

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

Высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Анализ климатических полей геопотенциала  
в центральные месяцы сезонов.**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента                    4                    Курса                    411                    Группы

Направления                    05.03.05 Прикладная гидрометеорология

---

Географического факультета

---

Шарапова Сергея Владимировича

---

Научный руководитель

ассистент

С.В. Морозова

---

Зав. кафедрой

к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

---

Саратов 2024

**Введение.** Климатические изменения, наблюдаемые в последние десятилетия, представляют собой одну из наиболее актуальных проблем современности. Они оказывают значительное влияние на все сферы жизни человека, включая экономику, экологию и здоровье населения.

Понимание динамики атмосферных процессов, особенно в ключевых регионах, является важнейшим фактором для разработки эффективных мер по адаптации к изменениям климата и смягчению их последствий. Центральные месяцы сезонов, характеризующиеся наиболее устойчивыми климатическими условиями, служат важным объектом изучения, позволяющим выявить долгосрочные тренды и особенности климатической изменчивости.

В настоящее время существует множество исследований, посвящённых изучению климатических изменений. Однако большинство из них сосредоточено на анализе краткосрочных колебаний температуры, осадков и других параметров. В то же время, долгосрочные тенденции и закономерности климатических изменений остаются недостаточно изученными. Это затрудняет разработку эффективных стратегий адаптации и смягчения последствий климатических изменений. Для решения этой проблемы необходимо проводить более детальные исследования климатических изменений в различных регионах мира. Особое внимание следует уделить изучению центральных месяцев сезонов, которые характеризуются наиболее стабильными климатическими условиями. Эти исследования позволят выявить долгосрочные тенденции климатических изменений и разработать более эффективные меры по адаптации к ним.

Кроме того, необходимо учитывать, что климатические изменения могут иметь различные последствия для разных регионов мира. Поэтому важно проводить исследования, учитывающие региональные особенности климатических изменений. Это позволит разработать более точные и эффективные стратегии адаптации и смягчения последствий климатических изменений для каждого конкретного региона.

Таким образом, изучение центральных месяцев сезонов является важным шагом в понимании долгосрочных тенденций климатических изменений. Оно позволяет выявить закономерности и тенденции, которые могут быть использованы для разработки более эффективных мер по адаптации и смягчению последствий климатических изменений.

Целью данной работы является анализ климатических полей геопотенциала в центральные месяцы сезонов с 2013 по 2023 годы.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Собрать необходимые данные о климатических полях геопотенциала за период с 2013 по 2023 годы;
2. Изучить географические районы локализации очагов отрицательных и положительных отклонений геопотенциала;
3. Рассчитать средние многолетние значения за этот период, анализируя изменения в климатических полях геопотенциала;
4. Использовать методы визуализации, такие как карты, для наглядного представления изменений и их пространственного распределения;
5. Провести анализ изменений полей геопотенциала.

### **Основное содержание работы.**

#### **1 Глобальные тенденции изменения климата**

В последние десятилетия интерес к климату и его изменениям чрезвычайно возрос, поскольку климат – важнейшая характеристика природной среды обитания человека и общества. В связи с этим исследование изменений глобального климата является одной из актуальных проблем современного естествознания [2].

Термин «климат» используют для характеристики различных понятий. С одной стороны, под климатом понимают многолетний режим погоды, характерный для определенной местности и обусловленный взаимодействием солнечной радиации, теплооборота, влагооборота, циркуляции атмосферы и подстилающей поверхности [1]. В таком понимании климат – локальное понятие –

является одной из физико-географических характеристик местности в ряду других: рельефа, вод, почвенного покрова, растительности, животного мира.

С другой стороны, климат является глобальным понятием, поскольку климатическая система глобальна. Климатическая система включает в качестве основных составляющих атмосферу, гидросферу и криосферу, поверхность суши и биоту, сложные взаимодействия которых вместе с потоком солнечного излучения определяют климат Земли.

По А.С. Монину [3], климатом называется статистический ансамбль состояний, проходимых климатической системой за периоды времени в несколько десятилетий. При этом все составляющие климатической системы (компоненты) находятся в тесной связи друг с другом, обмениваясь энергией и массой.

Для того чтобы понять механизмы, которые формируют климат Земли, необходимо изучать не только процессы, происходящие в атмосфере, но и процессы, происходящие во всей климатической системе, а также взаимодействие ее компонентов.

## **2 Изменения климатических полей геопотенциала в контексте глобального потепления**

Изменения климатических полей геопотенциала являются важным аспектом изучения климатической системы Земли. Геопотенциал, зависящий от высоты и плотности воздуха, используется для анализа атмосферной динамики, распределения давления и температуры. Потепление климата приводит к изменениям в структуре атмосферы, включая увеличение высоты тропопаузы и изменение геопотенциала на различных высотах, что влияет на давление и температурные градиенты.

Эти изменения затрагивают атмосферную циркуляцию, струйные течения, муссонные системы и траектории циклонов и антициклонов. Потепление климата также влияет на климатические паттерны, такие как Эль-Ниньо и Североатлантическое колебание, через изменения в геопотенциальных полях. Современные климатические модели и наблюдения помогают прогнозировать эти изменения, что важно для улучшения прогнозов погоды и адаптации к изменяющимся условиям.

Эти изменения оказывают значительное влияние на сельское хозяйство, водные ресурсы, энергетику и инфраструктуру, а также на авиаперелёты. Понимание и прогнозирование изменений в геопотенциальных полях играет ключевую роль в адаптации к изменяющемуся климату и снижении негативных последствий для общества.

## **3 Методы исследования пространственно-временной структуры метеорологических полей**

Изучение пространственно-временной изменчивости метеорологических полей в контексте изменения климата является актуальной научной задачей. Современные исследования включают множество мониторинговых измерений, представляемых в виде временных рядов, что требует выявления скрытых эмпирических закономерностей.

Этап выявления информации о существующих связях позволяет сжать исходные данные и представить задачу в обозримом виде, что дает возможность строить гипотезы и модели для дальнейших исследований. Проблемы отсутствия универсального подхода объясняются сложностью систем и необходимостью адаптации методов к специфике данных и целей исследования.

Методы анализа многомерных данных, такие как метод главных компонент, факторный анализ и кластерный анализ, направлены на поиск структур в данных. Комбинирование традиционных вычислительных методов и многомерной статистики позволяет решать задачи исследования природных систем.

В данной работе предлагается комплексный подход, состоящий из классификации, интерполяции и анализа динамики метеорологических полей. Классификация разбивает данные на классы, интерполяция заполняет пропуски в данных, а анализ динамики использует понятие траектории для изучения изменений.

Примером такого подхода является исследование метеорологических полей приземного давления и температуры воздуха над Северным полушарием. Результаты показывают, что классификация и интерполяция взаимно усиливают эффективность подхода, уменьшая среднюю квадратичную ошибку интерполяции на 20-30%.<sup>4</sup> Исследование полей геопотенциала в различные климатические периоды.

#### 4 Исследование полей геопотенциала в различные климатические периоды.

##### 4.1 Исходные данные и методика исследования

В исследовании использовались данные о геопотенциале на уровне 500 гПа с ftp-сервера Гидрометцентра РФ за 2013-2023 годы. Рассчитаны средние месячные и многолетние значения для каждого узла сетки.

Данные обработаны с помощью ГИС-технологий и программы MAPINFO. Созданы карты средних месячных и многолетних барических полей на уровне 500 гПа для центральных месяцев сезонов.

Сравнение карт показало значительные различия барических полей в исследуемых периодах, позволяя изучить сезонные климатические изменения. Исследование охватывало координаты от 40° до 70° северной широты и от 30° западной до 70° восточной долготы.

##### 4.2 Анализ средних многолетних полей геопотенциала в январе и июле.

На рисунке 4.1 показано среднее многолетнее поле геопотенциала в январе за 2013-2023 гг. Изолинии через каждые 4 гПа варьируются от 516 до 572 гПа.

**Атлантика:** плотные изолинии, сильный градиент давления, интенсивные зональные потоки; геопотенциал от 520 до 564 гПа, максимум 568 гПа на юге, указывая на высокое давление.

**Европа и западная Азия:** разреженные изолинии, слабый градиент давления; геопотенциал от 516 гПа на северо-востоке до 552 гПа на юге.

**Планетарная фронтальная зона:** осевая линия на 536 гПа, ложбина давления от северо-западной Европы до центральной Азии с минимумом 522 гПа на северо-востоке.

Карта иллюстрирует зональные потоки над Атлантикой и меридиональные потоки над Европой и западной Азией, позволяя оценить распределение геопотенциала и характер воздушных потоков на уровне 500 гПа.

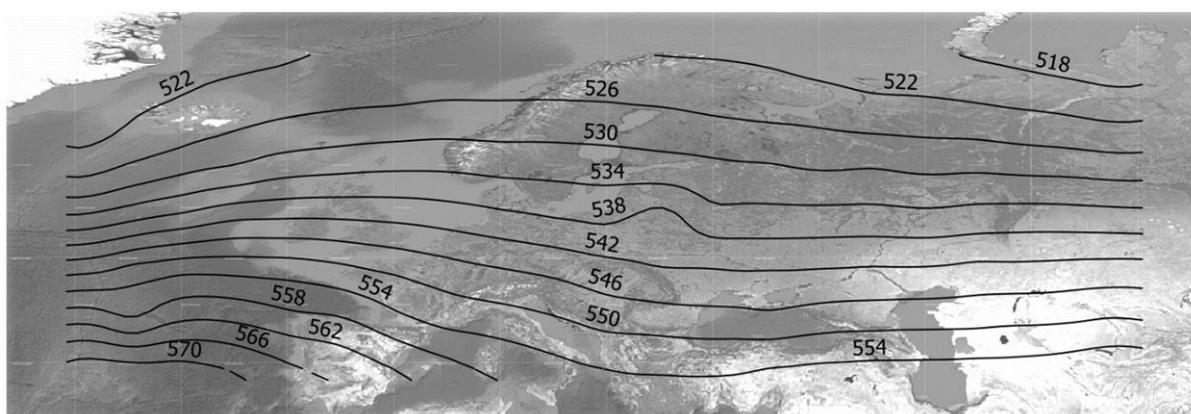


Рисунок 4.1 - среднее многолетнее поле геопотенциала в январе.

(Составлено автором)

На рисунке 4.2 показано отклонение геопотенциала от среднеширотного в январе за 2013-2023 гг. Граница между положительными и отрицательными аномалиями проходит вдоль Уральских гор, через Среднюю Волгу, к северо-западному побережью Черного моря, на Балканы и Аппенины, затем на север Африки.

- **Западные области:** положительные аномалии геопотенциала, особенно над северной Атлантикой и западнее Пиренейского полуострова.
- **Восточные области:** отрицательные аномалии, с самыми низкими значениями над Западной Сибирью, Средней Азией и Каспийским морем.

Карта иллюстрирует распределение аномалий геопотенциала, показывая области высокого и низкого давления.

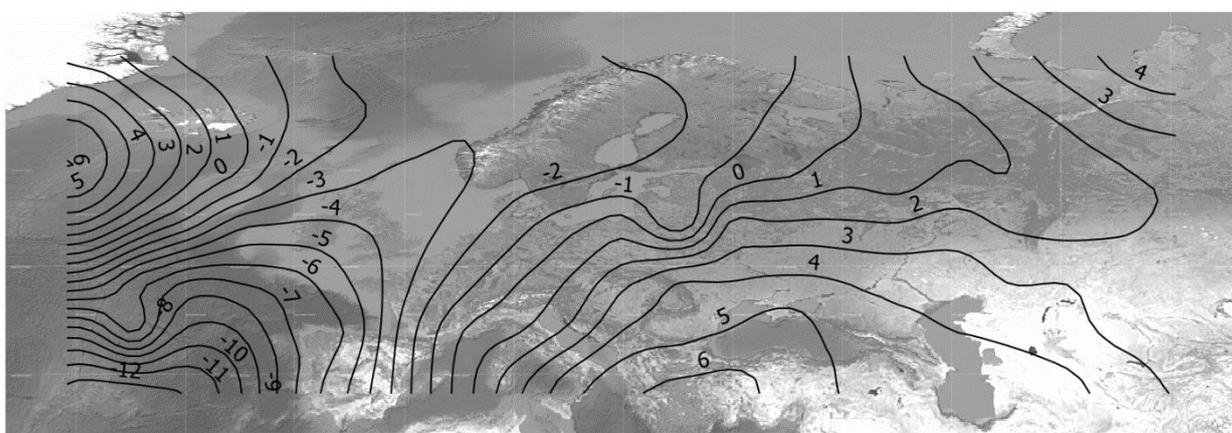


Рисунок 4.2 - поле отклонения геопотенциала от среднеширотного в январе. (Составлено автором)

На рисунке 4.3 показано среднее многолетнее поле геопотенциала в июле с 2013 по 2023 год. Поле характеризуется мелкими волнами слабой амплитуды, хаотично разбросанными по изучаемой территории. Ложбина над северной Европой является наиболее выраженной, в то время как над южной частью скандинавского полуострова она менее глубока. Над Атлантическим океаном в северной части поле изогипс не возмущено, образуя западный перенос, в то время как в южной части наблюдается выраженный гребень. Над территорией Беларуси и Черным морем заметна слабая циклоническая кривизна, а над Каспийским морем выражен слабо выраженный гребень.

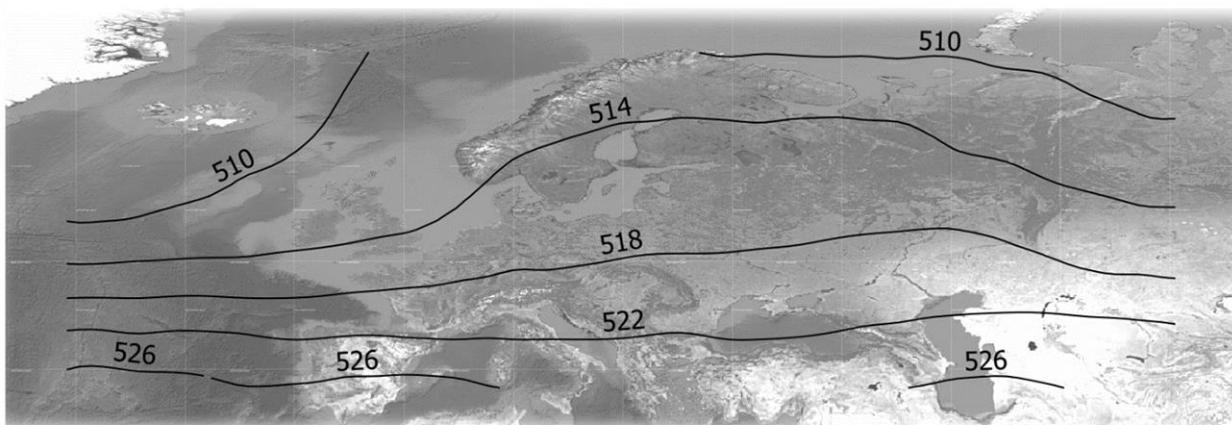


Рисунок 4.3 - среднее многолетнее поле геопотенциала в июле.

(Составлено автором)

На рисунке 4.4 показаны отклонения поля геопотенциала. Положительные отклонения простираются от Скандинавии до Восточной Европы и над Атлантическим океаном западнее Пиренейского полуострова. Отрицательные отклонения видны от острова Исландии до Малой Азии, с наибольшими отрицательными значениями над севером Франции и югом Великобритании. Осевые линии планетарно-высотной фронтальной зоны продвинулись на север на примерно 10 градусов в последний климатический интервал (2013-2023 гг.), что увеличило выход южных циклонов на территорию Европы.

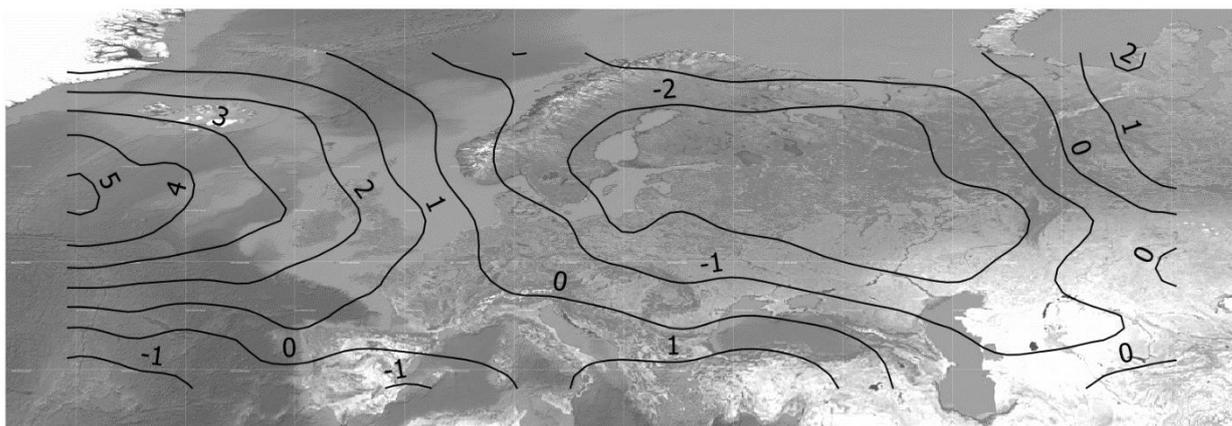


Рисунок 4.4 - поле отклонения геопотенциала от среднеширотного в июле. (Составлено автором)

#### 4.3 Анализ средних многолетних полей геопотенциала в апреле и октябре.

На рисунке 4.5 представлено среднемноголетнее поле геопотенциала в апреле за период 2013-2023 гг. Область над Атлантикой характеризуется зональными потоками, в то время как над Европой и частью Азии выделяется обширная ложбина, простирающаяся от Скандинавии до западной части полуострова Малая Азия. Восточная часть Черного моря и Кавказ находятся под влиянием передней части этой ложбины, в которую поступают влажные и относительно теплые воздушные массы с Атлантики. Осевая линия планетарной фронтальной зоны на уровне 500 гПа (544 гПа) проходит около 60° северной широты и направлена от северной Атлантики к центральному Уралу.

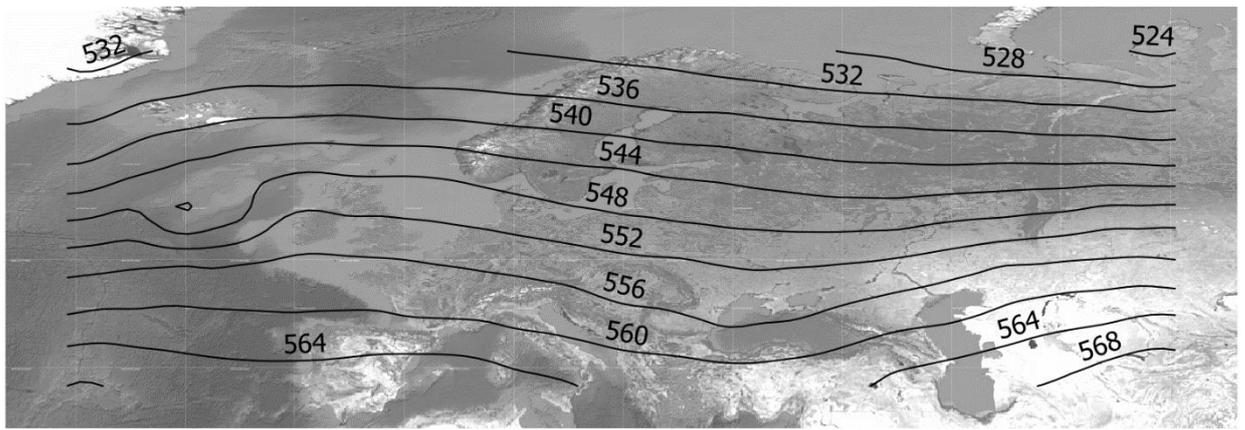


Рисунок 4.5 - среднее многолетнее поле геопотенциала в апреле. (Составлено автором)

На рисунке 4.6 отмечаются два крупных отрицательных очага отклонений геопотенциала над северной Атлантикой и Средней Азией, с областью положительных аномалий над Черным морем. Разница в климатической ложбине между этими очагами составляет 8-10 гПа.

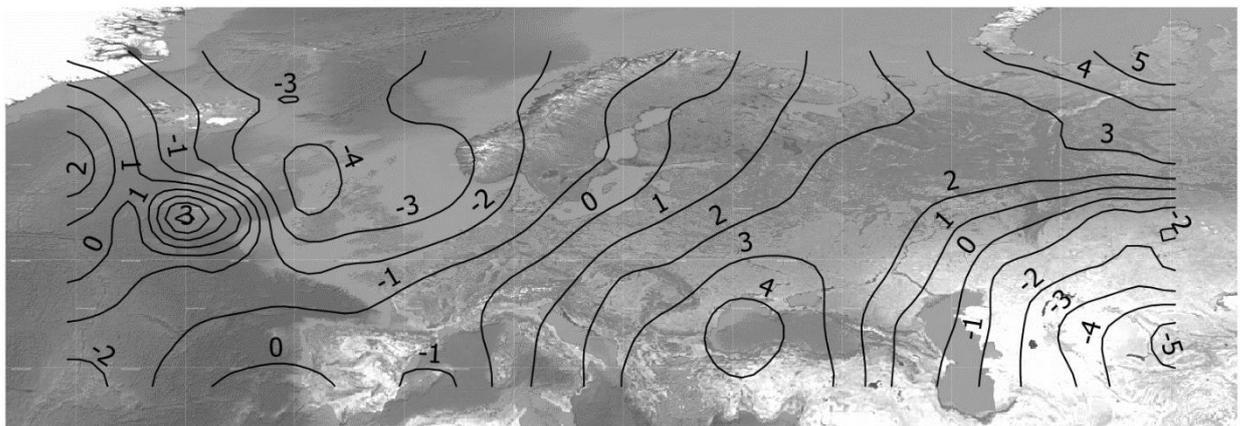


Рисунок 4.6 - поле отклонения геопотенциала от среднеширотного в апреле. (Составлено автором)

На рисунке 4.7 представлено среднемноголетнее поле геопотенциала в октябре, характеризующееся зональными потоками над Атлантикой и широкой ложбиной над Европой и западной Азией.

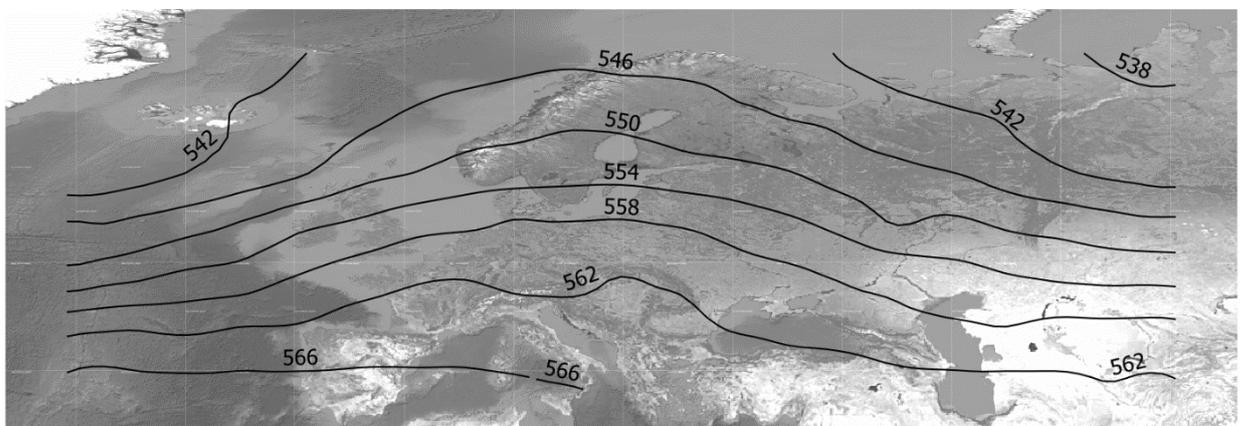


Рисунок 4.7 - среднее многолетнее поле геопотенциала в октябре.

(Составлено автором)

На рисунке 4.8 показаны поля отклонений геопотенциала на уровне 500 гПа в октябре. В северной Атлантике преобладают положительные отклонения до 7 гПа, указывающие на область высокого давления. В центральной Европе и западной Азии выделены отрицательные отклонения до -6 гПа, свидетельствующие о низком давлении. Восточная Европа и западная Сибирь отмечены положительными отклонениями до 5 гПа.

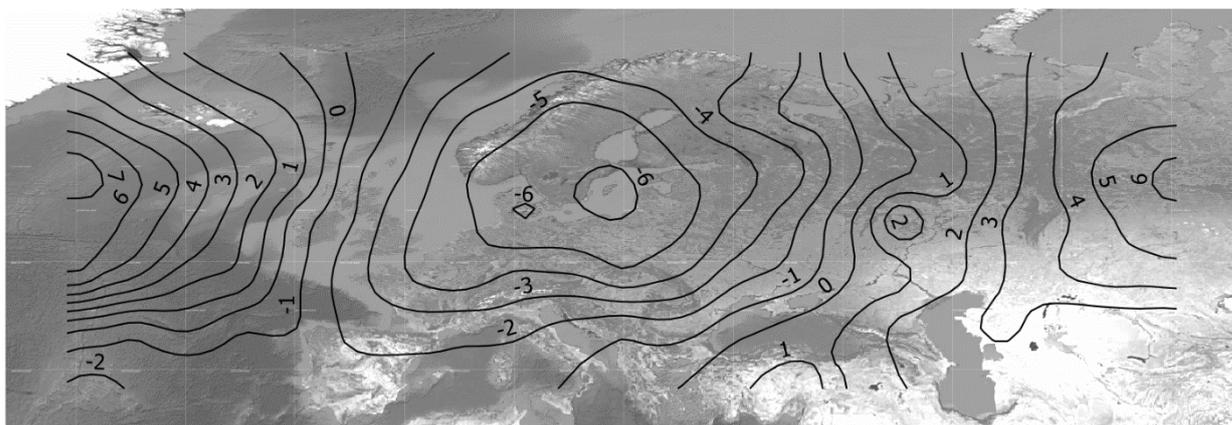


Рисунок 4.8 - поле отклонения геопотенциала от среднеширотного в октябре. (Составлено автором)

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Демирчян, К.С. Глобальное потепление и «политика» его предотвращения / К.С. Демирчян, К.Я. Кондратьев, К.К. Демирчян // Биосфера. – 2010. –Т. 2, № 4. - С. 488 - 502.1.
2. Переведенцев, Ю.П. Теория климата / Ю.П. Переведенцев. – Казань: Казанский государственный университет, 2009. – 504 с.
3. Монин, А.С. История Земли / Монин, А.С // Ленинград: Наука, 1977 – С. 228.
4. Морозова, С.В Особенности проявления глобальных климатических тенденций на юго-востоке русской равнины / С.В. Морозова, Е.А. Полянская, Н.К. Кононова, А.В. Летучий, Н.П. Молчанова // Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАН А.Н. Антипова. – Иркутск: Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, 2019. - С. 181-186.
5. Алимпиева, М.А. Исследование термического режима арктического региона на фоне настоящих климатических изменений / М.А. Алимпиева, С.В. Морозова, Е.А. Полянская, Н.К. Кононова // Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды в пространстве СНГ: тезисы доклада на конференции. – СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2020. - С. 116-117.
6. Осипова, Я.В. Физические аспекты глобального потепления как фактора изменения климата / Я.В. Осипова // Молодежные исследования и инициативы в науке, образовании, культуре, политике: статья в сборнике трудов конференции, 2019. - С. 131 - 134.
7. Сводное ежегодное сообщение о состоянии и изменении климата на территориях государств-участников СНГ за 2013 год [Электронный ресурс] // Северо-Евразийский климатический центр [Электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <http://seakc.meteoinfo.ru> (дата обращения: 10.03.2022). - Загл. с экрана. - Яз. рус.
8. Морозова, С.В. Климатические изменения в нижневолжском регионе на фоне глобального потепления (на примере Саратова) / С.В. Морозова, Н.Г. Левицкая, И. А. Орлова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Науки о Земле. - 2013. – Т. 13, №1 - С. 45 - 50.
9. Панин, Г.Н. Анализ климатических тенденций в высоких широтах северного полушария / Г.Н. Панин, Т.Ю. Выручалкина, И.В. Соломонова // Известия Российской академии наук. Серия географическая. -2008. - № 6. - С. 31 - 41.
10. Иванова Э.В. Об одном методе совместного исследования метеорологических полей / Иванова Э.В., Катаев С.Г., Катаева С.С. // Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. – 2017. – С. 75 – 77.
11. Средние месячные данные о температуре воздуха на уровне 2 метров (К) за январь по Северному полушарию [Электронный ресурс] // Copernicus - Программа Европейского Союза по наблюдению за Землей [электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <https://climate.copernicus.eu> (дата обращения: 15.03.2022). - Загл. с экрана. - Яз. рус.
12. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Москва. Росгидромет. 2022. 676 с.
13. Морозова С.В. Роль планетарных объектов циркуляции в глобальных климатических процессах. Саратов. Изд-во СГУ. 2019. 132 с.
14. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с.
15. Шерстюков Б. Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. Обнинск: Изд-во ВНИИГМИ-МЦД, 2008. 246 с.
16. Малинин В.Н., Гордеева С.М. О современных изменениях глобальной температуры воздуха // Общество. Среда. Развитие. 2011. № 2. С. 215–221
17. Иванов В. В. Современные изменения гидрометеорологических условий в Северном Ледовитом океане, связанные с сокращением морского ледяного покрова // Гидрометеорология и экология. 2021. № 64. С. 407—434. doi: 10.33933/2713-3001-2021-64-407-434.
18. Малинин В.Н., Гордеева С.М., Наумов Л.М. Влагосодержание атмосферы как климатообразующий фактор // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т.15. № 3. С. 243—351.
19. Логинов В.Ф.. Тренды, скачки, паузы в изменении климата земного шара и их возможные причины. Гидрометеорология и образование. 2022. №2. С. 6-27. 400
20. Клименко В.В. Мониторинг динамики глобальных климатических процессов /Математические и физические методы в экологии и мониторинге природной среды: Тр. Междунар. конф. М.: МГУЛ, 2001. С. 43-53.
21. Переведенцев Ю.П., Рахимов И.И., Шерстюков Б.Г., Шанталинский К.М. Влияние современных климатических изменений на фенологию и поведение птиц. Гидрометеорология и образование. 2021. №2. С.28-46.
22. Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казань. Изд-во КГУ. 2009. 504 с.

23. Попова В.В. Современные изменения климата на севере Евразии как проявление вариации крупномасштабной атмосферной циркуляции. *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2018. № 1. С. 84-112.
24. Боков В.Н., Воробьев В.Н. Изменчивость атмосферной циркуляции и изменение климата. *Ученые записки РГГМУ*. 2010. №13. С. 83-88.
25. Мартынова Ю.В., Крупчатников В.Н. О некоторых особенностях динамики общей циркуляции атмосферы в условиях глобального изменения климата. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2015. Т. 51. № 3. С.346-357.
26. Разоренова О.А. Климатология высотных фронтальных зон Северного полушария в зимний период. *Метеорология и гидрология*. 2016. №1. С. 5-16.
27. Архангельский В.Л. Региональная синоптика Нижнего Поволжья. Саратов. Изд-в СГУ. 1968. 208 с.
28. Полянская Е.А. Синоптические процессы и явления погоды в Нижнем Поволжье. Саратов. Изд-во СГУ. 1986. 208 с.
29. *Гидрометеорология и образование*. 2021. № 2. С. 47-55. 1
30. Морозова С.В., Полянская Е.А., Алимбиева М.А. Особенности проявления глобальных климатических тенденций на юго-востоке Русской равнины. *Гидрометеорология и образование*. 2021. № 4. С. 20-30.