

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЛОКИРУЮЩЕГО АНТИЦИКЛОНА, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩЕГО С ЦИКЛОНОМ**

*В статье рассматривается взаимодействие блокирующего антициклона с синоптическими процессами, которые имеют место на южной периферии указанного барического образования. Рассчитаны запасы энергии и проанализирована энергетика атмосферы при описанной выше синоптической ситуации.*

**Ключевые слова:** энергетика атмосферы, блокирующий антициклон.

**Постановка проблемы в общем виде.** Исследование энергетических характеристик дает возможность более глубоко рассматривать динамические процессы, которые происходят в атмосферных системах различного масштаба. Первоисточником атмосферной энергии является тепло, которое поступает от Солнца. В результате притока солнечной радиации происходит нагревание подстилающей поверхности, которая, в свою очередь, и отдает тепло в атмосферу, что приводит к генерации внутренней энергии. Приток тепла от Солнца поступает на поверхность Земли неравномерно. Благодаря этому в атмосфере формируются меридиональные контрасты температуры, которые обуславливают зональную циркуляцию, которая содержит большие запасы кинетической энергии [1].

Изучение блокирующих процессов, которые наблюдаются в атмосфере, является важным направлением в анализе синоптических ситуаций. Процессы блокирования несут с собой разнообразные негативные явления погоды, которые наносят огромный ущерб народному хозяйству и опасны для жизни человека. Поэтому исследование энергетики блокирующих ситуаций и их взаимодействия с окружающей средой поможет улучшить прогнозирование данных синоптических процессов, а, следовательно, избежать нежелательного их влияния на природу и человека.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В труде Лоренца [1] в качестве основных видов энергии используются зональная и вихревая кинетическая, а также доступная потенциальная энергии. Как видно из названий, запасы одних видов энергии в атмосфере определяются зональными величинами, других – отклонениями от них. Доступная потенциальная энергия является мерой части полной потенциальной энергии, способной к превращению в кинетическую энергию [2]. Используя энергетические характеристики для анализа эволюции вихрей синоптического масштаба, можно получить результаты, которые позволят существенно расширить представление о динамике вихрей. Расчет и анализ характеристик энергетики отдельных синоптических образований является показателем комплексного исследования их эволюции [3].

**Нерешенные аспекты проблемы.** В отличие от циклонов, энергетика антициклонов исследуется крайне редко [4]. В данной работе проводится анализ энергетических характеристик блокирующего процесса и его взаимодействия с окружением.

**Материалы и методы исследования.** В исследовании использовались данные о метеорологических величинах в узлах регулярной широтно-долготной сетки на поверхностях от АТ-1000 гПа до АТ-100 гПа для области, которая в горизонтальной плоскости ограничена 22,5° и 72,5° с.ш. и 17,5° и 52,5° в.д. Эта информация получена с сервера NCEP-NCAR, шаг сетки составляет 2,5° по широте и долготе. Метеорологические величины, которые используются в исследовании, это зональная и меридиональная составляющие вектора скорости ветра  $u$  и  $v$ , аналог вертикальной

скорости в изобарической системе координат  $\tau$  и температура воздуха  $T$ . В работе была применена методика Тибальди и Монтени [5] для определения дней с блокированием. Для описания синоптического процесса использовались карты АТ-500 гПа и приземные карты за 00 часов СГВ.

**Цель исследования.** Анализ взаимодействия блокирующего антициклона с окружением.

**Результаты исследования.** Объектом исследования является блокирующий антициклон, который наблюдался с 9 июля по 5 августа 2003 года. Этот процесс интересен тем, что во время его существования над территорией Украины наблюдались различные конвективные явления, такие как ливни, шквалы, грозы.

Данная ситуация была разбита на два процесса. Первая часть указанного периода – это взаимодействие блокирующего антициклона с циклоном и серией фронтов, связанных с ним. Данный процесс наблюдался с 9.07 по 13.07.2003 г. Вторая – блокирующий антициклон, который наблюдался над исследуемой территорией с 14.07 по 5.08.2003 г. По северной и южной периферии антициклона перемещаются циклоны и, связанные с ними, фронты.

Рассмотрим первый процесс и краткое описание синоптической ситуации (рис.1). Над исследуемой областью 9 июля 2003 г. наблюдается антициклон с центром над Мурманском. Антициклон имеет одну замкнутую изобару 1020,0 гПа, максимальное давление в центре 1022,3 гПа. По южной периферии антициклона проходит теплый фронт, который связан с циклоном, находящимся за границей исследуемой области. На АТ-500 гПа наблюдается гребень, который ориентирован с юга на север исследуемой области, а с севера на юг распространяется ложбина. Данные барические образования имеют хорошо выраженную меридианальность. 10 июля на карте абсолютной топографии в гребне образовался высотный антициклон, который соответствует антициклону у земли. В области ложбины наблюдается высотный циклон, которому у земли соответствует ложбина. 11 июля циклон у земли переместился в рассматриваемую область. Его центр расположен севернее Харькова, имеет одну замкнутую изобару 1005,0 гПа. Минимальное давление в центре циклона составляет 1004,3 гПа. В исследуемую область переместилась и серия фронтов, связанная с данным циклоном. К концу рассматриваемого периода в северной части области

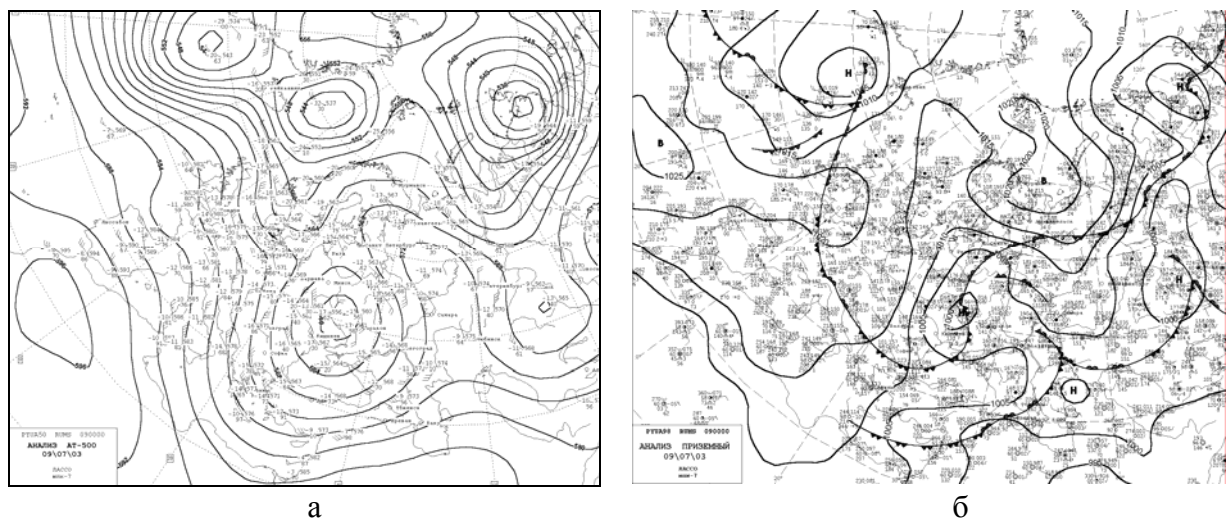


Рис. 1 – Карты АТ-500 гПа (а) и приземная (б) за 09.07.2003 г. 00 ч. СГВ.

наблюдается антициклон с одной замкнутой изобарой и максимальным значением давления 1022,2 гПа, над центром и югом – область пониженного давления с минимальным давлением южнее Москвы 1007,4 гПа. Через исследуемый район проходят теплые и холодные фронты. На высотных картах абсолютной топографии наблюдаются гребень, который соответствует антициклону у земли и циклон с квазивертикальной осью (рис. 1).

Рассмотрим второй процесс, который происходил с 14 июля по 5 августа 2003 года (рис. 2).

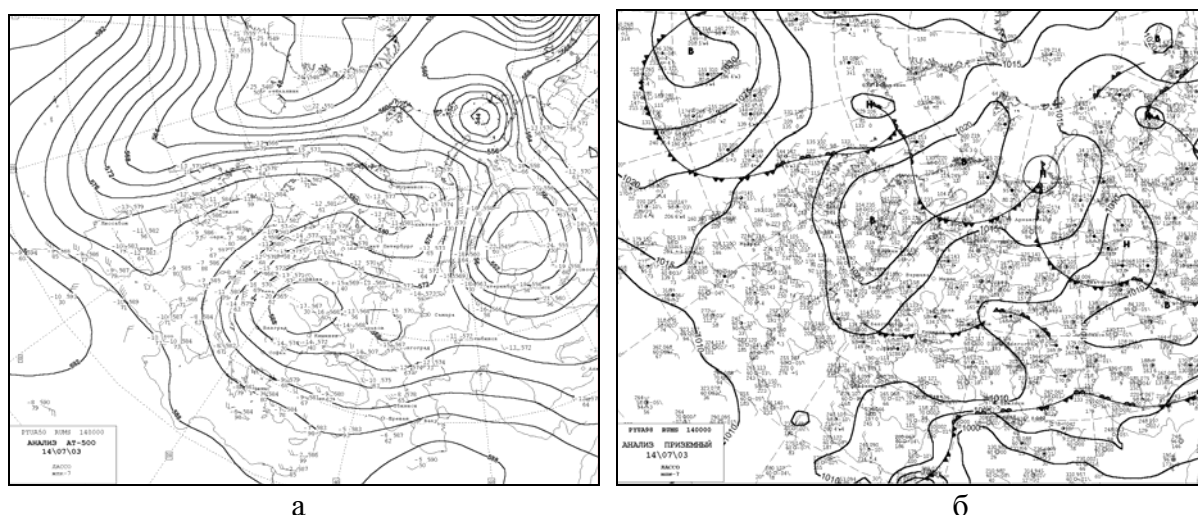


Рис. 2 – Карты АТ-500 гПа (а) и приземная (б) за 14.07.2003 г. 00 ч. СГВ.

14 июля произошла перестройка высотного барического поля. С северо-восточной части Атлантического океана на Западную Европу смещается гребень, который в области Скандинавии меняет свою ориентацию с меридиональной на зональную. Эта зонально-ориентированная часть гребня находится в области данного исследования. В районе Западной Сибири образовался мощный высотный циклон, который имеет три центра: над Карским морем, над Западной Сибирью и над Украиной и Восточной Европой. Третий центр высотного циклона попадает в район данного исследования. В результате над исследуемой территорией в ее северной части имеет место высотный гребень, распространяющийся с Восточной Атлантики. В южной части наблюдается высотный циклон, который является отрогом от мощного циклона над Западной Сибирью. И гребень, и циклон над исследуемой областью ориентированы зонально. На приземной карте в рассматриваемом районе находится циклон над Баренцевым морем с одной замкнутой изобарой 1015,0 гПа, с минимальным давлением в центре 1014,9 гПа. С циклоном связаны теплый и холодный фронты. В юго-западной части исследуемой области наблюдается циклон с одной замкнутой изобарой 1010,0 гПа, с минимальным давлением в центре 1009,9 гПа. С циклоном также связана система фронтов. 15 июля над изучаемой территорией появляется приземный антициклон с тремя замкнутыми изобарами 1015,0, 1020,0 и 1025,0 гПа. В центре барического образования наблюдается максимальное давление 1025,8 гПа. До конца исследуемого периода в этой области стационарирует антициклон.

Для исследования взаимодействия области блокирующего процесса с окружением рассматриваемая территория была разбита на пять равных частей, каждая из которых имеет размеры области блокирования. Область блокирования отмечена буквой А и имеет координаты 47,5° и 72,5° с.ш. и 35,0° и 52,5° в.д. Координаты других областей: область 1 – 47,5° и 72,5° с.ш. и 17,5° и 35,0° в.д.; область 2 – 35,0° и 60,0° с.ш. и 17,5° и

35,0° в.д.; область 3 – 22,5° и 47,5° с.ш. и 17,5° и 35,0° в.д.; область 4 – 22,5° и 47,5° с.ш. и 35,0° и 52,5° в.д.; область 5 – 22,5° и 47,5° с.ш. и 27,5° и 42,5° в.д. (рис. 3).

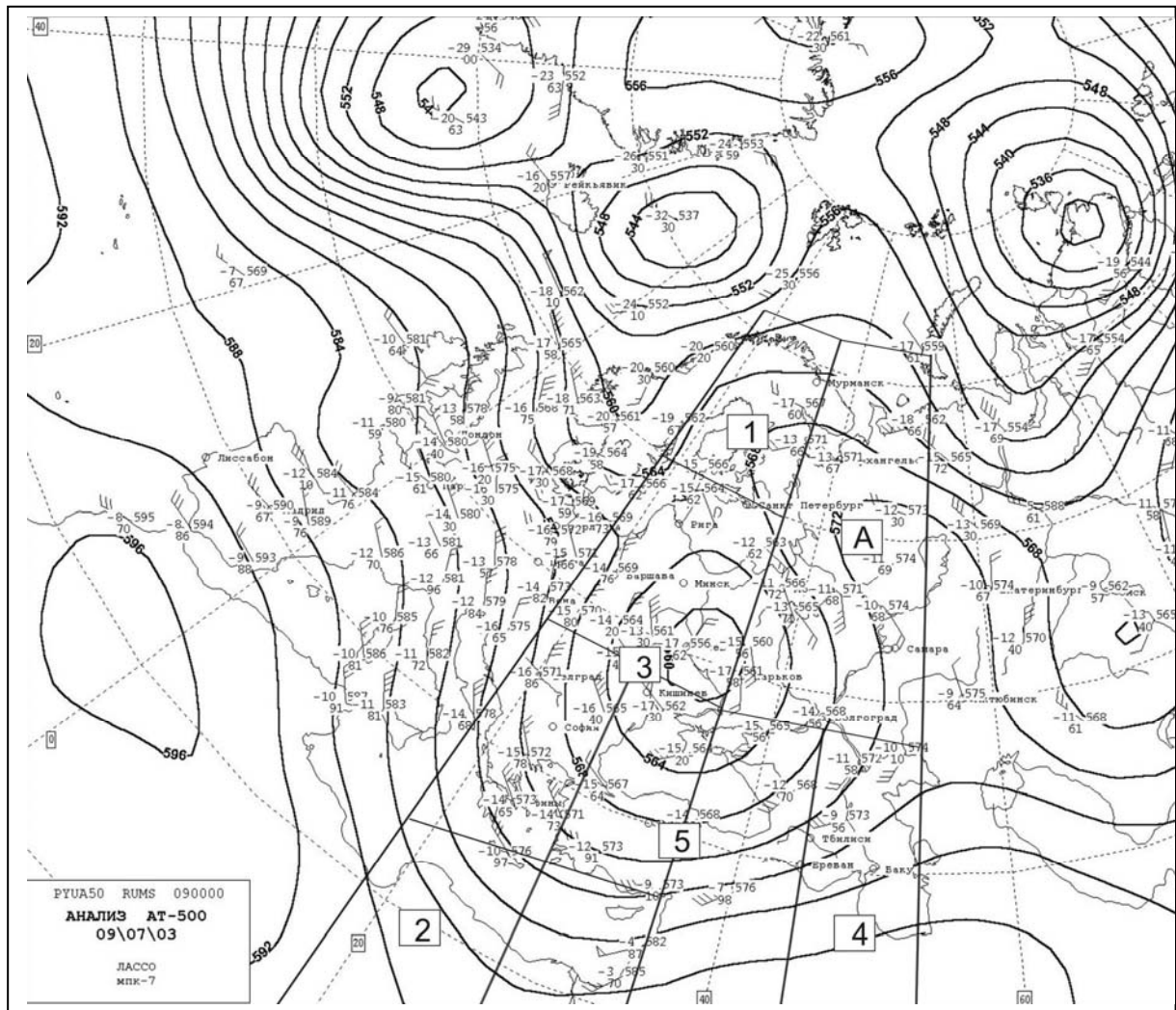


Рис. 3 – Приземная карта за 09.07.2003 г. 00 ч. СГВ.

Для характеристики энергетики исследуемых областей использовались следующие энергетические характеристики: зональная доступная потенциальная энергия  $P_Z$ , вихревая доступная потенциальная энергия  $P_E$ , зональная кинетическая энергия  $K_Z$ , вихревая кинетическая энергия  $K_E$ , а также преобразования этих энергий  $(K_Z - K_E)$ ,  $(P_Z - P_E)$ ,  $(P_Z - K_Z)$ ,  $(P_E - K_E)$  и интегральные переносы данных видов энергии  $BPZ$ ,  $BPE$ ,  $BKZ$ ,  $BKE$ . Результаты расчета энергетики рассматриваемых областей указывают на то, что энергетические характеристики области А и области 5 имеют существенные количественные различия. Анализ синоптических карт за исследуемый период показывает, что в области 5 находится южная периферия блокирующего антициклона. Над этим районом наблюдается высокая изменчивость синоптических процессов: образование и заполнение циклонов и интенсивная фронтальная деятельность.

На рис. 4 представлены запасы зональной доступной потенциальной энергии  $P_Z$  для области блокирования и области 5. Из рисунка видно, что максимум  $P_Z$

наблюдается в начале блокирования и значение зональной потенциальной энергии области 5 в 2 раза больше, чем в области антициклона.

Запасы вихревой потенциальной энергии  $P_E$  в области 5 в 2 раза больше, чем в районе блокирования (рис. 5). В отличие от зональной, вихревая энергия имеет максимальные различия в первом синоптическом процессе, который наблюдается с 9 по 14 июля. После перестройки высотного барического поля различия в  $P_E$  между двумя областями невелики.

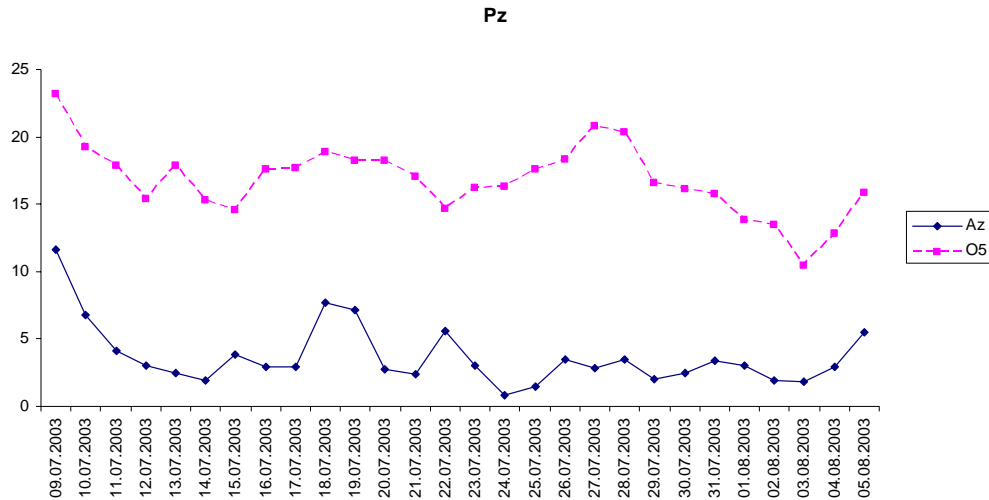


Рис. 4 – Запасы  $P_Z \times 10^5$  Дж/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

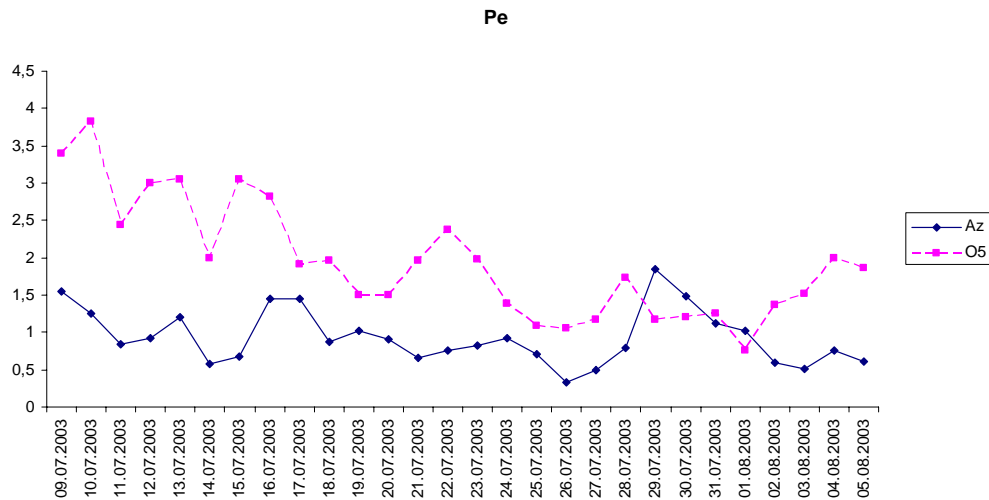


Рис. 5 – Запасы  $P_E \times 10^5$  Дж/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

Зональная кинетическая энергия  $K_Z$  двух исследуемых областей показана на рис. 6. Видно, что запасы  $K_Z$  в области 5 превышают в 3 раза значение зональной кинетической энергии в районе антициклона. Различия в  $K_Z$  велики на протяжении первого рассматриваемого синоптического периода.

На рис. 7 представлены запасы вихревой кинетической энергии  $K_E$ . В области 5 запасы  $K_E$  имеют очаговую структуру. Вероятно, это связано с появлением в этой области циклонов и усилением и ослаблением фронтальной деятельности.

Преобразования  $K_Z$  в  $K_E$  приведены на рис. 8. Данные превращения существенно отличаются только в период образования процесса блокирования до перестройки барического поля 14 июля. Часто наблюдается различия в знаке перехода зональной кинетической энергии в вихревую.



Превращения ( $P_Z - P_E$ ) указаны на рис. 9. Хорошо выражена очаговая структура и значительные количественные отличия данного перехода в области 5 по сравнению с районом блокирующего антициклона.

Преобразования зональной потенциальной энергии  $P_Z$  в зональную кинетическую энергию  $K_Z$  представлены на рис. 10. Как видно из рисунка, существенных отличий при данном переходе энергий не наблюдается.

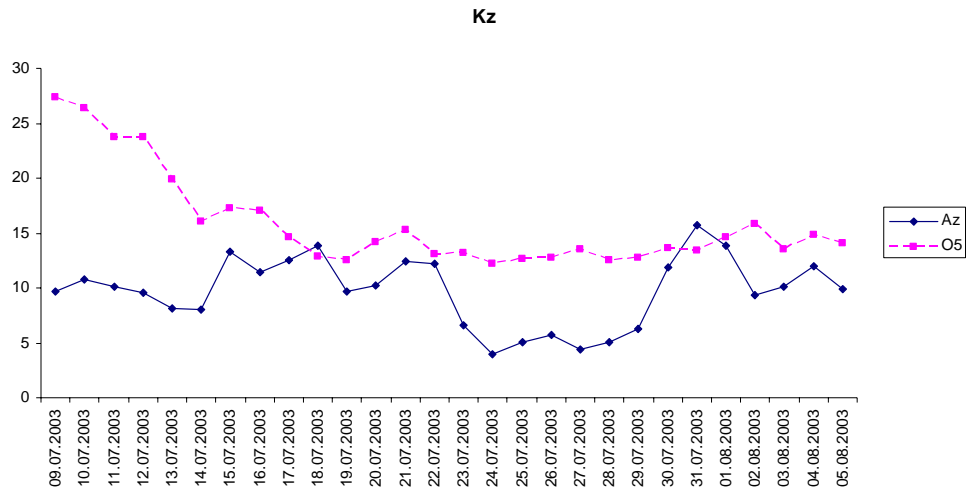


Рис. 6 – Запасы  $K_Z \times 10^5$  Дж/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

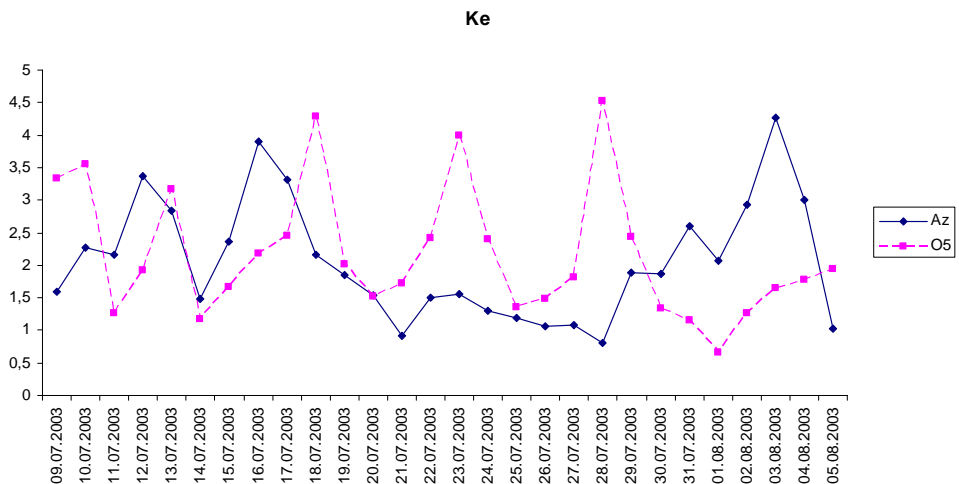


Рис. 7 – Запасы  $K_E \times 10^5$  Дж/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

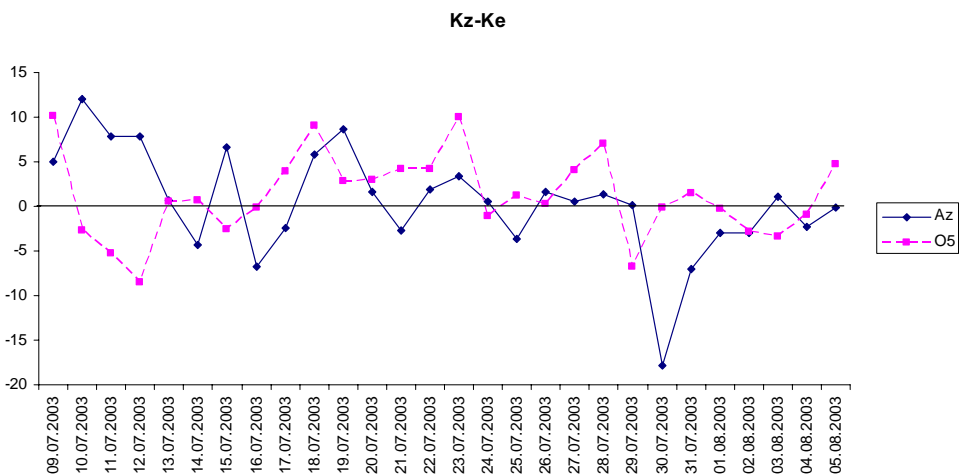


Рис. 8 – Преобразование  $(K_Z - K_E)$  Вт/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

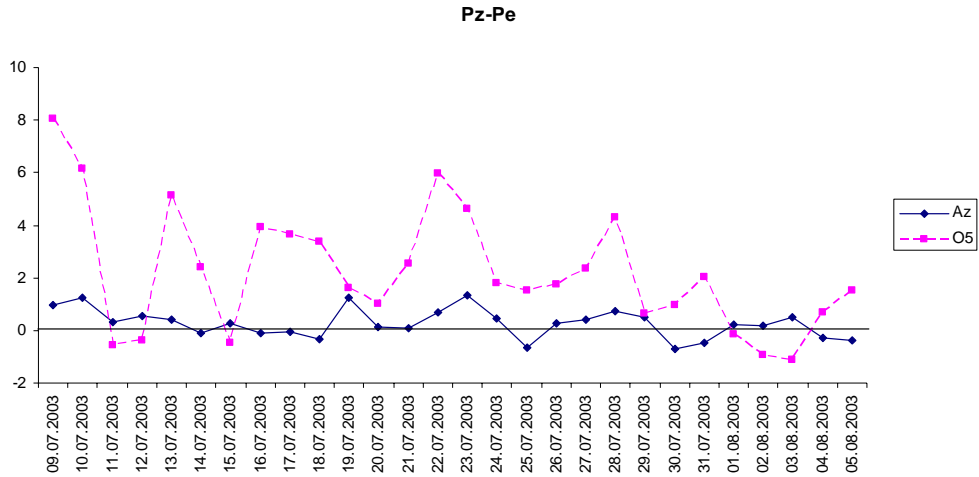


Рис. 9 – Преобразование  $(P_Z - P_E)$  Вт/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

На рис. 11 показаны превращения потенциальной вихревой энергии  $P_E$  в кинетическую вихревую  $K_E$ . Из рисунка видно, что переход  $(P_E - K_E)$  области 5 имеет несколько пиков и количественно значительно отличается от преобразования  $P_E$  в  $K_E$  района блокирования. Интегральные переносы данных видов энергии  $BPZ$ ,  $BPE$ ,  $BKZ$ ,  $BKE$  представлены на рис. 12-15.

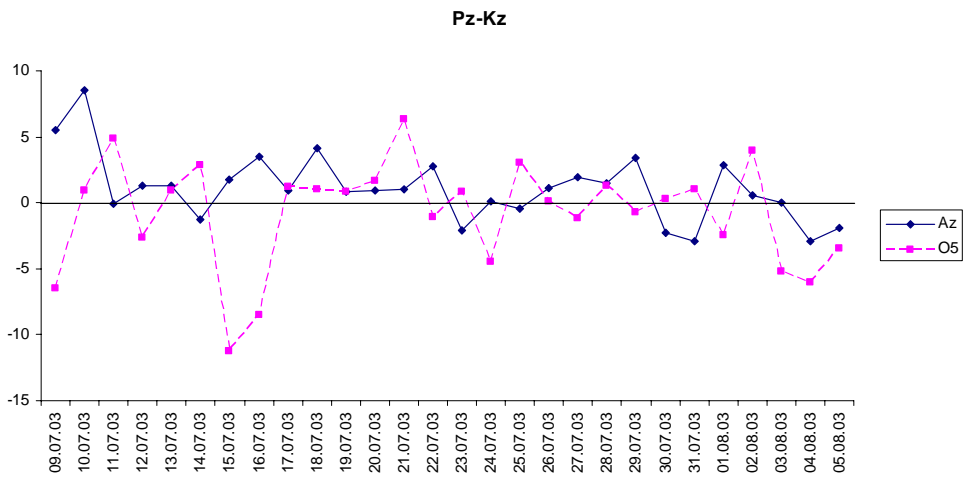


Рис. 10 – Преобразование  $(P_Z - K_Z)$  Вт/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

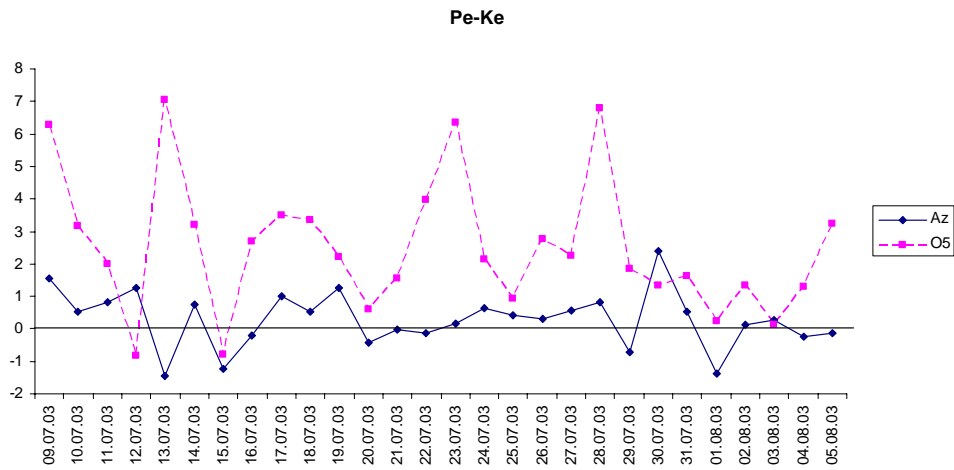


Рис. 11 – Преобразование  $(P_E - K_E)$  Вт/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

Интегральные потоки  $BPZ$ ,  $BPE$ ,  $BKZ$ ,  $BKE$  в области 5 имеют, как правило, противоположные по знаку значения с областью антициклона (рис. 12-15). Также легко видеть, что существенные количественные отличия имеют место в начале исследуемого периода, когда барическое поле имеет ярко выраженную меридиональную составляющую.

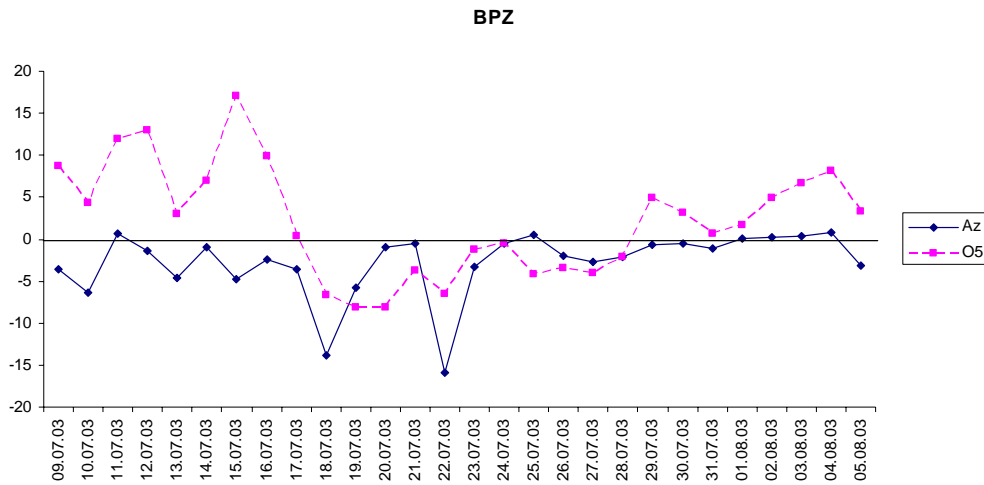


Рис.12 – Потоки  $BPZ$  Вт/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

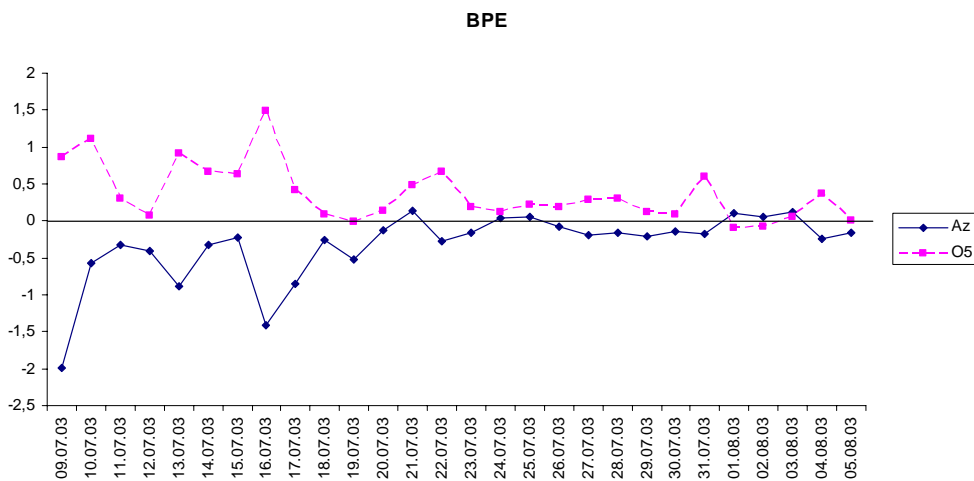


Рис.13 – Потоки  $BPE$  Вт/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

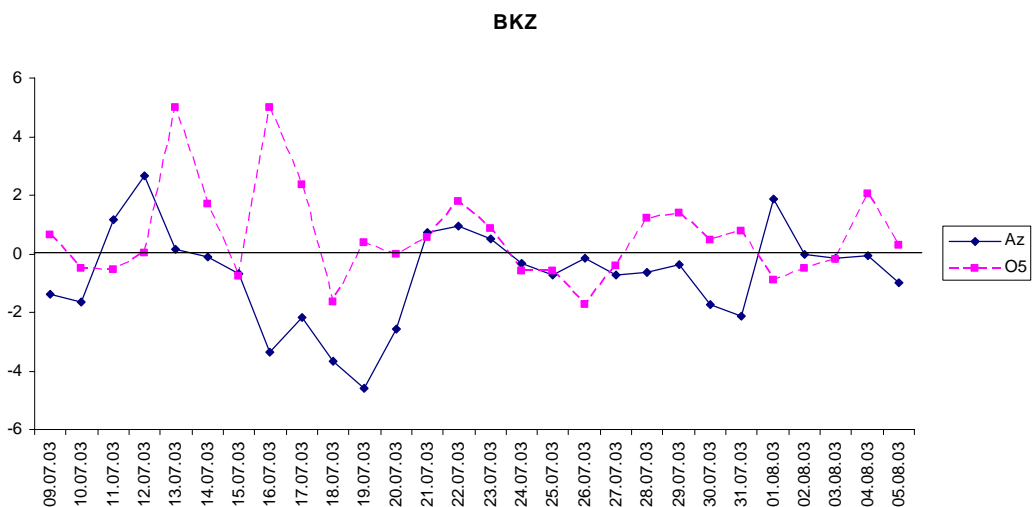


Рис.14 – Потоки  $BKZ$  Вт/м<sup>2</sup> за исследуемый период.



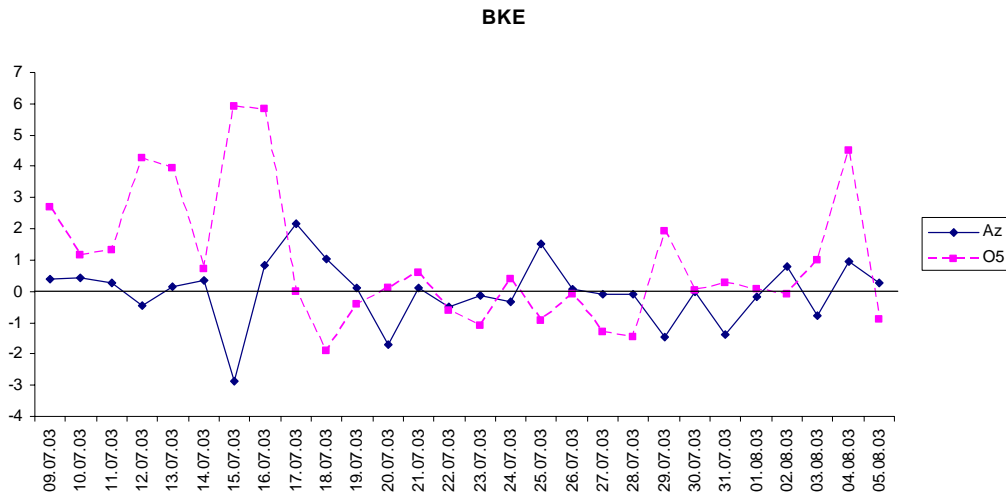


Рис.15 – Потоки ВКЕ Вт/м<sup>2</sup> за исследуемый период.

**Выводы.** В результате данного исследования можно сделать следующие выводы. Все рассматриваемые энергетические характеристики южной периферии блокирующего антициклона превышают в 2-3 раза значения энергетики в районе процесса блокирования. Наиболее существенные количественные различия в значениях энергетических характеристик отмечаются на протяжении процесса, который наблюдается в начале исследуемого периода и когда барическое поле имеет ярко выраженную меридиональную составляющую.

### Список литературы

1. Lorenz E.N. Available potential energy and the maintenance of the general circulation // Tellus. – 1955. – Vol. 7. – P. 157-167.
2. Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы: Пер. с англ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 259 с.
3. Michaelides S.C., Prezerakos N.G., Flocas Y.A. Quasi-Lagrangian energetics of an intense Mediterranean cyclone // Q. J. R. Meteorol. Soc., 1999. – Vol. 125. – P. 139-168.
4. Хохлов В.Н. Энергетический бюджет антициклонов в процессе их эволюции // Метеорология, климатология и гидрология. – 1999. – Вып. 38. – С. 47-54.
5. Tibaldi S., Monteni F. On the operational predictability of blocking // Tellus. – 1990. – Vol. 42A. – P.343-365.

#### Енергетичні аспекти блокуючого антициклону, що взаємодіє з циклоном. Недострелова Л.В.

У статті розглядається взаємодія блокуючого антициклону з синоптичними процесами, які відбуваються на південній периферії вказаного баричного утворення. Розраховані запаси енергії і проаналізована енергетика атмосфери при описаній вище синоптичній ситуації.

**Ключові слова:** енергетичні аспекти, блокуючий антициклон.

#### Energetics aspects of blocking anticyclone interactive with a cyclone. Nedostrelova L.V.

The interaction of blocking anticyclone with weather processes at its southern periphery is studied. The energy content was calculated, and atmospheric energetics for above mentioned weather pattern is analyzed.

**Keywords:** energetics aspects, blocking anticyclone.