

С.В. МОРОЗОВА*, **К.Е. ДЕНИСОВ****, **Е.А. ПОЛЯНСКАЯ***, **К.С. КОНДАКОВ*****,
Н.В. КОРОТКОВА*, **Р.Р. ГАФУРОВ*****

*Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83, Россия, swetwl@yandex.ru, kafmeteo@mail.ru, fonadia@yandex.ru

**Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
им. Н.И. Вавилова, 410012, Саратов, пр. им. Петра Столыпина, 4, стр. 3, Россия, k.denisov@inbox.ru

***Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы,
410050, Саратов, 1-й Институтский проезд, 4 (пос. Зональный), Россия,
kks.07@mail.ru, ravus@yandex.ru

ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НА ФОНЕ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТЕНДЕНЦИЙ В АТЛАНТИКО-ЕВРАЗИЙСКОМ СЕКТОРЕ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Рассмотрено изменение барического поля поверхности АТ-500 гПа в два естественных периода земной климатической системы — в период стабилизации и вторую волну глобального потепления, которая включает в себя активную фазу и фазу замедления потепления. Территорией исследования выбран Атлантико-Евразийский сектор полушария, характеризующийся наибольшей погодно-климатической неустойчивостью. Анализ климатических полей проводился для января и июля. Установлено, что и в январе, и в июле самая высокая степень зональности характерна для активной фазы второй волны глобального потепления. В январе выявлено западно-восточное смещение климатической барической волны от одного естественного климатического периода к другому. Западное смещение наблюдалось в период стабилизации и в фазе замедления потепления. Движение волны к востоку имело место в активной фазе второй волны глобального потепления. В июле на фоне западно-восточного смещения барической волны на большей части Европейской России в период замедления потепления формировался антициклонический очаг, что указывает на увеличение повторяемости антициклонов на этой территории. Высказано предположение, что такая перестройка поля давления способствует повышению роли летних трансформационных процессов в настоящем потеплении.

Ключевые слова: земная климатическая система, глобальное потепление, климатические поля давления, климатическая изменчивость, циркуляция атмосферы.

S.V. MOROZOVA*, **K.E. DENISOV****, **E.A. POLYANSKAYA***, **K.S. KONDAKOV*****,
N.V. KOROTKOVA*, **R.R. GAFUROV*****

*Chernyshevsky Saratov State University, 410012, Saratov, ul. Astrakhanskaya, 83, Russia,
swetwl@yandex.ru, kafmeteo@mail.ru, fonadia@yandex.ru

**Vavilov Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering,
410012, Saratov, pr. im. Petra Stolypina, 4, str. 3, Russia, k.denisov@inbox.ru

***Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn,
410050, Saratov, Pervyi Institutskii proezd, 4 (pos. Zonal'nyi), Russia, kks.07@mail.ru, ravus@yandex.ru

CHANGES IN THE ATMOSPHERIC CIRCULATION REGIME VERSUS GLOBAL CLIMATIC TRENDS IN THE ATLANTIC-EURASIAN SECTOR OF THE NORTHERN HEMISPHERE

We examine changes in the baric field of the AT-500 hPa surface during two natural periods of the Earth's climate system: the period of stabilization, and the second wave of global warming consisting of the active phase, and the phase of deceleration in warming. The study area includes the Atlantic-Eurasian sector of the hemisphere, which is characterized by the highest weather-climatic instability. The analysis of climatic fields was carried out for January and July. It has been established that

both in January and in July, the highest degree of zoning is characteristic of the active phase of the second wave of global warming. In January, a west-east shift of the climatic baric wave from one natural climatic period to another was revealed. The western shift was observed during the period of stabilization and the phase of deceleration in warming. The eastward movement of the wave took place in the active phase of the second wave of global warming. In July, against the background of the west-east shift of the baric wave over most of European Russia, an anticyclonic source was formed during the deceleration in warming, which indicates an increase in the frequency of anticyclones over this territory. It is suggested that such a restructuring of the pressure field contributes to an increase in the role of summer transformation processes in current warming.

Keywords: *Earth's climate system, global warming, climatic pressure fields, climatic variability, atmospheric circulation.*

ВВЕДЕНИЕ

Современное общепланетарное потепление, по мнению большинства ученых, имеет антропогенную природу. Однако на фоне прогрессивного роста температур наблюдаются периоды перерывов в глобальном потеплении. Наиболее известные из них — похолодание в 1950–1960-х гг. и замедление потепления в первом десятилетии XXI в. Безусловно, существующие «провалы» в глобальном потеплении объясняются действием естественных факторов. Среди природных факторов, которыми можно объяснить нарушения в прогрессивном росте средней глобальной температуры, указываются снижение солнечной активности [1], увеличение прозрачности атмосферы в связи с ослаблением вулканической деятельности [2], изменение теплосодержания океана [3, 4], все возрастающее поступление в атмосферу сульфатных аэрозолей [5], уменьшение количества водяного пара в стратосфере [6] и др.

Помимо радиационных и геофизических, в литературе в качестве причин климатических флуктуаций рассматриваются циркуляционные факторы. Например, Н.К. Кононовой [7] исследовано, как изменение продолжительности элементарных циркуляционных механизмов влияет на климат в Арктическом регионе, в частности на повышение температуры и состояние ледяного покрова. В работе [7] выявлен рост продолжительности меридиональных процессов с циклонической циркуляцией, способствующий повышению общего температурного фона в Арктике; установлено, что чередование меридиональных южной и северной форм циркуляции приводит к погодно-климатической неустойчивости во всем Северном полушарии. В.В. Попова и А.Б. Шмакин [8] показали, что наибольшая доля вариации зимней температуры объясняется процессами блокирования западного переноса. В.В. Попова [9] оценила вклад циркуляционных индексов в климатическую изменчивость в северной части Евразии, отметив, что в различные периоды климатической изменчивости вклад индексов меняется. Большое количество разноплановых исследований свидетельствует о важности изучения атмосферной циркуляции в контексте современного потепления. Актуальность определения роли циркуляции в климатических процессах подчеркивается в [10], где отмечается, что именно атмосферная циркуляция формирует большую долю неопределенности при моделировании климатических процессов.

Особенно велико влияние циркуляции атмосферы на изменчивость регионального климата. Авторы публикации [11] отмечают, что для понимания истинных причин глобального потепления требуется провести исследование региональных климатов.

Региональная структура потепления на территории России представлена в Оценочном докладе [12], где наряду с территориальными различиями в проявлении климатических тенденций показаны и различия сезонные. Указывается, что в последнее время (начало XXI в.) потепление проявляется во все сезоны, кроме зимнего. Аналогичные результаты, свидетельствующие о тенденции к похолоданию зимних сезонов для некоторых территорий Северной Евразии, опубликованы в [13].

Цель настоящей работы — исследование динамики структурных элементов общей циркуляции (барических ложбин и гребней) на среднем уровне тропосферы в различные промежутки климатической изменчивости зимой (январь) и летом (июль).

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Характер циркуляции исследовался на пространстве I естественного синоптического района (I e. c. p.), охватывающего Атлантико-Евразийский сектор полушария и ограниченного меридианами 50° западной и 110° восточной долготы. Именно этому сектору умеренных широт свойственна большая погодно-климатическая изменчивость по сравнению с Тихоокеанско-Американским [14]. Возможно, одной из причин является то, что мощность течения Куроиси уступает мощности течения Гольфстрим.

Основные циркуляционные структуры на этом уровне — барические ложбины и гребни — представляются климатическими полями геопотенциала поверхности АТ-500 гПа и полями отклонений геопотенциала от среднеширотных значений. Материалами для построения климатических полей

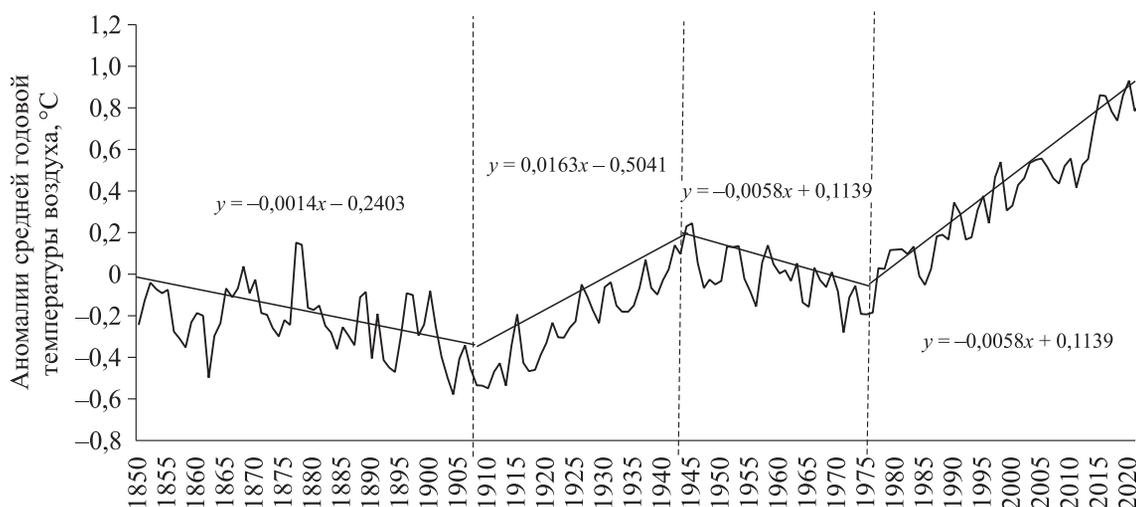


Рис. 1. Изменчивость средней полушарной температуры воздуха (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>).

послужили данные реанализа NCEP/NCAR за 1950–2017 гг. Визуализация цифровых полей проводилась с помощью программного комплекса MAPINFO. Климатические поля на среднем уровне тропосферы исследовались не на одинаковых по продолжительности временных промежутках, а в естественные климатические периоды состояния земной климатической системы. Термин «естественный климатический период» введен С.В. Морозовой, ею дано физическое и статистическое обоснование этого термина и границ интервалов [15, 16].

Отметим, что наиболее часто изменение циркуляционных режимов рассматривается на стандартных временных интервалах, как правило десятилетиях. Например, в работе [17] по десятилетиям описывается состояние центров действия атмосферы, в [18] — планетарной высотной фронтальной зоны. Считаем, что привязка к периодам климатической изменчивости позволяет более информативно оценивать состояние и динамику циркуляционных объектов на фоне наблюдаемого потепления.

В ходе аномалий средней полушарной температуры выделяются следующие естественные климатические периоды: 1) малый ледниковый период в Европе (1850–1907 гг.); 2) первая волна глобального потепления (1908–1943 гг.); 3) период стабилизации (1944–1974 гг.); 4) вторая волна глобального потепления (1975 г. — по настоящее время) (рис. 1).

С целью анализа динамики климатических полей на уровне АТ-500 гПа в соответствии с имеющимися данными рассматривались два естественных климатических периода состояния земной климатической системы — период стабилизации (1950–1974 гг.) и вторая волна глобального потепления (1975–2017 гг.). Для определения тенденции будущей перестройки барического поля период второй волны глобального потепления разбили на два более мелких — активную фазу (1975–1995 гг.) и фазу замедления потепления (1996–2017 гг.). Границей между ними выбран 1996 г. Выбор именно этого года основан на материалах Оценочного доклада [12], согласно которым в середине 1990-х гг. увеличилась повторяемость процессов атмосферной циркуляции форм Е (восточной) и С (меридиональной) и уменьшилась — формы W (западной). Такое резкое изменение преобладающих форм циркуляции указывает на активные перестроечные процессы в атмосфере. Кроме того, согласно [19], с 1996 г. наблюдается наибольшая суммарная продолжительность элементарных циркуляционных механизмов. Этот же год (1996 г.) выбран В.В. Поповой как граничный при выделении интервалов для исследований влияния циркуляционных индексов на приземную температуру воздуха [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ климатических полей за выбранные временные интервалы позволил заключить, что эти поля существенно различаются между собой локализацией барических ложбин и гребней, а также степенью развития меридиональности на пространстве I e. c. p.

В январе в период стабилизации среднее барическое поле на карте АТ-500 гПа представляет собой слабо выраженный гребень над Атлантическим океаном и ложбину над континентом (рис. 2, а). В активной фазе потепления амплитуда барической волны стала меньше (см. рис. 2, в), одновремен-

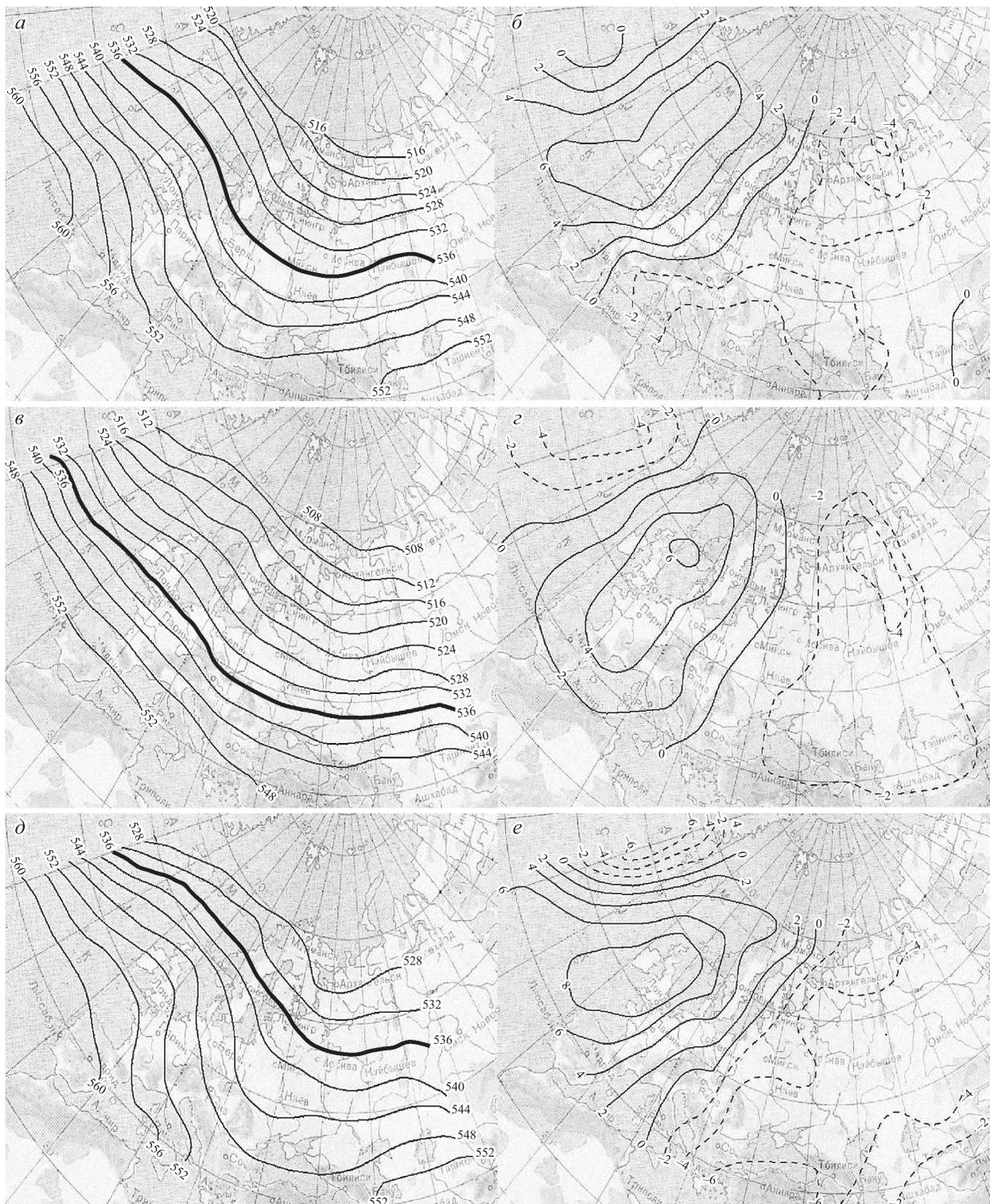


Рис. 2. Среднее многолетнее поле геопотенциала (а, в, д) и среднее многолетнее поле изаномал геопотенциала (б, г, е) поверхности 500 гПа в январе.

Годы: а, б — 1949–1974; в, г — 1975–1995; д, е — 1996–2017. Жирной линией показана осевая изогипса.

но сама волна сместилась к востоку. При этом произошло восточное смещение вдоль круга широты климатического барического гребня на 15° и климатической ложбины на 10° . Такое смещение структурных элементов ОЦА и усиление зональности потоков в I е. с. р. подтверждается расположением очагов отклонений геопотенциала от среднеширотного (см. рис. 2, б, з). Выявленная перестройка поля давления определяла смягчение зимних условий погоды в активной фазе потепления, которое и наблюдалось на Русской равнине [20]. В период замедления потепления в Атлантико-Евразийском секторе полушария вновь произошло усиление меридиональности и обратное, западное смещение барической климатической волны (см. рис. 2, д). Следствием такой перестройки барического поля стало увеличение повторяемости холодных погодных условий января. Как подтверждение приведем в пример холодные зимы на европейской территории России в 2003, 2006, 2007, 2010, 2012, 2014, 2016, 2017 гг. Полученные авторами данные об изменении степени зональности согласуются с выводами, сделанными В.В. Поповой при анализе циркуляционных индексов [9], об усилении зональности с середины 1970-х до середины 1990-х гг. и повышении степени меридиональности с середины 1990-х гг. Аналогичные выводы получены В.Н. Боковым [21] при анализе форм циркуляции по Вангенгейму–Гирсу.

Таким образом, движение климатической волны к западу во второй, пассивной фазе глобального потепления способствовало понижению температуры зимних месяцев, что отразилось на темпах глобального потепления (приостановка в первое десятилетие XXI в.). Безусловно, процессы средней тропосферы тесно связаны с процессами у земной поверхности. По исследованиям [16], в Поволжье (юго-восток Европейской России) в активной фазе второй волны глобального потепления зимой преобладали процессы циклоничности на арктическом и полярном фронтах. Аналогичные выводы о преобладании циклоничности в этот период представлены в работах [9, 21, 22].

В последний исследуемый период можно увидеть (см. рис. 2) более северное, чем в предыдущие периоды, расположение осевой изогипсы. Это является косвенным подтверждением смещения к северу ячейки Хедли, на что указывается в ряде публикаций, например в [23, 24].

Летом (июль), как и зимой (январь), хорошо заметны циркуляционные различия на исследуемой территории в естественные климатические периоды состояния земной климатической системы. Особенностью климатических барических полей на среднем уровне тропосферы в июле во все естественные климатические периоды является сильная расходимость изогипс над континентом (рис. 3, а, в, д). В структуре климатических барических полей в период стабилизации и в активной фазе второй волны глобального потепления выделяются две ложбины — над Норвежским и Черным морями. От периода стабилизации к активной фазе потепления в июле меридиональность в Атлантико-Евразийском секторе уменьшается, как и в январе. Присутствие ложбины над Черным морем в эти два периода способствовало формированию достаточного увлажнения в Среднем и Нижнем Поволжье, так как эти районы оказывались под влиянием ее передней части, где происходят активные процессы циклогенеза (см. рис. 3, а, в). В третий климатический период (см. рис. 3, д) юг Европейской России находился под влиянием барического гребня, что обусловило формирование сухой жаркой погоды в этом регионе.

Наблюдаемые изменения хорошо выражены на картах аномалий геопотенциала (см. рис. 3, б, г, е). В период стабилизации на фоне хаотично разбросанных очагов положительных и отрицательных отклонений наметилась антициклоническая ось смыкания Азоры–Арктика. Именно она определяла фон повышенного давления над Западной Европой (за исключением ее северной части), севером европейской части России и Западной Сибирью. Над югом Европейской России и Средней Азией выделяется обширная область отрицательных аномалий.

В активной фазе потепления структура аномалий поля геопотенциала та же, но с одной существенной поправкой: область отрицательных аномалий заметно продвинулась к западу над Средней Азией. В результате антициклоническая ось Азоры–Арктика оказалась разорванной, над Западной Европой и югом европейской части России начали преобладать ложбины. При этом усилилось влияние Арктики на север Европейской России и Западную Сибирь. Область отрицательных аномалий над Атлантикой существенно расширилась.

В период замедления потепления область отрицательных аномалий над Атлантикой продвинулась к югу, в результате чего Азорский гребень оказался над Средиземным морем и вновь сомкнулся с областью положительных аномалий над Арктикой. При этом снова образовалась широкая полоса положительных аномалий, вытянутая меридионально с максимальными значениями уже не над Карским морем, а на юго-востоке Европейской России. Формирование очага положительных аномалий над Средней и Нижней Волгой свидетельствует о том, что в этот промежуток времени на юго-восток Европейской России довольно часто проникали арктические вторжения, входящие в область Азорского максимума давления. Такая перестройка барического поля способствует более частому появле-

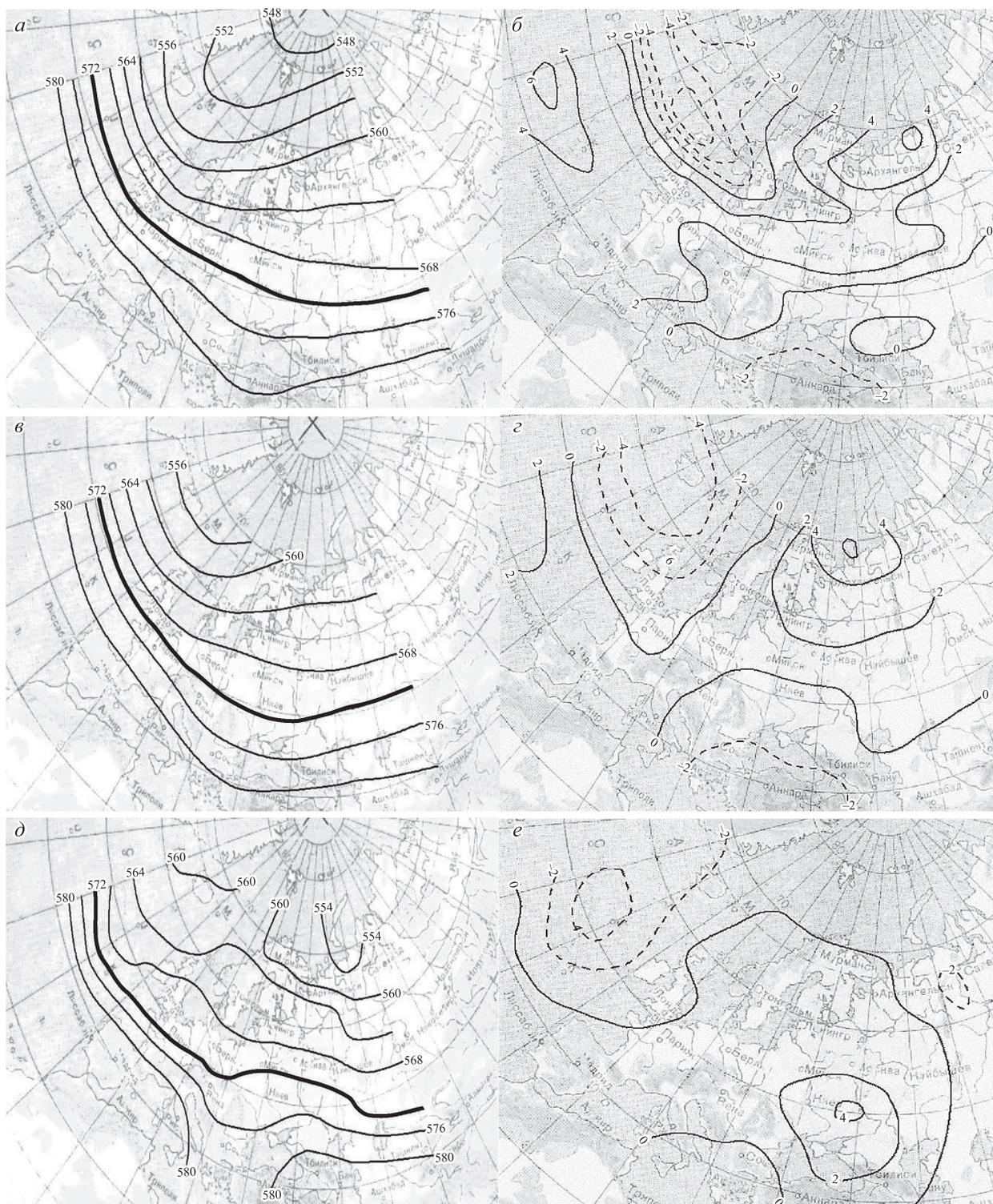


Рис. 3. Среднее многолетнее поле геопотенциала (а, в, д) и изаномал геопотенциала (б, г, е) поверхности 500 гПа в июле.

Годы: а, б – 1949–1974; в, г – 1975–1995; д, е – 1996–2017. Жирной линией показана осевая изогипса.

нию стационарных блокирующих антициклонов в Поволжье и увеличению повторяемости засух в этом регионе. Отметим, что во втором Оценочном докладе констатируется увеличение повторяемости засушливых условий на Европейской равнине [12]. Частое формирование блокирующих процессов в фазе замедления потепления подтверждается характером циркуляции у земной поверхности. В [16] показано увеличение частоты поступления на юго-восток европейской части России арктических антициклонов. Причем частота июльских вторжений арктических ядер почти в два раза превышает частоту их вторжений в регион в январе. Вывод об увеличении повторяемости антициклонов, смещающихся на Евразию в начале XXI в., содержится в [25, 26].

Таким образом, можно заключить, что при дальнейшем росте средней глобальной температуры вклад температур летних сезонов, вызванный прогревом в условиях антициклона, может стать более значимым. Если во вторую волну глобального потепления рост температуры определялся в основном более мягкими зимними сезонами, то в будущем заметный вклад в это повышение могут внести и летние, что не характерно для процессов, происходящих в земной климатической системе. Считаем, что данный вывод может представлять большой интерес для физической теории климата.

Интересен также и дискуссионный вопрос о факторах смещения барической волны, которые могут быть и внешними, и внутренними. В качестве внешнего фактора, возмущающего атмосферную циркуляцию, можно рассматривать вариации вращения Земли. Н.С. Сидоренков [27] обнаружил тесные корреляционные зависимости между накопленными суммами частоты форм атмосферной циркуляции и междекадными вариациями вращения Земли. Выявить внутренние механизмы, на наш взгляд, гораздо сложнее. Один из таких механизмов, связанный с сокращением концентрации морского льда и действующий по принципу обратной связи, предложен в [28, 29].

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Анализ климатических полей геопотенциала на уровне АТ-500 гПа позволил выделить западно-восточное смещение барической волны в январе в естественные климатические периоды состояния земной климатической системы. Западное смещение наблюдалось в период стабилизации и в фазе замедления потепления. Движение волны к востоку имело место в активной фазе второй волны глобального потепления.

2. В июле в различные естественные климатические периоды происходила специфическая перестройка поля геопотенциала на среднем уровне тропосферы. Выявлено смещение к югу области положительных аномалий геопотенциальных высот, что привело к существованию климатически устойчивого антициклонического очага на большей части Европейской России. Такая перестройка поля способствует усилению роли летних трансформационных процессов в потеплении климата.

3. И в январе, и в июле самая высокая степень зональности характерна для активной фазы второй волны глобального потепления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Lean J.L., Rind D.H.** How will Earth's surface temperature change in future decades? // *Geophysical Research Letters*. — 2009. — Vol. 36, N 15. — L15708. — DOI: 10.1029/2009GL038932
2. **Norris J.R., Wild M.** Trends in aerosol radiative effects over China and Japan inferred from observed cloud cover, solar «dimming» and solar «brightening» // *Journ. of Geophysical Research*. — 2009. — Vol. 114. — D00D15. — DOI: 10/1029/-2008JDO11378
3. **The recent pause in global warming (2): what are the potential causes?** — July 2013 // Met Office [Электронный документ]. — paper2_recent_pause_in_-global_-warming.pdf (дата обращения 18.08.2022).
4. **Chen X., Tung K.-K.** Varing planetary heat sink led to global — warming slowdown and acceleration // *Science*. — 2014. — Vol. 345, N 6199. — P. 897903.
5. **Kaufmann R.K., Kauppi H., Mann M.L., Stock J.H.** Reconciling anthropogenic climate change with observed temperature 1998–2008 // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. — 2011. — Vol. 108 (29). — P. 11790–11793.
6. **Solomon S., Rosenlof K.H., Portmann R.** Contributions of Stratospheric Water Vapor Changes to decadal Variations in the Rate of Global Warming, published on *Science Express* // *Science*. — 2010. — Vol. 327. — P. 1219–1223.
7. **Кононова Н.К.** Изменение характера циркуляции атмосферы в последние десятилетия как фактор изменения климатических и ледовых условий Арктики // *Материалы гляциол. исследований*. — 2006. — № 100. — С. 191–199.

8. **Попова В.В., Шмакин А.Б.** Региональная структура колебаний температуры приземного воздуха в Северной Евразии во второй половине XX – начале XXI века // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. — 2010. — Т. 46, № 2. — С. 15–29.
9. **Попова В.В.** Современные изменения климата на севере Евразии как проявление вариаций крупномасштабной атмосферной циркуляции // *Фундамент. и приклад. климатология*. — 2018. — Т. 1. — С. 84–111.
10. **Shepherd T.G.** Atmospheric circulation as a source of uncertainty in climate change projections // *Nature Geoscience*. — 2014. — Vol. 7, N 10. — P. 703–708.
11. **Харюткина Е.В., Логинов С.В., Ипполитов И.И.** Роль радиационных и циркуляционных факторов в изменении климата Западной Сибири в конце XX и начале XXI века // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. — 2016. — Т. 52, № 6. — С. 651–659.
12. **Второй** оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. — М.: Росгидромет, 2014. — 60 с.
13. **Cohen J.L., Furtrado J.C., Barlow M.** Asymmetric seasonal temperature trends // *Geophysical Research Letters*. — 2012. — Vol. 39, N 4. — L04705.
14. **Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И.** Долгосрочные метеорологические прогнозы. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 248 с.
15. **Морозова С.В.** Роль планетарных объектов циркуляции в глобальных климатических процессах. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2019. — 132 с.
16. **Morozova S.V., Polyanskaya E.A., Ivanova G.F., Levitskaya N.G., Denisov K.E., Molchanova N.P.** Variability of the circulation processes in the Lower Volga Region on the background of global climate trends // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES)*. — 2018. — Vol. 107 [Электронный ресурс]. — <https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/107/1> (дата обращения 20.08.2021).
17. **Мохов И.И., Хон В.Ч.** Межгодовая изменчивость и долгопериодные тенденции центров действия атмосферы в Северном полушарии. Анализ данных наблюдений // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. — 2005. — Т. 41, № 6. — С. 723–732.
18. **Дурнева Е.А., Чхетгани О.Г.** Планетарная высотная фронтальная зона в Атлантико-Европейском секторе в летние сезоны в 1990–2019 гг. // *Метеорология и гидрология*. — 2021. — № 6. — С. 24–33.
19. **Кононова Н.К.** Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзерdzeевскому. — М.: Воентехиниздат, 2009. — 372 с.
20. **Клименко Л.В.** Об изменении климата в центре Русской равнины // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. География*. — 1995. — № 6. — С. 75–78.
21. **Боков В.Н., Воробьев В.Н.** Изменчивость атмосферной циркуляции и изменение климата // *Уч. зап. Рос. гидромет. ун-та*. — 2010. — № 13. — С. 83–88.
22. **Бардин М.Ю., Платова Т.В., Самохина О.Ф.** Долгопериодные изменения повторяемости циклонов в умеренных широтах Северного полушария // *Фундамент. и приклад. климатология*. — 2021. — № 7. — С. 57–80.
23. **Reichler T.** Changes in the Atmospheric circulation as Indicator of Climate Change // *Climate Change: Observed impacts on Planet Earth*. — Amsterdam: Elsevier, 2009. — P. 145–164.
24. **Butler A.H., Thompson D.W.J., Heikes R.** The steady-state atmospheric circulation response to climate change-like thermal forcings in a simple general circulation model // *Journ. of Climate*. — 2010. — Vol. 23, N 13. — P. 3474–3496.
25. **Zhang X., Sorteberg A., Zhang J., Gerdes R., Comiso J.C.** Recent radical shifts of atmospheric circulations and rapid changes in Arctic climate system // *Geophysical Research Letters*. — 2008. — Vol. 35. — L22701.
26. **Бардин М.Ю., Платова Т.В., Самохина О.Ф.** Изменчивость антициклонической активности в умеренных широтах Северного полушария // *Фундамент. и приклад. климатология*. — 2019. — Т. 3. — С. 32–58.
27. **Орлов И.А., Сидоренков Н.С.** Атмосферные циркуляционные эпохи и изменения климата // *Метеорология и гидрология*. — 2008. — № 9. — С. 22–29.
28. **Семёнов В.А., Мохов И.И., Латиф М.** Влияние температуры поверхности океана и границ морского льда на изменение регионального климата в Евразии за последние десятилетия // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. — 2012. — Т. 48, № 4. — С. 403–421.
29. **Семёнов В.А.** Колебания современного климата, вызванные обратными связями в системе атмосфера – полярные льды – океан // *Фундамент. и приклад. климатология*. — 2015. — № 1. — С. 232–248.

Поступила в редакцию 01.10.2022

После доработки 12.12.2022

Принята к публикации 05.04.2023