

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ  
ВОЗДУХА В СЕВЕРНОМ И ЮЖНОМ ПОЛУШАРИИ  
И РЕГИОНАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
В АТЛАНТИКО-ЕВРОПЕЙСКОМ СЕКТОРЕ  
И РАЙОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

*д-р физ.-мат. наук В.Ф.МАРТАЗИНОВА,  
д-р физ.-мат. наук В.Е.ТИМОФЕЕВ*

*Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт, г. Киев,  
nigmi2@yandex.ru*

*Сопоставляются изменения климата в рамках последнего столетия и соответствующие преобразования атмосферной циркуляции в отдельных районах Северного и Южного полушарий.*

*Современный характер атмосферной циркуляции показан для Атлантико-Европейского сектора и района Антарктического полуострова при помощи эталонных синоптических процессов. Эпохе современного потепления соответствует большая устойчивость преобладающих форм циркуляции, что особенно выражено в Южном полушарии.*

*С другой стороны, изменение атмосферной циркуляции воздуха в Атлантико-Европейском секторе произошло в сторону увеличения аномальных погодных условий. Появление в числе наиболее вероятных такого процесса, который приводит к опасным погодным условиям, относится к важным аспектам в изучении атмосферной циркуляции и четко указывает на повышенную степень аномальности современного климата. Обнаруженная квазипериодичность атмосферных процессов как в Северном, так и в Южном полушариях может использоваться для совершенствования методов прогноза погоды различной заблаговременности.*

*Ключевые слова:* атмосферная циркуляция, изменение климата, глобальное потепление, эталон синоптической ситуации, Атлантико-Европейский сектор, Антарктический полуостров

**ВВЕДЕНИЕ**

Климат Земли на протяжении XX столетия испытывал значительные изменения, которые наиболее четко проявлялись в повышении глобальной температуры — основной характеристики климата Земли. Особенно глобальное потепление сказалось к концу XX — началу XXI вв., в результате чего во многих регионах земного шара отмечается большое количество глобальных климатических аномалий. За счет этого региональные климаты всего земного шара к настоящему времени существенно преобразовались.

Анализ изменения климата обычно проводят с помощью временного ряда наблюдений по температуре и осадкам за достаточно длительный период по отдельным пунктам. Однако такой анализ не позволяет учитывать связь этих параметров во времени и пространстве и рассматривает их как независимые самостоятельные наблюдения. В данной работе изменение регионального климата исследуется не через длинные ряды наблюдения метеорологических элементов в отдельных пунктах, а с помощью анализа полей давления воздуха у поверхности земли, которые отвечают за пространственное распределение крупномасштабной и региональной атмосферной циркуляции воздуха. Такой подход позволяет анализировать

изменение атмосферной циркуляции от года к году, от десятилетия к десятилетию со всем связанным комплексом погодных условий во времени и пространстве. Кроме того, такой подход дает понимание преобразования современного климата. В данном исследовании используется архив метеорологических полей Северного и Южного полушарий за период глобального потепления в XX столетии. Приводится анализ преобразования атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе за 100-летний период наблюдений и южной полярной области (район Антарктического полуострова) за четыре последних десятилетия.

#### ВЕКОВОЙ ХОД АНОМАЛИИ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

В вековом ходе глобальной температуры предыдущего столетия мы определяем следующие три периода аномалии глобальной температуры поверхности Земли, Северного и Южного полушарий (рис. 1):

– **период первого глобального потепления XX в.** – временной интервал со второго десятилетия века и до конца 1940-х гг. характеризуется первым интенсивным повышением глобальной температуры;

– **период стабилизации** – с конца 1940-х до конца 1970-х гг. отмечается относительная стабильность глобальной температуры воздуха, и ее значения соответствуют температуре конца предыдущего периода;

– **период второго глобального потепления XX в.** – с конца 1970-х гг. по настоящее время отмечается новый второй интенсивный подъем температуры, при котором рекордные значения XX в. достигнуты в последние десятилетия и начале XXI в.

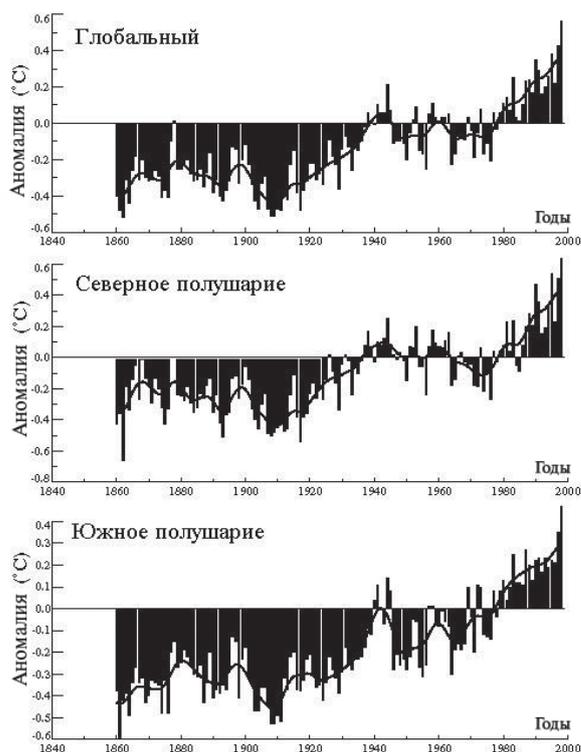


Рис. 1. Вековой ход аномалии температуры воздуха: глобальной, по Северному и Южному полушарию (внетропические широты), данные университета Восточной Англии

При этом выделенные климатические эпохи просматриваются как в целом глобальном масштабе, так и во внетропических областях обоих полушарий.

Выделенные периоды глобального потепления позволяют под другим углом рассматривать глобальное потепление и также проанализировать изменения глобальной температуры внутри каждого периода. Из приведенного графика следует, что резкий подъем температуры начался с начала второго десятилетия XX в., с этого момента происходит непрерывное от года к году повышение температуры в течение последующего периода, близкого к трем десятилетиям.

Можно отметить, что насыщение глобального потепления (или стабилизация глобальной температуры) происходит с середины XX в. на протяжении последующего квазитридцатилетнего периода. Значения глобальной температуры в этот период меняются незначительно, хотя в отдельные годы отмечаются отрицательные аномалии в глобальном масштабе и в Северном полушарии. В Южном полушарии отмечаются незначительные отрицательные аномалии в период стабилизации. Такое изменение глобальной температуры в 1970-е гг. привело многих ученых к мнению о дальнейшем изменении климата в сторону похолодания. От такого прогноза воздержались несколько ученых, и одним из них был М.Будыко [5–8], который на основании своей модели предсказал дальнейшее потепление под влиянием эффекта парниковых газов. Дальнейшие изменения глобальной температуры подтвердили прогноз М.Будыко. После периода стабилизации началось вторичное глобальное потепление, которое, по всей видимости, также продлится около 30 лет, и его окончания следует ожидать к концу первого десятилетия XXI в. То температурное насыщение, которое получит климатическая система к этому времени, вероятно, вновь завершится периодом стабилизации глобальной температуры (периодом релаксации), как это уже было в середине предыдущего столетия. Таким образом, исходя из вышеизложенных соображений, можно считать период на протяжении последующих 30 лет относительно предсказуемым.

Вековое изменение глобальной температуры в первую очередь отразилось на крупномасштабной атмосферной циркуляции и формируемых ею погодных условиях в регионах. В результате к началу XXI в. климаты отдельных регионов существенно преобразовались. С другой стороны, вторичное потепление происходит согласованно во времени в таких удаленных районах, как Центральная Сибирь, Европа, Аляска, Антарктический полуостров [1, 15–16, 24, 25, 28, 35, 37, 43]. Результатом потепления в полярных районах явилось сокращение оледенения и морских льдов [10, 11, 34, 36].

Целью данной статьи было показать преобразование атмосферной циркуляции предыдущего века от десятилетия к десятилетию в отдельных районах обоих полушарий и получить представление о современном состоянии циркуляции начала XXI в.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Информационной основой исследования послужил имеющийся архив барических полей у поверхности Земли и на среднем уровне тропосферы для Северного и Южного полушарий за период 1964–2006 гг. Данные давления в узлах регулярной сетки с шагом  $5^\circ$  по широте и  $10^\circ$  по долготе в Северном полушарии за 1881–1990 гг. получены из ВНИИГМИ-МЦД (Обнинск), климатических справочников ГГО им. А.И.Воейкова, а средние поля давления первых десятилетий XX в. – в [27].

Данные с 1986 г. принадлежат архиву, созданному в отделе климатических исследований и долгосрочного прогноза Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института (УкрНИГМИ), и представлены значениями в узлах регулярной географической сетки с шагом  $5^\circ$  по широте и долготе для барических полей на территории  $30^\circ$  з.д. –  $70^\circ$  в.д. и  $40$ – $70^\circ$  с.ш. Для Южного полушария

использовались данные реанализа ERA-40, Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды за период с 1961 по 2002 г., шаг сетки  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ . По сведениям [25], имеются некоторые неточности при восстановлении метеорологических полей над районами, занятыми морским льдом в Арктике и Антарктике. Однако крупномасштабные характеристики полей давления при этом сохраняются.

В работе использованы также данные наблюдений украинских климатических станций, а также станций Антарктического полуострова с наиболее продолжительными рядами: Академик Вернадский ( $65,2^\circ$  ю.ш.,  $64,2^\circ$  з.д., за период 1951–2005 гг.), Беллинсгаузен ( $62,2^\circ$  ю.ш.,  $58,9^\circ$  з.д., 1961–2005 гг.), Оркадас ( $60,7^\circ$  ю.ш.,  $44,7^\circ$  з.д., 1951–2003 гг.), Розера ( $67,3^\circ$  ю.ш.,  $68,1^\circ$  з.д., 1957–2004 гг.), Эсперанца ( $63,3^\circ$  ю.ш.,  $56,8^\circ$  з.д., 1953–2004 гг.). Эта информация является частью (<http://www.antarctica.ac.uk/met/READER/surface/stationpt.html>) международного проекта READER.

Климат в рамках отдельно взятого периода времени определяется наиболее вероятным синоптическим процессом этой выборки. Для классификации синоптических процессов использовался известный метод аналогов [7, 32]. Многообразие синоптических процессов одного класса в данной работе описываем полем-эталоном. Поле-эталон каждого класса определяет наилучшее сходство со всеми синоптическими процессами данной выборки. Эталон синоптической ситуации есть единственное наиболее информативное поле класса. Эталоны наиболее вероятных классов каждого десятилетия позволяют проводить сравнительный анализ преобразования атмосферной циркуляции от десятилетия к десятилетию.

Все метеорологические поля в электронной версии архива представлены в виде вектора:

$$X_j = \{x_i\}_j = (x_1, x_2, \dots, x_K)_j, \quad i = 1, 2, \dots, K, j = 1, 2, \dots, N,$$

где  $x_i$  – значение метеорологической величины,  $K$  – количество узлов регулярной сетки,  $N$  – количество полей в архиве.

В целом архив метеорологических полей представлен в виде матрицы  $\mathbf{X}$  с элементами  $x_{ij}$ , которые соответствуют значениям метеорологической величины в  $i$  узле регулярной географической сетки поля  $j$  электронного архива:

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ \dots \\ X_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{21} & \dots & x_{i1} & \dots & x_{K-11} & x_{K1} \\ x_{12} & x_{22} & \dots & x_{i2} & \dots & x_{K-12} & x_{K2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1N} & x_{2N} & \dots & x_{iN} & \dots & x_{K-1N} & x_{KN} \end{pmatrix},$$

где  $i = 1, 2, \dots, K, j = 1, 2, \dots, N$ .

Для распознавания наиболее информативного синоптического процесса используются два критерия аналогичности, которые принадлежат к разным типам меры подобия метеорологических полей [4, 12].

Критерий  $\rho$  позволяет оценить геометрическое сходство барических полей по знаку аномалии двух полей:

$$\rho = \frac{n_+ - n_-}{K},$$

где  $K$  – общее количество узлов регулярной сетки,  $n_+$  – количество узлов, где знаки аномалий двух полей совпадают,  $n_-$  – количество узлов, где знаки аномалий полей противоположны. Значение критерия изменяются в пределах  $-1 \leq \rho \leq 1$ .

Знак аномалии определялся отклонением давления в каждой точке от пространственного среднего значения поля.

В качестве второго критерия аналогичности использовался средний квадрат расстояния между двумя полями, который определяется по формуле:

$$\eta^2 = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (x_{ij} - x_{il})^2,$$

где  $x_{ij}$  и  $x_{il}$  — значение барического поля в  $i$ -ом узле регулярной сетки  $j$ -го и  $l$ -го полей.

Критерии аналогичности  $\rho$  и  $\eta$  не связаны между собой и отвечают за разные физические характеристики поля, что и определило целесообразность их использования.

Если в классе выявляется несколько информативных полей с одинаковой вероятностью, то они могут в данном классе создать подклассы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции от десятилетия к десятилетию (Атлантико-Европейский сектор)

Крупномасштабная атмосферная циркуляция в Северном полушарии имеет трехвихревую систему, в которой основную роль играют климатические центры действия атмосферы (ЦДА). На рис. 2 представлена планетарная трехвихревая атмосферная циркуляция на среднем уровне тропосферы для зимнего сезона в Северном полушарии, с наличием европейской, азиатской и американской ложбин. Как известно, у поверхности им соответствуют климатические ЦДА низкого давления: алеутская депрессия, исландский минимум, а также максимумы: канадский, азорский (зимой — северо-атлантический), а также сибирский сезонный.

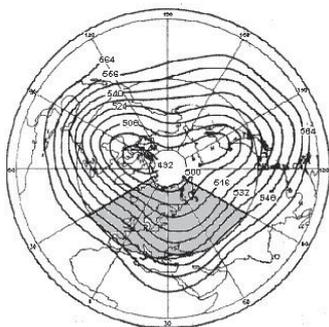


Рис. 2. Среднее поле АТ-500 гПа для зимнего сезона в Северном полушарии

Каждая пара состоит из климатического минимума и максимума давления планетарной трехвихревой волны в Северном полушарии и занимает около  $120^\circ$  по долготе. Как правило, все изменения одной пары сопряжены с изменениями других, а отклонение центра действия атмосферы от своего климатического географического положения приводит к аномальным погодным условиям на окружающей его территории. Поэтому для исследования любой региональной циркуляции необходимо учитывать циркуляцию воздуха на территории, превышающей ее и равной по протяженности с запада на восток  $120^\circ$ , при этом территория региона должна располагаться по возможности в центре расширенной территории.

Объектом исследования была выбрана крупномасштабная атмосферная циркуляция в пределах Атлантико-Европейского сектора (АЕС). Барические образования этого района оказывают влияние на формирование ежедневных погодных условий

выбранного участка, к тому же преобразование барических образований в АЕС в сторону усиления меридиональности или зональности указывает на преобразование всей планетарной системы во всем Северном полушарии. Таким образом, в данной работе анализ векового изменения приземного поля давления воздуха в Атлантико-Европейском секторе проведен с целью выявления основных черт современной региональной циркуляции и связанных с ней погодных условий в Европе.

Построение средних полей давления от десятилетия к десятилетию позволило проследить преобразование атмосферной циркуляции на протяжении периодов глобального потепления в XX в. На рис. 3 в качестве примера пространственные преобразования полей давления у земли в зимний сезон представлены средними полями давления последних десятилетий трех периодов изменения глобальной температуры в XX в. (о которых шла речь в начале данной статьи), а также полем давления первого десятилетия (1900–1909 гг.), после которого началось глобальное потепление.

Поле давления в Северном полушарии зимнего сезона первого десятилетия XX в. характеризуется активизацией исландского минимума, а также усилением антициклонической деятельности субтропического происхождения над Европой. Все остальные ЦДА в это десятилетие оказываются ослабленными. Такой тип барического поля способствует теплым зимам в Европе, а юго-западная периферия обширного исландского минимума благоприятствует проникновению теплого воздуха в полярные широты.

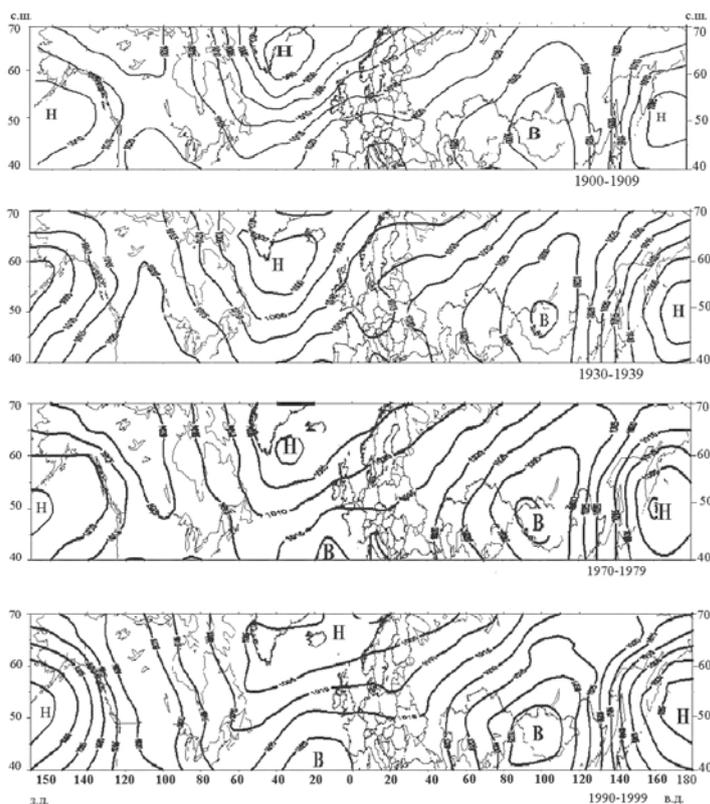


Рис. 3. Средние поля давления зимнего сезона в Северном полушарии: 1900–1909, 1930–1939, 1970–1979, 1990–1999 гг.

Однако на протяжении первого периода глобального потепления происходит активизация всех ЦДА. При этом особенное значение приобретает сибирский максимум, создавая суровые зимы на всей территории Евразии. Обострение атмосферной циркуляции в Северном полушарии к концу первого периода глобального потепления сохраняется на протяжении всего периода стабилизации глобальной температуры. Поэтому средние карты рис. 3 практически аналогичны по состоянию центров действия атмосферы. К концу XX в. интенсивность атмосферной циркуляции уменьшается и приближается по распределению барического поля и состоянию ЦДА к первому десятилетию. Поэтому зимы в Европе и Сибири вновь отмечаются теплыми (выше климатической нормы). В настоящее время по юго-западной периферии исландского минимума выносятся достаточно теплого воздуха с южных широт в заполярье, чтобы повысить там температурный режим зимой [17].

Таким образом, атмосферная циркуляция конца XX в. (1990–1999 гг.) аналогична циркуляции начала XX в. Наибольшее преобразование атмосферной циркуляции в зимний сезон к концу столетия наблюдается в Атлантико-Европейском секторе.

Изменения полей давления на протяжении первого и второго периодов глобального потепления XX в. не только имеют различные тенденции изменения по пространству, но к тому же обратные по знаку (рис. 4). Если в течение периода первичного глобального потепления происходит рост давления над центральной Сибирью и понижение давления над Атлантикой, то в течение второй фазы потепления отмечаются обратные атмосферные процессы – падение давления над Сибирью и повышение давления над Атлантикой. Изменение давления воздуха в течение периода первого глобального потепления, учитывая данные об изменениях парниковых газов из документов ВМО, 2005 г., происходит под влиянием преимущественно естественных факторов. Поэтому изменение давления первого периода глобального потепления зависит от естественных причин, которые на протяжении всей истории меняли климат Земли. Вторая фаза глобального потепления, без сомнений, продолжает происходить под влиянием тех же естественных

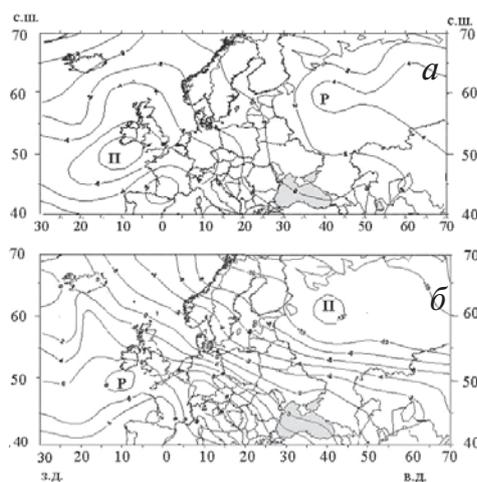


Рис. 4. Изменение поля давления на протяжении первого (1911–1940 гг.) и второго (1977–2006 гг.) периодов повышения глобальной температуры в Атлантико-Европейском секторе: разность между 1930–1939 гг. и 1900–1901 гг. (а) и разность между 1965–1976 гг. и 1995–1996 гг. (б)

факторов, но в то же время и под влиянием растущих концентраций парниковых газов.

Таким образом, изменение поля давления в течение первого периода глобального потепления привело к морозным зимам в Европе, а в течение второго периода – к теплым зимам в Европе. Изменения поля давления в течение первого и второго периодов потепления имеют противоположные значения. Если во время периода первичного потепления отмечается смещение сибирского максимума к западу на 10–15°, то в течение периода вторичного потепления происходит смещение его к востоку на 20°.

#### Основные черты современной региональной атмосферной циркуляции и погодных условий в Атлантико-Европейском секторе

Определение наиболее вероятного состояния атмосферной циркуляции воздуха из многообразия синоптических процессов и объема необходимой для этого информации электронного архива является сложной задачей объективной классификации атмосферных процессов. Метеорологи на протяжении всего периода развития данной науки неоднократно пытались создать объективную классификацию циркуляции на основе синоптического опыта. Известные макромасштабные типизации атмосферной циркуляции (Вангенгейма–Гирса, Дзердзеевского, Баура, Гесса–Брезовского, Лэмба, Каца и ряда других) были предложены в середине предыдущего столетия. Как показано выше, атмосферная циркуляция к концу XX в. существенно изменилась, и поэтому объективно классифицировать ее с помощью этих типизаций стало затруднительно. Чтобы понять современную циркуляцию воздуха с ее опасными и стихийными метеорологическими явлениями над регионом в отдельные дни, необходимо классифицировать все многообразие синоптических процессов каждого десятилетия в отдельности и выявить наиболее вероятное их состояние в каждом десятилетии. В результате для решения данной задачи был применен разработанный нами метод на основе теории распознавания образов для нахождения наиболее информативного поля атмосферной циркуляции воздуха – поля-эталона [32, 40]. Понятие «эталон» относится к барическому полю, которое обладает наибольшим подобием с остальными полями в данном множестве. Поле-эталон атмосферной циркуляции наиболее вероятного класса характеризует преобладающий тип пространственного распределения давления и, следовательно, атмосферный процесс с наибольшей частотой формирования. С этой точки зрения эталонный синоптический процесс играет ведущую роль в формировании режима атмосферной циркуляции и климата

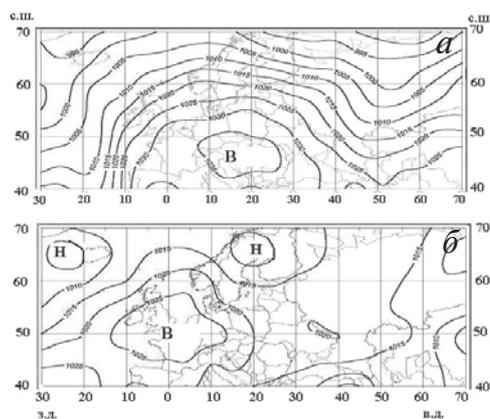


Рис. 5. Эталоны полей давления воздуха наиболее вероятного класса на уровне моря в Атлантико-Европейском секторе в январе (а) и июле (б) 1991–2006 гг.

отдельных регионов исследуемой территории в каждом десятилетии. Эталон барического поля наиболее вероятного класса последних десятилетий представлен на рис. 5. Обеспеченность данного эталона в зимний и летний сезоны составляет около 60 %.

В результате последних преобразований атмосферной циркуляции воздуха в пределах АЕС во все сезоны года погодные условия преимущественно определяются областью высокого давления субтропического происхождения. В результате температура воздуха в Европе заметно возросла, особенно зимой, под влиянием новой циркуляции – холодный воздух Сибири в последние два десятилетия практически не распространяется на запад, и тем самым не создается устойчивых морозных погодных условий.

Это одно из объяснений повышения температуры воздуха в последние десятилетия зимой в Европе. Если в зимние периоды в середине предыдущего столетия преобладали отрицательные температуры и более актуальным был прогноз оттепелей, прежде всего для сельского хозяйства, то в последние зимы преобладают безморозные периоды, а резкие похолодания между ними имеют характер аномальных и значительно труднее прогнозируются.

В качестве примера повышения температуры воздуха приводится средняя суточная температура воздуха февраля для г. Киева за 1991–2006 гг. и 1961–1990 гг. (рис. 6). Повышение зимней температуры последних десятилетий относительно стандартной климатической нормы составляет 3–4 °С. Однако следует указать, что в

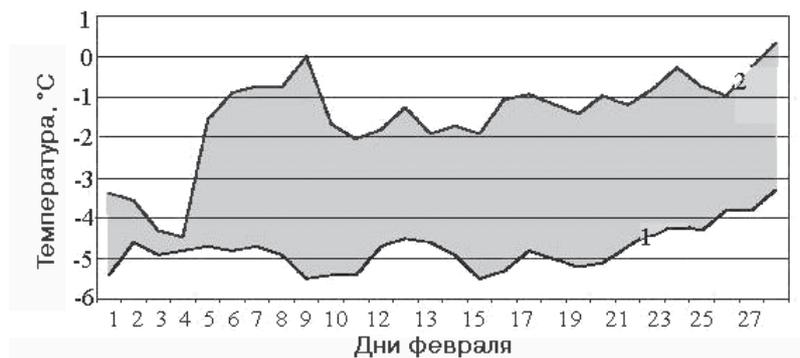


Рис. 6. Изменение зимней температуры воздуха в Киеве за 1991–2006 гг. относительно средней температуры стандартного климатического периода 1961–1990 гг. (февраль): 1 – климатическая норма 1961–1990; 2 – 1991–2006 гг.

новых условиях температурный режим в Европе стал резко неустойчивым, сильные похолодания не прекратились, но стали кратковременными. Похолодание в настоящее время происходит за счет вторжения арктического воздуха по восточной высотной периферии развитого субтропического максимума. В результате по интенсивности такие похолодания не уступают холоду из Сибири, но имеют небольшую продолжительность, как правило, 2–3 дня.

Таким образом, исходя из анализа эталонов синоптической ситуации последних десятилетий во все сезоны, погодные условия на большей части Европы, включая территорию Украины, находятся преимущественно под влиянием теплых воздушных масс субтропического происхождения. Преобладание (это следует из вида поля-эталона давления) в указанных регионах антициклональной погоды, связанной с азорским максимумом, приводит здесь к частому формированию положительных

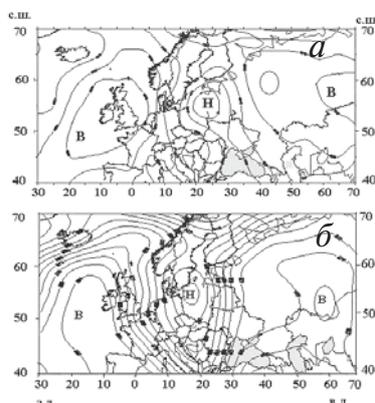


Рис. 7. Эталон класса полей давления у поверхности Земли (а) и на уровне 500 гПа (б) в период 1991–2006 гг., сопровождавшийся стихийными и опасными метеорологическими явлениями

аномалий температуры воздуха и дефициту осадков, что является особенностью климатического режима последних десятилетий [18, 30, 32]. Поэтому в летний сезон преобладание области высокого давления создает засушливые погодные условия.

Увеличение в последние десятилетия количества стихийных и опасных метеорологических явлений, а также резкую неустойчивость температурного режима можно объяснить появлением преобладающего процесса нового типа. Класс этой циркуляции является следующим после наиболее вероятного класса (рис. 7), причем поле давления характеризуется узкой областью низкого давления с центром над Центральной Европой, простирающейся до Балканского полуострова.

На среднем уровне тропосферы (500 гПа) приземной области низкого давления соответствует активная зона высотного циклона, которая и создает условия для выпадения ливневых осадков. Приведенные на рис. 5 и 7 синоптические ситуации в последние десятилетия имеют разную вероятность и являются противоположными в распределении давления. Если наиболее вероятная синоптическая ситуация (рис. 5) создает засушливые атмосферные процессы в Украине, то вторая по вероятности (рис. 7) приводит к выпадению сильных ливневых дождей в пределах месячной нормы за сутки. Таким образом, две приведенные синоптические ситуации являются основными в современной циркуляции воздуха и в большой степени отвечают за современный характер регионального климата. При этом надо отметить, что два наиболее вероятных типа циркуляции воздуха приводят к аномальным погодным условиям. К наиболее аномальной, сопровождающейся стихийными и опасными метеорологическими явлениями, относится синоптическая ситуация с ливневыми дождями (рис. 7), именно она отвечает за многие экономические ущербы и человеческие жертвы от погодных условий в Европе (например, наводнение в Чехии и Германии 2002 г.).

#### АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ В ЮЖНОЙ ПОЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ

Основные черты крупномасштабной циркуляции атмосферы южной полярной области (ЮПО) изучены достаточно хорошо, причем известно, что она в целом проще, чем во внетропических широтах Северного полушария. Западно-восточный перенос в умеренных широтах Южного полушария более интенсивен, с наличием пояса низкого давления в Южном океане, что обуславливает меньшую интенсивность антициклонального блокирования [23, 40]. Практически все барические образования эволюционируют здесь над океанской поверхностью, и лишь незначительная часть подстилающей поверхности представляет собой гор-

но-ледовый ландшафт Антарктиды. При этом, климатические ложбины (циклоны) ориентируются к вогнутостям береговой линии Антарктиды (моря Росса, Беллингаузена, Уэдделла), а гребни – к выпуклостям (Антарктический полуостров, Земля Элсуэрта, Земля Мэри Бэрд, Земля Королевы Мод) [3].

Определенные успехи достигнуты в моделировании циркуляции отдельных районов, однако незначительное число работ посвящено объективной классификации крупномасштабных процессов, которую можно было бы использовать в целях прогноза. Ранее циркуляционные особенности ЮПО детально исследовались в работах ААНИИ; были выполнены типизации крупномасштабных процессов по традиционным методикам Г.Я.Вангенгейма [13, 20]. Типизация синоптических процессов, представленная польскими коллегами [29], базировалась на учете различного типа переноса (адвекции), однако однородные синоптические процессы могли при этом попасть в разные типы. Достаточно много внимания было уделено разработке методов долгосрочного прогнозирования [14, 19].

### Средние поля давления

Карты среднего атмосферного давления для зимнего сезона (июнь–август) внетропических широт Южного полушария начиная с 1961–1970 гг. Прежде всего, нас интересовали формы барического рельефа в Южном океане, где располагается известный пояс низкого давления.

На средних полях давления (рис. 8) выделяются четыре центра действия атмосферы пониженного давления (климатические циклоны), причем наиболее обширным является циклон в районе моря Росса, который продвинут наиболее близко к полюсу, а над восточным сектором ЮПО располагается климатическая область низкого давления в районе моря Содружества, около 100° в.д.). Площадь циклонической циркуляции в Западном секторе ЮПО увеличивается к 1991–2000 гг. за счет распространения ложбины в море Беллингаузена, что сопровождается понижением давления в этой области.

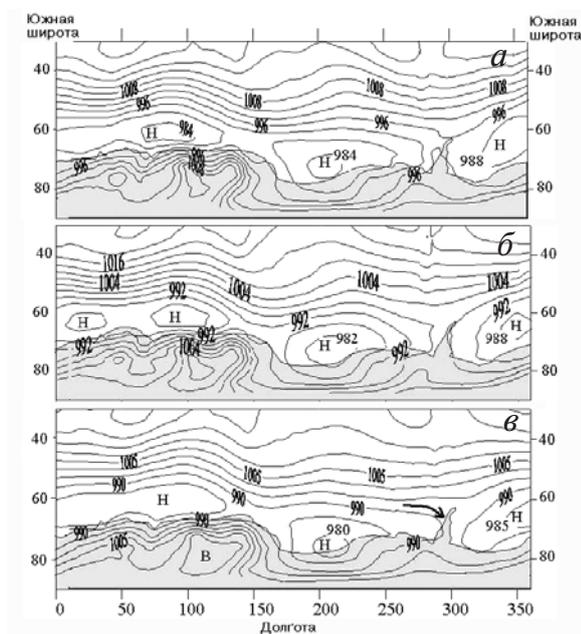


Рис. 8. Средние поля давления в ЮПО отдельных десятилетий (июль): *a* – 1961–1970 гг., *б* – 1971–1980 гг., *в* – 1991–2000 гг.

Две другие климатические области пониженного давления расположены над морями Беллинсгаузена и Уэдделла, а смена знака циклонической циркуляции происходит в районе Антарктического полуострова, с наличием барического гребня, или седловины (рис. 8). Наиболее выраженным гребень является в 1960-е гг., в связи с усилением отрога континентального антициклона; в последующие десятилетия он оформлен слабее, с некоторым перемещением к востоку. Ослабление гребня сопровождается усилением зональности в регионе, что является циркуляционным механизмом, объясняющим процесс возрастания температур воздуха на Земле Грейама. Кроме того, вся седловина в районе Антарктического полуострова смещается к востоку от десятилетия к десятилетию.

Изменение давления в ЮПО наилучшим образом можно видеть на картах отклонений между полями давления последнего десятилетия современного периода потепления и последнего десятилетия периода стабилизации глобальной температуры в середине XX в. (рис. 9, 10). Положение основного климатического циклона над сектором Восточной Антарктиды и в районе моря Росса остается стационарным, но давление в его центре уменьшается в июле (рис. 9) на 4–5 гПа. Наибольшее падение давления в Южном океане отмечено в умеренных широтах сектора 80–120° ю.ш., а наименьшее – над морем Уэдделла. В районе Земли Грейама отмечается меньшая тенденция давления к убыванию, чем в соседних акваториях на тех же широтах, а на юге Антарктического полуострова давление возрастает.

В январе снижение давления к началу XXI в. прослеживается в пределах всей ЮПО (южнее 60° ю.ш.), а в зоне умеренных широт (севернее 60° ю.ш.) отмечается рост давления.

Для уточнения числа центров действия атмосферы в ЮПО и устойчивости их во времени были проведены расчеты пространственно-временной структуры поля давления. Расчет велся с помощью долготного осреднения поля давления в секторе 40–70° для зимних сезонов с разнознаковыми температурными аномалиями на Антарктическом полуострове (ниже нормы зимой 1982 г. и выше нормы зимой 1983 г., а также аномально холодной зимы 1987 г.).

В соответствии с рис. 10, у поверхности земли наблюдается четырехвихревая система циркуляции, в которой три вихря достаточно крупномасштабны и располагаются в секторе 90–120°, 200–240° (море Росса) и в секторе 280–330° ю.ш. (море Беллинсгаузена), и один менее развитый вихрь около 10–30° в.д. (море Уэдделла).

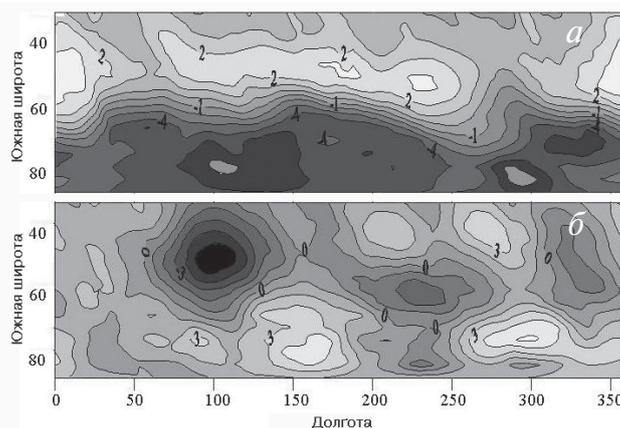


Рис. 9. Аномалии атмосферного давления в ЮПО между 1961–1970 гг. и 1991–2000 гг. в июле (а) и в январе (б), рассчитанные как разности от среднего поля 1961–1900 гг. Темные очаги – падение, светлые очаги – рост

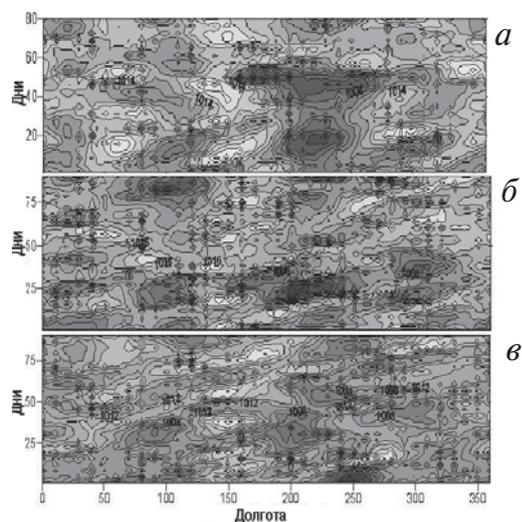


Рис. 10. Временная диаграмма с 1 июня по 30 августа интегральной характеристики поля давления сектора 40–70° ю.ш.: *а* – 1983 г., *б* – 1987 г., *в* – 1987 г.

На всех разрезах видны фазы углубления и ослабления ЦДА в результате перемещения крупномасштабных синоптических образований на восток («дорожки» циркуляции). Скорость перемещения крупномасштабных синоптических образований составляет около 4° меридиана в течение суток, то есть несколько меньше, чем в Северном полушарии.

Состояние ЦДА лучше выражено в пространстве в 1982 г., а в более теплом 1983 г. заметно отсутствие интенсивного антициклогенеза, но состояние ЦДА также хорошо просматривается. Антициклогенез, преобладавший в 1987 г. в юго-восточной части Тихого океана, вызвал ослабление климатических циклонов.

Таким образом, временные диаграммы позволяют находить закономерности движения крупномасштабной атмосферной циркуляции, что очень важно для разработки методов долгосрочного прогноза погоды в ЮПО.

#### Эталонные поля давления

Эталонные поля давления, рассчитанные для отдельных десятилетий в секторе 40–80° ю.ш. и 180° з.д. – 50° в.д., определяют наиболее вероятный климатический режим десятилетий. Эталонные поля давления на первом этапе были рассчитаны для каждого зимнего месяца (июнь–август) десятилетия 1991–2000 гг. в секторе 40–75° ю.ш. и 180° з.д. – 50° в.д. Область расчета охватывает климатические циклоны, ближайшие к Антарктическому полуострову, а также практически весь Западный сектор ЮПО. В процессе работы область расчетов была расширена от 120° з.д. до 180° з.д., что позволило улучшить классификацию процессов. В результате в область расчета вошли три ЦДА, что оказалось важно для анализа изменения регионального климата.

Из анализа рис. 11 следует, что эталонные поля давления воздуха летних месяцев являются во многом аналогичными, с преобладающим циклогенезом в западном секторе ЮПО в целом и над морем Беллинсгаузена в частности, а также развитие гребня субтропического максимума, который простирается непосредственно до Антарктического полуострова в июне, а в остальные месяцы смещен в море Уэдделла.

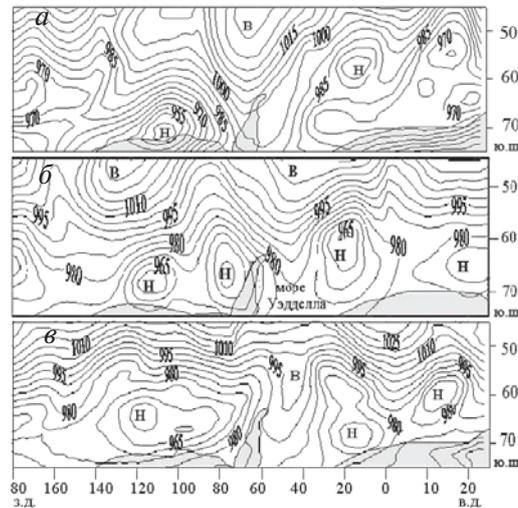


Рис. 11. Эталоны атмосферной циркуляции зимних месяцев 1991–2000 гг. в ЮПО: июнь (а), июль (б) и август (в)

Гребень образует значительное меридиональное преобразование потоков, с квазиблокирующим эффектом, обуславливая усиление северных-северо-западных ветров к Земле Грейама. Одновременно рассматриваемый гребень разделяет зоны климатических циклонов в море Беллинсгаузена и Уэдделла.

В июле наиболее теплый и влажный воздух поступает в район станции Вернадский при реализации эталонного процесса – циклона (или серии циклонов) в море Беллинсгаузена (рис. 11 а). Температура воздуха зачастую повышается до  $0^{\circ}$  и выше, сопровождаясь умеренными и сильными ветрами, метелями, выпадением смешанных осадков. Положение циклона препятствует проникновению холодных антарктических масс, а похолодания, связанные с тыловыми вторжениями в рамках этого процесса, не приводят к существенным понижениям температуры и носят непродолжительный характер. Данный эталонный процесс характеризуется значительной устойчивостью – с коэффициентом корреляции около 0,90, синоптическая ситуация сохраняется в течение 3–5 дней. Обеспеченность эталонных процессов достаточно высока и составляет: в июне – 62 %, июле – 67 %, в августе – 73 %. Таким образом, в среднем величины критерия аналогичности атмосферных процессов для ЮПО оказались выше, чем для Атлантико-Европейского сектора, что свидетельствует об упрощенности форм циркуляции в Южном полушарии.

Для сравнения приведем наиболее вероятное поле давления июля наиболее холодного десятилетия 1961–1970 гг., которое существенно отличается от эталонных полей последнего десятилетия локализацией барического гребня (рис. 12). Он располагается к западу от Антарктического полуострова, с формированием существенной меридиональности в море Беллинсгаузена и преимущественным южным-юго-западным переносом к Земле Грейама. С другой стороны, глубокие циклоны наблюдаются западнее этого гребня и над морем Уэдделла, с частыми тыловыми вторжениями в рассматриваемый район. В результате в июле 1961–1970 гг. формируется температурный режим преимущественно ниже климатической нормы, в сочетании с менее интенсивными ветрами и меньшим количеством атмосферных осадков.

Эталонные поля давления, рассчитанные для отдельных десятилетий в выбранном секторе ЮПО, показывают, какие синоптические процессы формируют

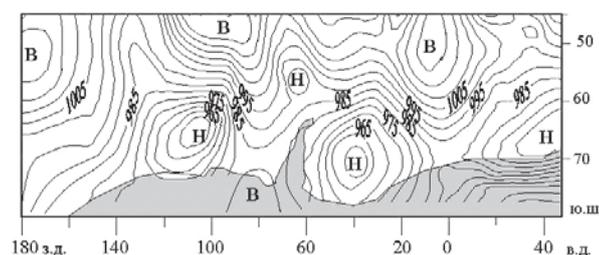


Рис. 12. Эталонный процесс атмосферной циркуляции июля 1961–1970 гг.

повышение температуры воздуха, тип преобладающего переноса (северный–северо-западный ветры) и характеризуют изменение режима других метеорологических величин на станциях Антарктического полуострова. Кроме этого, воздушные потоки при данных процессах вынуждены переваливать горный хребет, что сопровождается учащением фоновых явлений [22, 32] и вносит дополнительный вклад в рост температуры воздуха, регистрируемый на станции Вернадский.

#### Изменение климата в районе Антарктического полуострова

Районом, наиболее освещенным метеорологической информацией в пределах ЮПО, является Антарктический полуостров. Данный район характеризуется существенной неоднородностью подстилающей поверхности, наличием горного рельефа, значительной изрезанностью береговой линии, многочисленными островами, а также разного типа оледенениями. В результате микроклиматических особенностей формируются существенные температурные различия на небольших пространственных масштабах [9, 10]. Одна из основных особенностей – зональный контраст в исследуемом районе, обусловленный различным режимом оледенения, а также ледовитости в морях Беллинсгаузена и Уэдделла. В результате средняя многолетняя температура воздуха на западном побережье Антарктического полуострова примерно на 4–6 °С выше, чем на восточном; в зимний сезон разница еще больше.

Рост температуры воздуха на большинстве станций региона происходит практически синфазно глобальным изменениям, с наличием двух фаз потепления на протяжении последнего столетия, при этом современное потепление становится особенно выраженным с середины 1980-х гг., рис. 13. Период стабилизации охватил время с середины 1940-х до конца 1960-х гг., причем ему соответствовали большие межгодовые амплитуды средней температуры воздуха, чем в современную эпоху потепления. Целый ряд работ в последнее время посвящен потеплению в данном районе, а также анализу возможных последствий [11, 16, 29, 37, 43, 44].

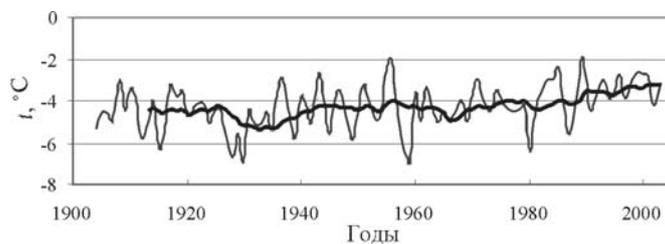


Рис. 13. Изменение температуры на Антарктическом полуострове 1904–2003 гг., полученное по данным: станции Оркадас (1901–1960 гг.) и 4-х станций (Оркадас, Академик Вернадский, Беллинсгаузен, Эсперанца) Антарктического полуострова – 1961–2003 гг.

По данным украинской антарктической станции Вернадский, рост средней годовой температуры превысил  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  за последние 50 лет, а в отдельные зимние месяцы он превзошел  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Наибольший вклад в потепление на этих станциях вносит повышение температуры зимних месяцев (июнь–август), однако летний рост температуры, будучи значительно менее выраженным по величине, во многом обуславливает деградацию оледенения в связи с расширением периода регистрации среднесуточных температур воздуха выше нуля. По данным станции Вернадский, потепление сопровождается сужением интервала регистрируемых температур за счет возрастания их минимальных значений, снижением межгодовой амплитуды температуры воздуха, уменьшением частоты значительных похолоданий (пороговые квантили температуры воздуха сравнивались с [21]). Вероятность температуры воздуха ниже  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 1991–2000 гг. практически равна нулю, а повторяемость температур в интервале от 0 до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  существенно возросла по сравнению с 1951–1960 гг.

На станции Вернадский потепление сопровождается уменьшением амплитуд колебаний температуры воздуха на различных временных масштабах. Наиболее существенно уменьшилась межгодовая амплитуда температуры в апреле–мае, с  $6,5 \pm 2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 1947–1956 гг. до  $2,4 \pm 1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  в 1991–2000 гг. В целом по этому показателю апрель и май 1947–1957 гг. можно сравнить с современными зимними месяцами. В ноябре и июле сглаживание более выражено в течение последних 10–15 лет (рис. 14), что отразилось в снижении величины межсуточной изменчивости температуры воздуха. Она уменьшилась практически вдвое при сравнении зимних периодов 1951–1960 и 1991–2000 гг. ( $5,3$  против  $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  соответственно). С потеплением связаны явления деградации гляциосферы, в том числе крупные отколы шельфовых ледников, изменения в структуре морского льда, окружающей среде региона [29, 45].

Характерной особенностью последнего пятилетия явилось ослабление тенденции температуры к возрастанию, причем величины среднегодовых температур воздуха колеблются в достаточно узком интервале.

Если рост температуры воздуха от десятилетия к десятилетию происходил практически равномерно по сезонам на украинской станции (рис. 15), то на других станциях Антарктического полуострова потепление развивалось менее равномерно, в особенности на станциях Эсперанца и Оркадас, причем к десятилетию 1991–2000 гг. зимний рост температур несколько ослаб, а на станции Эсперанца в 2001–2005 гг. даже отмечено незначительное похолодание.

Таким образом, величины и знаки сезонных трендов в наибольшей степени отличаются между станциями крайнего северо-востока полуострова (станции Эсперанца и Марамбио) и станция Оркадас, с одной стороны, а также и теми, что расположены близ западного побережья Антарктического полуострова и о. Кинг-Джордж (станции Вернадский, Розера, Беллинггаузен).

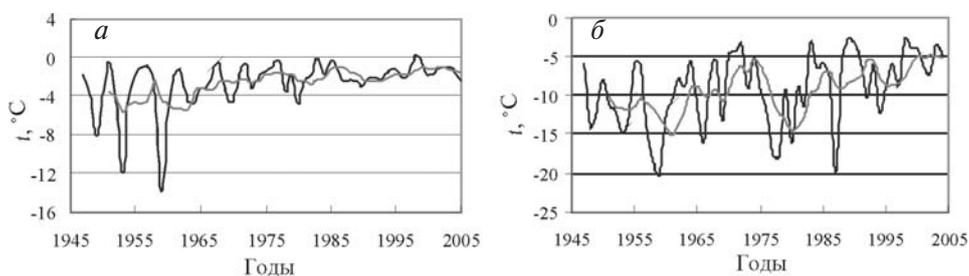


Рис. 14. Многолетнее изменение температуры воздуха для станции Вернадский, 1947–2004 гг.: *a* – апрель 1947–2005 гг., *б* – июль 1947–2005 гг.

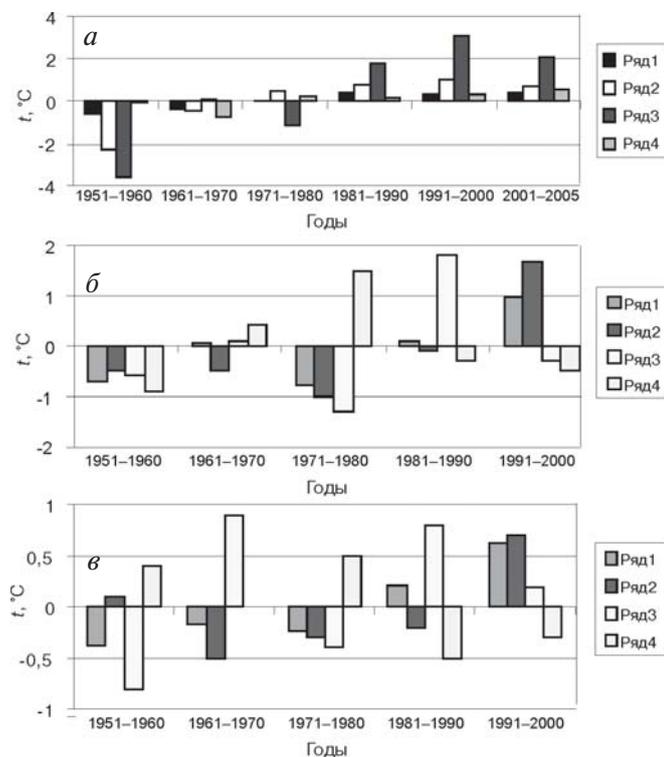


Рис. 15. Сезонные аномалии температуры воздуха (°C) по отдельным десятилетиям по отношению к стандартному климатическому периоду 1961–1990 гг. на станциях Антарктического полуострова: Академик Вернадский (а), Эсперанца (б), Оркадас (в) (ряд 1 – январь, ряд 2 – апрель, ряд 3 – июль, ряд 4 – октябрь)

Вместе с повышением температуры воздуха изменился режим и других метеорологических величин. Так, в течение периода работы станции скорость приземного ветра в целом увеличивается, и наиболее существенно в течение последних двух десятилетий (на 15 % в сравнении с периодом 1951–1960 гг.). Количество дней с сильным ветром (более 20 м/с) также увеличивается, в том числе по сравнению с первыми десятилетиями наблюдений, в связи с чем возросло число дней с метелью. Общая

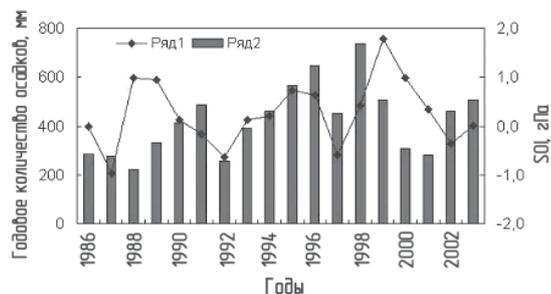


Рис. 16. Годовое количество осадков (ряд 2) на ст. Академик Вернадский и индекс Южного колебания (SOI) (восточная часть Тихого океана), ряд 1, 1986–2003 гг.

продолжительность штилей и слабых ветров (1–4 м/с) снижается, особенно после 1998 г. – одного из наиболее теплых на станции. Изменилась также роза преобладающих ветров, с правым ее поворотом, от преобладающих северных ветров в 1951–1960-х гг. к северо-западным ветрам в 1991–2000 гг., кроме того, повторяемость южных ветров к концу XX в. значительно снизилась. В современную климатическую эпоху увеличилась устойчивость ветров преобладающих направлений, до 42 % в 1991–2000 гг., тогда как в 1951–1960 гг. она составляла 27 %.

По данным станции Вернадский, количество дней с атмосферными осадками, как в жидкой, так и в твердой фазе, в целом возрастает с 1947 г., а в течение последних двух десятилетий годовое количество осадков увеличивается до 1998 г., а потом уменьшается (отсутствуют данные с начала работы станции Фарадей). Характерными являются 5–7-летние колебания годовых сумм осадков, в общем согласии с ходом индекса Южного колебания, рис. 16. В целом пики осадков наблюдаются при увеличении индекса, а минимумы – при его снижении. Так, максимальное количество осадков, выпавшее в 1998 г., последовало за годом холодной фазы явления (Ла-Нинья), а их снижение в последующие годы – сменой знака индекса [41, 42]. Разнообразие влияния Эль-Ниньо на региональный климат пока не позволяет использовать его индекс для решения проблемы диагноза и прогноза погоды, необходимы более детальные исследования атмосферной циркуляции.

#### ВЫВОДЫ

1. Многолетние изменения температуры воздуха во внетропических районах Южного и Северного полушарий происходят в XX в. в целом синфазно, прежде всего в связи с глобальным потеплением. Период стабилизации температуры в середине XX в. не обозначился на общем фоне отрицательных аномалий температуры, а эпоха вторичного потепления в Южном полушарии началась несколько раньше, чем в Северном, с меньшими величинами положительных аномалий. Возникает предположение о ведущей роли природных факторов (в противоположность антропогенным) в формировании климата в районах земного шара, значительно удаленных друг от друга.

2. Изменение средней годовой температуры воздуха на большей части территории Украины к началу XXI в. идет в соответствии с глобальной температурой. Однако глобальное потепление сказывается на изменении сезонной температуры в Украине по-разному. В большинстве областей Украины зимнее повышение температуры воздуха достигло 1–2 °С, в то же время летом в последние годы отмечается некоторое понижение температуры в южных и западных областях страны. Основной вклад в повышение среднегодовой температуры воздуха вносит температура января, в связи с чем продолжительность безморозного периода существенно возросла. С другой стороны, интенсивность похолоданий не уменьшилась (пример – январь–февраль 2006 г.), однако частота их снизилась, с ростом возможных рисков на фоне более высоких средних температур.

3. Заметное изменение атмосферной циркуляции воздуха в Атлантико-Европейском секторе произошло в период вторичного глобального потепления в сторону увеличения аномальных погодных условий во все сезоны года в Украине. Появление в числе наиболее вероятных такого процесса, который приводит к опасным погодным условиям, относится к важным аспектам в изучении атмосферной циркуляции и четко указывает на повышенную степень аномальности современного климата за счет неустойчивости режима погодных условий.

4. Современный характер атмосферной циркуляции в районе Антарктического полуострова впервые показан при помощи эталонных синоптических процессов, которые определяют погодные условия не только в районе украинской станции Академик Вернадский, но также и на других станциях. Современное со-

стояние циркуляции в пределах ЮПО указывает на преобладание западного и северо-западного переноса по отношению к Антарктическому полуострову, со снижением вероятности адвекции холодного воздуха из континентальных районов Антарктиды. Обеспеченность эталонных процессов достаточно высока, что дает основание для использования эталонов синоптических процессов в целях совершенствования методов прогнозирования.

5. Квазипериодичность атмосферных процессов наблюдается как в Северном, так и в Южном полушариях. Перемещение барических образований в Южном полушарии происходит со скоростью 4° меридиана за сутки на восток, т.е. через 70–75 дней они возвращаются в свое исходное положение. Ранее нами было оценено, что скорость перемещения барических образований в Северном полушарии составляет 6–8° за сутки, превышая соответствующую скорость перемещения в Южном полушарии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев Г.В.* Исследования климата Арктики в XX столетии // Тр. ААНИИ. 2003. Т. 446. С. 6–21.
2. *Астапенко П.Д.* О циклонической деятельности в высоких широтах Южного полушария в зимнее время // Инф. бюл. САЭ. 1959. № 5. С. 26–31.
3. Атлас Антарктики. Т. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 600 с.
4. *Багров Н.А.* Классификация синоптических ситуаций // Метеорология и гидрология. 1969. № 5. С. 3–12.
5. *Будыко М.И.* Современное изменение климата. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 47 с.
6. *Будыко М.И.* Аналоговый метод оценки предстоящих изменений климата // Метеорология и гидрология. 1991. № 4. С. 39–50.
7. *Будыко М.И., Ефимова Н.А., Лугина К.М.* Современное потепление // Метеорология и гидрология. 1993. № 7. С. 29–34.
8. *Будыко М.И., Ефимова Н.А., Строчкина Л.А.* Эмпирические оценки изменения климата к концу XX столетия // Метеорология и гидрология. 1999. № 12. С. 5–12.
9. *Говоруха Л.С.* Гляциоклиматологическая характеристика Земли Грейама // Инф. бюл. Укр. антаркт. экспед. Киев. 1998. № 1. С. 5–9.
10. *Говоруха Л.С., Тимофеев В.Е.* Антарктический ледниковый щит – уникальный физико-географический и гидрометеорологический феномен планеты и его роль в глобальном массо-энергообмене // Труды Юбилейной конференции к 70-летию ОГМИ. 2003. Ч. 2. С. 166–176.
11. *Грищенко В.Ф., Говоруха Л.С., Клок С.В., Тимофеев В.Е.* Колебания метеорологического режима и баланса массы ледника острова Галиндез в последние десятилетия // Сб. докл. XIII Гляциол. симпозиума. СПб., 2004. С. 61.
12. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Климатическая изменчивость повторяемости и продолжительности основных форм циркуляции в умеренных широтах Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1996. № 1. С. 12–22.
13. *Дыдина Л.А., Рабцевич С.В., Рыжак Л.Ю., Савицкий Г.Б.* Формы атмосферной циркуляции в Южном полушарии // Тр. ААНИИ. 1976. Т. 330. С. 5–16.
14. *Ефимов В.А.* Математическое моделирование долговременных нестационарных планетарных процессов в системе океан-атмосфера // Тр. ААНИИ. 1976. Т. 336. 225 с.
15. Климат Украины / Под ред. В.Н.Липинского, В.А.Дячука, В.Н.Бабиченко. Киев: Изд. Раевского, 2003. 343 с.
16. *Кошельков Д.П.* Температурные тренды в Антарктике и смежных районах // Метеорология и гидрология. 1990. № 5. С. 111–116.
17. *Мартазинова В.Ф., Иванова Е.К.* Изменение крупномасштабной атмосферной циркуляции на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию в Украине // Геофиз. журнал, Киев. 2006. Т. 28. № 1. С. 51–60.

18. *Мартазинова В.Ф., Свердлик Т.А.* Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, ее изменения и современное состояние // Тр. УкрНИГМИ. 1998. Вып. 246. С. 21–27.
19. *Рабцевич С.В.* Обеспеченность и эффективность метода долгосрочных метеорологических прогнозов на осень в Антарктике // Тр. ААНИИ. 1990. Т. 422. С. 107–120.
20. *Рыжакон Л.Ю.* О сезонных особенностях устойчивости и повторяемости форм циркуляции Южного полушария // Инф. бюл. САЭ. 1977. № 94. С. 5–10.
21. Справочник по климату Антарктиды. Том III. Л.: Гидрометеиздат. 1981. 272 с.
22. *Тимофеев В.Е., Гордиенко С.И.* Местные циркуляции в районе украинской антарктической станции // Бюл. УАЦ. Киев. 1996. № 1. С. 66–67.
23. *Connoley W.M.* Variability in annual mean circulation in Southern High Latitudes // Clim. Dyn. 1997. № 13. P. 745–756.
24. *Hartmann B., Wendler G.* Manifestation of the Pacific Decadal Oscillation shift of 1976 in Alaskan Climatology // Proc. of the AMS 7<sup>th</sup> Conference on Polar Meteorology and Oceanography and Joint Symposium on High-Latitude Variations. Ref № 13.7. Hyannis. 2003.
25. *Hines M.K., Bromwich D.H., Marshall G.J.* Artificial Surface Pressure Trends in the NCEP-NCAR Reanalysis over the Southern Ocean and Antarctica // J. of Climate. 2000. Vol. 13. P. 3940–3962.
26. *Kejna M.* Przebieg Roczny temperatury powietrza na Antarktydzie // Problemy Klimatologii Polarnej. Torun University, Poland. 2002. № 12. P. 5–20.
27. *Lamb H.H., Johnson A.I.* Climatic variation and observed changes in the general circulation // Geogr. Ann. 1959. Vol. 41. P. 94–134.
28. *Lupikaza E., Niedzwiedz T.* The influence of the atmospheric circulation on the precipitation at Hornsund // Polish Polar Studies. 2002. P. 203–216.
29. *Marshall G.J., Lagun V., Lachlan-Cope N.A.* Changes in Antarctic Peninsula Tropospheric Temperatures from 1956 to 1999: a Synthesis of Observations and Reanalysis Data // Int. J. of Climatology. 2002. № 22. P. 291–310.
30. *Martazinova V.F.* Displacement of semi-permanent centers of action and variations of the regional climate // Proc. of Int. Symp. Precipitation and Evaporation. Bratislava, 1993. P. 210–213.
31. *Martazinova V.F.* The classification of synoptic Patterns by Method of Analogs // J. Environ. Sci. Eng. 2005. Vol. 7. P. 61–65.
32. *Martazinova V.F.* Changes of atmospheric circulation in central-east Europe at recent decade and long-range forecasting // Workshop on regional climate change in central-east Europe. Budapest, 1994. P. 72–77.
33. Meteorology of the Falkland Islands and Dependencies 1944–1950. London, 1954. 254 p.
34. *Orheim O., Govorukha L.S.* Present – day glaciation in South Shetland Islands // Annals of Glaciology. 1982. Vol. 3. P. 233–238.
35. *Rogers J.C., Mosley-Thompson E.* Atlantic Arctic cyclones and the mild Siberian winters of the 1980s. // Geoph. Res. Letters. 1995. Vol. 22. № 7. P. 799–802.
36. *Skvarza P.W., Pack W., Rott H., Donangelo Y.* Climatic trend and the retreat and disintegration of ice shelves on the Antarctic Peninsula // Polar Res. 1999. Vol. 18 (2). P. 151–157.
37. *Thompson D.W.J., Solomon S.* Interpretation of recent Southern Hemisphere climate change // Science. Vol. 296. 2002. P. 895–899.
38. *Timofeyev V.E.* Synoptic circulation patterns of Antarctic Peninsula and adjacent South Ocean regions and connected phenomena // Problemy Klimatologii Polarnej. 2002. № 10. P. 159–178.
39. *Timofeyev V.E., Martazinova V.F.* Interdecadal change of tropospheric pressure fields since 1960s and climate change at the region of the Antarctic Peninsula // Proc. of 13th International Symposium on Polar Sciences, Songdo Techno Park, Incheon, Korea. 2006. P. 182–183.
40. *Trenberth K.E.* Blocking in the Southern Hemisphere // Mon. Wea. Rev. 1985. Vol. 113. P. 3–21.
41. *Trenberth K.E., Hoar T.* The 1990–1995 El-Nino – Southern Oscillation events: Longest on Record // Geoph. Res. Letter. 1996. № 23. P. 57–60.
42. *Turner J.* The El-Nino and Antarctica // Int. J. of Climatol. 2004. Vol. 24. P. 1–32.

43. Turner J., Colwell S., Marshall G., Lachlan-Cope T., Carleton A., Jones P., Lagun V., Reid F., Jagovkina S. Antarctic climate during the last 50 years. // Int. J. of Climatol. 2005. Vol. 25. P. 279–294.
44. Van den Broeke M. On the Interpretation of Antarctic Temperature trends // J. Of Climate. 2000. Vol. 13. P. 3885–3891.
45. Vaughan D.G., Doake C.S.M. Recent atmospheric warming and retreat of ice shelves of the Antarctic Peninsula // Nature. 1996. № 379. P. 328–331.

V.F.MARTAZINOVA, V.E.TYMOFEYEV

**CURRENT STATE OF ATMOSPHERIC CIRCULATION IN THE NORTHERN  
AND SOUTHERN HEMISPHERES AND REGIONAL CLIMATE  
IN THE ATLANTIC-EUROPEAN SECTOR AND THE REGION  
OF THE ANTARCTIC PENINSULA**

*Climate change occurring over the last century and transformation of atmospheric circulation in individual regions of the Northern and Southern Hemisphere are compared. Present-day state of atmospheric circulation for Atlantic-European sector and Antarctic Peninsula region is shown via distinguishing the etalon synoptic patterns. Epoch of the recent warming is characterized by greater stability of predominant weather patterns, especially in the South Hemisphere.*

*On the other hand, change of atmospheric circulation in European sector has resulted in greater frequency of extreme weather events, which are formed under one of the most probable weather patterns. Periodicity of atmospheric processes being found in both Hemispheres can be used for mastering the methods of weather forecasting on different time scales.*

*Keywords:* atmospheric circulation, climate change, global warming, etalon of synoptic situation, Atlantic-European sector, Antarctic Peninsula