

пи, вигідним геополітичним та економіко-географічним положенням.

Література

1. Голіков А. П. Харківська область, регіональний розвиток: стан і перспективи: монографія / А. П. Голіков, Н. А. Казакова, М. В. Шуба / За ред. чл.-кор. НАН України, проф. В. С. Бакіров. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. – 224 с.
2. Основи інвестиційно-іноваційної діяльності: [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / В. Г. Федоренко, Д. В. Степанов, М. П. Денисенко та ін.; за наук. ред. В. Г. Федоренко. – К.: Алерта, 2004. – 431 с.
3. Офіційний сайт Головного управління статистики в Харківській області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kh.uprstat.ua>.
4. Полевич І. О. До питання вивчення інноваційно-інвестиційної діяльності регіону / І. О. Полевич // Потенціал сучасної географії у розв'язанні проблем розвитку регіонів: Матеріали Міжнародної наук.-практ. конф. Молодих вчених, присвяченої 95-річчю Національної академії наук України, 3-5 жовтня 2013 р., м. Київ, Україна. – Київ: Логос, 2013. – 448 с. – С. 128-132.

УДК 551.588.1

*А.Б. Полонский, д.геогр.н., профессор, чл. корр. НАНУ,
**И.А. Кибальчич, аспирант,
*Морской гидрофизический институт НАН Украины,
**Одесский государственный экологический университет

ВЛИЯНИЕ СКАНДИНАВСКОГО КОЛЕБАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВОЗДУХА В ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ

Представлен анализ влияния Скандинавского колебания на аномалии приземной температуры воздуха в районе Восточной Европы и Черноморского региона с использованием данных ре-анализа NCEP/NCAR и метода «компози́тов». Показано, что положительная фаза колебания сопровождается значимым похолоданием в Волгоградской и Ростовской областях России, а также на востоке и севере Украины в течение января и февраля.

Ключевые слова: Скандинавское колебание, аномалии температуры воздуха, метод «компози́тов».

О.Б. Полонський, І.О. Кібальчич. ВПЛИВ СКАНДИНАВСЬКОГО КОЛИВАННЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОВІТРЯ У СХІДНІЙ ЄВРОПІ. Наведено аналіз впливу Скандинавського коливання на аномалії приземної температури повітря в районі Східної Європи та Чорноморського регіону з використанням даних ре-аналізу NCEP / NCAR і методу «компози́тів». Показано, що позитивна фаза коливання супроводжується значним похолоданням у Волгоградській і Ростовській областях Росії, а також на сході та півночі України протягом січня і лютого.

Ключеві слова: Скандинавське коливання, аномалії температури повітря, метод «компози́тів».

Актуальность и постановка задачи. В течение многих десятилетий климатологи работают над выделением всевозможных удалённых связей между отдельными звеньями системы Атмосфера-океан-суша. Такие связи могут проявляться в изменениях погодных условий, в формировании различных аномалий в полях гидрометеорологических характеристик или же в результате смены режимов циркуляции атмосферы над определённой территорией.

В Европе и Северной Атлантике подобные удалённые связи, а также их изменения от сезона к сезону и от года к году стали замечать ещё в XIX веке, однако более серьёзно к данной проблеме учёные подошли только в XX веке. Учёными с различных стран был выделен целый комплекс колебаний в системе океан-атмосфера, которые тем или иным образом воздействуют на температуру воздуха и количество осадков, а также являются ответственными за формирование внутрисезонной и десятилетней изменчивости приземных полей атмосферного давления и геопотенциала в средней и верхней тропосфере. В настоящей статье будет

подробно рассмотрено влияние на территорию Восточной Европы и Черноморского региона одного из такого режима, а именно – Скандинавского колебания (*Scandinavian Pattern*). В более ранних исследованиях [1,3] упоминались лишь общие черты воздействия данной моды изменчивости на температурно-влажностные характеристики и ветровой режим Европы. Однако, более детальные исследования для территории Украины, Азово-Черноморского региона и близлежащих регионов ещё не проводились.

Данная изменчивость была выявлена в 1987 году (*Barnston A.G., Livezey R.E*) во время анализа эмпирических ортогональных функций (ЭОФ) среднемесячных полей геопотенциала на уровне АТ-700 [2]. В то время эта структура была названа как изменчивость Евразия-1, а позднее в связи с более точным определением местоположения главного полюса колебательного диполя, переименовали в Скандинавское колебание (СК). Главный центр колебания расположен в районе Скандинавского п-ова в области, ограниченной координатами 60 - 70 с.ш., 25 - 50 в.д. Другие более слабые центры выде-

ляются в Северо-Восточной Атлантике, Западной России и Центральной Сибири (на северо-запад от оз. Байкал), рис.1. Следует подчеркнуть, что в нашем исследовании мы рассматриваем только зимний период (декабрь – февраль), когда атмосфера наиболее динамически активна, а проявление низкочастотных режимов изменчивости (в частности СК) наиболее выражено.

Для количественного описания состояния и зоны влияния конкретного колебания, принято использовать специальные индексы, которые, как правило, рассчитываются по данным полей геопотенциальных высот на уровне 700, 500 либо 300 гПа и представляют собой анома-

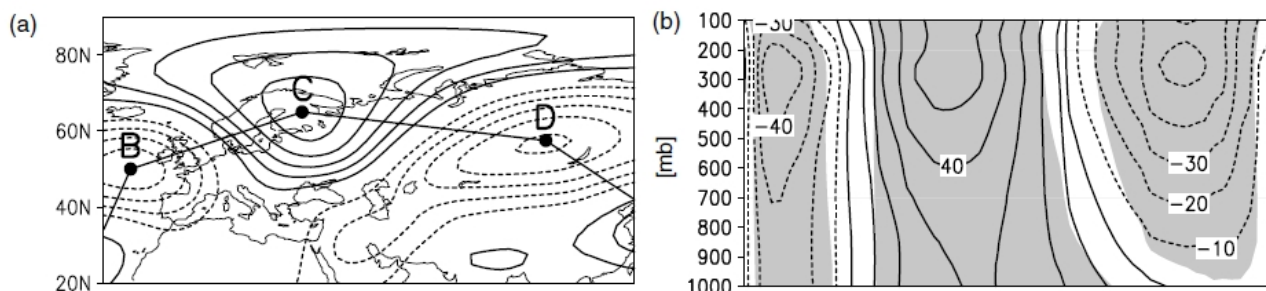


Рис. 1. Структура скандинавского колебания с выделением трёх основных полюсов (а) и вертикальный профиль коэффициентов регрессии (б) между индексом колебания и высотой изобарической поверхности 300 гПа [3].

Во время отрицательной фазы на среднемесячных картах АТ-700 выделяется область отрицательных аномалий в значениях геопотенциала [3].

Во время положительной фазы фиксируются отрицательные аномалии приземной температуры в Центральной России, и в западной Европе. Кроме того, происходит увеличение количества осадков в центральной и южной Европе, а также их недостаток в районе Скандинавии и северо-восточной Европе. Иной особенностью является смещение полярной ветви струйного течения в Северной Атлантике в северо-восточном направлении относительно своего климатического положения, усиливается западный перенос в районе Средиземноморья. В связи с этим, траектории атлантических штормов проходят севернее Скандинавского п-ова. При этом, область активного циклогенеза смещается ближе к западной Европе (Португалия, Испания). Наиболее существенно влияет на количество осадков Скандинавское колебание в феврале. Как будет показано ниже в работе, данная осциляция является ответственной за формирование межсезонных аномалий температуры воздуха на территории Восточной Европы, акватории Чёрного и Азовского морей, а также в бассейне Волги.

лии в значении этих высот относительно стандартных климатических норм. Для Скандинавского колебания также существует индекс, который в настоящее время рассчитывается по данным ре-анализа NCEP/NCAR в Национальном центре по исследованию климата, США. В зависимости от знака индекса, выделяют фазы колебания, а по численному значению индекса судят об их интенсивности.

Положительная фаза колебания Скандинавской моды связана с положительными аномалиями высоты геопотенциальной поверхности 700 гПа, что отражается в наличии блокирующих антициклонов над Скандинавским п-овом и европейской территорией России (ЕТР).

Отметим, что несмотря на расположение основных центров диполя аномальной циркуляции в пределах Атлантико-Европейского региона, отклики колебания в поле приземной температуры и увлажнения зафиксированы в разных частях Азиатского континента. Так, в ходе исследования [3], установлено, что во время устойчивой положительной фазы зимой 2000/2001 гг., происходило накопление арктической воздушной массы над Центральной Сибирью, а затем, она распространилась в юго-восточном направлении, вызвав существенное похолодание и обильные снегопады в Монголии и северном Китае. В другой работе [4] показано, что за период 1951 – 2009 гг. величина корреляционной зависимости между индексом колебания и количеством осадков в зимний период в юго-западной части Ирана составляет 0,61 – 0,71, в частности на станциях Abadan и Ahwaz. С приходом весны, коэффициенты корреляции резко падают до значений 0,28 – 0,29.

Во временном ходе индекса Скандинавской осциляции можно выделить следующие периоды устойчивых положительных и отрицательных фаз:

- 1958 – 61 гг., 1969-1978 гг., 1984-85 гг. – положительные фазы;
- 1981-1983 гг., 1987 – 1991 гг. – устойчивые отрицательные фазы колебания.

Весьма любопытно, что за последнее десятилетие амплитуда колебаний индекса уменьшилась по сравнению со второй половиной XX века (рис. 2а). На рисунке 2б представлена частотная гистограмма индекса колебания за период 1951 – 2009 гг., на которой видно, что в зимнее время кривая распределения индекса близка к нормальной (Гауссовской), что позволяет нам применять к рядам стандартные методы статистической обработки.

Исходные данные и методика обработки. Главной целью настоящей работы является определение характера и степени влияния Скандинавского режима изменчивости на температурный режим в Восточной Европе, Украине и Азово-Черноморском регионе. Для этой

задачи, привлекались данные ре-анализа среднемесячной температуры воздуха с декабря по февраль включительно, в узлах регулярной сетки, размером 2,5 x 2,5 градуса для региона, ограниченного координатами: 20-45° в.д. и 55-40° с.ш. Информация предоставлена Национальным центром по атмосферным исследованиям (NCEP/NCAR), Боулдер, штат Колорадо, США за период 1950 – 2012 гг.

Кроме этого, использовались значения индекса Скандинавского колебания (рассчитывается в результате разложения глобального поля геопотенциала 70 гПа в Северном полушарии на ЭОФ). Значения индекса нормализованы относительно базового периода 1981-2010 гг. –

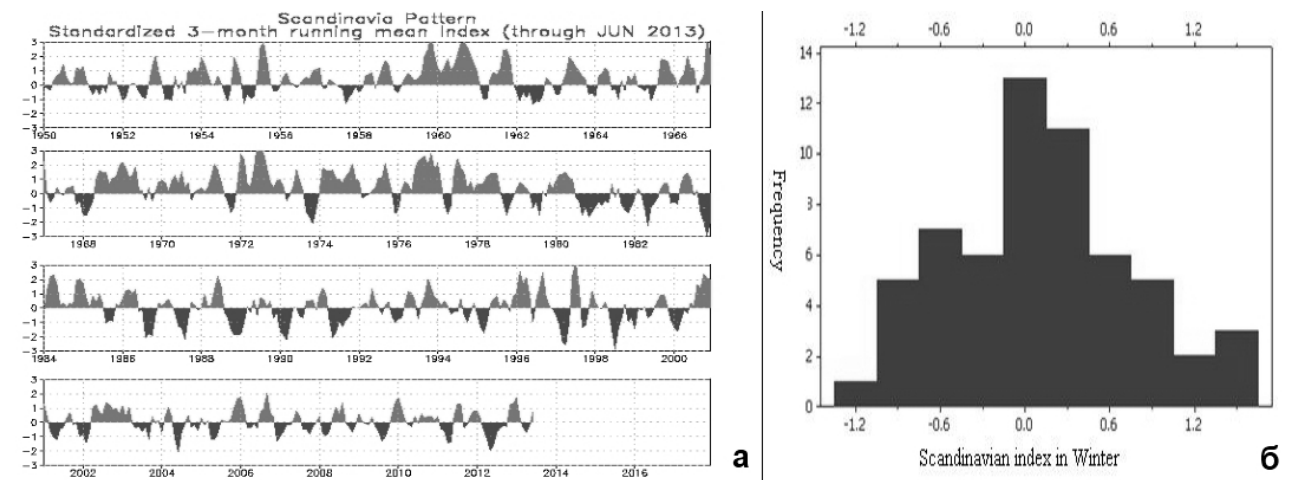


Рис. 2. Временная динамика индекса Скандинавского колебания, сглаженная поквартально [5] (а) и частотная диаграмма зимнего индекса (б) за период 1951 – 2009 гг. [4].

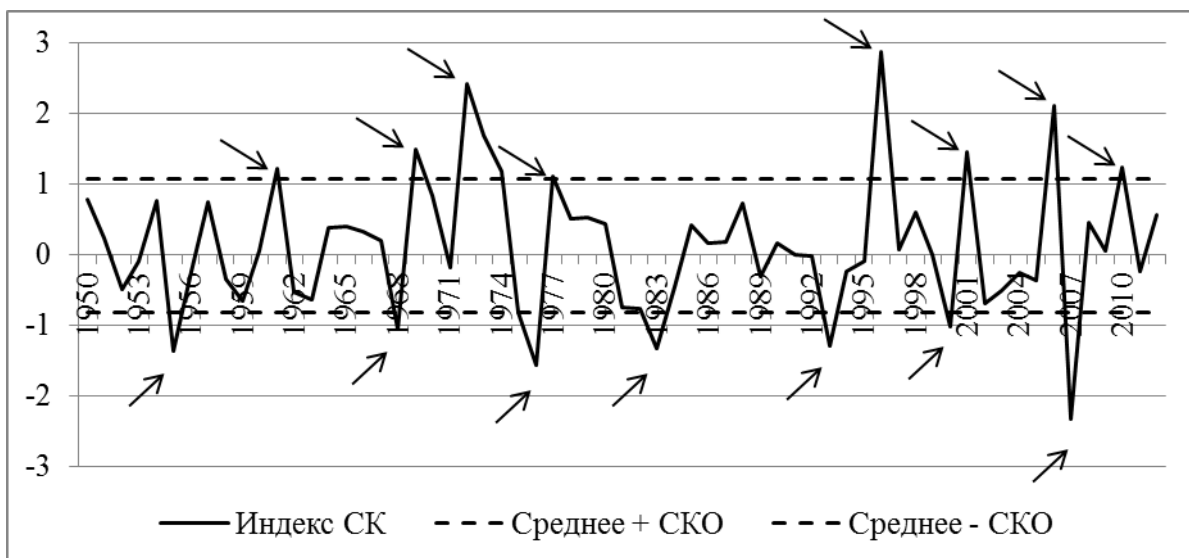


Рис. 3. Схематическое представление процесса определения лет с положительной и отрицательной фазой на примере временного ряда индекса Скандинавского колебания в январе с 1950 по 2012 гг.

данные предоставлены Центром по климатическим прогнозам (Climate Prediction Center, NOAA/ National Weather Service).

Основным методом статистической обработки исходных данных в настоящей работе послужил *композиционный анализ*. Благодаря дан-

ной методике, был выделен «чистый» сигнал, отвечающий влиянию Скандинавского колебания на температурный режим Украины и прилегающих районов Восточной Европы в зимний период (с декабря по февраль).

Процедура нахождения сигналов колебаний (разностных композитов) заключается в поэтапной обработке исходной информации. Вначале для конкретного месяца строится временной ряд индекса колебания (рис. 3). Далее предварительно убедившись, что статистический ряд подчиняется нормальному закону распределения (см. рис. 2б), определяется среднее значение, дисперсия (σ^2) и среднее квадратическое отклонение - СКО (σ). Затем проводится выборка аномальных лет, в которые значение индекса превышает среднее значение как минимум на 1σ (или, наоборот, оказывается меньше среднего на 1σ). Такие годы указаны стрелками на рис. 3.

В итоге, мы получаем две выборки лет со значениями индекса выше и ниже заданных пределов. Для выбранных лет определяем среднемесячные значения температуры воздуха в каждом узле регулярной сетки (по данным реанализа NCEP/NCAR). Теперь уже для сформированных выборок температуры находим среднее значение (т.е. среднемесячную аномалию), дисперсию и СКО. На заключительном этапе получаем «чистый» сигнал колебания (разностный «композит»), посредством определения алгебраической разности между средними по выборкам для каждого узла сетки. Чем больше по модулю будет значение сигнала, тем более существенным окажется влияние колебания на конкретную точку местности. Положительные значения композитов указывают на прямую связь фазы колебания и аномалии температуры (т.е., во время положительной фазы колебания происходит рост температуры воздуха и наоборот). В случае отрицательных значений сигнала, наблюдается рост (понижение) температуры воздуха в исследуемом регионе во время отрицательной (положительной) фазы колебания соответственно.

Последним этапом определяется статистическая значимость полученных сигналов с достоверностью 90 и 95% по следующему алгоритму:

➤ Определяем отношение σ/\sqrt{n} , где σ – СКО по каждой выборке (с индексами 1 и 2, соответственно); n – объём выборки;

➤ Находим: $(\sigma_1 + \sigma_2)$ для $p = 90\%$; (1)
 $2(\sigma_1 + \sigma_2)$ для $p = 95\%$. (2)

Если в итоге расчётов окажется, что сигнал превышает значение, полученное по формуле (1) или (2), то он является значимым на уровне

90 и 95% соответственно (в предположении о том, что анализируемые ряды обладают определенной статистической структурой).

Отметим, что за пороговое значение была выбрана абсолютная величина аномалий индексов, равная 1σ , только потому, что в этом случае по данным за 1950-2012 гг. удается получить достаточное (для оценки статистической значимости) количество аномальных лет (как правило, это 6-9 лет). Если в качестве порогового значения аномалии взять $1,5\sigma$, то, в результате оказывается невозможным оценить значимость композитов, поскольку в некоторые месяцы таких аномалий набирается не более одной-двух.

По результатам расчётов строятся карты композитов с помощью программного пакета «Surfer», на которых наглядно проявляется степень и характер влияния колебания на конкретный регион исследуемой территории.

Результаты и их анализ. Скандинавское колебание проявляется не во все месяца года и играет второстепенную роль в формировании внутрисезонных климатических аномалий на территории Европы. Однако, как мы увидим, отдельные регионы подвержены влиянию этого режима весьма существенно.

В декабре какой-либо существенной связи различных фаз колебания с температурой воздуха в Украине и прилегающей территории не было выявлено. Значения полученных композитов близки к нулю. Несмотря на это, оказалось возможным выявить две области с замкнутыми изолиниями: в районе Чехии и Словакии (со значениями сигнала около 2), а также зону отрицательных аномалий в районе северного Прикаспия (со значениями разностного композита чуть более |2).

Для января мы получили более интересную картину распределения разностного композита (рис. 4а). Область отрицательных сигналов над Прикаспийской низменностью существенно расширяется по площади, а значения увеличиваются до $-5 \dots -6$. Соответственно, максимальное влияние на себе испытывают восточные регионы Украины. Наиболее быстро влияние колебания ослабляется в южном и юго-западном направлении, т.е. при удалении от одного из полюсов осцилляции.

Февраль характеризуется максимальным развитием колебания, что выражается в поле устойчивых отрицательных композитов по всей исследуемой территории с максимальными значениями по модулю более 9 над Волгоградской областью (рис. 4б). По конфигурации изолиний заметна зона влияния в виде ложбины, которая больше всего затрагивает восточные и

северные области Украины. Также видно, как быстро ослабляется влияние в сторону акватории Чёрного моря, огибая его по дуге в сторону

Балканского п-ова. Таким образом, температурные аномалии в Левобережной Украине в

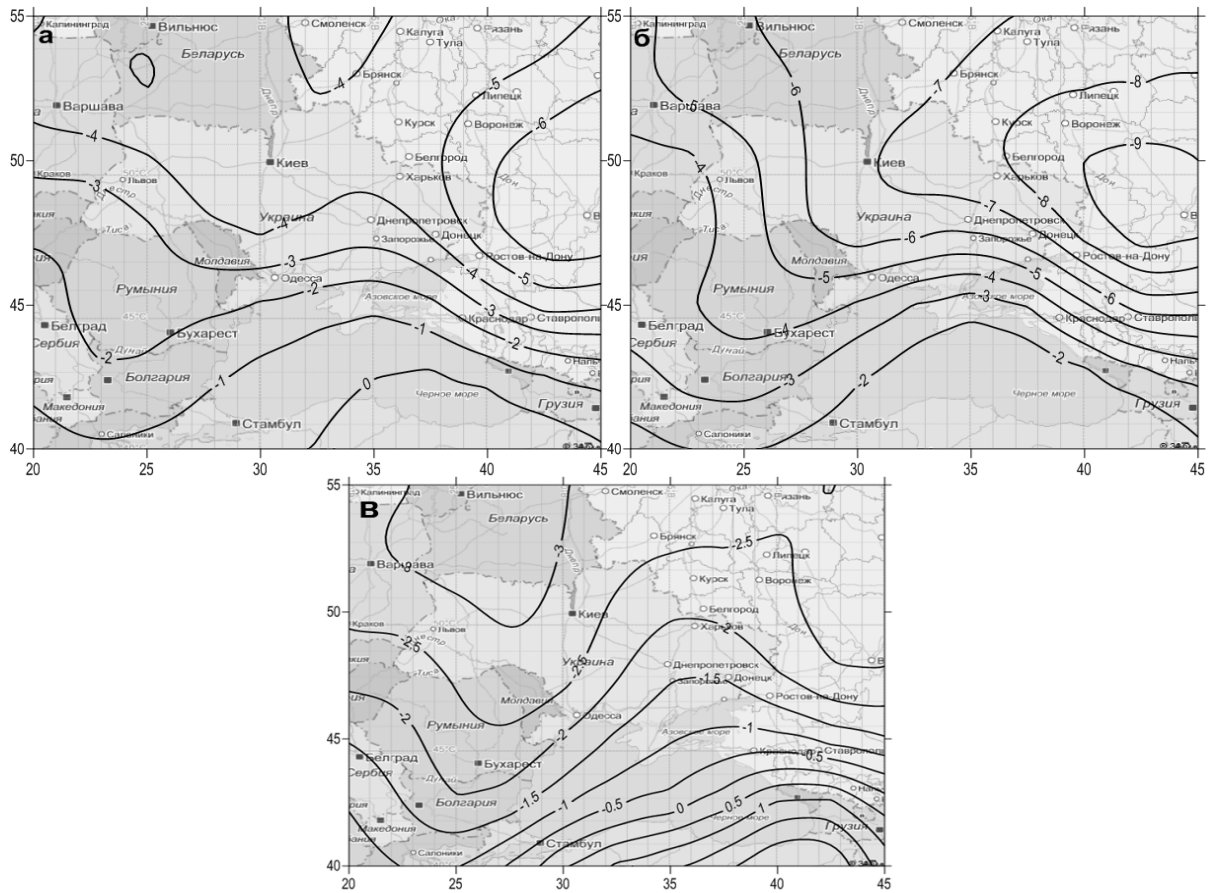


Рис. 4. Разностный композит температуры воздуха в январе (а), феврале (б) и марте (в) с использованием порогового уровня 1σ .

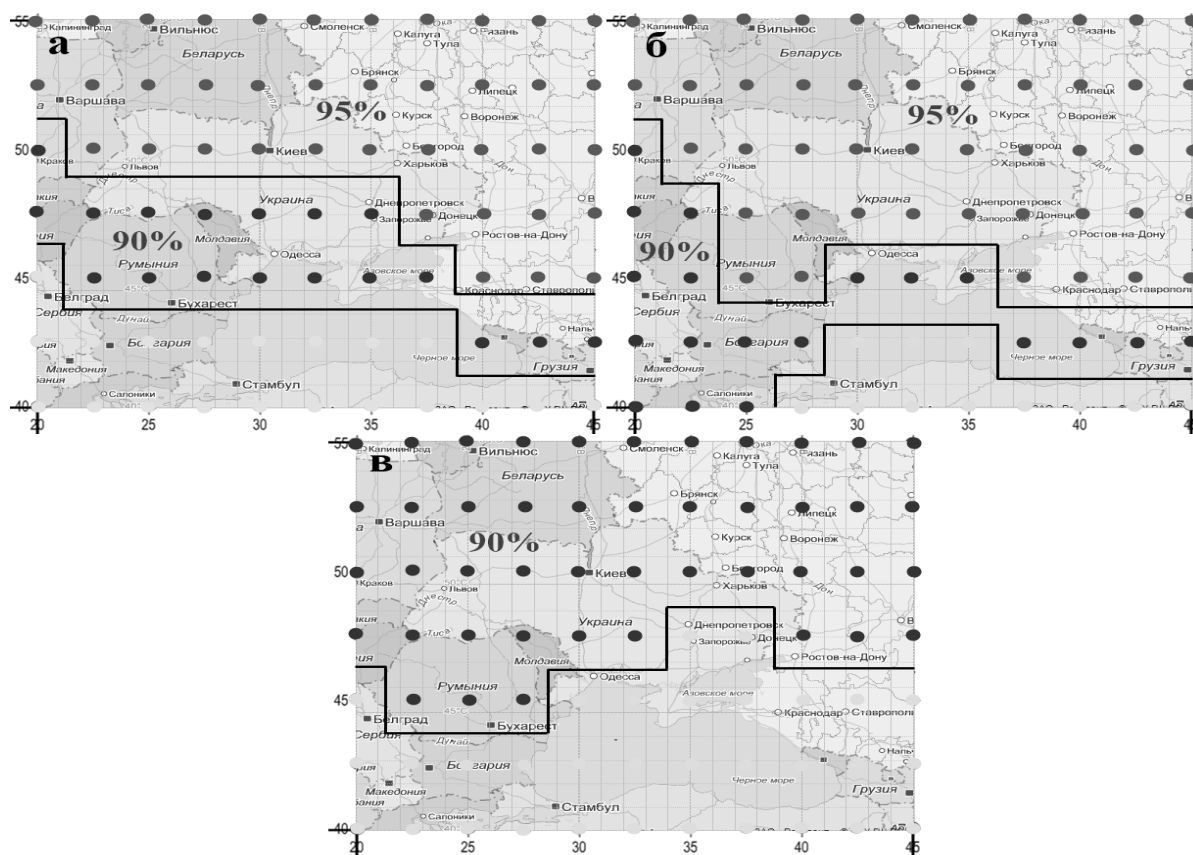


Рис. 5. Поля значимости полученного сигнала с различной степенью достоверности: 90 и 95% для января (а), февраля (б) и марта (в).

феврале объясняются, прежде всего, определённой фазой именно Скандинавского колебания.

В марте (рис. 4в) проявление колебания резко ослабляется, область максимальных отрицательных значений сигнала (около -3) смещается на территорию Беларуси. Такие резкие изменения в местоположении и активности полученных сигналом, могут свидетельствовать о существенной подвижности второстепенных центров колебания.

Для определения степени устойчивости связи между индексом колебания и аномалиями приземной температуры воздуха, были построены поля значимости разностных композитов с различным уровнем статистической достоверности (рис. 5).

В январе (рис. 5а) область со значимостью 95% охватывает территорию южной части ЕТР вплоть до Кавказа, Беларусь, частично Польшу, север и восток Украины. В юго-западном направлении значимость сигнала резко падает и уже в странах Балканского п-ова, юга Чёрного моря и Турции составляет менее 90% в связи с уменьшением влияния колебания в данных районах.

В феврале зона со значимым сигналом на уровне 95% увеличивается по площади, охватывая помимо указанных выше районов, ещё практически всю Украину (за исключением

Крыма), Молдову и Румынию. Однако, в сторону Турции значимость сигнала резко уменьшается, особенно над акваторией Чёрного моря. Такой характер распределения степени значимости в полной мере совпадает с полями разностного композита на рис. 4. Как видим, территория Чёрного моря меньше всего подвержена влиянию различных фаз колебания, а температурные аномалии сведены к минимуму.

Далее с приходом весны, влияние Скандинавской осцилляции резко ослабевает, что нашло подтверждение на последней карте (рис. 5в). В верхней половине остаётся территория со значимостью разностных композитов 90%, захватывая также всю Румынию. А далее на юг, включая всё Чёрное море и Кавказ, статистическая значимость падает ниже 90% в связи с общим ослаблением удалённой связи индекса колебания и аномалий температуры воздуха.

Выводы. Данное исследование показало, что проявление Скандинавского колебания на территорию Восточной Европы наиболее существенно в январе и феврале, причём отрицательные значения разностных композитов указывают на формирование существенных отрицательных аномалий приземной температуры во время положительной фазы колебания. Область с максимальными по модулю значениями в январе и феврале сконцентрирована в районе Волгоградской обл. и в нижнем течении Дона, а

в марте она смещается на Белоруссию и существенно ослабевает. Статистическая значимость сигнала на уровне 95% охватывает наибольшую территорию в феврале, а в марте резко уменьшается до 90%, а над акваторией Чёрного и Азовского морей, а также в Турции сигнал

оказался не значимым. В целом, за весь зимний период, наименее подвержена различным фазам колебания территория Чёрного моря и особенно, Турция в связи со значительным удалением от одного из трёх полюсов колебания.

Литература

1. U. Ulbrich, K.M. Nissen, G.C. Leckebusch, D. Renggli, J.G. Pinto. *The Influence of Large-scale Teleconnection Pattern on Cyclones and Wind Activity in the Mediterranean Region in Present and Future Climate* // Freie Universität Berlin;
2. Barnston A.G., Livezey R.E. *Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns* // *Monthly Weather Rev.* – 1987. – 115, N6. – P. 1083 – 1126.;
3. Cholaw Bueh, Hisashi Nakamura - *Scandinavian pattern and its climatic impact* // *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **133**: 2117–2131, - 2007;
4. Dariush Rahimi¹, Seyedeh Maryam Afzali - *Downscaling the Rainfall and the Teleconnection Indices in South-Western Iran* // *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, 3(5)1005-1012. – 2013.
5. *Climate Prediction Center / NOAA*, URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/scand.shtml> (дата обращения: 15.04.2013).