

Эволюция внетропических циклонов при разных внешних условиях

Караханян А.А., Молодых С.И., e-mail: asha@iszf.irk.ru, sim@iszf.irk.ru
Институт солнечно-земной физики СО РАН, Россия,
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 126-а, а/я 291

Evolution of extratropical cyclones under different environmental conditions

Karakhanyan A.A., Molodykh S.I., e-mail: asha@iszf.irk.ru, sim@iszf.irk.ru
Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Russia,
664033, Irkutsk p/o box 291; Lermontov st., 126-a

Keywords: classification by B.L. Dzerdzeevsky, atmospheric circulation, cyclone, temperature, geomagnetic activity.

Abstract

We have adopted the classification of macro-synoptic processes developed by B.L. Dzerdzeevsky to show the presence of a solar signal in the dynamics of large-scale processes in the atmosphere. To reveal features of the atmospheric circulation response to the solar influence, we analyze synoptic-scale atmospheric processes. We examine the vertical temperature distribution in warm and cold sectors of extratropical cyclones developing under quiet and disturbed geomagnetic conditions. Under quiet geomagnetic conditions, classic cyclolysis occurs in which a temperature decrease in the warm sector is accompanied by its increase in the cold sector of the cyclone. Disturbances provide favorable conditions for cyclones to live longer: in the warm sector, the temperature rises at heights below 300 hPa; in this case, the cold sector warms up more slowly. The increase in lifetime of cyclones can influence the distribution of synoptic structures in the atmosphere, changing thus climatic conditions in the Earth.

Одним из инструментов для изучения динамики общей циркуляции атмосферы являются типизации атмосферных процессов. Широкое распространение и применение получила типизация макросиноптических процессов Б.Л. Дзердзеевского [2]. Данная типизация построена с учетом направления ведущих потоков, согласованных с положением и ориентацией высотных ложбин и гребней, что дает хорошее представление о тенденции развития атмосферных процессов, как в глобальном, так и в региональном масштабе. По степени нарушения зонального переноса в умеренных широтах определены основные группы циркуляции – зональная и меридиональная, соотношение которых позволяет выделять периоды с различными режимами циркуляции. Кроме того, типы циркуляции в каждой группе представляют собой макропроцесс более высокого ранга, чем синоптический, при этом по продолжительности подобный процессам синоптического масштаба (1–10 дней), что позволяет определять перестройку атмосферных процессов, как на коротких интервалах времени, так и анализировать долговременные изменения циркуляции атмосферы. В ходе изучения многолетних колебаний атмосферной циркуляции с применением данной типизации обнаружено возрастание неустойчивости циркуляции атмосферы Северного полушария со второй половины 20-го века, выраженное в более частой смене зональных и меридиональных форм циркуляции [3]. Начавшиеся с середины прошлого века циркуляционные изменения больше напоминают реакцию атмосферных процессов на импульсное воздействие, чем на постепенное техногенное влияние. Естественным фактором, который может оказывать подобное влияние на изменение циркуляции атмосферы является Солнце. В этой связи, рассмотрим динамику циркуляции атмосферы и геомагнитной

активности, которая является прогнотом солнечной активности. Для описания вариаций возмущений магнитного поля использовался *Aa*-индекс геомагнитной активности – <http://www.wdcb.ru/>.

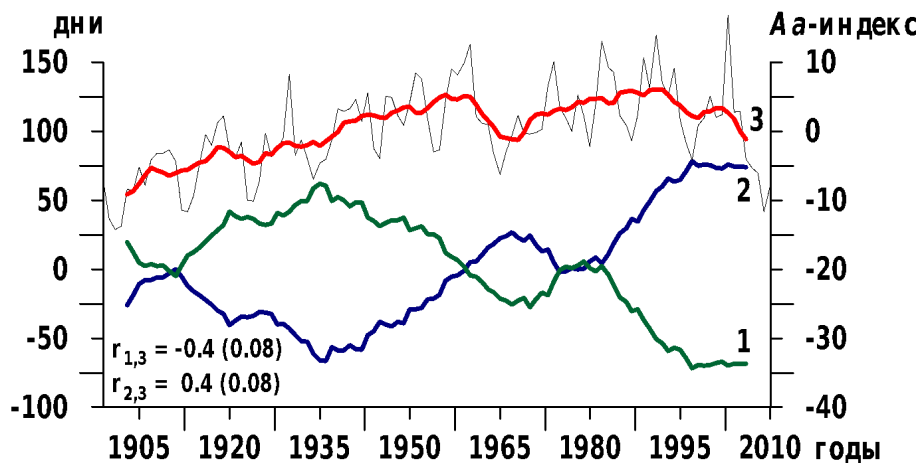


Рисунок 1. Отклонения десятилетних скользящих средних величин суммарной годовой продолжительности групп циркуляции: зональной + нарушение зональности (1), меридиональной северной + меридиональной южной (2) и *Aa*-индекса геомагнитной активности (3) от их средних за 1899–2010 гг.

Проведенный анализ рис. 1 показал увеличение геомагнитной активности в течение прошлого века, при этом уровень возмущенности магнитного поля повысился вдвое. На фоне роста геомагнитной активности тенденция изменения циркуляции атмосферы характеризуется положительным трендом для меридиональной формы и отрицательным – для зональной формы циркуляции. При корреляционном анализе долговременных изменений атмосферных процессов и вариаций геомагнитной активности получено, что простая линейная связь между рассматриваемыми характеристиками составила 0.4 ($\sigma=0.08$). Следует отметить, что наличие солнечного сигнала при простом анализе связи вариаций геомагнитной активности и упрощенных характеристик циркуляции атмосферы подтверждает его устойчивое присутствие в тропосфере.

Детальный анализ атмосферных процессов во время экстремальных событий на Солнце выполнен в работе [1]. На основе типизации авторами показано, что в течение солнечного воздействия преобладают турбулентные типы атмосферной циркуляции, вызывающие неустойчивость в тропосфере. При этом количество циклонов и антициклонов уменьшается, а их интенсивность увеличивается. Для объяснения трансформации барических образований в результате солнечного влияния рассмотрим вертикальное распределение температуры воздушных масс в течение возникновения и развития внетропических циклонов в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях во время фазы минимума солнечной активности.

В настоящее время для решения широкого круга задач климатологии и геофизики применяют базы данных реанализов, полученные на основе комплексного анализа метеорологических измерений, радиозондовых наблюдений, данных самолетного и спутникового зондирования. Нами использованы результаты реанализа NCEP/NCAR – <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>. Выполнение поставленной задачи осуществлялось в несколько этапов. На первом этапе нами выбраны периоды низкой активности Солнца, что обусловлено наличием разнообразных солнечных факторов, которые могут оказывать влияние на состояние тропосферы. Далее с использованием *Aa*-индекса геомагнитной активности произведена выборка спокойных и возмущенных дней в годы минимумов солнечной активности. Для полученных дат на основе четырехсрочных данных реанализа NCEP/NCAR построены наборы карт поля температуры и ветра на уровне 500 гПа. Далее по картам

определялись координаты центров теплой и холодной воздушных масс, относящихся к одному циклону, с учетом центров циклонов электронного ресурса <http://data.giss.nasa.gov/>. Во время заключительного этапа были рассчитаны вертикальные профили температуры в зоне центров теплого и холодного секторов циклона.

В атмосфере умеренных широт обоих полушарий рассмотрим динамику температурных профилей воздушных масс, в спокойных геомагнитных условиях, для отдельных случаев, в течение которых регистрировалось существование циклона. На рис. 2 представлено изменение аномалий температуры, рассчитанные относительно среднего суточного хода на стандартных изобарических уровнях в центре теплого и холодного секторов циклона над океаном, при низком уровне геомагнитной активности. Проведенный анализ рис. 2 показал, что в спокойных геомагнитных условиях при своем перемещении теплая воздушная масса день за днем охлаждается, а холодная – прогревается, то есть наблюдается постепенное выравнивание температур между теплым и холодным секторами, которое приводит к заполнению внетропического циклона.

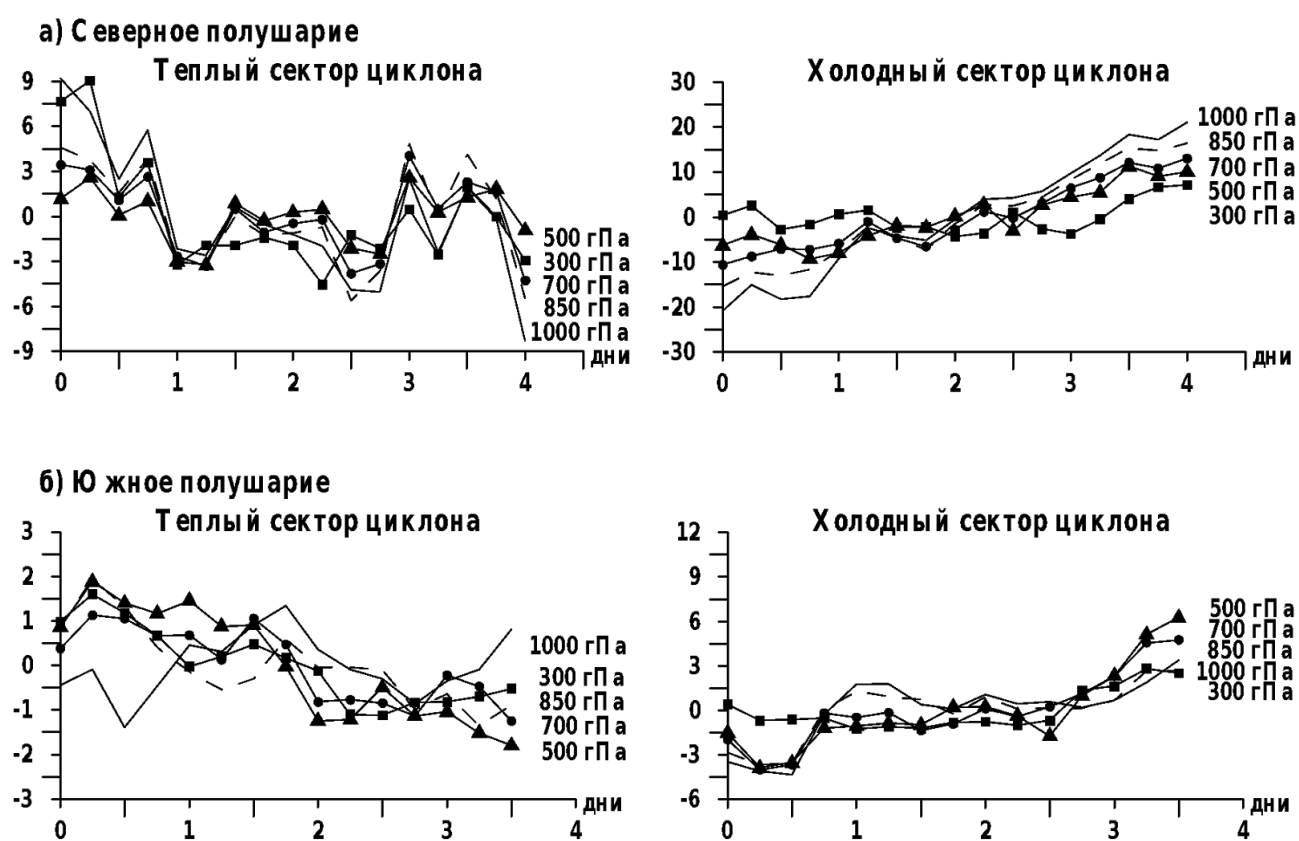
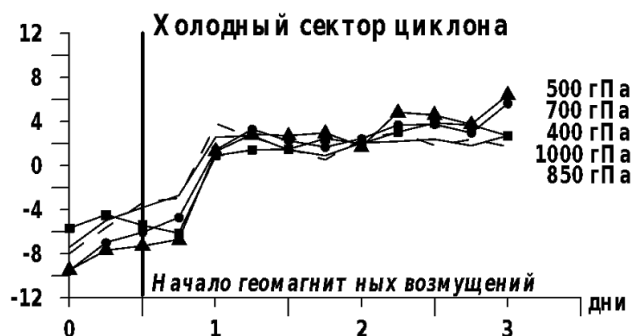


Рисунок 2. Изменение вертикального профиля температуры в циклоне над океаном в спокойных геомагнитных условиях: а) в Северном полушарии – центр циклона ~ 47 с.ш., 160 в.д., начало циклона 23.01.1996 г.; б) в Южном полушарии – центр циклона ~ 56 ю.ш., 20 з.д., начало циклона 25.01.1996 г.

Изменение аномалий температуры на стандартных изобарических уровнях в центре теплого и холодного секторов циклона над океаном при повышенном уровне геомагнитной активности, приведено на рис. 3. Сравнительный анализ данных, приведенных на рис. 2 и рис. 3, показывает, что во время возмущений происходит смена тенденции в изменении вертикального профиля температуры в теплой воздушной массе. В начале геомагнитного возмущения, в теплой воздушной массе наблюдается повышение температуры на высотах до 300 гПа, которое во время возмущения почти не изменяется, в отличие от спокойных геомагнитных условий. Проведенный анализ данных для холодного сектора показал, что в

холодной воздушной массе при повышенном уровне геомагнитной активности рост температуры на высотах ниже 300 гПа практически прекращается, по сравнению со спокойными условиями. Вследствие этого температурный градиент между теплой и холодной воздушными массами сохраняется более длительное время. Наличие и сохранение градиента температуры между воздушными массами является неременным условием для увеличения интенсивности и продолжительности жизни циклонов.

а) Северное полушарие



б) Южное полушарие

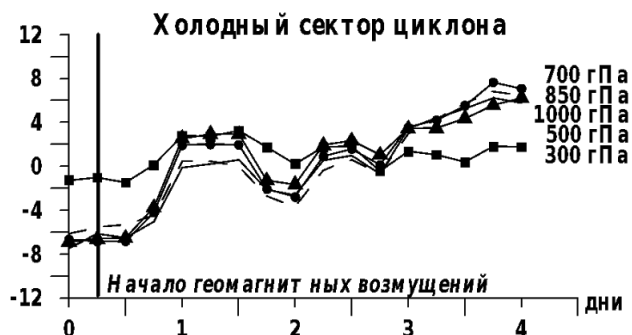


Рисунок 3. Изменение вертикального профиля температуры в циклоне над океаном в возмущенных геомагнитных условиях: а) в Северном полушарии – центр циклона ~ 44 с.ш., 175 в.д., начало циклона 02.01.1996 г.; б) в Южном полушарии – центр циклона ~ 53 ю.ш., 80 в.д., начало циклона 28.01.1996 г.

Распределение температуры по высоте в воздушных массах, участвующих в образовании и развитии циклона над материком в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях, аналогично поведению вертикального профиля температуры в теплом и холодном секторах внетропических циклонов над океаном обоих полушарий, за исключением слоя ниже 850 гПа, где наблюдается увеличение амплитуды суточных вариаций.

Таким образом, проведенный анализ динамики вертикального профиля температуры теплого и холодного секторов внетропических циклонов Северного и Южного полушарий выявил отличия в изменении температурных свойств воздушных масс при их перемещении в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях. Обнаружено, что в спокойных геомагнитных условиях происходит заполнение циклона, при котором теплая воздушная масса день за днем охлаждается, а холодная – прогревается. Во время возмущений создаются условия, которые приводят к повышению температуры в теплой воздушной массе, при этом холодная воздушная масса прогревается медленнее. Наблюдаемое сохранение температурного градиента между секторами в циклоне является необходимым условием для увеличения интенсивности и продолжительности жизни циклона, что в свою очередь приведет к изменениям в системе крупномасштабной атмосферной циркуляции.

1. Вальчук Т.Е., Кононова Н.К. Экстремальные события на Солнце в проявлениях тропосферной циркуляции на Земле // Труды IX Пулковской международной конференции по физике Солнца «Солнечная активность как фактор космической погоды», 4–9 июля 2005 г., Санкт-Петербург. 2006. С. 5–10.
2. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований. М., 1968. 240 с.
3. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. – М.: Воентехиниздат, 2009. 372 с.