

Локализация облачных полос и циклонов в Атлантико-Европейском секторе в зимние сезоны 1997 – 2004 гг.

Рассмотрена структура высотного поля облачных полос и приземного поля циклонов в Атлантико-Европейском секторе в зимние сезоны 1997 – 2004 гг. Найдено, что межгодовая изменчивость частоты появления облачных полос в отдельных районах связана с эволюцией положения Азорского максимума и давления в нем. Межгодовая изменчивость частоты появления циклонов в этих районах формируется в основном механизмом Североатлантического колебания. Этот же процесс формирует в основном изменчивость осадков на юго-западе Крыма.

Введение. Аномальные процессы, наблюдаемые в приземной атмосфере Атлантико-Европейского сектора в последнее десятилетие, привлекли внимание исследователей к характеристикам циркуляции атмосферы, получаемым как с помощью контактных, так и дистанционных методов наблюдения. Доступность массива данных по полю облачности [1] и приземному анализу барического поля [2] позволяет выделять детали структуры этих полей. Будем анализировать процессы, развивающиеся в январе — марте. По некоторым оценкам [3] основной причиной межгодовой изменчивости атмосферной циркуляции является эволюция Североатлантического колебания, определяемая индексом САК. В свою очередь, индекс САК связан с процессами, формирующимися в структуре *PNA* (Тихий океан — Северная Америка) [4]. Эта связь хорошо просматривается в поле геопотенциала на изобарической поверхности 500 гПа [4]. Как показано в [4], высотные барические ложбины локализуются в районе Гольфстрима, около 30° з.д. и на севере Африки вблизи побережья Средиземного моря (10 – 20° в.д.). Учитывая, что эти высотные барические ложбины расположены в тропической и субтропической областях, где проявляется действие верхнетропосферной ветви циркуляции Хедли [5], обратим внимание на структуру высотных облачных полос, наблюдаемых с геостационарных метеорологических спутников *MeteoSat*. В работах [6 – 8] показано, что высотные облачные полосы квазистационарны, являются индикатором меридионального обмена теплом и совпадают с каналами переноса тепла от тропических областей развитой конвекции к областям зонального переноса умеренных широт.

В [9] была сделана попытка классифицировать структуру облачных полос и проследить их связь с процессами, развивающимися над Европой. В этой работе найдено, что в Атлантико-Европейском секторе преобладают квазимеридиональные облачные структуры. Географическое положение этих структур в основном совпадает с высотными барическими ложбинами, показанными на рис. 11,а в работе [4].

Цель предлагаемой работы заключается в том, чтобы исследовать связь облачных полос в Атлантико-Европейском секторе с циклонической активностью над Северной Атлантикой и проявление этой связи в поле осадков у юго-западной оконечности Крыма.

Используемый материал и методика исследования. Для исследования структуры облачных полос использовались материалы из работы [1]. Изображения облачности в спектральном ИК-диапазоне в полосе 10,5 – 12,5 мкм характеризовали облачность преимущественно среднего и верхнего уровней (от 5 до 10 км). В отличие от [9] координаты положения облачных полос определялись независимо от того, в какой долготный подынтервал попадала облачная полоса. Выделялась осевая линия облачной полосы и находились ее координаты. Из полученных осевых линий формировался массив координат в пространстве 0 – 70° с.ш. и 70° з.д. – 70° в.д. Затем находилось число осевых линий в каждом квадрате 10×10° за январь — февраль каждого года. Использовались данные за 1997 – 2004 гг. Поскольку число спутниковых изображений за каждый год отличалось, определялась частота появления облачных полос f как отношение числа полос в 10-градусном квадрате к числу спутниковых изображений облачности, использованных в обработке.

Для оценивания числа циклонов над Северной Атлантикой использовались данные из работы [2]. Находились координаты центров циклонов за январь — март каждого года и под-

считывалось число циклонов в каждом 10-градусном квадрате Атлантико-Европейского сектора (30 – 80° с.ш. и 80° з.д. – 20° в.д.). Затем определялась частота появления циклонов в 10-градусном квадрате, для чего число циклонов делилось на число карт приземного анализа, использованных в обработке. Полученные таким образом частоты появления облачных полос и циклонов в 10-градусных квадратах использовались для построения карт и оценивания межгодовой изменчивости этих характеристик в отдельных районах Атлантико-Европейского сектора.

Из данных работы [2] выбирались координаты Азорского максимума и давление в нем. По этим выборкам определялись средние за январь — март 1998 – 2004 гг. значения этих характеристик и относительно их вычислялись отклонения координат и давления Азорского максимума для зимы каждого года.

В работе также использовались значения индекса САК [10] и средние за январь — февраль суммы атмосферных осадков на станции Херсонесский маяк (Севастополь).

Анализ процессов в Атлантико-Европейском секторе и обсуждение полученных результатов. Исходный массив данных по частоте появления облачных полос и циклонов в 10-градусных квадратах Атлантико-Европейского сектора позволяет выполнить совместный анализ структуры этих динамических характеристик атмосфер в зимний сезон. Покажем среднюю за 1997 – 2004 гг. структуру облачных полос. На рис. 1,а представлена частота появления облачных полос. Как хорошо видно, выделяются две области повышенной частоты появления облачных полос. Одна простирается от центральной части Тропической Атлантики на северо-восток до района Черного моря и Кавказа. Вторая область вытянута от субтропиков, из района Гольфстрима, на северо-восток и восток, где соединяется с первой областью в районе Черного моря и Кавказа. Как следует из [11,12], облачные полосы, образованные плотными верхнетропосферными облаками, представляют собой теплый воздух, движущийся на север и занимающий слой от верхней тропосферы до поверхности 300 гПа. Таким образом, показанные на рис. 1,а области повышенной частоты появления облачных полос можно интерпретировать как области переноса тепла из тропиков в высокие широты. Заметим, что область повышенной частоты появления облачных полос, расположенную в широтной полосе 40 – 60° с.ш., можно интерпретировать как атлантическую ветвь Полярного фронта, генерирующего полярнофронтальные циклоны [13]. Правомерность такой интерпретации представленных на рис. 1,а структур подтверждается положением высотных барических ложбин [4].

Сравнивая структуру облачных полос со структурой поля циклонов в Северной Атлантике в январе — марте 1998 – 2004 гг. (рис. 1,б), убеждаемся, что область максимальной частоты появления циклонов, оконтуренная изолинией 0,12, располагается в зоне повышенной частоты появления облачных полос, идентифицированной как атлантическая ветвь Полярного фронта. В структуре поля циклонов выделяются три области повышенной частоты их появления. Назовем эти области условно Ньюфаундлендская, Исландская и Норвежская. Две из них — Ньюфаундлендская и Исландская расположены на северо-западной периферии Полярного фронта. Норвежская область расположена вблизи его северной границы. Области повышенной частоты появления циклонов наблюдаются в районах очагов максимальной теплоотдачи океана [14] и генерации полярнофронтальных циклонов в зимний период.

Как представляется, на межгодовую эволюцию облачных фронтов и циклогенез должен оказывать заметное влияние Азорский максимум. Оценки многолетней изменчивости координат этого центра действия атмосферы содержатся в [15, 16]. В пределах выбранного нами временного интервала изменения положения Азорского максимума и давления в нем показаны на рис. 2. Здесь даны отклонения (аномалии) координат и давления от средних за январь-март 1998 – 2004 гг. значений: $\varphi = 39,0^\circ$ с.ш., $\lambda = 31,2^\circ$ з.д., $P_0 = 1028$ гПа. Положительные аномалии φ' и λ' соответствуют северному и восточному смещению центра Азорского максимума. Отрицательные аномалии — соответственно южному и западному смещению.

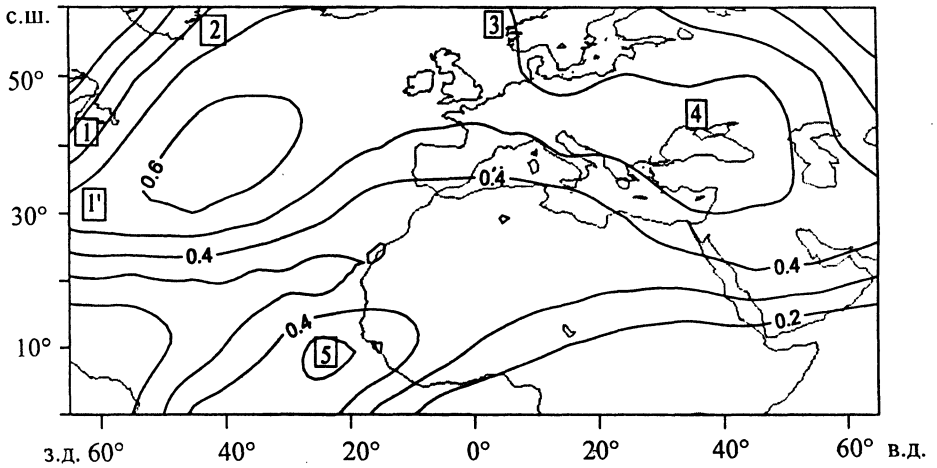
Как хорошо видно, в рассматриваемые годы существовала межгодовая изменчивость положения центра Азорского максимума и давления в нем. Наряду с межгодовой флуктуацией наблюдалась слабая тенденция смещения центра действия на юго-запад.

Для оценивания реакции частоты появления облачных полос и циклонов на межгодовую эволюцию Азорского максимума покажем их значения в 10-градусных квадратах, представляющих области максимальной генерации циклонов (рис. 1). На рис. 1, а эти области помечены цифрами, а их положение в Атлантико-Европейском секторе дано в таблице.

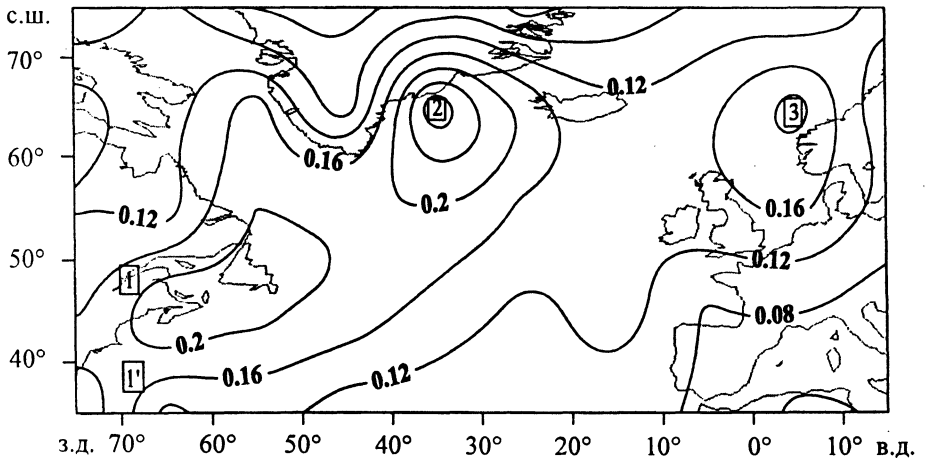
Координаты выбранных областей (φ, λ)

Номер квадрата	1	1'	2	3	4	5
φ	40–50° с.ш.	30–40° с.ш.	60–70° с.ш.	60–70° с.ш.	40–50° с.ш.	10–20° с.ш.
λ	60–70° з.д.	60–70° з.д.	30–40° з.д.	0–10° в.д.	30–40° в.д.	20–30° з.д.

Квадрат 1' выбран из соображений, что он расположен в зоне Гольфстрима и здесь амплитуда межгодовой изменчивости частоты появления облачных полос больше, чем в квадрате 1, в то время как фаза изменчивости в этих квадратах идентична.

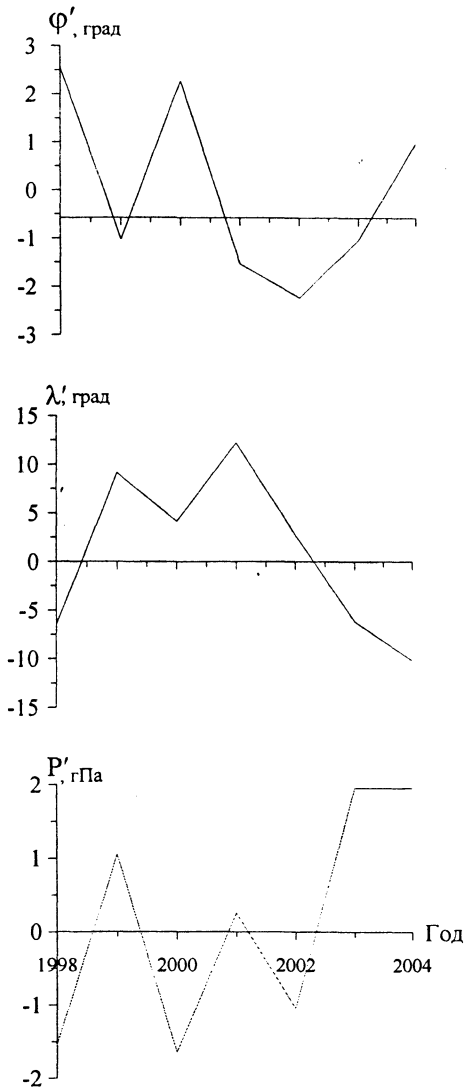


а



б

Р и с. 1. Относительная частота появления облачных полос (а) и циклонов (б) в Атлантико-Европейском секторе



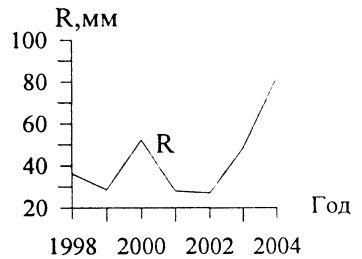
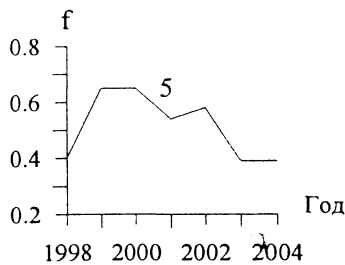
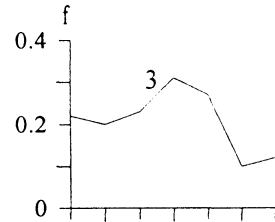
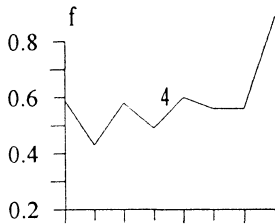
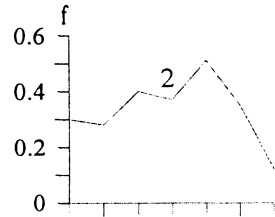
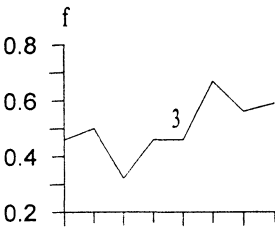
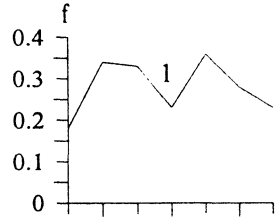
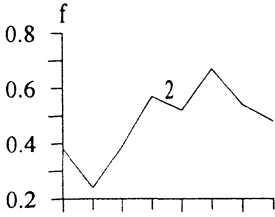
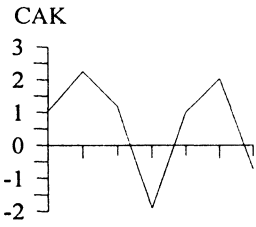
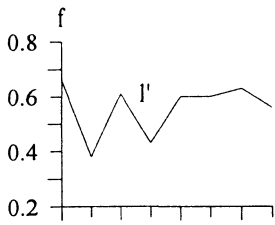
Р и с. 2. Межгодовая изменчивость положения Азорского максимума и давления в нем

облачных фронтов в регионе Черного моря оказывает влияние Североатлантическое колебание, представленное индексом САК (рис. 3, б). Оно регулирует активность циклонов в зонах их генерации (квадраты 1, 2, 3). Видно, что при максимальных значениях индекса САК циклогенез в районе Ньюфаундленда и Исландии интенсифицируется, а в Норвежской области ослабевает. Этот результат согласуется с выводами из работ [3, 4]. Неожиданным оказалось то, что Норвежское море в рассматриваемые годы попало в зону траекторий циклонов, характерных для низких значений индекса САК. Можно предположить, что в эти годы штормтреки при максимальных значениях индекса САК пролегли в более высоких, чем обычно, широтах.

Для региона Черного моря, как показано на рис.3, механизм САК, формирующий высотные облачные фронты, определял и поле осадков в приземном слое. На примере станции Херсонесский маяк показано, что осадки интенсифицировались в годы минимума индекса САК. При этом корреляция между зимними осадками в Севастополе и индексом САК в 1949 – 2004 гг. значима и равна - 0.45.

Межгодовая изменчивость характеристик атмосферы показана на рис. 3. На рис.3, б также представлен индекс САК и средняя за январь – февраль сумма осадков (R , мм) на станции Херсонесский маяк (Севастополь).

Как видно на рис. 3, а, межгодовая изменчивость частоты появления облачных полос соответствует межгодовой эволюции положения Азорского максимума и давления в нем. Наиболее четко синфазность этой изменчивости заметна в квадрате 1' (Гольфстрим), где, согласно [4, 5, 11], располагается высотная барическая ложбина. В то же время тенденция Азорского максимума смещаться на юго-запад от 1998 к 2004 г. проявляется в динамике частоты появления облачных полос как в тропической области (квадрат 5), так и в области Полярного фронта (квадраты 2, 3). При этом просматривается также тенденция уменьшения числа облачных полос в тропиках (квадрат 5) и увеличения их в области Полярного фронта (квадраты 2, 3). Можно предположить, что смещение Азорского максимума на юго-запад сопряжено с ослаблением верхнетропосферной ветви ячейки Хедли, берущей начало в центральной части Тропической Атлантики и направленной в сторону центральной части Средиземного моря [9]. Одновременно с этим происходит увеличение числа облачных полос (от 1998 к 2002 г.) в районе Полярного фронта (квадраты 2, 3), что можно интерпретировать как интенсификацию Полярного фронта в этот временной интервал. Уменьшение циклонической активности от 2002 к 2004 г. сопровождалось ростом фронтальной активности в регионе Черного моря (квадрат 4). Для объяснения этого факта необходимо привлекать дополнительную информацию, связанную, в частности, с волновым процессом в системе высотных барических ложбин в средних широтах Атлантико-Европейского сектора. Это задача отдельного исследования. Здесь же отметим, что на формирование высотных



а

б

Р и с. 3. Межгодовая изменчивость частоты появления облачных полос и циклонов в отдельных 10-градусных квадратах: а – частота появления облачных полос в квадратах 1 – 5 (см. табл.); б – частота появления циклонов в квадратах 1 – 3 (см. табл.)

Выводы. В результате выполненного исследования найдено, что в структуре высотных облачных полос в Атлантико-Европейском секторе выделяются траектории переноса тепла в районе Гольфстрима и от центральной части Тропической Атлантики в район Средиземного и Черного морей. Наряду с этим существует область повышенной частоты появления облачных полос в широтах расположения Полярного фронта. Обе области повышенной частоты появления облачных полос – полярнофронтальная и тропическая, выходящая в районе Средиземного моря, – простираются до районов Восточной Европы (40 – 50° с.ш., 20 – 40° в.д.).

В зоне Полярного фронта расположены области повышенной частоты появления циклонов – Ньюфаундлендская, Исландская, Норвежская. Межгодовая изменчивость частоты появления облачных полос в этих областях регулируется положением и интенсивностью Азорского максимума, а частота появления циклонов в них в основном регулируется Североатлантическим колебанием. Межгодовая изменчивость частоты появления облачных полос в регионе Черного моря связана с эволюцией географического положения Азорского максимума, а осадки на юго-западе Крыма регулируются в основном механизмом САК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.sat.dundee.ac.uk>.
2. <http://weather.noaa.gov/pub/fax/PYAA00.TIF>.
3. *Hurrell J.W.* Decadal trends in North Atlantic oscillation: regional temperatures and precipitation // *Science*.– 1995.– 269.– P.676 – 679.
4. *Cassou Ch., Terray L.* Oceanic Forcing of the Wintertime Low-Frequency Atmospheric Variability in the North Atlantic European Sector: A Study with ARPEGE Model // *J. Climate*.– 2001.– 14, №22.– P.4266 – 4291.
5. *Витвицкий Г.Н.* Зональность климата Земли.– М.: Мысль, 1980.– 253 с.
6. *Кондратьев К.Я.* Спутниковая климатология.– Л.: Гидрометеоздат, 1983.– 263 с.
7. *Кондратьев К.Я., Биненко В.И.* Влияние облачности на радиацию и климат.– Л.: Гидрометеоздат, 1984.– 240 с.
8. *Марчук Г.И., Кондратьев К.Я., Козодеров В.В. и др.* Облака и климат.– Л.: Гидрометеоздат, 1986.–512 с.
9. *Баянкина Т.М., Калинин Е.И., Ратнер Ю.Б., Сизов А.А.* Использование спутниковой информации для исследования квазистационарных облачных структур в Атлантико-Европейском секторе // *Исследование Земли из космоса*.– 2001.– № 3.– С. 82 – 88.
10. <http://www.cgd.ucar.edu/cas/catalog/climind/>.
11. *Lau N.-C., Crane M.W.* A Satellite View of the Synoptic Scale Organization of Cloud Properties in Midlatitude and Tropical Circulation Systems // *Mon. Wea. Rev.*– 1995.– 123, №7– P. 1984 – 2006.
12. *Lau N.-C., Crane M.W.* Comparing Satellite and Surface Observations of cloud Patterns in Synoptic Scale Circulation Systems // *Ibid.*– 1997.– 125, №12– P. 3172 – 3189.
13. *Сохрина Р.Ф., Челпанова О.М., Шарова В.Я.* Давление воздуха, температура воздуха и атмосферные осадки Северного полушария.– Л.: Гидрометеоздат, 1959.– 474 с.
14. *Мусаелян Ш.А.* О природе сверхдлительных атмосферных процессов.– Л.: Гидрометеоздат, 1978.– 142 с.
15. *Полонский А.Б., Башарин Д.В., Воскресенская Е.Н. и др.* Североатлантическое колебание: описание, механизмы и влияние на климат Евразии // *Морской гидрофизический журнал*.– 2004–№2.– С. 42 – 59.
16. *Hu Z.-Zh., Wu Zh.* The intensification and shift of the annual North Atlantic Oscillation in a global warming scenario simulation // *Tellus*.– 2004.– 56A.– P. 112 – 124.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь

Материал поступил
в редакцию 29.03.05
После доработки 15.04.05

ABSTRACT Structure of high-level cloud rows and sea-level cyclones in the North Atlantic – Europe sector in winter seasons, 1997–2004 is analyzed. It is found out that the inter-annual variability of occurrence frequency of cloud rows in some regions is connected with the Azores high and the sea level pressure evolution. The inter-annual variability of cyclone frequency in these regions is generated mostly by the mechanisms of the North Atlantic Oscillations (NAO). This process is responsible for generation of precipitation variability in the southwest of the Crimea.