

А.Б. Полонский, М.Ю. Бардин, Е.Н. Воскресенская

Статистические характеристики циклонов и антициклонов над Черным морем во второй половине XX века

По данным реанализа *NCEP* за 1952 – 2000 гг. рассчитаны параметры циклонов и антициклонов в Черноморском регионе и оценены статистические характеристики их изменчивости в каждый из сезонов. Показано, что повторяемость циклонов уменьшалась во все сезоны (за исключением лета) в результате интенсификации Североатлантического колебания между 60-ми и 90-ми годами XX в. и смещения преобладающих траекторий синоптических возмущений к северу. Для антициклонов выявлена противоположная тенденция. Параметры циклонов и антициклонов характеризуются квазипериодической изменчивостью субдекадного масштаба, также обусловленной Североатлантическим колебанием.

Введение. Синоптическая изменчивость атмосферных характеристик оказывает принципиальное влияние на циркуляцию и структуру вод Черного моря. Именно синоптической изменчивостью объясняется преобладание циклонической завихренности в поле ветра в зимний период над Черным морем и соответствующее усиление ветровой циркуляции. Преобладание антициклонов в летний период приводит не только к смене знака завихренности в поле ветра, но и сопровождается увеличением притока коротковолновой солнечной радиации (из-за уменьшения облачности) и уменьшением турбулентных потоков тепла (из-за ослабления ветра). В результате приток тепла к поверхности моря возрастает, что также влияет на циркуляцию и структуру вод. Однако роль синоптических процессов в формировании структуры вод и циркуляции в Черном море этим не ограничивается. Синоптические процессы – основной источник импульса и механической энергии, передаваемых морю атмосферой. Это следует из достаточно простых соображений, опубликованных более 35 лет тому назад [1]. Действительно, из-за нелинейной зависимости касательных напряжений трения на поверхности моря от скорости ветра среднемесячные потоки импульса более чем на 50% формируются за счет штормов. Особенно важны в этом смысле интенсивные штормы, сопровождающие глубокие циклоны, повторяемость которых невелика. Расчет циркуляции вод Черного моря, выполненный в рамках различных моделей, подтверждает эту идею [2, 3].

Характеристики циклонов и антициклонов в Европейско-Средиземноморском регионе подвержены значительным изменениям не только на сезонном масштабе. Выделяются также межгодовые и десятилетние (декадные) вариации, связанные, в частности, с Североатлантическим колебанием (САК) [4 – 7]. Таким образом, низкочастотная изменчивость статистических характеристик синоптических атмосферных процессов (включая параметры глубоких циклонов), обусловленная САК, определяет межгодовые и десятилетние изменения циркуляции и структуры вод Черного моря.

В настоящей работе рассчитаны основные характеристики циклонов и антициклонов в Черноморском регионе для четырех сезонов по данным реанализа *NCEP* за 1952 – 2000 гг. и проанализирована их связь с САК. Предполагается в дальнейшем использовать полученные результаты для объяснения наблюдаемых низкочастотных изменений гидрофизических характеристик Черного моря.

Характеристика использованного материала. Методика его обработки. В работе использовались срочные данные реанализа *NCEP* (в синоптические сроки 00 и 12 ч GMT) за 1952 – 2000 гг. на сетке $2,5 \times 2,5^\circ$. Качество данных реанализа подробно обсуждались на двух специализированных конференциях [8, 9]. Показано, что эти данные могут быть использованы для надежного анализа синоптических процессов с характерными горизонтальными масштабами порядка 1000 км. Атлантические циклоны и антициклоны удовлетворяют этому условию. Средиземноморские и черноморские циклоны меньше атлантических. Не все их параметры надежно идентифицируются на такой, относительно грубой, сетке. Наименее точно оценивается, по видимому, площадь небольших циклонов, так как они лишь незначительно превышают по размерам площадь квадратов, по которым рассчитывались их параметры. По этой же причине глубина средиземноморских и черноморских циклонов может занижаться. Поэтому к приведенным результатам по изменчивости размеров циклонов необходимо относиться как к оценке сверху, а глубины циклонов – как к оценке снизу. Вместе с тем частота (повторяемость) синоптических образований и ее изменчивость оцениваются с достаточной точностью. Это, по крайней мере частично, подтверждается тем фактом, что частота циклонов в Черноморском регионе, оцененная по данным реанализа, резко уменьшилась между 60-ми и 90-ми годами XX в. (см. ниже), несмотря на то, что совершенствование наблюдательной системы, особенно после начала специализированных спутниковых наблюдений в конце 1970-х годов, позволяло выявлять вихревые образования даже незначительных размеров. Поэтому более точная идентификация небольших синоптических возмущений в 50 – 70-е годы XX в. привела бы только к уточнению полученных оценок принципиального характера.

Данные реанализа анализировались по каждому из четырех сезонов. За зиму принимались декабрь, январь и февраль. За весну – март, апрель, май и т.д. Для выделения циклонов и антициклонов использовалась следующая процедура (подробнее см. [4]). Пусть имеется область повышенного или пониженного давления, ограниченная замкнутыми изобарами, с центром в точке, совпадающей с узлом регулярной сетки. Тогда глубина синоптического вихря рассчитывается как абсолютная величина разности давления между его центром и последней замкнутой изобарой (анализировались изолинии с дискретностью 1 гПа). В случае несовпадения центра вихря с узлом сетки центр определяется как геометрический центр фигуры, расположенной внутри ближайшей от узла изобары, давление на которой отличается от давления в узле сетки на 1 гПа. В дальнейшем будут анализироваться относительная частота циклонов и антициклонов в $2,5$ -градусных квадратах, их площадь и глубина для четырех сезонов за весь период реанализа с 1952 по 2000 гг.

Под относительной частотой понимается отношение числа центров синоптических образований, обнаруженных в данном квадрате за сезон, к общему числу проанализированных случаев (т.е. к удвоенному количеству суток для каждого сезона каждого года, так как анализировались данные за 2 синоптических срока). Площадь синоптического образования определялась по поверхности, ограниченной последней замкнутой изобарой. Рассчитывались характеристики циклонов и антициклонов, осредненные для всего Черноморского региона (между 37,5 – 50° с.ш. и 27,5 – 45° в.д.).

Для выделения зависимости характеристик циклонов и антициклонов от фаз САК применялся метод композитов. В качестве индекса САК использовался стандартизированный временной коэффициент первой эмпирической моды в разложении ежемесячных полей приземного давления в регионе Северной Атлантики, ограниченном 10 – 80° с.ш. и 20 – 80° з.д. Вначале выделялось по 20 мес для каждого сезона с обоих концов ранжированной выборки. Затем производилось осреднение характеристик синоптических образований для каждого квадрата по всем месяцам и годам отдельно для лет с высокими и низкими индексами САК (такие индексы для зимы приведены в табл. 1). Полученные для двух групп месяцев и лет средние величины (композиты) сравнивались между собой с целью выделения сигнала, обусловленного САК. Значимость композита оценивалась по разным статистическим критериям для разных характеристик.

Т а б л и ц а 1

Величины временных коэффициентов первой эмпирической моды приземного давления Северной Атлантики для зимних месяцев в положительную (+) и отрицательную (–) фазы САК

Месяц, год	САК(+)	Месяц, год	САК(–)
12.1956	1,45	01.1955	–3,50
01.1957	2,10	01.1956	–2,29
02.1959	2,14	02.1958	–2,56
01.1962	1,83	01.1959	–2,27
02.1964	1,95	02.1960	–3,17
12.1964	2,32	12.1961	–2,70
12.1972	1,66	01.1963	–3,03
01.1973	1,67	02.1965	–2,69
01.1974	2,54	01.1966	–3,33
02.1976	2,83	01.1969	–3,79
02.1982	1,73	02.1969	–3,94
12.1982	1,69	01.1970	–2,30
01.1984	1,79	01.1977	–2,90
01.1986	1,88	02.1978	–4,13
01.1989	1,90	01.1979	–3,06
02.1989	2,85	01.1980	–2,09
01.1990	2,40	12.1981	–2,06
02.1990	2,51	01.1985	–2,58
02.1992	1,54	02.1986	–2,17
01.1993	2,18	12.1996	–2,41

Для оценки значимости композита интенсивности (глубины) и размера синоптических образований в каждом квадрате применялся t -критерий Стьюдента, если их повторяемость превышала 5. При меньшей повторяемости вихрей в квадрате значимость композита в нем не оценивалась. Значимость композита с частотной характеристикой оценивалась, исходя из следующих соображений. Для выделения области, где повторяемости статистически значимо отличаются в разные фазы САК, использовалась следующая вероятностная модель. Если считать появление центра циклона в квадрате сетки «успехом» (1), а отсутствие – «неудачей» (0) в серии независимых испытаний, то можно эти «опыты» рассматривать как испытания Бернулли. Тогда число успехов (неудач) характеризуется биномиальным распределением со следующими параметрами: f , $1 - f$ и N , где f – вероятность успеха (повторяемость), $(1 - f)$ – вероятность неудачи, N – объем выборки. Там, где для одной фазы САК наблюдалось за все время не слишком мало циклонов (мы брали не менее 5), можно аппроксимировать такую вероятность нормальным распределением и проверить, попадает ли повторяемость в противоположной фазе САК в надлежащий доверительный интервал. Если да, то можно считать, что композиты значимо отличаются для двух фаз САК. Подробнее методика расчета доверительных интервалов изложена в [4]. В дальнейшем анализ повторяемости синоптических вихрей производится в основном только для значимых (не менее чем на уровне 1%) результатов.

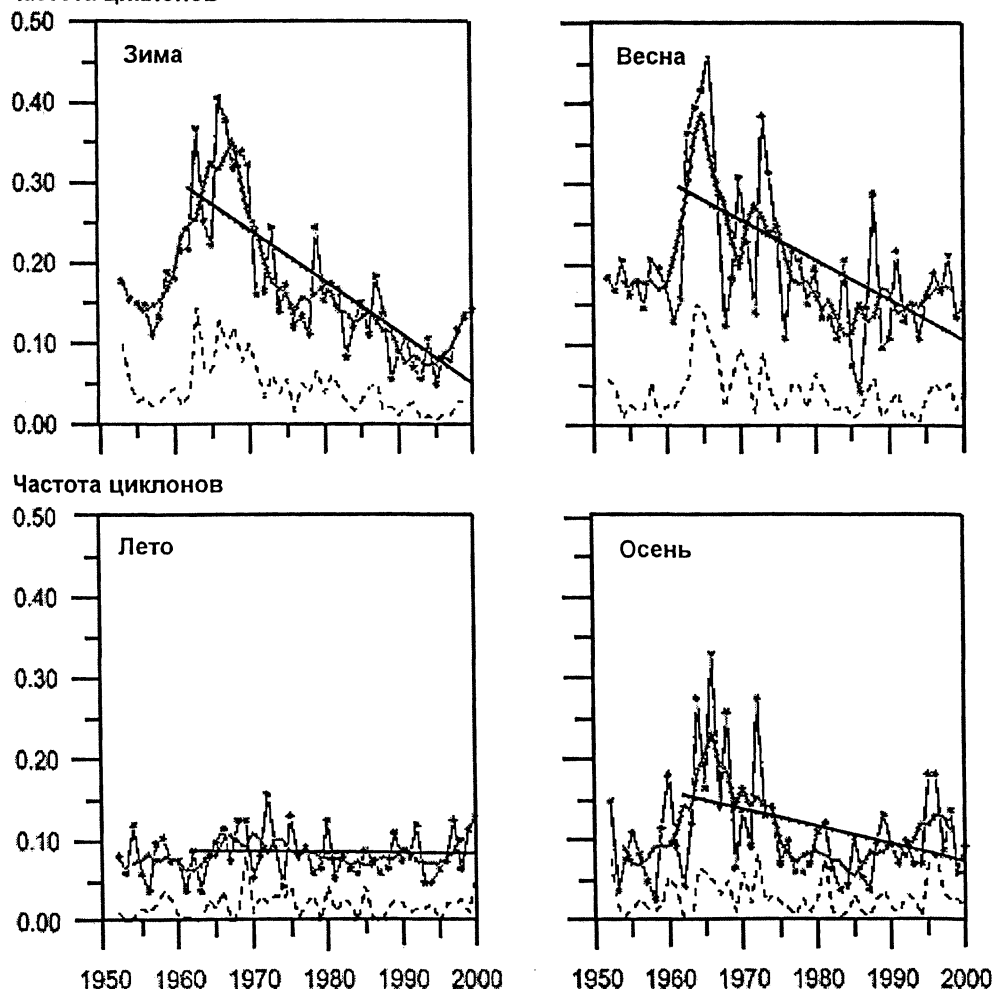
Для расчета статистических характеристик и разложения на эмпирические ортогональные функции (ЭОФ) использовались стандартные алгоритмы и программы. Спектральные оценки получены с применением непараметрических методов. Периодограммы, рассчитанные по трехмесячным рядам с суточным разрешением, сглаживались с использованием окна Парзена. После этого оценивались доверительные интервалы. Окно Парзена – одно из окон, сильно уменьшающих дисперсию выборочной оценки. При этом, естественно, ухудшаются частотные характеристики спектров (увеличивается смещение [10]). Мы сознательно выбрали это окно, так как нашей целью было получить оценку количества значимых пиков в определенных, достаточно широких частотных диапазонах.

Статистические характеристики циклонов и антициклонов не подчиняются нормальному закону распределения [4]. Поэтому для анализа наиболее интенсивных циклонов использовались данные о 25 % наиболее интенсивных атмосферных вихрей.

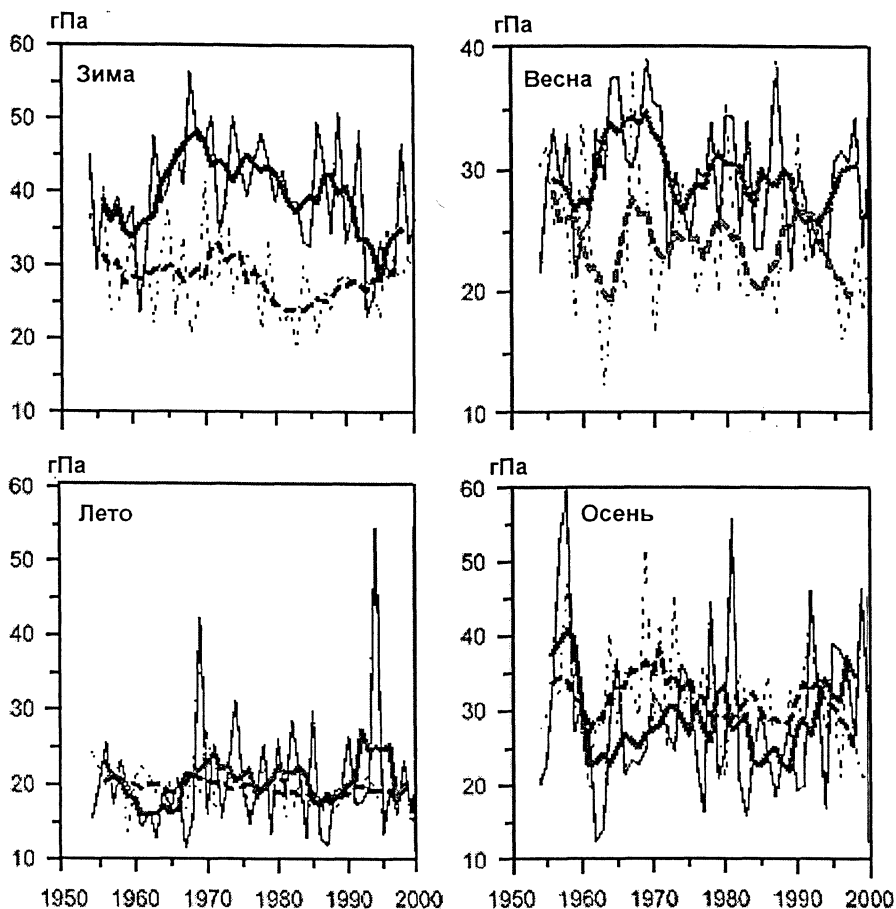
Результаты и их анализ. Анализ частоты (повторяемости) циклонов, наблюдающихся в Черноморском регионе, выявил следующие главные особенности (рис. 1). Со второй половины 60-х до конца 80-х – середины 90-х годов XX в. произошло более чем трехкратное уменьшение повторяемости зимних циклонов. Частота (повторяемость) циклонов значимо уменьшалась также весной и осенью. Однако величина линейного тренда в эти периоды года была приблизительно в 2 – 3 раза меньше по абсолютной величине, чем зимой. Выявленные тенденции в целом характерны и для 25% наиболее интенсивных циклонов (штриховая линия на рис. 1). При этом в зимне-весенний период глубина циклонов в целом уменьшилась на протяжении 70-х и 80-х го-

дов XX в. (рис. 2). Особенно заметно это уменьшение зимой, когда типичная глубина циклонов изменилась с ~ 50 гПа (во второй половине 60-х) до ~ 30 гПа (в середине 90-х годов XX в.). Подчеркнем, что при оценке трендов за весь период наблюдений не было отмечено значимых трендов в интенсивности (глубине) циклонов ни в один из сезонов из-за квазипериодического характера анализируемых рядов (табл. 2, рис. 2). Наличие квазипериодических колебаний декадного масштаба хорошо видно и на графике временного хода площади циклонов, особенно зимой, когда циклоны наиболее развиты, а площадь их максимальна (рис. 3). Отметим вместе с тем заметное уменьшение площади зимних циклонов со второй половины 60-х к середине 90-х годов XX в. (с $\sim 1,25 \cdot 10^6$ км² до $\sim 0,75 \cdot 10^6$ км²).

Частота циклонов



Р и с. 1. Временной ход частоты циклонов в Черноморском регионе в разные сезоны 1952 – 2000 гг. (тонкая сплошная кривая – данные по всем циклонам без фильтрации, жирная сплошная кривая – 5-летнее скользящее среднее для всех циклонов, прямая линия – линейный тренд частоты циклонов (с 1962 г.), штриховая – данные по 25% наиболее глубоких циклонов)



Р и с. 2. Временной ход глубины циклонов и антициклонов (гПа) в Черноморском регионе (тонкая сплошная линия – циклоны, тонкая штриховая – антициклоны, соответствующие жирные линии – 5-летнее скользящее среднее)

Частота (повторяемость) антициклонов в Черноморском регионе увеличивалась начиная с конца 1960-х и до конца 1980-х гг. во все сезоны, но особенно интенсивно – зимой (рис. 4). Вместе с тем за весь анализируемый период (с 1952 по 2000 гг.) тренд частоты антициклонов значим на уровне 1% только для осенне-зимнего периода. Весной и летом уровень значимости этого тренда не превышает 20%, причем летом тренд вообще отрицателен (табл. 2). В некоторой степени это является следствием квазипериодического характера анализируемых рядов (рис. 4), что приводит к изменению величины и даже знака линейного тренда при изменении длины анализируемой реализации на величину порядка 1 – 2 декад. В зимне-весенний период глубина (интенсивность) антициклонов меньше глубины циклонов практически на протяжении всего анализируемого периода (с 1952 по 2000 гг.), что особенно заметно зимой, когда интенсивность антициклонов в среднем почти на 14 гПа меньше интенсивности циклонов (рис. 2, табл. 2). В летне-осенний период интенсивности (глубины) антициклонов и циклонов мало отличаются между собой. Линейные тренды

интенсивности (глубины) антициклонов невелики. Они выделяются на невысоком уровне значимости (10%) только весной и летом. Интенсивность (глубина) антициклонов весной выросла за весь анализируемый период на 5,6 гПа, а летом уменьшилась на 4,9 гПа (табл. 2). Площадь антициклонов практически на протяжении всего периода наблюдений и во все сезоны больше площади циклонов. Это можно интерпретировать с использованием закона сохранения импульса (или абсолютного вихря). Действительно, превышение размеров антициклонов над размерами циклонов является следствием циклострофичности поля ветра в синоптических атмосферных образованиях. При этом в антициклонах циклострофический ветер сильнее геострофического, а в циклонах – наоборот. Именно это приводит к увеличению размеров антициклонов, что позволяет удовлетворить закону сохранения абсолютного вихря. Максимальные площади антициклонов ($>2,5 \cdot 10^6 \text{ км}^2$) наблюдаются в осенне-зимний период. Причем для антициклонов, так же как для циклонов, характерны квазипериодические изменения их площади декадного масштаба (рис. 3).

Т а б л и ц а 2

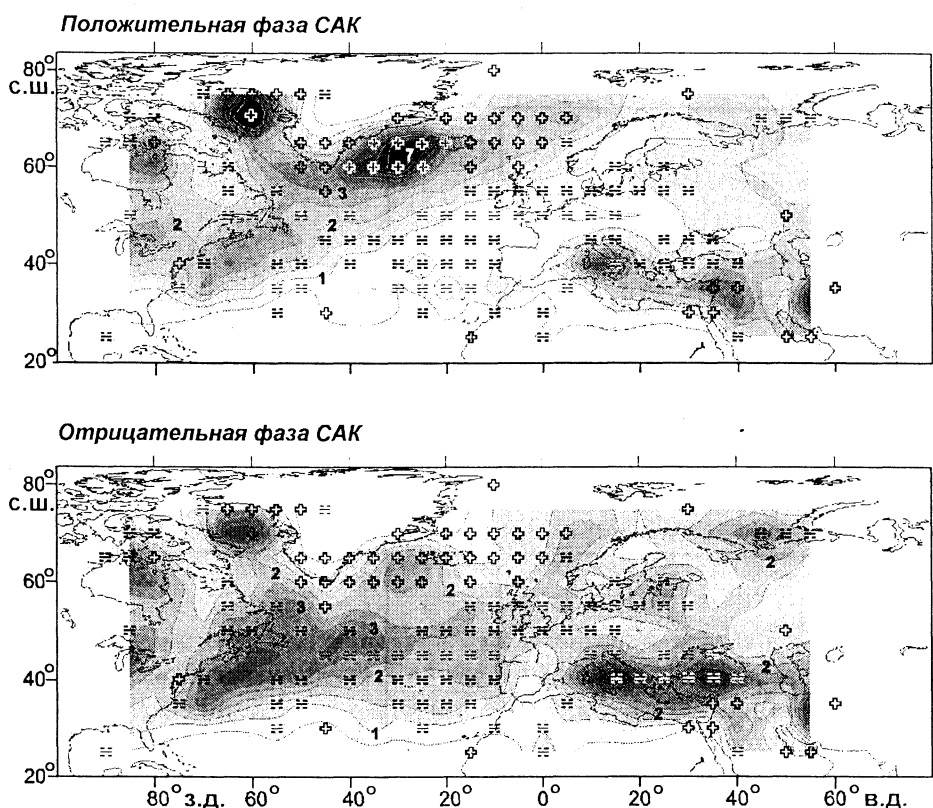
Общая характеристика циклонов (числитель) и антициклонов (знаменатель) в Черноморском регионе в 1952 – 2000 гг.

Параметр	Зима	Весна	Лето	Осень
Средняя относительная частота	$0,172 \pm 0,098$	$0,171 \pm 0,094$	$0,074 \pm 0,038$	$0,134 \pm 0,025$
± стандартное отклонение	$0,127 \pm 0,075$	$0,188 \pm 0,068$	$0,211 \pm 0,097$	$0,162 \pm 0,073$
Линейный тренд частоты (увеличение за весь период)	$-0,162^{***}$ $0,144^{***}$	$-0,072^*$ $0,044^*$	0 $-0,058^*$	$-0,052^*$ $0,096^{***}$
Средняя глубина (гПа)	$40,3 \pm 20,8$	$25,2 \pm 8,1$	$19,0 \pm 6,5$	$33,2 \pm 15,7$
± стандартное отклонение	$26,7 \pm 8,8$	$20,6 \pm 6,8$	$20,1 \pm 5,6$	$33,9 \pm 12,0$
Линейный тренд глубины (увеличение за весь период)	0 0	0 $5,6^{**}$	0 $-4,9^{**}$	0 0
Средняя площадь (10^6 км^2)	$1,14 \pm 0,65$	$0,77 \pm 0,27$	$0,45 \pm 0,15$	$0,91 \pm 0,48$
± стандартное отклонение	$1,34 \pm 0,66$	$0,97 \pm 0,49$	$0,92 \pm 0,43$	$1,94 \pm 0,96$

П р и м е ч а н и е. Значимые на 20 %, 10 %- и 1 %-ном уровнях тренды помечены одной, двумя и тремя звездочками соответственно.

Подводя итог приведенным выше результатам, можно заключить, что циклоническая активность в Черноморском регионе, безусловно, преобладает только в зимне-весенний период. Следует подчеркнуть, что зимой циклоны наблюдались не только чаще, чем антициклоны, но на протяжении почти всего анализируемого периода они были и более интенсивны. В другие сезоны на синоптическом масштабе в Черноморском регионе преобладала антициклоническая активность. Отметим, что из-за разного знака тренда частоты (повторяемости) циклонов в зимне-весенний период в последние 10 – 15 лет XX в. антициклоны стали наблюдаться чаще, чем циклоны, и в этот период года. Однако из-за того, что зимой и весной интенсивность циклонов существенно больше интенсивности антициклонов, циклоническая завихренность над Черным морем в этот период года преобладает.

Обсуждение. Обратимся теперь к вероятной причине отмеченных изменений. Проверим сначала, не связаны ли они с изменением общей циркуляции атмосферы (прежде всего с САК). Результаты работ [4, 7, 12 – 14 и др.], а также рис. 5 ясно указывают, что это действительно так. Именно усиление САК в 60 – 90-е годы XX в., сопровождающееся смещением траекторий североатлантических циклонов к северу, привело к уменьшению их повторяемости над большей частью Европы, включая Черноморский регион. При этом интенсивность циклонов увеличилась над большей частью Северной Атлантики к северу от 55° с.ш., в то время как интенсивность антициклонов уменьшилась. В Черноморском регионе значимых отличий в интенсивности синоптических вихрей в разные фазы САК не выявлено, хотя здесь и наблюдается положительная тенденция в изменении интенсивности циклонов при низкой фазе САК и отрицательная – при высокой фазе [4].



Р и с. 5. Частота появления циклонов (в десятых долях) в зимний период 1952 – 2000 гг. в пятиградусных сферических трапециях Атлантико-Европейского региона в положительную и отрицательную фазы Североатлантического колебания (плюсами показаны области, в которых частота циклонов значимо больше при положительной аномалии индекса САК (интенсивная зональная циркуляция в Атлантико-Европейском регионе), окаймленными минусами – области, в которых частота циклонов значимо больше при отрицательной аномалии индекса САК (ослабленная зональная циркуляция в Атлантико-Европейском регионе))

Таким образом, отмеченные изменения характеристик атмосферных синоптических вихрей в Черноморском регионе обусловлены низкочастотной изменчивостью общей циркуляции атмосферы. Главная их особенность – ос-

лабление циклонической активности и усиление антициклонической с конца 60-х до начала 90-х годов XX в. (менее выраженные летом). Это должно приводить к ослаблению циклонической циркуляции вод Черного моря ветрового происхождения. Вместе с тем все анализируемые параметры циклонов и антициклонов подвержены интенсивной межгодовой и субдекадной изменчивости (табл. 3), частотные характеристики которой совпадают с частотными характеристиками САК. Действительно, максимальный уровень интенсивности флуктуаций различных параметров циклонов и антициклонов приходится на интервал периодов 5 – 9 лет, что совпадает с основным периодом флуктуаций индекса САК [15]. Полученные результаты еще раз подтверждают важность изменений общей циркуляции атмосферы для формирования ветровой циркуляции вод Черного моря. Региональные изменения муссонного характера, на важность которых указано в работах [11, 16], вероятно, влияют на характеристики собственно черноморских циклонов (генерируемых непосредственно в рассматриваемом регионе). Однако они практически не влияют на атмосферные вихри атлантического происхождения синоптического масштаба. Значимость этого эффекта может увеличиваться в периоды уменьшения повторяемости атлантических циклонов в регионе при долгопериодном усилении САК.

Т а б л и ц а 3

Общая характеристика спектральных пиков (период, годы) для различных параметров циклонов и антициклонов в Черноморском регионе в 1952 – 2000 гг.

Параметр	Циклоны				Антициклоны			
	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень
Частота	25 5,1*(25)	9,1*(20)	8,3 3,8	25 7,5*(15)	–	4,25	30	25 3,8
Глубина, гПа	15,4	–	18 4,3 20	6,9 3,5	6,25*(25) 2,7	–	4,75 2,4	4,75*(25)
Площадь, км ²	15 5,6 34,7	25 5*(15)	6,25* (10) 2,9*(15)	16,7 7*(15) 3,3*(15)	5,3*(20) 2,6*(22)	6,9*(25)	4,5*(20) 2,5*(20)	4,75*(30)

П р и м е ч а н и е. Значимые на уровне 80% пики в спектрах, рассчитанных после удаления линейных трендов, помечены звездочкой; в скобках указан вклад (%) изменчивости соответствующего временного масштаба в общую дисперсию для значимых пиков.

Закключение. Результаты анализа данных *NCEP* показывают, что в Черноморском регионе в период со второй половины 60-х до начала 90-х годов XX в. происходило ослабление циклонической завихренности в атмосфере во все сезоны (менее выраженное летом). Оно было связано с изменчивостью общей циркуляции атмосферы (в частности, с САК), проявлялось в уменьшении повторяемости циклонов в регионе (что касается и наиболее интенсивных циклонов) и увеличении повторяемости антициклонов. Различные характеристики синоптических вихрей в регионе (частота, интенсивность, площадь) характеризуются квазипериодическими изменениями субдекадного масштаба, также связанными, по всей вероятности, с САК. Полученные долговременные тенденции изменения и субдекадные колебания завихренности поля ветра должны вызывать долговременное ослабление ветровой циклонической циркуляции вод Черного моря, модулируемое крупномасштабными квазидесятилетними колебаниями, что под-

тверждается независимыми оценками, выполненными в работе [17] по данным стандартных гидрологических разрезов.

Работа частично выполнена в рамках проекта НАТО *EST-CLG-978911*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Монин А.С. Фундаментальные следствия взаимодействия атмосферы и океана // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. – 1969. – 5, №11. – С. 1102 – 1113.
2. Шаниро Н.Б. Формирование циркуляции в квазиизопикнической модели Черного моря с учетом стохастичности напряжения ветра // Морской гидрофизический журнал. – 1998. – №4. – С. 12 – 24.
3. Staneva J.V., Stanev E.V. Oceanic response to atmospheric forcing derived from different climatic data sets: intercomparison study for the Black sea // Oceanol. Acta. – 1997. – 21. – P. 393 – 417.
4. Бардин М.Ю., Полонский А.Б. Североатлантическое колебание и синоптическая изменчивость в Европейско-Атлантическом регионе в зимний период // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. – 2005. – 41, № 2. – С. 147 – 157.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.4 Черное море. Вып. 1 Гидрометеорологические условия. – СПб: Гидрометеиздат, 1991. – 469 с.
6. Нестеров Е.С. Особенности состояния океана и атмосферы в различные фазы североатлантического колебания // Метеорология и гидрология. – 1998. – №8. – С. 74 – 82.
7. Полонский А.Б., Башарин Д.В., Воскресенская Е.Н., Ворли С. Североатлантическое колебание: описание, механизмы и влияние на климат Евразии // Морской гидрофизический журнал. – 2004. – №2. – С. 42 – 59.
8. *Proceedings of the first WCRP International Conference on Reanalyses* // WCRP-WMO. – 1998. – № 876. – 481 p.
9. *Proceedings of the second WCRP International Conference on Re-analyses* (Reading, 23 – 27 Aug.1999) // WCRP-WMO. – 2000. – №1. – 452 p.
10. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. Вып 1 – М.: Мир, 1971. – 316 с.
11. Григорьев А.В., Петренко Л.А. Черное море как фактор влияния на атмосферные процессы в регионе // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 1999. – С. 17 – 27.
12. Hurrell J.W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation. Regional temperatures and precipitation // Science. – 1995. – 269, № 5224. – P. 676 – 679.
13. Glowinska Hense R. The North Atlantic Oscillation in the Atlantic European SLP // Tellus. – 1990. – 42A, №5. – P. 497 – 507.
14. McCabe G.J., Clark M.P., Serreze M.C. Trends in Northern Hemisphere surface cyclone frequency and intensity // J. Clim. – 2001. – 14, №12. – P. 2763 – 2768.
15. Polonsky A., Voskresenskaya E., Basharin D. Coupled ocean – atmosphere system and its impacts on European climate // Climate in Transition / Ed. L.C. Nkemdirim. – Washington, DC: Minuteman Press. – 2003. – P. 15 – 27.
16. Коротаев Г.К. О причине сезонного хода циркуляции Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 2001. – №6. – С. 14 – 21.
17. Полонский А.Б., Ловенкова Е.А. Долговременные тенденции в изменчивости характеристик пикноклина Черного моря и их причины // Изв.РАН. Физика атмосферы и океана. – 2006. – 42, №3. – С. 340 – 352.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь
Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН,
Москва

Материал поступил
в редакцию 24.05.06
После доработки 03.07.06

ABSTRACT Using NCEP re-analysis for 1952 – 2000, parameters of cyclones and anticyclones in the Black Sea region and statistical characteristics of their variability for each season are calculated. It is shown that the cyclone frequency decreases in all the seasons (except summer) that results from the North Atlantic Oscillation intensification from the sixties to the nineties of the 20th century and from displacement of the dominating trajectories of synoptic disturbances to the north. The opposite tendency is revealed for anticyclones. Parameters of cyclones and anticyclones are characterized by quasi-periodical subdecadal-scale variability conditioned by the North Atlantic Oscillation.