

Модель прогнозирования эволюции антициклонов на основе учета термобарических условий в тропосфере и гелиофизической информации

А.Б. Мартыашкин: e-mail: martsash@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

***Аннотация.** Предложена модель прогнозирования эволюции антициклонов на основе учета термобарических условий в тропосфере и данных об активности Солнца*

***Ключевые слова:** Эволюция антициклонов, активность Солнца*

Введение

Изменение солнечной активности существенным образом влияет на процессы общей циркуляции атмосферы и связанные с ними режимы погоды в различных районах земного шара. Поэтому без учета данного фактора невозможно правильно понять основные закономерности общей циркуляции, а, следовательно, и успешно решить проблему разработки прогнозов погоды различной заблаговременности.

1. Влияние солнечной активности на атмосферные процессы

Основным источником внешних воздействий на атмосферу Земли является Солнце. Вместе с электромагнитным излучением Солнце испускает корпускулярные потоки, или потоки солнечной плазмы, получившее название солнечного ветра. В период сильных хромосферных вспышек на Солнце солнечный ветер становится существенно неоднородным, то есть из активных областей вырываются высокоскоростные корпускулярные потоки, плотность и энергия которых значительно превосходят подобные характеристики солнечного ветра в спокойном состоянии [1].

В периоды повышенной солнечной активности также меняется и спектральный состав электромагнитного излучения. Существенно возрастает интенсивность ультрафиолетовой радиации, которая влияет на концентрацию озона и значительно меняет тепловой баланс в атмосфере.

Целью настоящей работы является разработка модели прогнозирования эволюции антициклонов на основе учета

термобарических условий в тропосфере и изменчивости солнечной активности.

В качестве исходных данных использовался аэросиноптический материал за 1998 – 2021 годы, информация об активности Солнца в виде чисел Вольфа.

2. Влияние солнечной активности на формирование различных форм атмосферной циркуляции

На рисунке 1 показан ход изменения числа Вольфа в период 1998 – 2021 г.г.

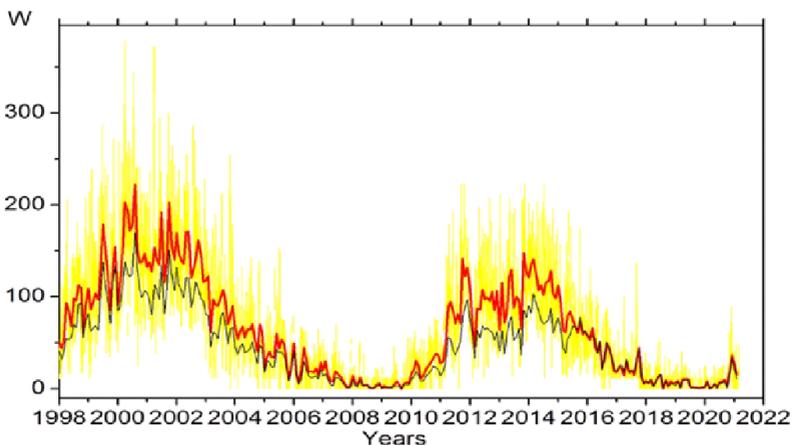


Рис. 1. Числа Вольфа за период 1998 – 2021 годы

На основе анализа рисунка можно выделить четкие экстремумы, а именно, два ближайших максимума активности Солнца приходились на 2000, 2014 годы, два минимума – на 2008, 2019 годы.

Вангенгейм Г. Я. и Гирс А.А. произвели классификацию типовых элементарных синоптических процессов (далее – ЭСП). В результате оказалось, что все двадцать шесть типов ЭСП можно обобщить в трех основных типах атмосферной циркуляции – западном (W), восточном (E) и меридиональном (С).

Западные процессы W характеризуют зональное состояние атмосферы, при котором в тропосфере наблюдаются волны малой амплитуды, быстро смещающиеся с запада на восток. При этом практически отсутствует значительный межширотный тепловой и влажностный обмен. Восточный E и меридиональный С процессы, характеризуют меридиональное состояние атмосферы, которому в

тропосфере свойственны стационарные волны большой амплитуды. При этом отмечается значительный межширотный тепловой и влажностный обмен. Географическое положение высотных гребней и ложбин при восточной и меридиональной формах циркуляции противоположны. То есть, положению высокой барической ложбины при восточной форме циркуляции будет соответствовать высокий барический гребень при меридиональной форме.

Для исследования взаимосвязи параметров активности Солнца и циркуляции атмосферы Земли проведен расчет повторяемостей основных форм атмосферной циркуляции.

На рисунке 2 представлена повторяемость форм атмосферной циркуляции в годы с различными параметрами активности Солнца.

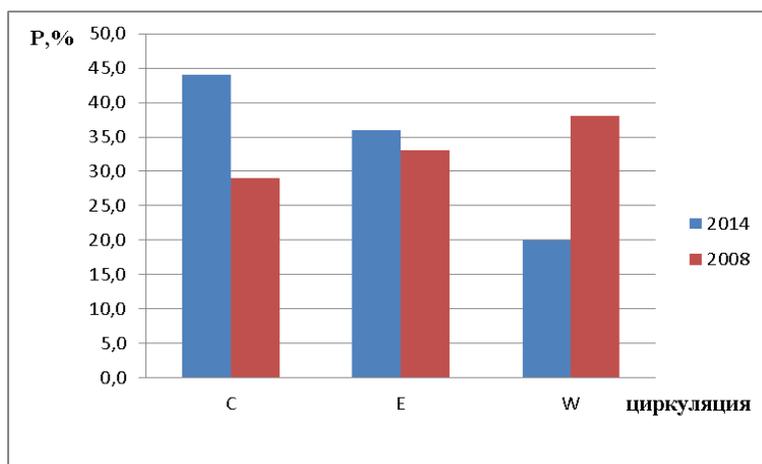


Рис. 2. Повторяемость форм атмосферной циркуляции в годы с минимальными и максимальными параметрами активности Солнца

На основе анализа проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В год с максимумом солнечной активности преобладает меридиональная циркуляция с повторяемостью 44 %. Минимум повторяемости 20% приходится на процессы западной формы циркуляции.

2. В год с минимумом солнечной активности чаще отмечается зональная циркуляция атмосферы с повторяемостью 38%, при этом на меридиональную циркуляцию приходится 29 %.

3. Повторяемость восточной формы циркуляции в годы с высоким числом Вольфа выше на 3%, чем в годы с низким числом.

3. Модель прогнозирования эволюции антициклонов с учетом термобарических параметров атмосферы и активности Солнца

На следующем этапе проведен анализ влияния активности Солнца на годовой ход температуры воздуха и ее отклонения от средних значений.

На рисунке 3 отражено распределение среднеквадратического отклонения температуры воздуха по месяцам в годы с максимальной и минимальной активностью Солнца.

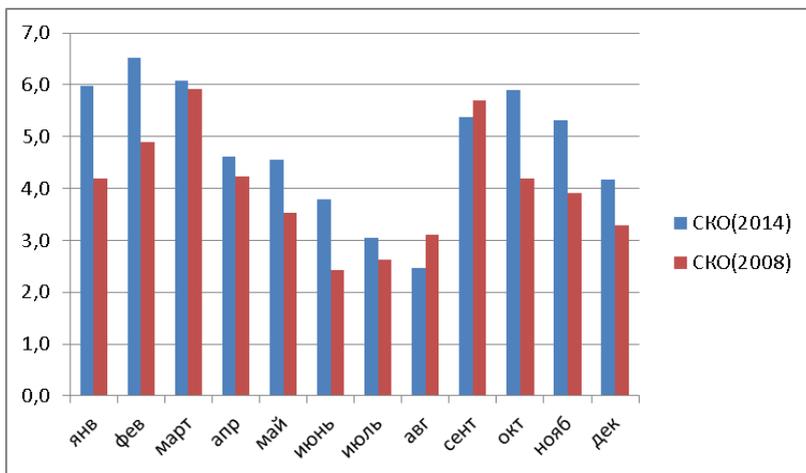


Рис. 3. Среднеквадратическое отклонение температур в годы с максимальным и минимальным числом Вольфа

В результате анализа представленной информации, можно сделать вывод, что в году с высокой активностью Солнца среднеквадратическое отклонение больше, чем в году с низкой активностью.

Увеличение числа Вольфа приводит к росту интенсивности ложбин холода и гребней тепла, что в свою очередь приводит к активизации процессов циклогенеза и антициклогенеза. При этом важно отметить, что всплеск термических характеристик гребней и ложбин происходит с

опозданием в среднем на трое суток. То есть, при повышении солнечной активности возникают условия для образования циклонов и антициклонов, а также усиления антициклонов вне зависимости от стадии их развития.

Для выяснения факторов, определяющих образование и эволюцию циклонов и антициклонов в приземном слое проведен анализ уравнения изменения вихря скорости [2] по результатам которого можно сделать следующие выводы:

1. Для образования циклона у поверхности земли создаются благоприятные условия там, где высотное барическое поле характеризуется циклонически искривленными изогипсами, кривизна которых по течению уменьшается, а градиент геопотенциала достаточно велик, т.е. такие условия создаются в передних частях высотных барических ложбин.

2. Отрицательная дивергенция скорости ветра (расходимость изогипс) на поверхности 700 или 500 гПа способствует циклогенезу, а положительная (сходимость изогипс) – антициклогенезу.

3. Возникновение и усиление термического гребня способствуют возникновению циклона у поверхности земли, а возникновение и усиление термической ложбины благоприятствуют возникновению антициклона. Для таких оценок удобно использовать карту ОТ-500/1000 [2].

4. При небольшой кривизне поля изотерм и прочих равных условиях циклогенез и антициклогенез наблюдаются там, где наибольший градиент температуры, во фронтальных зонах.

Исходя из вышесказанного, для получения прогностических зависимостей сформирована архивная выборка, включающая в себя следующие параметры:

1. Изменение атмосферного давления у поверхности земли в центре антициклона за 24 часа, ΔP .

2. Изменение характеристики термического гребня ΔG_T на карте ОТ-500/1000 за прошедшие сутки.

3. Изменение характеристики термической ложбины ΔG_X на карте ОТ-500/1000 за прошедшие сутки.

4. Изменение геопотенциала на АТ-850 над приземным центром антициклона за прошедшие сутки, ΔH_{850} .

5. Изменение геопотенциала на АТ-700 над приземным центром антициклона за прошедшие сутки, ΔH_{700} .

6. Изменение геопотенциала на АТ-500 над приземным центром антициклона за прошедшие сутки, ΔH_{500} .

7. Число Вольфа W.

На следующем этапе с использованием процедуры просеивания получено уравнение регрессии для прогноза эволюции антициклона.

$$\Delta P' = -0,036 + 0,069\Delta W + 0,137\Delta H_{700} - 0,200\Delta G_T + 0,222\Delta P$$

Проведена оценка качества полученной зависимости на контрольной выборке: коэффициент корреляции равен 0,698; средняя абсолютная ошибка составила 2,62; средняя квадратическая ошибка составила 3,12.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе показано влияние солнечной активности на формирование циркуляционных особенностей атмосферы, представлена модель прогнозирования эволюции антициклонов на основе учета термобарических условий и гелиофизической информации.

Список литературы

1. Витинский Ю.В. Солнечная активность. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. 192 с.
2. Скирда И.А. Ульшин И.И, Мартыашкин А.Б. Авиационные прогнозы погоды. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. 476 с.