

Термобарический и циркуляционный режим атмосферы во внетропических широтах Северного полушария

Переведенцев Ю.П., ypereved@kpfu.ru

Шанталинский К.М., kshantal@kpfu.ru

Аухадеев Т.Р., TRAuhadeev@kpfu.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет 420008, Россия, Казань, ул.
Кремлевская, 18

Thermobaric and atmospheric circulation regime in the extratropical latitudes of the Northern Hemisphere

Perevedentsev Yu.P., Shantalinsky K.M., Auhadeev T.R.

Kazan federal university, 420008, Russia, Kazan, Kremlyovskaya street, 18

Key words: field pressure, air temperature, atmospheric action centers, wind speed, low-frequency component.

Abstract

Are considered long-term fluctuations in atmospheric pressure, air temperature and wind speed and wind speed in the troposphere of the northern hemisphere during the 1900-2014.

Несмотря на многочисленные публикации, появление обобщающих докладов по проблемам изменения современного климата (IPCC, 2013; ОД Росгидромета, 2014) интерес к этой теме не пропадает. Это связано как с неустойчивостью современного климата, так и с возможными негативными и позитивными последствиями от изменений климата в природной и социально-экономической сферах. По-прежнему высказываются различные точки зрения на причины происходящего потепления.

В докладе главное внимание уделяется рассмотрению термобарического режима во внетропических широтах Северного полушария в период 1900-2014 гг. При этом для выявления динамики термобарических процессов принято их рассмотрение в отдельные временные отрезки: 1900-1929; 1930-1959; 1960-1987; 1988-2000 и 1988-2014 гг., связанных так или иначе с основными климатическими событиями: потеплением в начале XX в., относительным похолоданием в 1940-1960-х годах и интенсивным потеплением, начиная с середины 1970-х годов.

В качестве исходных материалов использовались временные ряды температуры воздуха и атмосферного давления в узлах регулярной широтно-долготной географической сетки за период 1900-2014 гг., подготовленные Отделом климатических исследований университета Восточной Англии. Следует отметить, что авторы располагали данными по температуре воздуха в период 1900-2014 гг., а по атмосферному давлению в период 1900-2000 г.

Вначале в каждом узле вычислялись многолетние средние значения для января и июля по всему указанному периоду как для температуры (T), так и давления (P). Затем строились карты распределения средних многолетних значений P и T . Поля аномалий метеовеличин строились для температуры воздуха в периоды 1900-1929, 1930-1959, 1960-1987, 1988-2000, 1988-2014 гг., а для атмосферного давления в периоды 1900-1929, 1930-1959, 1960-1987, 1988-2000 гг. для широтной зоны 20-90° с.ш. Сходство полей аномалий определялось как визуально, так и по рассчитанному в узлах сетки критерию аналогичности ρ . В центрах

действия атмосферы рассматривались долгопериодные колебания температуры воздуха и давления, полученные в результате сглаживания исходных данных с помощью низкочастотного фильтра Поттера.

С целью определения общей тенденции изменения температуры в умеренной зоне Северного полушария (32,5-67,5°с.ш.) в период 1900-2014 гг.(115 лет) исходные данные в узлах сетки осреднялись по всей широтной полосе для января и июля. Полученные временные ряды подвергались статистической обработке. На рис.1 представлен многолетний ход температуры воздуха, где, наряду с данными об исходном ряде, выделены средние по периодам 1900-1929 гг. (30лет), 1930-1959гг. (30 лет), 1960-1987 (28 лет), 1988-2014гг.(27 лет), т.е. по примерно равным временным отрезкам. Кроме этого, исходные ряды сглаживались с помощью фильтра Поттера – на рис.1 для оценки долгопериодной изменчивости представлена низкочастотная компонента с периодом более 20 лет, т.е. отфильтрованы все волны с периодом меньше 20 лет.

Анализ рис.1 показывает, что в январе каждый последующий временной этап оказался теплее предыдущего. Средние температуры этих периодов соответственно равны : -4,6;-4,2;-4,1;-3,4°С, т.е., согласно кривой НЧК, за 115 лет среднеянварская температура возросла на 1,6°С, а в активную фазу потепления за 35 лет (1970-2014 гг.) на 0,95°С. Кривая НЧК в целом имеет тенденцию подъема в течение 115-летнего периода за исключением небольшого провала с 1955 по 1970 г. и заключительного периода (2005-2014 гг.), когда возникла пауза в потеплении.

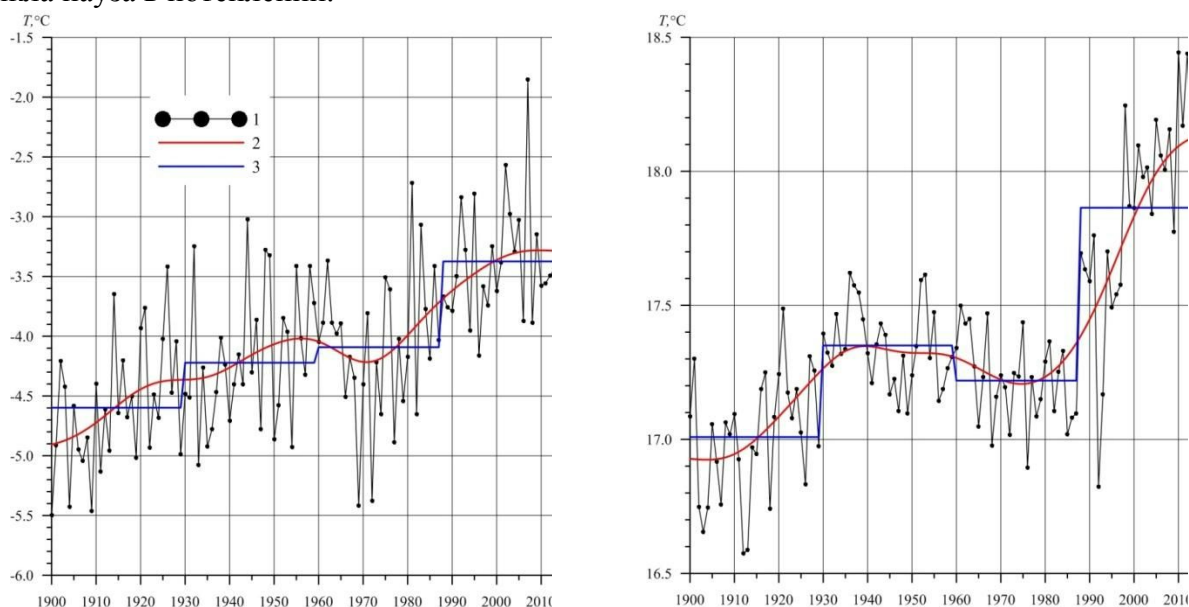


Рис.1. Многолетний ход (1900–2014 гг.) температуры воздуха в умеренной зоне Северного полушария (67,5–32,5° с.ш.) в январе (слева) и июле (справа)

1 – исходный ряд, 2 – НЧК с периодом более 20 лет, 3 – средние по периодам 1900–1929, 1930–1959, 1960–1987 и 1988–2014 гг.

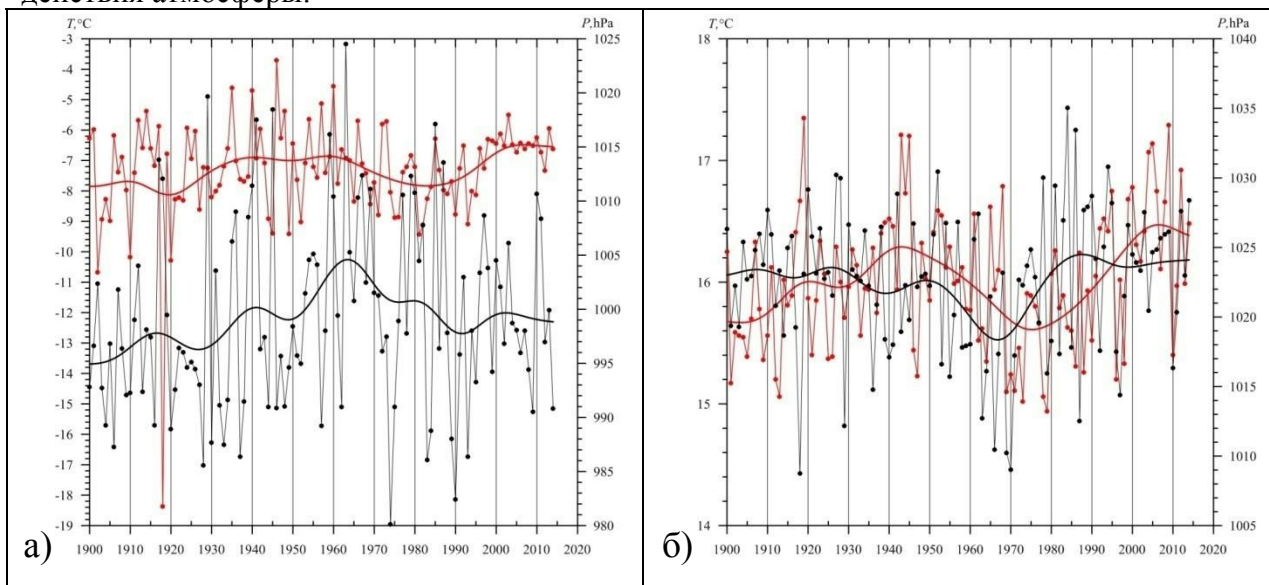
В июле температура менялась несколько сложнее, поскольку после активного периода потепления 1910-1940 гг. возникло ее небольшое понижение в 1940-1975 гг., после которого температура значительно возросла. Распределение ее средних значений по выделенным периодам таково: 17,0; 17,3; 17,2; 17,9°С (изменение составило ~0,9°С, что уступает январскому). В то же время следует отметить интенсивный рост температуры в период 1975-2014 гг. (по НЧК на 0,95°С). В целом в январе подъем температуры составил 1,6°С, а в июле 1,2°С, т.е. зимнее потепление в умеренной зоне за весь рассматриваемый период происходит более интенсивно, однако в активной фазе потепления в январе это (1970-2005 гг.), в июле (1975-2014 гг.) скорости роста температуры практически одинаковы, при этом, судя по НЧК, потепление в январе началось на 5 лет раньше, чем в июле.

Были построены карты средних полей температуры воздуха и приземного давления для января и июля во внутропическом поясе от 20°с.ш. до Северного полюса по ранее рассчитанным средним значениям в узлах сетки за длительный период (по температуре с 1900 по 2014 гг., по давлению с 1900 по 2000 гг.). Структура полей, представленных на этих картах, в целом хорошо воспроизводит известные климатические закономерности пространственного распределения рассматриваемых метеорологических величин. В частности в январе на климатической карте давления выделяются Исландский и Алеутский минимумы, Сибирский максимум, а в июле Гонолульский и Азорский максимумы, а также обширная Азиатская депрессия.

Анализ полученных карт аномалий температуры показал, что в зимнем температурном поле наиболее простая картина была в период 1900-1929 гг. (похолодание охватило практически все Северное полушарие) и в 1988-2014 гг., когда уже интенсивное потепление охватило всю территорию. Возникли достаточно однородные картины. При этом, если в первый период приполярные области испытывали наибольшее похолодание, то в заключительный период здесь наблюдалось экстремальное потепление. Что касается поля аномалий давления, то здесь картина обратная: от повышенных значений давления в приполярных районах и в области Алеутской депрессии в начале XX столетия произошел переход к их значительному понижению в конце этого столетия. Температура воздуха и атмосферное давление меняются в противофазе и их экстремумы имеют циклический характер во времени.

Рассмотрено также многолетнее поведение сглаженных с помощью фильтра Поттера временных рядов температуры воздуха и атмосферного давления (низкочастотных компонент с периодом более 20 лет) в центрах действия атмосферы СП в период 1900-2014 гг.

В качестве примера на рис.2 приводятся сведения о многолетнем ходе температуры воздуха (красная линия) и давления (черная линия) в Исландском и Азорском центрах действия атмосферы.



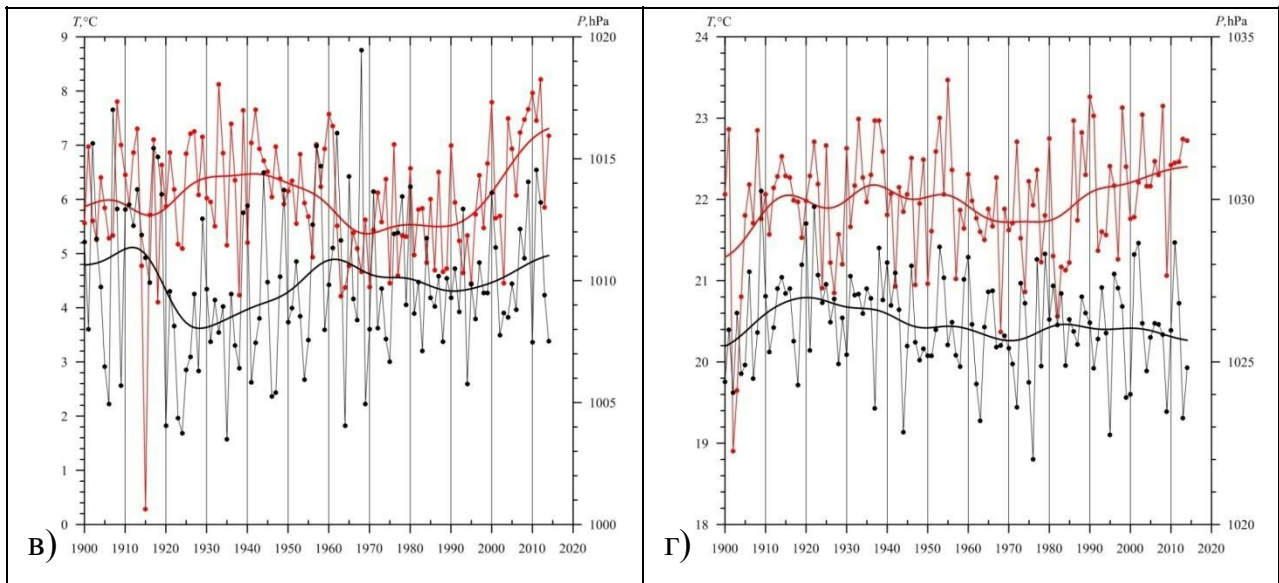


Рис.2. Многолетний ход давления (черная линия) и температуры воздуха (красная линия) в области Исландского минимума (а, в) и Азорского максимума (б, г) в январе (а, б) и в июле (в, г).

Анализировались основные черты долгопериодных изменений ветрового режима, характеризующих циркуляцию атмосферы, а также режима температуры воздуха в нижней тропосфере в умеренных широтах Северного полушария. Для этого использовались данные реанализа за период 1948—2013 гг. в зоне умеренных широт ($30\text{--}70^\circ$ с.ш.), где наиболее ярко проявляются бароклинная неустойчивость и вихревая активность. Были построены карты распределения средних многолетних значений зональной и меридиональной составляющих скорости ветра и температуры воздуха на изобарических поверхностях 850, 700 и 500 гПа в период 1948—2013 гг. для зимы и лета по Северному полушарию, которые в целом соответствуют известным климатическим схемам.

Поскольку главное внимание уделяется анализу долгопериодных изменений исследуемых величин, то для установления зависимости между температурой воздуха и циркуляцией атмосферы рассмотрена динамика их низкочастотных компонентов. С этой целью значения зональной составляющей скорости ветра и температуры воздуха осредняли по всей умеренной широтной зоне $30\text{--}70^\circ$ с. ш. и по подзонам $30\text{--}50$ и $50\text{--}70^\circ$ с. ш. для каждого года. Затем в полученных временных рядах выделяли низкочастотный компонент с периодом более 10 лет.

Анализ временного хода низкочастотного компонента зональной скорости ветра и приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) в период с 1948 по 2013 г. на изобарических поверхностях 850 и 500 гПа показывает, что в широтной зоне $30\text{--}70^\circ$ с. ш. на изобарической поверхности 850 гПа наблюдается достаточно согласованный временной ход зональной составляющей скорости ветра и ПТВ: в период 1962—1970 гг. наблюдаются их наименьшие значения, а в период 1990—2000 гг. — наибольшие. Затем к 2010 г. вновь отмечается уменьшение указанных метеовеличин. Таким образом, в зимний период наблюдается колебательный режим при запаздывании хода температуры относительно зональной скорости примерно на 8 лет. Все это повторяется и в северной части умеренной зоны, но ситуация здесь имеет менее сглаженный характер. В южной части в середине 1970-х годов наблюдался противофазный характер изменения низкочастотного компонента ПТВ и зональной составляющей скорости ветра, при котором ПТВ достигает своего минимума, а зональная скорость ветра — максимума. Ход температуры в этой части умеренной зоны соответствует в основных чертах полушарному. Временные колебания зональной скорости ветра за 66-летний период можно объяснить с позиции долгопериодных колебаний циркуляции атмосферы, что требует специального исследования.

Выводы

1. Выполнен мониторинг изменения температуры воздуха, осредненной в широтной зоне 32,5-67.5° с.ш. в январе и июле в период 1900-2014 гг.
2. В течение 115 лет температура в январе в среднем в широтном поясе 32,5-67.5° с.ш. повысилась на 1,6°C, в июле на 1,2°C. Отмечается неравномерный характер изменения температуры. Наиболее активная фаза январского потепления по НЧК происходила в период 1970 – 2005 гг., а для июля в 1975 – 2014 гг., т.е. в июле потепление позже началось и продолжается по настоящее время.
3. Анализ температуры и давления по периодам выявил противофазный характер их поведения: так в начале века (1900 – 1929 гг.) в поле давления преобладала тенденция к росту, а в поле температуры к ее снижению. Похолодание происходило на фоне высокого атмосферного давления. В период 1988 – 2000 гг., напротив, потепление климата происходило на пониженном фоне атмосферного давления.
4. В течение большей части XX столетия (1900-1987 гг.) в приатлантической и притихоокеанской частях Арктики формируются аномалии давления противоположного знака, Однако в фазе активного потепления (1988-2000 гг.) это явление ослабевает.
5. Степень сходства полей аномалий температуры воздуха и атмосферного давления для различных периодов оценивалась с помощью показателя аналогичности ρ . Наиболее высокие связи отмечаются в январе в поле температуры для периодов 1900-1029 и 1988-2014 гг. ($\rho=-0,86$), а в поле давления между периодами 1900-1929 и 1960-1987 гг. ($\rho=-0,69$).
6. Выполнен низкочастотный анализ с помощью фильтра Поттера среднеянварской и среднеиюльской температуры и давления для ряда географических территорий – Исландского и Алеутских минимумов, Азорского, Гонолульского и Сибирского максимумов.
7. Колебания временного хода НЧК давления в Исландской и Алеутской депрессиях имеют противофазный характер.
8. Обнаружено запаздывание низкочастотной компоненты температуры воздуха в зимнее время в умеренной зоне относительно скорости ветра примерно на 8 лет.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант 15-05-06349).