

ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В АТЛАНТИКО-ЕВРАЗИЙСКОМ СЕКТОРЕ ЗИМОЙ (НА ПРИМЕРЕ ЯНВАРЯ)

С.В. Морозова

*Саратовский государственный университет
swetwl@yandex.ru*

Вопросы, касающиеся изменчивости глобального и регионального климата, постоянно обсуждаются в научной литературе. Чаще всего публикуются результаты численного моделирования. Обобщенные материалы таких исследований представлены в Оценочных докладах [2, 7]. Однако при этом не исключается необходимость в физико-статистических исследованиях климата, которые могут быть весомым дополнением к гидродинамическим моделям. Наиболее разработанными физико-статистическими моделями климата можно считать модели, одна из которых предложена Б.Г. Шерстюковым [8], другая – Г.В. Грузой и Э.Я. Раньковой [1]. В основу их заложены ритмы, выделенные по циклическим колебаниям температуры воздуха, обусловленным естественными и антропогенными причинами. Авторами второй модели высказано предположение, что изменчивость температуры воздуха, помимо факторов, заложенных в модель, может определяться и влиянием внутренней изменчивости, которая включает в себя помимо всего прочего и чередование синоптических процессов над регионом, поэтому любое исследование в этом плане представляет важную и актуальную научную задачу [1]. Автором настоящей публикации представлены результаты физико-статистического анализа климатической изменчивости на основе изучения синоптических объектов циркуляции, что может стать небольшим вкладом в решение этой сложной задачи.

Синоптические объекты циркуляции, или структурные элементы ОЦА, изучались на изобарической поверхности АТ500 гПа, которая является не только средним энергетическим уровнем тропосферы, но и во многом определяет формирование крупномасштабных аномалий у земной поверхности.

Структура поля геопотенциала на среднем уровне тропосферы представлена основными объектами циркуляции – барическими ложбинами и гребнями, что и стало предметом исследования автора. Климатическое изучение объектов циркуляции предполагает осреднение барических полей. Барические поля, осредненные на каком-либо промежутке времени, несут информацию об особенностях циркуляции в этом временном интервале: о преобладании тех или иных форм циркуляции (зональных или меридиональных), распределении аномалий температуры и осадков в эти периоды, положении зон цикло- и антициклогенеза. Следует особо подчеркнуть, что интервалы осреднения барических полей выбраны в соответствии с естественной климатической изменчивостью, которая лучше всего проявляется в характере изменения температуры воздуха. На рис. 1 представлен график хода аномалий средней глобальной температуры воздуха (для Северного полушария), сглаженных по 11-летним периодам [9].

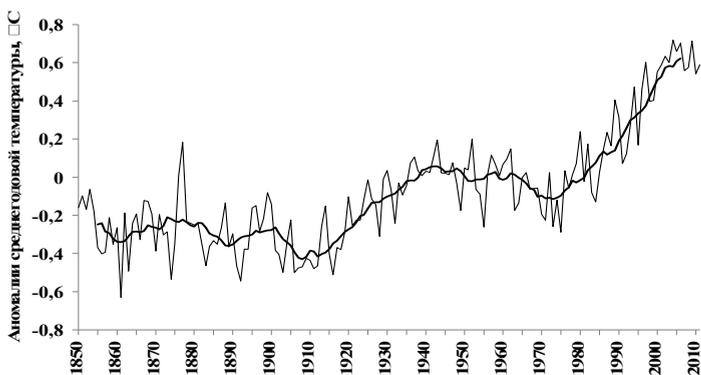


Рис. 1. 11-летнее скользящее среднее аномалий средней по Северному полушарию температуры воздуха (°C).

На графике четко выделяются периоды, в которые средняя глобальная температура имеет одинаковую тенденцию изменения. Такие интервалы автором названы **естественными климатическими периодами состояния** климатической системы. Так, за последние 120 лет по ходу средней полушарной температуры воздуха можно выделить следующие естественные климатические периоды: первая волна глобального потепления, наблюдавшаяся с конца XIX века до 40-х годов XX века; период стабилизации, имевший место в 50–60-е годы прошлого века; вторая волна глобального потепления, начавшаяся с середины 70-х годов XX века и продолжающаяся по настоящее время с некоторой приостановкой. Поскольку настоящее исследование касается только центрального месяца зимнего сезона – января, то интересным оказывается посмотреть, наблюдаются ли в январе те же самые естественные климатические периоды состояния климатической системы, выделяемые по ходу средней глобальной температуры. Для этого построим график, аналогичный представленному на рис. 1, но только для января (рис. 2).

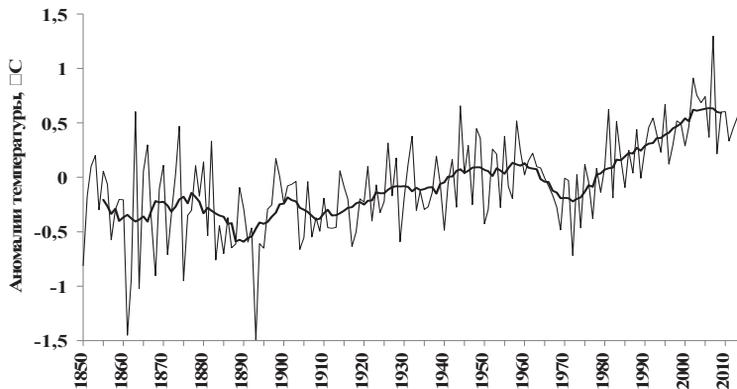


Рис. 2. 11-летнее скользящее среднее аномалий средней по Северному полушарию температуры воздуха для января (°C).

Как видим, в январе выделяются те же самые естественные климатические периоды, но каждый из них имеет свои особенности. Наибольшие отличия от глобального имеет январский период

стабилизации. Если на полушарии период стабилизации проявился в 40–60-е годы, то январский период стабилизации можно рассматривать как интервал, приходящийся на 60-е годы, тогда же имел место резкий скачок в сторону низких температур.

В связи с объективными трудностями получения непрерывного синоптического материала, интервалы осреднения барического поля на среднем уровне тропосферы выбраны следующие: первый – 1956–1970 гг., примерно совпадающий с периодом стабилизации (исходные данные взяты из Синоптических бюллетеней, Северное полушарие, часть II и III); второй – 1971–1992 гг., соответствующий началу второй волны глобального потепления (его первая фаза); третий – 1996–2010 гг. – продолжение второй волны глобального потепления (или вторая фаза). Данные о циркуляции на среднем уровне тропосферы с 1990 по 1992 г. и за 1996 и 1997 гг. взяты из совместно создаваемого кафедрой метеорологии и климатологии СГУ и лабораторией агрометеорологии НИИСХ ЮВ архива о среднемесячных значениях геопотенциала поверхности АТ500 гПа на пространстве I e.c.p. в узлах регулярной сетки с шагом по меридиану 5° и вдоль круга широты 10°. С 1998 по 2004 г. значения геопотенциала снимались с карт Синоптических бюллетеней (электронная версия), любезно предоставленных кафедре метеорологии и климатологии СГУ директором Гидрометцентра России Р.М. Вильфандом. За более поздний период – с 2005 по 2010 г. – данные о значении геопотенциала взяты с ftp-сервера Гидрометцентра России, представленные в коде GRIB. После раскодирования данных пакетом программ рассчитывались средние месячные и средние многолетние значения геопотенциала в узлах регулярной сетки. Полученные таким образом пространственно-координированные данные обрабатывались с использованием ГИС-технологий программным комплексом MAPINFO, адаптированным к оригинальным значениям. В результате расчетов и работы пакета программ построены карты средних месячных и средних многолетних барических полей января за указанные временные интервалы. Чтобы посмотреть, какие изменения в климатическом режиме произошли на протяжении десятилетий, рассмотрим осредненные барические поля от периода к периоду.

Из анализа средних многолетних полей геопотенциала для января выявлено, что от одного естественного климатического периода к другому характер циркуляции на среднем уровне тропосферы изменяется. На средней многолетней карте января за 1956–1970 гг. поле геопотенциала представляет собой слабовыраженный гребень над Атлантическим океаном и слабовыраженную ложбину над континентом (рис. 3). В гребне изогипсы более сгущены над океаном, а над материком более разрежены. В глубине материка над Уралом, Западно-Сибирской равниной изогипсы расположены почти широтно.

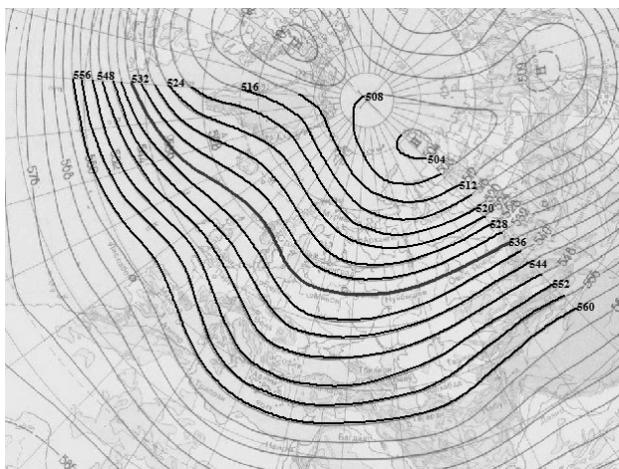


Рис. 3. Среднее многолетнее поле геопотенциала AT500 (1956–1970 гг., январь).

Анализ средней многолетней карты за январь 1971–1992 гг. показал, что поле AT500 гПа претерпело существенные изменения. Амплитуда барических волн уменьшилась. Само поле представляет собой систему мелких волн с еще более слабо развитым гребнем над океаном и слабовыраженной ложбиной над континентом (рис. 4), но ось гребня по сравнению с предыдущим периодом сместилась на 15° к востоку и стала проходить примерно по 5° восточной долготы. Ось ложбины также сместилась по сравнению с

предыдущим временным отрезком к востоку, но только на 10° . Таким образом, в период с 1971 по 1992 г. климатические гребни и ложбины заняли более восточное положение. В соответствии с этим сместились очаги положительных и отрицательных аномалий температур, сумм осадков, зоны активного цикло- и антициклогенеза.

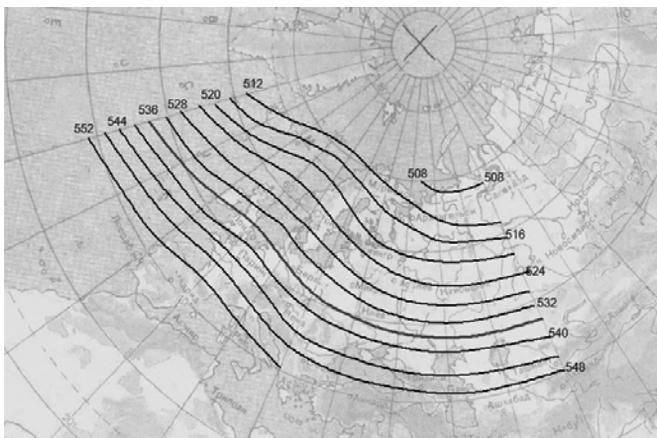


Рис. 4. Среднее многолетнее поле геопотенциала AT500 (1971–1992 гг., январь).

Таким образом, в зимний период 1971–1992 гг. наблюдалось усиление зональности течений ОЦА на пространстве I естественного синоптического района, что определило смягчение зимних условий погоды в этот промежуток времени на пространстве I е.с.р. Напомним, что первая фаза второй волны глобального потепления характеризуется ростом температур именно холодной части года [3]. Существенное потепление на Русской равнине в этот промежуток времени отмечал Л.В. Клименко [4]. Он же и указал, что происходящие в Атлантико-Европейском секторе полушария изменения климата «однозначно следуют за изменениями циркуляции атмосферы».

Проанализировав среднее многолетнее барическое поля января за 1996–2010 гг. (рис. 5), можно заключить, что в отличие от

барических полей предыдущих периодов (1956–1970 и 1971–1992 гг.), в Атлантико-Евразийском секторе полушария наблюдается большая меридиональность процессов. В рельефе барического поля довольно хорошо выражены четко оформленные гребень над океаном и ложбина над континентом. Положение осей гребня и ложбины в этот период примерно соответствует положению осей соответствующих барических образований в 1956–1970 гг., что говорит об обратном движении климатических гребней и ложбин к западу. Такое изменение барического поля на среднем уровне тропосферы позволило автору предположить проявление в течение нескольких (пяти – десяти) последующих лет в январе условий погоды, идентичных холодным условиям конца 50–60-х годов XX века, на что указывалось в более ранних публикациях [5, 6].

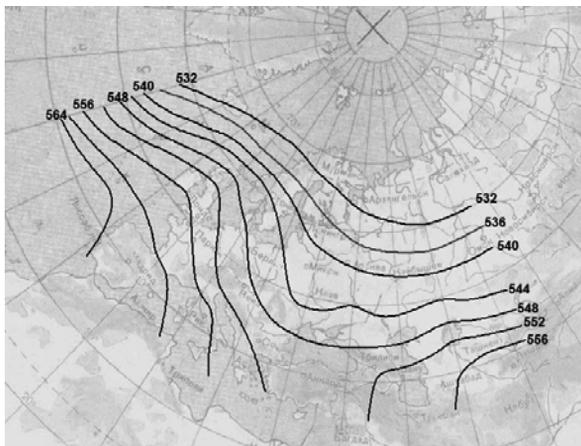


Рис. 5. Среднее многолетнее поле геопотенциала АТ500 (1996–2010 гг., январь).

Для более четкого представления характера изменения циркуляции и исключения большей доли субъективизма в определении объектов циркуляции на среднем уровне тропосферы рассчитаны отклонения геопотенциала от среднелинейных значений. На рис. 6–8 представлены поля отклонений геопотенциала в исследуемые временные промежутки для января. На всех этих картах

хорошо прослеживается область повышенных значений геопотенциала над океаном, что соответствует стабильно существующему барическому гребню над Восточной Атлантикой в это время года, что является следствием распределения температуры поверхности океана и нижнего слоя тропосферы (теплый океан способствует формированию барического гребня в средней тропосфере, который смещается к востоку в связи с общим западным переносом). Наиболее сильным он оказывается в период стабилизации и во вторую фазу глобального потепления, а наиболее слабым – в период начала второй волны глобального потепления.

Периоды 1956–1970 и 1996–2010 гг. схожи по пространственному распределению знака отклонений геопотенциала относительно средних зональных значений. Имеют место четко оформленные очаги отрицательных и положительных отклонений геопотенциала над Средиземным морем и Средней Азией соответственно. В промежуточный период (1971–1992 гг.) замкнутых областей отклонений геопотенциальных высот в этих географических районах нет, что является подтверждением более зональных течений ОЦА на пространстве I е.с.р. в начале второй волны глобального потепления.

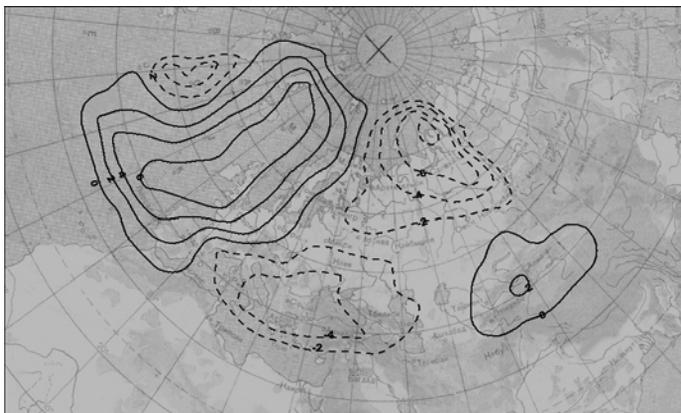


Рис. 6. Отклонения средних многолетних значений геопотенциала от среднеширотных 1956–1970 гг. (январь).

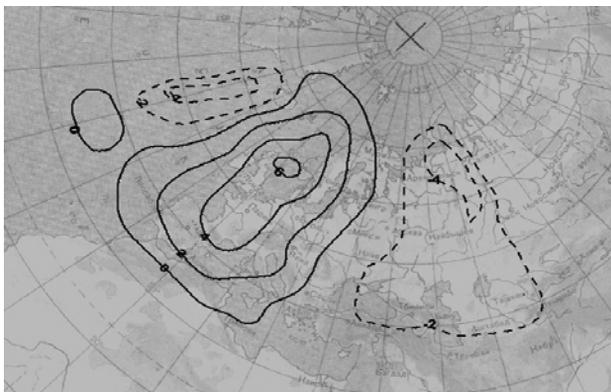


Рис. 7. Отклонения средних многолетних значений геопотенциала от среднеширотных 1971–1992 гг. (январь).

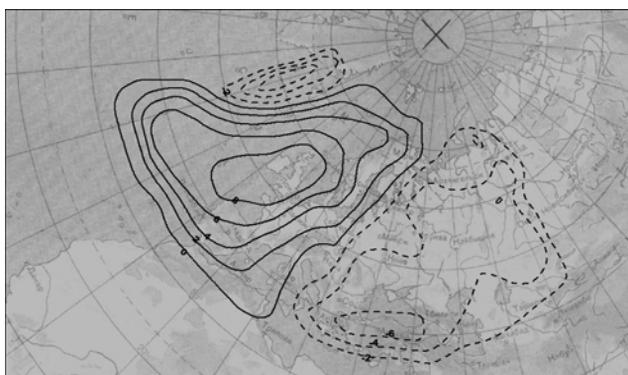


Рис. 8. Отклонения средних многолетних значений геопотенциала от среднеширотных 1996–2010 гг. (январь).

В исследуемые периоды наглядно прослеживается динамика очагов положительных и отрицательных отклонений геопотенциала. Хорошо выраженный очаг положительных отклонений во всех этих периодах смещается запад – восток. Более западное положение область положительных отклонений занимает в периоды 1956–1970 и 1996–2010 гг., располагаясь над Атлантикой, а в период с 1971 по 1992 г. – более восточное, смещаясь на континент. Очаг

низких значений геопотенциала, наблюдаемый на всех картах, также от периода стабилизации к началу второй волны глобального потепления смещается к востоку, а во вторую фазу волны вновь возвращается.

Таким образом, в январе хорошо прослеживается пространственно-временная динамика долгопериодных вариаций поля геопотенциала средней тропосферы, которая заключается в изменении локализации и интенсивности климатических ложбин и гребней, а также очагов положительных и отрицательных отклонений геопотенциала и, следовательно, зон расположения максимальных и минимальных барических градиентов.

Учитывая смещение барических гребней и ложбин и изменение их интенсивности, а также принимая во внимание инерционность процессов на среднем уровне тропосферы по сравнению с земной поверхностью, можно предположить будущие черты региональной климатической изменчивости. Так, присутствие хорошо выраженного барического гребня над Восточной Атлантикой может указывать на увеличение повторяемости блокингов в этом регионе в ближайшие 5–10 лет. Смещение климатической барической ложбины влияет на региональную климатическую изменчивость двояко. Передняя часть ложбины – зона активного циклогенеза и положительных аномалий температуры и осадков; под тыловой частью ложбины, наоборот, формируются отрицательные аномалии осадков и температуры. Так, если в первый исследуемый период влияние передней части ложбины испытывала юго-западная часть Европейской России, то во второй временной отрезок эта зона сместилась на районы Нижней и Средней Волги и Южного Предуралья. В третий временной промежуток в соответствии с миграцией климатической ложбины под влиянием ее передней части вновь оказалась территория восточного Причерноморья, Ростовская область, Ставрополье, а в Среднем и Нижнем Поволжье, а также в Южном Предуралье, в связи с ослаблением ее влияния, в ближайшие несколько лет возможно некоторое увеличение повторяемости холодных зим. Кроме того, по характеру развития атмосферной циркуляции можно было ожидать замедление темпов потепления и некую стабилизацию в ходе средней полушарной температуры воздуха, что сейчас стало очевидным.

Таким образом, изучение долговременной изменчивости атмосферной циркуляции может быть полезно для формирования стратегии сезонного прогноза регионального климата. Кроме того, выявленные особенности изменения поля геопотенциала в январе могут быть полезны при составлении региональных долгосрочных прогнозов и послужить уточняющими моментами к прогностическим региональным схемам долгосрочного прогнозирования большой заблаговременности. Аналогичное изучение атмосферной циркуляции в другие месяцы и сезоны позволит разработать физико-статистическую модель климата, в основу которой заложены условия циркуляции.

Список использованных источников

1. Груза Г.В., Ранькова З.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. – М., 2012. – 194 с.
2. Второй Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – М., 2014. – 60 с.
3. Клименко В.В. Мониторинг динамики глобальных климатических процессов // Математические и физические методы в экологии и мониторинге природной среды: труды межд. конф. – М.: МГУЛ, 2001. – С. 43–53.
4. Клименко Л.В. Об изменении климата в центре Русской равнины // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 1995. – № 6. – С. 75–78.
5. Морозова С.В. Циркуляция атмосферы как фактор изменчивости регионального климата. Глобальные и региональные изменения климата. – Киев: Ника-Центр, 2011. – С. 96–101.
6. Морозова С.В. Роль циркуляции в формировании изменчивости глобального и регионального климата // Международная научная конференция по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. Тезисы докладов. – Казань, 2012. – С. 172–173.
7. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. I. Изменения климата. – М., 2008. – 228 с.
8. Шерстюков Б.Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. – Обнинск, 2008. – 246 с.
9. <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/#datdow>

Поступила в редакцию 30.09.2015 г.