

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ
Кафедра общего землеведения и гидрометеорологии

ЖМОДИКОВ
Антон Михайлович

**НАУЧНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРИОДИЧЕСКИХ И НЕПЕРИОДИЧЕСКИХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ**

Магистерская работа

Научный руководитель:
кандидат физико-математических
наук, доцент Красовский А.Н

Допущен к защите

«___» _____ 2025 г.

Заведующий кафедрой общего землеведения и гидрометеорологии

кандидат географических наук, доцент

_____ Ю.А. Гледко

Минск, 2025

РЕФЕРАТ

УДК 551.51: 57.045

Жмодиков А. М. Научный анализ периодических и непериодических взаимодействий средней и нижней атмосферы (магистерская работа). / А. М. Жмодиков – Минск, 2025. – 68 с.

Библиогр. 170 назв., рис. 16.

СТРАТОСФЕРНЫЙ ПОЛЯРНЫЙ ВИХРЬ, ВНЕЗАПНОЕ СТРАТОСФЕРНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ, ВОСТОЧНЫЙ ВЕТЕР, СРЕДНЯЯ АТМОСФЕРА, НИЖНЯЯ АТМОСФЕРА, СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ.

В магистерской работе рассматриваются исследования периодических и непериодических взаимодействий средней и нижней атмосферы, динамика стратосферного полярного вихря и влияние на него фаз солнечных циклов и внезапных стратосферных потеплений.

Актуальность магистерской работы – исследование непериодических или экстремальных явлений в средней атмосфере дают представления о физическом механизме взаимодействия слоев атмосферы и понимание их прогнозирования.

Объектами исследования являются: динамика стратосферного полярного вихря; изобарическая поверхность 10 гПа; температура и скорость восточного и западного ветров на высоте 10 гПа.

Предмет исследования – периодические и непериодические взаимодействия средней и нижней атмосферы.

Цель исследования – проведение научного анализа периодических и непериодических взаимодействий в средней и нижней атмосфере земного шара.

Для исследования динамики стратосферного полярного вихря и влияния на него фаз солнечных циклов и внезапных стратосферных потеплений, была применена методика осреднения карт пространственного распределения параметров. Динамика стратосферного полярного вихря анализировалась по промежуткам десятилетий за период 1981-2020 гг. и по промежуткам солнечных циклов за период 1980-2024 гг. Влияние внезапных стратосферных потеплений на стратосферный полярный вихрь анализировалась отдельно для восточной и западной фаз квазидвухлетних колебаний за периоды 10 дней до, самого периода потеплений и 10 дней после них. В качестве параметров, по которым исследовалось влияние внезапных стратосферных потеплений на стратосферный полярный вихрь, были взяты: высота изобарической поверхности 10 гПа, температура и скорость восточного ветра на высоте 10 гПа. Практическая значимость данной работы заключается в улучшении понимания физических механизмов взаимодействия слоев атмосферы с их дальнейшим прогнозированием.

РЭФЕРАТ

Жмодзікаў А. М. Навуковы аналіз перыядычных і непэрыядычных узаемадзеянняў сярэдняй і ніжняй атмасферы (магістарская работа). / А. М. Жмодзікаў - Мінск, 2025. – 68 с.

Бібліягр. 170 назваў., мал. 16.

СТРАТАСФЕРНЫ ПАЛЯРНЫ ВІХР, РАПТОЎНАЕ СТРАТАСФЕРНАЕ ПАЦЯПЛЕННЕ, УСХОДНІ ВЕЦЕР, СЯРЭДНЯЯ АТМАСФЕРА, НИЖНЯЯ АТМАСФЕРА, СОНЕЧНА-ЗЯМНЫЯ СУВЯЗІ.

У магістарскай рабоце разглядаюцца даследаванні перыядычных і непэрыядычных узаемадзеянняў сярэдняй і ніжняй атмасферы, дынаміка стратасфернай палярнай віхуры і ўплыў на яе фаз сонечных цыклаў і раптоўных стратасферных пацяпленняў.

Актуальнасць магістарскай работы – даследаванне непэрыядычных або экстрэмальных з'яў у сярэдняй атмасферы даюць уяўленні аб фізічным механізме ўзаемадзеяння пластоў атмасферы і разуменне іх прагназавання.

Аб'ектамі даследавання з'яўляюцца: дынаміка стратасфернага палярнага віхуры; ізабарычная паверхня 10 гПа; тэмпература і хуткасць усходняга і заходняга вятроў на вышыні 10 гПа.

Прадмет даследавання – перыядычныя і непэрыядычныя ўзаемадзеянні сярэдняй і ніжняй атмасферы.

Мэта даследавання – правядзенне навуковага аналізу перыядычных і непэрыядычных узаемадзеянняў у сярэдняй і ніжняй атмасферы зямнога шара.

Для даследавання дынамікі стратасфернага палярнага віхуры і ўплыву на яго фаз сонечных цыклаў і раптоўных стратасферных пацяпленняў, была прыменена методыка асяроджвання карт прасторавага размеркавання параметраў. Дынаміка стратасфернай палярнай віхуры аналізавалася па прамежках дзесяцігоддзяў за перыяд 1981-2020 гг. і па прамежках сонечных цыклаў за перыяд 1980-2024 гг. Уплыў раптоўных стратасферных пацяпленняў на стратасферны палярны віхура аналізавалася паасобна для ўсходняй і заходняй фаз квазідвухгадовых ваганняў за перыяды 10 дзён да, самага перыяду пацяпленняў і 10 дзён пасля іх. У якасці параметраў, па якіх даследаваўся ўплыў раптоўных стратасферных пацяпленняў на стратасферны палярны віхура, былі ўзятыя: вышыня ізабарычнай паверхні 10 гПа, тэмпература і хуткасць усходняга ветру на вышыні 10 гПа. Практычная значнасць дадзенай працы заключаецца ў паляпшэнні разумення фізічных механізмаў узаемадзеяння пластоў атмасферы з іх далейшым прагназаваннем.

ABSTRACT

Zhmodikov A. M. Scientific analysis of periodic and non-periodic interactions of the middle and lower atmosphere (master's thesis). / A. M. Zhmodikov – Minsk, 2025. – 68 p.

Bibliogr. 170 titles, fig. 70.

STRATOSPHERIC POLAR VORTEX, SUDDEN STRATOSPHERIC WARMING, EASTWIND, MIDDLE ATMOSPHERE, LOWER ATMOSPHERE, SOLAR-TERRESTRIAL CONNECTIONS.

The master's thesis examines studies of periodic and non-periodic interactions of the middle and lower atmosphere, the dynamics of the stratospheric polar vortex and the influence of solar cycle phases and sudden stratospheric warmings on it.

The relevance of the master's thesis is that the study of non-periodic or extreme phenomena in the middle atmosphere provides insight into the physical mechanism of interaction between atmospheric layers and an understanding of their forecasting.

The objects of study are: the dynamics of the stratospheric polar vortex; the isobaric surface of 10 hPa; the temperature and speed of the east and west winds at an altitude of 10 hPa.

The subject of the study is periodic and non-periodic interactions of the middle and lower atmosphere.

The aim of the study is to conduct a scientific analysis of periodic and non-periodic interactions in the middle and lower atmosphere of the globe.

To study the dynamics of the stratospheric polar vortex and the influence of solar cycle phases and sudden stratospheric warmings on it, the technique of averaging the maps of the spatial distribution of parameters was used. The dynamics of the stratospheric polar vortex was analyzed by intervals of decades for the period 1981-2020 and by intervals of solar cycles for the period 1980-2024. The influence of sudden stratospheric warmings on the stratospheric polar vortex was analyzed separately for the eastern and western phases of quasi-biennial oscillations for periods of 10 days before, the warming period itself and 10 days after them. The following parameters were taken as parameters by which the influence of sudden stratospheric warmings on the stratospheric polar vortex was studied: the height of the isobaric surface of 10 hPa, the temperature and the speed of the easterly wind at an altitude of 10 hPa. The practical significance of this work lies in improving the understanding of the physical mechanisms of interaction between atmospheric layers with their further forecasting.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1 ПЕРИОДИЧЕСКИЕ И НЕПЕРИОДИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ	Ошибка! Закладка не определена.
1.1 Стратосферный полярный вихрь и его влияние на климат тропосферы	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Периодические процессы взаимодействия нижней и средней атмосферы	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Непериодические процессы взаимодействия нижней и средней атмосферы	Ошибка! Закладка не определена.
1.3.1 Квазидвухлетние колебания	Ошибка! Закладка не определена.
1.3.2 Гравитационные волны, внезапные стратосферные потепления и отражение планетарных волн	Ошибка! Закладка не определена.
1.3.3 Влияние вулканических извержений на полярный вихрь	Ошибка! Закладка не определена.
ГЛАВА 2 МЕТОДЫ И ДАННЫЕ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ СТРАТОСФЕРНОГО ПОЛЯРНОГО ВИХРЯ И ВЛИЯНИЯ ФАЗ СОЛНЕЧНЫХ ЦИКЛОВ, ВНЕЗАПНЫХ СТРАТОСФЕРНЫХ ПОТЕПЛЕНИЙ НА НЕГО	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Используемые данные.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Методика исследования.....	Ошибка! Закладка не определена.
ГЛАВА 3 СВЯЗЬ СТРАТОСФЕРНЫХ ПОЛЯРНЫХ ВИХРЕЙ С ФАЗАМИ СОЛНЕЧНЫХ ЦИКЛОВ И ВНЕЗАПНЫМИ СТРАТОСФЕРНЫМИ ПОТЕПЛЕНИЯМИ	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Динамика стратосферных полярных вихрей и влияние фаз солнечного цикла на них.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Влияние внезапных стратосферных потеплений на стратосферный полярный вихрь	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	Ошибка! Закладка не определена.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

- ВСП – внезапное стратосферное потепление;
КДК – квазидвухлетнее колебание;
СА – солнечная активность;
СПВ – стратосферный полярный вихрь;
ASL – The Amundsen Sea Low;
ENSO – El Niño-Southern Oscillation;
NAM – Northern Hemisphere annular mode;
NAO – North Atlantic Oscillation.

ВВЕДЕНИЕ

Солнечно-земные связи являются фундаментальной проблемой исследования изменений географических оболочек, в частности атмосферы. Передача солнечной энергии в атмосфере Земли происходит неравномерно и данный механизм изучается до сих пор. Озон выступает одним из главных факторов фильтрации солнечной радиации в средней атмосфере, в стратосфере. В связи с этим, данный газ является ключевым элементом в изменениях атмосферных характеристик, которые наблюдаются в ионосфере и на приземном уровне. Изучение периодических или циклических процессов в средней атмосфере помогут понять их влияние на приземную погоду и климат. Исследование непериодических или экстремальных явлений в средней атмосфере дают представления о физическом механизме взаимодействия слоев атмосферы и понимание их прогнозирования.

Гелиоклиматические исследования осложнены разделением факторов влияния на атмосферу связанных непосредственно с Солнцем и тех, которые относятся к Земле как, например, вулканические извержения. Сложные механизмы образования разных типов излучения Солнца, неустойчивость солнечно-климатических связей, обусловленная тем, что они могут перекрываться более мощными тропосферными процессами, требуют строгого проведения исследований. Для обработки данных с целью максимального исключения влияния сторонних факторов, которые могут мешать исследованию объекта, применяются такие методы как метод наложения эпох, метод осреднения карт пространственного распределения параметров.

Озоновый слой выполняет роль переходного звена в средней атмосфере по передаче солнечной энергии между верхними и нижними слоями атмосферы. Динамика озона определяет состояние стратосферного полярного вихря и, соответственно, тропосферы, на которую влияет вихрь. Обобщающая концепция о причинно-следственных связях между динамикой стратосферного озона и тропосферной циркуляцией выведена в работе Красовского А. Н. В данной концепции поле общего содержания озона формируется за счёт двух конкурирующих механизмов. Первый механизм ответственен за образование озона в верхней стратосфере и понижает высоту тропопаузы. Другой механизм действует в тропосфере, создавая условия для сухой и влажной неустойчивости, что вызывает подъём тропопаузы в конечном итоге уменьшая общее содержание озона.

При написании магистерской работы было использовано 170 источников информации среди которых были как научные труды и сайты исследовательских центров. Объектами исследования магистерской работы являются: динамика стратосферного полярного вихря; изобарическая поверхность 10 гПа;

температура и скорость восточного и западного ветров на высоте 10 гПа. Предмет работы – периодические и непериодические взаимодействия средней и нижней атмосферы. Целью работы являлось проведение научного анализа периодических и непериодических взаимодействий в средней и нижней атмосфере земного шара.

Чтобы достичь поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- провести литературный научный обзор по проблеме взаимодействия средней и нижней атмосферы;
- разработать методики исследования научного анализа периодических и непериодических взаимодействий в средней и нижней атмосфере;
- определить периодические и непериодические процессы взаимодействия средней и нижней атмосферы для Южного и Северного полушария;
- провести научный анализ, фильтрацию сезонов и отдельных глобальных атмосферных процессов, закономерностей по полученным результатам;
- построить картосхемы, описать результаты, оформить выводы.

Полученная при подготовке магистерской работы разработка «Динамика стратосферного полярного вихря при периодических и непериодических взаимодействиях средней и нижней атмосферы» внедрена в образовательный процесс учебной дисциплины «геофизика» актом №2.4/190 от 05.06.2025.