2. *Dole R.M.* The life cycles of persistent anomalies and blocking over North Pacific // *Anomalous atmospheric flows and blocking* / R. Benzi, B. Saltzman, A.C. Wiin-Nielsen (Eds.). – NY: Academic Press, 1986. – P. 31-70.
3. *Liu Q.* On the definition and persistence of blocking // *Tellus*. – 1994. – Vol. 46A. – P. 286-298.
4. *Austin J.F.* The blocking of middle latitude westerly winds by planetary scale waves // *Q. J. R. Meteorol. Soc.* – 1980. – Vol. 106. – P. 327-350.
5. *Lejenäs H., Økland H.* Characteristics of northern hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data // *Tellus*. – 1983. – Vol. 35A. – P. 350-362.
6. *Tibaldi S., Monteni F.* On the operational predictability of blocking // *Tellus*. – 1990. – Vol. 42A. – P. 343-365.
7. *Stein O.* The variability of Atlantic-European blocking as derived from long SLP time series // *Tellus*. – 2000. – Vol. 52A. – P. 225-236.
8. *Добешии И.* Десять лекций по вейвлетам: Пер. с англ. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
9. *Глушков А.В., Хохлов В.Н.* Вейвлет-анализ влияния изменений параметров орбиты Земли на наблюдаемые изменения климата // *Метеорология, климатология та гідрологія*. – 2004. – Вип. 48. – С. 50-54.
10. *Khokhlov V.N., Glushkov A.V., Tsenenko I.A.* Atmospheric teleconnection patterns and eddy kinetic energy content: wavelet-analysis // *Nonlin. Proc. Geophys.* – 2004. – Vol. 11. – P. 295-301.

11. *Webster P.J., Hoyos C.* Prediction of monsoon rainfall and river discharge on 15-30-day time scale // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* – 2004. – Vol. 85. – P. 1-21.

12. *Kantelhardt J.W., Zschiegner S.A., Koscielny-Bunde E., Havlin S., Bunde A. and Stanley H.E.* Multifractal detrended fluctuation analysis of non-stationary time series // *Physica A.* – 2002. – Vol. 316. – P. 87-114.

13. *Ausloos M., Ivanova K.* Power law correlations in the Southern Oscillation Index fluctuations characterizing El Niño // *Phys. Rev. E.* – 2001. – Vol. 63. – 047201.

14. *Balasco M., Heinicke J., Koch U., Martinelli G. and Telesca L.* Fractal analysis of the hourly time variability in self-potential and flow variations concomitantly measured in the Soos Nature Park (Czech Republic) // *Fractals.* – 2002. – Vol. 10. – P. 463-472.

SUMMARY

V.N. Khokhlov, A.V. Romanova

REPETITION OF EUROPEAN BLOCKING AT THE BEGINNING OF THE 21-st CENTURY

The index calculated by the geopotential heights difference is used as the objective identifier for the blocking process. In these terms, the spatiotemporal distribution for blockings is derived from December 200 till October 2004. By using the continuous wavelet transform, the repetitions of blocking index at various time scales are obtained and possible fractal properties for time series of this index are shown.

Поступила 1.03.2005