

**МНОГОЛЕТНИЕ ТЕНДЕНЦИИ  
В РАЗВИТИИ ЦИРКУЛЯЦИИ ПРИЗЕМНОГО ПОЛЯ ДАВЛЕНИЯ  
НАД СЕВЕРНЫМ ПОЛУШАРИЕМ**

**Л.М. Акимов, Т.Н. Задорожная**

*Воронежский государственный университет, Россия  
Воронежский военный авиационный инженерный университет, Россия*

*Поступила в редакцию 20 февраля 2010 г.*

**Аннотация:** По данным 30-летних скользящих осреднений среднемесячных значений приземного давления и геопотенциала, исследуется пространственно-временная изменчивость циркуляционного режима и направление тенденции в широтной зоне 40°-80° Северного полушария.

**Ключевые слова:** геопотенциал, тенденция, циркуляция, Северное полушарие.

**Abstract:** According to the 30-year-old moving averages of monthly averages of land level pressure and geopotential, we investigate the spatial and temporal variability of the circulation regime and the trend in the latitude zone 40° - 80° of the Northern Hemisphere.

**Key words:** geopotential, trend, circulation, the Northern Hemisphere.

Современные изменения климата являются проблемой, решение которой волнует все человечество. Согласно оценкам Всемирной метеорологической организации (ВМО), других международных и правительственных организаций, экстремальные проявления климатической изменчивости уже в ближайшие годы могут привести к значительным потерям в сельскохозяйственном производстве, обеспечении населения водой, проблемам в энергетике, жилищном хозяйстве и других жизненно важных направлениях экономики и социальной инфраструктуры многих стран.

Поэтому в настоящее время правительствами, деловыми и научными кругами, гражданским обществом все больше осознается необходимость в выявлении будущих тенденций климата и их возможных изменений на ближайшую перспективу (5-20 лет).

Понять направление изменчивости климата возможно на основании изучения предшествующего состояния погоды. Одним из показателей климатической системы является циркуляция атмосферы и ее колебания в различных частях Северного полушария.

Данной проблеме было посвящено многочисленное количество научных исследований [1-4, 7].

Однако поставленная задача является неоднозначной и требует всестороннего комплексного подхода. Кроме того, известные исследования были проведены на ограниченном объеме наблюдений. В настоящее время временные ряды данных увеличились, что дает основание получить новые сведения об имеющихся тенденциях климата.

В предлагаемой работе, в качестве объекта исследования, на первом этапе, выбрано поле давления на уровне моря, которое в наибольшей степени ответственно за погодные условия и их экстремальные проявления.

В качестве информативной базы служили среднемесячные значения давления в узлах сетки 10×10° на территории Северного полушария, в широтной зоне 40-80° с.ш., так как, согласно установившемуся мнению ученых [6], для прогноза погоды в Европе, достаточно иметь информацию о циркуляционных процессах именно в этой полосе. Выборка составила 40 лет, включая все календарные месяцы года.

Целью данного исследования является оценка направленности развития циркуляционных процессов. При этом если в предыдущих работах выявление тенденции проводилось на основании данных, осредненных по всему земному шару или отдельно по полушариям, то в данном исследова-

нии авторы исходили из того, что согласно [5], однозначные тенденции могут происходить в различных регионах не повсеместно и не с одинаковой скоростью. Поэтому, в данной работе, принята попытка, провести исследование по каждой рассматриваемой широтной зоне Северного полушария в отдельности, с целью использования полученных тенденций для их экстраполяции на последующий период.

Предварительно, рассмотрим климатическое поле давления и его основные черты. На международном совещании по мониторингу климата, проходившему в Женеве, среди параметров и объектов, нуждающихся в мониторинге и исследовании циркуляционных характеристик, были названы основные барические гребни и ложбины.

В связи с этим, было проведено уточнение географического расположения климатических барических ложбин и гребней, на различных широтных зонах Северного полушария. Для этого были использованы данные зимнего периода.

Предварительно, для каждого узла  $\lambda$  на фиксированной широте  $\varphi$  рассчитаны средние, многолетние значения давления по формуле:

$$\bar{P}_{\varphi\lambda}^t = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N P_{j\lambda\varphi}^t, \quad (1)$$

где  $t$  – календарный месяц года ( $t=1, 2, \dots, 12$ );  $\varphi$  – исследуемая широта ( $\varphi=1, 2, \dots, 5$ );  $\lambda$  – долгота ( $\lambda=1, 2, \dots, 36$ );  $N$  – длина выборки;  $j$  – порядковый номер года в выборке;  $\bar{P}_{j\lambda\varphi}^t$  – текущее сред-

немесячное значение давления в точке с координатами  $(\varphi, \lambda)$ .

На рис. 1 представлено распределение давления у поверхности Земли в январе месяце.

Различными маркерами обозначены кривые для широтных зон  $\varphi=40-80^\circ$  с.ш. По оси абсцисс отложены порядковые номера долгот Северного полушария ( $\lambda=1,36$ ). По оси ординат – средние, многолетние значения давления, отнесенные к узлам регулярной сетки на рассматриваемой широте.

Из вида рисунка следует, что в холодный период года, над Северным полушарием, в распределении давления у поверхности Земли, четко выделяются два гребня. Один из них, располагается над западными районами Восточной Сибири ( $90-110^\circ$  в.д.) и соответствует положению климатического центра Сибирского максимума, другой, менее выраженный, – над Северной Америкой (Канадский максимум –  $110-140^\circ$  з.д.). Отмечаются также две ложбины: одна над Тихим океаном ( $180^\circ$  в.д.) и соответствует положению Алеутского минимума, вторая – над Атлантическим ( $30^\circ$  з.д.) и соответствует Исландскому минимуму.

Характер представленных кривых свидетельствует о том, что отмеченные барические объекты прослеживаются не на всех широтах одинаково. Наиболее четко, они обнаруживаются лишь в низких широтах ( $40-60^\circ$  с.ш.). На широтах  $\varphi=70-80^\circ$  с.ш., северная периферия гребней значительно сглажена. Кроме того, от широты к широте, двигаясь с юга на север, ось климатического гребня

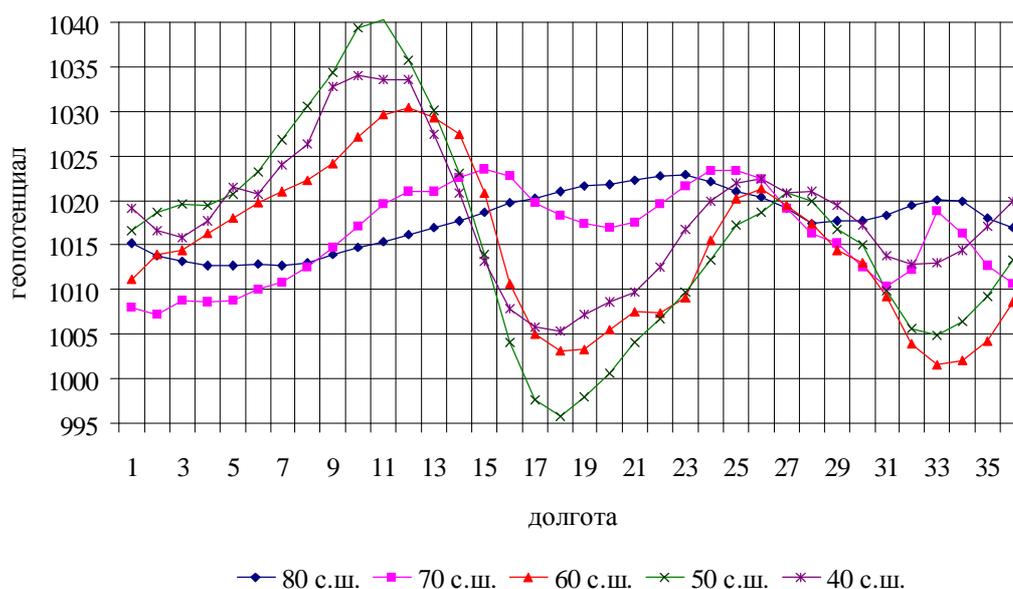


Рис. 1. Пространственное распределение средних многолетних значений давления на Северном полушарии в январе

монотонно смещается к востоку, а его амплитуда значительно уменьшается.

Так на широтах 40-50° с.ш. ось климатического гребня проходит по меридиану 1000 в.д. Максимальное значение давления на этих широтах колеблется в пределах от 1035 до 1040 гПа. На широте  $\varphi = 60^\circ$  с.ш. ось гребня смещена к востоку и располагается на  $\lambda = 120^\circ$  в.д., а среднее многолетнее значение давления понизилось до 1030 гПа. На  $\varphi = 70^\circ$  с.ш. гребень менее четко выражен, его максимальное значение находится на уровне 1024 гПа, а ось еще дальше смещена на восток и проходит по меридиану  $\lambda = 140^\circ$  в.д.

Особый вид принимает кривая давления на широте  $\varphi = 80^\circ$  с.ш. Она, в основном, пологая с некоторым антициклональным возмущением, находящимся на долготе  $\lambda = 140^\circ$  з.д.

Второй барический гребень, расположенный над Северной Америкой, выражен менее четко. Его амплитуда, по сравнению с западным гребнем, значительно меньше. Отличительной чертой данного гребня является то, что он просматривается в низких широтных зонах с одинаковой амплитудой, а его ось практически остается на месте, с небольшой тенденцией смещения на восток. В высоких широтах возмущения в поле давления почти не заметны, а их величины на всех широтах различаются не значительно.

Четко выражена ложбина, расположенная над западными районами Тихого океана ( $\lambda = 180^\circ$  в.д.). Оси этой ложбины на широтах  $\varphi = 40-60^\circ$  с.ш. совпадают, а ее широтные амплитуды, при смещении с севера на юг, незначительно увеличиваются. В многолетнем ходе среднее минимальное значение давления в данной ложбине отмечается на широте  $\varphi = 50^\circ$  с.ш., где оно составляет 998 гПа.

На остальных широтах ложбины сглаживаются, средние значения давления, по сравнению с предыдущими широтами, принимают более высокие значения, а на  $\varphi = 80^\circ$  с.ш. на этих долготах обнаруживается даже слабый антициклональный изгиб.

Вторая ложбина выражена менее четко. Ее местоположение на  $\varphi = 40-60^\circ$  с.ш. соответствует восточным районам Северной Атлантики, а ось практически на всех широтах проходит по долготе  $\lambda = 40^\circ$  з.д. Амплитуда кривой с севера на юг увеличивается. Исключение составляют широты  $\varphi = 70-80^\circ$  с.ш., где наблюдается даже небольшой антициклональный изгиб. Возможно, это связано с наличием в этих широтах теплого течения Гольфстрим.

Проведенный анализ показал, что в январе основные оси климатических ложбин и гребней соответствуют географическому расположению океанов и континентов. Причем, в районах Тихого океана более четко отражаются свойства подстилающей поверхности, и в этом плане, индикатором термического режима в этих районах может служить широта  $\varphi = 50^\circ$  с.ш., так как именно на этой широте ход давления наиболее четко выражен.

Для выявления тенденций в характере пространственного распределения давления и локализации основных компонентов общей циркуляции атмосферы, в различных районах Северного полушария, проследим за изменениями, которые происходили в течение исследуемого периода в климатических барических центрах. Воспользовавшись рекомендациями, приведенными в работе [8], исходные данные были уплотнены путем, осреднения исходных данных по 30-летним скользящим периодам.

На примере января, произведен расчет климатических показателей геопотенциала  $\bar{H}_{\lambda_i}^{1000}$  на поверхности 1000 гПа, по скользящим 30-летним рядам наблюдений, начиная с 1959 года, постепенно, смещая выборку на один год.

По всей исходной выборке, для каждого узла регулярной сетки рассчитывались нормы  $\bar{H}_{\lambda\varphi}^{1000}$  по 30-летним скользящим периодам. Расчет производился по формуле:

$$\bar{H}_{\lambda_i}^{\varphi}(\tau) = \frac{1}{M} \sum_{j=1+\tau}^{K-M+\tau+1} H_{\lambda_i}^{\varphi}, \quad (2)$$

где  $M$  – период осреднения ( $M = 30$  годам);  $N$  – общая длина выборки ( $N = 40$  годам);  $\tau$  – порядковый номер сдвига по времени ( $\tau = 0, 1, 2, \dots, (N-M)$ );  $\mathbf{1}$  – временной период сдвига ( $\mathbf{1} = 1$  год);  $K$  – крайняя правая граница выборки;  $j$  – начальная граница выборки;  $i$  – порядковый номер узла регулярной сетки.

В этом случае решались две задачи:

– намного ли различаются между собой местоположения основных барических объектов, рассчитанных по данным о распределении давления у поверхности Земли и геопотенциалу на поверхности АТ-1000 гПа, то есть, как изменяется местоположение ложбин и гребней на Северном полушарии и какова их изменчивость;

– как и в каких широтных зонах и географических районах межгодовая изменчивость геопотенциала происходит наиболее заметно, и в каком направлении.

Результаты расчета межгодовых изменений геопотенциала в различных районах Северного

полушария, для января месяца, на широте  $\varphi = 40^\circ$  представлены на рис. 2. Различными маркерами отмечены отдельные 30-летние периоды.

Прежде всего, следует отметить, что характер кривых, полученных как по приземному давлению, так и по данным геопотенциала, не изменился. Климатические области высокого и низкого давления отмечаются, практически, в одних и тех же районах. Обнаружено лишь относительное смещение осей к востоку, не превышающее  $10^\circ$ /мерид. Что касается барических гребней, располагающихся над континентами, то проведенное скользящее осреднение на их местоположение и интенсивность не повлияло.

Кроме того, при анализе расположения кривых, построенных за различные 30-летние периоды осреднения, обращает на себя внимание тот факт, что в течение всего рассматриваемого периода происходили изменения давления, однако, величина и знак этих изменений в различных регионах полушария был не одинаковым. Наибольшие изменения происходили в Северной Атлантике, в районе расположения сезонной климатической депрессии. При этом следует отметить, что значительные изменения давления относятся не ко всей ложбине, а в основном, к ее восточному флангу.

С приближением к континенту Европы, степень изменчивости давления увеличивалась, достигая максимума в восточных окраинах Европы. Территория разброса резко ограничивалась Уральскими горами. На территории Западной и Восточной Сибири значительных изменений не происходило и лишь в районе Тихого океана можно обнаружить небольшие колебания давления. Что касается Северной Америки то, судя по распределе-

нию кривых на широте  $\varphi = 40^\circ$ , колебания давления или не происходили или были слабо заметными.

Следует указать на знак тенденции, который также в различных регионах проявлял себя по-разному. Так, в районе Атлантической ложбины наблюдается тенденция к смещению климатической среднеширотной изолинии к северу, что свидетельствует о росте давления в этом районе и, следовательно, заполнению ложбины.

Аналогичная тенденция к росту давления обнаруживается над всей Европейской территорией, а также западной и частично восточной Сибирью, что свидетельствует о тенденции к усилению и перемещению Сибирского антициклона на запад, хотя степень этого распространения не велика.

Одновременно происходило падение давления в районе Тихого океана, способствуя углублению Алеутской депрессии, а также понижение давления на левом фланге Канадского климатического максимума.

Обнаруженные выше особенности временно-го разброса давления, более четко проявились и на широте  $\varphi = 50^\circ$  с.ш.. Здесь также обнаруживается преобладание меридиональности на Северном полушарии, хотя степень изменчивости менее выражена (рис. 3). В течение рассматриваемого периода увеличивается давление в центрах барических максимумов, и значительно уменьшается в центрах низкого давления. Характер изменчивости давления, по сравнению с широтой  $\varphi = 40^\circ$  с.ш. сохранился, но величина их несколько уменьшилась.

Отличительной чертой распределения геопотенциала на широте  $\varphi = 60^\circ$  с.ш. (рис. 4) является наличие более глубокой ложбины в районе Северной Атлантики, по сравнению с ложбиной в Ти-

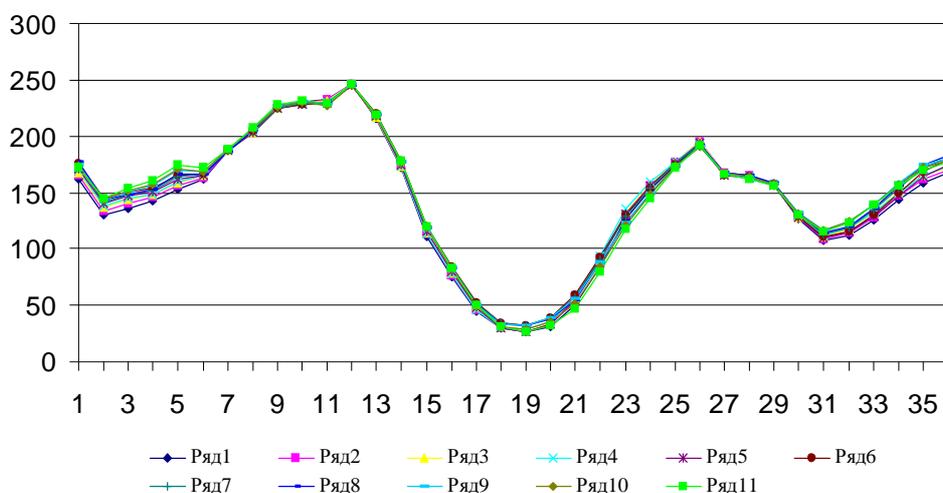


Рис 2. Скользящие средние значения геопотенциала АТ-1000 гПа в январе ( $\varphi = 40^\circ$  с.ш.)

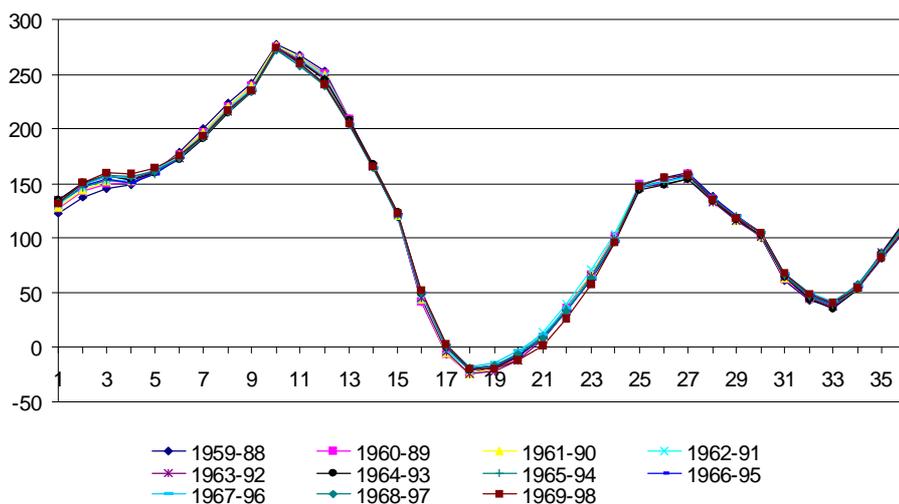


Рис. 3. Скользящие средние значения геопотенциала АТ-1000 гПа в январе ( $\varphi = 50^\circ$  с.ш.)

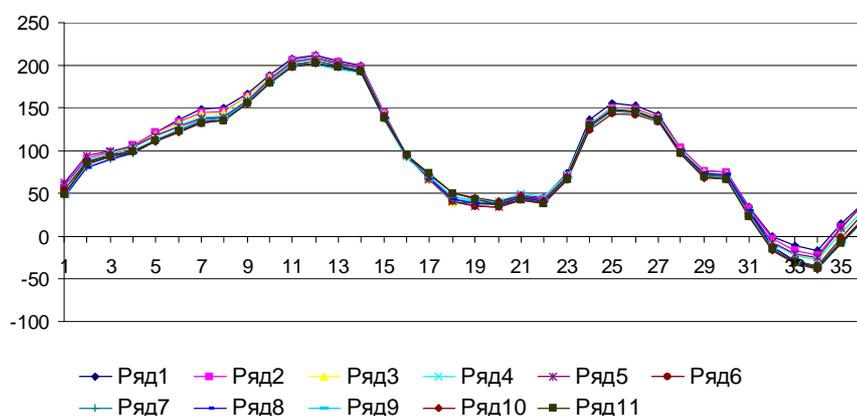


Рис. 4. Скользящие средние значения геопотенциала АТ-1000 гПа в январе ( $\varphi = 60^\circ$  с.ш.)

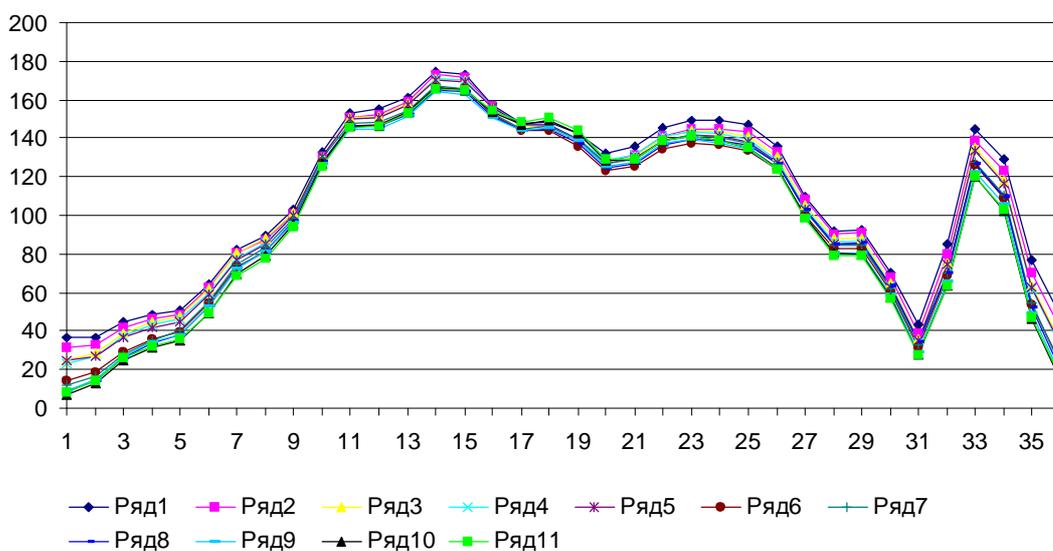


Рис. 5. Скользящие средние значения АТ-1000 гПа в январе ( $\varphi = 70^\circ$  с.ш.)

хом океане. В этом же районе наблюдается и максимальная изменчивость геопотенциала, хотя она заметна практически во всех регионах Северного полушария, исключением может являться лишь район Восточной Сибири.

С увеличением широты  $\varphi = 70^\circ$  (рис. 5), степень изменчивости геопотенциала во всех регионах Северного полушария увеличивается, достигая максимальных значений в районе Гринвичского меридиана. Здесь разность геопотенциалов за последние десять лет достигла 30 гПа. Смещаясь вглубь континента, величина изменчивости геопотенциала уменьшается, однако сохраняется даже в области осей барических ложбин и гребней. Причем, в последние годы изменение направлено на ослабление геопотенциалов в центрах барических максимумов и углубление депрессий.

На широте  $\varphi = 80^\circ$  с.ш. (рис. 6) климатические показатели, полученные по различным выборкам,

не отразились на виде кривой, однако величина геопотенциала менялась в больших пределах, причем на всех долготах, практически, одинаково (15-20 гПа). Изменение геопотенциала направлено в сторону его уменьшения, как в гребнях, так и в ложбинах. Особенно заметными оказались изменения давления на территории Европы. Здесь четко видна многолетняя монотонная тенденция смещения кривой за последние 30 лет, относительно предыдущих сглаженных кривых, к югу. Это может свидетельствовать о том, что атлантическая депрессия в течение последних лет находилась в более северных широтах, а ее южная периферия ограничивалась широтой  $\varphi = 40^\circ$ .

Для выявления общего характера изменения давления за последние годы, в различных широтных зонах, рассмотрим рис. 7, на котором представлена сумма среднелирических сглаженных разностей за различные сглаженные промежутки времени.

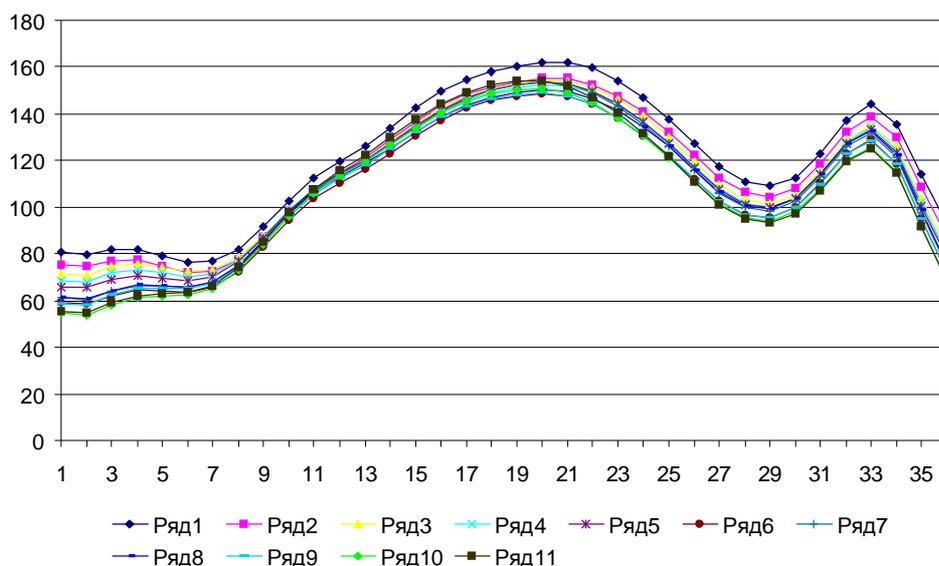


Рис. 6. Скользящие средние значения геопотенциала АТ-1000 гПа в январе ( $\varphi = 80^\circ$  с.ш.)

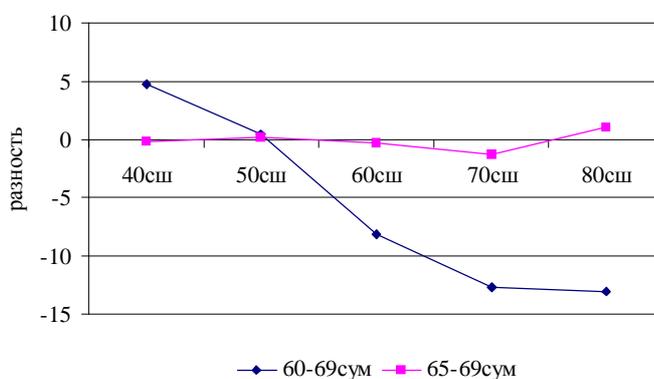


Рис. 7. Среднелирическая сумма сглаженных разностей геопотенциала по 11 и 5 скользящим периодам 30-летнего осреднения

Из рисунка следует, что в течение последних пяти тридцатилетних скользящих периодов, по отношению к одиннадцати осредненным периодам (норма), на  $\varphi = 40^\circ$  с.ш. наблюдалось падение давления, на  $\varphi = 50^\circ$  с.ш. – давление не менялось, а, начиная с  $\varphi = 60^\circ$  с.ш. наблюдается монотонный рост давления к северу, что свидетельствует о преобразовании атмосферных процессов в восточную форму циркуляции. Этот результат согласуется с выводами, полученными в работе [8], на основании данных об изменении угловой скорости вращения Земли.

Проведенный таким образом анализ показал, что на различных широтных зонах и в различных географических регионах, знак тенденции в изменении геопотенциала проявляется по-разному, и этот факт следует учитывать при исследованиях по изменению климата и разработке долгосрочных прогнозов погоды в различных географических широтах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бардин М.Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт

северного полушария / М.Ю. Бардин // Метеорология и гидрология. – 1995. – № 11. – С. 24-37.

2. Будыко М.М. Изменение климата / М.М. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 280 с.

3. Винников К.Я. Современные изменения климата Северного полушария / К.Я. Винников // Метеорология и гидрология. – 1980. – № 6. – С. 3-16.

4. Груза Г.В. Структура и изменчивость наблюдаемого климата. Температура воздуха Северного полушария / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 86 с.

5. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии / А.А. Исаев. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 248 с.

6. Кац А.Л. Количественная характеристика горизонтальных составляющих общей циркуляции атмосферы в северном полушарии / А.Л. Кац // Метеорология и гидрология. – 1955. – № 2. – С. 25-38.

7. Мирвис М.В. Оценка изменений температуры воздуха на территории России за последнее столетие / В.М. Мирвис // Современные исследования Главной геофизической обсерватории / под ред. М.Е. Берлянд, В.П. Мелешко. – СПб., 1999. – Т. 1. – С. 220-235.

8. Сидоренков Н.С. К вопросу о природе зональной циркуляции атмосферы / Н.С. Сидоренков // Труды Гидрометцентра. – 1982. – Вып. 248. – С. 18-24.

Акимов Леонид Мусамудинович  
кандидат географических наук, доцент Воронежского государственного университета, г. Воронеж,  
тел. 8-951-850-49-82, E-mail: akl63bk.ru

Задорожная Тамара Николаевна  
кандидат географических наук, младший научный сотрудник НИИ Военного авиационного инженерного университета, г. Воронеж, тел. (4732) 22-99-07

Akimov Leonid Musamudinovitch  
Candidate of Geography, assistant professor of the Voronezh State University, Voronezh, tel. (4732) 66-56-54,  
E-mail: akl63bk.ru

Zadorozhnaya Tamara Nikolayevna  
Candidate of Geography, junior research worker of the Military Aviation Engineering University, Voronezh,  
tel. (4732) 22-99-07