

*Виктор Хареев*

# *Что такое погода?*



ВИКТОР ХАРЕБОВ

# ЧТО ТАКОЕ ПОГОДА?

Издательские решения  
По лицензии Ridero  
2025

УДК 004  
ББК 32.973  
Х20

Шрифты предоставлены компанией «ПараТайп»

**Харегов Виктор**

Х20 Что такое погода? / Виктор Харегов. — [б. м.] : Издательские решения, 2025. — 162 с.  
ISBN 978-5-0065-2972-4

Погода — это одно из самых привычных явлений, которые мы наблюдаем каждый день, и в то же время одна из самых сложных и загадочных систем природы. Что такое погода? Почему в один день светит солнце, а на следующий нас накрывает ливень или снегопад? Как метеорологи предсказывают, когда начнется дождь, а когда вдруг опустится туман? Эта книга поможет понять, что такое погода, какие процессы формируют ее, и как даже маленькие явления, такие как роса или иней, связаны с глобальными законами физики.

**УДК 004**  
**ББК 32.973**

12+ В соответствии с ФЗ от 29.12.2010 №436-ФЗ

ISBN 978-5-0065-2972-4

© Виктор Харегов, 2025

# ВВЕДЕНИЕ

Каждое утро, открывая глаза, мы невольно задаемся вопросом: какая погода ждет нас за окном? Это не просто проявление любопытства или желание быть в курсе событий, а естественная реакция, ведь погода напрямую влияет на наш день и настроение.

Погода – это явление, которое имеет огромное значение в нашей жизни. Она сопровождает нас ежедневно, влияя на наше здоровье, планы и даже глобальные события. От ясного солнечного утра до грозового вечера – погода создает условия для наших действий и вносит в них свои коррективы. Погода является частью природного ритма, в котором мы существуем, но, несмотря на ее постоянное присутствие, она остается для нас порой непредсказуемой и загадочной.

Природа погоды лежит в динамике атмосферы, в процессе перемещения воздушных масс и взаимодействия различных слоев воздуха. Погода изменчива, и эти изменения зависят от множества факторов, таких как положение планеты относительно Солнца, угловой наклон Земли, рельеф, влияние водных объектов и многое другое. Причины изменений погоды и возможности ее прогнозирова-

ния стали понятны только с развитием науки о ней — метеорологии.

В основе метеорологии лежат физика и математика: физика позволяет объяснить причины возникновения различных погодных явлений, а математические модели помогают предсказать их развитие и распределение во времени и пространстве.

Метеорология занимается не только погодой, но и климатом — более долгосрочными и стабильными характеристиками атмосферы в разных регионах Земли. Разница между погодой и климатом заключается в масштабе времени: погода изменяется ежедневно и непредсказуемо, тогда как климат — это долговременные средние значения погодных условий, которые сохраняются в течение десятилетий и даже столетий.

В этой книге мы отправимся в мир метеорологических явлений, узнаем о механизмах, управляющих погодой, ее переменчивом характере и о том, как люди научились предсказывать ее поведение.

# ЧАСТЬ I: АТМОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ

Атмосфера Земли — это многоуровневая система, пронизанная движением и энергетическими обменами, которые создают разнообразные процессы и явления. Начиная от легкой бризы до мощных ураганов, от нежных снежинок до молний, — атмосферные явления являются видимыми проявлениями физических и химических процессов, происходящих на различных уровнях атмосферы. Эти явления формируют погоду, которую мы наблюдаем ежедневно, и в конечном итоге составляют климат, который определяет жизнь на планете.

Атмосферные процессы и явления — это основа науки метеорологии, которая стремится не только описать, но и объяснить сложные механизмы, формирующие погоду и климат на Земле. Эти явления, такие как облака, осадки, ветер, грозы и туманы, ежедневно определяют наши условия жизни и существенно влияют на природные и экономические процессы. Метеорология, как наука, разрабатывает методы наблюдения, анализа и прогнозирования, чтобы понять, как взаимодействуют различные элементы атмосферы и какие силы управляют атмосферными изменениями.

# АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ

Атмосферная циркуляция – это глобальная система движения воздуха, которая распределяет тепло и влагу по всему земному шару. Этот сложный и динамичный процесс является основой для формирования погодных условий, оказывая влияние на климатические особенности различных регионов. Понимание атмосферной циркуляции позволяет предсказывать погодные изменения и объяснять причины природных явлений, таких как циклоны, антициклоны, муссоны и ураганы. В этой главе мы подробно рассмотрим механизмы циркуляции атмосферы, ее влияние на формирование погоды и климатические процессы, а также значение этого явления для жизни на Земле.

Атмосферная циркуляция начинается с энергии Солнца, которая нагревает поверхность Земли неравномерно. Экватор получает значительно больше солнечного тепла, чем полярные регионы, создаются зоны с различными значениями температуры и атмосферного давления, которые определяют основные потоки воздушных масс. В результате формируются три основных глобальных ячейки циркуляции: ячейка Хэдли, ячейка Феррела и полярная ячейка.

Ячейка Хэдли расположена между экватором и 30° северной и южной широты. Нагретый воздух поднимается над экватором, двигаясь к полюсам, но по пути остывает и опускается, создавая зоны высокого давления и сухие климатические условия, характерные для пустынь.

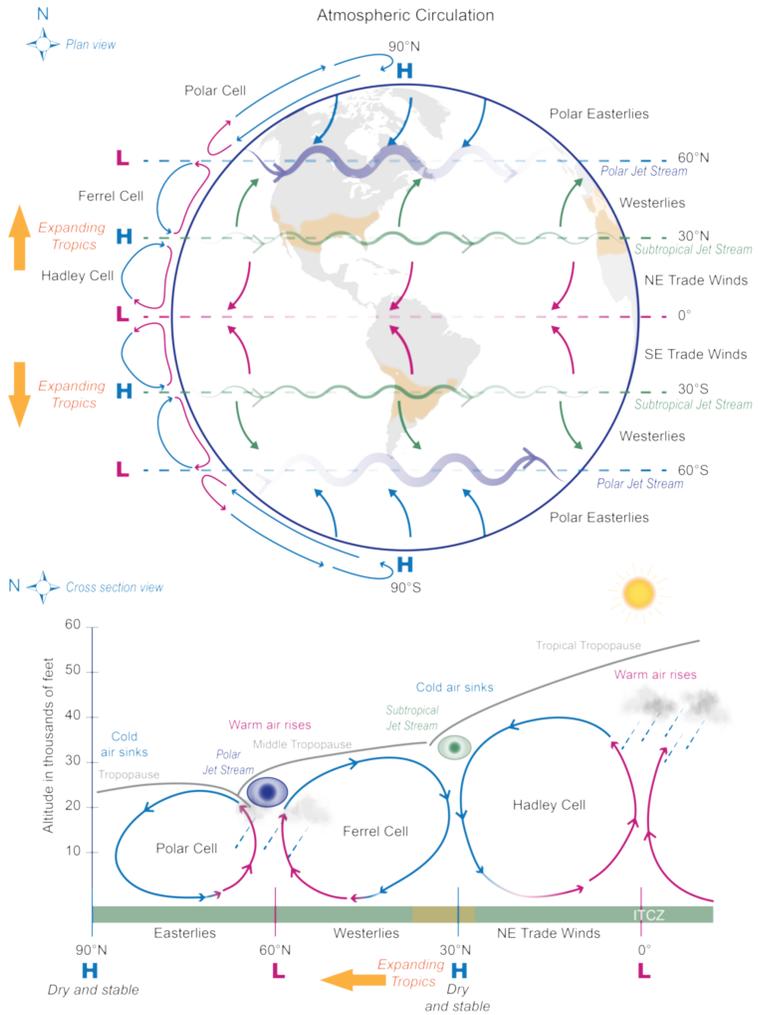


Рис. 1. Эффект атмосферной циркуляции  
(by Judith Perlwitz, Wikimedia Commons, Public Domain)

Ячейка Феррела находится между  $30^\circ$  и  $60^\circ$  широты. Воздушные массы здесь движутся в противоположных направлениях, образуя области с переменчивым и умеренным климатом. Циркуляция в этой ячейке способствует формированию областей низкого давления и частых циклонов.

Полярная ячейка замыкает атмосферную циркуляцию у полюсов. Холодный воздух в полярных регионах опускается вниз, создавая высокое давление. Этот воздух затем движется к экватору, где вступает в контакт с более теплыми воздушными массами, вызывая нестабильность.

Эти три ячейки циркуляции вместе формируют глобальную атмосферную циркуляцию, способствующую перемещению тепла и влаги, и определяют основные погодные системы на планете.

Ключевым фактором, формирующим траекторию движения воздуха, является Кориолисова сила, возникающая из-за вращения Земли. Эта сила отклоняет воздушные массы вправо в Северном полушарии и влево в Южном. Именно благодаря ей воздух не движется по прямой линии от областей высокого давления к областям низкого давления, а закручивается, образуя циклоны и антициклоны.

# ОБЛАКА И ИХ ЭВОЛЮЦИЯ В АТМОСФЕРЕ

Облака – это неотъемлемая часть атмосферы и климатической системы Земли. Они оказывают существенное влияние на погоду и климат, регулируя солнечную радиацию, осадки и температуру. Существует множество типов облаков, которые формируются под действием различных атмосферных процессов. Изучение их образования и эволюции в атмосфере помогает лучше понимать, как облачность влияет на глобальные погодные условия и климат.

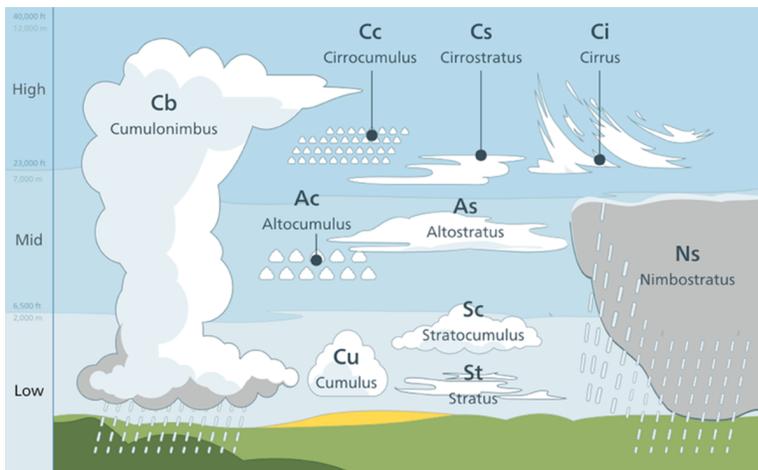


Рис. 2. Типы облаков  
(by Valentin de Bruyn, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons)

Образование облаков начинается с испарения воды из океанов, рек, озер и других источников. Водяной пар поднимается в верхние слои атмосферы, где он охлаждается

ется. В момент, когда температура воздуха достигает так называемой точки росы, водяной пар конденсируется вокруг мельчайших частиц, таких как пыль, соль или кристаллы льда. Этот процесс приводит к образованию капелек воды или ледяных кристаллов, которые и формируют облака. Облака могут продолжать расти, если влажный воздух продолжает подниматься, или могут разрушиться при обратных условиях.

В метеорологии выделяют несколько основных типов облаков, которые классифицируются по высоте и внешнему виду. Основные виды облаков включают кучевые, слоистые, перистые и слоисто-дождевые облака. Каждый тип имеет свои особенности образования и оказывает разное влияние на погоду.



*Рис. 3. Кучевые облака (Cumulus)  
(by Lance Vanleuwen, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons)*

Кучевые облака формируются при интенсивном подъеме теплого воздуха. Они часто выглядят как «хлопья» с четкими очертаниями и плоским основанием. Кучевые облака обычно образуются на малой высоте и ассоциируются с хорошей погодой. Однако при сильном подъеме теплого и влажного воздуха эти облака могут превратиться в мощные грозовые облака — кучево-дождевые (Cumulonimbus), которые способны вызывать грозы, ливни и даже торнадо.



*Рис. 4. Перистые облака (Cirrus)  
(by W. Carter, CCO Public Domain, via Wikimedia Commons)*

Перистые облака — это высоко расположенные облака, которые состоят из кристаллов льда и формируются на высоте от 6 до 12 км. Они имеют тонкую, струйчатую форму и часто выглядят как длинные перья или полосы.

Перистые облака часто являются предвестниками изменений в погоде, например приближения фронта теплого воздуха.



*Рис. 5. Слоистые и высокослоистые облака (Stratus and Altostratus) (by John Robert McPherson, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons)*

Слоистые облака представляют собой равномерный слой облачности, который часто закрывает все небо, создавая пасмурную погоду. Они образуются при слабо выраженном подъеме влажного воздуха и чаще всего находятся на низкой высоте. Слоистые облака могут вызывать мелкий дождь или морось, но, как правило, не приводят к сильным осадкам.



*Рис. 6. Слоисто-дождевые облака (Nimbostratus)  
(by Maurice Flesier, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons)*

Слоисто-дождевые облака характеризуются плотной низкой облачностью, которая охватывает большие территории и приносит продолжительные осадки. Эти облака могут формироваться на различных высотах и часто связаны с фронтальными системами, когда холодный и теплый воздух сталкиваются.

Облачные формации постоянно меняются под влиянием окружающих условий. Например, кучевые облака могут перерасти в кучево-дождевые с усилением конвекции, а перистые становятся плотнее по мере приближения фронтальных систем. Их развитие зависит от влажности, температуры, силы ветра и других факторов. Облака перемещаются, изменяют форму и распадаются под воздействием атмосферных процессов.

В климатической системе Земли они играют важную роль, влияя на радиационный баланс планеты. Облака от-

ражают солнечное излучение, сокращая количество тепла, достигающего поверхности. Этот эффект, называемый альбедо, наиболее выражен у светлых облаков, таких как слоистые и кучевые. Одновременно они удерживают тепловое излучение от поверхности Земли, создавая парниковый эффект. Низкие облачные слои способствуют отражению солнечного света, тогда как высокие, например перистые, удерживают тепло в атмосфере.

Разные виды облаков предвещают различные погодные условия: кучево-дождевые указывают на вероятность грозы, а слоисто-дождевые предвещают длительные осадки. Метеорологи наблюдают за типами и поведением облачности для прогноза погоды и предупреждения о катаклизмах. Изменения в облачном покрове могут существенно влиять на климатический баланс: увеличение площади облаков с высоким альбедо способствует охлаждению планеты.

В свою очередь, климатические изменения воздействуют на облачность. Глобальное потепление увеличивает испарение и повышает содержание водяного пара в атмосфере. Высокие температуры вызывают активную конвекцию, способствуя образованию кучево-дождевых облаков и экстремальным погодным явлениям, таким как сильные ливни и ураганы. Эти процессы влияют на циркуляцию атмосферы и режим осадков в разных регионах планеты.

# ЦИКЛОНЫ

Циклоны – это атмосферные явления, которые оказывают сильное воздействие на погоду и климат в различных регионах Земли. Понимание их природы позволяет предсказывать резкие изменения погоды, такие как дожди, грозы и даже ураганы.



*Рис. 7. Тропический циклон «Катрина» (вид из космоса)  
(by Earth Observations Laboratory, Johnson Space Center,  
Public domain)*

Циклон – широкая область низкого атмосферного давления, в которой воздух движется по спирали к центру. Направление вращения определяется эффектом Кориолиса: в Северном полушарии он вращается против часовой стрелки, а в Южном – по часовой стрелке.

Циклоны противоположны антициклонам (зонам высокого давления), и они, как правило, ассоциируются с неустойчивой погодой, осадками, сильными ветрами и похолоданием. Циклоны охватывают огромные территории – от сотен до тысяч километров – и могут существовать в атмосфере в течение нескольких дней или даже недель.

Существуют разные виды циклонов, которые различаются по размерам, интенсивности и месту возникновения.

- Внетропические (умеренные) циклоны формируются в умеренных широтах и играют важную роль в климате умеренных зон. Они возникают, когда теплые и холодные воздушные массы встречаются, и зачастую связаны с фронтальными зонами. Умеренные циклоны сопровождаются облачностью, дождем или снегом, а также сильными ветрами.

- Тропические циклоны являются самыми мощными атмосферными явлениями на Земле. Они образуются над теплыми океаническими водами и питаются влажностью, испаряющейся с поверхности океана. Тропические циклоны часто вызывают сильные ливни, штормовые ветры и наводнения. В разных частях мира они известны под разными именами: в Атлантическом океане и на востоке Тихого океана их называют ураганами, в западной части Тихого океана – тайфунами, а в Индийском океане и Южном полушарии – просто тропическими циклонами. Их классифицируют по скорости ветра: тропическая депрессия (до 61 км/ч), тропический шторм (62–117 км/ч) и ураган (118 км/ч и выше).

- Полярные циклоны развиваются в арктических и антарктических широтах и отличаются меньшим размером

и более коротким жизненным циклом по сравнению с другими видами. Полярные циклоны часто сопровождаются снежными бурями, сильными морозами и порывистыми ветрами.

Вот несколько примеров циклонов, характерных для различных частей Земли.

- Исландский минимум (Северная Атлантика). Это зона низкого давления, расположенная в районе Исландии и Гренландии, которая особенно активна осенью и зимой. Этот циклон оказывает влияние на климат Северной Европы, принося влажную и ветреную погоду на Британские острова, в Скандинавию и Западную Европу.

- Алеутский циклон (северная часть Тихого океана). Этот циклон формируется в северной части Тихого океана, в районе Алеутских островов, и особенно активен зимой. Он влияет на климат Аляски и западного побережья Канады, принося осадки и штормовую погоду в этот регион.

- Муссонные циклоны (Южная Азия). В летние месяцы циклоны, связанные с муссонной системой, формируются над Индийским океаном и Бенгальским заливом. Эти циклоны приносят сильные дожди и влажную погоду на Индийский субконтинент и в Юго-Восточную Азию, являясь важным источником осадков для этих регионов.

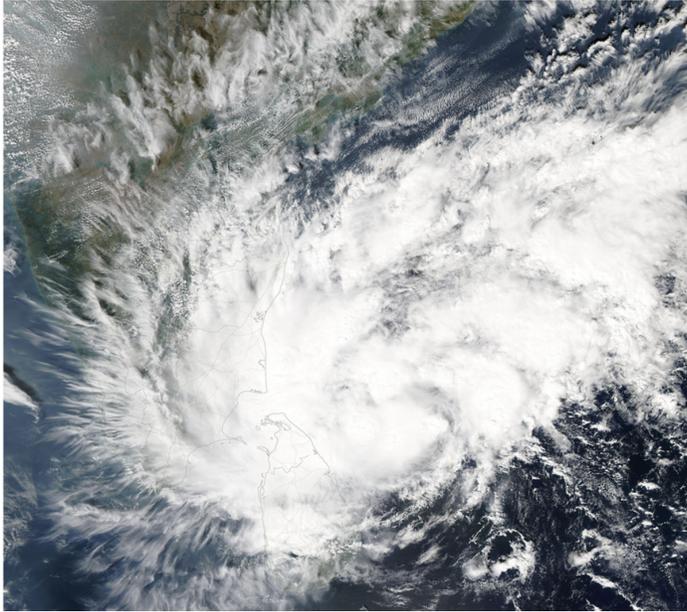
- Тропические циклоны (тропические зоны). Эти мощные системы формируются над теплыми океаническими водами в тропиках. Примеры включают ураганы, такие как «Катрина» в США, тайфуны, как «Хайян» на Филиппинах, и циклоны, как «Идай» в Мозамбике.

- Средиземноморский циклон (Средиземное море). Это система низкого давления, часто формирующаяся в холодное время года. Средиземноморские циклоны приносят дожди и даже снегопады на Балканский полуостров, в Италию, Испанию и страны Северной Африки.

- Экваториальный циклонический пояс (экваториальные регионы). Эта область низкого давления вдоль экватора обусловлена постоянным нагревом и подъемом влажного воздуха. Эти условия приводят к формированию частых дождей и грозовых циклонов в экваториальной зоне, что поддерживает высокую влажность и обильные осадки в регионах, таких как Амазония, Центральная Африка и Юго-Восточная Азия.

- Циклон в пустыне Гоби (Внутренняя Азия). В весенние месяцы над пустыней Гоби формируются циклоны, которые приводят к сильным ветрам и пыльным бурям. Эти циклоны могут переносить пыль на сотни километров, влияя на качество воздуха в соседних регионах, таких как Китай и Корея.

- Полярные циклоны (Арктика и Антарктика). Эти циклоны формируются в полярных регионах и часто связаны со снежными бурями и сильными ветрами. Полярные циклоны над Арктикой могут распространяться на Скандинавию и Северную Америку, а над Антарктикой – на южные части океанов, принося холодные ветра и метели.



*Рис. 8. Тропический циклон «Нивар» (Индия, 2020)  
(by MODIS Land Rapid Response Team, NASA GSFC,  
Public domain)*

Ниже приведены несколько примеров последствий циклонов, ураганов и штормов.

*Тропический шторм «Кристоваль» обрушился на берег между устьем реки Миссисипи и Гранд-Айл, штат Луизиана, 7 июня 2020 года около 17:00 по центральному поясному времени, с максимальной устойчивой скоростью около 50 миль в час и минимальным центральным давлением 990 миллибар (29,23 дюйма). «Кристоваль» был вторым тропическим циклоном, обрушившимся на берег Луизианы, после тропического шторма «Арлин» 30 мая 1959 года.*

*После этого «Кристобаль» двинулся вдоль долины Миссисипи, миновав Арканзас, Миссури, Айову и Иллинойс, прежде чем к вечеру 9 июня Центр прогнозирования погоды объявил его внутритропическим местом над Южным Висконсинном. Тропический шторм «Кристобаль» вызвал многочисленные смерчи вдоль побережья США и нанес 675 миллионов долларов убытков и четверых погибших.*

*Циклон «Бенильде» образовался над южной частью Индийского океана 28 декабря 2011 года. 30 декабря Объединенный центр предупреждения о тайфунах ВМС США (JTWC) сообщил, что «Бенильде» находился примерно в 545 морских милях (1010 километрах) к юго-востоку от Диего-Гарсия. Максимальная устойчивая скорость ветра составляла 50 узлов (95 километров в час) с порывами до 65 узлов (120 километров в час).*

*Ураган «Изабель» сформировался в сентябре 2003 года. Он стал одним из самых разрушительных ураганов в истории США, особенно затронув район Атлантического побережья. Ураган обрушился на восточное побережье США 18 сентября 2003 года, пройдя через штаты Северная Каролина, Вирджиния, Мэриленд, Делавэр и Пенсильвания. Ураган вызвал значительные разрушения, повредив здания, мосты и инфраструктуру. Он также привел к затоплениям и отключениям электричества для миллионов людей. По оценкам, ущерб составил около 5,5 миллиарда долларов, а число жертв превысило 50 человек.*

*Ураган «Катрина» (август 2005 года) стал большим и чрезвычайно мощным ураганом, вызвавшим огромные разрушения и значительные человеческие жертвы. Это самый разрушительный ураган, когда-либо обрушившийся на Соединенные Штаты, превзошедший рекорд, ранее установленный ураганом «Эндрю» в 1992 году. Кроме того,*

*«Катрина» входит в пятерку самых смертоносных ураганов, когда-либо обрушившихся на Соединенные Штаты.*

*После продвижения на запад через южную Флориду и в очень теплые воды Мексиканского залива, «Катрина» быстро усилилась и на некоторое время достигла статуса урагана пятой категории (с максимальной продолжительной скоростью ветра 175 миль в час) 28 августа. Затем она ослабла до категории 3, прежде чем выйти на берег вдоль северного побережья Мексиканского залива: сначала на юго-востоке Луизианы (со скоростью ветра 125 миль в час), а затем снова на берег вдоль побережья Мексиканского залива (со скоростью ветра 120 миль в час). Поздно вечером 29 августа «Катрина» наконец ослабла до состояния тропической депрессии, находясь над восточно-центральной частью Миссисипи.*

*В целом ураган «Катрина» стал причиной гибели 1833 человек и ущерба примерно в 108 миллиардов долларов (без корректировок в долларах 2005 года).*

Циклоны могут вызывать долгосрочные климатические аномалии. Например, если циклон застывает над определенным регионом на протяжении нескольких дней или недель, он может привести к затяжным дождям или снегопадам. Изменения температурных режимов в океанах и атмосфере увеличивают частоту экстремальных погодных явлений, в том числе циклонов. Увеличение температуры поверхности океана приводит к более активному испарению, что способствует усилению тропических циклонов. Более теплый климат также приводит к изменению траекторий движения циклонов, что может создавать новые риски для регионов, ранее не подверженных сильным тропическим ураганам и тайфунам.

## ТОРНАДО И СМЕРЧИ

В отличие от тропических циклонов, которые формируются над морем, торнадо и смерчи возникают над сушей. Их продолжительность обычно составляет от нескольких секунд до получаса, тогда как тропические циклоны могут существовать значительно дольше.

Торнадо и смерчи являются одними из самых зрелищных и разрушительных атмосферных явлений на Земле. Они представляют собой мощные вихри, способные перемещать огромные массы воздуха и приводить к значительным разрушениям. Однако, несмотря на продолжительные наблюдения, многие аспекты их возникновения и структуры остаются недостаточно исследованными.

Термины «торнадо» и «смерч» зачастую используются как синонимы, однако между ними есть нюансы. Смерч — это общий термин, которым обозначают воронкообразные вихри в атмосфере, образующиеся при сильной неустойчивости воздуха. В международной классификации термин «торнадо» чаще используется для обозначения сильного смерча, который имеет ярко выраженную воронку, достигающую земли и обладающую мощной разрушительной силой.

Торнадо возникает в основании грозового облака и вращается вокруг оси, стремительно перемещаясь по суше. Он часто сопровождается громом, молниями и проливным дождем. Смерч может появляться также над водными поверхностями, получая название «водяной смерч». Водяные смерчи имеют схожую с торнадо природу, но менее разрушительны и возникают в условиях относительно низ-

кой грозовой активности. Возникновение торнадо связано с рядом условий, включающих влажность, неустойчивость и сильные ветровые сдвиги (изменение направления и скорости ветра с высотой). Торнадо чаще всего формируются в так называемых суперячейках – мощных грозовых системах с организованной циркуляцией воздуха.



*Рис. 9. Торнадо «Эли» (Канада, 2007)  
(by Justin Hobson CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons)*

Процесс образования торнадо можно разделить на несколько этапов.

- Сдвиг ветра и мезоциклон. Ветры разных направлений и скоростей на различных высотах создают горизонтальный вихрь воздуха, который наклоняется вертикально под влиянием восходящих потоков внутри грозового облака.

- Формирование воронки. В центре мезоциклона воздух начинает вращаться быстрее, создавая воронку, которая при достижении земли становится торнадо.

- Опускание воронки. Из-за усиления нисходящих потоков воронка начинает опускаться из облака. При достижении земли начинается фаза активного торнадо.

Торнадо классифицируют по интенсивности разрушений, которые они наносят. Наиболее распространенной системой является шкала Фудзиты (F0–F5), модернизированная до расширенной шкалы EF. Она определяет силу торнадо на основании максимальных скоростей ветра и степени разрушений.

- EF0 (ветер до 137 км/ч): минимальные повреждения, преимущественно на легких конструкциях.

- EF1–EF2 (до 217 км/ч): разрушаются небольшие здания, деревья и автомобили переворачиваются.

- EF3–EF4 (до 322 км/ч): уничтожаются строения, крупные объекты выбрасываются на значительное расстояние.

- EF5 (свыше 322 км/ч): полное разрушение крупных строений и серьезные изменения ландшафта.

Торнадо не ограничиваются одной географической зоной, однако определенные регионы подвержены этому явлению особенно сильно. Наибольшее количество торнадо происходит в США, в так называемой аллее торнадо, которая охватывает части Техаса, Оклахомы, Канзаса и Небраски. Это связано с уникальными климатическими условиями: в данном регионе теплые и влажные воздушные массы с Мексиканского залива встречаются с холод-

ными сухими массами с севера, что создает идеальные условия для возникновения сильных гроз и торнадо. Торнадо также регулярно фиксируются в Южной Америке, Юго-Восточной Азии, Австралии и России. В большинстве регионов торнадо возникают в весенние и летние месяцы, когда атмосферная неустойчивость достигает своего максимума.

Опасность торнадо заключается в их невероятной скорости вращения и непредсказуемости. Они могут появляться и исчезать в течение нескольких минут, оставляя за собой разрушительный след, длина которого достигает десятков километров. Сила ветра внутри торнадо может превышать 400 км/ч, что достаточно для того, чтобы поднимать и разрушать дома, переворачивать машины и вырывать с корнем деревья. Торнадо также сопровождаются сильными дождями и градом, что увеличивает риск для людей и имущества. Они движутся со средней скоростью от 16 до 80 км/ч, что усложняет их прогнозирование и затрудняет своевременное предупреждение.

Изучение торнадо представляет собой сложную задачу из-за их внезапности и интенсивности. Современные технологии, такие как метеорологические радары, спутниковые системы и компьютерные модели, позволяют лучше понимать условия, способствующие их возникновению, а также отслеживать их траектории. Одним из важнейших инструментов является доплеровский радар, который позволяет обнаруживать изменения скорости ветра в грозовых системах. Благодаря этим данным ученые могут выявлять потенциально опасные зоны и предупреждать население о возможности торнадо. Разработка сверхбыстрых алгоритмов анализа данных и систем оповещения также снижает риск гибели людей, хотя предсказать точное место возникновения торнадо пока невозможно.



*Рис. 10. Разрушительное действие торнадо  
(Техас, США, 2021)  
(by NWS Fort Worth, Public domain, via Wikimedia Commons)*

В последние десятилетия исследователи отмечают изменение частоты и интенсивности торнадо. Считается, что изменение климата может привести к увеличению температуры и влажности в атмосфере, что создает более благоприятные условия для возникновения торнадо. Некоторые ученые прогнозируют, что в будущем зоны возникновения торнадо могут сместиться, что повысит риск для регионов, которые ранее не были подвержены этим явлениям.

# АНТИЦИКЛОНЫ

Антициклоны – это важнейшие атмосферные явления, которые часто остаются в тени таких эффектных явлений, как грозы, ураганы и торнадо. Тем не менее их влияние на климатические и погодные условия, особенно в умеренных и субтропических широтах, играет значительную роль в формировании устойчивой погоды.

Антициклон – это область высокого атмосферного давления, внутри которой воздух движется по спирали от центра к периферии и вращается по часовой стрелке в Северном полушарии и против часовой стрелки в Южном. В атмосфере всегда присутствуют области с более высоким и более низким давлением, создаваемые разницей температур между экваториальными и полярными областями, а также движением воздушных масс на разной высоте. В холодных зонах давление обычно выше, чем в более теплых. В местах повышенного давления воздух начинает распространяться к зонам более низкого давления, образуя антициклоны.

Антициклоны можно считать «силами спокойствия» на планете: они создают стабильные условия, подавляют конвекцию и зачастую приносят ясную, безветренную погоду. Их противоположность – циклоны, области низкого давления, где воздух стремится к центру и поднимается вверх, приводя к образованию облаков и осадков.

Одной из основных характеристик антициклона является ясная погода. Это происходит из-за того, что антициклон подавляет восходящие потоки воздуха, что мешает образованию облаков и конденсации влаги. Внутри анти-

циклона воздух, напротив, опускается вниз, нагревается и осушается, что не способствует образованию осадков. Так, в летние месяцы антициклон приносит сухую и жаркую погоду, а зимой – сухой холод.

Антициклоны особенно заметны в зимние и летние периоды, когда они могут существенно влиять на погоду и климат. В зимние месяцы антициклоны способствуют установлению ясной и морозной погоды. Ночные морозы в таких условиях усиливаются, поскольку отсутствие облаков приводит к быстрому охлаждению земной поверхности. Летом, напротив, антициклоны приводят к засухе и жаркой погоде. Такие условия могут быть благоприятны для туристов, но оказывают сильное давление на земледелие, так как почва и водоемы высыхают, а риск пожаров возрастает.

Антициклоны часто способствуют накоплению загрязняющих веществ в атмосфере. Поскольку антициклональные системы уменьшают скорость ветра, вредные частицы, такие как угарный газ и мелкодисперсные частицы, остаются близко к поверхности земли. В крупных городах это может привести к появлению смога, особенно в условиях жаркой погоды.

Вот несколько примеров антициклонов в различных частях мира.

- Сибирский антициклон (Евразия). В холодное время года над Сибирью формируется обширная и устойчиво мощная область высокого давления. Этот антициклон приносит ясную, холодную и сухую погоду, влияя на климат не только России, но и соседних регионов.

- Канадский антициклон (Северная Америка). В зимние месяцы над северной Канадой и Аляской образуется силь-

ный антициклон. Он характеризуется низкими температурами и сухим воздухом и нередко распространяется на юг, принося похолодание в восточные районы США.

- Азорский антициклон (Атлантический океан). Этот антициклон постоянно формируется над Атлантикой и оказывает влияние на климат Европы, Северной Африки и восточной части Северной Америки. В летние месяцы он способствует жаркой и сухой погоде в Средиземноморье и Южной Европе, а в зимнее время может вызывать мягкую и относительно сухую погоду.

- Антициклон Святой Елены (Южная Атлантика). Расположенный в южной части Атлантического океана, этот антициклон влияет на климат западной и южной части Африки, способствуя засушливым условиям в некоторых прибрежных регионах.

- Австралийский антициклон (Южное полушарие). В центральных и западных районах Австралии часто образуются антициклоны, особенно в зимние месяцы Южного полушария. Эти антициклоны приносят сухую и солнечную погоду на континент, создавая условия для засух и высоких температур.

- Антарктический антициклон (Антарктида). Эта зона высокого давления постоянно присутствует над Антарктидой, особенно в зимние месяцы. Она создает экстремально холодные и сухие условия, способствуя формированию ветров, которые распространяются к южным частям океанов.

Эти антициклоны играют ключевую роль в распределении тепла и влаги на планете, влияя на погодные условия в прилегающих регионах и формируя климатические особенности на разных континентах.

Современные климатические изменения оказывают влияние на частоту и интенсивность антициклонов. Исследования показывают, что в последние годы антициклоны становятся более продолжительными, что усиливает их негативное воздействие, такое как засухи, экстремальные температуры и загрязнение воздуха. Некоторые климатологи связывают такие изменения с потеплением в арктических регионах, которое влияет на распределение тепла и давление на планете. В результате антициклональные блокировки, способствующие затяжным погодным аномалиям, могут стать более частым явлением в умеренных широтах.

Метеорологи используют современные технологии для отслеживания и прогнозирования антициклонов, такие как спутниковая съемка, радары и численные модели прогноза погоды. Поскольку антициклоны часто оказывают продолжительное влияние на погоду, их прогнозирование позволяет предупреждать население о возможных климатических аномалиях, например аномальной жаре или смоге.

## МУССОНЫ И АТМОСФЕРНЫЕ ФРОНТЫ

Муссоны — это сезонные ветры, которые меняют направление в зависимости от времени года и оказывают огромное влияние на климат и погоду в Южной и Восточной Азии, Африке и Австралии. Зимой материка охлажда-

ются быстрее, чем океаны, что вызывает приток холодного сухого воздуха с суши на воду, создавая сухие погодные условия. Летом, напротив, материка нагреваются быстрее, чем океаны, и теплый влажный воздух с океанов движется на сушу, создавая сильные дожди и грозы.

Атмосферные фронты – это переходные зоны, разделяющие две различные воздушные массы с разными характеристиками, такими как температура и влажность. На этих границах часто возникают метеорологические явления, влияющие на погоду в краткосрочной перспективе.

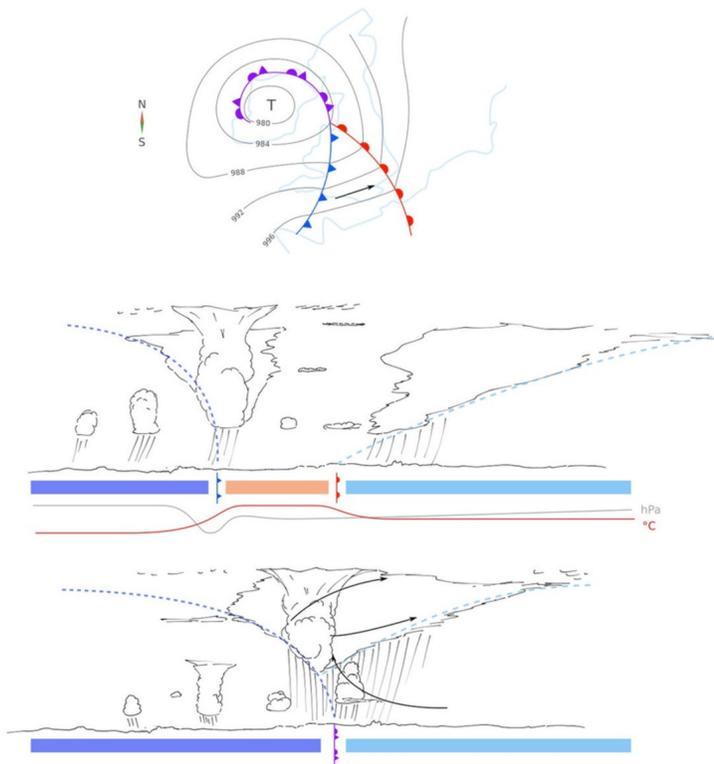
Эти зоны начинаются от поверхности земли и тянутся вверх до высоты, на которой различия между воздушными массами исчезают, обычно до верхней границы тропосферы. Ширина фронтальной зоны у поверхности земли, как правило, не превышает 100 километров.

Фронты часто движутся по пути западных ветров, образованных в ячейке Феррела, что приводит к изменениям погоды на больших участках земной поверхности.

В зоне соприкосновения воздушных масс происходят резкие изменения основных метеорологических параметров, таких как температура и влажность. Здесь наблюдаются значительные облачные образования, а также выпадает наибольшее количество осадков. В этой области происходят интенсивные изменения давления, а также заметные колебания в скорости и направлении ветра.

Фронты классифицируются на теплые и холодные в зависимости от того, какая воздушная масса – теплая или холодная – преобладает по одну сторону переходной зоны. Если фронт мало изменяет свое положение, его называют малоподвижным. Особое место среди фронтов зани-

мают фронты окклюзии, которые образуются при слиянии теплого и холодного фронтов. В зависимости от динамики и особенностей их формирования, фронты окклюзии могут быть как холодными, так и теплыми. Холодный фронт окклюзии – это атмосферное явление, которое происходит в ходе развития сложных циклонов. Окклюзия – это процесс, при котором холодный фронт настигает теплый фронт, захватывая его, что приводит к образованию так называемого окклюзированного фронта.



*Рис. 11. Холодный фронт окклюзии  
(by Simon A. Eugster, CC BY 3.0, via Wikimedia Commons)*

Когда холодный фронт обгоняет теплый фронт, теплый воздух между ними поднимается вверх, поскольку более холодный воздух с обеих сторон (как от холодного фронта, так и от возвращающегося холодного воздуха, который приходит с тыла циклона) не может поддерживать его на земле. В результате теплый воздух оказывается «пойманным» между двумя холодными воздушными массами и поднимается в верхние слои атмосферы. Это приводит к образованию облаков, дождям и другим метеорологическим явлениям, связанным с фронтальными процессами.

Характеристики холодного фронта окклюзии.

- Температурный перепад. На поверхности температура в области окклюзии обычно ниже, чем перед фронтом, что также влияет на погодные условия.

- Облака и осадки. Обычно на холодном фронте окклюзии можно наблюдать много облаков (например, слоисто-дождевых) и осадки.

- Динамика. Этот процесс часто приводит к усилению циклонов и может быть причиной бурных погодных условий, таких как ливни, грозы и резкие изменения температуры.

- Окклюзированный фронт. Это фазовый процесс в жизни циклона, который свидетельствует о его старении или угасании, когда теплый воздух уже не может поддерживаться между холодными фронтами.

Теплый фронт окклюзии – это атмосферное явление, которое возникает, когда теплый фронт встречает и догоняет холодный фронт. В результате этого процесса теплый воздух поднимается вверх и оказывается зажатым

между двумя холодными воздушными массами — той, которая движется с тыла циклона, и той, что находится перед ним.

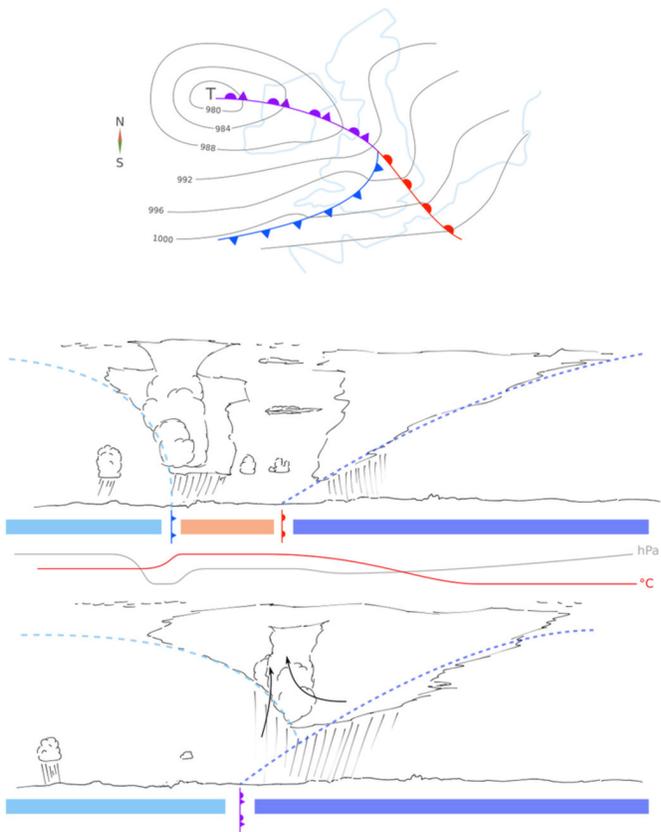


Рис. 12. Теплый фронт окклюзии  
(by Simon A. Eugster, CC BY 3.0, via Wikimedia Commons)

Процесс окклюзии может происходить в циклональных областях, когда циклоническое движение атмосферы способствует слиянию теплого и холодного фронтов. В итоге образуется новый фронт — окклюзированный, где теплый фронт поглощается холодным, но в результате на его месте образуются облачные образования и осадки.

Как происходит теплая окклюзия.

- Теплый фронт догоняет холодный. Теплый фронт перемещается вперед, в то время как холодный фронт движется быстрее. Это приводит к тому, что теплый фронт перехватывает холодный, поднимая теплый воздух между ними.

- Подъем теплого воздуха. При окклюзии теплый воздух оказывается зажатым между двумя холодными массами (холодным фронтом сзади и холодным воздухом в передней части циклона). Теплый воздух поднимется вверх, что вызывает развитие облаков и осадков.

- Образование облаков и осадков. Подъем теплого воздуха приводит к его охлаждению и конденсации, что часто вызывает образование облаков (например, слоистых или дождевых) и выпадение осадков — дождя или снега, в зависимости от температуры воздуха.

Характеристики теплого фронта окклюзии.

- Образование облаков и осадков. В области окклюзии часто наблюдаются облака, связанные с осадками, такие как слоисто-дождевые облака, иногда с грозами.

- Изменение температуры. После прохождения фронта температура обычно становится более стабильной, но может оставаться прохладной.

- Устойчивость атмосферных условий. Вокруг окклюзии часто возникают условия для стабильной или умеренно нестабильной погоды с длительными дождями или снегопадами.

Разница между теплым и холодным фронтом окклюзии заключается в следующем. В холодной окклюзии холодный фронт догоняет теплый и захватывает его, что приводит к значительному подъему теплого воздуха и может вызвать бурные погодные условия. В теплой окклюзии процесс аналогичен, но теплый фронт перехватывает холодный, что создает несколько более мягкие условия, хотя также вызывает осадки.

Таким образом, как в случае холодного, так и в случае теплого фронта окклюзии мы наблюдаем в основном схожие процессы подъема воздуха, конденсации и формирования облаков и осадков, однако с небольшими отличиями в характеристиках фронтов и погодных явлений.

## ПАССАТЫ И АНТИПАССАТЫ

Среди множества ветров, дующих на нашей планете, особое место занимают пассаты и антипассаты. Эти мощные воздушные потоки, существующие в тропической зоне, играют ключевую роль в переносе тепла и влаги, влияя на формирование погоды и климатические условия на разных континентах.

Пассаты — это устойчивые ветры, дующие в тропических широтах на высоте примерно до 1–2 км над уровнем моря. Их основное направление — с востока на запад, что и стало основанием для их другого названия — «торговые ветры». Это связано с тем, что они веками использовались мореплавателями для торговли между различными частями мира.

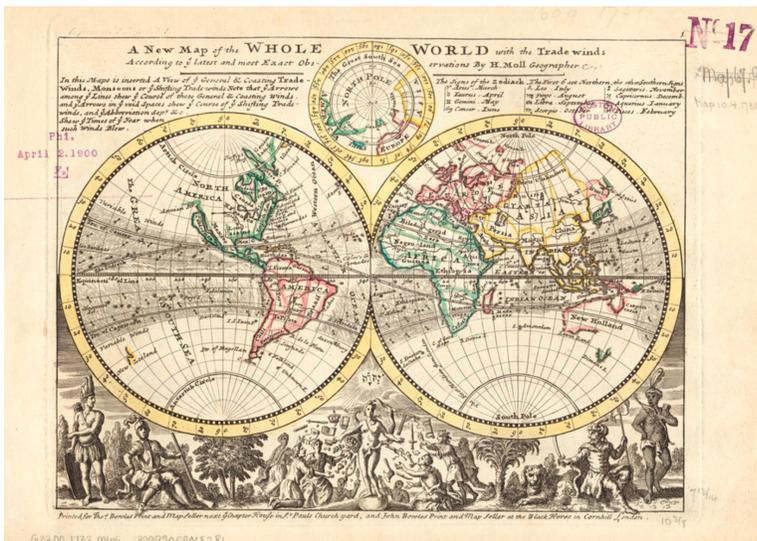


Рис. 13. Пассаты на карте мира (1732 г.)  
(by Herman Moll CC BY 2.0, Public Domain,  
via Wikimedia Commons)

Торговые пути через океаны в эпоху Великих географических открытий напрямую зависели от пассатных ветров. Мореплаватели, исследующие новые земли, использовали пассаты, чтобы добраться до разных континентов. Так, например, португальские и испанские исследователи XV–XVI веков использовали пассаты для пересечения Ат-

лантического океана, и именно благодаря этим ветрам был возможен прямой морской путь в Индию и в Америку.

Пассаты возникают в результате того, что солнечная энергия неравномерно распределяется по поверхности Земли. В экваториальной зоне воздух прогревается сильнее, чем на широтах чуть севернее и южнее, что вызывает подъем теплого воздуха вверх. При этом на его место устремляется более холодный и плотный воздух из субтропических широт, и это движение создает пассаты.

Пассаты играют важную роль в поддержании температурной стабильности на Земле. Они помогают перераспределять тепло и влагу от экватора к полюсам, влияя на атмосферные и океанические течения, что способствует регулированию климата на всей планете.

Над пассатами, на высоте от 2 до 16 км, дуют антипассаты — потоки воздуха, направленные в противоположную сторону, с запада на восток. В отличие от пассатов, антипассаты переносят более теплый и влажный воздух в сторону субтропиков, где он затем опускается, создавая зону высокого давления. Именно благодаря этому процессу, который также называется циркуляцией Хэдли, воздух постоянно перемещается между экватором и субтропиками, обеспечивая стабильный цикл.

Благодаря пассатам происходит активное испарение воды с поверхности океанов, что ведет к формированию облаков и выпадению осадков в тропических районах. Это обеспечивает плодородие почв в экваториальных регионах и поддерживает биоразнообразие в этих зонах.

## БРИЗЫ

Когда мы находимся на морском побережье, особенно летом, нас нередко освежает легкий прохладный ветерок. Этот ветер, который приходит с моря днем и уходит обратно ночью, называется бризом. Бризы играют важную роль в регулировании температуры прибрежных зон, создавая комфортные условия для людей, животных и растений.

Бризы возникают в результате разницы температур между сушей и водной поверхностью. В течение дня суша нагревается быстрее, чем вода. Это приводит к тому, что воздух над сушей становится теплым и поднимается вверх, создавая зону пониженного давления. Холодный и плотный воздух над морем начинает двигаться в сторону суши, чтобы заполнить образовавшийся «вакуум», и так возникает морской бриз.

Ночью все происходит наоборот. Земля остывает быстрее, чем вода, и воздух над ней становится более плотным и холодным. Теперь уже теплый воздух над водой поднимается, создавая зону пониженного давления над морем, и холодный воздух с суши устремляется в сторону моря. Этот ночной ветер получил название «береговой бриз».

Дневной бриз, или морской бриз, обычно начинается с полудня и длится до заката. Он может усиливаться к середине дня, когда разница температур между сушей и морем становится наибольшей. Такой бриз приносит прохладу в прибрежные зоны и делает их комфортными для отдыха в жаркие дни. Ночные бризы, наоборот, не такие сильные, потому что разница температур между сушей и водой ночью не столь велика.

Бризы выполняют функцию природного кондиционера, предотвращая резкие колебания температур в прибрежных районах. Благодаря им климат на побережье более мягкий, чем в глубине материка. Это особенно важно для растительности, которая получает не только влажный воздух, но и дополнительную влагу через конденсацию, что способствует ее росту.

Для морской экосистемы бризы также полезны: они способствуют перемешиванию воды в прибрежных зонах, что помогает насыщать ее кислородом и улучшает условия для жизни морских организмов. Кроме того, бризы влияют на направление и скорость течений, которые переносят питательные вещества и способствуют биоразнообразию.

Морские бризы ценны для туризма и рекреации, делая побережья привлекательными местами для отдыха. На протяжении веков моряки и рыбаки учитывали бризы, чтобы планировать свои плавания и эффективно использовать ветер. Сегодня бризы помогают прибрежным районам в развитии зеленой энергетики, так как ветроэнергетические установки могут эффективно работать благодаря постоянному движению воздуха.

## ФЕН, БОРА И ШКВАЛЫ

На нашей планете существует множество различных ветров, каждый из которых имеет свои уникальные черты. Среди них выделяются фен, бора и шквалы — мощные и часто неожиданные воздушные потоки, способные изме-

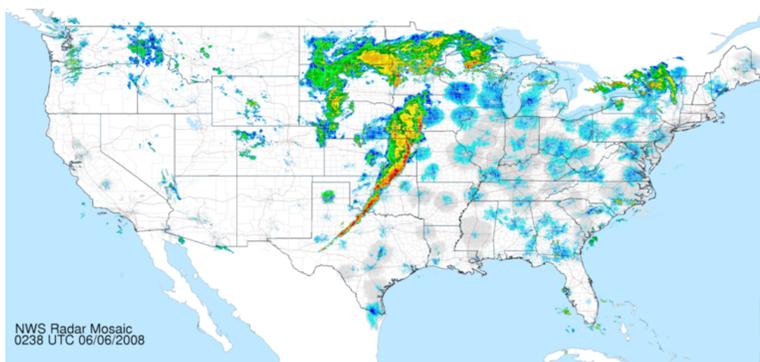
нить погоду буквально за считанные минуты. Каждый из них возникает в особых природных условиях и оказывает значительное влияние на окружающую среду и жизнь людей.

Фен – это сильный, теплый и сухой ветер, который часто возникает в горных регионах. Он возникает, когда влажный воздух с одной стороны гор поднимается вверх, охлаждаясь и теряя влагу в виде осадков. Затем сухой воздух опускается на противоположный склон, прогреваясь и становясь еще суше. В результате фен приносит резкое потепление и снижение влажности, особенно в долинах.

Этот феномен оказывает большое влияние на здоровье и самочувствие людей. Многие отмечают усиление головной боли, раздражительность или бессонницу в дни фенов. Однако фен полезен для сельского хозяйства, так как способствует быстрому высушиванию полей после осадков, что предотвращает застой воды.

Бора – это резкий, холодный и сильный ветер, дующий с гор на побережье. Возникает бора обычно в зимнее время, когда холодный воздух с гор стремительно спускается в прибрежные районы, проходя через горные перевалы. Такой ветер известен в Адриатике, на Черноморском побережье, в Новороссийске и в других регионах. Бора может достигать очень высокой скорости и способна вызывать обледенение и даже разрушение построек. Влияние этого ветра на климат прибрежных зон выражается в резком похолодании и увеличении риска снежных бурь. Для местных жителей бора – испытание: ее порывы могут достигать такой силы, что становятся опасными для транспорта и судоходства. Местные власти в районах, где регулярно дуют боры, создают специальные предупреждающие системы для защиты населения.

Шквал — это резкий, кратковременный и мощный порыв ветра, который часто возникает вблизи грозовых облаков. Шквалы сопровождаются внезапным усилением ветра, сменой его направления и резким падением температуры. Они могут длиться от нескольких секунд до нескольких минут, но этого времени достаточно, чтобы вызвать значительные разрушения. Шквалы особенно опасны на воде: они могут переворачивать маломерные суда, затруднять судоходство и становиться причиной аварий.



*Рис. 14. Линия шквала в США, от Айовы до Техаса (2008)  
(by National Weather Service, Public domain,  
via Wikimedia Commons)*

Шквальные ветры возникают из-за резкого охлаждения воздуха в грозовых облаках и его быстрого спуска к земле. Эти воздушные потоки опасны не только для водного транспорта, но и для авиации. Кроме того, шквалы могут повредить здания и деревья, поэтому их всегда сопровождают предупреждения и рекомендации укрыться в безопасных местах.

Фен, бора и шквалы — это примеры мощных природных явлений, которые требуют от человека особого внимания и осторожности.

## ТУМАН

Туман, дымка, мгла, морось и ледяной туман — эти природные явления создают уникальную атмосферу, одновременно очаровывая и ограничивая видимость. Хотя каждое из них имеет свои особенности и условия возникновения, все они тесно связаны с состоянием атмосферы и оказывают значительное влияние на транспорт, повседневную жизнь и здоровье.

Туман — полупрозрачная завеса из мелких капель воды. Это одно из самых распространенных явлений, при котором водяной пар конденсируется при охлаждении воздуха до точки росы, создавая эффект рассеивания света.

Существует несколько типов тумана, каждый из которых зависит от конкретных метеословий.

- Радиационный туман формируется ночью и ранним утром, когда охлаждение поверхности понижает температуру воздуха до точки росы. Он типичен для ясных, безветренных ночей.

- Адвективный туман образуется при перемещении теплого влажного воздуха над холодной поверхностью,

что приводит к резкому охлаждению и конденсации. Часто встречается в прибрежных районах.

- Горный туман возникает, когда влажный воздух поднимается по склону, охлаждается и достигает точки насыщения.



*Рис. 15. Туман на лугу. Река Десна, приток Южного Буга  
(by George Chernilevsky, Public domain,  
via Wikimedia Commons)*

Дымка — легкая завеса в атмосфере. Она менее плотная, чем туман, но может существенно ограничивать видимость, особенно на расстоянии. Дымка образуется при высокой влажности и слабом ветре и состоит в основном из микроскопических твердых частиц, таких как соль, пыль и загрязнения, на которых оседает водяной пар, создавая мягкий, размытый фон.

Мгла – плотная пелена в воздухе. Мгла представляет собой сильное помутнение, вызванное высокой концентрацией частиц пыли, дыма и других загрязнителей, особенно характерное для мегаполисов и промышленных зон. Она снижает видимость, вызывает раздражение дыхательных путей и вредит экологии. Причинами мглы являются промышленные выбросы, выхлопные газы, сжигание древесины и лесные пожары.

Морось – легкие осадки, которые затрудняют видимость. Морось состоит из мельчайших капель воды, выпадающих из низких слоев облаков. Эти капли настолько малы, что почти не достигают земли, оставаясь в воздухе, как туман. Морось создает трудности для водителей, ухудшая видимость через лобовое стекло и образуя тонкую пленку на дорогах. Она характерна для морских районов и мест с частыми низкими облаками.

Ледяной туман – зимняя опасность. Ледяной туман формируется в морозную погоду, когда капли воды замерзают при контакте с поверхностями, образуя ледяную корку. Он опасен для транспорта, пешеходов и инфраструктуры, вызывая обледенение дорог, зданий и линий электропередачи. Ледяной туман возникает при штиле или слабом ветре в условиях высокой влажности и низких температур. Метеорологи предупреждают о его возникновении, чтобы обеспечить безопасность, а дорожные службы применяют реагенты для предотвращения обледенения.

## ОСАДКИ

Осадки – одно из самых заметных атмосферных явлений, которое влияет на климат, экосистемы и человеческую деятельность. Их формы – дождь, снег, град, ледяной дождь, метель и морось – зависят от температуры, влажности и динамики воздушных масс.

Дождь – самый распространенный и важный тип осадков. Он формируется, когда водяной пар в атмосфере конденсируется и превращается в капли, которые сливаются и становятся достаточно большими, чтобы выпасть на землю. Дождь обычно связан с конвективными процессами, циклонами и фронтальными системами, где теплый влажный воздух поднимается и охлаждается, способствуя образованию дождевых капель.

Снег – это осадки в виде ледяных кристаллов, которые возникают при температуре ниже 0° С. Снежинки формируются, когда водяной пар замерзает в облаках, создавая уникальные и сложные кристаллические структуры. По мере соединения снежинок они становятся достаточно тяжелыми, чтобы выпасть на землю в виде снежных осадков.

Град – твердые осадки в виде льда, которые образуются внутри мощных грозовых облаков. Сильные восходящие потоки поднимают капли воды в верхние, холодные слои атмосферы, где они замерзают и затем падают обратно вниз, обрастая новыми слоями льда. Процесс продолжается до тех пор, пока кусочки града не становятся слишком тяжелыми и не выпадают на землю. Град может причинять значительный ущерб экономике, зданиям и транспорту, а также представлять опасность для лю-

дей. Радарные установки и метеостанции фиксируют условия, способствующие его образованию, что помогает заранее предупреждать о риске града.



*Рис. 16. Куски града размером от 1 до 8 см  
(Пожег, июнь 2021)  
(by Ivica Samardžić, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons)*

Ледяной дождь – осадки, при которых капли дождя замерзают, сталкиваясь с поверхностью, образуя ледяную корку. Это явление возникает, когда теплый влажный воздух находится над холодным слоем у поверхности земли. Ледяной дождь создает ледяное покрытие на дорогах, деревьях и линиях электропередач, что особенно опасно для транспорта и инфраструктуры. Этот вид осадков трудно предсказать, так как он формируется при узком диапазоне температурных условий.

Метель и снегопад – зимние осадки, при которых снег сопровождается сильным ветром, что резко ухудшает видимость и затрудняет передвижение. Метель часто связана с холодными фронтами или циклонами, которые захватывают снежные частицы и поднимают их в воздух, создавая плотную снежную завесу.

Морось – мелкие капли воды, выпадающие из низких слоев облаков. Она имеет меньшую интенсивность по сравнению с дождем и может продолжаться в течение нескольких часов. Морось особенно характерна для прибрежных и туманных регионов, где она увеличивает влажность почвы, но может создавать трудности для водителей, ухудшая видимость и дорожные условия.

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Температурные явления – это важные атмосферные процессы, которые влияют на повседневную жизнь, природные экосистемы, экономику и даже на здоровье чело-

века. Такие явления, как мороз, оттепель, заморозки, жара и тепловые волны, связаны с изменениями температуры в атмосфере, вызванными различными метеорологическими факторами.

Мороз – это состояние, при котором температура воздуха опускается ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , в результате чего вода замерзает, а земля покрывается тонким слоем льда или инея. Морозы бывают кратковременными или продолжительными и формируются под воздействием арктических или полярных воздушных масс. В холодные ночи, особенно при ясной погоде и отсутствии ветра, земля теряет тепло через излучение, создавая условия для образования утреннего инея и ледяного покрытия на растениях и других поверхностях.

Морозы представляют собой серьезное испытание для растений, животных и инфраструктуры. В сельском хозяйстве низкие температуры могут привести к повреждению или гибели растений. Однако устойчивые к холоду культуры часто адаптируются к морозу, накапливая питательные вещества и защищаясь от замерзания. В городских условиях морозы создают трудности для транспорта и пешеходов из-за обледенения дорог и тротуаров.

Оттепель – это период временного повышения температуры выше  $0^{\circ}\text{C}$  в зимний период, который приводит к таянию снега и льда. Оттепель обычно происходит под влиянием теплых воздушных масс, приходящих с океана или из более южных регионов. Она может быть кратковременной, в несколько часов, или длительной, продолжаясь несколько дней или даже недель.

Оттепели играют важную роль в экосистемах, поскольку они способствуют разложению органических веществ,

улучшая состояние почвы для растений, и снижают риски обледенения. Однако оттепель в зимний период может представлять угрозу в виде образования наледи на дорогах и крышах зданий, а также вызвать резкие перепады температуры, что опасно для строительных конструкций и дорог. Оттепель также приводит к образованию талой воды, которая, замерзая при очередном похолодании, образует наледь, создающую проблемы для пешеходов и водителей.

Заморозки – это кратковременные замерзания почвы и воздуха при температуре около  $0^{\circ}\text{C}$ , которые чаще всего происходят в осенний и весенний периоды.



*Рис. 17. Заморозки в Москве, Россия. Снято в ноябре 2021 г.  
(by Mike like0708, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons)*

Заморозки возникают, когда температура резко падает ночью, создавая условия для образования тонкого слоя льда на растениях и других поверхностях. Эти явления особенно опасны в весенний период, когда молодые побеги и цветы растений чувствительны к холоду и могут погибнуть при низкой температуре.

Весенние заморозки представляют серьезную проблему для фермеров, так как они могут уничтожить ранние посевы и плодовые деревья. Существует множество методов, используемых для защиты растений от заморозков: от дымления и полива до использования специальных укрытий и обогревательных приборов. В осенний период заморозки сигнализируют о наступлении зимы, что позволяет растениям, животным и людям подготовиться к холодам.

Жара — это состояние аномально высоких температур, часто выше 30° С, которое может длиться от нескольких дней до нескольких недель. Жара формируется под воздействием устойчивых антициклонов, когда теплый воздух удерживается в одном регионе и нагревается под солнечным излучением. Жара оказывает значительное влияние на здоровье, экосистемы и экономику. В условиях жары возрастает риск обезвоживания и тепловых ударов у людей, особенно у детей и пожилых. Жара также вызывает снижение урожайности и увеличивает потребность в водных ресурсах.

Города особенно подвержены воздействию жары из-за эффекта «теплового острова», когда плотная застройка и асфальтированные покрытия поглощают и сохраняют тепло. В таких условиях применение кондиционеров и систем охлаждения становится необходимостью, что увеличивает нагрузку на энергетические ресурсы. Метео-

рологи могут предсказывать периоды жары, что позволяет людям и коммунальным службам подготовиться к ее последствиям.

Тепловые волны – это периоды экстремально высоких температур, которые длятся более трех дней и сопровождаются высокими уровнями влажности. Тепловые волны часто возникают в летний период под влиянием устойчивых антициклонов и могут охватывать обширные территории, вызывая серьезные последствия для здоровья.

Тепловые волны представляют особую угрозу для пожилых людей, людей с хроническими заболеваниями, приводя к большому количеству тепловых ударов и обезвоживанию.

В последние десятилетия температурные явления стали проявляться с большей частотой и интенсивностью, что связано с глобальными изменениями климата. Изменение температурных режимов, учащение тепловых волн и изменение сезонных заморозков вызывают серьезные изменения в экосистемах, приводя к нарушению природных циклов и изменению ареалов обитания многих видов растений и животных.

Глобальные усилия по мониторингу климатических изменений помогают предсказывать и смягчать их влияние. Ученые и метеорологи используют данные с метеорологических станций, спутниковые наблюдения и компьютерные модели для анализа температурных изменений и их последствий. Эта информация позволяет создавать адаптивные стратегии и программы, направленные на смягчение последствий климатических изменений для здоровья населения и экономики в целом.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Электрические явления возникают в результате сложных процессов накопления и разрядки электричества в облаках и включают молнии, гром, грозы, а также редкие и загадочные верхнеатмосферные разряды, такие как эльфы и спрайты.

Внутри облака происходит столкновение частиц льда и воды. При столкновении более крупных и тяжелых частиц с более мелкими происходит разделение зарядов: более тяжелые частицы, несущие отрицательный заряд, оседают в нижней части облака, тогда как более легкие и положительно заряженные поднимаются в верхнюю часть. Это создает разность потенциалов внутри облака. Когда разность потенциалов между нижней частью облака и землей или между частями облака становится достаточно большой, происходит пробой изоляции воздуха, и возникает электрический разряд.

Молния — это гигантский электрический разряд, который возникает внутри облака, между облаками или между облаком и земной поверхностью. Считается, что молнии возникают в результате сильного расхождения температурных и электрических зарядов в грозовых облаках. В этих облаках мощные восходящие потоки воздуха поднимают капли воды и кристаллы льда, приводя к их столкновению. Это создает разницу в заряде: вершина облака заряжается положительно, а нижняя часть — отрицательно, что в конечном итоге приводит к накоплению потенциала.

Когда напряжение между положительным и отрицательным зарядами достигает критической точки, возникает

разряд — молния. Ее температура достигает  $30\,000^{\circ}\text{C}$ , что почти в пять раз горячее, чем поверхность Солнца. Такой мощный нагрев вызывает мгновенное расширение воздуха, создавая ударную волну, которая и воспринимается нами как гром.



*Рис. 18. Молния (Даллас, США, 2015)  
(by NOAA Photo Library, Public domain, via Wikimedia Commons)*

Гром — это звуковая волна, порождаемая молнией. Когда молния разрезает воздух, она нагревает его с такой невероятной скоростью, что воздух расширяется, вызывая взрывной звуковой эффект. Чем ближе молния, тем громче мы слышим гром. Расстояние до нее можно оценить, считая секунды между вспышкой и звуком грома: каждая секунда соответствует примерно 340 метрам.

Иногда гром слышен как раскат, а не одиночный удар. Это объясняется тем, что молния обычно проходит сложный путь в атмосфере, где каждый ее изгиб производит звук. Отражения звуковых волн от облаков и слоев атмосферы также усиливают этот эффект, создавая характерные продолжительные раскаты.

Шаровая молния – одно из самых загадочных и малоизученных природных явлений. В отличие от обычных молний, которые представляют собой кратковременные электрические разряды в атмосфере, шаровая молния имеет уникальную форму, продолжительность и характер. Она выглядит как светящийся шар диаметром от нескольких сантиметров до метра, способный двигаться непредсказуемо, проникать в закрытые помещения и сохраняться в течение нескольких секунд или минут.

Первое документальное описание шаровой молнии датируется XVIII веком, однако упоминания о необычных светящихся шарах встречаются и в более ранних исторических источниках. Явление вызывало у людей суеверный страх: шаровые молнии нередко ассоциировали с проявлениями божественного или сверхъестественного.

Современные исследования показывают, что явление встречается крайне редко: около 1–5 случаев наблюдений на миллион обычных гроз. Однако очевидцы описывают их настолько разнообразно, что ученым трудно составить общую картину. Например, шаровые молнии могут быть разного цвета – белыми, красными, оранжевыми, голубыми – и сопровождаться звуками: от шипения до громких взрывов.

Одной из самых удивительных особенностей шаровой молнии является ее способность проникать через окна,

стены и другие барьеры. Одни исследователи предполагают, что это связано с электромагнитной природой явления, другие полагают, что молния может выпаривать материалы на своем пути, временно создавая проходы.



*Рис. 19. Шаровая молния (by Srbauer at German Wikipedia.  
Public domain, via Wikimedia Commons)*

Шаровые молнии часто ведут себя непредсказуемо: они могут плавно парить в воздухе, двигаться зигзагами или стремительно ускоряться. Иногда явление сопровождается резким звуком и исчезает с громким хлопком, напоминая миниатюрный взрыв. При этом очевидцы отмечают, что температура молнии может быть достаточно высокой, чтобы обжечь поверхности, но в некоторых случаях она не оставляет следов.

Некоторые ученые считают, что шаровая молния — это особая форма электромагнитного разряда. Согласно этой гипотезе, молния может создавать сложные электромагнитные поля, которые «запирают» энергию в определенной области, образуя светящийся шар.

Шаровая молния может представлять собой облако плазмы — ионизированного газа, который удерживается собственной электромагнитной энергией. Плазменные образования устойчивы в атмосфере и могут перемещаться за счет конвекции или электромагнитных взаимодействий.

Одно из самых экзотических объяснений связывает шаровую молнию с эффектами квантовой физики. Согласно этой модели, энергия в молнии запирается в виде так называемых топологических дефектов пространства-времени.

Из-за своей необычности шаровая молния часто становилась объектом мифов и легенд. В литературе и кино это явление изображают как мистическую или даже инопланетную сущность. Тем не менее шаровая молния остается частью реального мира, заставляя нас задумываться о тайнах природы и сложностях их понимания.

Гроза — это сложное атмосферное явление, сопровождаемое молниями, громом, сильными порывами ветра и часто ливневыми осадками. Грозовые облака (кучево-дождевые) формируются, когда теплый и влажный воздух поднимается в верхние слои атмосферы. По мере подъема и охлаждения этот воздух конденсируется в капли, создавая высокие мощные облачные образования, заряженные электрически.

Процесс возникновения и развития грозы происходит в несколько этапов: начальный, зрелый и этап распада.

На зрелой стадии происходит активное накопление зарядов, а затем и молнии. Грозы играют важную роль в климатических и экологических процессах, участвуя в круговороте воды, перемешивании воздушных масс и перезарядке ионосферы.

Полярное сияние — одно из самых завораживающих явлений, которое можно наблюдать в полярных областях. Оно возникает, когда потоки заряженных частиц, в основном от солнечного ветра, взаимодействуют с магнитосферой Земли. Магнитное поле направляет эти частицы к полюсам, где они входят в атмосферу и сталкиваются с атомами кислорода и азота, вызывая свечение. Цвета зависят от того, с каким элементом произошел контакт: зеленый и красный обычно обусловлены взаимодействием с кислородом, а синий и фиолетовый — с азотом.



*Рис. 20. Северное сияние над авиабазой Эйлсон  
(Аляска, США)  
(by Joshua Strang, Public domain, via Wikimedia Commons)*

Полярное сияние наблюдается не только на Земле, но и на других планетах с магнитосферой, таких как Юпитер и Сатурн. Существуют и южные, и северные сияния, но именно в северных широтах — от Канады до Скандинавии и Сибири — его наблюдают особенно часто.

Эльфы и спрайты — уникальные электрические явления, которые случаются высоко над грозовыми облаками. Это кратковременные, но зрелищные разряды, происходящие на высотах от 50 до 100 километров и выше. Их трудно увидеть, так как они длятся всего миллисекунды, однако наблюдения спутников и наземные исследования раскрыли их природу.

Спрайты — это красноватые вспышки, возникающие в результате электрических разрядов между грозовыми облаками и ионосферой. Спрайты образуются на высотах до 90 километров и могут иметь форму столбов, медуз или разветвленных деревьев. Их цвет и форма связаны с взаимодействием с различными газами в атмосфере, такими как азот.

Эльфы, в свою очередь, представляют собой диффузные кольцеобразные вспышки на высоте примерно 100 километров. Они еще более редки и менее изучены, чем спрайты. Эльфы, как и спрайты, образуются от ударных волн, создаваемых молниями, и проявляются в виде светящихся колец, расходящихся от центра.

## ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Оптические явления – одни из самых захватывающих зрелищ в природе. Они возникают благодаря отражению, преломлению и рассеиванию света в атмосфере. Некоторые из них, такие как радуга или миражи, знакомы большинству людей, в то время как другие, например зеленый луч или гало, остаются редкими и завораживающими событиями, связанными с особенными атмосферными условиями.

Радуга – одно из самых известных и ярких оптических явлений. Она образуется, когда солнечный свет преломляется и отражается внутри капель воды, находящихся в воздухе после дождя или у водопада. Преломление света в капле приводит к тому, что белый свет разлагается на спектр цветов, создавая радужный круг или дугу на небе.



*Рис. 21. Двойная радуга на полуострове Акамас, Кипр  
(by Michal Klajban, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons)*

Основные цвета радуги — красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый — следуют друг за другом в определенном порядке.

Радуга всегда видна на противоположной от солнца стороне неба, когда свет проходит через воду, а угол падения и отражения создает видимое разноцветное кольцо. Иногда можно наблюдать двойную радугу: вторая дуга, более тусклая и широкая, имеет цвета в обратном порядке, что обусловлено вторичным отражением внутри капель.

Гало — это оптические кольца или дуги, которые возникают вокруг солнца или луны. Это явление наблюдается, когда свет проходит через кристаллики льда в верхних слоях атмосферы. Ледяные кристаллы преломляют свет, создавая светящиеся кольца, которые чаще всего бывают белыми, но иногда могут проявляться с радужными оттенками.

Наиболее распространенное гало — кольцо диаметром  $22^\circ$  вокруг солнца или луны. Это кольцо создается шестигранными кристаллами льда, которые рассеивают свет, заставляя его разойтись под определенным углом. Гало можно увидеть в зимние месяцы или в тех местах, где низкие температуры приводят к образованию высоких ледяных облаков, таких как перистые.

Корона — это светящееся кольцо, которое образуется вокруг солнца или луны, когда свет рассеивается на мелких каплях воды в облаках. В отличие от гало, корона имеет меньшее и более мягкое сияние, часто с радужными краями.

Короны возникают, когда свет взаимодействует с каплями воды или кристаллами льда одинакового размера, создавая так называемое явление дифракции, при котором световые волны огибают препятствие, образуя кольца.

Цвета короны могут включать фиолетовые и зеленые оттенки, но видны они лишь при определенной толщине и плотности облаков.

Солнечный столб – это вертикальная полоса света, простирающаяся вверх или вниз от солнца, особенно заметная на рассвете или закате. Явление возникает, когда солнечный свет отражается от плоских ледяных кристаллов, парящих в атмосфере. Кристаллы ориентируются горизонтально, что создает яркий столб, напоминающий световой шлейф, идущий от солнца.

Солнечные столбы могут образовываться и в ночное время, когда источником света становится Луна или искусственные источники. Это явление особенно часто встречается в холодных регионах, где ледяные кристаллы чаще всего образуются в атмосфере.

Зеленый луч – это редкое и удивительное явление, которое можно наблюдать в последний момент заката или при восходе солнца. Зеленый свет появляется на верхней кромке солнечного диска и длится всего несколько секунд. Это явление вызвано преломлением солнечного света в атмосфере, когда разные длины волн света рассеиваются под разными углами.

Поскольку синий и зеленый свет преломляются сильнее красного и желтого, они задерживаются на несколько мгновений, создавая зеленый отблеск. Наиболее отчетливо зеленый луч виден в местах с чистым горизонтом, например над океаном или в пустыне, где нет препятствий для солнечного света.

Миражи – это оптические иллюзии, возникающие из-за преломления света в слоях воздуха с разными темпера-

турами. Наиболее известные – нижние миражи, когда объект, находящийся вдали, кажется отраженным на поверхности, как если бы находился над водой. Это происходит, когда солнечные лучи проходят через горячий слой воздуха у поверхности, изгибаясь вверх.

Существуют также верхние миражи, когда объекты кажутся поднятыми над горизонтом. Они образуются при прохождении света через более холодные слои воздуха, чаще всего в арктических регионах. Миражи могут создавать иллюзии далеких оазисов, островов или других объектов, и их эффект усиливается в жаркую погоду или над горячей поверхностью, например дорогой.



*Рис. 22. Мираж. Вид с дороги между Абу-Симбелом  
и Асуаном, Египет  
(by Ad Meskens, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons)*

Паргелий, или ложное солнце, — это яркие пятна света, которые появляются по обеим сторонам солнца, формируя тройное световое явление. Оно возникает, когда солнечный свет преломляется в шестиугольных ледяных кристаллах, образующихся в облаках. Ложные солнца располагаются на уровне солнца и могут быть окрашены в красный, желтый или белый цвета.

Ложные солнца особенно хорошо видны в холодные зимние дни и могут появляться как часть большого светового ореола вокруг солнца. В древности их воспринимали как мистический знак, а сегодня это завораживающее явление помогает нам понять физику света и свойства ледяных кристаллов в атмосфере.

Эти оптические явления показывают, насколько поразительны взаимодействия света и атмосферы. От радуги и гало до зеленого луча и ложных солнц — каждый феномен открывает перед нами необычные проявления физики света, разгадывая тайны, которые скрываются в небесах.

## ЧАСТЬ II: АНАЛИЗ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

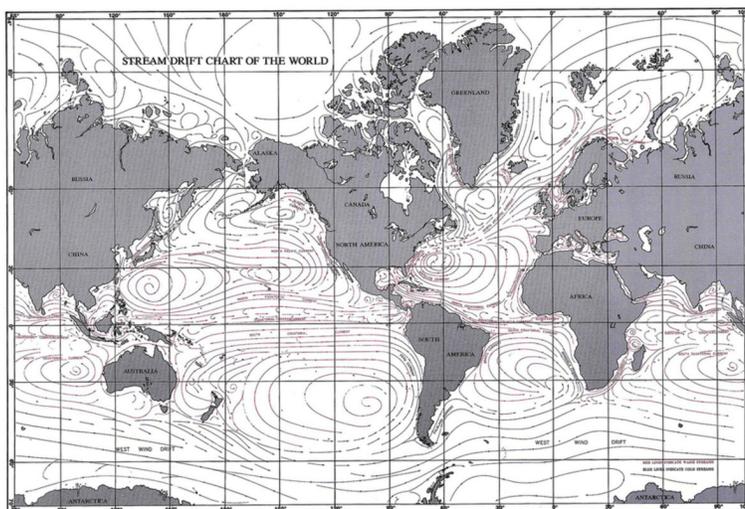
Анализ погодных условий – важная задача, требующая сочетания науки, техники и практического опыта. В условиях глобальных изменений климата изучение и анализ погодных условий становятся особенно актуальными, предоставляя обществу инструменты для адаптации и смягчения последствий, вызываемых природными и антропогенными факторами.

### ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА АНАЛИЗ ПОГОДЫ

Анализ погодных условий требует учета множества факторов, которые могут изменяться в зависимости от местоположения, времени года и природных явлений.

- Географическое положение. Высота над уровнем моря, расстояние до океанов и особенности рельефа (горы, реки, пустыни) оказывают значительное влияние на местный климат и погоду. Например, горные районы обычно имеют более холодный климат и более частые осадки, чем равнины.

- Сезонные изменения. Смена времен года вызывает изменения температур и влажности, влияя на распределение осадков и силу ветров. Зимой в северных регионах чаще бывают снегопады и низкие температуры, а летом — жара и засуха.



*Рис. 23. Глобальные океанические течения (2004)  
(by US Navy, Public domain, via Wikimedia Commons)*

- Глобальные атмосферные и океанические течения. Явления, такие как Эль-Ниньо и Ла-Нинья, могут кардинально изменить погоду в разных частях света. Эти явле-

ния связаны с температурой океана и атмосферными движениями, оказывая влияние на количество осадков, температуру и частоту экстремальных явлений.

- Антропогенные факторы. Человеческая деятельность, такая как выбросы парниковых газов, промышленное загрязнение и вырубка лесов, изменяет климатические условия, что приводит к более экстремальным погодным явлениям, таким как ураганы, наводнения и аномальные температуры.

## ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ПОГОДЫ

Анализ погодных условий включает несколько основных этапов, которые позволяют сделать прогноз как на краткосрочную, так и на долгосрочную перспективу.

- Сбор данных. На этом этапе информация собирается с различных метеорологических источников, таких как метеостанции, радиозонды, спутники и радары. Станции предоставляют информацию о температуре, влажности и давлении. Радиозонды запускают для измерения температуры, влажности и давления на высоте до 35 километров, что важно для изучения атмосферы на разных уровнях.

- Анализ данных. После сбора данные очищаются и анализируются для выявления аномалий. Этот процесс

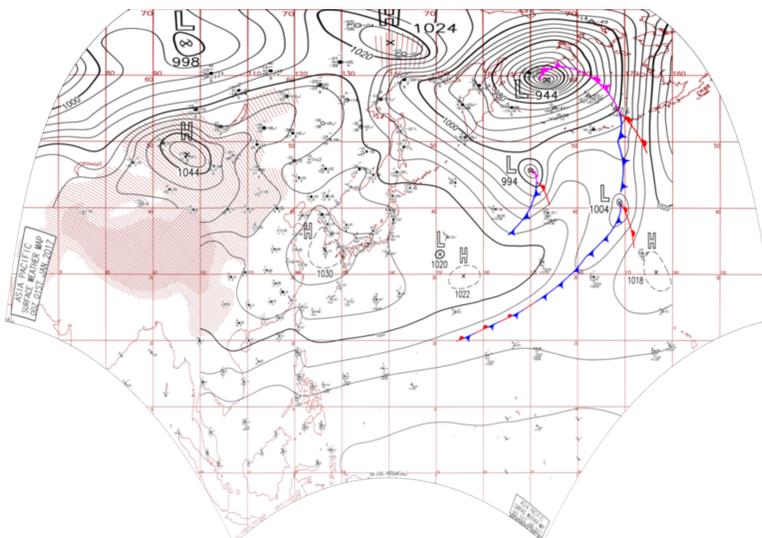
позволяет уточнить региональные особенности, такие как влажность, преобладающие ветра, сезонные изменения. Метеорологи используют статистические методы и математические модели для уточнения прогноза и формирования точных выводов.

- Моделирование и прогнозирование. На этом этапе используются численные модели прогнозирования. Модели основываются на сложных уравнениях, которые описывают атмосферные процессы, учитывают собранные данные и позволяют предсказать изменение погодных условий. Например, одна из известных моделей – Глобальная система наблюдений и прогнозирования погоды Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF). Применяются и региональные модели, которые помогают учесть местные особенности климата.

- Создание прогноза и публикация. Прогноз погоды составляется на основе данных моделирования и распространяется среди населения через СМИ, веб-сайты, приложения и другие ресурсы.

## ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗА ПОГОДЫ

На основе результатов анализа погодных условий составляется карта погоды – графическое изображение состояния атмосферы в определенной местности на данный момент или прогноз на ближайшее время.



*Рис. 24. Карта анализа погоды на 1 января 2017 года  
(by Japan Meteorological Agency, CC BY-SA 4.0,  
via Wikimedia Commons)*

На таких картах отображаются различные метеорологические данные, которые позволяют специалистам и обычным людям оценить текущие атмосферные условия и предсказать их изменения.

Фронты – линии, разделяющие различные воздушные массы (например, холодный и теплый фронты). Они показывают области, где могут происходить изменения погоды (осадки, ветер, облачность).

- Теплый фронт: изображается непрерывной линией с полукруглыми зубцами, направленными в сторону холодного воздуха.

- Холодный фронт: отображается линией с треугольниками зубцами, направленными в сторону теплого воздуха.

- Окклюзированный фронт: комбинированная линия с чередующимися треугольниками и полукруглыми зубцами.

Изобары — линии, соединяющие места с одинаковым атмосферным давлением, на которых можно увидеть циклоны (области низкого давления) и антициклоны (области высокого давления).

Циклон — область низкого давления, где воздух восходит, что часто приводит к облачности и осадкам. Антициклон — область высокого давления, где воздух опускается, что обычно приводит к ясной и сухой погоде.

Облачность и осадки — информация о типах облаков, их распределении, а также предсказания о возможных осадках (дождь, снег, град и т. д.).

Ветер — направление и сила ветра, отображенные с помощью стрелок.

Температурные и влажностные показатели — данные о текущих температурах на поверхности и на различных высотах, а также о влажности воздуха.

Еще один пример карты анализа погоды — карта района шторма «Кристобаль»:

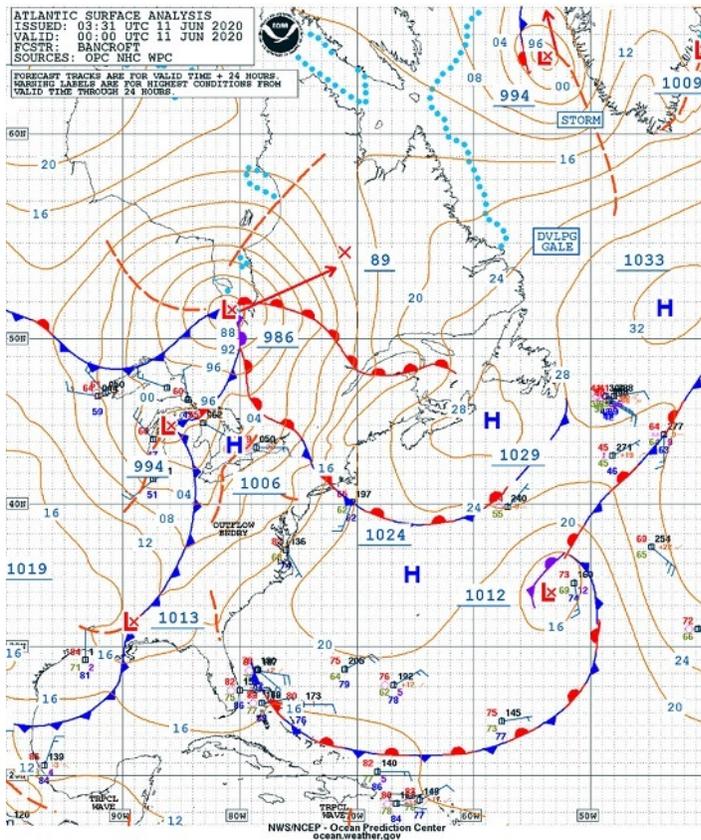
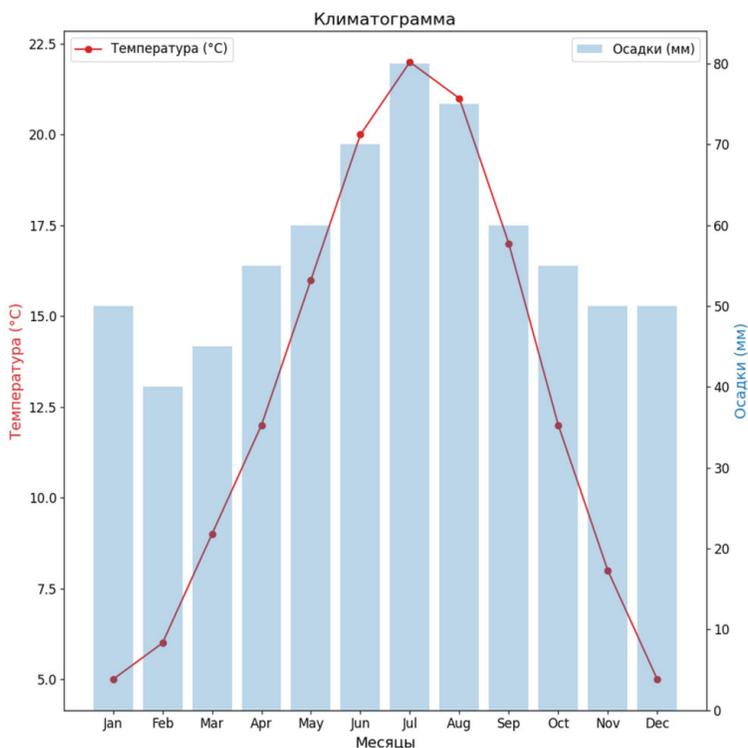


Рис. 25. Карта погоды в районе шторма «Кристалль» 11 июня 2020 г.(by US Ocean Prediction Center, Public domain, via Wikimedia Commons)

Помимо карт погоды, для прогнозирования используются так называемые климатограммы. Климатограммы – это графическое представление климатических данных, таких как температура и осадки, для конкретного региона или города на протяжении определенного периода време-

ни, как правило, на протяжении года. Эти диаграммы позволяют наглядно увидеть сезонные колебания температуры, осадков и выявить особенности климата.



*Рис. 26. Климатограмма – графическое отображение изменений температуры и осадков в течение года*

Карты погоды и климатограммы помогают прогнозировать краткосрочные изменения и предоставляют ключевую информацию для экономики, транспорта и авиации, здравоохранения, энергетики, экологии и др.

# ЧАСТЬ III: МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Современные вызовы, связанные с изменением климата, качеством воздуха и катастрофическими природными явлениями, все более остро поднимают значимость мониторинга окружающей среды. Это направление в метеорологии, относящееся к изучению взаимосвязей между атмосферой и окружающей средой, играет важнейшую роль в сохранении здоровья планеты и ее обитателей. Благодаря развитию научных технологий, метеорологи не только дают нам краткосрочные прогнозы погоды, но и помогают понять долгосрочные климатические последствия, защищать экосистемы и предупреждать о рисках для здоровья людей.

## ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА КЛИМАТ

С начала промышленной революции, начавшейся в конце XVIII века, человеческая деятельность значительно изменила состав атмосферы. Главным образом это произошло за счет выбросов углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), метана ( $\text{CH}_4$ ), оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ), сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ), а также аэрозолей и твердых частиц.

По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), за последние 200 лет концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере увеличилась с доконтрольного уровня в 280 ppm до более чем 420 ppm в 2023 году. Это повышение связано с усилением парникового эффекта, который приводит к глобальному потеплению. Помимо влияния на температуру, загрязнения изменяют химический состав атмосферы, снижают прозрачность воздуха, влияют на образование облаков и осадков. Качество воздуха в мегаполисах ухудшается за счет смога и лесных пожаров.

Сдвиг оси вращения Земли — другое явление, оказывающее влияние на изменение климата. Ось вращения Земли изменяется под воздействием как естественных процессов, так и антропогенных факторов. Этот процесс известен как прецессия и нутация. Теорию влияния изменений в движении Земли на ее климат предложил сербский астрофизик и климатолог Милутин Миланкович в 1941 году.

Сдвиг оси вращения связан с распределением массы на поверхности Земли, например с таянием ледников и перераспределением воды между океанами и сушей,

которые изменяют гравитационный баланс Земли. Кроме того, на сдвиг оси вращения влияют движение тектонических плит и крупные землетрясения, изменение внутреннего состава Земли, включая динамику мантийного вещества и изменения в земном ядре.

За последние столетия основной антропогенный вклад в сдвиг оси вращения связан с массовым таянием полярных льдов из-за глобального потепления. Исследования показывают, что около 2000 г. таяние ледников Гренландии и Антарктиды ускорило движение оси вращения. Например, с 1990-х годов полюс сместился на 10 сантиметров в год, что частично связано с перераспределением массы воды.

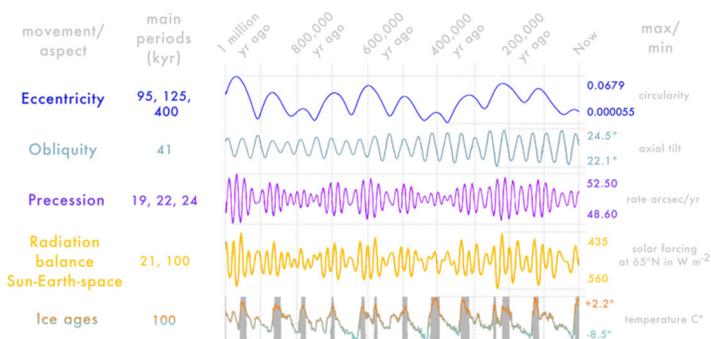


Рис. 27. Циклы Миланковича (by Pablo Carlos Budassi, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons)

Хотя оба процесса (промышленные загрязнения и сдвиг оси вращения) оказывают влияние на климат, их природа и масштаб различны.

- Промышленные загрязнения усиливают парниковый эффект, изменяя глобальную температуру. Например, выбросы CO<sub>2</sub> составляют около 75% антропогенного радиационного воздействия.

- Сдвиг оси вращения влияет на распределение солнечной радиации и также способствует усилению парникового эффекта, однако его эффект значительно меньше.

Долгосрочные климатические изменения, такие как прецессия оси и другие астрономические циклы (например, циклы Миланковича), происходят в масштабах десятков тысяч лет. В то же время антропогенные выбросы оказывают быстрое и интенсивное воздействие, проявляясь уже в течение нескольких десятилетий.

Недавние исследования показывают, что более 90% наблюдаемого за последние 100 лет повышения глобальной температуры связано с антропогенными загрязнениями. Вклад изменения оси вращения Земли за тот же период оценивается как незначительный — лишь доли процента.

Эти выводы основаны на данных Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) — международной организации при ООН, публикующей научные доклады о климатических изменениях. В их исследованиях четко показано, что антропогенные выбросы парниковых газов имеют значительно большее влияние на климат, чем естественные циклы, такие как сдвиг оси вращения Земли.

Согласно 6-му оценочному докладу МГЭИК, миру уже не удастся полностью предотвратить экстремальные климатические изменения. Если в 2020-х годах не будет достигнуто значительного сокращения выбросов углекислого

газа и других парниковых газов, глобальное потепление, вероятно, превысит критические пороги в  $1,5^{\circ}\text{C}$  и  $2^{\circ}\text{C}$  в течение XXI века.

Обобщенные выводы 6-го оценочного доклада, представленные в марте 2023 года, указывают, что к концу столетия средняя температура на поверхности Земли может повыситься на  $5^{\circ}\text{C}$ . Это представляет серьезную угрозу для экосистем, глобальной экономики и человечества в целом.

Вот несколько конкретных примеров, связанных с изменением климата, качеством воздуха и катастрофическими природными явлениями.

### **Изменение климата на планете**

Температура в Арктике. За последние 30 лет средняя температура в Арктике увеличивалась почти в 3 раза быстрее, чем в среднем по планете.

Уменьшение ледяного покрова. Летом площадь арктических льдов сократилась на 75% с 1979 года (данные NASA). В 1980-х годах льды летом покрывали около 7 млн  $\text{км}^2$ , а к 2023 году – менее 4 млн  $\text{км}^2$ .

Рост уровня Мирового океана. С 1900 года уровень океана поднялся на 20 см, а к 2100 году может увеличиться еще на 50–100 см, что угрожает миллионам жителей прибрежных регионов.

Засухи в Африке. С 2020 года засухи в Восточной Африке снизили урожайность – в некоторых регионах Кении производство кукурузы упало на 70%.

Снижение урожайности. Глобальное потепление уменьшает урожайность пшеницы — повышение температуры на 1° С грозит снижением мировых урожаев на 6%.

### **Качество воздуха, смог в мегаполисах**

Критический уровень загрязнения. В ноябре 2022 года индекс качества воздуха (AQI) в Дели достигал 400–500, что классифицируется как опасный уровень. Для сравнения, нормальный AQI — ниже 50. Это привело к закрытию школ и увеличению госпитализаций.

Масштабная угроза здоровью. В 2019 году загрязнение воздуха стало причиной 6,7 млн случаев преждевременной смерти по всему миру (ВОЗ).

Неудовлетворительное качество воздуха. В 2020 году более 91% населения мира проживало в условиях, не соответствующих стандартам ВОЗ.

Промышленные выбросы. Заводы и электростанции на угле выбрасывают миллионы тонн диоксида серы (SO<sub>2</sub>) и оксидов азота (NO<sub>x</sub>). В 2021 году Польша произвела 500 тыс. тонн SO<sub>2</sub>, что негативно сказалось на здоровье жителей промышленных районов.

### **Наводнения, ураганы и тайфуны**

Наводнения в Европе. В июле 2021 года наводнения в Германии и Бельгии привели к гибели более 220 человек, разрушению тысяч домов и экономическому ущербу в 13 млрд евро.

Наводнения в Пакистане. В 2022 году 1/3 территории Пакистана была затоплена, пострадали более

33 млн человек, а ущерб составил около 30 млрд долларов.

Ураган «Иан». В 2022 году в США ураган с ветром до 240 км/ч нанес ущерб на сумму 113 млрд долларов.

Тайфун «Хайян». В 2013 году на Филиппинах он унес жизни 6300 человек, разрушил 1,1 млн домов и оставил 4 млн человек без крова.

### **Лесные пожары**

«Черное лето» в Австралии (2019–2020): огонь уничтожил 19 млн гектаров лесов, погибло 3 млрд животных, а экономический ущерб составил 4,4 млрд долларов.

Рекорды в США: в 2020 году лесные пожары в Калифорнии сожгли более 4 млн гектаров, что стало историческим максимумом.

### **Лесные пожары в Канаде**

Масштаб трагедии: в 2023 году выгорело более 17 млн гектаров лесов – больше, чем площадь Греции.

Эвакуация и ущерб: было эвакуировано более 200 тысяч человек, ущерб от пожаров превысил 3 млрд долларов.

Ухудшение качества воздуха: летом 2023 года дым от пожаров ухудшил AQI до 400 единиц в Торонто и Нью-Йорке, увеличив госпитализации на 20–30%.

Экологический эффект: в атмосферу выделилось более 1,5 гигатонн CO<sub>2</sub> – это эквивалентно годовому выбросу Германии.

## Лесные пожары в России

Рекордные масштабы: в 2021 году в России сгорело 18,8 млн гектаров лесов, что сопоставимо с площадью Сирии. В Якутии в 2021 году огонь охватил 8,4 млн гектаров.

Экономические потери: прямой ущерб от пожаров составляет 20–30 млрд рублей ежегодно, а потеря древесины достигает 5–7 млн кубометров.

Здоровье и экология: в Якутске концентрация PM2.5 превышала норму в 10–15 раз, что привело к всплеску респираторных заболеваний. Дым от пожаров достиг Аляски, Канады и Европы.

Фактор	Канада (2023)	Россия (2021-2023)
Площадь пожаров	17 млн гектаров	18,8 млн гектаров (2021)
Экономический ущерб	> 3 млрд долларов США	20-30 млрд рублей ежегодно
Углеродные выбросы	1,5 гигатонн CO <sub>2</sub>	> 1 гигатонны CO <sub>2</sub> ежегодно
Эвакуация населения	200 тыс. человек	Тысячи жителей Якутии
Качество воздуха	AQI > 400	PM2.5 выше нормы в 10-15 раз

*Рис. 28. Сравнение последствий лесных пожаров. Канада (2023), Россия (2021–2023)*

Эти примеры подчеркивают необходимость усиления мер по предотвращению пожаров, улучшению мониторинга окружающей среды и повышению устойчивости природных экосистем.

Мониторинг атмосферного состояния включает ряд направлений.

- Мониторинг и анализ загрязняющих веществ. Научные исследования в этой области позволяют понять, как антропогенные факторы (включая выбросы от промышленных объектов, автомобильного транспорта и сжигания ископаемого топлива) влияют на состав атмосферы. Ключевыми загрязнителями являются оксиды азота, сернистый газ, твердые частицы и углекислый газ, которые могут вызывать ухудшение здоровья людей и разрушение экосистем. Загрязненный воздух приводит к множеству заболеваний, таких как астма, бронхит и даже сердечно-сосудистые болезни. В густонаселенных районах с высокой концентрацией автомобилей и промышленных объектов жители сталкиваются с повышенными рисками для здоровья.

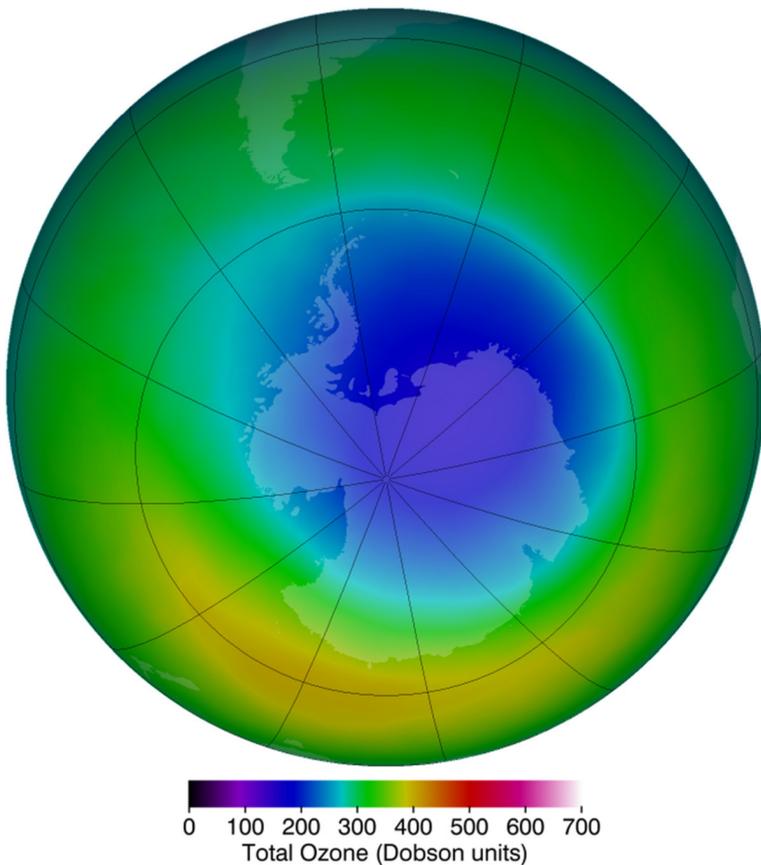
- Изучение процессов загрязнения воздуха. Метеорологи отслеживают распространение загрязняющих веществ в атмосфере и понимают, как именно погода (ветер, температура, влажность) влияет на концентрацию загрязняющих веществ. Эти данные необходимы для разработки политики по охране окружающей среды.

- Кислотные дожди и их последствия. Одной из значимых проблем является химическое загрязнение, приводящее к кислотным дождям. Кислотные осадки разрушают почвы, водоемы и экосистемы, затрагивая биоразнообразие и сельское хозяйство. Мониторинг окружающей среды помогает отслеживать источники и пути перемещения кислотных дождей, а также моделировать их воздействие на природу.



*Рис. 29. Повреждения, вызванные кислотным дождем  
(by Nino Barbieri, CC BY-SA 3.0 (via Wikimedia Commons))*

- Изучение парниковых газов. Мониторинг окружающей среды уделяет особое внимание газам, способствующим парниковому эффекту: углекислому газу ( $\text{CO}_2$ ), метану ( $\text{CH}_4$ ), закиси азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) и другим. Эти газы не только изменяют климатические параметры, но и влияют на устойчивость экосистем и жизнь человека. Скопление парниковых газов ведет к потеплению атмосферы, что приводит к изменению климатических паттернов. В результате учащаются засухи, наводнения и ураганы, что влияет на экономику и водные ресурсы. Озоновый слой защищает Землю от ультрафиолетового (УФ) излучения, которое опасно для здоровья человека и природы. Разрушение озонового слоя повышает риск кожных заболеваний и мутаций в экосистемах.



*Рис. 30. Озоновая дыра над Антарктикой (2013)  
(by NASA, Public domain, via Wikimedia Commons)*

Для решения этих проблем метеорологи окружающей среды используют передовые методы наблюдений и анализа. Существует несколько ключевых технологий и подходов.

- Спутниковый мониторинг. Спутники играют важную роль в отслеживании крупных загрязнений, потока аэрозолей, озоновых дыр и других крупных атмосферных аномалий. Они позволяют получать данные в реальном времени и анализировать динамику атмосферных процессов.

- Компьютерное моделирование. Модели атмосферы позволяют прогнозировать движение воздушных масс, распределение загрязняющих веществ, вероятные последствия изменения климата. С помощью сложных математических алгоритмов ученые создают сценарии, которые помогают прогнозировать катастрофические последствия и принимать меры по их предотвращению.

- Наземные измерения и лабораторные исследования. Станции мониторинга воздуха фиксируют концентрацию опасных веществ на уровне земли, а лаборатории анализируют химические и физические свойства этих веществ.

Глобальный мониторинг окружающей среды включает в себя множество международных организаций, инициатив и проектов, направленных на сбор, анализ и распространение данных об изменении климата, загрязнении и состоянии экосистем.

# ОСНОВНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОЕКТЫ

## **1. Всемирная метеорологическая организация (ВМО).**

Роль: координирует международные усилия по сбору метеорологических данных.

Основные программы: глобальная система наблюдений за климатом (GCOS). Всемирная служба погоды (WWIS).

Участники: все страны – члены ООН (193 государства).

Сроки: постоянно действующая организация, основана в 1950 году.

## **2. Программа ООН по окружающей среде (UNEP).**

Проекты: «Глобальная инициатива по мониторингу окружающей среды» (GEMS) – фокус на качестве воды и воздуха. «Программа спутникового мониторинга GRID». Сроки: действует с 1972 года.

## **3. NASA и NOAA (США).**

Основные проекты: спутники Landsat (с 1972 года) и MODIS – глобальное картирование поверхности Земли. GOES и Aqua – наблюдение за атмосферой и океанами. Программа мониторинга углерода OCO-2 (с 2014 года). Участники: США, но данные доступны для международного сообщества.

#### **4. Европейское космическое агентство (ESA).**

Программы: Copernicus (совместно с Европейским союзом) – наблюдение за Землей, включая использование спутников Sentinel. Climate Change Initiative (CCI) – сбор климатических данных.

Сроки: Copernicus действует с 2014 года.

#### **5. Международная организация водных ресурсов (IWMI).**

Проекты: глобальная инициатива по мониторингу водных ресурсов и наводнений. Сроки: с начала 1990-х годов, деятельность продолжается.

#### **6. IPCC (Межправительственная группа экспертов по изменению климата).**

Функция: сбор, анализ и публикация данных о климатических изменениях. Основной проект: доклады о состоянии климата (последний – 6-й оценочный доклад, 2021 год).

Сроки: действует с 1988 года.

#### **7. Глобальная сеть наблюдений за океанами (GOOS).**

Координация: ВМО, ЮНЕСКО и Международный океанографический комитет (ИОС). Цель: наблюдение за изменением уровня моря, температурой и кислотностью океанов.

Сроки: с 1991 года, активна.

## **8. Международные инициативы по биоразнообразию.**

GBIF (Глобальная информационная система о биоразнообразии). С 2001 года обеспечивает доступ к данным на глобальном уровне.

IPBES (Межправительственная платформа по биоразнообразию и экосистемным услугам). Анализ воздействия изменений климата на экосистемы, действует с 2012 года.

## **СТРАНЫ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ**

Индия: Национальный космический центр (ISRO) проводит мониторинг климата через спутники Cartosat и RISAT.

Китай: программа Gaofen для спутникового наблюдения за окружающей средой.

Россия: проект «Идентификация источников парниковых газов» (СППУ) и спутниковые миссии «Ресурс».

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЛАТФОРМЫ И ДАННЫЕ

Спутниковая система EUMETSAT (Европейская организация спутниковой метеорологии).

GEOSS (Глобальная система систем наблюдения Земли): объединяет усилия стран – членов G20, начата в 2005 году.

Мониторинг окружающей среды играет важнейшую роль в разработке мер по сохранению природы и здоровья человека. Научные открытия и данные позволяют разрабатывать экологические нормы и стандарты, информировать население и вводить ограничения на выбросы вредных веществ. Одним из примеров практического применения метеорологических данных является программа предупреждения о загрязнении воздуха в городах. Уровень загрязняющих веществ варьируется в зависимости от сезона, времени суток и погодных условий, и своевременное оповещение позволяет людям с хроническими заболеваниями избегать вредного воздействия.

Вклад метеорологии окружающей среды сложно переоценить: сегодня она стоит на страже планеты, чтобы завтра мы могли дышать чистым воздухом и радоваться природному разнообразию.

## ЧАСТЬ IV: МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

Метеорология, как наука о погоде, использует различные методы и инструменты для сбора данных, анализа и предсказания атмосферных явлений. Одним из основных методов является наблюдение за состоянием атмосферы с помощью различных приборов, таких как термометры, барометры, анемометры, гигрометры и радиозонды. Эти устройства позволяют измерять температуру воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра, относительную влажность воздуха и другие параметры.

Кроме того, метеорология активно использует метеостанции и спутниковые данные, которые позволяют наблюдать за облачностью, движением атмосферных фронтов и различными явлениями, происходящими на земной поверхности и в атмосфере на больших высотах. Спутники обеспечивают возможность мониторинга глобальных климатических изменений, что особенно важно для понимания процессов, происходящих в атмосфере.

# ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

## **Метеорологические приборы**

Термометры: измеряют температуру воздуха. Они могут быть установлены на земле, в воде или на высоте для измерения различных уровней атмосферы.

Гигрометры: измеряют относительную влажность воздуха и точку росы. Это позволяет определить, насколько насыщен воздух водяным паром.

Барометры: измеряют атмосферное давление. Изменения в атмосферном давлении могут предсказывать приближающиеся погодные системы.

Анемометры: измеряют скорость и направление ветра. Это помогает определить интенсивность и направление движения воздушных масс.

Датчики осадков: измеряют количество осадков, выпавших за определенный период времени.

## **Метеорологические станции, радиозонды и спутники**

Метеорологические станции располагаются по всей территории Земли и непрерывно фиксируют параметры атмосферы, такие как температура, влажность, атмосферное давление и осадки. Сеть метеостанций позволяет получить точные данные о погоде в реальном времени.



*Рис. 31. Vaisala RWS200 weather station (by Pasixxxx. Attribution-Share Alike 4.0, via Wikimedia Commons)*

Радары и радиолокационные системы: используются для отслеживания осадков и их интенсивности, что позволяет, например, прогнозировать сильные дожди или грозы.

Радиозонды: эти устройства поднимаются в атмосферу с помощью воздушных шаров и собирают данные о температуре, давлении, влажности на различных высотах. Они позволяют получить информацию о вертикальной структуре атмосферы, что особенно важно для предсказания таких явлений, как грозы, фронты и атмосферные вихри.



*Рис. 32. Vaisala RS92 and RS41 radiosondes  
(by FW, CC BY-SA 4.0 via Wikimedia Commons)*

Спутники: собирают информацию о погоде с орбиты, отслеживая распределение облачности, температуру поверхности и слоев атмосферы, а также перемещение циклонов и антициклонов. Спутники помогают прогнозировать погоду, особенно в труднодоступных районах, где нет наземных станций.



*Рис. 33. Synchronous Meteorological Satellite  
(by Greg Goebel, Public domain, via Wikimedia Commons)*

Ниже приведены технические характеристики современных метеорологических инструментов, таких как метеорологические термометры, гигрометры, барометры, анемометры, пювьиометры, метеостанции, радиозонды и метеорологические спутники.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

## ТЕРМОМЕТРЫ

### **Vaisala HMT330**

- Тип датчика: платиновый терморезистор (Pt100).
- Диапазон температур: от -70 до +180° С (зависит от модели).
- Точность:  $\pm 0,1^{\circ}$  С (при 0° С).
- Функции: одновременное измерение температуры и влажности, устойчивость к конденсации, подключение через цифровой интерфейс, экран для отображения данных.
- Применение: метеостанции, мониторинг окружающей среды, промышленные установки.

### **Campbell Scientific CS215**

- Тип датчика: полупроводниковый.
- Диапазон температур: от -40 до +70° С.
- Точность:  $\pm 0,4^{\circ}$  С (при 0–50° С).
- Функции: сочетание с датчиком влажности, поддержка цифрового выхода SDI-12.
- Применение: метеостанции, мониторинг температуры и влажности в наружных условиях.

## **ГИГРОМЕТРЫ**

### **Vaisala HMP155**

- Тип датчика: емкостный сенсор HUMICAP®.
- Диапазон измерения влажности: 0–100% относительной влажности (RH).
- Диапазон температур: от -80 до +60° C.
- Точность:  $\pm 1\%$  RH (в диапазоне 0–90% RH),  $\pm 1,7\%$  RH (в диапазоне 90–100% RH).
- Применение: используется в погодных станциях и для измерения влажности в экстремальных условиях.

### **Honeywell HIH-4602**

- Тип датчика: полимерный емкостный датчик.
- Диапазон измерения влажности: 0–100% RH.
- Диапазон температур: от -40 до +85° C.
- Точность:  $\pm 2\%$  RH.
- Применение: для использования в погодных станциях и для контроля влажности в промышленных и метеорологических установках.

## **БАРОМЕТРЫ**

### **Vaisala PTB330**

- Тип датчика: емкостный, на основе технологии BARoCAP®.

- Диапазон давления: 500–1100 гПа (модель с расширенным диапазоном: 50–1100 гПа).

- Точность:  $\pm 0,1$  гПа (при 0–30° C),  $\pm 0,15$  гПа (в диапазоне от -40 до +60° C).

- Особенности: высокая стабильность и надежность, защита от коррозии, поддержка аналогового и цифрового интерфейсов (RS-232, RS-485).

- Применение: метеорологические станции, калибровочные лаборатории, аэрологические станции.

### **Druck DPI 740**

- Тип датчика: пьезорезистивный.

- Диапазон давления: до 1200 гПа.

- Точность:  $\pm 0,01\%$  от диапазона.

- Дополнительные функции: цифровой дисплей, возможность регистрации данных, подключение через USB или RS-232.

- Применение: лабораторные исследования, полевые метеорологические станции, системы калибровки барометрических приборов.

## **АНЕМОМЕТРЫ**

### **Vaisala WMT700**

- Тип датчика: ультразвуковой анемометр.
- Диапазон скорости ветра: 0–75 м/с.
- Диапазон направления ветра: 0–360°.
- Точность скорости ветра:  $\pm 0,1$  м/с (при скорости до 10 м/с),  $\pm 2\%$  (при более высоких скоростях).
- Особенности: без движущихся частей, устойчив к загрязнению и коррозии, поддержка цифрового интерфейса (RS-232, RS-485).
- Применение: метеорологические станции, морские и авиационные станции.

### **RM Young 05103 Wind Monitor**

- Тип датчика: чашечно-лопастной анемометр.
- Диапазон скорости ветра: 0–60 м/с.
- Диапазон направления ветра: 0–360°.
- Точность скорости ветра:  $\pm 0,3$  м/с.
- Применение: метеорологические исследования, наземные и морские метеостанции.

## **ПЛЮВИОМЕТРЫ**

### **Vaisala RAINCAP® RG13**

- Тип датчика: ковшовый осадкомер (типа tipping-bucket).
- Диапазон измерений: 0–700 мм/ч.
- Точность:  $\pm 2\%$  при осадках до 250 мм/ч.
- Чувствительность: 0,2 мм на один поворот ковша.
- Особенности: устойчивость к коррозии, защита от насекомых, низкие требования к техническому обслуживанию.
- Применение: погодные станции, сельское хозяйство, системы управления водными ресурсами.

### **OTT Pluvio<sup>2</sup> S**

- Тип датчика: взвешивающий дождемер.
- Диапазон измерений: 0–3000 мм/ч.
- Точность:  $\pm 0,1$  мм (при осадках до 10 мм/ч),  $\pm 1\%$  (при более высоких интенсивностях).
- Объем коллектора: 2000 см<sup>3</sup>.
- Особенности: высокая точность, подходит для экстремальных условий, устойчив к перепадам температуры и ветру.

- Применение: метеостанции, научные исследования, гидрологический мониторинг.

## **МЕТЕОСТАНЦИИ**

### **Vaisala MAWS201**

- Тип станции: модульная автоматическая метеостанция.
- Измеряемые параметры: температура, влажность, давление, скорость и направление ветра, осадки.
- Диапазон температур работы: от -40 до +60° С.
- Точность: высокая точность для всех параметров (например,  $\pm 0,1^\circ$  С для температуры,  $\pm 0,1$  гПа для давления).
- Особенности: возможность работы на солнечных батареях, поддержка дистанционного управления и сбора данных через GPRS/3G/4G, погодостойкий корпус.
- Применение: долговременный мониторинг окружающей среды, метеорологические исследования, агрометеорология.

### **Metek MRR-PR**

- Тип станции: микроволновой радар для метеорологических наблюдений.
- Измеряемые параметры: осадки (интенсивность, тип), вертикальный профиль скорости ветра, облачность.
- Диапазон измерений: от уровня земли до 6 км.

- Особенности: ультрасовременная радарная технология для детального анализа профилей осадков и ветра, высокая точность в сложных погодных условиях, поддержка передачи данных в реальном времени.

- Применение: научные исследования, авиационная метеорология, гидрометеорологические станции.

## **РАДИОЗОНДЫ**

### **Vaisala RS41-SG**

- Измеряемые параметры: температура, влажность, давление, скорость и направление ветра.

- Диапазон измерений:

- Температура: от  $-90$  до  $+60^{\circ}$  C.

- Относительная влажность: от 0 до 100%.

- Давление: от уровня моря до стратосферы.

- Точность:

- Температура:  $\pm 0,3^{\circ}$  C.

- Влажность:  $\pm 2\%$  RH.

- Особенности: высокая точность данных, малый вес, GPS для определения скорости и направления ветра, быстрая передача данных, устойчивость к экстремальным условиям.

- Применение: метеорологические и климатические исследования, наблюдения за погодой в авиации.

## **Meisei iMS-100**

- Измеряемые параметры: температура, влажность, давление, GPS-навигация для ветра.
- Диапазон измерений:
  - Температура: от -90 до +60° C.
  - Влажность: от 0 до 100%.
- Точность:
  - Температура:  $\pm 0,3^{\circ}$  C.
  - Влажность:  $\pm 2\%$  RH.
- Особенности: очень легкий радиозонд (всего 80 г), быстрая передача данных, высокоточные датчики, долговечные батареи для длительных полетов.
- Применение: оперативная метеорология, исследования климата и погоды, наблюдения в полярных регионах.

## **СПУТНИКИ**

### **NOAA GOES-16 (Geostationary Operational Environmental Satellite)**

- Орбита: геостационарная (около 35 786 км над Землей).
- Измеряемые параметры: температура поверхности, водяной пар, интенсивность осадков, циклоны, грозы, пожары, вулканическая пыль.
- Инструменты: Advanced Baseline Imager (ABI), Geostationary Lightning Mapper (GLM).

- Частота наблюдения: каждые 5 минут (для американских континентов), каждые 10 минут для видимой части поверхности Земли.

- Особенности: высокое пространственное и временное разрешение, поддержка мониторинга стихийных бедствий.

- Применение: прогноз погоды, наблюдение за ураганами, мониторинг пожаров и вулканов, климатические исследования.

#### **FY-4 (Fengyun-4)**

- Орбита: геостационарная (около 36 000 км).

- Изменяемые параметры: облачный покров, водяной пар, осадки, ураганы, температура, влажность.

- Инструменты: гиперспектральная инфракрасная камера, мультиспектральный образный радиометр, зонд для микроволнового и инфракрасного диапазонов.

- Частота наблюдения: каждые 15 минут для видимой части Земли.

- Особенности: способен наблюдать атмосферные явления в режиме реального времени, мониторинг стихийных бедствий.

- Применение: мониторинг тайфунов, прогноз погоды в Азии, мониторинг за стихийными бедствиями.

# ЧАСТЬ V: ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОГОДЫ

## НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

На первый взгляд, когда речь идет о прогнозе погоды, кажется, что мы все уже знаем: зимой — снег и мороз, летом — жаркое солнце, а осенью и весной — дожди и ветер. Для повседневных разговоров этого вполне достаточно. Однако давайте задумаемся: хватит ли этих базовых знаний, чтобы эффективно планировать дела, заботиться о здоровье и безопасности или адаптироваться к меняющимся условиям нашей планеты? Погода — это не просто фон нашей жизни, а важнейший фактор, который оказывает влияние на все сферы деятельности.

Прогноз погоды давно перестал быть лишь предметом общего интереса. Он стал важным инструментом для множества отраслей экономики, включая сельское хозяйство, логистику, строительство, туризм и здравоохранение. Даже

в повседневной жизни информация о погоде влияет на наши решения: как одеться, какие планы строить и что взять с собой.

Знание прогноза погоды имеет и прямое отношение к вопросам безопасности. Например, водители должны быть осведомлены о возможных гололедицах или сильных дождях, которые увеличивают риск аварий. Туристы и путешественники зависят от информации о возможных грозах, сильных ветрах или аномально высокой температуре. Авиация также тесно связана с погодными условиями: сильный ветер, обледенение или грозы могут серьезно затруднить работу аэропортов.

Игнорирование прогнозов может привести к катастрофическим последствиям. В регионах с высоким уровнем сейсмической активности прогнозы погоды могут помочь подготовиться к возможным оползням или обрушениям. Экстремальные явления – ураганы, наводнения, засухи – могут затронуть целые регионы, и грамотное прогнозирование позволяет не только подготовиться к этим событиям, но и минимизировать человеческие жертвы и материальные потери.

Наблюдения за погодой и климатом позволяют отслеживать долгосрочные изменения, такие как глобальное потепление или увеличение числа экстремальных явлений. Эти изменения важны не только для теоретических исследований, но и для практического влияния на повседневную жизнь. Например, знание того, что лето стало засушливее, а зима теплее, позволяет пересматривать использование природных ресурсов, разрабатывать планы адаптации к меняющемуся климату, внедрять меры энергосбережения и усиливать устойчивость регионов к природным катастрофам.

Погода также влияет на наше здоровье. Зимой холодный воздух и низкая влажность могут обострять заболевания дыхательных путей, а летом жара приводит к тепловым ударам, обезвоживанию и повышению числа сердечно-сосудистых заболеваний. Ветер и высокая влажность могут ухудшать состояние людей с аллергией или ревматизмом, а резкие перепады давления – влиять на самочувствие метеочувствительных людей.

Изменения климата также способствуют распространению тропических болезней в новые регионы, в том числе инфекций, передающихся через укусы комаров и других насекомых. В таких случаях прогнозы погоды становятся частью системы здравоохранения, помогая предупреждать вспышки болезней и предпринимать необходимые профилактические меры.

Кроме того, погода оказывает значительное влияние на экономику. Сельское хозяйство, например, зависит от точных прогнозов для планирования посевов и уборки урожая, так как неожиданные заморозки или засухи могут уничтожить посевы. Энергетика также сильно зависит от погодных условий: спрос на электроэнергию растет в холодные и жаркие сезоны.

Туризм – еще одна отрасль, где точность прогнозов имеет решающее значение. Туристы выбирают время отпуска с учетом погодных условий, а природные катастрофы, такие как ураганы и ливни, могут принести огромные убытки турбизнесу.

Влияние погоды на повседневную жизнь – это сложный и многогранный процесс, требующий внимательного изучения и планирования. Точные прогнозы позволяют минимизировать риски негативных последствий, а клима-

тические и метеорологические данные помогают создавать устойчивые прогнозные модели, которые помогают человечеству не только справляться с переменчивостью погоды, но и адаптироваться к ее новым долгосрочным тенденциям.

## ИНСТРУМЕНТЫ ПРОГНОЗА

Прогноз погоды представляет собой процесс, основанный на анализе текущих атмосферных данных и использовании моделей и алгоритмов для предсказания ее изменений в будущем.

Один из основных инструментов метеорологии — это математическое моделирование. Компьютерные модели атмосферы позволяют на основе уравнений, описывающих движение и поведение воздуха, предсказывать, как будет изменяться погода. Эти модели используют данные, собранные метеостанциями, спутниками и радиозондами, и обрабатывают их с помощью сложных алгоритмов. Основой таких моделей являются физические законы, такие как уравнения Навье — Стокса, описывающие движение флюидов (в данном случае воздуха), и уравнения, описывающие теплопередачу, испарение и конденсацию.

Благодаря моделированию можно строить прогнозы на разные временные интервалы: краткосрочные прогнозы (от нескольких часов до суток), среднесрочные (на несколько дней) и долгосрочные (на недели или месяцы). Чем больше данных и чем точнее модели, тем лучше

прогноз. Краткосрочные прогнозы, как правило, более точны, в то время как долгосрочные прогнозы менее предсказуемы из-за сложности атмосферных процессов и их зависимости от множества факторов.

Метеорологические модели могут быть глобальными, охватывающими всю планету, или региональными, ограниченными определенной территорией. Они играют ключевую роль в составлении прогнозов погоды и позволяют ученым и метеорологам предоставлять информацию о погодных условиях на несколько дней вперед.

Один из примеров глобальных прогностических моделей погоды – это модель NOAA Global Forecast System (GFS). Это глобальная численная модель, разработанная Национальным управлением океанических и атмосферных исследований США (NOAA), которая предсказывает погоду на всей планете.

В рамках данной книги мы будем работать с упрощенными моделями, которые хотя и не обладают точностью профессиональных метеорологических систем, но дают представление о подходах и базовых идеях климатического и метеорологического прогнозирования. Эти модели предоставят вам возможность самостоятельно создать инструменты для анализа и прогнозирования погоды, используя язык Python и доступные библиотеки.

Предлагаемые модели не требуют высокопроизводительных вычислений и предназначены для образовательных целей, чтобы вы могли понять и воспроизвести ключевые этапы построения и анализа прогнозов. Вместо сложных численных моделей с сотнями параметров, которые учитывают данные со спутников, наземных станций и океанографических буев, мы будем использовать про-

стые, интуитивно понятные уравнения и статистические методы. Такой подход позволит вам увидеть, как применяются базовые концепции физики атмосферы, термодинамики и геофизики для расчета ключевых показателей, таких как температура, влажность, давление и т. д. Каждая модель сопровождается исходным кодом, написанным в минималистичном стиле, с подробными комментариями к каждому этапу. Это даст вам возможность не только понять, как работает модель, но и изменять ее под свои нужды, добавляя, например, новые параметры или изменяя алгоритмы для получения более реалистичных результатов.

## МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

### Модель прогноза температуры воздуха

Для такой задачи, как прогнозирование температуры, подойдет модель, основанная на линейной регрессии. Это простой и быстрый способ для прогноза, если предполагается, что температура зависит от линейных факторов (например, трендов за последние несколько дней).

Модель линейной регрессии может иметь вид:

$$T(t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot T(t-1) + \beta_2 \cdot T(t-2) + \dots + \epsilon$$

где:

$T(t)$  – температура в момент времени  $t$ ,

$\beta_0, \beta_1, \dots$  – коэффициенты модели,

$\epsilon$  – ошибка.

В такой модели учитываются температурные значения в предыдущие моменты времени (например, температура за день, два дня назад и т. д.). После построения модели важно оценить ее точность. Для оценки точности модели прогноза температуры обычно используют метрики, такие как: среднеквадратичная ошибка (RMSE), средняя абсолютная ошибка (MAE), или  $R^2$ . После того как модель обучена и проверена на исторических данных, можно использовать ее для прогноза будущих температур. Например, если модель использует данные о температуре за последние несколько дней, она может предсказать температуру на следующий день, неделю или месяц.

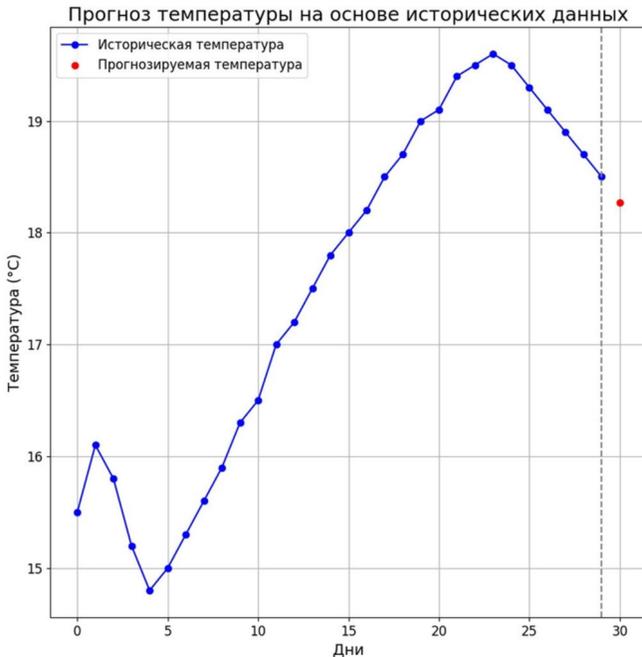


Рис. 34. Прогноз температуры воздуха методом линейной регрессии. Script (Python): temperature.py

Прогнозируемая температура на следующий день: 18,27° С.

Среднеквадратическая ошибка модели: 0,01.

### **Модель прогноза относительной влажности воздуха**

Для построения простой модели прогноза относительной влажности воздуха на основе линейной регрессии используется стандартная формула линейной регрессии:

$$H = \beta_0 + \beta_1 \cdot T$$

где:

$H$  – прогнозируемая относительная влажность воздуха (в процентах);

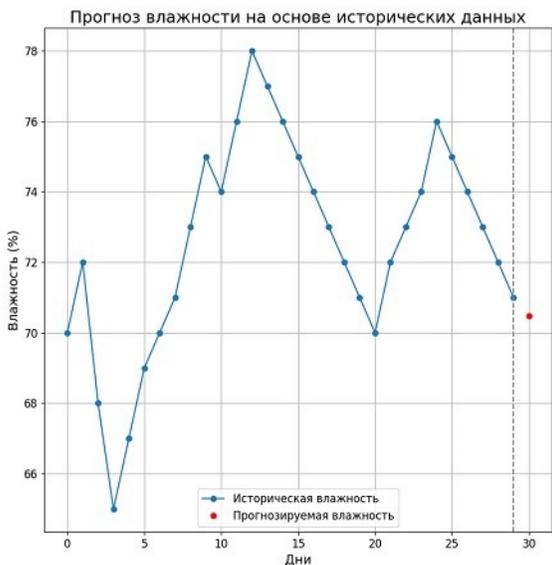
$T$  – независимая переменная, которая может представлять, например, температуру воздуха или другое подходящее объясняющее значение;

$\beta_0$  – свободный член (или смещение), который отвечает за базовый уровень влажности;

$\beta_1$  – коэффициент наклона, который описывает, как изменение температуры  $T$  влияет на изменение относительной влажности  $H$ .

Коэффициенты  $\beta_0$  и  $\beta_1$  определяются в процессе обучения модели с использованием метода наименьших квадратов.

В данной модели предполагается, что существует линейная зависимость между температурой и влажностью. В реальной практике для более точных прогнозов могут использоваться более сложные модели, включая множественную линейную регрессию или другие методы.



*Рис. 35. Прогноз отн. влажности воздуха методом линейной регрессии.  
Script (Python): humidity.py*

Прогнозируемая влажность воздуха на следующий день: 70,48%.

Среднеквадратическая ошибка модели: 0,80.

### **Модель прогноза атмосферного давления**

Для построения простой модели прогноза атмосферного давления на основе линейной регрессии можно использовать аналогичную формулу, как и для других зависимостей.

В данном случае, допустим, мы используем температуру воздуха или какую-либо другую переменную (напри-

мер, высоту) для прогнозирования атмосферного давления. Тогда модель будет выглядеть следующим образом:

$$P = \beta_0 + \beta_1 \cdot T$$

где:

$P$  – прогнозируемое атмосферное давление (в паскалях или других единицах);

$T$  – независимая переменная, которая может быть температурой воздуха (или другой переменной, которая влияет на давление);

$\beta_0$  – свободный член (или смещение), который отвечает за базовый уровень атмосферного давления;

$\beta_1$  – коэффициент наклона, который показывает, насколько изменение температуры  $T$  влияет на атмосферное давление  $P$ .

Коэффициенты  $\beta_0$  и  $\beta_1$  вычисляются на основе данных, с использованием метода наименьших квадратов для минимизации ошибки прогноза.

В реальной практике можно использовать более сложные модели, если взаимосвязь между температурой и давлением не является строго линейной: например, включать дополнительные параметры (высоту, влажность и т. д.), что приведет к использованию множественной линейной регрессии.

Если модель включает другие факторы (например, высоту, влажность), формула будет иметь вид:

$$P = \beta_0 + \beta_1 \cdot T + \beta_2 \cdot H + \dots$$

где  $H$  – это дополнительный фактор (например, влажность или высота).

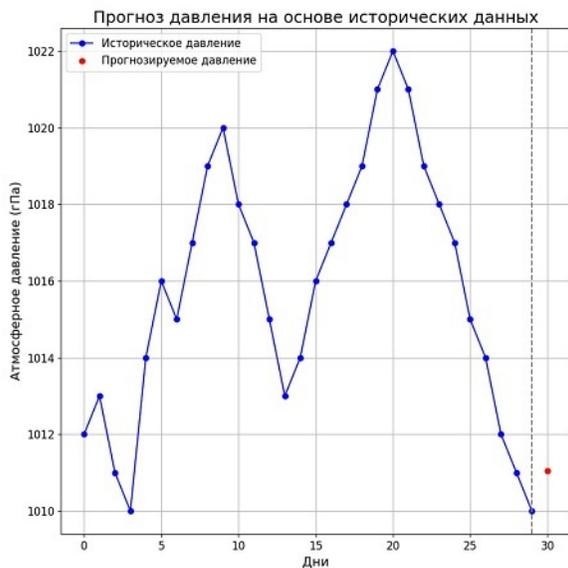


Рис. 36. Прогноз атмосферного давления методом линейной регрессии.  
Script (Python): `pressure.py`

Прогнозируемое давление на следующий день: 1011,04 гПа.

Среднеквадратическая ошибка модели: 0,98.

### Модель прогноза интенсивности тропического циклона

Для построения простой модели прогноза интенсивности тропического циклона на основе линейной регрессии мы можем использовать различные параметры, которые могут влиять на возникновение или развитие циклона, такие как температура воды на поверхности океана (Т), атмосферное давление (Р), скорость ветра (V), влажность и другие.

Предположим, что мы прогнозируем вероятность или интенсивность тропического циклона (например, силу ветра или другой параметр) на основе одной из независимых переменных (например, температуры воды на поверхности океана). Тогда формула для простой линейной регрессии будет выглядеть так:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot T$$

где:

$Y$  — зависимая переменная, которую мы хотим предсказать, например, интенсивность циклона (сила ветра или другой индикатор, связанный с циклонной активностью);

$T$  — независимая переменная, которая может быть температурой воды на поверхности океана (или другой переменной, влияющей на циклон);

$\beta_0$  — свободный член (или смещение), который отвечает за базовый уровень прогнозируемого параметра;

$\beta_1$  — коэффициент наклона, который показывает, как изменение температуры воды  $T$  влияет на развитие тропического циклона  $Y$ .

В реальной практике для построения прогноза тропического циклона может потребоваться использование более сложной модели, так как циклоны — это сложные явления, зависящие от множества факторов. В таком случае можно использовать множественную линейную регрессию, которая будет учитывать несколько независимых переменных, например:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot T + \beta_2 \cdot P + \beta_3 \cdot V + \dots$$

где:

$T$  — температура воздуха,

$P$  — атмосферное давление,

$V$  – скорость ветра  
и так далее.

Такая модель может быть более точной, поскольку учитывает несколько факторов, влияющих на развитие тропического циклона. Однако для более точных прогнозов нужно использовать сложные климатические модели и методы машинного обучения.

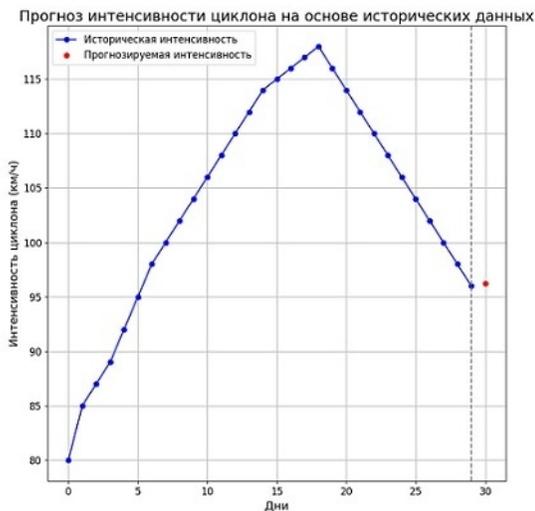


Рис. 37. Прогноз интенсивности тропического циклона методом линейной регрессии. Script (Python): cyclone.py

Прогнозируемая интенсивность на следующий день:  
96,22 км/ч.

Среднеквадратическая ошибка модели: 0,84.

# КЛИМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

## Модель парникового эффекта

Для создания простой модели парникового эффекта с использованием линейной регрессии используем зависимость между концентрацией парниковых газов (например, углекислого газа  $CO_2$ ) и средней температурой на Земле. К примеру, увеличение концентрации  $CO_2$  в атмосфере, как предполагается, может способствовать повышению глобальной температуры, что является основным аспектом парникового эффекта.

Линейная модель, описывающая зависимость температуры от концентрации одного парникового газа (например,  $CO_2$ ), может быть представлена как:

$$T = \beta_0 + \beta_1 \cdot C_{CO_2}$$

где:

$T$  – прогнозируемая температура ( $^{\circ}C$ );

$C_{CO_2}$  – концентрация углекислого газа в атмосфере (ppm);

$\beta_0$  – свободный коэффициент (интерцепт), который может представлять базовую температуру Земли при нулевой концентрации  $CO_2$ ;

$\beta_1$  – коэффициент наклона, который отражает изменение температуры на единицу изменения концентрации парникового газа, например  $CO_2$  (чувствительность температуры к увеличению  $CO_2$ ).

Это простая модель, и в реальной практике парниковый эффект зависит от множества факторов, включая концентрацию других парниковых газов, таких как метан ( $\text{CH}_4$ ) и оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), а также от изменений в солнечной активности, океанических потоках, облачности и других климатических факторов.

Тем не менее линейная модель парникового эффекта может служить полезным инструментом для начальной оценки зависимости температуры от концентрации парниковых газов и для анализа трендов на коротких временных интервалах.

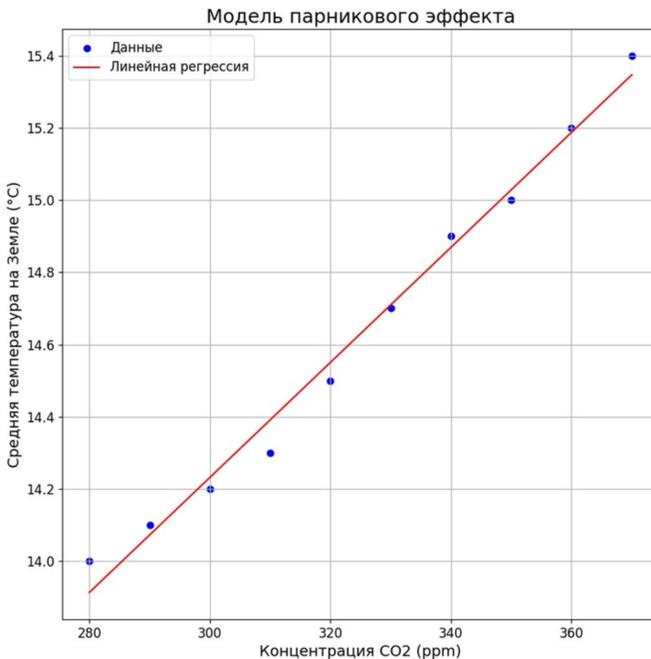


Рис. 38. Модель парникового эффекта.  
Script (Python): greenhouse.py

Уравнение линейной регрессии:  $T = 9,45 + 0,02 \cdot C_{\text{CO}_2}$

### **Модель загрязнения промышленными выбросами**

В описании модели загрязнения промышленными выбросами используется зависимость уровня загрязнения, например концентрации загрязняющего вещества (углекислого газа, NOx, SO<sub>2</sub> или других), от объема выбросов или других факторов, связанных с промышленной деятельностью.

Простая линейная модель загрязнения промышленными выбросами выглядит так:

$$C = \beta_0 + \beta_1 \cdot E$$

где:

$C$  – прогнозируемая концентрация загрязняющего вещества в атмосфере (например, в частях на миллион (ppm), микрограммах на кубический метр ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) и т. д.);

$E$  – объем промышленных выбросов (например, в тоннах в год или в других единицах);

$\beta_0$  – свободный коэффициент (интерцепт), который может отражать базовый уровень загрязнения, если выбросы равны нулю;

$\beta_1$  – коэффициент наклона, который указывает на изменение концентрации загрязняющего вещества на единицу изменения объема выбросов.

Для нахождения коэффициентов  $\beta_0$  и  $\beta_1$  используется метод наименьших квадратов, минимизируя сумму квадратов отклонений между наблюдаемыми и предсказанными значениями концентрации загрязняющего вещества.

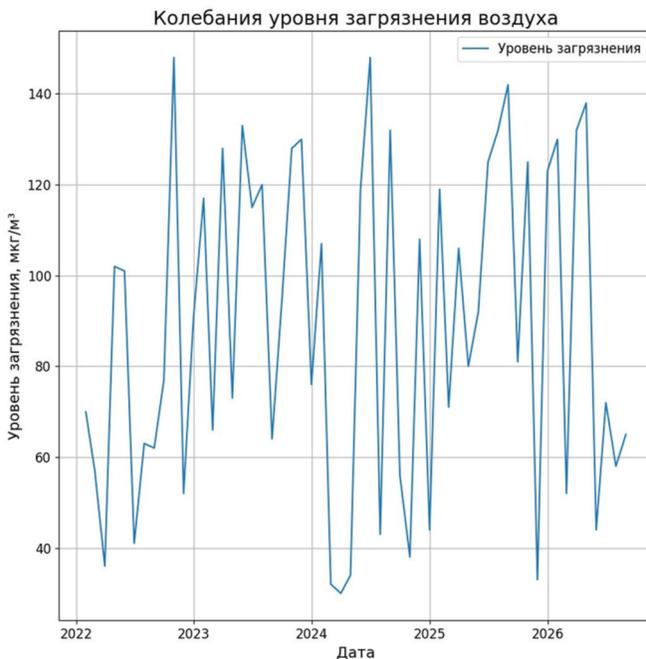


Рис. 39. Модель загрязнения промышленными выбросами.  
 Script (Python): `pollution.py`, Data file: `pollution_data.csv`

### Модель мониторинга окружающей среды

Для простой модели мониторинга окружающей среды с использованием линейной регрессии мы будем использовать данные о температуре, влажности и скорости ветра как независимые переменные для прогнозирования уровня загрязнения воздуха.

Используется модель множественной линейной регрессии, где зависимая переменная  $\text{PM}_{2.5}$  зависит от трех независимых переменных — температуры, влажности и скорости ветра:

$$PM_{2.5} = \beta_0 + \beta_1 \cdot Temperature + \beta_2 \cdot Humidity + \beta_3 \cdot WindSpeed$$

$\beta_0$  – это свободный член,  
 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  – коэффициенты наклона для каждой из переменных (температура, влажность, скорость ветра).

Индекс 2.5 указывает на загрязнение воздуха мелкими твердыми частицами диаметром 2,5 микрометра или меньше, которые могут нанести вред здоровью человека.

При обучении модели множественной линейной регрессии алгоритм будет автоматически находить оптимальные значения для коэффициентов  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  и  $\beta_3$ , чтобы минимизировать ошибку предсказания (например, с использованием метода наименьших квадратов).

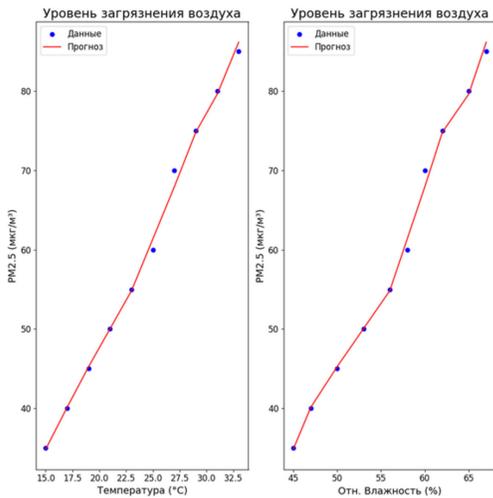


Рис. 40. Модель множественной линейной регрессии для уровня загрязнения воздуха. Script (Python): *monitoring.py*

Уравнение линейной регрессии:

$$PM_{2.5} = 43,51 + 5,04 \cdot Temperature + -2,08 \cdot Humidity + 3,18 \cdot WindSpeed$$

В модель можно добавить дополнительные признаки, такие как уровень загрязнения других компонентов воздуха (например, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>), а также географическое положение, плотность населения и т. д.

Множественная линейная регрессия – это базовая модель. Можно применить более сложные методы, такие как случайные леса, градиентный бустинг или нейронные сети, чтобы улучшить точность прогнозирования. В реальных сценариях используются данные, которые собраны за длительный период времени, при этом учитываются сезонные колебания и тренды.

## МОДЕЛИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Простые прогностические модели чаще всего опираются на линейные зависимости или базовые методики, такие как среднее прошлых значений, линейная регрессия или базовая скользящая средняя. Эти модели, несмотря на их простоту, иногда дают приемлемые результаты для прогнозирования, особенно в случаях, когда данные статичны и не зависят от времени. Однако такие подходы не способны должным образом учитывать сложные закономерности и зависимости, которые могут присутствовать в данных, собранных на протяжении длительных временных периодов.

Временные ряды, представляющие собой последовательность наблюдений за определенным явлением, измеряемым через регулярные интервалы времени, находят широкое применение в прогнозировании. В отличие от простых моделей прогнозирования, которые могут полагаться на базовые предположения о статичности данных или использовать лишь часть их характеристик, модели, основанные на анализе временных рядов, предлагают более комплексный и точный подход к изучению данных. Они учитывают динамическую природу временных данных, такие аспекты, как сезонность, тренды, автокорреляция и влияние внешних факторов, делая прогнозирование более гибким и адаптивным.

Одним из главных преимуществ использования моделей временных рядов является их способность не просто учитывать прошлые значения данных, но и анализировать динамику изменений. Это позволяет не только предсказывать, что произойдет в будущем, но и понимать, почему это происходит. В основе таких моделей лежат сложные алгоритмы, которые позволяют более глубоко анализировать зависимость между событиями в прошлом и будущем.

Кроме того, модели временных рядов обеспечивают большую точность, чем простые прогностические модели, поскольку они способны захватывать не только общее направление изменения данных, но и учитывать мелкие колебания и периодические эффекты. Например, модель ARIMA с корректировкой на сезонность может эффективно прогнозировать данные, которые подвержены сезонным изменениям, что не удастся простым моделям.

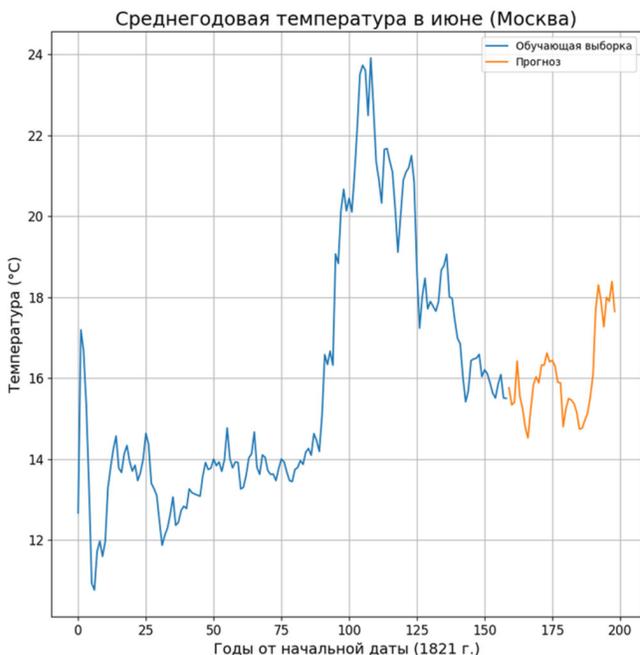


Рис. 41. Расчет среднегодовой температуры воздуха (модель ARIMA). Script (Python): `arima.py`, data file: `arima_data.csv`

В последние годы для анализа временных рядов все чаще применяются сложные модели на основе машинного обучения и глубоких нейронных сетей, такие как рекуррентные нейронные сети (RNN) и их модификации (LSTM и GRU). Эти модели имеют значительное преимущество в обработке данных с долгосрочными зависимостями, учитывая сложные и многослойные отношения внутри данных.

Глубокие нейронные сети и методы машинного обучения помогают обнаруживать скрытые закономерности и структуры, которые традиционные модели могут не уловить. Например, модели на основе LSTM и GRU используют специальную архитектуру, позволяющую моделям запоминать важную информацию из прошлых состояний, что критически важно для работы с временными рядами, особенно если нужно учитывать очень длинные временные зависимости.



Рис. 42. Прогноз температуры воздуха (модель LSTM). Script (Python): `lstm.py`, data file: `lstm_data.csv`

## ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ В МЕДИЦИНЕ

Современная медицина все чаще обращается к многогранному влиянию окружающей среды на состояние человека. Одним из ключевых направлений в этой области является медицинский прогноз – специализированное исследование, направленное на предсказание влияния погодных условий на здоровье населения. Эта дисциплина объединяет данные о климатических факторах, физиологических особенностях человека и характеристиках заболеваний, создавая основу для профилактики и адаптации.

Одним из центральных аспектов медицинского прогноза являются метеотропные заболевания. Это состояния, которые обостряются при изменении погодных условий. Например, сердечно-сосудистые заболевания, такие как гипертония, зачастую становятся более выраженными при колебаниях атмосферного давления. Болезни органов дыхания, включая астму и хронический бронхит, обостряются при высокой влажности или изменении температуры воздуха. Заболевания суставов, такие как артрит, также реагируют на погоду, проявляясь усилением боли и скованности в периоды повышенной влажности или пониженной температуры.

Для составления медицинского прогноза учитываются несколько ключевых факторов. Одним из них является атмосферное давление, резкие изменения которого могут вызвать головные боли, ухудшение самочувствия и скачки артериального давления. Температура воздуха, особенно экстремальные ее значения, создает значительную нагрузку на организм, увеличивая риск теплового удара летом

или гипотермии зимой. Влажность также играет важную роль: высокая влажность затрудняет дыхание, особенно у людей с заболеваниями легких. Ветер и его скорость могут оказывать раздражающее воздействие на нервную систему, вызывая усталость и раздражительность. Особое внимание уделяется концентрации аллергенов, таких как пыльца растений, пыль и другие раздражители, которые провоцируют обострения аллергий и хронических заболеваний.

Главная цель медицинского прогноза заключается в том, чтобы заранее предупредить людей о возможных рисках и помочь им адаптироваться к изменяющимся условиям. Это позволяет минимизировать влияние неблагоприятных дней на здоровье, планировать физическую активность, корректировать прием лекарств и принимать профилактические меры. Особенно это важно для уязвимых групп населения: пожилых людей, детей и пациентов с хроническими заболеваниями.

Медицинский прогноз востребован разными категориями пользователей. Врачи используют эти данные для своевременной корректировки лечения своих пациентов. Метеочувствительные люди, заранее зная о неблагоприятных погодных условиях, могут адаптировать свой образ жизни и избегать факторов, ухудшающих их самочувствие.

Пример медицинского прогноза (`medical_prognosis.py`)

```
>>> %Run medical_prognosis.py
Введите текущие погодные условия для генерации медицинского прогноза.
```

*Температура (°C): 34.*

*Атмосферное давление (мм рт. ст.): 740.*

*Влажность (%): 88.*

*Скорость ветра (м/с): 7.*

Медицинский прогноз на основе текущих погодных условий:

*Высокая температура. Риск перегрева и ухудшения состояния у людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями.*

*Высокая влажность. Тяжело переносится людьми с заболеваниями дыхательных путей.*

ПРИМЕЧАНИЕ: Все скрипты (Python) можно скачать по ссылке: <https://github.com/vk35603/vk35603rep/tree/main/meteo>.

## ЧАСТЬ VI: ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Погода оказывает прямое и косвенное влияние на здоровье и самочувствие человека во многих аспектах его жизни.

Изменения атмосферного давления, влажности и температуры воздуха могут оказывать воздействие на сердечно-сосудистую и дыхательную системы, усиливать симптомы хронических заболеваний, вызывать головные боли и мигрени. В холодное время года возрастает риск простудных заболеваний и гриппа, а в жаркие дни возможны перегрев и обезвоживание.

Погодные условия также влияют на психологическое состояние: пасмурная погода может вызвать апатию и подавленность, тогда как солнечные дни способствуют улучшению настроения и повышению уровня энергии.

Вот несколько ключевых практических аспектов этого влияния.

## ПОКАЗАТЕЛЬ ОЩУЩЕНИЙ ПОГОДЫ

Часто реальная температура, которую мы видим в прогнозах, существенно отличается от температуры, которую ощущает наше тело. Мы говорим «ощущается как», подразумевая более точное отражение нашего опыта, который формируется на основе восприятия телом температуры и влажности воздуха, скорости ветра и наличия осадков.

Технология измерения показателя «ощущений» совершенно не нова. Например, все знают, что сильный ветер может вызывать чувство холода. Тем не менее до середины 1940-х годов никто не пробовал присвоить ему численное значение, пока исследователи Антарктики не обратили свое внимание на то, что сильный ветер может заморозить воду при температуре выше обычной. Исследователи сформировали таблицу, в которой можно было сравнить показания термометра и температуру, которую можно ощутить, находясь на открытом пространстве.

Так же как и ветер, влажность воздуха имеет влияние на ощущение температуры телом человека. В 1978 году исследователь Джордж Винтерлинг разработал «индекс тепла» в попытке учесть это влияние. Воздух всегда содержит в себе некоторое количество водяного пара, который начинает конденсироваться при определенной температуре, называемой точкой росы. Чем она выше, тем более влажный воздух. Исследование влажности воздуха и точки росы дало понять, что эти показатели также влияют на восприятие температуры человеком.

Ветер и «индекс тепла» натолкнули метеорологов на две мысли. Первая заключается в том, что можно коли-

чественно измерить ощущение температуры, которое люди испытывают при различных погодных условиях. Вторая — для более точного расчета данного показателя необходимо учитывать больше метеорологических данных. Объединение ветра и «индекса тепла» является базовым способом определения температуры «ощущается как».

Индекс ощущаемой температуры — это сводный показатель, который показывает, насколько холодной или теплой ощущается погода на самом деле, учитывая влияние нескольких ключевых факторов. Этот показатель более приближен к реальности, чем просто температура воздуха, и включает в себя такие параметры, как скорость ветра, влажность, солнечная радиация и иногда даже атмосферное давление.

Важность этого показателя объясняется физиологией человека: наш организм воспринимает температуру не только как числовое значение, но и в зависимости от внешних условий, которые могут или способствовать сохранению тепла, или, наоборот, вызывать его быстрое рассеивание.

Для расчета показателя ощущаемой температуры разработано несколько формул, учитывающих влияние различных погодных факторов. Одной из самых известных и часто используемых формул является индекс теплового стресса (heat index) для жаркой погоды и эффект охлаждения ветром (wind chill) для холодной. Эти индексы дают более точное представление о том, как погода ощущается человеком в данный момент.

Эффект охлаждения ветром (wind chill): этот показатель используют в холодные месяцы. Формула расчета

wind chill включает два основных параметра — температуру воздуха и скорость ветра. Чем выше скорость ветра, тем быстрее происходит потеря тепла. Формула, разработанная Национальной метеорологической службой США, представляет wind chill в виде понижающего коэффициента, который вычитается из фактической температуры. Например, при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра  $20\text{ км/ч}$  ощущаемая температура может снизиться до  $-12^{\circ}\text{C}$ .

Индекс теплового стресса (heat Index): этот показатель используется в жаркие месяцы и учитывает влажность воздуха и температуру. Формула теплового индекса была разработана в 1970-х годах и с тех пор используется для оценки риска перегрева и теплового стресса. Например, если температура составляет  $30^{\circ}\text{C}$ , но влажность воздуха высока, организм может воспринимать ее как  $35^{\circ}\text{C}$  или выше.

Например, технология RealFeel, принадлежащая одной из самых известных метеорологических станций AccuWeather, использует не только ветер и влажность воздуха, но и множество других внешних данных, таких как время года, растительность, географическое положение и многое другое. Майк Штейнберг, метеоролог AccuWeather, вместе со своими коллегами построили модель RealFeel, основываясь на биологических особенностях человека. Данная модель показывает температуру, которую ощущает обычный физически развитый человек стандартного телосложения, одетый по погоде.

Для калибровки своей модели специалисты RealFeel провели опрос пользователей. Но даже учитывая физику, наблюдаемые данные и опросы пользователей, Штейнберг признает некоторые погрешности технологии RealFeel.



Рис. 43. Термогигрометр с поправками на тепловой индекс и силу ветра (by Conant, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons)

Сегодня большинство прогнозов погоды, кроме обычных показателей, включают в себя специальный индекс ощущаемой температуры, который формируется метеорологами на основе сложных вычислений с учетом множества погодных факторов. Зарегистрировано более 100 различных систем измерения показателя «ощущается как». Каждая система имеет свои преимущества по отношению к другим, но ни одна из них не совершенна.

Показатель «ощущается как» ввели, чтобы дать общее представление о том, какую температуру будет чувствовать группа людей, живущих в одном географическом районе. Однако все равно каждый человек будет ощущать температуру по-своему.

## СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Резкие перепады температуры и экстремальные погодные условия (жара или мороз) могут привести к тепловым ударам, обморожениям, обострению сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний.

Люди с метеозависимостью могут ощущать дискомфорт, головные боли, изменение артериального давления и боли в суставах при колебаниях атмосферного давления.

Высокая влажность увеличивает нагрузку на организм, особенно в жаркую погоду, а низкая — приводит к сухости кожи и дыхательных путей, повышая риск простуд.

Солнечный свет стимулирует выработку серотонина, повышая настроение, тогда как пасмурная погода может усилить ощущение усталости и раздражительность. В районах с длительной зимой люди иногда испытывают так называемую зимнюю усталость — снижение физической активности и упадок сил, связанный с короткими световыми днями и холодом. Это может привести к дефициту витамина D и снижению настроения, что называется сезонным аффективным расстройством (САР). В ответ на это многие

стараятся больше заниматься спортом, принимают витамины и посещают солнечные регионы, чтобы восполнить нехватку солнечного света.

Дождь, снег, гололедица и туман значительно повышают риск дорожных происшествий. Водители и пешеходы должны учитывать прогнозы для безопасного передвижения.

Сильные осадки могут привести к затоплениям, особенно в районах, подверженных этому риску. Такие события могут вынудить людей эвакуироваться и принимать меры предосторожности.

В осенне-зимний период, когда температура и влажность снижаются, возрастает распространение респираторных инфекций. Холодная погода также ослабляет иммунную систему, увеличивая риски заболевания.

## АДАПТАЦИЯ К ПОГОДНЫМ УСЛОВИЯМ

Каждый день, независимо от времени года и географического местоположения, люди сознательно и бессознательно приспосабливаются к текущим и прогнозируемым погодным условиям. Эта адаптация затрагивает практически все стороны нашей жизни — от выбора одежды до изменений в режиме дня, питания и даже энергопотребления.

Одним из самых очевидных способов адаптации к погоде является выбор одежды. Зимой мы надеваем теплые пальто, свитера и шарфы, а летом предпочтение отдается легким и дышащим тканям. Эти привычные действия не только обеспечивают комфорт, но и выполняют защитную функцию. Морозы могут вызывать переохлаждение и обморожения, тогда как чрезмерное тепло приводит к риску тепловых ударов.

Люди, живущие в регионах с переменной погодой, быстро вырабатывают способность оперативно менять планы и стиль одежды. Например, те, кто живет в зонах с резкими сезонными перепадами температуры, заранее планируют покупку одежды на холодные месяцы и стараются следить за прогнозами погоды, чтобы быть готовыми к резким изменениям.

Питание также подстраивается под погодные условия и сезонность. В холодное время года многие предпочитают более калорийные и согревающие блюда, которые дают ощущение тепла и энергии. Например, зимой популярны супы, тушеные блюда, а также горячие напитки. Летом же, напротив, рацион смещается в сторону легкой пищи – салатов, свежих фруктов и овощей, а также прохладительных напитков, которые помогают поддерживать водный баланс и избегать перегрева.

Кроме того, в некоторых культурах и регионах до сих пор сохраняются сезонные циклы в производстве и потреблении продуктов. Например, сезонные овощи и фрукты не только соответствуют потребностям организма, но и влияют на кулинарные традиции, являясь основой для тех или иных блюд.

Погода и температурные колебания определяют уровень энергопотребления. В холодное время года потребность в отоплении резко возрастает, тогда как летом энергопотребление растёт из-за использования кондиционеров и вентиляторов. Этот процесс особенно заметен в регионах с резко континентальным климатом, где зимой температура может опускаться до экстремальных значений, а летом достигать высоких показателей. В результате метеорологические службы и энергетические компании тратят значительные усилия на прогнозирование погоды и соответствующую подготовку инфраструктуры для обеспечения стабильного энергоснабжения.

Кроме того, люди постепенно внедряют практики энергосбережения и повышают теплоизоляцию жилья. В некоторых странах действует так называемая зеленая модернизация – утепление домов, установка энергоэффективных окон и солнечных панелей, что позволяет минимизировать затраты на отопление и охлаждение.

Многие привычки, которые мы едва замечаем, помогают нам комфортно адаптироваться к погодным условиям. Например, многие носят зонты или солнцезащитные очки, проверяют прогноз погоды перед выходом из дома, меняют маршруты, чтобы избежать пробок из-за плохих погодных условий, или в холодное время года заблаговременно включают обогреватели.

Эти микроадаптации постепенно превращаются в привычки, которые значительно улучшают комфорт повседневной жизни. Это хорошая иллюстрация того, как погодные условия, несмотря на свою непредсказуемость, формируют устойчивые модели поведения, позволяя нам лучше справляться с изменчивой природой окружающей среды.

## ИСТОЧНИКИ ПРОГНОЗА ПОГОДЫ

Прогноз погоды стал неотъемлемой частью современной жизни. Он влияет на нашу повседневность, профессиональные сферы и даже на стратегические государственные решения. Прогнозирование погоды – это не просто удобный сервис, а мощный инструмент для обеспечения безопасности, рационального использования ресурсов и повышения эффективности науки и производства.

Для большинства людей прогноз погоды – это информация, которая помогает в планировании повседневных дел, таких как выбор одежды, планирование поездок и определение подходящего времени для проведения активностей на свежем воздухе. Благодаря доступным приложениям и сайтам с прогнозом погоды, пользователи могут в реальном времени получать данные о текущих условиях и предполагаемых изменениях. Особенно полезны краткосрочные прогнозы, которые помогают заранее подготовиться к непогоде и минимизировать дискомфорт, связанный с погодными условиями.

Сегодня существует множество приложений и сайтов, предоставляющих удобный и точный прогноз погоды. Эти сервисы различаются по интерфейсу, функциональности и типу данных, но все они дают возможность получить актуальную информацию о погодных условиях.

Ниже приведена таблица, в которой перечислены семь наиболее популярных и надежных приложений и сайтов для прогноза погоды.

Приложение/Сайт	Платформы	Особенности	Язык интерфейса
Yandex. Погода	Android, iOS, Web	Локализованные прогнозы, карта осадков, температура воды в море	Русский
The Weather Channel	Android, iOS, Web	Подробные карты, видеопередачи, точный прогноз по часам	Русский, Английский
AccuWeather	Android, iOS, Web	Прогнозы на несколько дней, предупреждения о стихии, детализированные карты	Русский, Английский
Gismeteo	Android, iOS, Web	Прогнозы для России и мира, карты осадков и изменения прогноза	Русский, Английский
Windy	Android, iOS, Web	Карты с ветром, осадками, температурой, атмосферным давлением	Русский, Английский
Meteo.ru	Android, iOS, Web	Подробные прогнозы по часам, карты осадков и температуры	Русский
Dark Sky (Apple Weather)	iOS, Web	Прогнозы по минутам, интегрирован в Apple Weather	Английский

*Рис. 44. Популярные приложения и сайты прогноза погоды*

Выбор между этими приложениями и сайтами зависит от личных предпочтений пользователя, требуемых типов данных и его географического положения.

# ЧАСТЬ VII: ПОГОДА В НАШЕЙ ЖИЗНИ

## ПОГОДА В ЛИТЕРАТУРЕ И ПОЭЗИИ

В литературе и поэзии погода часто становится неотъемлемой частью повествования, отражая внутреннее состояние героев, подчеркивая важные моменты и создавая атмосферу, которая усиливает эмоциональный отклик читателя, служа фоном для раскрытия тем, таких как любовь, одиночество, конфликт или измена. Атмосферные явления становятся своего рода языком, через который автор передает не только визуальные образы, но и глубокие психологические и философские смыслы, создавая многослойные символы, которые обогащают восприятие произведения.

Классическим примером является использование дождя как символа скорби или душевной боли. В поэзии дождь может быть метафорой слез, очищения или меланхолии. В стихах О. Мандельштама или А. Блока дождь нередко символизирует тоску, утрату и эмоциональное расстройство.

М. Ю. Лермонтов использует погоду как символ томящегося состояния духа. В стихотворении «Тучи» он пишет:

*Тучки небесные, вечные странники!  
Степь лазурную, цепью жемчужною  
Мчитесь вы, будто как я же, изгнанники  
С милого севера в сторону южную.*

Здесь тучи — это не только метафора непогоды, но и отражение душевного состояния лирического героя. В его бессмысленной тоске можно увидеть аллегория на личное страдание и одиночество.

Подобным образом светлое утро или ясное небо могут символизировать радость, надежду, спокойствие. Природные явления становятся проекцией психического состояния персонажей. В этом контексте погода становится не просто фоном, а активным участником, усиливающим эмоциональную окраску происходящего.

Другим важным аспектом использования погоды в литературе является создание атмосферного фона для действия. С помощью описания погодных условий писатели могут создавать напряжение, нагнетать мистику или, наоборот, подчеркивать гармонию и покой.

В готической литературе погода часто играет ключевую роль в создании зловещей атмосферы. Например, в «Дракуле» Брэма Стокера мрак, дождь и туман усиливают ощущения страха и неопределенности. В произведениях Эдгара По, таких как «Никто не видел, как уходит вечер» или «Метель», ярко отражается тревожная роль природных явлений, которые подчеркивают внутренний хаос и безумие.

Погода может также служить контрастом к происходящему действию. В «Войне и мире» Льва Толстого описания спокойных, почти идеализированных пейзажей контрастируют с кровавыми сражениями, происходящими на фоне этой природной гармонии. Таким образом, погода, несмотря на свою внешнюю непостоянность, может служить метафорой к внутреннему состоянию мира и человека.

Погода в литературе часто используется как метафора жизненных циклов, начиная от рождения до смерти. В поэзии это может быть выражено через смену сезонов. Весна и лето — символы молодости, возрождения, полноты жизни, а осень и зима — неизбежности старости, упадка и конца. В русском романтизме, например, осень часто воспринималась как время прощания с жизнью, символизируя не только изменяющуюся природу, но и неминуемую смерть.

Символизм холодного ветра или затмения также может быть связан с моментами жизненного кризиса или окончательной утраты. Сильный мороз, ледяной ветер в литературе могут быть предвестниками трагических событий или символизировать смерти близких. Так, в произведениях Ф. М. Достоевского холод становится знаком душевных страданий и отчаяния.

Зимняя природа, например, в «Преступлении и наказании», где Достоевский описывает Петербург в стужу, служит метафорой для изоляции и морального холодного состояния главного героя, Родиона Раскольникова. Холодная, суровая погода усиливает ощущение одиночества и отчужденности персонажа от окружающего мира.

Не только эмоции персонажей и события могут быть связаны с погодой, но и более глубокие философские раз-

мышления. В произведениях, таких как «Мастер и Маргарита» Михаила Булгакова, погода становится фоном для великих метафизических и духовных вопросов. Тут дождь, туман, молнии, лунный свет создают атмосферу, в которой сталкиваются силы добра и зла, а также отражают внутреннюю борьбу людей.

*«Гроза, о которой говорил Воланд, уже скоплялась на горизонте. Черная туча поднялась на западе и до половины отрезала солнце. Потом она накрыла его целиком. На террасе посвежело. Еще через некоторое время стало темно.*

*Эта тьма, пришедшая с запада, накрыла громадный город. Исчезли мосты, дворцы. Все пропало, как будто этого никогда не было на свете. Через все небо пробежала одна огненная нитка. Потом город потряс удар. Он повторился, и началась гроза. Воланд перестал быть видим во мгле».*

Этот отрывок вызывает смесь тревоги, трепета и восхищения перед мощью как природы, так и высших, необъяснимых сил. Образ тучи, закрывающей солнце, и внезапной темноты символизирует надвигающуюся бурю, не только в природном, но и в метафорическом смысле. Это предвещает важные события и глубокие изменения. Все вокруг внезапно пропадает, как будто грань между иллюзией и правдой стирается. Разряды молний и оглушительные удары грома усиливают напряжение, как будто сама природа выражает эмоциональный и мистический накал происходящего.

Дождь и солнечный свет часто выступают символами бренности человеческого существования. В романе Альбера Камю «Чума» погода превращается в метафору экзистенциальных вопросов и неизбежности судьбы: эпидемия охватывает город столь же неумолимо, как надвигающаяся буря, отражая неотвратимость течения человеческой жизни.

## ПОГОДА И ЖИВОПИСЬ

Для художников погода становится источником вдохновения и важным элементом композиции. Погодные явления не просто наполняют картины визуальными эффектами, но и служат мощными метафорами, отражающими внутренний мир художников, их отношение к природе и человеку.

Яркое солнце или весенний дождь могут быть ассоциированы с радостью, гармонией или новыми начинаниями, а мрак, туман и буря – с тревогой, отчаянием или катастрофой.

Уже в произведениях ранних европейских мастеров природа и погода использовались для передачи настроений, скрытых за внешней картиной мира.

Особенно это заметно в эпоху романтизма, когда художники начали более активно использовать природу как символ внутренней борьбы, человеческих страстей и конфликтов. Природные явления, такие как грозы, штормы или буря, стали символами человеческих страданий, а спокойные, умиротворенные пейзажи – изображениями гармонии и покоя. Яркий пример – картины Уильяма Тернера, одного из величайших художников-романтиков, который буквально вдыхал погоду в свои работы. Его знаменитые картины, такие как «Шторм» и «Гроза» (1835), передают всю мощь и беспокойство природы, сопоставляя ее с человеческим состоянием.

Дождь также имеет богатую символику в живописи. В картинах французских импрессионистов дождь часто ис-

пользуется как способ запечатлеть мимолетное, fleeting-ощущение. В произведениях таких художников, как Клод Моне, Гюстав Кайботт или Пьер-Огюст Ренуар, дождь олицетворяет не только атмосферные явления, но и неуловимую динамику времени. На картинах Кайботта, таких как «Парижская улица в дождливую погоду» (1877), дождь становится частью «живой» картины, дополняя ее сиюминутную атмосферу, которая исчезает с каждым мгновением. В таких произведениях импрессионизм находит свою силу в улавливании момента, и дождь здесь становится метафорой непрерывного потока времени.



*Рис. 45. Гюстав Кайботт. Парижская улица в дождливую погоду (1877) (Public domain, via Wikimedia Commons)*

Туман, в свою очередь, служит важным символом неопределенности и скрытности. В картине «Туман в Ве-

неции» (1815) Дж. М. Тернера этот природный элемент используется для усиления ощущения мистики и романтизма. Туман не позволяет увидеть весь мир целиком, он как бы скрывает его от зрителя, что позволяет художнику играть с визуальной неопределенностью и создавать атмосферу таинственности. Туман делает картину более абстрактной, размытой, и этот эффект идеально соответствует стремлению художников романтизма передать неясность человеческого существования, его поиски смысла.

Для Моне погода и ее изменения стали важнейшей темой его творчества. Его знаменитая серия картин «Кувшинки» (1899–1906) запечатлела пейзажи, где взаимодействие света, воды и облаков сливается в единое целое, создавая необычные, изменчивые текстуры. В картине «Впечатление. Восход солнца» (1872) он использует свет и туман, чтобы передать неуловимое ощущение утра, когда небо и вода сливаются в один мистический мир. Дождь и туман – это не просто элементы погоды, но и важные средства для создания ощущения ускользающей красоты.

Ренуар и Дега тоже уделяли внимание атмосферным явлениям, но их интерес к погодным условиям был скорее эстетическим, чем философским. Ренуар в своих картинах часто изображал дождливые сцены, на которых капли воды сливаются с изображениями людей, создавая уникальные эффекты на одежде, в отражениях и в игре света. Такие картины, как «Женщина с зонтом» (1871), наполнены динамикой дождя, который кажется почти осязаемым, а не просто фоном для композиции.

Особенно интересно наблюдать влияние погоды через контраст между теплыми и холодными атмосферными яв-

лениями. В картинах с зимними пейзажами или снежными сценами чувствуется не только физический холод, но и эмоциональная дистанция, изоляция. Зимние картины Ивана Шишкина, такие как «Зимний лес» (1891), наполнены ощущением холода и спокойствия, в то время как композиции Франца Ксавера Мессака или Василия Верещагина часто подчеркивают суровость зимы, изображая человека как часть великой, беспощадной природы.

Теплая погода, напротив, часто ассоциируется с радостью, гармонией и полнотой жизни. В летних пейзажах художников-пейзажистов XIX века, таких как Константин Коровин, всегда ощущается солнечное тепло и безмятежность. Лето и цветущие поля в работах Коровина, как и в картинах Льва Каменева, передают буйство природы, полное ярких красок и жизненной силы.

В некоторых произведениях живописи погода служит не только фоном для человеческих переживаний, но и как средство для выражения социальных и политических комментариев. Природные катастрофы, такие как ураганы или штормы, часто использовались художниками как метафора человеческих бедствий и исторических кризисов.

Картины о Великой депрессии в Америке или картины, изображающие природные катастрофы во времена войны, например работы художников XX века, используют погоду как сильный инструмент для выражения трагичности событий. В картине «Ветер в пустыне» Эдварда Хоппера можно увидеть, как элементы природы становятся символами изоляции и одиночества людей, переживающих экономические и социальные кризисы.

## ПОГОДА И МУЗЫКА

Атмосферные явления, такие как дождь, ветер, туман, гроза или ясное небо, олицетворяют различные эмоции и состояния, которые находят свое отражение в музыкальных произведениях. Звуковые образы природы становятся неотъемлемой частью музыки, создавая целый мир ассоциаций и переживаний.

С самого начала музыкальной истории человек пытался воспроизвести в музыке те звуки, которые он слышал в природе. Ветры, дожди, грозы и шум волн стали теми самыми мотивами, которые композиторы и музыканты использовали для создания звуковых образов. Природные явления воспринимались как яркие и многослойные символы, передающие сложные эмоции, настроения и философские идеи.

В классической музыке эти образы уже встречаются в произведениях эпохи барокко. Например, композитор Антонио Вивальди в своем цикле «Времена года» (1725) использует музыку для изображения разных природных явлений. В этом произведении он описывает переходы между временами года, и каждое из них передает характерные атмосферные условия. В частности, «Зима» Вивальди передает ледяной холод через резкие, острые звуки скрипки, создавая ощущение стужи, а «Лето» — через более плавные и солнечные мелодии, символизируя тепло и гармонию.

В музыке романтизма погода становится не только фоном для отображения эмоций, но и метафорой человеческой судьбы. В произведениях Людвиг ван Бетховена,

Франца Шуберта, Фредерика Шопена или Роберта Шумана погодные условия часто отражают внутреннее состояние композитора или героя. Например, в знаменитом произведении Шуберта Скрипичный квинтет в С-dur дождь, прошедший за окном, оказывается связан с романтическим настроением, а также с переживаниями самого композитора.

Когда мы слушаем музыку, мы часто воспринимаем ее как отражение окружающей нас природы и особенно погоды. Исследования показывают, что атмосферные явления, такие как дождь, снег или гроза, могут влиять на восприятие музыки и вызывать специфические эмоциональные отклики. Например, звуки дождя часто ассоциируются с меланхолией и успокоением, а гроза — с тревогой и драматизмом. Этот феномен исследуется в области психологии восприятия музыки, где изучается, как внешние условия могут изменять наше отношение к звуковым произведениям.

В произведениях французских композиторов-импрессионистов, таких как Клод Дебюсси, погода часто используется как средство создания атмосферы. В его произведении Прелюдия к первому акту «Игры воды» изображены капли воды, падающие на поверхность, тихие ритмичные звуки дождя или шум ветра, которые перетекают друг в друга, создавая полотно звуковых ассоциаций с природой. В музыке Дебюсси и Мориса Равеля передача звуковых образов природы достигается через использование необычных звуковых техник, нестандартных гармоний и ритмов, что позволяет слушателю почувствовать атмосферу определенной погоды.



*Рис. 46. Клод Дебюсси (1862–1918)  
(by Atelier Nadar, Public Domain, via Wikimedia Commons)*

В современную эпоху электронной музыки, особенно в жанре амбиент и экспериментальной музыки, звуки природы, такие как дождь, ветер или шум волн, активно используются для создания определенной атмосферы. Использование синтезаторов позволяет композиторам создавать звуковые текстуры, имитирующие звуки природных явлений. Мастера жанра амбиент, такие как

Брайан Ино и Микаэль Дауд, часто используют записанные звуки природы для усиления чувственного восприятия произведений. В таких композициях звук дождя или шелест листвы может восприниматься как символ неуловимой красоты природы, создавая ощущение умиротворения и уединения.

Погода, как неотъемлемая часть нашего мира, продолжает оставаться важной частью музыкального искусства, где каждый звук и каждое изменение в атмосфере несет в себе нечто большее, чем просто фоновое явление, — они становятся отражением нашей души и восприятия окружающего мира. Погода влияет на выбор музыки и наше настроение, а музыка, в свою очередь, может изменить наше восприятие погоды и создать особую атмосферу. Этот взаимосвязанный дуэт делает нашу жизнь более насыщенной и интересной.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На протяжении веков человечество пыталось понять и предсказать погоду, наблюдая за изменениями климата и выявляя природные закономерности. Однако лишь с развитием науки и технологий стали возможны точные прогнозы и глубокий анализ погодных условий.

Сегодня метеорология переживает настоящий технологический прорыв благодаря достижениям в науке, технике и цифровых технологиях. За последние десятилетия она вышла на качественно новый уровень, значительно улучшив точность и методы прогнозирования. Это особенно важно для социально-экономических нужд и экологической безопасности общества.

С помощью суперкомпьютеров, искусственного интеллекта и спутниковых систем метеорологи могут получать гораздо более точные и оперативные данные о погодных явлениях, чем раньше. Современные программные решения и цифровые системы позволяют собирать и обрабатывать метеорологические данные с высокой точностью и скоростью, заменяя традиционные измерения и ручной сбор информации.

Эти достижения делают метеорологию одной из самых наукоемких областей науки, от которой зависят многие отрасли экономики и наша повседневная жизнь. Прогнозирование стало не только более точным, но и доступным для широкого круга пользователей, что позволяет людям и компаниям заранее готовиться к неблагоприятным условиям, минимизируя риски.

С развитием технологий и доступностью локализованных данных у нас появляется уверенность в прогнозах. Теперь смартфоны могут не просто давать общие данные на ближайшие дни, а предлагать персонализированные рекомендации: например, предупреждая о возможных осадках и советуя взять зонт или сообщая о внезапном усилении ветра и советуя надеть подходящую одежду.

Это уменьшает зависимость от капризов природы, поскольку каждый сможет быть в курсе изменений климата — как краткосрочных, так и долгосрочных.

Современная наука делает значительный шаг к тому, чтобы прогнозы погоды были доступными и полезными каждому. Технологии, которые сейчас активно развиваются, позволят создавать прогнозы на индивидуальном уровне, повышая нашу безопасность и удобство в повседневной жизни.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

# ИНСТРУКЦИЯ: УСТАНОВКА PYTHON И IDLE SHELL

Пошаговая инструкция для установки Python 3.12 и последующей работы с IDLE (встроенной средой разработки Python)

## Шаг 1. Скачивание Python 3.12

1. Перейдите на официальный сайт Python: *python.org*.
2. На странице загрузки выберите версию Python 3.12.6 (или другую желаемую версию).
3. Для Windows: скачайте Windows Installer (64-bit) / (32-bit); для macOS -скачайте .pkg файл.

## Шаг 2. Установка Python

1. Для Windows: запустите скачанный .exe файл: (python-3.12.6-amd64.exe).
2. Убедитесь, что галочка Add python.exe to PATH установлена, чтобы команды Python были доступны в терминале.
3. Нажмите Install Now и дождитесь завершения установки.
4. Для macOS: дважды щелкните .pkg файл и следуйте инструкциям установщика.

## Шаг 3. Проверка установки

1. Откройте терминал / командную строку и введите: *python --version* или *py --version*.
2. Убедитесь, что отображается версия 3.12.6.

## Шаг 4. Работа с IDLE (Python Shell)

1. Python поставляется с IDLE (встроенной средой разработки).

2. Чтобы запустить IDLE в Windows: найдите в меню Python 3.12 и выберите IDLE.

Для macOS/Linux: в терминале введите: `idle3.12`.

3. В открывшемся окне IDLE можно вводить команды Python и выполнять их, создавать и запускать скрипты (через меню File → New File).

## **Добавление Python в PATH**

Если Python установлен, но все еще не распознается, вам может понадобиться добавить его в PATH вашей системы. Вот как это сделать:

1. Щелкните правой кнопкой мыши на Мой компьютер / This PC и выберите Свойства/Properties.

2. Нажмите на Дополнительные параметры системы / Advanced system settings.

3. В окне Свойства системы / System properties найдите кнопку Переменные среды... / Environment Variables... и нажмите на нее.

4. В разделе System variables / Системные переменные найдите переменную Path, выберите ее и нажмите Изменить.../Edit...

5. В новом диалоговом окне Редактировать переменные среды / Edit environment variables нажмите кнопку Новый/New и добавьте путь к папке, где находятся файлы Python, например: `C:\Users\  
<User>  
\AppData\Local\Programs\Python\Python312\`

6. Также добавьте директорию Scripts:  
`C:\Users\  
<User>  
\AppData\Local\Programs\Python\Python312\Scripts\`

7. Нажмите ОК, чтобы закрыть все диалоговые окна.

# ИНСТРУКЦИЯ: УСТАНОВКА БИБЛИОТЕК PYTHON 3.12.6

Вот краткая инструкция по установке библиотек Python 3.12.6 через командную строку.

1. Открыть командную строку (cmd):  
Нажмите Win + R, введите cmd и нажмите Enter.

2. Проверьте установку Python:  
Введите следующую команду и нажмите Enter:  
*python --version* или *py --version*.  
Убедитесь, что отображается версия Python 3.12.6.

3. Установите (если не установлен) или обновите pip:  
Введите следующую команду через командную строку и нажмите Enter:  
*python -m ensurepip --upgrade* или  
*py -m ensurepip --upgrade*.

4. Установка необходимых библиотек:  
*pip* — это стандартный инструмент для управления пакетами в Python. С его помощью можно легко устанавливать библиотеки. Для расчетов и графики нужно установить несколько библиотек через командную строку.

NumPy (для работы с массивами и числовыми вычислениями):  
*pip install numpy*

Pandas (для анализа и обработки данных):  
*pip install pandas*

Matplotlib (для создания графиков):  
*pip install matplotlib*

SciPy (для научных вычислений):  
*pip install scipy*

SymPy (для символьных вычислений):  
*pip install sympy*

Seaborn (для статистической визуализации):  
*pip install seaborn*

Scikit-learn (для машинного обучения):  
*pip install scikit-learn*

5. Можно установить несколько библиотек одной командой:

```
pip install pandas numpy matplotlib scipy sympy statsmodels seaborn scikit-learn tensorflow requests
```

6. Проверка установки:

Чтобы убедиться, что библиотеки установлены, можно ввести через командную строку запрос на наличие какой-либо библиотеки, например библиотеки *requests*:

```
pip show requests
```



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Часть I: Атмосферные процессы и явления .....	5
Атмосферная циркуляция .....	6
Облака и их эволюция в атмосфере .....	9
Циклоны .....	15
Торнадо и смерчи .....	22
Антициклоны .....	27
Муссоны и атмосферные фронты .....	30
Пассаты и антипассаты .....	36
Бризы .....	39
Фен, бора и шквалы .....	40
Туман .....	43
Осадки .....	46
Температурные явления .....	48
Электрические явления .....	53
Оптические явления .....	60
Часть II: Анализ погодных условий .....	65
Факторы, влияющие на анализ погоды .....	65
Этапы проведения анализа погоды .....	67
Применение анализа погоды .....	68
Часть III: Мониторинг окружающей среды .....	73
Факторы влияния на климат .....	74
Основные организации и проекты .....	85
Страны и региональные проекты .....	87
Технологические платформы и данные .....	88
Часть IV: Методы и инструменты .....	89
Приборы и системы .....	90
Технические характеристики .....	94

Часть V: Прогнозирование погоды .....	103
Необходимость прогнозирования .....	103
Инструменты прогноза .....	106
Метеорологические модели .....	108
Климатические модели .....	116
Модели временных рядов .....	121
Прогностическая модель в медицине .....	125
Часть VI: Практические аспекты .....	128
Показатель ощущений погоды .....	129
Сезонные изменения .....	133
Адаптация к погодным условиям .....	134
Источники прогноза погоды .....	137
Часть VII: Погода в нашей жизни .....	139
Погода в литературе и поэзии .....	139
Погода и живопись .....	143
Погода и музыка .....	147
Заключение .....	151
Приложения .....	153
Инструкция: Установка Python и IDLE Shell .....	154
Инструкция: Установка библиотек Python 3.12.6 .....	156



**Виктор Харемов**

Что такое погода?

*Обложка книги* Freepik AI Image Generator

Погода – это одно из самых привычных явлений, которые мы наблюдаем каждый день, и в то же время одна из самых сложных и загадочных систем природы. Что такое погода? Почему в один день светит солнце, а на следующий нас накрывает ливень или снегопад? Как метеорологи предсказывают, когда начнется дождь, а когда вдруг опустится туман? Эта книга поможет понять, что такое погода, какие процессы формируют ее, и как даже маленькие явления, такие как роса или иней, связаны с глобальными законами физики.

ISBN 978-5-0065-2972-4



9 785006 529724 >