

*В.Н. Боков, В.Н. Воробьев*

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

*V.N. Bokov, V.N. Vorobyev*

## VARIABILITY OF ATMOSPHERIC CIRCULATION AND VARIABILITY OF A CLIMATE

*Проведен анализ изменчивости форм атмосферной циркуляции Вангенгейма–Гирса с X в. в сопоставлении с изменчивостью климата. Показано, что изменения температуры в Европе связаны с межгодовой изменчивостью форм атмосферной циркуляции.*

*Ключевые слова: изменчивость атмосферной циркуляции, изменения климата*

*The analysis of variability of atmospheric circulation forms of Vangengejma–Girsa since X century in comparison to variability of a climate is carried out. It is shown that changes of temperature in Europe are connected with interannual variability of atmospheric circulation forms.*

*Key words: variability of atmospheric circulation, variability of a climate.*

Изменения климата существенно влияют на хозяйственную деятельность человека, условия его проживания и непосредственно на здоровье людей.

Атмосферная циркуляция является одним из факторов изменения климата. Изменчивость атмосферной циркуляции является причиной изменения атмосферного давления, ветра, температуры воздуха и влажности в различных регионах Земли.

Типизация форм атмосферной циркуляции Вангенгейма–Гирса является одной из основных типизаций используемых как в науке, так и в практических приложениях. Она является пригодной и для оценки вклада атмосферной циркуляции в изменения климата [Гирс, 1971].

С этой целью была выполнена работа по восстановлению атмосферной циркуляции Вангенгейма–Гирса с 1000 г. [Боков, Лопатухин, 1988]. График временного хода форм циркуляции W, C, E из данной публикации с учетом последних данных XX в. и исследований, приведен на рис. 1. Для этого использовались различные литературные источники, содержащие исторические сведения о характере погодных условия за последние тысячу лет [Борисенков, Пасецкий, 1988, Ле Руа Ладюри, 1971, Монин, Шишков, 1979, Pfister, 1980]. Данные, представленные на рис. 1, являются осредненными по десятилетиям и соотнесены к середине столетия. Такой подход обусловлен использованием исторических сведений, имеющих статус приближенных данных. По указанным публикациям и рис. 1 можно констатировать следующие климатические изменения.

В период раннего Средневековья (от VIII до XIV в., называемый эпохой викингов) климат стал мягким и теплым, произошло резкое уменьшение ледовитости северных морей. В период между 750 г. и 1200 г. викинги открыли и

заселили Исландию и Гренландию, достигли Ньюфаундленда, беспрепятственно плавали до Шпицбергена. В Западной Европе период между 750 г. и 1200 г. также отличался теплым климатом. В XII–XIII вв. на Балтийском побережье и в Англии выращивали виноград, что на 4–5 ° широты севернее, чем в настоящее время. Наиболее теплый период во время малого климатического оптимума в Северной Америке, в Европе, в Гренландии приходится, по-видимому, на 950–1200 гг. н. э. В Европе наиболее теплый период отмечался между 1150–1300 гг. В период максимума тепла малого климатического оптимума отмечается низкая повторяемость меридиональных форм С и Е (рис. 1). Повышению температуры в зимний период года способствовало увеличение повторяемости форм циркуляции W [Гирс, 1971].

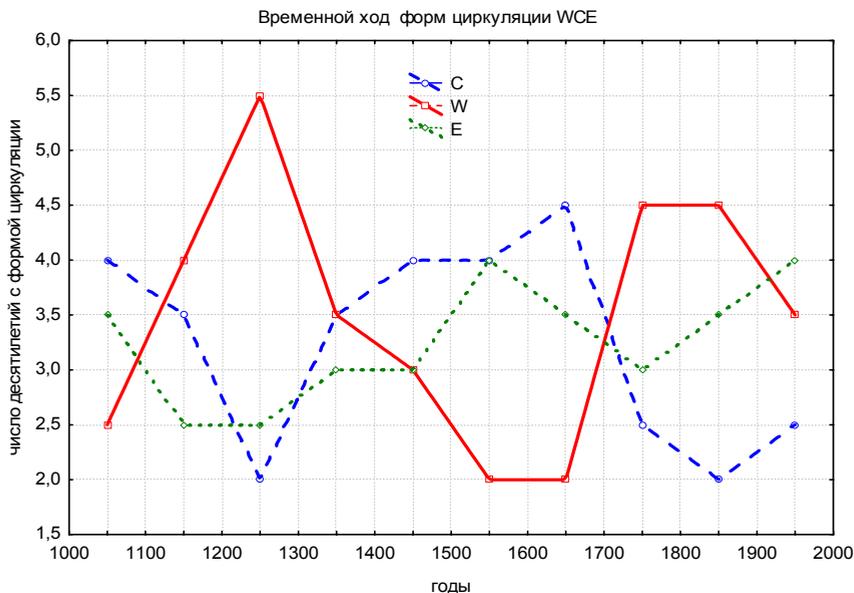


Рис. 1. Временной ход форм циркуляции W, C, E за исторический период

В XIII–XIV вв. началось новое похолодание климата, постепенно увеличилась ледовитость северных морей, морские пути в Гренландию стали непроходимыми для небольших судов викингов. Ледники Гренландии начали наступать и уничтожать их поселения. В XIII–XIV вв. увеличилась и внутрисезонная изменчивость климата. Это хорошо видно по графикам рис. 1. В этот период преобладает форма циркуляции С, определяющая снежные и холодные зимы. Этому процессу способствовала также высокая повторяемость формы Е, а увеличение влажности обеспечивала еще значительная повторяемость формы W.

В XVI в. стало заметным нашествие альпийских ледников, в конце XVI в. и в XVII в. оно достигло максимума. Около 1700 г. отмечалось некоторое отступление альпийских ледников, но именно в это время развивались ледники в Исландии и Норвегии, а в Швеции максимум пришелся на 1710 г.

В этот период отмечается рост формы W с общим преобладанием форм E и C, что способствовало увеличению влажности и увеличению повторяемости морозных дней и, соответственно, развитию ледников. Затем значительные движения ледников около 1720 г. были отмечены в Альпах, Скандинавии. В Северной Европе, Исландии особенно мощным было наступление в 1740–1750 гг. В этот период общая повторяемость форм C и E еще превышала W. В течение 1760–1790 гг. продолжалось шествие альпийских ледников, максимум их распространения был достигнут в 1820 г. Это было последним глобальным перемещением горных ледников в Европе и знаменовало конец малого ледникового периода. В указанный период отмечался интенсивный рост западной формы W с сохранением большой повторяемости меридиональной формы E. Сочетание данных форм циркуляции способствовало повышенной влажности, зимним холодам и прохладному лету [Гирс, 1971].

Следует подчеркнуть, что изменения климата как во время малого климатического оптимума, так и во время малого ледникового периода в разных районах Земли происходили не синхронно. Авторы различных исследований не смогли выяснить точные причины отсутствия синхронности.

Однако известно, что преобладание какой-либо формы циркуляции связано с определенными траекториями смещения циклонов и антициклонов [Гирс, 1971]. Поэтому в одни районы Земли циклоны приносят тепло, а в других районах антициклоны «обеспечивают» холод. Соответственно, при сохранении определенной эпохи формы циркуляции в течение от 1 до 4 десятилетий [Гирс, 1971], в различных регионах Земли наблюдаются различные погодные условия. В дальнейшем, при смене преобладающей формы циркуляции, меняются траектории смещения циклонов и соответствующие погодные условия. Подчеркнем, что в периоды, когда повторяемость всех трех форм циркуляции приблизительно одинакова, на Земле отмечается увеличение резкой смены стихийных явлений, что подтверждается историческими сведениями.

Обработка и анализ метеорологических измерений показал рост средней глобальной температуры земного шара с конца XIX столетия до 40-х годов XX в. Последующее похолодание 50–60-х годов было менее заметно. Новый рост температуры начался со второй половины 70-х годов. Сопоставим временные изменения средней глобальной температуры земного шара с временным ходом форм атмосферной циркуляции. Временной ход ежегодного числа дней трех форм циркуляции атмосферы представлена на рис. 2. Из рисунка отчетливо видно, что периоды повышения температуры воздуха с конца XIX столетия до 40-х годов XX в. связаны с преобладанием формы W и E. Похолодание в 40–60-х годов определялось повышенной повторяемостью формы C и E. Наибольшие похолодания в этот период связаны с формой C.

Начиная с 1977 г. наблюдается рост западной формы W, но при этом сохраняется преобладание формы E и низкая повторяемость формы C. Такое временное распределение атмосферной циркуляции способствовало интенсивному

росту температуры воздуха, возможно, аналогично «эпохе викингов». За период инструментальных наблюдений средняя глобальная температура земного шара увеличилась на 0,5 °С.

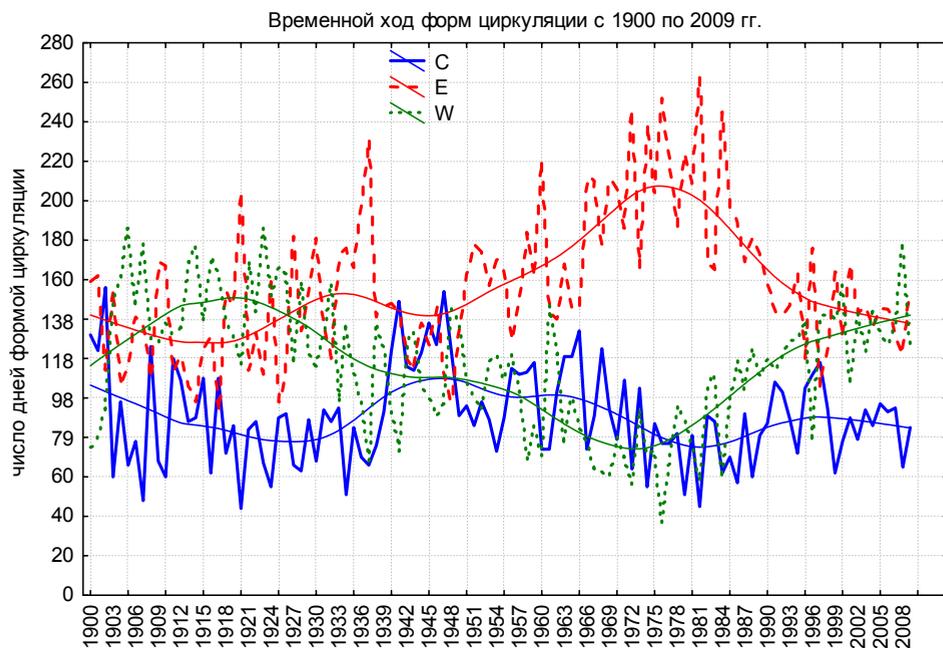


Рис. 2. Временной ход форм циркуляции W, C, E за период инструментальных наблюдений

До сих пор для ученых существует загадка Арктики. Несмотря на то, что земной шар сейчас намного теплее, чем в 30–40-х гг., Арктика все еще намного холоднее, чем в 30-х годах и ледовитость морей сейчас более значительная. Графики рис. 2 показывают на различия повторяемости формы W и формы E в 30–40-х гг. и в настоящее время. Следует подчеркнуть, что в 30-е годы форма W превалировала над формой E, а в последние десятилетия форма E превалировала над формой W. Именно такая повторяемость форм циркуляции W и E и обусловила потепление Арктики в 30–40-х гг. и более прохладный температурный режим в последние десятилетия.

Приведенные результаты указывают на существенную роль атмосферной циркуляции в изменении климата. Поэтому большой интерес представляет прогноз изменения форм циркуляции атмосферы в последующее несколько сот лет. Используя статистические методы прогноза (модель авторегрессии и скользящего среднего) были рассчитаны прогностические повторяемости всех трех форм циркуляции. Результаты расчетов проставлены на рис. 3. Из рисунка видно, что форма W достигнет минимума в XXI в., а форма C достигнет наибольшей повторяемости в XXII в., а форма E достигнет минимума в XXII в.

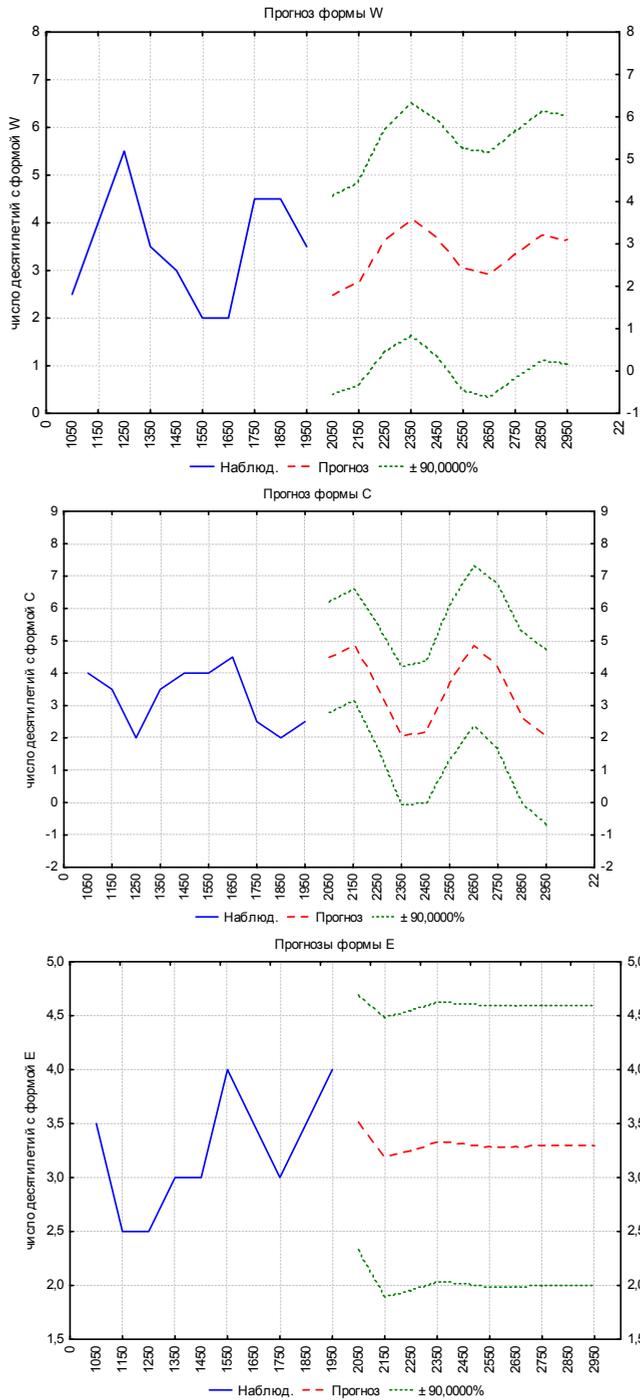


Рис. 3. Прогноз форм циркуляций атмосферы W, С и E

Подчеркнем, что согласно рис. 3 рост формы С начинается в уже XXI в., что будет способствовать постепенному похолоданию. Рис. 4, на котором отражен график средней глобальной температуры за последние 160 лет (<http://hadobs.metoffice.com>), уже отмечает снижение глобальной температуры в 2009 г.

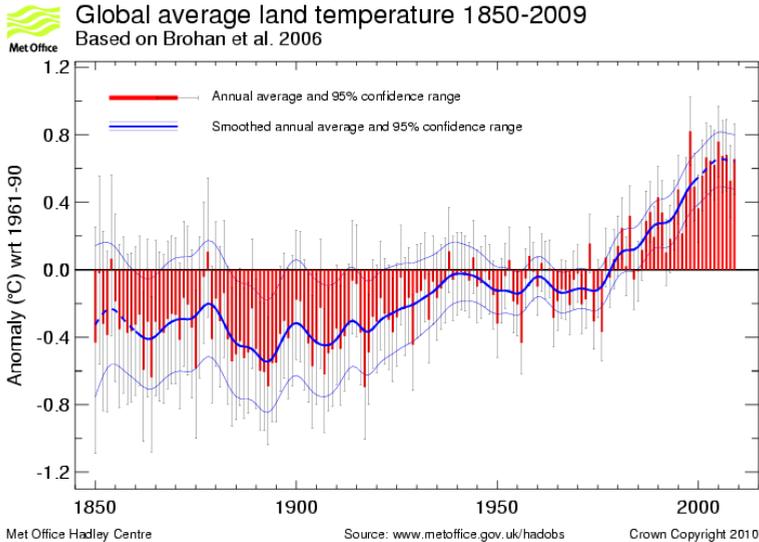


Рис. 4. Средняя глобальная температура воздуха с 1850 по 2009 г. (<http://hadobs.metoffice.com>)

Приведенные прогнозы требуют дальнейших уточнений и детализаций, поскольку в них не учтен антропогенный вклад, изменчивость температуры в недрах Земли и ряд других факторов.

### Литература

1. Боков В.Н., Лопатухин Л.И. Межгодовая и вековая изменчивость ветро-волновых условий. – В кн.: Теоретические основы и методы расчета ветрового волнения. – Л.: Гидрометеиздат, 1988.
2. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. – М., 1988.
3. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1971.
4. Ле Руа Ладюри Э. История климата с 1000 года. – Л., 1971.
5. Монин А.С., Шшиков Ю.А. История климата. – Л., 1979.
6. Pfister Ch. The Little Ice Age: Thermal and Wetness Indices for Central Europe // *Journal of Interdisciplinary Explorations*, 1980, vol. 10, № 4, p. 665-696.
7. Met Office Hadley Centre observations datasets (<http://hadobs.metoffice.com>).