

О.Г. Шевченко, Е.В. Самчук, С.И. Снежко

**ХАРАКТЕРИСТИКА СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НАД
ТЕРРИТОРИЕЙ УКРАИНЫ ВО ВРЕМЯ ВОЛНЫ ТЕПЛА
В ИЮЛЕ-АВГУСТЕ 2010 Г.**

O.G. Shevchenko, E.V. Samchuk, S.I. Snizhko

**CHARACTERISTICS OF SYNOPTIC PROCESSES DURING HEAT WAVE
IN JULY-AUGUST 2010 IN UKRAINE**

В статье рассматривается волна тепла летнего периода 2010 г. на территории Украины (длительность, интенсивность, распространение по территории). Проанализировано синоптические процессы, которые наблюдались в это время и определяли характеристики волны тепла.

Ключевые слова: волна тепла, интенсивность волны тепла, длительность волны тепла, синоптические процессы, индексы блокирования.

The article considers the summer heat wave in 2010 in Ukraine (duration, intensity, distribution on the territory). Analyzed synoptic processes, that have been observed at that time and the defining characteristics of heat waves.

Keywords: heat wave, heat wave intensity, heat wave duration, synoptic process, blocking index.

Введение

Волна тепла (ВТ) — это период аномально жаркой погоды, который проявляется на определенной территории. Для волн тепла, которые наблюдаются в летний период, как правило, характерны экстремально высокие температуры, что приводит к ухудшению самочувствия населения, а в случае длительных ВТ — они становятся причиной значительных человеческих жертв. Исследование волн тепла летнего сезона в Украине за столетний период [5] дало возможность установить, что ВТ июля-августа 2010 г. была самой мощной за последние сто лет для восточных, южных и центральных областей Украины и в это время на многих метеорологических станциях были зафиксированы температурные рекорды.

При рассмотрении любого метеорологического явления или атмосферного процесса очень важным является понимание предпосылок его возникновения и факторов, которые влияют на его протекание, ведь именно такая информация является основой для дальнейшего возможного прогнозирования, а, соответственно и снижения негативных последствий от его проявления. Формирование ВТ, их длительность и интенсивность определяется крупномасштабными синоптическими процессами над значительными территориями, поэтому для углубленного изучения механизма образования ВТ важным является исследование синоптических условий, которые приводят к их возникновению.

Анализ последних исследований

Изучение и анализ зарубежных источников, посвященных волнам тепла, который предшествовал данному исследованию [6], показал, что этой проблеме на сегодня уделяется много внимания практически во всех европейских странах, а также в Соединённых Штатах Америки. Отдельные исследования посвящены рассмотрению повторяемости случаев волн тепла за несколько десятилетий или столетие на отдельных территориях, много работ освещают влияние этого явления на живые организмы. Hoek G. и др. [8] и Johnson H. и др. [9] рассматривают взаимосвязи между волнами тепла и уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Отдельные исследователи пытаются выяснить механизмы возникновения этого явления, установить определенные типичные синоптические ситуации, которые приводят к формированию ВТ [4, 11]. Много работ посвящено исследованию мощной волны тепла, которая наблюдалась летом 2010 г. в России и привела к ухудшению здоровья населения в этот период, а также нанесла ущерб экономике страны [2-4, 14].

Материалы и методы исследований

Для проведения данного исследования были выбраны 13 метеорологических станций, которые расположены в разных регионах Украины – Киев, Львов, Лубны, Харьков, Луганск, Винница, Ужгород, Черновцы, Одесса, Измаил, Геническ, Керчь, Симферополь. Использована информация о максимальной, минимальной и средней температуре за каждые сутки за три летних месяца (июнь-август) 2010 г. Для анализа синоптических условий использованы материалы проекта NCEP/NCAR Reanalysis за 2010 г., а именно данные о давлении и температуре на стандартных изобарических поверхностях 850, 700 и 500 гПа в узлах регулярной сетки (пространственное разрешение – $2,5 \times 2,5^\circ$). Эта информация стала основой для создания с помощью программы Surfer серии карт абсолютной барической топографии на уровнях 700 и 500 гПа, и термобарической карты поверхности 850 гПа. С использованием значений геопотенциала на поверхности 500 гПа с помощью специального программного средства, созданного в среде Visual Basic for Applications, были рассчитаны значения индексов блокирования.

На сегодняшний день не существует единого универсального определения волн тепла, которое использовали бы как критерий для выявления ВТ во всех без исключения исследованиях. В [6] обосновано преимущества использования определения ВТ, рекомендованного ВМО, для исследования проявлений этого явления на территории Украины. Таким образом, в данном исследовании волной тепла считались случаи, которые отвечали следующим критериям: период, на протяжении которого максимальная суточная температура воздуха больше 5-ти последовательных дней превышает среднюю максимальную температуру воздуха для данного пункта за период 1961-1990 г. на 5°C .

Результаты исследования и их анализ

В результате анализа данных 13 метеорологических станций, которые расположены в разных регионах Украины, было установлено, что ВТ в июле-августе 2010 г.

наблюдалась на 9 из них (тех, которые расположены в центральных, восточных и южных регионах). Дата начала и окончания (а, соответственно, и длительность ВТ) немного отличается для разных станций (табл. 1).

Как видно из табл. 1, длительность ВТ 2010 г. почти для всех рассматриваемых станций была выше средней величины, рассчитанной за столетний период (1911–2010 гг.) — для отдельных станций — более чем в два раза. Самая высокая длительность ВТ июля-августа 2010 г. наблюдалась в Луганске (24 дня), самая низкая — в Одессе (12 дней) и Виннице (где ВТ вообще разделена на две отдельных с незначительной длительностью — по 6 и 7 дней соответственно).

Таблица 1

Длительность волны тепла 2010 г. на территории Украины

Станция	Даты	Длительность ВТ (дни)	Средняя длительность ВТ за период 1911–2010 гг. (дни)
Киев	31.07–17.08.2010	18	8,9
Лубны	31.07–17.08.2010	18	8,2
Харьков	30.07–18.08.2010	20	7,2
Луганск	26.07–18.08.2010	24	8,0
Винница	03.08–08.08.2010	6	8,0
	11.08–17.08.2010	7	
Одесса	05.08–16.08.2010	12	8,4
Измаил	31.07–17.08.2010	17	7,3
Керчь	31.07–18.08.2010	19	8,3
Симферополь	30.07–18.08.2010	20	8,1

* — во время ВТ 2010 г. в Измаиле зафиксировано один день с температурой ниже граничного значения для ВТ согласно определения, которое используется в данном исследовании. Но, исходя из погодных условий, которые наблюдались в это время на других станциях, и из синоптической ситуации для всего региона можно утверждать, что это была одна длительная ВТ, а не две кратковременные.

Аномальная жара раньше всего установилась в Луганске — здесь ВТ началась 26 июля. А через несколько дней ее начало было зафиксировано также в Харькове и Симферополе — 30 июля, а уже на следующий день — в Киеве, Лубнах, Измаиле и Керчи. Позже всего это атмосферное явление началось в Виннице (03.08) и Одессе (05.08), а закончилось почти одновременно на всех станциях — 16–18 августа.

Значительно меньшая длительность ВТ в Одессе (12 дней, в то время как на других станциях 18–23), очевидно связана с территориальным отдалением от эпицентра ВТ и смягчающим влиянием моря.

Для характеристики интенсивности ВТ, как правило, используется кумулятивная максимальная температура воздуха T_{MAX} во время отдельно взятой ВТ. Эту характеристику рассчитывают для отдельно взятой волны тепла как сумму разниц между

максимальной суточной температурой и определенным граничным значением, которое зависит от определения волны тепла, используемого в исследовании. Самую высокую кумулятивную T_{MAX} во время ВТ июля–августа 2010 г. было зафиксировано в Луганске и Харькове – 127,8 и 117 °С соответственно (табл. 2). Нужно отметить, что для Киева, Харькова, Луганска, Лубен, Одессы, Керчи и Симферополя исследуемая ВТ была самой мощной за столетний период [5].

Таблица 2

Интенсивность ВТ июля–августа 2010 г.

Станция	Кумулятивная T_{MAX}	Дата	Длительность (дни)
Киев	108,6	31.07–17.08.2010	18
Лубны	103,2	31.07–17.08.2010	18
Харьков	117,0	30.07–18.08.2010	20
Луганск	127,8	26.07–18.08.2010	24
Винница	12,5	03.08–08.08.2010	6
	27,9	11.08–17.08.2010	7
Одесса	46,4	05.08–16.08.2010	12
Измаил	37,5	31.07–17.08.2010	17
Керчь	35,3	31.07–18.08.2010	19
Симферополь	70,7	30.07–18.08.2010	20

Во время ВТ летом 2010 г. в центральных, южных и восточных регионах средне-суточные температуры воздуха были очень высокими (рис. 1) и превышали климатическую норму на 7–11 °С, максимальные температуры в дневные часы достигали +33–38 °С. Самая высокая абсолютная максимальная температура была зафиксирована в Луганске +42,0 °С. На других станциях максимальные суточные температуры в отдельные дни также были аномально высокими: в Харькове – +39,8 °С, Симферополе – +39,5 °С, Одессе – +38,0 °С, Лубнах – +39,5 °С, Керчи – +35,8 °С, Измаиле – +37,5 °С, Киеве – +39,2 °С.

Волна тепла 2010 г., большая часть которой наблюдалась на территории Украины в августе, стала причиной того, что разница между средней температурой воздуха августа 2010 г. и средней температурой воздуха августа за 1961–1990 г. была существенной (табл. 3). Для отдельных станций это превышение составило более чем 5 °С: для Киева – 8,3 °С, Харькова – 6,6 °С, Лубен – 6,1 °С.

При рассмотрении синоптических условий, которые стали причиной возникновения волны тепла на большей части территории Украины летом 2010 г., целесообразным является исследование развития синоптического положения не только собственно во время ВТ, но и на протяжении определенного периода до и после нее. Принимая во внимание типичную динамичность изменения синоптического положения во времени, для анализа был выбран период с 25 июля по 20 августа 2010 г.

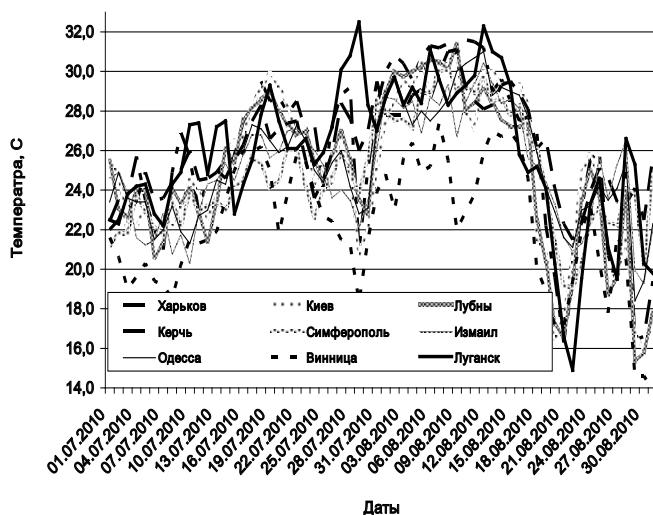


Рис. 1. График хода среднесуточной температуры воздуха за июль-август 2010 г.

Таблица 3

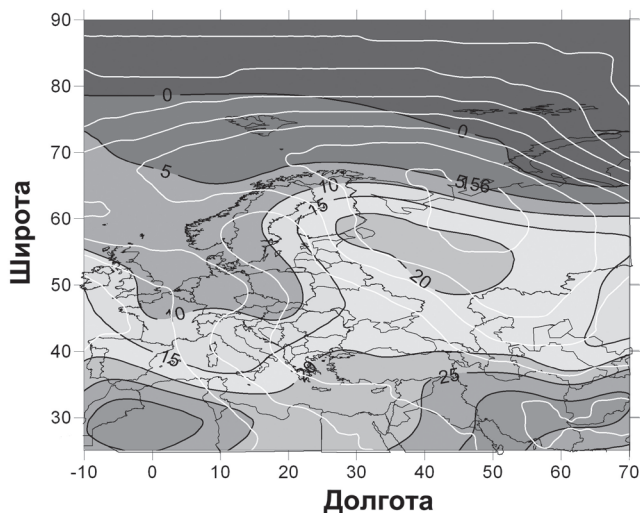
Разница между средней температурой августа за отдельные годы и за 1961-1990 гг.

Станции	2009	2010	2011
Киев	2,4	8,3	2,4
Лубны	-0,4	6,1	0,6
Харьков	-0,5	6,6	1,5
Луганск	-0,8	5,1	0,5
Винница	0,9	4,6	0,8
Одесса	1,0	5,0	1,2
Измаил	1,4	4,7	1,7
Керчь	-0,6	4,5	1,5
Симферополь	0,4	4,8	1,0

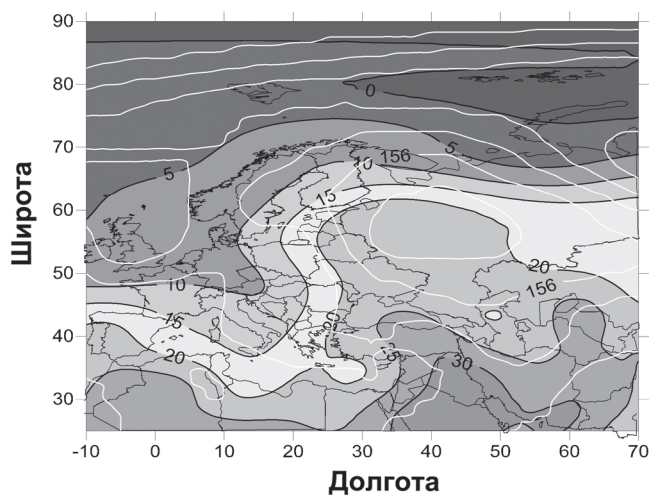
На протяжении большей части исследуемого периода, а именно от его начала и до 15 августа, территория Украины пребывала под влиянием тыловой части антициклона, центр которого располагался над Европейской частью России и несущественно изменял свое положение. Это было высокое, хорошо развитое барическое образование, которое образовалось еще во второй декаде июля и отслеживалось до уровня изобарической поверхности 700 гПа. На уровне 500 гПа антициклону соответствовал мощный гребень тепла, ось которого была направлена с Малой Азии в сторону Европейской

части России. Такое положение центра антициклона стало причиной изменения направления воздушных потоков над Украиной с западных на южные, юго-восточные, а немного позже — на юго-западные. Конфигурация воздушных потоков совместно с мощным очагом тепла на Ближнем Востоке обусловила адвекцию тепла на территорию Украины. Как уже было отмечено, начало ВТ в каждом конкретном пункте выпадает на разные дни, также отличается длительность и интенсивность температурной аномалии — если в Луганске и Харькове длительность волны тепла составила 24 и 20 дней, а интенсивность — $127,8^{\circ}\text{C}$ и 117°C соответственно, то в Измаиле волна тепла длительностью 10 дней имела интенсивность лишь $46,3^{\circ}\text{C}$. Разницу в интенсивности и длительности, в первую очередь, можно объяснить расположением отдельных городов по отношению к районам наиболее интенсивной адвекции, которые приходится именно на восточные области Украины.

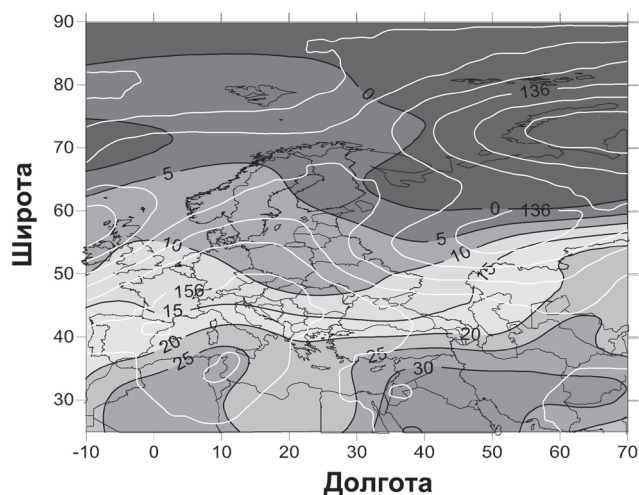
Втягивание теплой воздушной массы в тыловую часть антициклона длилось до 14 августа включительно, после чего он начал разрушаться. В это же время над западной Европой активизировался циклон, продвижению которого на восток до этого препятствовал антициклон над Россией, а в район Баренцева моря с севера сместился циклон. Таким образом, уже 19 августа антициклон полностью разрушился, адвекция тепла сменилась адвекцией холода, о чем свидетельствует резкое снижение температуры на уровне 850 гПа и возле земной поверхности (рис. 1); высотная фронтальная зона, которая до этого проходила вдоль 70° с.ш. опустилась до 50° с.ш. и над всей Европой возобновился преобладающий западный перенос воздушных масс. Хронологически разрушение антициклона совпадает с окончанием ВТ на территории Украины. На рис. 2 представлена серия карт барической топографии АТ850, которые иллюстрируют температурный режим на этой изобарической поверхности в разные периоды ВТ лета 2010 г.



А) 25 июля 2010 года



Б) 7 августа 2010 года



В) 20 августа 2010 года

Рис. 2. Серия карт барической топографии АТ850 за отдельные дни июля-августа 2010 г.

Антициклон, который на протяжении исследуемого периода пребывал над Европейской частью России, существовал довольно долго и мало менял свое положение, что дает основания предположить, что в тропосфере происходило блокирование западного переноса воздушных масс. Поэтому возникает необходимость исследовать это более подробно, чтобы установить, могло ли наличие блокирующего образования внести определенный вклад в формирование ВТ.

Определяющими характеристиками блокирующих образований является сравнительно длительное время существования и незначительная подвижность, которой в масштабах самих образований можно пренебречь [4]. Их существование нарушает западный перенос в умеренных широтах, а соответственно и характерную циркуляцию воздушных масс. В результате, воздушная масса, связанная с блокирующим образованием, длительное время пребывает над определенной территорией, что способствует ее трансформации и прогреву. С этой точки зрения блокирующие образования могут быть причиной образования волн тепла.

Существует несколько численных индексов, с помощью которых определяется наличие блокирования. Н.П. Шакиной и А.Р. Ивановой [4] сделан обзор основных критериев блокирования, которые используются в настоящее время. Авторы отмечают преимущества отдельных методов, а также методические трудности, которые могут возникнуть при использовании других.

Одним из наиболее широко известных определений процесса блокирования является определение D.F. Rex [12]. В его основу положен некий субъективный критерий, который предполагает минимальную длительность процесса блокирования 10 дней, которая прослеживается на картах АТ-500 гПа. Согласно J.F. Austin [7], блокирующий процесс связан с областью высокого давления на широте 60° с.ш. и низкого давления на широте 40° с.ш. Данная зависимость была использована Н. Lejenas и Okland Н. [10], которые применили разницу геопотенциальных высот между этими широтами для создания долготного индекса блокирования. S. Tibaldi и F. Molteni [13] немного трансформировали индекс блокирования, предложенный в работе предыдущих авторов. Согласно их методике, градиенты геопотенциальных высот Z изобарической поверхности 500 гПа рассчитываются для каждой долготы по следующим формулам:

$$GHGS = \frac{Z(\varphi_0) - Z(\varphi_s)}{\varphi_0 - \varphi_s},$$

$$GHGN = \frac{Z(\varphi_n) - Z(\varphi_0)}{\varphi_n - \varphi_0},$$

где $\varphi_0 = 60^\circ \pm \Delta$; $\varphi_n = 80^\circ \pm \Delta$; $\varphi_s = 40^\circ \pm \Delta$; $\Delta = -5; 0; 5^\circ$ широты.

На определенной долготе в конкретный срок фиксируется наличие блокирования, если хотя бы при одном значении Δ выполняются следующие условия:

$$\begin{aligned} GHGS &\geq 0, \\ GHGN &\leq -10. \end{aligned}$$

Возможная связь между мощной ВТ в июле—августе 2010 г. на территории Украины и блокирующим процессом в тропосфере устанавливалась нами путем определения

факта блокирования по методу S. Tibaldi и F. Molteni [13]. Следует отметить, что данный индекс дает возможность лишь установить наличие блокирования, но не оценить его интенсивность. В данном исследовании расчёт индексов блокирования проводился в пределах от 20° до 70° в.д. с шагом по $2,5^\circ$ долготы для каждого дня за период с 25 июля по 19 августа 2010 г.

Проведенные исследования позволили установить следующие особенности синоптических процессов в период летней волны тепла 2010 г. над территорией Украины ($22^\circ 09' - 40^\circ 12'$ в.д.):

- блокирование отмечалось на протяжении двух коротких периодов — 25-29 июля и 3-9 августа; в начале первого из них блокирование охватывало территорию всей страны полностью, а 27-29 июля — блокирование отмечалось преимущественно на запад от 30° в.д. Во время второго периода (а именно — 6-9 августа) блокирование наблюдалось над территориями Украины, расположенными в пределах $30-35^\circ$ в.д. Дольше всего блокирование отмечалось восточнее этих регионов;
- главный очаг блокирования на протяжении исследуемого периода располагался за пределами Украины — с 25 июля по 6 августа на всех долготных полосах от 45° по 60° в.д. непрерывно отмечалось блокирование;
- в период с 5 по 15 августа, когда в большинстве пунктов, где было зафиксировано ВТ, отмечался пик ее интенсивности, наличие блокирования отмечалось лишь на восточной части страны, к тому же — лишь до 9 августа;
- несмотря на то, что блокирование отмечалось поочередно в разных частях территории Украины, максимальная интенсивность ВТ была зафиксирована на востоке — в Луганске и Харькове;
- в западных регионах Украины ($20-27,5^\circ$ в.д.), где с 25 по 29 июля отмечалось наличие блокирования, ВТ не была зафиксирована в этот период (и в дальнейшие дни) ни на одной из исследуемых станций (Львов, Ужгород, Черновцы).

Выводы

Таким образом, ВТ июля-августа 2010 г. на территории Украины наблюдалась в центральных, восточных и южных областях страны. Она характеризовалась высокой длительностью и интенсивностью. Самые высокие значения этих показателей наблюдались на востоке страны в Луганске и Харькове. Кроме того, ВТ 2010 г., большая часть которой наблюдалась на территории Украины в августе, стала причиной того, что средняя температура воздуха августа 2010 г. была значительно выше средней температуры августа за 1961-1990 г. На ее формирование в значительной степени повлиял блокирующий антициклон над Европейской частью России. В данном случае определяющими являются циркуляционные особенности антициклона как барического образования — при его расположении над Европейской частью России именно территория Украины, особенно ее восточная часть, пребывала в его тылу, куда и происходило втягивание горячих воздушных масс с юга и юго-запада. Трансформационный фактор, то есть прогрев воздуха в самом антициклоне, также присутствовал, но по сравнению с адвективными изменениями температурами им в данном случае можно пренебречь.

Литература

1. *Варгин П.Н., Лукьянов А.Н., Ганышин А.В.* Исследование динамических процессов в период формирования блокирующего антициклона на Европейской частью России летом 2010 г. // Известия РАН. Серия: Физика атмосферы и океана, 2012, т. 48, № 5, с. 523-537.
2. *Локощенко М.А.* Катастрофическая жара 2010 года в Москве по данным наземных метеорологических измерений. // Известия РАН. Серия: Физика атмосферы и океана, 2012, т. 48, № 5, с. 523-537.
3. *Мохов И.И.* Особенности формирования летней жары 2010 г. на Европейской территории России в контексте общих изменений климата и его аномалий. // Известия РАН. Серия: Физика атмосферы и океана, 2011, т. 47, № 6, с. 709-717.
4. *Шакина Н.П., Иванова А.Р.* Блокирующие антициклоны: современное состояние исследований и прогнозирования. // Метеорология и гидрология, 2010, № 11, с. 5-17.
5. *Шевченко О.Г.* Характеристика хвилі тепла літнього сезону 2010 р. на території України. // Наукові праці УкрНДГМІ, 2012, вип. 262, с.59-70.
6. *Шевченко О.Г., Сніжко С.І.* Хвилі тепла та основні методологічні проблеми, що виникають при їх дослідженні. // Український гідрометеорологічний журнал, 2012, № 10, с. 57-63.
7. *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.
8. *Hoek G., Brunekreef B., Verhoeff A., van Wijnen J., Fischer P.* Daily mortality and air pollution in the Netherlands. // Journal of the Air and Waste Management Association, 2000, № 50 (8), p. 1380-1389.
9. *Johnson H., Kovats R. S., McGregor G., Stedman J., Gibbs M., Walton H., Cook L., Black E.* The impact of the 2003 heat wave on mortality and hospital admissions in England. // Health Statistics Quarterly, 2005, 25, p. 6-11.
10. *Lejenas H., Okland H.* Characteristics of Northern Hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data. // Tellus, 1983, vol. 35A, p. 350-362.
11. *Matsueda M.* Predictability of Euro-Russian blocking in summer of 2010. // Geophysical Research Letters, 2011, vol. 38, issue 6, doi:10.1029/2010GL046557.
12. *Rex D.F.* Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate: part I. // Tellus, 1950, vol. 2, p. 275-301.
13. *Tibaldi S., Molteni F.* On the operational predictability of blocking. // Tellus, 1990, vol. 42A, p. 343-365.
14. *Trenberth K.E., Fasullo J.T.* Climate extremes and climate change: The Russian heat wave and other climate extremes of 2010. // Journal of Geophysical Research [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.agu.org/pubs/crossref/pip/2012JD018020.shtml].