

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Исследование термического режима Арктики и Антарктиды на  
фоне настоящих климатических тенденций**

АВТОРЕФЕРАТ  
БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 411 группы  
направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

**Кузнецовой Ольги Эдуардовны**

Научный руководитель  
доцент, к.г.н., доцент

\_\_\_\_\_

С.В. Морозова

Зав. кафедрой  
к.г.н., доцент

\_\_\_\_\_

М. Ю. Червяков

Саратов 2021

**Введение.** Настоящие климатические изменения, наблюдающиеся на нашей планете, трактуются как глобальное потепление. В результате глобального потепления климат Земли становится с каждым годом все мягче. Установлено, что наиболее сильно общепланетарное потепление проявляется в высоких широтах. При этом в Арктике теплеет в два-три раза быстрее, чем на всей остальной планете. За последнюю сотню лет температура там выросла на 4 °С -5 °С. Границы сплошных морских льдов смещаются все дальше и дальше на север. При этом скорость их таяния увеличивается с каждым годом.

Характер изменения температуры воздуха в Северном и Южном полушариях при формировании блокирующих процессов в тылу циклонов также различен. Если в Северном полушарии при арктическом вторжении похолодание распространяется с севера на юг, то в Южном полушарии с началом вытягивания гребня субтропического антициклона с севера на юг, от субтропиков к Антарктике, распространяется теплый воздух [1].

В Антарктиде глобальное потепление не так заметно – повышение температур отмечается только в районе Антарктического полуострова. В материковой части Антарктиды фиксируется слабое похолодание [3].

В связи с этим изучение современных климатических тенденций в этих регионах представляет важную и актуальную научную задачу.

Цель настоящей работы – рассмотреть особенности термического режима Арктики и Антарктики на фоне настоящих климатических изменений с помощью статистического анализа рядов температур.

Исходными материалами для выполнения исследования послужили данные о температуре воздуха, взятые с сайта: <http://www.pogodaiklimat.ru/> [7].

**Основное содержание работы.** В первом разделе «Изменение климата планеты» подробно рассмотрены общие характеристики климата Арктики и Антарктиды.

При более подробном рассмотрении было выявлено, что изменения климата обусловлены переменами в земной атмосфере, процессами, происходящими в других частях Земли, таких как океаны, ледники, а также,

уже в наше время, эффектами, сопутствующими деятельности человека. Внешние процессы, формирующие климат, — это изменения солнечной радиации и орбиты Земли:

- а) Изменение размеров, рельефа и взаимного расположения материков, и океанов,
- б) Изменение светимости Солнца,
- в) Изменения параметров орбиты и оси Земли,
- г) Изменение прозрачности и состава атмосферы, в том числе изменение концентрации парниковых газов ( $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ ),
- д) Изменение отражательной способности поверхности Земли (альбедо),
- е) Изменение количества тепла, имеющегося в глубинах океана [8].

Насыщение глобального потепления (или стабилизация глобальной температуры) происходит с середины XX в. на протяжении последующего квазитридцатилетнего периода [9]. Значения глобальной температуры в этот период меняются незначительно, хотя в отдельные годы отмечаются отрицательные аномалии в глобальном масштабе и в Северном полушарии. В Южном полушарии отмечаются незначительные отрицательные аномалии в период стабилизации [10].

Наблюдаемые основные тенденции изменения температуры в свободной атмосфере Северного полушария - потепление в тропосфере, и похолодание нижней стратосферы – соответствуют теоретическим представлениям о характере глобального потепления. В тропосфере Северного полушария 2019 год стал третьим самым теплым с 1958 года ( $0.60^\circ\text{C}$  выше нормы). Рекордной была осень с аномалией температуры  $+0.79^\circ\text{C}$ . Пятилетие 2015-2019 гг. является самым теплым тропосфере. В нижней стратосфере 2019 год стал третьим в ряду самых холодных лет (аномалия  $-1.01^\circ\text{C}$ ) [13].

Климат Арктического бассейна, прежде всего, определяется недостатком или полным отсутствием солнечной радиации зимой и очень большим притоком радиации летом. Годовой радиационный баланс поверхности арктических морей в целом положителен; отрицателен он только на плато

Гренландии. Но все же летние температуры невысоки, т.к. радиация затрачивается на таяние снега и льда, а температура поверхности и воздуха остается близкой к нулю. На тех островах и побережьях, где снег летом тает, она выше [14].

Циклоническая деятельность приводит ко входу в Арктический бассейн теплых воздушных масс с океанов умеренных широт (летом и с материков) и тем смягчает климат Арктики.

Среднемесячные температуры в Арктическом бассейне от  $40^{\circ}\text{C}$  зимой до  $0^{\circ}\text{C}$  летом. Температуры трех зимних месяцев - января, февраля и марта - близки между собой.

Наиболее теплая атлантико-европейская область Арктики. Здесь в процессе циклонической деятельности происходят глубокие выносы теплого атлантического воздуха в высокие широты, особенно повышающие температуру зимой [16]. В азиатской (восточносибирской), канадской и тихоокеанской областях Арктики зима значительно холоднее, чем в атлантико-европейской области, но лето, в общем, такое же.

Гренландия, с ее большой высотой над уровнем моря и преобладающим антициклоническим режимом, имеет особенно суровый континентальный климат. На плато, на станции Айсмитт (3300 м), средняя температура июля  $14^{\circ}\text{C}$ , января -  $49^{\circ}\text{C}$ , годовая  $-32^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум температур здесь около  $-65^{\circ}\text{C}$ .

Климат Антарктиды является самым суровым на земном шаре. Средние годовые температуры снижаются здесь от  $-10^{\circ}\text{C}$  на побережье, на широте полярного круга, до  $-50-60^{\circ}\text{C}$  в центральных районах материка. Среднее годовое количество осадков для всего материка около 120 мм, от побережья внутрь материка осадки сильно убывают [14].

Международная обеспокоенность усиливается в связи с возможностью глобального потепления (усиления парникового эффекта Земли). Ледники и ледовые щиты Антарктиды могут документировать такие изменения, особенно в Западной Антарктиде. Средняя зимняя температура на Антарктическом

полуострове увеличилась на 6 °С с 1960 года, и распад значительной части ледового шельфа Ларсена в период с января 1995 года по март 2002 года был в значительной степени обусловлен климатическими изменениями, вызванными повышением средней температуры воздуха [17].

Основную роль в суровости и сухости климата Антарктиды играет снежная поверхность материка, большая высота его над уровнем моря (в среднем около 3000 м, а в центре Восточной Антарктиды до 3500 м и более) и преобладающий антициклонический режим циркуляции.

Были доказаны результаты об отсутствии потепления на Антарктическом континенте дают результаты анализа линейных трендов приземной температуры воздуха на станциях за период с 1961 по 2000 г. На всех станциях, расположенных на континенте, за исключением станций Антарктического полуострова и станции Мак-Мердо, тренд отсутствует на протяжении первых 30 лет, а затем в последнее десятилетие наблюдается отрицательный тренд [19].

Во втором разделе **«Особенности термического режима Арктики и Антарктиды на фоне настоящих климатических тенденций»** было непосредственно рассмотрены особенности термического режима выбранных регионов на фоне глобального потепления.

В результате были выявлены естественные климатические периоды состояния земной климатической системы на основании статистического анализа изменений средней глобальной приповерхностной температуры воздуха:

а) малый ледниковый период в Европе, представленный на графике интервалом с середины XIX века по середину нулевых годов XX века;

б) первая волна глобального потепления, наблюдавшаяся с середины нулевых с сороковых годов прошлого века;

в) период стабилизации (относительного похолодания), имевший место в пятидесятые – шестидесятые годы XX века;

г) вторая волна глобального потепления, начавшаяся с середины семидесятых годов XX века и продолжающаяся по настоящее время с довольно существенным замедлением темпа [21].

Далее было проведено исследование термического режима Арктики и Антарктиды. Для анализа выбирались станции, расположенные в северной и южной полярных областях, имеющие наиболее длинный ряд наблюдений, и более-менее равномерно расположенные по району исследования. Согласно установленным критериям для Северного полушария выбраны шесть метеорологических станций, для Южного полушария – 9 метеорологических станций.

Из анализа видно, что на всех станциях Арктического бассейна самым теплым месяцем является июль. Самыми холодными месяцами выступают месяцы с января по март. Такая особенность связана с географическим расположением станций. также можно заключить, что холодный период – период с отрицательными средними месячными температурами – на каждой станции различен. Самым длинным он оказался на станциях «Остров Визе» и «Кап моррис джесюп». Продолжительность холодного периода на этих станциях составила одиннадцать месяцев. Самым коротким холодный период оказался на станции «Хаммерфест». Его продолжительность шесть месяцев.

Применение тренд-анализа к временному ряду средних годовых и средних месячных температур самого холодного и самого теплого месяцев на каждой станции позволило заключить следующее. Отмечается рост средних годовых температур и средних месячных температур самых холодных месяцев. Летом (самый теплый месяц) рост температур приземного слоя воздуха намного меньше, а на двух станциях – «Остров Хейса» и «Остров Визе» летние температуры понижаются.

Аналогичные расчеты проведены для станций Антарктического материка. Анализировались среднемесячные температуры метеорологических станций Антарктиды с 1957 года по 2018 год. Временной промежуток исследования на

антарктических станциях короче, чем на арктических. Тем не менее, он тоже охватывает период стабилизации и вторую волну глобального потепления.

Проведенный анализ позволил заключить, что самыми теплыми месяцами на пяти станциях был январь (м/с «Академик Вернадский», «Дюмон-д'Юрвиль», «Кейси», «Моусон», «Мирный»), на одной станции - февраль (м/с «Беллинсгаузен»), и на трех станциях - декабрь (м/с «Амундсен-Скотт», «Восток» и «Мак-Мёрдо»). Самым холодным месяцем на станциях «Амундсен-Скотт», «Беллинсгаузен», «Дюмон-д'Юрвиль», «Мак-Мёрдо» стал июль. На станциях «Академик Вернадский», «Восток», «Кейси», «Моусон» и «Мирный» самым холодным месяцем оказался август. Стоит отметить, что холодный период – период с отрицательными среднемесячными температурами - на всех рассматриваемых станциях оказался десять – двенадцать месяцев. На станциях «Амундсен-Скотт», «Восток», «Дюмон-д'Юрвиль», «Мак-Мёрдо», «Моусон» и «Мирный» теплый период отсутствовал вовсе. На станции «Кейси» продолжительность холодного периода составила одиннадцать месяцев, на м/с «Академик Вернадский» десять месяцев. Самым коротким холодный период отмечен на метеостанции «Беллинсгаузен» и составил восемь месяцев.

Проведен анализ статистики временных рядов температуры воздуха антарктических станций. Можно заключить, что средние годовые температуры растут не на всех станциях Антарктиды. На станциях «Восток» и «Моусон» имеет место понижение средних годовых температур воздуха. Если рассматривать температуры самых холодных и самых теплых месяцев, то можно отметить тенденцию уменьшения температур самых холодных месяцев на четырех из девяти рассматриваемых станций. Оказывается, интересным, что самая высокая скорость роста температур самого холодного месяца обнаружена на станции «Восток», средние годовые температуры на которой показывают тенденцию понижения. Летние температуры (самый теплый месяц) также растут не на всех станциях. На двух станциях «Амундсен-Скотт» и «Дюмон - д'Юрвиль» наблюдается отрицательный тренд температур самого теплого

месяца. Самая быстрая скорость роста летних температур отмечена на станции «Академик Вернадский».

Была проведена оценка статистической значимости изменений температур воздуха методом ступенчатого тренда для самого теплого летнего месяца (июль) на Арктической станции «Остров Врангеля». Было выявлено, что на  $t < t_{\text{крит}}$ ;  $0,147 < 1,296$ . Изменения считаются случайными и в расчет не принимаются. На исследуемом временном промежутке (1956-2018) статистическая значимость изменения температур не выявлена.

В третьей главе «Сравнительный анализ термического режима Арктики и Антарктиды на фоне наблюдаемых климатических изменений» было проведено сравнение термических режимов Арктики и Антарктиды.

Из сравнения термических режимов Арктики и Антарктики можно заключить, что в целом в Антарктиде на исследуемом ряду лет (1957-2018 гг.) преобладает тенденция роста средних годовых температур, но эта тенденция не так однородна, как в Арктическом бассейне. Отметим также, что скорость роста зимних температур в южной полярной области намного меньше, чем в северной. Оказывается, интересным, что наибольший рост зимних температур в южной полярной области, как и в северной, наблюдается на самых континентальных станциях – «Восток» и «Кап моррис джесюп» соответственно. Летние температуры обнаруживают тенденцию роста не на всех станциях и Антарктиды, и Арктики.

Таким образом, из проведенного анализа можно заключить, что на фоне настоящих климатических тенденций изменения термического режима в Арктике и Антарктике имеет свои особенности.

### **Заключение.**

1) В Антарктиде на исследуемом ряду лет (1957-2018 гг.) преобладает тенденция роста средних годовых температур, но эта тенденция не так однородна, как в Арктическом бассейне.

2) Скорость роста зимних температур в южной полярной области намного меньше, чем в северной.

3) Наибольший рост зимних температур в южной полярной области, как и в северной, наблюдается на самых континентальных станциях – «Восток» и «Кап моррис джесюп» соответственно.

4) Летние температуры обнаруживают тенденцию роста не на всех станциях и Антарктиды, и Арктики.

5) Таким образом, из проведенного анализа можно заключить, что на фоне настоящих климатических тенденций изменения термического режима в Арктике и Антарктике имеет свои особенности.

6) На двух исследуемых станциях «Остров Врангеля» и «Мирный» изменения температурного ряда по времени считаются статистически не значимыми.

#### **Список использованных источников.**

1 Kononova, N. K., Morozova, S. V., Differences in the formation of blocking processes in the Northern and Southern Hemispheres // International Young Scientists School and Conference on Computational Information Technologies for Environmental Sciences “CITES-2019”. Moscow, Russia, 27 May – 6 June 2019. P. 46-49.

3 Морозова, С.В. Роль планетарных объектов циркуляции в глобальных климатических процессах / С.В. Морозова. – Саратов : Изд-во, СГУ, 2019. - 132 с.

7 Справочно-информационный портал «Погода и Климат» [Электронный ресурс] : [http://www.pogodaiklimat.ru/] - URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ay> (дата обращения : 12.03.2020). - Загл. с экрана. – Рус. язк.

8 Шнитников, А. В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности / А.В. Шнитников. — Л. : Изд-во, Наука, 1969. – 244 с.

9 Будыко, М.И. Аналоговый метод оценки предстоящих изменений климата / М.И. Будыко. Метеорология и гидрология, 1991. № 4. – С. 39–50.

10 Мартазинова, В.Ф., Тимофеев, В.Е. Современное состояние атмосферной циркуляции воздуха в Северном и Южном полушарии, и региональные

климатические особенности в Атлантико-Европейском секторе и районе Антарктического полуострова / В.Ф. Мартазинова, В.Е. Тимофеев. – Киев : Изд-во, УкрНДГМИ, 2008. – 21 с.

13 Оценочный доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации // Сборник «Росгидромет» - М. : Изд-во, «Росгидромет», 2020. – 104 с.

14 Хромов, С. П., Петросянц, М. А. Метеорология и климатология / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. – М. : Изд-во, Московского ун-та., 1994. – С. 9-10, 479-484.

16 Второй Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации // Сборник «Росгидромет» - М. : Изд-во, «Росгидромет», 2014. – 60 с.

17 Справочно-информационный портал «Encyclopædia Britannica» - Климат Антарктиды [Электронный ресурс] : - URL: <https://www.britannica.com/place/Antarctica/Climate> . (дата обращения : 14.05.2020). - Загл. с экрана. – Яз. англ.

19 Розанова, И.В. Циклонические центры действия атмосферы, циркуляции и климат южной полярной области во второй половине XX столетия / И.В. Розанова. – СПб. : Изд-во, РГГМУ, 2006. – 7 с.

21 S.V. Morozova, E.A. Polyanskaya, G.F. Ivanova, N.G. Levitskaya, K. E. Denisov, N.P. Molchanova. 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). Volume 107, 2018.