

УДК 551.46

## МНОГОЛЕТНИЕ И СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

Панов Б.Н., Спиридонова Е.О., Смирнов С.С.

*Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства  
и океанографии, Керчь, e-mail: yugniro@kerch.com.ua*

Анализ сезонной и межгодовой изменчивости (с 1960 года) коэффициентов разложения барического поля над Черным морем по полиному Чебышева позволил установить, что в последние два десятилетия наибольшим изменениям подвержены зональные переносы, в сезонном аспекте – все показатели зимней атмосферной циркуляции (повышение среднего давления, смена преобладавшего ранее восточного переноса западным и южного – северным). Преобладающая цикличность колебаний составляет 3-4 года, 8-9 и 14 лет.

**Ключевые слова:** атмосферное давление, переносы, цикличность, тенденции, изменения, черноморский регион

**ВВЕДЕНИЕ.** Изменчивость переносов в приземном слое атмосферы является определяющим фактором формирования климата и важнейших гидрометеорологических характеристик любого региона, особенно морского, так как поле атмосферного давления и ветра играют ведущую роль в формировании гидродинамических условий и биопродуктивности морской акватории.

В атмосферной циркуляции над Чёрным морем можно выделить 9 типов, 7 из которых соответствуют основным направлениям ветровых потоков: северо-восточный тип со среднегодовой повторяемостью 12.4%, восточный – 6.6%, юго-восточный – 7.8%, юго-западный 7.4%, западный – 3.3%, северо-западный – 5.8%, северный – 8.4%. Восьмой тип – циклонический, с повторяемостью 7.3%, а к девятому типу отнесены малоградиентные барические поля. Последний тип имеет самую высокую повторяемость – 41% [1].

Ветра над Чёрным морем с апреля по октябрь в основном слабые (средняя месячная скорость менее 5 м/с), неустойчивые по направлению. Повторяемость таких ветров увеличивается в юго-восточном направлении от 48 до 73%. В зимние месяцы она уменьшается до 30-40%. В сентябре-июне повторяемость ветров северо-восточного и юго-западного направлений составляет 10-19%. Область наибольшей повторяемости северо-восточных ветров охватывает при этом северо-западный район. Зимой скорость ветра в среднем 3-8.5 м/с, летом 2-5 м/с [2].

Ветра, оцениваемые по наблюдениям сети береговых гидрометеорологических станций, являются локальными показателями, в то время как атмосферные переносы, определяемые по полю приземного атмосферного давления, характеризуют сравнительно обобщенные перемещения воздушных масс над морской акваторией.

В последние два десятилетия достаточно многочисленны и актуальны исследования, посвященные быстрым изменениям гидрометеорологических режимных характеристик, в частности – изменениям температуры воды и воздуха, частоте

прохождения циклонов. В черноморском регионе подобные исследования практически не используют возможности количественных оценок барического поля [3-6].

**1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В работе использован сформированный в ЮгНИРО банк ежедневных данных (с 1960 года) по приземной барике (в аномалиях относительно значения 1000 мб) над акваторией Черного моря по 16-точечной сетке (рис. 1) предложенной В. А. Брянцевым [7].

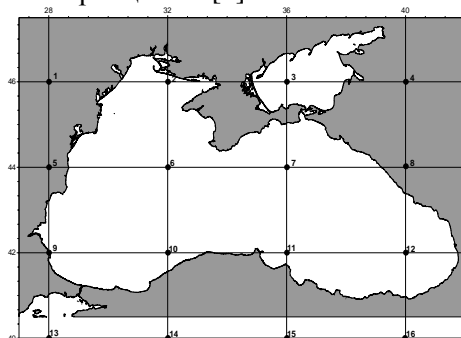


Рис. 1. Сетка ежедневного мониторинга приземного атмосферного давления над Черным морем, осуществляемого в ЮгНИРО с 1960 года.

Атмосферные переносы характеризовались коэффициентами разложения поля приземного давления по полиному Чебышева. Методика разложения взята из [8]. Коэффициент  $A_{00}$  характеризует величину среднего атмосферного давления на рассматриваемой территории,  $A_{01}$  характеризует интенсивность зонального переноса («+» – западный, «-» – восточный),  $A_{10}$  – интенсивность меридионального переноса («+» – южный, «-» – северный).

Указанные коэффициенты примененные в виде средних месячных, сезонных и годовых значений за периоды 1960-2008, 1960-1990 и 1991-2008 год, представлены графически, сглаживались скользящим осреднением, использовались в спектральном анализе. Определялись средние многолетние по периодам значения параметров и дисперсии их средних годовых значений.

Для визуальной оценки тенденций долгопериодных изменений атмосферных процессов сглаживание рядов скользящим осреднением выполнено с использованием 11-летнего фильтра, соответствующего продолжительности цикла солнечной активности. При выборе фильтра учитывались также результаты спектрального анализа исследуемых рядов.

**2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Многолетние изменения средних годовых значений коэффициента  $A_{00}$  (рис. 2) позволяют отметить в тенденциях рост среднего атмосферного давления в черноморском регионе в пределах 2-3 мб с середины 70-х до начала 90-х годов прошлого века. Позднее, до конца 90-х годов следует снижение давления, а в последние 10 лет – относительная его стабилизация. Результаты спектрального анализа ряда указывают на присутствие слабо выраженной периодичности колебаний в 4 года и 14 лет.

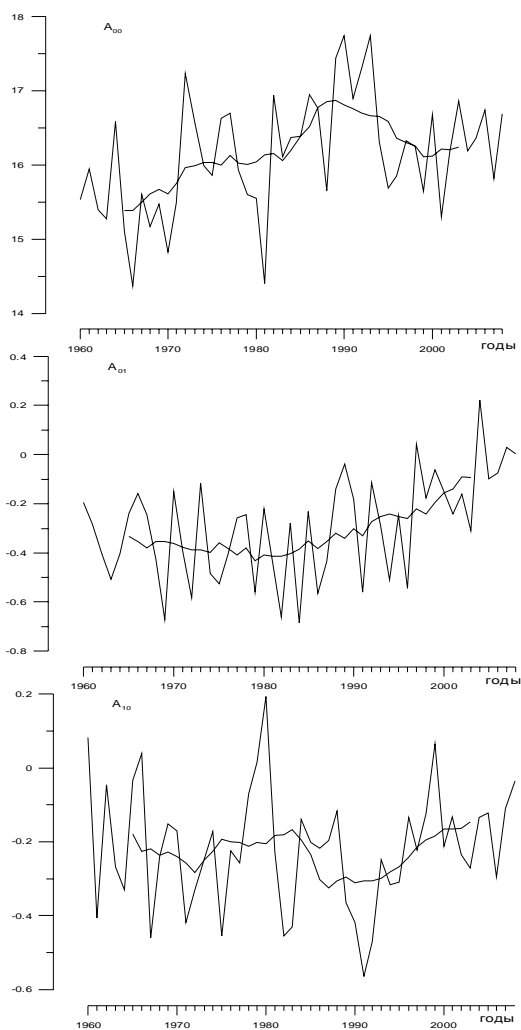


Рис. 2. Многолетние изменения средних годовых значений показателей атмосферных переносов  $A_{00}$ ,  $A_{01}$ ,  $A_{10}$  над черноморским бассейном.

Многолетние изменения средних сезонных значений (рис.3) рассматриваемого показателя указывают на относительную стабильность этой характеристики весной, летом и осенью. Ощутимые изменения можно отметить только для зимы. В зимние месяцы наблюдается устойчивая тенденция роста среднего атмосферного давления в течение всего рассматриваемого периода на 5-6 мб.

Оценка периодичности позволяет выделить в ряду средних зимних значений периоды – 2 года, 4 года и 14 лет, для весенних – 3-4 года, для осенних – 2-3 года, для осенних – 2 и 8 лет.

**МНОГОЛЕТНИЕ И СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ**

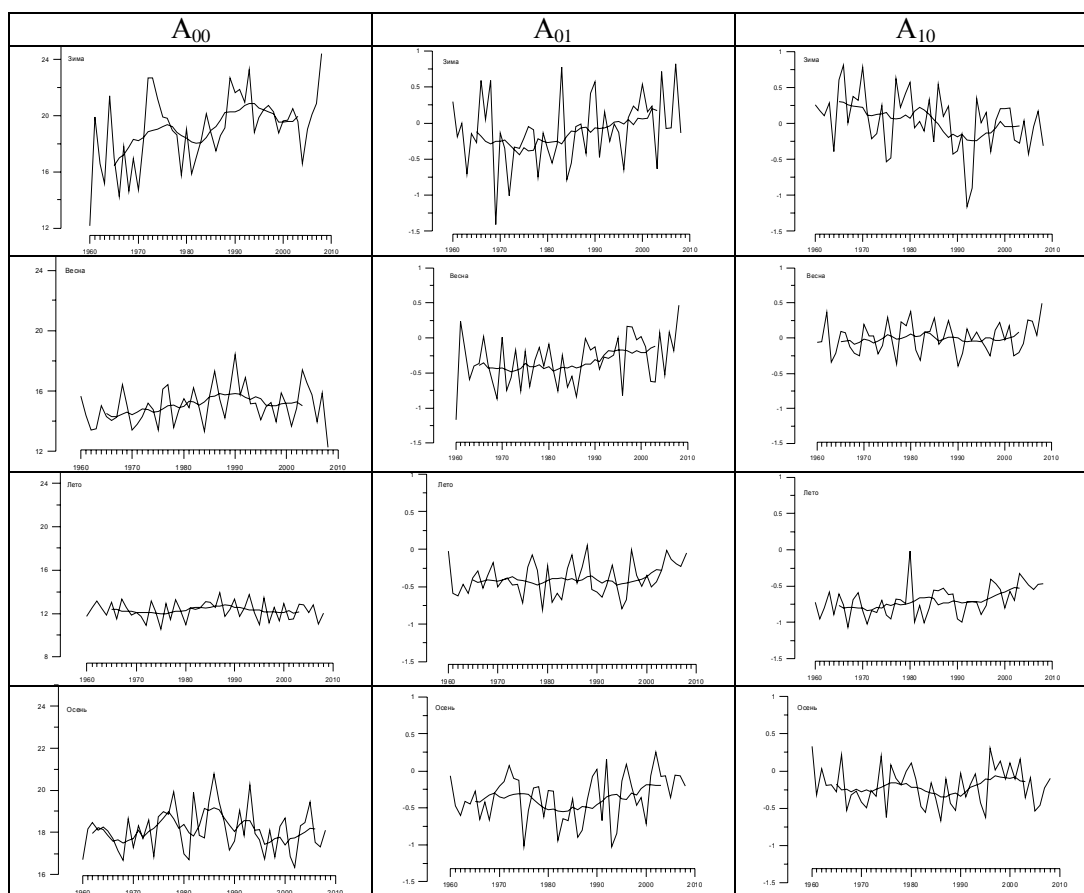


Рис.3. Многолетние изменения средних сезонных значений показателей атмосферных переносов  $A_{00}$ ,  $A_{01}$ ,  $A_{10}$  над черноморским бассейном.

Основной особенностью изменений средних годовых значений коэффициента  $A_{01}$ , характеризующего зональный перенос, является устойчивый рост после 1984 года. Преобладающий, характерный восточный перенос начал ослабевать, а в 1997, 2004 и 2007 году уже преобладали западные переносы (рис. 2).

В средних сезонных значениях заметное устойчивое многолетнее ослабление восточных переносов наблюдается весной и зимой. Причем эта тенденция в зимние месяцы началась уже в начале 70-х годов, а весной – в конце 80-х (рис. 3). Это свидетельствует о неравномерном действии в течение года фактора определяющего тип и интенсивность зонального переноса. Зимой, с конца 90-х годов значительные преобладания западных переносов наблюдались чаще, чем восточных. В летние и осенние месяцы заметных тенденций в изменениях зональных атмосферных переносов не отмечено.

Оценивая периодичность изменений показателя зональных переносов, следует отметить отличие зимних-весенних и летних-осенних изменчивостей. Для средних зимних и весенних значений  $A_{01}$  характерна 2-3 и 8-9-летняя цикличность, для

летних и осенних – 4-х и 8-9-летняя. В ряду средних годовых значений спектральный анализ позволяет выделить несколько слабовыраженных циклов: 2, 3, 4 и 9-14 лет.

В тенденциях средних годовых значений коэффициента  $A_{10}$  (характеризует меридиональный перенос) можно отметить усиление северных переносов до 1991 года, позже – его ослабление (рис. 2).

Подобные тенденции присутствуют и в многолетних изменениях зимних значений (рис. 3). Для летних значений характерна постоянная тенденция ослабления северных переносов, для осени и весны – сравнительно устойчивое незначительное преобладание северных переносов.

Средним годовым значениям коэффициента  $A_{10}$  свойственна периодичность 2 года и 8 лет, средним зимним значениям – 3 года, 8 и 14 лет, средним весенним – 4 года и 7 лет, летним – 6-9-летняя периодичность, осенним – 3 года и 6 лет.

Таким образом, из анализа многолетних изменений исследуемых параметров следует, что смена тенденций в рядах средних годовых и средних сезонных значений произошла в конце 80-х – начале 90-х годов. Поэтому для оценки произошедших в последние два десятилетия изменений ряды показателей были разбиты на две части: 1960-1990 и 1991-2008 годы. Приведенные в таблице средние значения и дисперсия рядов свидетельствуют о том, что в наибольшей степени изменились значения показателя зонального переноса –  $A_{01}$  (кроме средних летних значений), а также зимние значения всех рассматриваемых показателей.

Таблица 1.

Средние годовые и сезонные значения показателей атмосферных переносов  $A_{00}$ ,  $A_{01}$ ,  $A_{10}$  и оценка их изменчивость для двух периодов

Показатели	Средние 1960-1990 гг.	Средние 1991-2008 гг.	Дисперсия 1960-1990 гг.	Дисперсия 1991-2008 гг.
$A_{00\text{ср}}$	15,99	16,38	0,823	0,607
$A_{01\text{ср}}$	-0,36	-0,18	0,178	0,209
$A_{10\text{ср}}$	-0,21	-0,21	0,173	0,148
$A_{00\text{Весна}}$	14,94	15,13	1,240	1,249
$A_{01\text{Весна}}$	-0,41	-0,18	0,321	0,335
$A_{10\text{Весна}}$	-0,01	0,03	0,220	0,205
$A_{00\text{Лето}}$	12,35	12,71	0,788	0,837
$A_{01\text{Лето}}$	-0,41	-0,35	0,218	0,230
$A_{10\text{Лето}}$	-0,75	-0,61	0,207	0,183
$A_{00\text{Осень}}$	18,19	17,99	1,028	0,997
$A_{01\text{Осень}}$	-0,41	-0,27	0,287	0,356
$A_{10\text{Осень}}$	-0,22	-0,16	0,259	0,257
$A_{00\text{Зима}}$	18,29	20,36	2,658	1,701
$A_{01\text{Зима}}$	-0,19	0,05	0,485	0,414
$A_{10\text{Зима}}$	0,14	-0,14	0,372	0,397

Преобладающие восточные переносы ослабли в последние два десятилетия в 2 раза, а в зимние месяцы отмечается уже незначительное преобладание западных

**МНОГОЛЕТНИЕ И СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ**

переносов. В зимние месяцы в меридиональных переносах ранее преобладающие южные переносы сменились северными. То есть зимой юго-восточные переносы сменились северо-западными и значительно повысилось среднее атмосферное давление (показатель  $A_{00}$ ). Относительно изменчивости значений исследуемых показателей следует отметить, что в наибольшей степени в последние два десятилетия снизилась дисперсия коэффициента  $A_{00}$  (кроме лета) и увеличилась дисперсия коэффициента  $A_{01}$  (кроме зимы). В целом дисперсия зимних значений максимальна, летних – минимальна.

Представляет интерес и внутригодовая изменчивость исследуемых показателей в 1960-1990 и 1991-2008 годах (рис. 4). Однотипными выглядят изменения среднего атмосферного давления и меридионального переноса. Они отражают в году два периода: холодный и теплый. Поэтому можно предположить тепловую природу этих изменений. В холодный период атмосферное давление над морем выше (с октября по апрель), чем в теплый, и южные переносы (с ноября по май) преобладают над северными. В последние два десятилетия ход внутригодовых изменений этих показателей и их среднемесячные величины значительно не изменились. Исключением являются значения декабря-февраля. Они демонстрируют рост среднего атмосферного давления в зимние месяцы и снижение активности южных переносов. В июле-сентябре ослабли северные переносы.

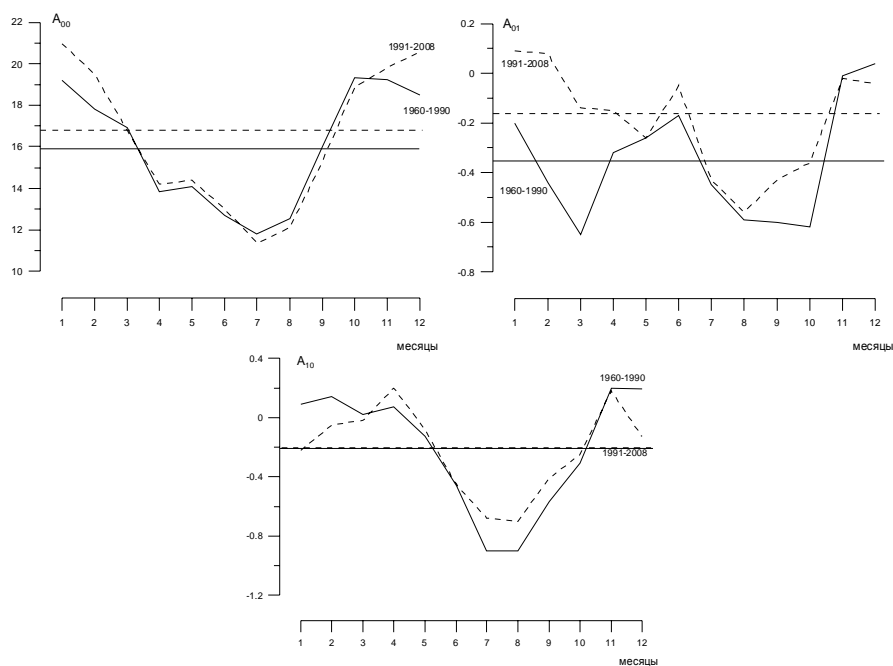


Рис. 4. Средние многолетние месячные значения показателей атмосферных переносов  $A_{00}$ ,  $A_{01}$ ,  $A_{10}$  для двух периодов

Значительно отличается от рассмотренных двух показателей внутригодовой ход коэффициента  $A_{01}$ . В нем проявляются четыре сезона: зимой и летом наблюдается

ослабление восточных переносов, весной и осенью – их усиление. Вероятно, зональный перенос, каким-то образом, в первую очередь связан с периодами перехода от зимнего типа атмосферной циркуляции к летнему, и обратно. Как и в межгодовых изменениях, эта характеристика в годовом ходе оказалась наиболее динамичной. После 1990 года произошли изменения, которые выразились в значительном ослаблении восточного переноса в январе-апреле и сентябре-октябре. Весной (в апреле-мае) и осенью (в сентябре-октябре) появились тенденции изменений противоположные ранее существовавшим. В апреле и мае продолжается усиление восточных переносов ранее завершавшееся уже в марте. Это можно оценить как «затяжку» холодного периода. В сентябре-октябре в последние два десятилетия восточный перенос ослабевает, а ранее он усиливался. Это может вызывать сравнительно раннее начало перехода к холодному периоду. Сделанные предположения об увеличении продолжительности холодного периода подтверждаются выводами работы [9], где показано увеличение продолжительности ледового периода при ослаблении суровости зим в Азовском море.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Характер и статистические оценки многолетних и сезонных изменений показателей атмосферной циркуляции над Черным морем с 1960 года позволяет констатировать преобладающую тенденцию ослабления восточных переносов в приземной атмосфере. Это ослабление происходит преимущественно в холодное время года. После 1990 года для зимних месяцев характерен рост среднего атмосферного давления и смена преобладавшего ранее южного переноса на северный. В последние два десятилетия произошла также значительная сезонная трансформация зональных переносов следствием чего может являться потепление зим и увеличение их продолжительности. В исследуемых показателях не обнаружено ярко выраженных многолетних циклов. В целом, наиболее характерными являются периоды 3-4 года, 8-9 и 14 лет.

#### Список литературы

1. Атлас ветра и волнения Чёрного моря: // Под ред. Ю. П. Брюховских. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 111 с.
2. Справочник по климату Чёрного моря // Под. ред. Сорокиной А. И. – М.: Гидрометеиздат, 1974. – 405 с.
3. Белокопытов В. Н. Сезонная и межгодовая изменчивость завихренности поля ветра над Черным морем по данным архивных синоптических карт // Системы контроля окружающей среды: Сб. науч. тр. / НАН Украины. МГИ : – Севастополь. 2007. – С.176-181.
4. Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А. Межгодовая изменчивость температурных фронтов на поверхности черного моря по спутниковым данным // Системы контроля окружающей среды: Сб. науч. тр. / НАН Украины. МГИ : – Севастополь. 2008. – С.212-215.
5. Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Бардин М. Ю. Межгодовая изменчивость характеристик циклонов в черноморско-средиземноморском регионе // Системы контроля окружающей среды: Сб. науч. тр. / НАН Украины. МГИ : – Севастополь. 2008. – С.299-302.
6. Титов В. Б. Оценка вкладов разномасштабной временной изменчивости температуры воздуха и воды в северо-восточной части Черного моря // Метеорология и гидрология. – 2009. – №6. – С. 34-42
7. Брянцев В. А. Методические рекомендации по гидрометеорологическому прогнозированию для основных объектов промысла в Черном море. – Керчь : АзЧерНИРО, 1987. – 168 с.

8. Кудрявая К. И., Серяхов Е. И., Скриптунова Л. И. Морские гидрологические прогнозы. – Л. : Гидрометиздат. 1974. – 310 с.
9. Боровская Р. В. Особенности ледового режима Керченского пролива за последние 15 лет по данным спутниковых наблюдений. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. – 2006. – Выпуск 14. – С. 253-258.

**Панов Б.М.** Багаторічні та сезонні змінення приземної атмосферної циркуляції в чорноморському регіоні / **Б.М. Панов, О.О. Спиридонова, С.С. Смирнов** // Учені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2009. – Т.22 (61). – № 2. – С.80-87.

Аналіз сезонної та міжрічної мінливості (з 1960 року) коефіцієнтів розкладання баричного поля над Чорним морем за поліномом Чебишева дозволив встановити, що за останні два десятиріччя до найбільших змін схильні зональні перенесення, в сезонному аспекті – всі показники зимової атмосферної циркуляції (підвищення середнього тиску, зміна переважаючого раніше східного перенесення західним і південного – північним). Переважаюча циклічність коливань складає 3-4 роки, 8-9 і 14 років.

**Ключові слова:** атмосферний тиск, переноси, циклічність, тенденції, зміни, чорноморський регіон

**Panov B.N. Long-term and seasonal changes of surface atmospheric motion at Black Sea region / B.N. Panov, E.O. Spirydonova, S.S. Smirnov** // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Geography. – 2009. – Vol. 22 (61). – № 2. – P.80-87.

The pressure-field analysis of the seasonal and interannual variability (since 1960) of the expansion coefficients above the Black Sea according to the Chebyshev polynomial allowed to state that during the last two decades zonal transfers bear the most changes, in the seasonal aspect – all the parameters of the winter atmospheric circulation (the average pressure increase, replacing of the eastern transfer dominated before by the western one and of the southern – by the northern one). The prevailing cyclicity of oscillations is 3-4 years, 8-9 years, and 14 years.

**Keywords:** atmospheric pressure, atmospheric transport, cyclisity, tendency, changes, Black Sea region

*Поступила в редакцію 28.04.2009 г.*