



перепад высот на местности и расстояние просмотра, можно рассчитать полученную глубину изображения и вертикальный масштаб стереомодели. Глубина изображения (Δ_1), параллакс (p_1) и расстояние просмотра (r) связаны соотношением:

$$\Delta_1/(r-\Delta_1)=p_1/B,$$

где B – глазной базис [5]. Путем простых преобразований получим:

$$\Delta_1=p_1R/(B+p_1).$$

В нашем случае параллакс кадров в стереопаре составил 4 мм (910·0,04/9). При расстоянии просмотра 2000 мм и глазном базисе 65 мм получим глубину изображения относительно стереоокна равную 115 мм. Принимая во внимание центральное положение стереоокна, перепад высот на местности составил $(250-15)/2 = 117,5$ м. Таким образом получим вертикальный масштаб модели приблизительно равный 1 : 1 000. Следует, однако, отметить, что подобные расчеты несут приблизительный характер, поскольку восприятие стереомодели во многом зависит от индивидуальных особенностей зрителя.

Разработанная методика может быть использована для создания и визуализации стереоскопических моделей местности в целях:

– визуальной оценки современного состояния и использования территории;

– предварительной оценки территории при проектировании;

– представления проекта застройки.

Кроме того, созданные модели могут быть использованы в качестве наглядного пособия в образовательных учреждениях.

Библиографический список

1. Аккерманн Ф. Современная техника и университетское образование // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. № 2. С. 8–13.
2. Тюфлин Ю. С. Информационные технологии с применением фотограмметрии // Геодезия и картография. 2002. № 2. С. 39–45.
3. Тюфлин Ю. С. Фотограмметрия – вчера, сегодня и завтра // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. № 2. С. 3–8.
4. Цифровая стереоскопическая модель местности: экспериментальные исследования / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, Е. А. Балдина [и др.]. М. : Научный мир, 2004. 244 с.
5. Валюс Н. А. Стереоскопия. М. : АН СССР, 1962. 380 с.

УДК 551.589

О ВЛИЯНИИ ПЛАНЕТАРНОЙ ВЫСОТНОЙ ФРОНТАЛЬНОЙ ЗОНЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ

С. В. Морозова

Саратовский государственный университет
E-mail: swetwl@yandex.ru

В настоящей статье рассматриваются вопросы влияния планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) на климатический режим Северного полушария. Показана динамика площадей ПВФЗ относительно естественных климатических периодов состояния земной климатической системы (ЗКС). Найдена связь динамики площадей ПВФЗ с изменением ветрового режима на полушарии.

Ключевые слова: глобальный климат, планетарная высотная фронтальная зона, климатические изменения, ветровой режим.

On the Influence of the Planetary Front High-Rise Zone to Change Some Characteristics of the Climatic Regime in the Northern Hemisphere

S. V. Morozova

This article considers the questions of influence of the planetary high-rise frontal zones (PVFS) on the climatic regime of the Northern hemisphere. Shows the dynamics of the areas PVFS relatively natural climatic periods state the earth's climate system. The connection of the



speakers areas PVFS with the wind regime change in the hemisphere.
Key words: global climate, planetary high-rise frontal zone, climatic changes, wind regime.

Известно, что региональные климатические изменения в первую очередь вызываются аномалиями режима общей циркуляции атмосферы (ОЦА). Климатические гребни и ложбины формируются в течение десятилетий, участвуя в формировании циркуляционных эпох [1–3]. Однако спорным до сих пор остаётся вопрос о влиянии циркуляции на глобальный климат. Автором данной статьи опубликованы некоторые [4] результаты исследований влияния общей циркуляции атмосферы на глобальный климат. Настоящая статья является продолжением исследований возможности влияния глобальных объектов циркуляции на климатические процессы в масштабах полушария.

В качестве исследуемой характеристики глобального объекта циркуляции – планетарной высотной фронтальной зоны – выбрана её площадь,



ограниченная осевой линией. Исходными материалами послужили значения средних месячных площадей ПВФЗ, опубликованные в справочной монографии [5]. На основании этих данных рассчитаны средние многолетние значения площадей в различные естественные климатические периоды состояния ЗКС.

Динамика площадей ПВФЗ относительно естественных климатических периодов состояния ЗКС – периода стабилизации (1949–1974 г.г.) и второй волны глобального потепления (1975–2010 г.г.) – представлена в табл. 1.

На основе анализа табл. 1 заметим, что наиболее сильная изменчивость площадей ПВФЗ проявилась в период стабилизации (1949–1974 г.г.). На фоне второй волны глобального потепления

наблюдаем уменьшение изменчивости площадей. Заслуживает внимания тот факт, что от первого периода ко второму произошло увеличение площади ПВФЗ, что предполагает расширение области отрицательных аномалий температур.

Поскольку исследование динамики ПВФЗ проводится статистическими методами, представляется необходимым оценить статистическую значимость полученных результатов, что можно сделать с помощью стандартных процедур математической статистики. Для каждого временного отрезка рассчитаны доверительные интервалы с использованием критерия Стьюдента при 95%-ном уровне значимости. Доверительные интервалы для каждого периода приведены в табл. 2.

Таблица 1

Динамика площадей планетарной высотной фронтальной зоны относительно естественных климатических периодов состояния ЗКС

Период	Значение площади ПВФЗ, млн км ²	σ^2 , млн км ²	σ , млн км ²	c_v
1-й, 1949–1974 г.г. (стабилизация)	56,97	13,32	3,65	0,06
2-й, 1975–2010 г.г. (вторая волна глобального потепления)	57,77 (увелич. на 1,5%)	2,82	1,68	0,03

Таблица 2

Оценка статистической значимости динамики ПВФЗ

Период	Доверительные интервалы
1-й, 1949–1974 г.г. (стабилизация)	[49,61–62,32]
2-й, 1975–2010 г.г. (вторая волна глобального потепления)	[54,99–60,53]

Видим, что границы интервалов перекрываются, причём второй интервал даже входит в первый, что говорит о статистической незначимости обнаруженных изменений. Таким образом, изменение площадей на 1,5% вряд ли может приводить к каким-либо климатически значимым изменениям в ЗКС. Однако делать однозначные выводы об отсутствии влияния планетарной высотной фронтальной зоны на глобальный климат не стоит, так как применение статистических методов к природным процессам имеет известную долю условности [6,7]. Иногда очень малые начальные возмущения какого-либо компонента в земной климатической системе могут получить большой резонанс и вызвать довольно заметные изменения в ней. В связи с этим интересно узнать, в каких пределах изменения площадей ПВФЗ оказываются значимыми. Для этого решалась обратная задача, условием которой было отсутствие перекрытия интервалов при самых крайних возможных положениях математического ожидания на числовой прямой. Необходимые расчёты выполнялись по формуле (1) [5], что позволило получить среднюю широту расположения ПВФЗ при условии неперекрывания интервалов:

$$S = 2\pi R^2 (1 - \sin \varphi_{c,n}), \quad (1)$$

где $\pi = 3,14159$;

$R = 6378,245$ км – радиус Земли у экватора;

$\varphi_{c,n}$ – средняя широта осевой изогипсы ПВФЗ по Северному полушарию.

Оказалось, что для достижения статистической значимости изменений область локализации ПВФЗ должна находиться в пределах 30–35° северной широты. В настоящее время планетарная высотная фронтальная зона расположена в области пятидесятых широт Северного полушария. Таким образом, выявлено, что для достижения статистической значимости изменений площадей планетарная высотная фронтальная зона должна сместиться на 15–20° южнее, соответственно на столько же окажутся смещёнными траектории циклонов, что, в свою очередь, приведёт к изменению положения аридных и гумидных областей, а следовательно, и природных зон. Таким образом, статистически значимая динамика ПВФЗ соответствует климатическим изменениям в масштабах крупных геологических эпох. Климатические реконструкции, выполненные по геологическим источникам и историческим материалам, показывают, что исключительно влажные условия, господствовавшие в засушливом ныне тропическом поясе, имели место при разрушении четвертичного оледенения и в ранний период эпохи голоцена. Следовательно, траектории циклонов и область локализации ПВФЗ располагались гораздо южнее, что способствовало хорошему увлажнению этих ныне засушливых областей [8–11]. Таким образом,



при существующих климатических изменениях статистическая значимость не может быть обнаружена, но заметные климатические изменения в земной климатической системе, проявившиеся в ходе глобальной температуры, имеют место.

Важно отметить, что замеченный рост средней площади ПВФЗ, предполагающий продвижение ПВФЗ в более южные широты и расширение зоны отрицательных аномалий температур, имел место при переходе от более холодного периода к более тёплому, что представляется не совсем логичным. Одним из возможных объяснений такого необычного поведения ПВФЗ может быть то, что ее смещение к югу приводит не столько к снижению средней полушарной температуры, сколько к изменению каких-либо других характеристик климатического режима, одной из которых может быть ветровой режим. Тогда влияние ПВФЗ на глобальный климат может проявиться в изменении активности и интенсивности одного из компонентов ЗКС – общей циркуляции атмосферы. Одним из объяснений несогласованности динамики площади ПВФЗ и хода глобальной температуры в естественные климатические периоды может быть произошедшее изменение каких-либо индивидуальных параметров ПВФЗ (размеров, интенсивности, извилистости и т. п.), что, безусловно, сказывается на активности и интенсивности циркуляции и отражается на ветровом режиме. Так, продвижение ПВФЗ в более южные или более северные широты может приводить к сужению или расширению зоны локализации ПВФЗ, что, в свою очередь, ведёт к обострению или ослаблению градиентов, повышению или снижению активности циркуляции и, следовательно, усилению или ослаблению скоростей ветра.

Попытаемся выяснить, как выявленная динамика площади ПВФЗ связана с изменением её активности. Для этого рассмотрим интенсивность планетарной высотной фронтальной зоны по данным справочной монографии [5] с 1949 по 2010 г. Авторами справочной монографии интенсивность высотной фронтальной зоны определялась как разность широт ($\Delta\varphi$) расположения двух изогипс на меридиане южнее и севернее осевой изогипсы, при этом разность геопотенциальных высот расположения северной и южной изогипсы бралась одинаковой – 8 гп. дам. Если интенсивностью считать разность широт, то получается, что средняя интенсивность в июле (8° широты) оказывается больше, чем в январе (5° широты). Поэтому автор настоящего исследования для оценки интенсивности ПВФЗ отошёл от обратно пропорциональной зависимости активности ОЦА и разности широт, приняв для оценки интенсивности циркуляции величину геострофического ветра (V_g) на среднем уровне тропосферы, рассчитав её по формуле (2):

$$V_g = \frac{9,8}{l} \frac{\partial H}{\partial n}, \quad (2)$$

где l – параметр Кориолиса ($l = 2\omega \sin\varphi$),

$\frac{\partial H}{\partial n}$ – градиент геопотенциала,

ω – угловая скорость вращения Земли;

φ – широта расположения осевой изогипсы.

Однако прежде чем переходить к анализу интенсивности ОЦА на фоне естественных климатических периодов состояния ЗКС, обратим внимание на интересные факты динамики площадей ПВФЗ и изменения разности широт, между которыми располагается планетарная высотная фронтальная зона.

Известно, что интенсивность планетарной высотной фронтальной зоны определяется градиентом температур экватор – полюс. Чем больше градиент, тем активнее протекают процессы в области её локализации. Зимой, когда контраст температур экватор–полюс гораздо больше, чем летом, циркуляционные процессы протекают намного активнее. Кроме того, зимой ПВФЗ смещается к югу, летом поднимается к северу, тогда вполне логично предположить, что южное смещение ПВФЗ должно приводить к усилению её активности, при этом область её локализации должна сужаться, а северное, наоборот, – к ослаблению активности ОЦА и расширению зоны локализации ПВФЗ.

Для подтверждения или опровержения такого предположения построены графики изменения среднегодовой разницы широт локализации планетарной высотной фронтальной зоны за период с 1949 по 2010 г. [5]. Попутно заметим, что на всех этих графиках для большей наглядности добавлена кривая линейной фильтрации, а для того, чтобы погасить высокочастотные колебания, к исходному ряду применена процедура скользящего осреднения.

Среднегодовые разности широт расположения ПВФЗ приведены на рис. 1, а. Видна непериодичность изменений, однако бросается в глаза увеличение разности широт при переходе от периода стабилизации к началу второй волны глобального потепления, после чего направленность изменений исчезает. Гораздо чётче это проявляется на рис. 1, б, где видно, что в более холодный период зона локализации ПВФЗ уже, а это указывает на обострение градиентов в области ПВФЗ, а следовательно, на увеличение её активности. В последующий более тёплый период разность широт больше, а значит, активность ПВФЗ снижается. Всё это нагляднее видно на рис. 2, где представлены рассчитанные среднегодовые значения средней скорости геострофического ветра, проведены статистические процедуры линейной фильтрации и выделены низкочастотные колебания методом скользящего осреднения.

Таким образом, имеем, что при переходе от более холодного к более тёплому периоду (от стабилизации ко второй волне глобального потепления) происходит расширение площади ПВФЗ, продвижение самой ПВФЗ к югу и снижение её активности. Выявленная особенность динамики

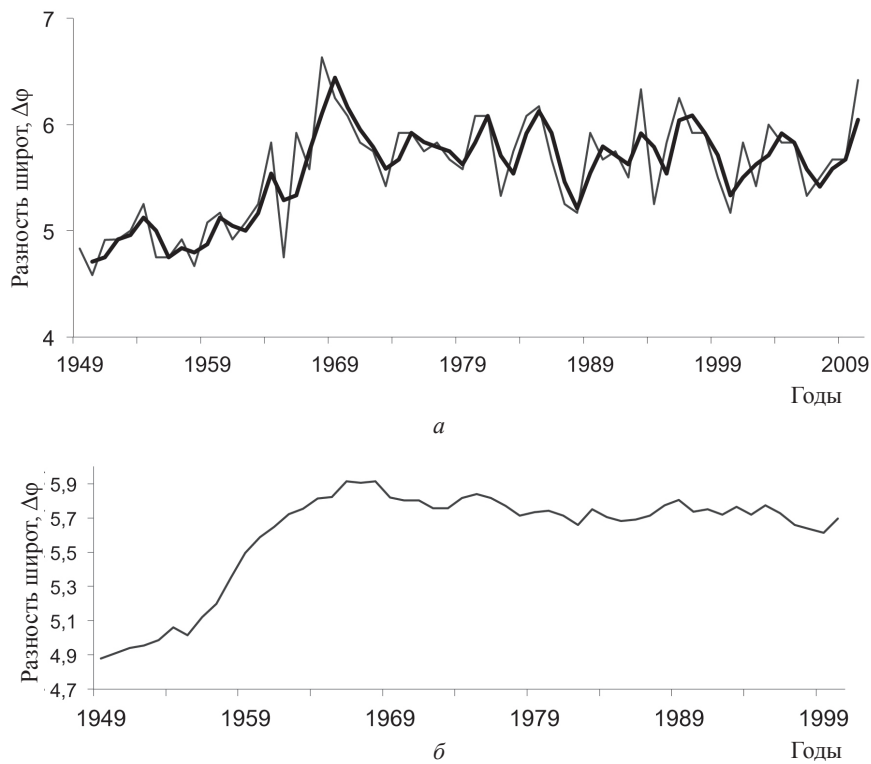


Рис. 1. Изменение разности широт локализации ПВФЗ на полушарии: *а* – линейная фильтрация; *б* – скользящее осреднение

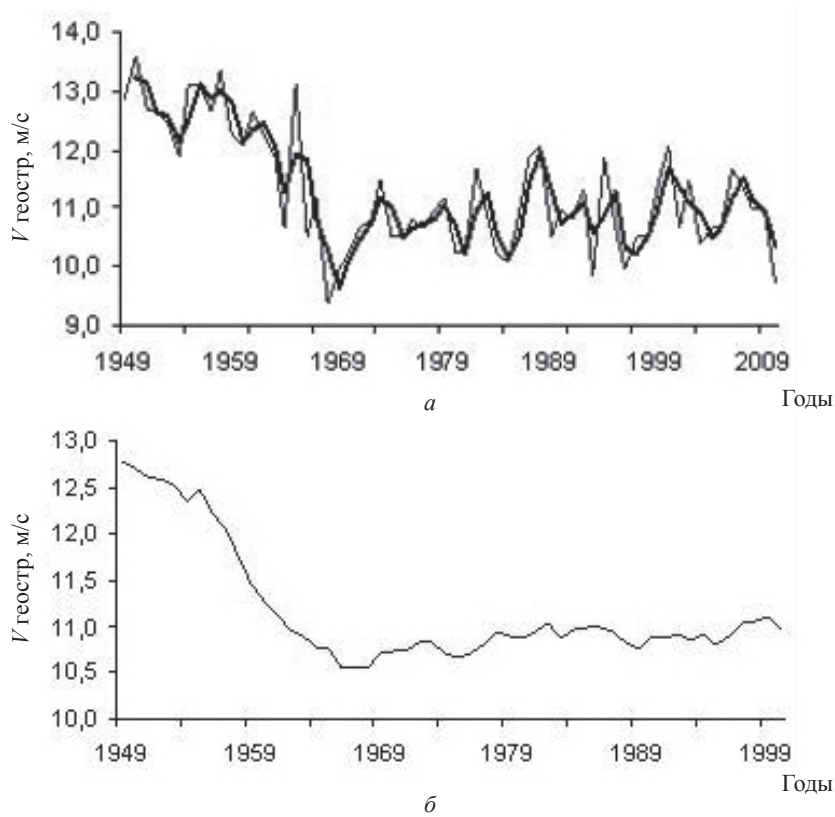


Рис. 2. Изменение средней по полушарию скорости геострофического ветра: *а* – линейная фильтрация; *б* – скользящее осреднение



ПВФЗ косвенно отражает общеизвестный факт теории климата о том, что при переходе от холодных периодов к более тёплым снижается активность ОЦА [12].

Сравнивая особенности динамики планетарной высотной фронтальной зоны в естественные климатические периоды с её сезонной динамикой, можно обнаружить сходство изменений, проявляющееся в том, что при переходе от холодных периодов к тёплым (от зимы к лету и от стабилизации к потеплению) происходит снижение активности общей циркуляции атмосферы. Но следует указать и на существенное различие, заключающееся в том, что при климатическом переходе ЗКС от более холодного к более тёплому периоду площадь ПВФЗ растёт, в то время как при сезонных климатических изменениях от холодного периода к тёплому (от зимы к лету) её площадь сокращается.

Таким образом, климатически значимым следствием может быть то, что при переходе климатической системы из одного качественного состояния в другое происходят изменения не только глобальной температуры, но и ветрового режима, а роль глобальных объектов циркуляции в формировании климатической изменчивости заключается в изменениях такой климатической характеристики, как планетарный ветровой режим.

По данным [13], на территории России произошло уменьшение скорости ветра, причину которого связывают с изменением режима общей циркуляции атмосферы. Однако выяснение причин ослабления скоростей далеко не однозначно. Так, в исследованиях Бардина [14], Мещерской с соавторами [15] показано, что в последнее время (два – три десятилетия) наблюдается увеличение числа дней с циклонической циркуляцией, следствием чего является усиление скоростей ветра в связи с частым прохождением атмосферных фронтов. Однако эти же авторы делают вывод о противоречии фактов увеличения повторяемости циклоничности и уменьшения скоростей ветра. Уменьшение скорости ветра на территории России иногда объясняют снижением повторяемости формы *W*-циркуляции [16]. Тем не менее с 70-х гг. отмечается рост повторяемости зональных процессов, что также не позволяет объяснить снижение скорости ветра этим фактором. Вполне возможно, что причиной ослабления ветра является изменение качественного состояния глобального объекта циркуляции – планетарной высотной фронтальной зоны. Как показано выше, её динамика напрямую связана с интенсивностью общей циркуляции атмосферы.

Библиографический список

1. Полянская Е. А., Морозова С. В. Характеристика барического поля на АТ-500 в первом ЕСР в 1971–1989 гг. // География в вузах России. СПб., 1994. С. 86–88.
2. Morozova S. V. Circulation of the atmosphere as a factor of regional climate variability [Электронный ресурс] // Global and regional climate changes : International Conference, 16–19 november 2010. Kyiv, 2010. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)
3. Морозова С. В. Циркуляция атмосферы как фактор изменчивости регионального климата // Глобальные и региональные изменения климата. Киев, 2011. С. 96–10.
4. Морозова С. В. Роль циркуляции в формировании изменчивости глобального и регионального климата // Тез. докл. Междунар. науч. конф. по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. Казань, 2012. С. 172–173.
5. Мониторинг общей циркуляции атмосферы. Северное полушарие : справочная монография / А. И. Неушкин, Н. С. Сидоренков, А. Т. Санина, Т. Б. Иванова, Т. В. Бережная, Н. В. Панкратенко, М. Е. Макарова. Обнинск, 2013. 200 с.
6. Малинин В. Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. СПб., 2007. 407 с.
7. Сикан А. В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб., 2007. 280 с.
8. Будыко М. И. Изменение климата. Л., 1974. 280 с.
9. Будыко М. И. Климат в прошлом и будущем. Л., 1980. 351 с.
10. Монин А. С., Шишков Ю. А. История климата. Л., 1979. 407 с.
11. Ясаманов Н. А. Древние климаты Земли. Л., 1985. 295 с.
12. Изменения климата / под ред. Ж. Гриббина. Л., 1980. 360 с.
13. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации : в 2 т. Т. I. Изменения климата. М., 2008. 228 с.
14. Бардин М. Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1995. № 11. С. 24–37.
15. Мещерская А. В., Ерёмин В. В., Баранова А. А., Майстрова В. В. Изменение скорости ветра на севере России во второй половине XX века по приземным и аэрологическим данным // Метеорология и гидрология. 2006. № 9. С. 46–58.
16. Белокрылова Т. А. Об изменении скоростей ветра на территории СССР // Тр. / ВНИМИ-МЦД. 1989. Вып. 150. С. 38–47.