

Совместное влияние основных режимов изменчивости в системе Океан-Атмосфера в Атлантико-Европейском секторе на температурные аномалии в Украине и Азово-Черноморском регионе в зимний период

Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь
Одесский государственный экологический университет, г.Харьков
e-mail: ocean@alpha.mhi.iuf.net, tornado.f5@mail.ru

Аннотация. В работе анализируется влияние основных низкочастотных климатических сигналов (колебаний) в системе океан-атмосфера Северного полушария на формирование аномалий приземной температуры воздуха в зимний период (с декабря по февраль) над территорией Украины и Азово-Черноморского региона. Для каждого из трёх анализируемых месяцев построены карты, на которых представлено преобладающее влияние определённых колебаний в конкретной области исследуемой территории.

Ключевые слова: аномалии, изменчивость, температура воздуха, климат, колебания, Украина, корреляция.

Введение

В системе океан-атмосфера принято выделять различные короткопериодные вариации с типичными периодичностями от 2 до 6-10 лет, которые надёжно выявляются по разным типам данных в определённых районах Земного шара [1]. Такие климатические сигналы являются одним из основных объектов исследования во время анализа климатической изменчивости, поскольку определяют межгодовую вариацию гидрометеорологических полей в глобальном и региональном масштабах.

В течение последних трёх десятилетий в Северном полушарии было выделено несколько центров (или полюсов) низкочастотной изменчивости, которые посредством объектов синоптического масштаба (циклоны, антициклоны, волны Россби и т.п.) оказывают удалённое влияние на климат в определённых районах Евразии, Северной Америки и Гренландии и являются источниками аномалий различных метеорологических полей.

В качестве численных показателей интенсивности и меры изменчивости таких центров дальнего действия, обычно используют специальные климатические индексы, которые рассчитываются на основании разложения полей давления или геопотенциала на эмпирические ортогональные функции (ЭОФ), либо выделяются при помощи коэффициентов пространственной корреляции. Для анализа обычно привлекаются поля приземного давления и поля геопотенциальных высот на уровне 1000, 700 и 500 гПа. По величине полученных индексов и его знаку можно с достаточной степенью надёжности выделить фазовое состояние конкретного режима изменчивости (положительная, либо отрицательная фаза).

В настоящем исследовании мы рассмотрим влияние шести основных сигналов изменчивости, которые были успешно выделены климатологами в тропосфере Северного полушария, а также дадим краткую характеристику по каждому из них.

На основании множества предыдущих исследований, проведенных в различных научных центрах по изучению климата, установлено, что одним из наиболее важных и устойчивых режимов изменчивости в атмосфере Атлантико-Европейского сектора является Северо-Атлантическое колебание (САК) [2,3]. Это квазисинхронные низкочастотные (с периодичностью 6-10 лет) колебания между двумя центрами действия в Северной Атлантике – Исландским минимумом (постоянная область пониженного давления) и Азорским максимумом (малоподвижный субтропический антициклон) (*Walker, Bliss, 1932*). Горизонтальный градиент давления между ними определяет интенсивность западного переноса в средних широтах, особенность циклонической деятельности и погоду над Европейским континентом. Максимальное влияние САК наблюдается именно в зимний период, когда атмосфера в средних широтах динамически активна. Во время положительной фазы (САК+) возникают положительные аномалии приземной температуры в Украине, наиболее выраженные в северных и западных регионах страны, а наименьшее влияние испытывают южные области и Азово-Черноморский регион.

Другим типом изменчивости, который по своей структуре имеет множество сходств с САК является Восточно-Атлантическое колебание (ВАК) [4]. Это колебание является вторым по значимости в Атлантико-Европейском регионе и проявляется во все сезоны года, однако максимальное развитие

получает в также в зимний период (*Barnston A.G., Livezey R.E, 1987*). Пространственная структура ВАК представляет собой диполь аномалий в поле геопотенциала, ориентированный в меридиональном направлении, который охватывает район Северной Атлантики с востока на запад. Центры аномалий ВАК несколько смещены на юго-восток по отношению к диполю Северо-Атлантического колебания. По этой причине, Восточно-Атлантическое колебание часто интерпретируется как «сдвинутым на юг» режимом (или подвидом) САК. Тем не менее, южный центр данного колебания проявляет существенную связь с субтропиками в силу изменений интенсивности и локализации субтропического гребня высокого давления. Именно эта тесная связь с субтропиками определяет главное отличие ВАК от структуры Северо-Атлантического колебания [5]. В Украине положительная фаза ВАК сопровождается повышением приземной температуры воздуха, особенно выраженным на западе и юге страны, а во время отрицательной фазы наблюдается обратная картина.

Менее значимым в Северном полушарии можно назвать Восточно-Атлантическое / Западно-Российское колебание (ВА/ЗР). Обнаружили его (*Barnston A.G., Livezey R.E, 1987*) во время анализа ЭОФ среднемесячных полей геопотенциала на уровне 700 гПа [2]. В то время они назвали эту изменчивость «Евразия-2». В структуре колебания принято выделять 2 главных центра аномалий: в Западной Европе и на севере Каспийского моря. Однако выделяется также третий, менее выраженный, центр у побережья Португалии, который имеет способность периодически мигрировать в сторону Ньюфаундленда. Устойчивые центры аномалий выделяются в течение всего года, однако наиболее активны в зимний период [6]. Влияние данного режима изменчивости на температурный режим в Украине является не существенным, однако в целом, наблюдаются отрицательные аномалии приземной температуры в течение всех зимних месяцев во время положительной фазы колебания.

Как известно, в районе Скандинавского п-ова достаточно часто (особенно в зимний период) происходит формирование холодного антициклона с арктической воздушной массой. Именно эта региональная особенность позволила выявить в данном районе особый тип климатического сигнала, который зависит от степени развитости и временной изменчивости скандинавских антициклонов. Речь идёт о Скандинавском колебании (Сканд – Scand) [4,7]. Главный центр колебания расположен в районе Скандинавского п-ова в области, ограниченной координатами 60 - 70° с.ш., 25 - 50° в.д (*Barnston A.G., Livezey R.E, 1987*). Другие более слабые центры выделяются в Северо-Восточной Атлантике, Западной России и Центральной Сибири (на северо-запад от оз. Байкал). Положительная фаза колебания связана с положительными аномалиями высоты геопотенциальной поверхности 700 гПа и часто отражает наличие блокирующих антициклонов над Скандинавским п-овом и Европейской территорией России (ЕТР). Поэтому во время положительной фазы данного колебания наблюдаются существенные отрицательные аномалии поля приземной температуры в Украине, особенно выраженные на севере и востоке страны.

В 1989 году группой учёных во главе с *Conte* было выявлено новый режим аномальной атмосферной циркуляции над территорией Европейско-Средиземноморского региона – Северноморско-Каспийское колебание (СКК) или North Sea Caspian pattern [8]. Их предложение было основано на эффекте диполя, который они обнаружили между Алжиром и Каиром в среднемноголетних значениях геопотенциальной высоты изобарической поверхности 500 гПа. Позднее с помощью метода линейной корреляции были определены основные центры (полюса) данного типа изменчивости. Оказалось, что один центр локализован над акваторией Северного моря, а второй – над северной частью Каспийского моря. Поскольку территория Украины расположена достаточно близко к одному из полюсов колебания, то данный тип изменчивости представляет для нас особый интерес, и во многом определяет величину аномалий температуры, особенно на юге страны и над акваторией Чёрного и Азовского морей.

Последним типом изменчивости, для которого мы оценили степень влияния, является Арктическое колебание (осцилляция) – АО. Этот климатический сигнал является одним из основных в Северном полушарии и играет огромную роль в перераспределении тепла и влаги между арктическими районами, Северной Атлантикой и Европой [9]. В положительную фазу колебания над Арктикой развивается мощный и устойчивый приземный антициклон, который благодаря своим отрогам приводит к формированию отрицательных аномалий температуры в Восточной Европе. Во время противоположной фазы, тёплый и влажный воздух с низких широт способен проникать далеко на север, формируя значительные положительные аномалии приземной температуры в средних и высоких широтах.

К настоящему времени накопилось множество научных статей, диссертаций и работ по теме влияния определённых низкочастотных климатических сигналов на формирование изменчивости метеорологических величин над территорией Европы. Однако специальный анализ по комплексному воздействию основных климатических сигналов Северного полушария на аномалии приземной температуры в Украине и Азово-Черноморском регионе ещё не проводился. В этом и заключается актуальность темы исследования и новизна полученных результатов.

Материалы и методы исследования

В данном исследовании привлекалось две группы климатических индексов. Первую группу составляют четыре вида индекса, рассчитанные в Национальном центре прогнозирования климата, США (CPC, NOAA) по методике, предложенной в 1987 году *Barnston A.G.* и *Livezey R.E.* [10]. Суть этой методики сводится к расчёту и анализу вращающихся компонент (RPCA) среднемесячных полей стандартизированных аномалий геопотенциальной высоты 500 гПа в Северном полушарии между 20° и 90° с.ш. Аномалии рассчитаны относительно среднего за период 1950 – 2000 гг. В результате разложения на главные компоненты полей аномалий, получаем целую группу индексов, в которой каждый тип индекса следует друг за другом по мере убывания вклада в общую дисперсию анализируемого поля. Каждый индекс отражает определённый режим изменчивости в средней тропосфере Северного полушария и является его количественным показателем. Всего было выделено с помощью данной методики 10 таких режимов (главных компонент), 4 из которых оказывают непосредственное влияние на формирование температурно-влажностных аномалий в Атлантико-Европейском секторе:

- Северо-Атлантическое колебание (САК – NAO)
- Восточно-Атлантическое колебание (ВАК – EAP)
- Восточно-Атлантическое/Западно-Российское (ВА/ЗР – EAWR)
- Скандинавское колебание (Сканд – Scand)

Во вторую группу входят два типа индексов, выделенных в Северном полушарии – Арктическое колебание (АО) и Северноморско-Каспийская осцилляция (СКК - NCP). Арктическое колебание было впервые подробно описано в 1998 году (*Thompson and Wallace*) [9]. Для оценки его интенсивности предложен специальный индекс, который определяется как первая мода разложения на естественные ортогональные функции (ЭОФ) аномалий высоты изобарической поверхности 1000 (либо 700) гПа в Северном полушарии между 20° и 90° град. с.ш. В данный момент расчетом индекса АК занимается несколько центров: Национальный университет в Колорадо, Объединённый институт по изучению атмосферы и океана (JISAO), а также Национальный климатический центр (CPC/NOAA). В текущем исследовании были использованы значения индекса, предоставленные последним центром (CPC) [11].

Индекс Северноморско-Каспийской осцилляции определяется по методике, предложенной *Kutiel* и *Benaroch* [8]. В работе использовались среднемесячные значения данного индекса за период с 1948 по 2005 гг., опубликованные на сервере Центра климатических исследований университета Восточной Англии - Climatic Research Unit, University of East Anglia [5].

В дополнении к вышеприведенным типам климатических индексов, в исследовании применялись данные ре-анализа среднемесячных значений приземной температуры воздуха с декабря по февраль включительно в узлах регулярной сетки, с пространственным разрешением 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, США за период 1950 – 2012 гг [12].

Основным методом статистической обработки исходных данных послужил корреляционный анализ, благодаря которому были получены коэффициенты корреляции шести режимов изменчивости со среднемесячными значениями приземной температуры в каждом из 77 узлов регулярной сетки на выбранной территории. Данная методика позволила оценить степень и характер влияния различных низкочастотных сигналов в системе океан-атмосфера на исследуемую область.

Процедура исследования заключалась в поэтапной обработке исходной информации. Сперва для конкретного месяца строится временной ряд индекса колебания. Далее, предварительно убедившись, что статистический ряд подчиняется нормальному закону распределения, определяется среднее значение, дисперсия (σ^2) и среднее квадратическое отклонение - СКО (σ) [13]. 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. 1.

В итоге, для каждого месяца мы получаем выборку лет с экстремально высокими и экстремально низкими значениями определённого индекса. Как правило, количество таких лет варьирует в пределах 13-18 в зависимости от конкретного месяца и режима изменчивости. Затем проводим корреляционный анализ по общепринятой методике [13], реализованный в программе «Kor.exe» между экстремальными значениями каждого индекса и среднемесячной температуры воздуха в каждом узле регулярной сетки. Конечным продуктом исследования являются среднемесячные значения индекса корреляции между температурой воздуха и шестью режимами изменчивости циркуляции в Атлантико-Европейском секторе в узлах сетки 2,5 x 2,5°.

Полученные результаты и их анализ

Главной целью данного исследования является комплексный корреляционный анализ, который позволяет выделить районы с преобладающим воздействием определённого режима изменчивости

на температурные аномалии в течение всего холодного сезона (по отдельности для каждого из трёх месяцев).

Для этого, из шести полученных рядов коэффициентов корреляции (соответственно, для шести режимов изменчивости) были отобраны наиболее значимые коэффициенты корреляции (по численному значению) в каждом из 77 узле координатной сетки. По значению отобранных коэффициентов построены три поля (для декабря, января и февраля) с преобладающими значениями коэффициентов корреляции в каждой точке пространства (с учётом знака). Этот подход позволил с высокой степенью достоверности выделить зоны в пределах исследуемой территории, где за формирование температурных аномалий ответственно конкретное низкочастотное колебание.

С целью идентификации на карте, каждому климатическому сигналу был присвоен порядковый номер:

- Арктическое колебание (1)
- Северо-Атлантическое колебание (2)
- Восточно-Атлантическое (3)
- Восточно-Атлантическое / Западнороссийское - (4)
- Скандинавское - СК (5)
- Северо-каспийское колебание - СКК (6)

Далее проанализируем полученные поля более подробно для каждого зимнего месяца по отдельности (рис. 1-3).

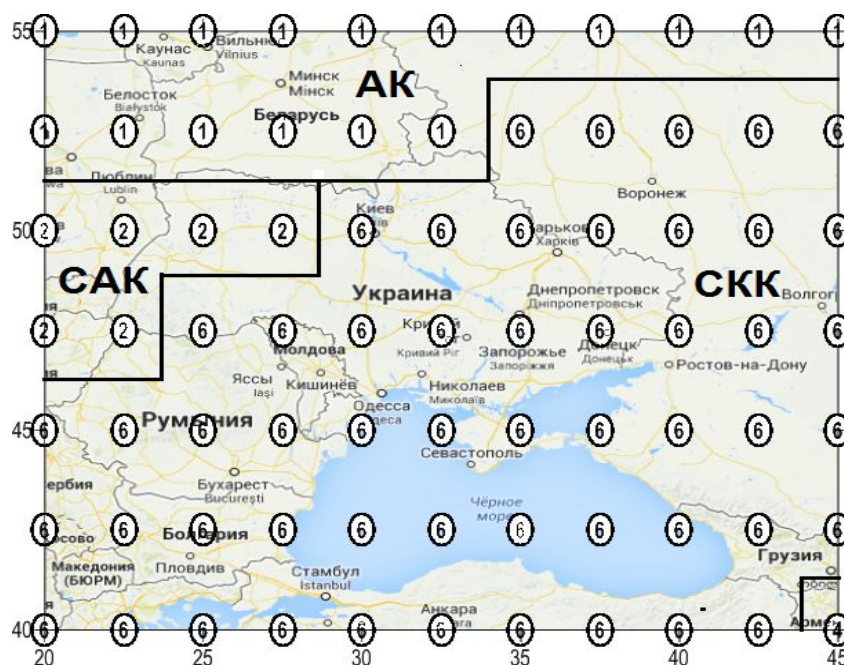


Рис.1. Комплексная карта совместного влияния различных типов изменчивости в Атлантико-Европейском секторе на аномалии приземной температуры в декабре

В декабре практически 70% всей исследуемой области находится под влиянием Северо-Каспийской осцилляции (рис.1). На крайнем севере области преобладает воздействие Арктического колебания, а на западе региона выделяется небольшая зона с влиянием САК. Таким образом, из шести режимов изменчивости, только половина оказалась доминирующей, которые являются основными источниками формирования температурных аномалий. Другие климатические сигналы оказывают уже второстепенное влияние на формирование аномалий приземной температуры. Таким образом, можно вывести ряд заключительных положений:

- во время положительной фазы Арктического колебания возникают положительные аномалии приземной температуры над Беларусью, крайним севером Украины и частично на Европейской территории России (ЕТР).

- Полесье Украины, Закарпатье и примыкающие регионы Польши, Чехии и Словакии проявляют существенные положительные аномалии в температуре воздуха при положительной фазе Северо-Атлантического колебания.

- Температурные аномалии на остальной части исследуемого региона (большая часть Украины, Азово-Черноморский регион, Кубань и страны Балканского п-ова) обязаны своим возникновением Североморско-Каспийскому колебанию, положительная фаза которого сопровождается существенными отрицательными аномалиями температуры воздуха в перечисленных районах.

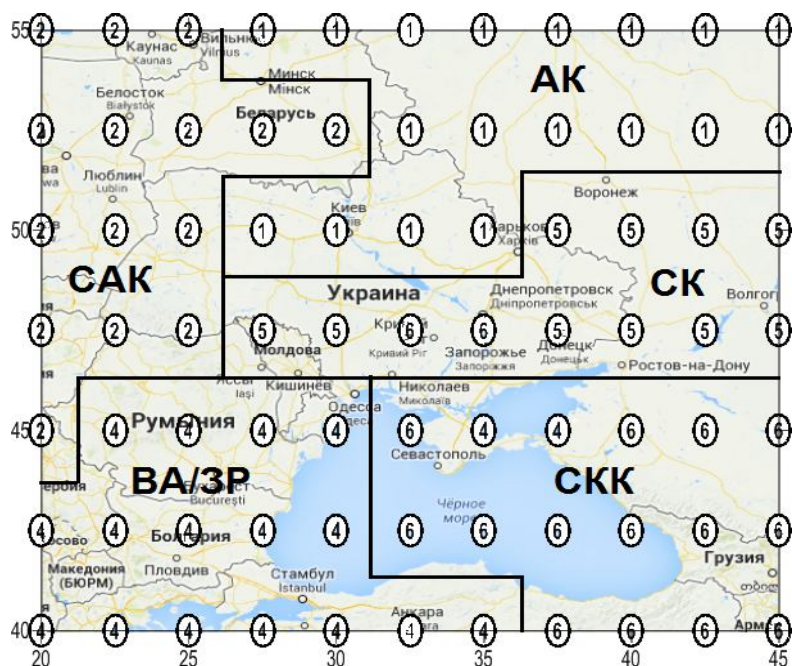


Рис.2. Комплексная карта совместного влияния различных типов изменчивости в Атлантико-Европейском секторе на аномалии приземной температуры в январе

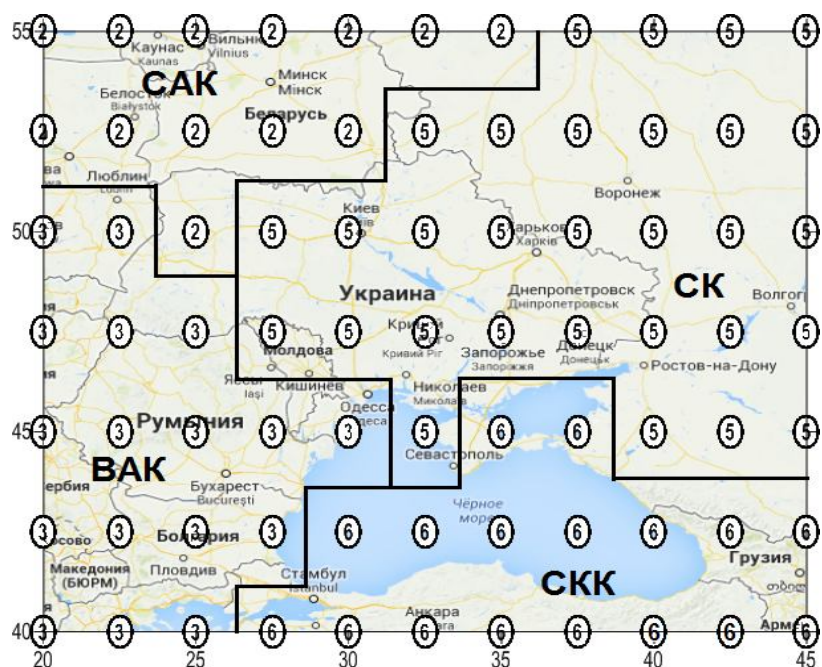


Рис.3. Комплексная карта совместного влияния различных типов изменчивости в Атлантико-Европейском секторе на аномалии приземной температуры в феврале

В январе картина становится более сложной, чем в предыдущем месяце. Как видно из рисунка 2, каждому региону свойственен определённый тип изменчивости, который является преобладающим над конкретной территорией в данном месяце. Визуально всё поле можно поделить на 5 кластеров или кластеров: Северо-восток (с преобладающим влиянием АК), Северо-запад (САК), юго-запад и юго-восток (соответственно, ВА/ЗР и СКК) и небольшой сектор на востоке – Скандинавское колебание. Если же рассматривать лишь территорию Украины, то в целом получается следующее распределение:

- на западе страны преобладающее влияние САК (ответственно за положительные аномалии температуры воздуха при положительной фазе колебания)
- на севере страны температурные аномалии формируются преимущественно за счёт Арктического колебания.
- восток Украины больше всего подвержен действия Скандинавского колебания, которое ответственно за подавляющую часть возникающих аномалий в данном регионе (прежде всего речь идёт об отрицательных аномалиях во время положительной фазы колебания).

- в центре и на юге страны наблюдается перекрёстное воздействие ВА/ЗР и СКК, поэтому весьма сложно выделить определённый режим изменчивости как преобладающий.

В феврале (рис. 3) становится заметным преобладание Скандинавского режима изменчивости (жёлтый маркер), которое распространяется на большую территорию, по сравнению с прошлым месяцем. Его влияние просматривается практически над всей Украиной и ЕТР. Арктическое колебание вытесняется Северо-Атлантическим, а над Балканами вместо ВА/ЗР появляется преобладание Восточно-Атлантического колебания (серый маркер). И на юго-востоке территории, включая частично Чёрное море, Турцию и Грузию сохраняется преобладающее влияние СКК.

Выводы

В результате проделанной работы, нами были представлены комплексные карты, где наглядно видно влияние отдельных низкочастотных режимов изменчивости на определённые районы исследуемой территории. Зная особенности влияния различных колебаний в зависимости от фазы, полученные результаты можно использовать в долгосрочных прогнозах температуры воздуха в холодный сезон.

В зависимости от месяца, на формирование аномалий температуры в различных районах Украины влияют определённые климатические сигналы. Так, в декабре на западе страны определяющую роль в формировании температурных аномалий играет Северо-Атлантическое колебание, на остальной территории – Северо-Каспийское колебание. В январе ответственными за температурные аномалии в Украине являются 4 климатических режима изменчивости: на западе – Северо-Атлантическое колебание, на севере страны – Арктическое колебание, на востоке и центре Скандинавское колебание, в Крыму – Северо-Каспийское колебание. В феврале именно Скандинавское колебание является определяющим в формировании температурных аномалий на большей части Украины (за исключением крайних западных областей и Крыма).

Литература

1. Полонский А. Б. Роль океана в изменениях климата / Полонский А. Б. – Киев: Наукова Думка, 2008. – 184 с.;
2. Североатлантическое колебание: описание, механизмы и влияние на климат Евразии / А. Б. Полонский, Д. В. Башарин, Е. Н. Воскресенская, С. Ворли // Морской гидрофизический журнал. – 2004. - №2. С. 42 – 57.
3. Glowienka-Hense R. The North Atlantic Oscillation in the Atlantic European SLP / Glowienka-Hense R. // Tellus. – 1990. №5. – P. 497 – 507.
4. Barnston A. G. Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns / A. G. Barnston, R. E. Livezey // Monthly Weather Rev. – 1987. – 115, N6. – P. 1083 – 1126.;
5. Нестеров Е. С. О Восточно-атлантическом колебании циркуляции атмосферы / Е. С. Нестеров // Метеорология и гидрология. 2009., № 12. с. 32–40.
6. Krichak S. O. Decadal trends in the East Atlantic–West Russia Pattern and Mediterranean precipitation / Simon O. Krichak, Pinhas Alpert // Int. J. Climatol. – 2005. – 25. – P. 183–192.
7. Cholaw Bueh Scandinavian pattern and its climatic impact / Cholaw Bueh, Hisashi Nakamura // Q. J. R. Meteorol. Soc. – 2007. – 133. – P. 2117–2131.
8. Kutiel H. North Sea-Caspian Pattern (NCP) ± an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition / H. Kutiel, Y. Benaroch. – Department of Geography, University of Haifa, Haifa, Israel, 2001;
9. Thompson D. W. J. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields / D. W. J. Thompson, J. M. Wallace // Geophys. Res. Lett. – 1998. – 25, No. 9. – P. 1297–1300.
10. Climate Prediction Center // Northern Hemisphere Teleconnection Patterns. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>
11. Climate Prediction Center // Monitoring and Data. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao_index.html
12. Earth System Research Laboratory // NCEP/NCAR Reanalysis 1. . – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>
13. Школьный Е. П. Обработка и анализ гидрометеорологической информации / Е. П. Школьный, И. Д. Лоева, Л. Д. Гончарова. – Одесса, 2000, – 600 с.

Анотація О. Б. Полонський, І. О. Кібальчич **Сумісна дія основних режимів мінливості в системі Океан-Атмосфера в Атлантико-Європейському секторі на аномалії температури в Україні та Азово-Чорноморському регіоні у зимовий період.** В роботі аналізується вплив основних низькочастотних кліматичних сигналів (коливань) в системі океан-атмосфера Північної півкулі на формування аномалій приземної температури повітря у зимовий період (грудень - лютий) над територією України та Азово-Чорноморським регіоном. Для кожного з трьох аналізованих місяців побудовані карти, на яких представлений переважаючий вплив певних коливань в конкретному районі досліджуваної території.

Ключові слова: аномалії, мінливість, температура повітря, клімат, коливання, Україна, кореляція.

Abstract. A. Polonsky, I. Kibalchich **Sharing influence of the main modes of variability in the ocean-atmosphere system in the Atlantic-European sector of the temperature anomalies in Ukraine and the Azov-Black Sea region in winter.** This paper analyzes the influence of main low-frequency climate signals (oscillations) in ocean-atmosphere system in the Northern Hemisphere on the formation of surface air temperature anomalies in winter (from December to February) over the territory of Ukraine and the Azov-Black Sea region. The maps were constructed for each of the three months in which the predominant influence of certain oscillations in a specific area of the study region.

Keywords: anomaly, variability, temperature, climate, oscillations, Ukraine, correlation.

Поступила в редакцію 27.01.2014 г.