

## Особенности изменения климатических условий на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг. и их последствия

Ю.П. Переведенцев<sup>✉</sup>, А.Д. Янгиев, Т.Р. Аухадеев

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Российской Федерации  
(420097, г. Казань, ул. Товарищеская, 5)*

**Аннотация.** Цель – оценить динамику межсуточных перепадов температуры воздуха больше 6 °С и атмосферного давления более 8 гПа на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг. на фоне происходящих изменений регионального климата.

**Материалы и методы.** Информационной базой послужили ежедневные данные о температуре воздуха и атмосферном давлении реанализа ERA5 в узлах регулярной сетки с разрешением 0,25° на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг. (количество узлов 1334). Многолетие данные указанных метеовеличин подвергались статистической обработке, как в целом по периоду 1966-2024 гг., так и по подпериодам 1966-1994 и 1995-2024 гг. Находились средние сезонные значения, средние квадратические отклонения (СКО), коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ), повторяемость межсуточных перепадов температуры более 6 °С и давления более 8 гПа по сезонам. Оценивалось влияние циркуляционных мод на климатические показатели.

**Результаты и обсуждения.** В регионе наблюдается, как и в целом по территории России, потепление климата, проявившееся в значительном повышении средней годовой температуры в период 1966-2024 гг. со скоростью 0,42 °С/10 лет. Наиболее активно потепление происходит в зимний период (КНЛТ = 0,69 °С/10 лет), наименьшая скорость отмечается летом (КНЛТ = 0,31 °С/10 лет). Получена динамика изменчивости межсуточных перепадов температуры воздуха (> 6 °С) и атмосферного давления (> 8 гПа) на территории Среднего Поволжья за 1966-2024 гг. При этом в период 1995-2024 гг. число резких перепадов температуры и давления уменьшается по сравнению с более ранним периодом 1966-1995 гг., что свидетельствует о росте устойчивости атмосферы.

**Выходы.** Наиболее часто фиксируются межсуточные перепады температуры (> 6 °С) в зимний период, что превышает их суммарное число за остальные сезоны. При этом отмечается уменьшение частоты межсуточных перепадов температуры больше 6 °С за зимний сезон в период 1995-2024 гг. по сравнению с периодом 1966-1994 гг. Происходит также уменьшение дисперсии среднесуточной температуры воздуха. Частота межсуточных перепадов давления больше 8 гПа наиболее значительна зимой, при этом происходит ее слабое уменьшение с 23 случаев/сезон (период 1966-1994 гг.) до 22 случаев/сезон (1995-2024 гг.). По сезонам частота перепадов давления распределяется в следующей последовательности: зима, осень, весна, лето.

**Ключевые слова:** температура воздуха, атмосферное давление, перепады, климатические изменения, здоровье человека.

**Источник финансирования:** Работа выполнена при поддержке средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности (проект №FZSM-2024-0004).

**Для цитирования:** Переведенцев Ю.П., Янгиев А.Д., Аухадеев Т.Р. Особенности изменения климатических условий на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг. и их последствия // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2025, № 4, с. 103-114. DOI:

### ВВЕДЕНИЕ

Проблеме воздействия состояния окружающей среды на здоровье человека посвящены многочисленные исследования, краткий обзор которых содержится в [2]. Согласно [4], одними из важнейших «метеопатопусковых факторов», вызывающих патологические метеотропные реакции являются межсуточные перепады температуры, атмосферного давления, влажности воздуха, скорости ветра, показатели плотности кислорода, атмосферного электричества и геомагнитной активности. Принято считать, что оптимальные (комфортные) для человека усло-

вия возникают, если среднесуточная температура воздуха составляет 18 °С, относительная влажность 50 %, отсутствуют облака, ветер и межсуточные перепады температуры воздуха и атмосферного давления [1].

В настоящее время происходит наиболее значительное глобальное потепление климата со временем «Средневекового теплого периода» (Х-XIV века). Современное состояние этой проблемы и оценки будущих климатических изменений на планете и в ее регионах до конца XXI в. представлены в 6-м оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата

© Переведенцев Ю.П., Янгиев А.Д., Аухадеев Т.Р., 2025

✉ Переведенцев Юрий Петрович, e-mail: upereved@kpfu.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

(2021 г.) [16] и 3-м оценочном докладе Росгидромета [15]. В [8] отмечается, что повышение глобальной приповерхностной температуры сопровождается быстрым ростом числа природных катастроф, в первую очередь вследствие гидрометеорологических аномалий. На территории Приволжского федерального округа также наблюдается рост экстремальности температуры воздуха и повторяемости опасных гидрометеорологических явлений [9].

Первой основополагающей работой по изучению климата Среднего Поволжья явилась монография профессора Казанского университета Н.В. Колобова [7], опубликованной в 1968 г. Обзор более современных работ по изучению климата региона представлен в [11]. В частности, в них показано, что в 133-летний период (1888-2020 гг.) зимняя температура воздуха на территории Приволжского федерального округа (ПФО) повысилась на 4,6 °C.

Цель настоящей статьи – оценить динамику межсезонных перепадов температуры воздуха больше 6 °C и атмосферного давления более 8 гПа на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг. на фоне происходящих изменений регионального климата. Отмеченные перепады метеорологических величин влияют на состояние здоровья человека.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходных данных в работе использовались ежедневные данные о температуре воздуха и атмосферном давлении реанализа ERA5 в узлах ре-

гулярной сетки с разрешением 0,25 ° на территории Среднего Поволжья (рис. 1) в период 1966-2024 гг. (количество узлов 1334).

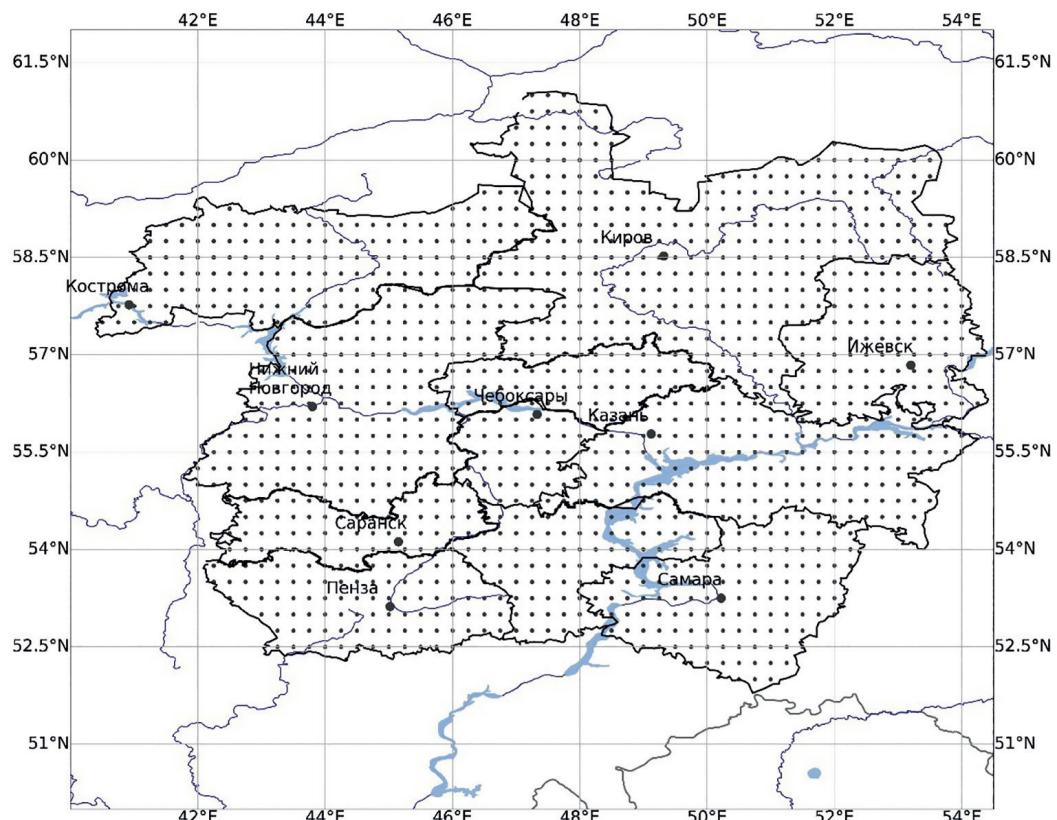
Многолетие данные указанных метеовеличин подвергались статистической обработке, как в целом по периоду 1966-2024 гг., так и по подпериодам 1966-1994 и 1995-2024 гг. Находились средние сезонные значения, средние квадратические отклонения (СКО), коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ), повторяемость межсезонных перепадов температуры более 6 °C и давления более 8 гПа по сезонам. Оценивалось влияние циркуляционных мод на климатические показатели.

Для выделения систематической составляющей изменений температуры и давления, осредненных по территории Среднего Поволжья за 1966-2024 гг., для всех сезонов года были построены линейные тренды:

$$y(\tau) = a\tau + b, \quad (1)$$

где  $y(\tau)$  – слаженное значение показателя на момент времени  $\tau$  ( $\tau = 1, 2, 3, \dots, n$ ),  $a$  – угловой коэффициент наклона линейного тренда (КНЛТ), характеризует скорость изменения показателя,  $b$  – свободный член (начальное значение линейного тренда). Положительное значение коэффициента  $a$  указывает на рост показателя, а отрицательное – на падение.

С целью оценки вклада линейного тренда в общую дисперсию показателя рассчитывался коэффициент детерминации линейного тренда  $R^2$ . Результат достоверен на уровне значимости 5 % при  $R^2 > 0,05$  ( $n = 59$ ).



*Rис. 1. Территория Среднего Поволжья  
[Fig. 1. The territory of the Middle Volga region]*

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С середины 1970-х гг. берет свое начало современное глобальное потепление климата. В России регулярный мониторинг температурного режима земного шара осуществляется в ИГКЭ Росгидромета и РАН [10], согласно которому в период 1976-2022 гг. положительные тренды приповерхностной температуры воздуха (ТВ) составляют около 97 % всех локальных оценок. При этом наибольшая интенсивность потепления отмечена в Арктическом широтном поясе ( $0,57^{\circ}\text{C}/10$  лет) и на территории Европы ( $0,49^{\circ}\text{C}/10$  лет).

Как следует из климатической доктрины РФ, ожидаемые изменения климата являются причиной угроз безопасности РФ, что требует получения полной и объективной информации о текущих и возможных в будущем климатических изменениях. Проблеме изменения климата удалено внимание в итоговой Казанской Декларации стран БРИКС (октябрь 2024 г.). Вначале дадим оценку климатических изменений на Земле с 1850 г. (с момента появления надежных метеорологических наблюдений) по настоящее время. Для этого были использованы временные ряды аномалий приповерхностной температуры по всему земному шару с сайта группы исследования климата Университета Восточной Англии (данные CRU и центра Хэдли-Над CRUT4). Выделение низкочастотной компоненты (НЧК) осуществлялось с помощью НЧ-фильтра Поттера с точкой отсечения 10 и 30 лет.

Анализ рядов среднегодовой температуры воздуха (СГТВ) для Северного (СП) и Южного (ЮП) полушарий показал, что за последние 170 лет при общем весьма существенном, но достаточно неравномерном повышении СГТВ имели место и периоды ее понижения. Так, в СП периоды похолодания наблюдались с 1875 по 1909 гг. и с 1946 по 1972 гг. С 1909 по 1943 гг. произошло потепление и СГТВ СП увеличивалась на  $0,60^{\circ}\text{C}$  за 35 лет. С 1972 по 2021 гг. в период фазы активного потепления (51 год) величина повышения температуры составила  $1,3^{\circ}\text{C}$ . При этом во временном ходе темпе-

ратуры отчетливо проявляется 60-70-летнее колебание. Скорость повышения СГТВ (КНЛТ) в период 1850-2021 гг. составила  $0,072^{\circ}\text{C}/10$  лет, летняя температура повышалась со скоростью  $0,054^{\circ}\text{C}/10$  лет, а зимняя со скоростью  $0,083^{\circ}\text{C}/10$  лет. Процесс современного потепления в ЮП начался на 7 лет раньше, чем в СП, однако скорость потепления в Северном полушарии в последние десятилетия вдвое выше, чем в ЮП. Так, в период 1970-2021 гг. значение КНЛТ СГТВ в СП составило примерно  $0,26^{\circ}\text{C}/10$  лет. Следует отметить, что в различных географических районах Земли отмечаются как различные даты начала наступления активной фазы современного потепления по сезонам года, так и скорости потепления. В частности, в Казани, где метеонаблюдения ведутся с 1812 г., современное годовое потепление началось в 1946 г., летнее с 1980 г., а зимнее с 1968 г. и продолжается по настоящее время. При этом вклад процессов СП в локальные изменения температуры составляет в целом для года 63 %, летнего периода 27 % и зимнего 43 %.

Рассмотрим особенности климатического режима на территории Среднего Поволжья в современный период. Согласно [3], значительное влияние на формирование климата оказывает циркуляционный фактор. При этом наибольшее влияние на него оказывают западные, северо-западные циклоны и местный циклогенез, а также антициклоны северо-западного происхождения.

Распределение параметров приземного барического поля на территории Среднего Поволжья по сезонам в период 1966-2024 гг. таково. Зимой изобары направлены с юго-запада на северо-восток. Перепад давления между южной и северной границами региона составляет 7 гПа (давление уменьшается с юга по север от 1022,5 до 1015,5 гПа). Среднее квадратическое отклонение давления возрастает с юга на север от 4,2 до 5,8 гПа. Значения КНЛТ давления возрастают с юга на север по модулю от 0,21 до 0,51 гПа/10 лет. При этом значения КНЛТ  $<0$ , что указывает на падение зимнего давления в регионе.

Таблица 1

Режим атмосферного давления осредненного по территории Среднего Поволжья  
[Table 1. The regime of atmospheric pressure averaged over the territory of the Middle Volga region]

| Период / Period                         | Сезон / Season |                |               |                |
|---|----------------|----------------|---------------|----------------|
|   | Зима / Winter  | Весна / Spring | Лето / Summer | Осень / Autumn |
| Атмосферное давление (гПа)              |                |                |               |                |
| 1966-2024                               | 1016,2         | 1013,6         | 1009,0        | 1014,2         |
| 1966-1994                               | 1016,5         | 1014,6         | 1008,4        | 1013,4         |
| 1995-2024                               | 1015,9         | 1012,7         | 1009,6        | 1014,9         |
| СКО атмосферного давления (гПа)         |                |                |               |                |
| 1966-2024                               | 5,1            | 2,5            | 1,6           | 3,2            |
| 1966-1994                               | 5,8            | 2,2            | 1,6           | 3,5            |
| 1995-2024                               | 4,4            | 2,5            | 1,5           | 2,8            |
| КНЛТ атмосферного давления (гПа/10 лет) |                |                |               |                |
| 1966-2024                               | -0,36          | -0,54          | 0,26          | 0,44           |
| 1966-1994                               | -2,45          | 0,43           | -0,52         | 0,44           |
| 1995-2024                               | 0,53           | -0,66          | 0,16          | 0,22           |

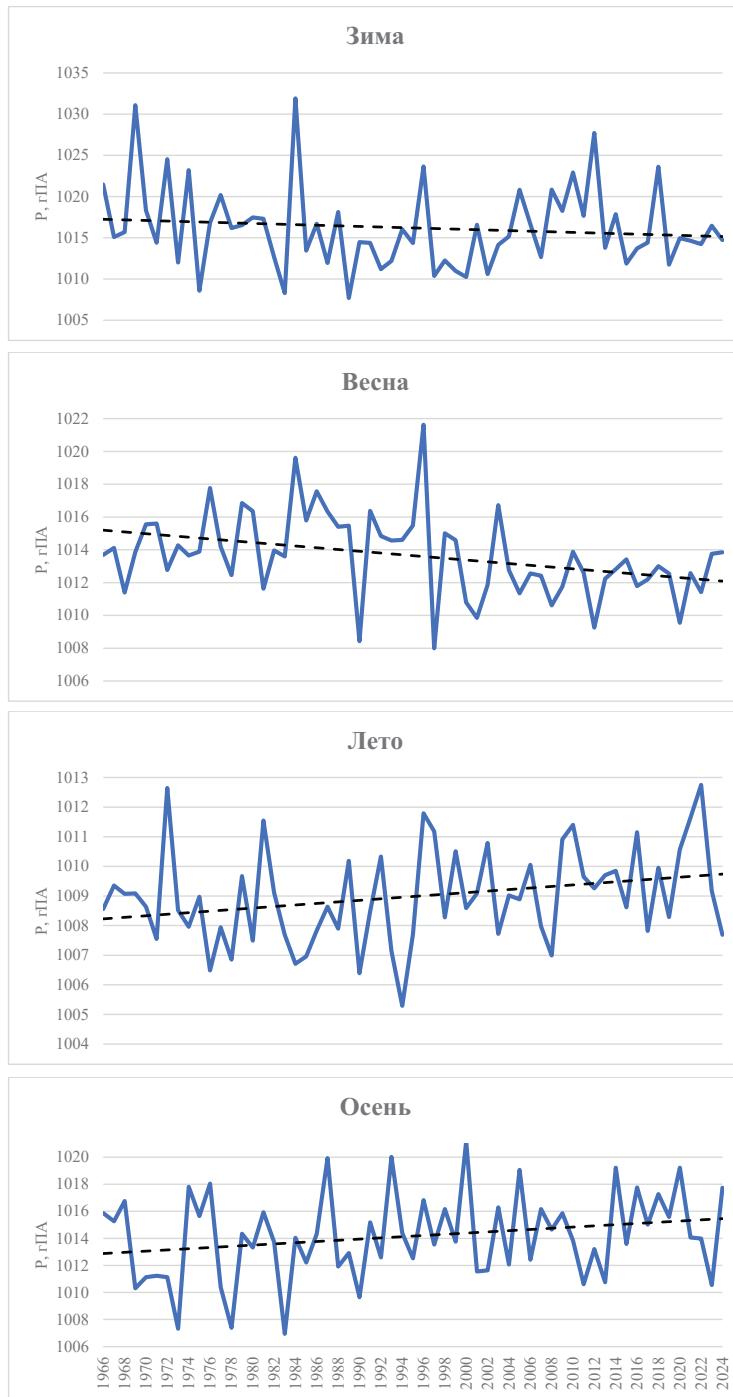


Рис. 2. Межгодовые изменения и линейные тренды атмосферного давления осредненного по территории Среднего Поволжья за 1966-2024 гг. (гПа)

[Fig. 2. Interannual changes and linear trends of atmospheric pressure averaged over the territory of the Middle Volga region in 1966-2024 (gPa)]

В летний период поле давления размытое. Давление растет с востока на запад от 1011,5 до 1012 гПа, оно заметно меньше, чем зимой. Величины СКО давления летом также незначительны: меняются по территории от 1,4 до 1,8 гПа. В отличие от зимнего периода летом давление растет со скоростью от 0,18 до 0,30 гПа/10 лет. Максимум формируется в западной части региона. Анализ структуры барического поля в подпериоды 1966-1994 и 1995-2024 гг. показывает, что если в более

ранний период значения давления и зимой, и летом уменьшаются ( $\text{КНЛТ} < 0$ ), то в более поздний период наблюдается его рост ( $\text{КНЛТ} > 0$ ).

В таблице 1 представлены характеристики атмосферного давления осредненные по территории для различных периодов. Наблюдаются сезонные отличия в его поведении для указанных периодов: в зимний период во всех случаях давление меняется с большей скоростью, чем в летний.

Временной ход осредненного по территории давления для всего периода представлен на рисунке 2.

Температурные поле на территории Среднего Поволжья по сезонам за период 1966-2024 гг. имеет следующие особенности. Зимой изотермы направлены с севера-запада на юго-восток. Перепад температуры с юго-запада на северо-восток составляет 5 °C (температура понижается с -8 °C до -13 °C). СКО увеличивается с юга на север от 2,3 до 2,8 °C. Значения КНЛТ температуры положительные, что свидетельствует о потеплении климата со скоростью 0,6-0,7 °C. В летний период изотермы принимают зональный характер. Температура

понижается с юга на север от 20 °C до 16 °C. Значения СКО температуры невелики, порядка 1,2-1,3 °C. Температура растет со скоростью 0,3-0,4 °C/10 лет.

Сравнение температурных режимов осредненных по территории региона за периоды 1966-1994 и 1995-2024 гг. показывает, что если зимой в более ранний период потепление происходило со скоростью 1,46 °C/10 лет, то в более поздний период его скорость уменьшилась до 0,53 °C/10 лет. Кроме того, в 1966-1994 гг. летняя температура понижалась со скоростью -0,12 °C/10 лет, однако в 1995-2024 гг. летняя температура стала расти со скоростью 0,28 °C/10 лет (табл. 2).

Таблица 2

Режим температуры воздуха, осредненной по территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг.

[Table 2. The regime of air temperature averaged over the territory of the Middle Volga region in the period 1966-2024.]

| Период / Period                      | Сезон / Season |                |               |                |
|--------------------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
|                                      | Зима / Winter  | Весна / Spring | Лето / Summer | Осень / Autumn |
| Период                               | Сезон          |                |               |                |
|                                      | Зима           | Весна          | Лето          | Осень          |
| Температура воздуха (°C)             |                |                |               |                |
| 1966-2024                            | -10,4          | 4,5            | 17,6          | 3,7            |
| 1966-1994                            | -11,3          | 4,1            | 17,0          | 3,0            |
| 1995-2024                            | -9,6           | 5,0            | 18,1          | 4,4            |
| СКО температуры воздуха (°C)         |                |                |               |                |
| 1966-2024                            | 2,4            | 1,5            | 1,3           | 1,5            |
| 1966-1994                            | 2,5            | 1,5            | 1,3           | 1,5            |
| 1995-2024                            | 1,9            | 1,4            | 1,1           | 1,2            |
| КНЛТ температуры воздуха (°C/10 лет) |                |                |               |                |
| 1966-2024                            | 0,69           | 0,29           | 0,31          | 0,39           |
| 1966-1994                            | 1,46           | -0,07          | -0,12         | -0,35          |
| 1995-2024                            | 0,53           | 0,43           | 0,28          | 0,58           |

На рисунке 3 представлены осредненные по территории тенденции изменения температуры за период 1966-2024 гг.

Ранее в работе авторов статьи [6] была показана роль атмосферной циркуляции в формирование термического режима региона. В период декабрь-март от 27 до 47 % дисперсии температуры описывается изменениями циркуляции. При этом в январе и феврале более чем в два раза сильнее влияние блокинга SCAND над североатлантическим колебанием NAO, а в декабре больше влияние NAO. В летний период охлаждающее влияние на режим оказывает атмосферное колебание Восточная Атлантика – Западная Россия (коэффициент корреляции  $r = -0,7$ ). Кроме того, значительно влияние на температурный режим региона атлантической мультидекадной осцилляции, находящейся с середины 1970-х гг. в теплой фазе.

На этом климатическом фоне в условиях активных синоптических процессов (циклоническая активность, адвекция тепла и холода, прохождение атмосферных фронтов) возникают значительные межсуточные перепады температуры и давления. В таблице 3 представ-

лены значения межсуточных перепадов температуры, осредненных по месяцам за период 1966-2024 гг., рассчитанные для ряда станций Поволжья. Выявлен годовой ход интенсивности перепадов. В зимний период значения межсуточных перепадов температуры на всех станциях превышают 3 °C, а в летний период в большинстве случаев они не достигают 2 °C.

Согласно [13], резкие изменения температуры и атмосферного давления оказывают непосредственное воздействие на здоровье человека. Рассмотрим межсуточные изменения резких перепадов температуры ( $> 6 °C$ ) и давления ( $> 8 \text{ гПа}$ ) на территории региона.

Для оценки степени неустойчивости температурного режима за счет значительных межсуточных изменений температуры ( $> 6 °C$ ) построена таблица 4, где представлены данные о повторяемости резких изменений температуры. Согласно [5], межсуточная изменчивость погоды зависит главным образом от адвективного фактора.

В декабре-феврале повторяемость резких изменений температуры воздуха более 50 %, а летом не превышает 10 %.

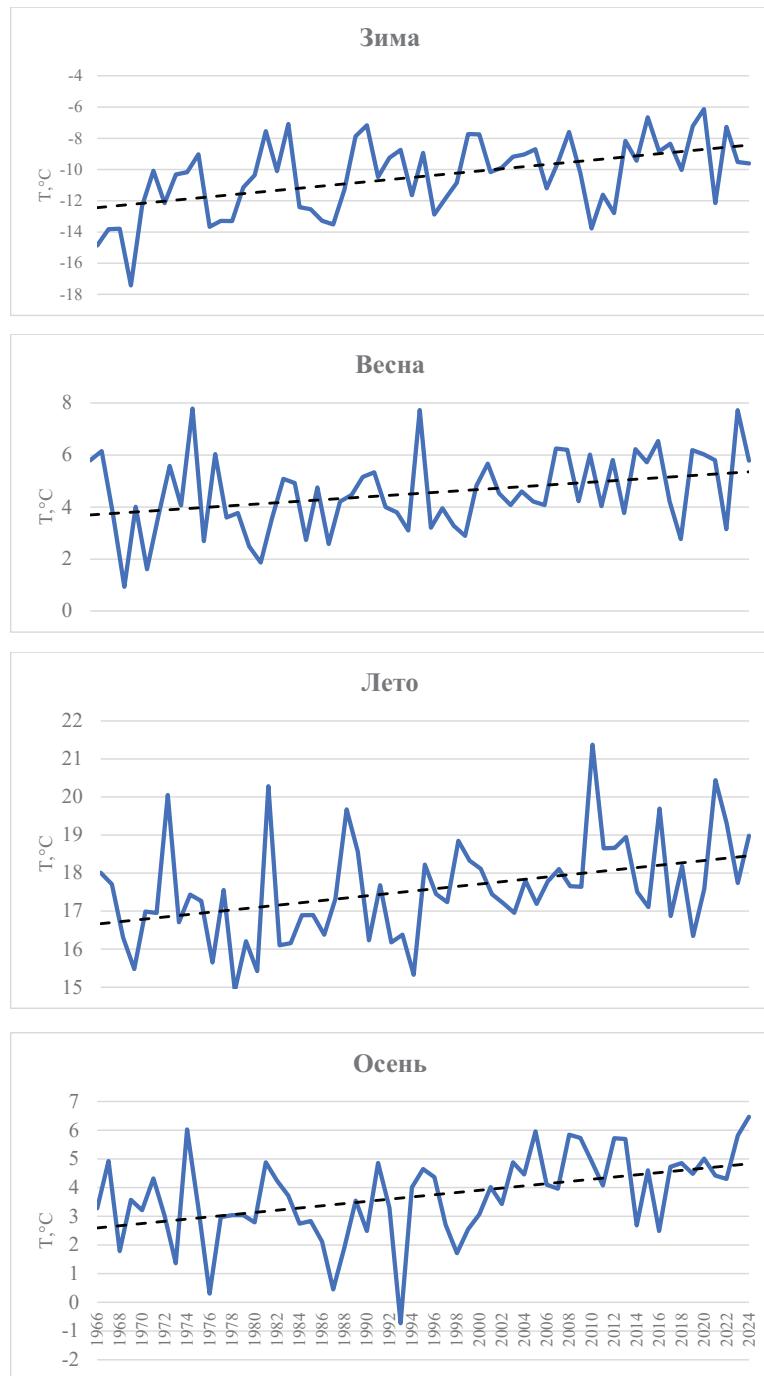


Рис. 3. Межгодовые изменения и линейные тренды температуры воздуха, осредненной по территории Среднего Поволжья за 1966-2024 гг. (°C)

[Fig. 3. Interannual changes and linear trends in the average air temperature over the territory of the Middle Volga region in 1966-2024 (°C)]

Таким образом, наиболее неустойчивая погода формируется зимой, а наиболее стабильная – летом.

В таблице 5 представлены сведения о повторяемости резких межсуточных изменений давления ( $> 8 \text{ гПа}$ ) осредненных по территории региона.

Как видно из таблицы 5, четко прослеживается сезонный ход в частоте перепадов давления, которые располагаются в следующей последовательности: зима, осень, весна, лето. При этом частота положительных

и отрицательных перепадов температуры и давления практически одинакова, что согласуется с данными работы [12].

В таблицах 6 и 7 представлено распределение по сезонам межсуточных перепадов температуры и давления (число случаев), осредненных по всей территории Среднего Поволжья, согласно которым в году основная доля перепадов температуры приходится на зимний период (более половины всех случаев). Резких пере-

Таблица 3

Среднемесячные межсуточные изменения температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ )  
на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг.

[Table 3. Average monthly day-to-day changes in air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )  
in the Middle Volga region in the period 1966-2024]

| Станция /<br>Station | Месяц / Month |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                      | I             | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год  |
| Чебоксары            | 3,65          | 3,07 | 1,88 | 2,03 | 2,51 | 2,07 | 1,71 | 1,81 | 1,78 | 2,03 | 2,33 | 3,29 | 2,35 |
| Киров                | 3,96          | 3,12 | 1,94 | 2,10 | 2,62 | 2,24 | 1,82 | 1,80 | 1,75 | 1,99 | 2,56 | 3,47 | 2,45 |
| Саранск              | 3,47          | 3,28 | 1,92 | 1,96 | 2,32 | 1,92 | 1,64 | 1,70 | 1,86 | 2,11 | 2,27 | 3,19 | 2,30 |
| Н. Новгород          | 3,72          | 3,40 | 1,86 | 2,06 | 2,42 | 1,99 | 1,72 | 1,81 | 1,84 | 2,15 | 2,35 | 3,41 | 2,39 |
| Пенза                | 3,48          | 3,25 | 1,93 | 2,04 | 2,19 | 1,97 | 1,66 | 1,71 | 1,87 | 2,12 | 2,23 | 3,18 | 2,30 |
| Бугульма             | 3,38          | 3,02 | 1,92 | 2,23 | 2,73 | 2,27 | 1,81 | 1,96 | 2,11 | 2,18 | 2,41 | 3,21 | 2,44 |
| Казань               | 3,65          | 3,12 | 1,92 | 2,05 | 2,51 | 2,05 | 1,70 | 1,75 | 1,83 | 1,99 | 2,30 | 3,25 | 2,34 |
| Ижевск               | 4,65          | 3,33 | 2,09 | 2,07 | 2,66 | 2,17 | 1,77 | 1,89 | 1,89 | 2,00 | 2,69 | 3,68 | 2,52 |
| Ульяновск            | 3,76          | 3,51 | 2,09 | 2,07 | 2,39 | 2,05 | 1,59 | 1,74 | 1,90 | 2,15 | 2,41 | 3,43 | 2,42 |

Таблица 4

Повторяемость (в %) резких изменений температуры ( $> 6 ^{\circ}\text{C}$  за сутки)  
на территории Среднего Поволжья

[Table 4. Frequency (in %) of sudden temperature changes ( $> 6 ^{\circ}\text{C}$  per day)  
in the Middle Volga region]

| Сезон / Season | Период / Period |           |           |
|----------------|-----------------|-----------|-----------|
|                | 1966-2024       | 1966-1994 | 1995-2024 |
| Зима           | 59,7            | 60,7      | 58,6      |
| Весна          | 17,2            | 15,7      | 18,9      |
| Лето           | 7,6             | 7,7       | 7,5       |
| Осень          | 15,4            | 15,9      | 14,9      |

Таблица 5

Повторяемость (в %) резких изменений атмосферного давления ( $> 8 \text{ гPa}$  за сутки)  
на территории Среднего Поволжья за 1966-2024 гг.

[Table 5. The frequency (in %) of sudden changes in atmospheric pressure ( $> 8 \text{ gPa}$  per day)  
in the Middle Volga region in 1966-2024.]

| Сезон / Season | Период / Period |           |           |
|----------------|-----------------|-----------|-----------|
|                | 1966-2024       | 1966-1994 | 1995-2024 |
| Зима           | 38,8            | 39,3      | 38,2      |
| Весна          | 24,7            | 23,0      | 26,4      |
| Лето           | 6,3             | 6,8       | 5,8       |
| Осень          | 30,2            | 30,9      | 29,6      |

падов давления во всех случаях происходит больше, чем температуры. При этом лишь в летний период их число незначительно. Отмечается следующая особенность: в период 1995-2024 гг. число резких перепадов температуры и давления уменьшается по сравнению с более ранним периодом 1966-1994 гг., что согласуется с результатами работы [14], в которой показано, что на территории ПФО число крупных среднемесячных аномалий температуры воздуха в период 1999-2018 гг. стало меньше, чем в период 1955-1998 гг. Кроме того, в последние годы уменьшается дисперсия отклонений

суточной температуры от годового хода [6], что свидетельствует об усилении устойчивости режима.

На рисунке 4а представлено распределение среднегодового количества суточных перепадов давления  $> 8 \text{ гPa}$ , осредненных по территории Среднего Поволжья, за весь период 1966-2024 гг. Средняя величина перепадов давления составляет 58,5 случаев/год. Линейный тренд, представленный на рисунке, незначим (КНЛТ=0,04 случаев/10 лет), т.е. не обнаруживается тенденция изменения частоты перепадов давления в рассматриваемый период.

Таблица 6

Частота межсуточных перепадов температуры за сезон больше 6 °C  
за периоды 1966-2024, 1966-1994 и 1995-2024 гг. (случай/сезон) на территории Среднего Поволжья

[Table 6. The frequency of diurnal temperature fluctuations per season is more than 6 °C  
for the periods 1966-2024, 1966-1994 and 1995-2024. (case/season) in the Middle Volga region]

| Сезон / Season | Период / Period |              |              |
|----------------|-----------------|--------------|--------------|
|                | 1966-2024       | 1966-1994    | 1995-2024    |
| Год            | 24,0 (-1,44)    | 26,0 (-0,52) | 22,2 (-2,98) |
| Зима           | 14,4 (-1,09)    | 15,8 (-0,17) | 13,0 (-2,69) |
| Весна          | 4,1 (0,05)      | 4,1 (-0,31)  | 4,2 (0,48)   |
| Лето           | 1,8 (-0,13)     | 2,0 (-0,38)  | 1,7 (-0,01)  |
| Осень          | 3,7 (-0,27)     | 4,1 (0,33)   | 3,3 (-0,77)  |

Таблица 7

Частота межсуточных перепадов давления за сезон больше 8 гПа  
за периоды 1966-2024, 1966-1994 и 1995-2024 гг. (случай/сезон) на территории Среднего Поволжья

[Table 7. The frequency of inter-daily pressure drops per season is more than 8 gPa  
for the periods 1966-2024, 1966-1994 and 1995-2024. (case/season) in the Middle Volga region]

| Сезон / Season | Период / Period |              |              |
|----------------|-----------------|--------------|--------------|
|                | 1966-2024       | 1966-1994    | 1995-2024    |
| Год            | 58,6 (0,04)     | 59,0 (1,85)  | 58,1 (0,4)   |
| Зима           | 22,7 (-0,01)    | 23,2 (2,83)  | 22,2 (-0,71) |
| Весна          | 14,5 (0,38)     | 13,6 (-0,68) | 15,3 (0,16)  |
| Лето           | 3,7 (-0,14)     | 4,0 (0,07)   | 3,4 (0,05)   |
| Осень          | 17,7 (-0,18)    | 18,2 (-0,37) | 17,2 (0,93)  |

Примечание: в скобках значение КНЛТ (число случаев/10 лет)

[Note: in parentheses is the value of CNLT (number of cases/10 years)]

Среднегодовое количество суточных перепадов температуры >6 °C (рис. 4б) имеет тенденцию к уменьшению частоты. Так, среднее число перепадов температуры за весь период составляет 24,1 случаев/год, а КНЛТ=-1,44 случаев/10 лет. Особенно выделяется период 2003-2024 гг., где перепадов температуры было заметно меньше, чем в более ранние годы.

На рисунке 5 представлено распределение по годам (1966-2024 гг.) числа случаев с межсуточными перепадами температуры воздуха > 6 °C в зимний период. Линейные тренды, построенные как для всего периода, так и для 2-х подпериодов (1966-1994 и 1995-2024 гг.) свидетельствуют о том, что в более ранний период частота перепадов росла (КНЛТ = 0,41 случаев/10 лет), а в более поздний период, наоборот, понизилась (КНЛТ = -1,62 случаев/10 лет). В целом за весь период величина КНЛТ также отрицательная (-0,76 случаев/10 лет). Таким образом, на территории Среднего Поволжья возникла тенденция уменьшения частоты с межсуточными перепадами температуры > 6 °C. Из рисунка 5 видно, что межгодовая изменчивость числа перепадов температуры зимой в рассматриваемый 59-летний период велика.

На рисунке 6 представлено распределение по годам числа случаев с межсуточными перепадами давления более 8 гПа зимой за весь период исследования. Линейный тренд для периода 1966-2024 гг. незначим, однако в более ранний подпериод 1966-1994 гг. происходит рост давления (КНЛТ=2,92 случая/10 лет), а в более поздний период (1995-2024 гг.) наблюдается слабое уменьшение

числа перепадов давления со скоростью -0,75 случаев/10 лет. Эта тенденция характерна и для температуры.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате статистической обработки и анализа данных о температуре воздуха и атмосферном давлении на территории Среднего Поволжья в период 1966-2024 гг. выявлены следующие региональные особенности изменения климата.

В регионе наблюдается, как и в целом по территории России, потепление климата, проявившееся в значительном повышении средней годовой температуры в период 1966-2024 гг. со скоростью 0,42 °C/10 лет. Наиболее активно потепление происходит в зимний период (КНЛТ = 0,69 °C/10 лет), наименьшая скорость отмечается летом (КНЛТ = 0,31 °C/10 лет).

Наиболее часто фиксируются межсуточные перепады температуры (> 6 °C) в зимний период, что пре-вышает их суммарное число за остальные сезоны. При этом отмечается уменьшение частоты межсуточных перепадов температуры больше 6 °C за зимний сезон в период 1995-2024 гг. по сравнению с периодом 1966-1994 гг. Происходит также уменьшение дисперсии среднесуточной температуры воздуха.

Частота межсуточных перепадов давления больше 8 гПа наиболее значительна зимой, при этом происходит ее слабое уменьшение с 23 случаев/сезон (период 1966-1994 гг.) до 22 случаев/сезон (1995-2024 гг.). По сезонам частота перепадов давления распределяется в следующей последовательности: зима, осень, весна, лето.

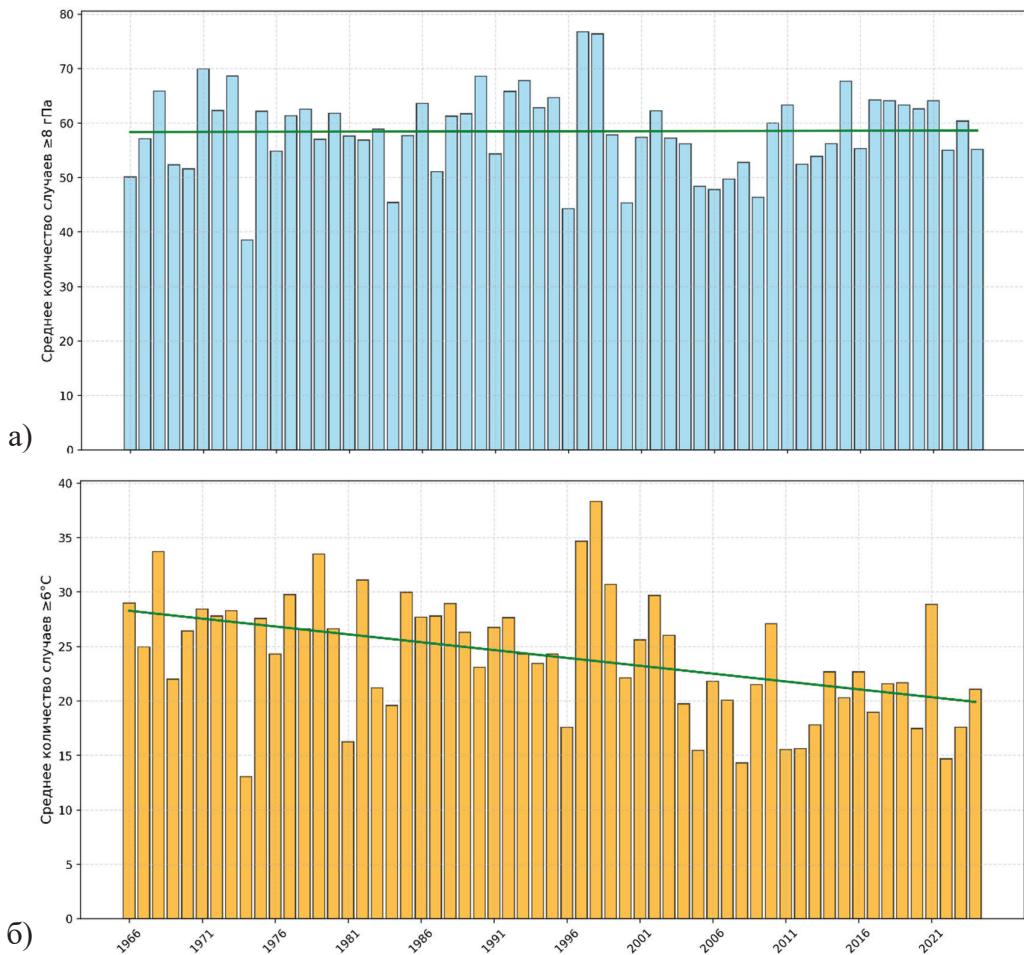


Рис. 4. Распределение межсуточных перепадов давления (а) и температуры (б) по годам в Среднем Поволжье (число случаев)

[Fig. 4. Distribution of inter-day pressure (a) and temperature (b) drops by year in the Middle Volga region (number of cases)]

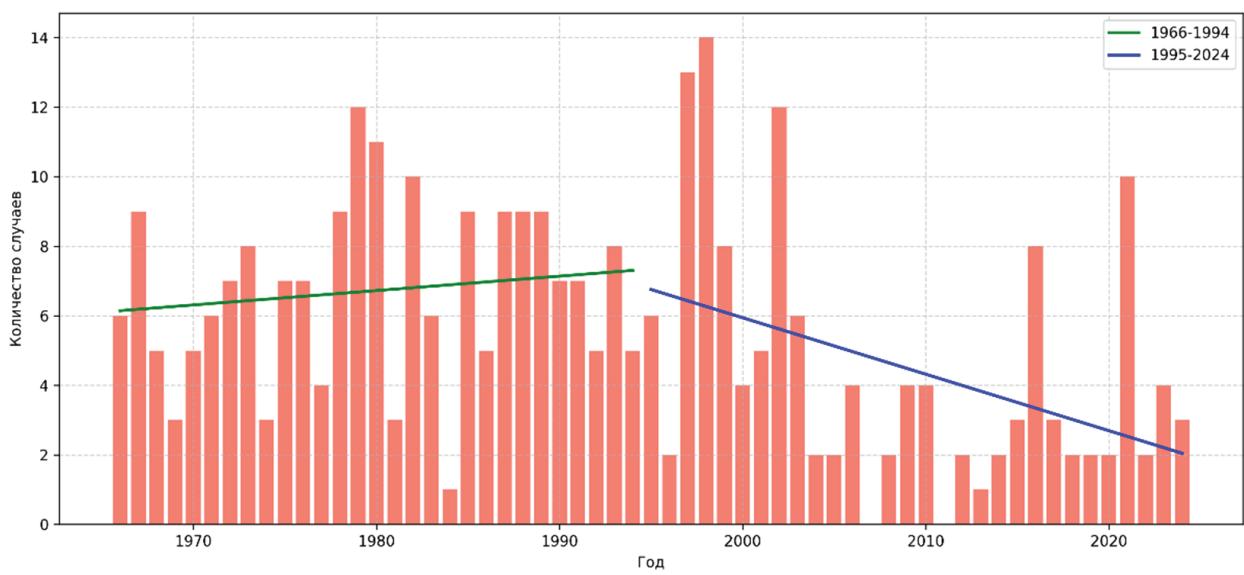


Рис. 5. Частота случаев с межсуточными перепадами температуры  $> 6^{\circ}\text{C}$  на территории Среднего Поволжья за 1966-2024 гг.

[Fig. 5. The frequency of cases with inter-day temperature fluctuations  $> 6^{\circ}\text{C}$  in the Middle Volga region in 1966-2024]

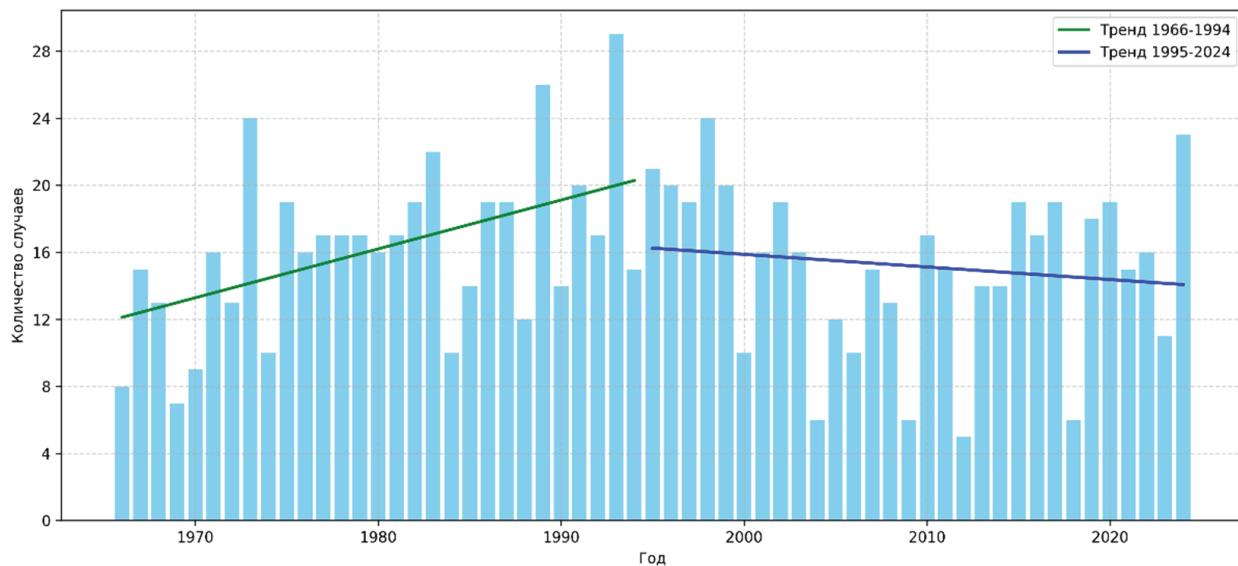


Рис. 6. Частота случаев с межсуточными перепадами давления > 8 гПа на территории Среднего Поволжья за 1966-2024 гг.

[Fig. 6. Frequency of cases with inter-day pressure drops > 8 gPa in the Middle Volga region in 1966-2024]

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев С.С. Человек и окружающая среда. Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦ ВШ АПСН, 2005. 271 с.
  - Динамика тропосферы и стратосферы в умеренных широтах Северного полушария и современные изменения климата в Приволжском федеральном округе / Ю.П. Переведенцев, В.В. Гурьянов, К.М. Шанталинский, Т.Р. Аухадеев. Казань: Издательство Казанского университета, 2017. 186 с.
  - Изменения климатических условий и ресурсов Среднего Поволжья / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин, К.М. Шанталинский, Э.П. Наумов, Ю.Г. Хабутдинов. Казань: Центр инновационных технологий, 2011. 296 с.
  - Исаев А.А. Экологическая климатология. Москва: Научный мир, 2001. 456 с.
  - Климат России / под ред. Н.В. Кобышевой. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2001. 655 с.
  - Климатические изменения в Приволжском федеральном округе в XIX-XXI веках / Ю.П. Переведенцев, Б.Г. Шерстюков, К.М. Шанталинский, В.В. Гурьянов, Т.Р. Аухадеев // Метеорология и гидрология, 2020, № 6, с. 36-46.
  - Колобов Н.В. Климат Среднего Поволжья. Казань: Издательство Казанского университета, 1968. 252 с.
  - Мохов И.И. Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования // Вестник РАН, 2022, т. 92, № 1, с. 3-14.
  - Опасные гидрометеорологические явления на территории Приволжского федерального округа / Ю.П. Переведенцев, А.В. Шумихина, К.М. Шанталинский, В.В. Гурьянов // Метеорология и гидрология, 2019, № 12, с. 20-30.
  - Особенности температурного режима у поверхности земного шара в 2022 году / Э.Я. Ранькова, О.Ф. Самохина,
  - У.И. Антипина, В.Д. Смирнов // Фундаментальная и прикладная климатология, 2023, т. 9, № 3, с. 330-368.
  - Переведенцев Ю.П., Мирсаева Н.А. Метеорология и климатология в Казанском университете: к 190-летию Гидрометеорологической службы России // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки, 2024, т. 166, кн. 4, с. 724-747.
  - Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России / под ред. А.Н. Золотокрылина, В.В. Виноградовой, О.Б. Глазера. Москва: Институт географии РАН, 2018. 156 с.
  - Русанов В.И. Методы исследования климата для медицинских целей. Томск: Издательство Томского университета, 1973. 191 с.
  - Современные региональные климатические изменения и их последствия / под ред. Ю.П. Переведенцева, Н.А. Мирсаевой, В.Н. Павловой. Москва: Русайнс, 2024. 223 с.
  - Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова. Санкт-Петербург: Наукомкие технологии, 2022. 676 с.
  - Sixth Assessment Report of the IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (Access: 28 December 2022).
- Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 11.07.2025  
Принята к публикации: 25.11.2025