

1

Проблема изменения климата

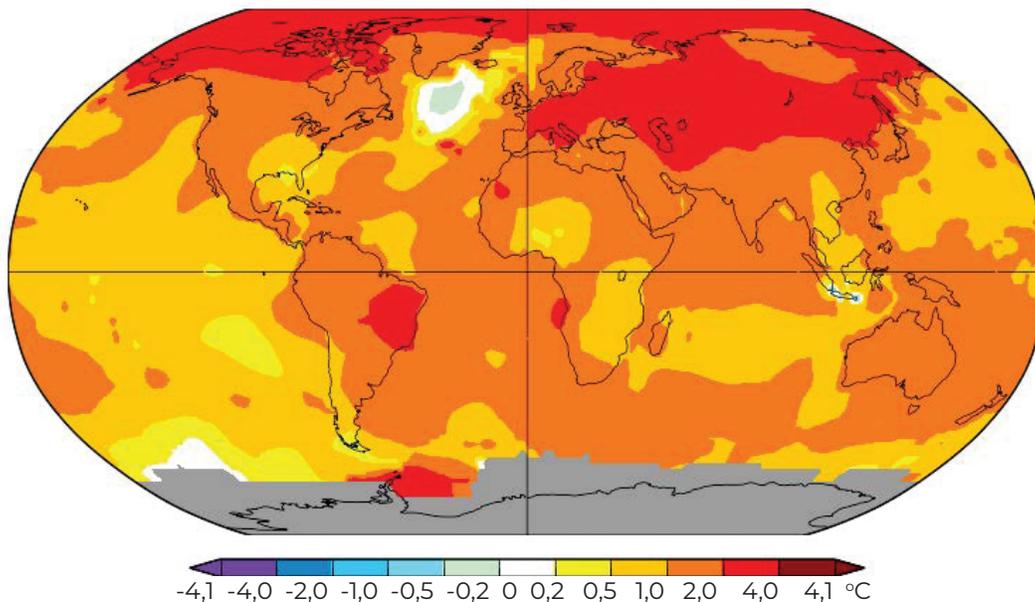
1 | Проблема изменения климата

Изменение климата – одна из самых важных глобальных проблем современности. Если тридцать лет назад её обсуждали только в научных кругах, то сегодня она стала очевидной для большинства. Мы замечаем, что становится теплее, а погода в целом – всё более изменчивой. Мы также отмечаем увеличение частоты и силы экстремальных погодных явлений, таких как штормы, ураганы, сильные осадки и засухи.

То, что климат нашей планеты меняется и меняется стремительно, уже не вызывает сомнений. Смотрите сами: со второй половины XIX века средняя температура на Земле к нынешнему десятилетию выросла уже на 1,2 °C. Даже такое, казалось бы, небольшое повышение температуры в масштабе планеты опасно для её жителей: растений, животных и для нас с вами. Кроме того, 1,2 °C – это в среднем по миру. А ведь в некоторых регионах, особенно в Арктике, теплеет гораздо быстрее! Потепление в Северном полушарии происходит быстрее, чем в Южном, в силу большей площади поверхности суши, которая поглощает больше солнечной радиации, а также из-за особенностей циркуляции океана. Более того, темпы потепления существенно ускорились после 1970-х годов по сравнению с первой половиной XX века.

Рис. 1.1

Карта наблюдаемых изменений приземной температуры воздуха с 1901 по 2022 годы.



Серым цветом обозначены зоны, по которым нет достаточных данных

Планета нагревается!

По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО), в 2023 году средняя температура на Земле выросла на 1,4 °С по сравнению со второй половиной XIX века. 2024 год стал самым тёплым за всю историю метеонаблюдений, начиная с 1850 года.

Центральной идеей греческого философа Гераклита является концепция изменения. Он выражает это в известной поговорке «panta rhey» или «всё течёт». Это относится и к климату, поскольку он постоянно менялся на протяжении миллионов лет. Еще 125 миллионов лет назад средние глобальные температуры были примерно на 1 °С выше, чем сегодня. Однако климат обычно не менялся так быстро и за такое короткое время, как мы наблюдаем в последние десятилетия. И именно поэтому мы говорим о глобальной проблеме изменения климата.

Правильнее говорить не «глобальное потепление», а «изменение климата», поскольку рост температуры, то есть потепление, – это только одна часть процессов изменения климата на Земле. Вместе с климатом вся природа выходит из равновесия: тают ледники и многолетняя мерзлота, повышается уровень Мирового океана, наводнения, засухи и ураганы стали случаться всё чаще, погода становится всё более переменчивой. Климатические изменения приводят к гибели многих животных и растений, не приспособленных к новым условиям, они наносят значительный экономический ущерб и угрожают здоровью и даже жизни людей.

Гипотез о причинах таких перемен много. Одни исследователи говорят о влиянии на нашу планету астрономических процессов (увеличивается активность Солнца, изменяется наклон земной оси), другие обращают внимание на то, что сам человек с его чрезмерным энергопотреблением стал причиной климатических бедствий. На некоторые процессы, происходящие на нашей планете, мы можем повлиять, на некоторые – нет. И если над солнечной активностью или изменением угла наклона земной оси мы не властны, то повлиять на объёмы выбросов парниковых газов человек может.

Нет ни одной страны, которая бы не испытывала на себе существенные последствия изменения климата. Выбросы парниковых газов в атмосферу сегодня более чем на 50 % выше, чем в 1990 году. Рост выбросов парниковых газов вызывает долгосрочные изменения в климатической системе, что грозит необратимыми последствиями, если мы ничего не будем предпринимать.



Цель действий по борьбе с изменением климата (Цель 13), одна из 17 целей устойчивого развития, принятых Организацией Объединённых Наций в 2015 году, направлена на усиление устойчивости к изменению климата, а также на снижение выбросов парниковых газов и низкоуглеродное развитие.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата и её Шестой оценочный доклад

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) была создана в 1988 году Всемирной метеорологической организацией и Программой ООН по окружающей среде для продвижения научных знаний и понимания проблемы изменения климата, её причин, последствий, а также способов борьбы с ней.

МГЭИК предоставляет правительствам самую свежую научную информацию об изменении климата. Она не проводит собственных исследований, но оценивает всю опубликованную на данный момент научную литературу. Сюда входят наблюдаемые изменения в климатической системе и их прогнозы; природные, экономические и социальные последствия и риски, возникающие в результате изменения климата, а также варианты и возможности смягчения последствий изменения климата и адаптации к его последствиям. Тысячи учёных и других экспертов добровольно анализируют огромные объёмы публикаций и отражают свои выводы в периодических оценочных докладах для политиков и общественности.

МГЭИК – наиболее авторитетный источник научной информации и оценок изменения климата, поскольку ведущие учёные-климатологи и правительства поддерживают её выводы. Отчёты МГЭИК играют ключевую роль в ежегодных межправительственных климатических конференциях участников Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН). Каждый из шести оценочных докладов, на сегодняшний день опубликованных МГЭИК, привёл к значительному прогрессу в переговорах в рамках РКИК ООН. Первый оценочный доклад имел решающее значение для принятия РКИК ООН в 1992 году, Второй оценочный доклад – для принятия Киотского протокола в 1997 году, а Пятый оценочный доклад – для принятия эпохального Парижского соглашения в 2015 году.

Самый последний отчёт МГЭИК – это Шестой оценочный доклад (ОД6), опубликованный в 2021–2023 годах. Многие из его выводов представлены в настоящем издании «Климатической шкатулки» (Рис. 1.2).

Рис 1.2 Шестой оценочный доклад МГЭИК.



«Не вызывает сомнений, что деятельность человека приводит к изменению климата, делая экстремальные климатические явления, такие как волны тепла, проливные дожди и засухи, более частыми и интенсивными».

«Доказательства очевидны: время действовать – сейчас».

Вы можете узнать больше на сайте:

<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

Так что же происходит с погодой и климатом? Как менялся климат Земли раньше и как он меняется сейчас? Кто виноват в происходящих изменениях? Что такое парниковые газы и причём здесь мы с вами? Давайте попробуем во всём этом разобраться.

1.1 | Климат и погода

Люди часто жалуются на погоду, а на климат – почти никогда. «Весь конец октября дули ураганные ветры и лили затяжные дожди. Потом пришёл ноябрь, студёный, с сильными утренними заморозками, с ледяным ветром, от которого болели щёки и кисти рук» (Дж. Роулинг «Гарри Поттер и Орден Феникса»). Видите: даже в литературных произведениях обычно говорится о погоде, а о климате – почти никогда. И это по-человечески понятно: чтобы узнать о погоде, достаточно просто выглянуть в окно. Мы сталкиваемся с погодой каждый день, а вот климат – это что-то другое и менее понятное. И тем не менее, о его изменении сейчас говорят почти все: и учёные, и политики, и бизнесмены. И часто они противоречат друг другу: одни говорят, что это хорошо, другие – что, наоборот, плохо, третьи утверждают, что ничего особенного с климатом не происходит.

Когда вы возвращаетесь домой из отпуска, проведённого с родителями где-то далеко от дома, первое, о чём вас обычно спрашивают по возвращении, повезло ли с погодой. А вот если вы сами рекомендуете друзьям отдохнуть в том месте, где вы уже побывали, то, наверное, скажете: «Там очень хороший климат» Чем же отличаются понятия «погода» и «климат»?

ПОГОДА

это состояние атмосферы в данной точке в данный момент или за ограниченный промежуток времени (например за сутки или за месяц).

То есть погода – это мгновенное состояние некоторых метеорологических элементов, хорошо известных нам из ежедневного прогноза погоды: температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, облачности и ряда других. Поэтому, когда внезапно летом целую неделю прохладно, идут такие проливные дожди, что даже высовывать нос на улицу нет никакого желания – то это плохая погода.

КЛИМАТ

это усреднённое значение погоды в данной точке за длительный промежуток времени (несколько десятилетий).

Например, климат Средиземноморья можно кратко описать так: лето обычно жаркое и сухое, а зима прохладная и дождливая, снег выпадает очень редко. Как верно сказано в поговорке: «Климат – это то, что мы ожидаем, погода – то, что мы получаем». Наблюдать за климатом, просто выглянув в окно, нельзя!

Основными характеристиками климата считают:

- | температуру воздуха и её изменение в зависимости от сезона,
- | количество и режим выпадения осадков в течение года,
- | особенности перемещения воздушных масс,
- | преобладающие ветры и другие.

Эти характеристики обычно показывают на климатических картах (Рис. 1.1.1).

Рис. 1.1.1 Пример климатической карты мира.



ВОЗДУШНАЯ МАССА

это большой по объёму участок атмосферы с примерно одинаковыми температурой воздуха, давлением и количеством водяных паров.

Наблюдение за погодой, её изучение и прогнозирование является предметом раздела наук об атмосфере, называемого **метеорологией**. Ещё одна отрасль наук об атмосфере, занимающаяся описанием климата, анализом причин климатических различий и изменений и их последствий, называется **климатологией**.



Как поговаривают в шутку жители Ирландии, «климат в Ирландии изумительный, но погода его портит». Ирландия – государство, расположенное на одноимённом острове в Западной Европе. Погода Ирландии отличается своей исключительной изменчивостью. Однако зима здесь очень мягкая, и трава остается зелёной круглый год. Из-за этого Ирландию часто называют «Изумрудным островом».

По каким метеорологическим элементам определяется погода?



Температура воздуха бывает положительной и отрицательной. Точкой раздела между положительными и отрицательными температурами воздуха является $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, когда вода замерзает и превращается в лёд.



Влажность воздуха зависит от количества водяного пара в воздухе. Когда зимой влажность высокая, мы мёрзнем больше. А в жару при высокой влажности становится душно.



Облака – это скопление мельчайших капель или кристаллов льда в атмосфере.



Осадки – различают осадки, выпадающие из облаков (дождь, снег, ледяной дождь, снежная или ледяная крупа, град, снежные зерна) и выделяющиеся на поверхности земли и предметов (роса, иней, изморозь, гололёд).



Видимость – это предельное расстояние, дальше которого наблюдаемый объект сливается с фоном и становится невидимым.



Туманы – это скопление продуктов конденсации водяного пара в близких к поверхности земли слоях воздуха.



Атмосферное давление — давление, создаваемое весом воздуха на определённой высоте.



Ветер – это горизонтальное передвижение воздуха, которое вызывается разностью атмосферного давления.

1.2 | Типы климатов и климатические пояса

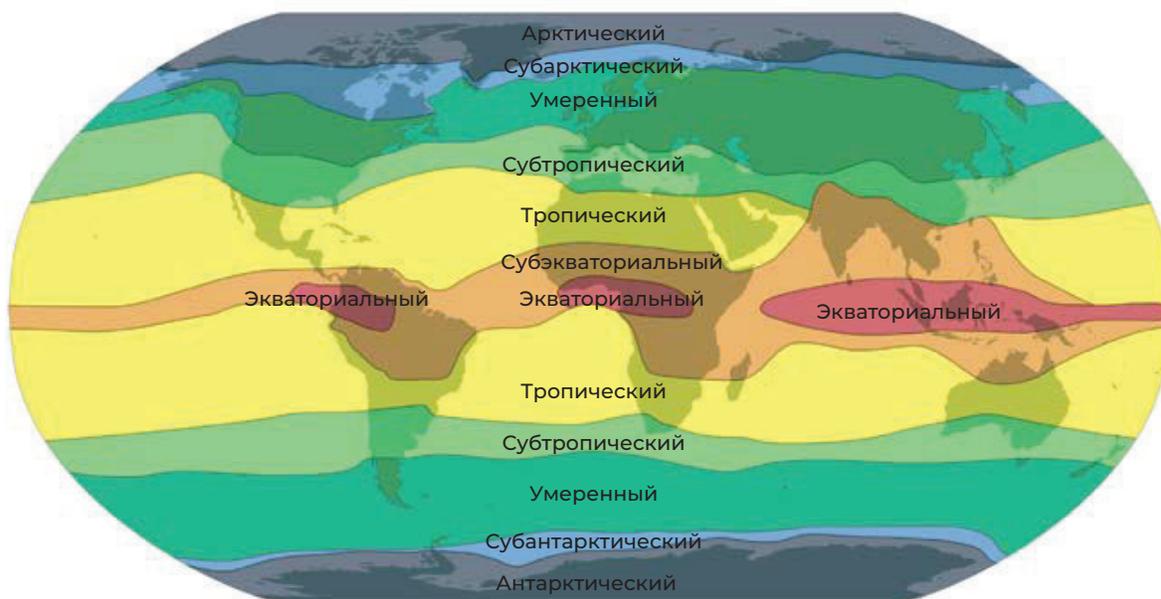
Климат в разных точках Земного шара отличается. Вспомните: когда за окном стоят зимние морозы, многие люди стремятся уехать в отпуск в жаркие страны, где в это время можно купаться в море и загорать.

С древних времен учёные делили Землю на климатические пояса в зависимости от высоты солнца над горизонтом и длины дня. Само слово «климат» в переводе с греческого языка означает наклон Солнца. Действительно, климатические различия на нашей планете связаны в первую очередь с тем, что тепло от Солнца распределяется по поверхности Земли неравномерно. Также большое влияние на особенности климата оказывает близость моря, циркуляция атмосферы, режим выпадения осадков и другие так называемые «климатообразующие факторы». Они, в свою очередь, сильно зависят от географических условий, прежде всего от географической широты, а также высоты над уровнем моря.

Территории с похожим климатом представляют собой широкие полосы – так называемые «климатические пояса», которые постепенно сменяют друг друга по мере продвижения от экватора к полюсам (Рис. 1.2.1).

Рис. 1.2.1

Карта климатических поясов Земли по Б. П. Алисову.



КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОЯСА

широтные полосы земной поверхности, имеющие относительно однородный климат.

Наиболее известная классификация климатов была введена немецко-российским климатологом Владимиром Кёппеном в 1884 г. Он разделил климат на пять основных типов: **А** – тропический, **В** – сухой, **С** – умеренный, **Д** – континентальный, **Е** – полярный и альпийский.

В России и странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии чаще всего используют классификацию климатов, созданную в 1950-е годы известным советским климатологом Б. П. Алисовым (Рис. 1.2.1). Согласно этой классификации выделяется по четыре основных климатических пояса на каждое полушарие Земли и три переходных.

Основные климатические пояса: **экваториальный, тропический, умеренный и полярный (в Северном полушарии – арктический, в Южном полушарии – антарктический)**. Они считаются основными, так как круглый год здесь господствуют одни и те же воздушные массы, характерные для этих климатических поясов.

Между основными находятся переходные пояса: **субэкваториальный, субтропический и субполярный (в Северном полушарии – субарктический, а в Южном – субантарктический)**. Все переходные климатические пояса имеют в своем названии приставку «суб» (на латинском языке это означает «под»).

В переходных климатических поясах воздушные массы меняются по сезонам. Они приходят сюда поочередно из соседних поясов. Например, в субтропическом климате лето жаркое, как в тропиках, а зима прохладная, поскольку на смену тропической приходит умеренная воздушная масса.

Внутри некоторых климатических поясов встречаются особые климатические области **с континентальным, морским, муссонным климатами или климатом западных побережий** (См. таблицу 1.2.1).

Сезоны в Южном и Северном полушариях прямо противоположны: с декабря по февраль, когда в Северном полушарии самое холодное время года, в Южном полушарии в самом разгаре лето, и наоборот.

Таблица 1.2.1

Климаты Земли (по Б.П. Алисову).

Климатический пояс	Тип климата	Средняя температура		Режим и количество атмосферных осадков	Циркуляция атмосферы и преобладающие ветра	Территория
		Зимой	Летом			
Экваториальный	Экваториальный	+26 °С	+26 °С	В течение года, 2000 мм	В области пониженного давления формируются тёплые и влажные экваториальные воздушные массы	Экваториальные области Африки, Южной Америки и Океании
Суб-экваториальный	Тропический муссонный	+20 °С	+30 °С	В основном во время муссона, 2000 мм	Муссоны	Южная и Юго-Восточная Азия, Западная и Центральная Африка, Северная Австралия
Тропический	Тропический сухой	+12 °С	+35 °С	В течение года, 200 мм	Пассаты	Северная Африка, Центральная Австралия
Субтропический	Средиземно-морской	+7 °С	+22 °С	Преимущественно в холодное время года, 500 мм	Летом – антициклоны при высоком атмосферном давлении; зимой – циклоны	Средиземноморье, Южная Африка, Юго-Западная Австралия, Западная Калифорния
	Субтропический сухой	0 °С	+40 °С	В течение года, 120 мм	Сухие континентальные воздушные массы	Внутренние части материков между 30 и 45° в обоих полушариях
Умеренный	Умеренный морской	+2 °С	+17 °С	В течение года, 1000 мм	Западные ветры	Западные части Евразии и Северной Америки
	Умеренный континентальный	-15 °С	+20 °С	В течение года, 400 мм	Западные ветры	Внутренние части материков от 40–45° до полярных кругов
	Умеренный муссонный	-20 °С	+20 °С	В основном во время летнего муссона, 560 мм	Муссоны	Восточная окраина Евразии
Субполярный	Субарктический	-25 °С	+8 °С	В течение года, 200 мм	Преобладают циклоны	Северные окраины Евразии и Северной Америки
	Суб-антарктический	-20 °С и ниже	Около 0 °С	В течение года, до 500 мм	Преобладают циклоны	Акватория Южного полушария от 60° ю.ш.
Полярный (арктический или антарктический)	Полярный (арктический или антарктический)	-40 °С	0 °С	В течение года, 100 мм	Преобладают антициклоны	Акватория Северного Ледовитого океана и материк Антарктида

Краткое описание климатов



Экваториальный климат

Для этого типа климата характерно господство жарких и влажных экваториальных воздушных масс. Температура воздуха здесь постоянна (+24–28 °С), в течение года здесь выпадает очень много осадков (от 1500 до 5000 мм). Из-за того, что количество осадков превышает испарение, почвы в экваториальном климате заболочены, на них растут густые и высокие влажные леса. Экваториальный тип климата формируется над северными районами Южной Америки, на побережье Гвинейского залива, над бассейном реки Конго и верховьев Нила в Африке, над большей частью Индонезийского архипелага и прилегающей к нему части Индийского и Тихого океанов в Азии.



Субэкваториальный климат

При этом типе климата ежегодно бывают дождливые сезоны – летом здесь жарко и часто выпадают обильные осадки. С приходом зимы наступает более прохладный и сухой сезон. Осадки в субэкваториальном климате распределяются очень неравномерно в течение года. Например, в столице Гвинеи г. Конакри в декабре-марте выпадает 15 мм осадков, а июне-сентябре – 3920 мм. Этот тип климата распространён в некоторых частях Индийского океана, на западе Тихого океана, а также над Южной Азией и в тропиках Африки и Южной Америки.



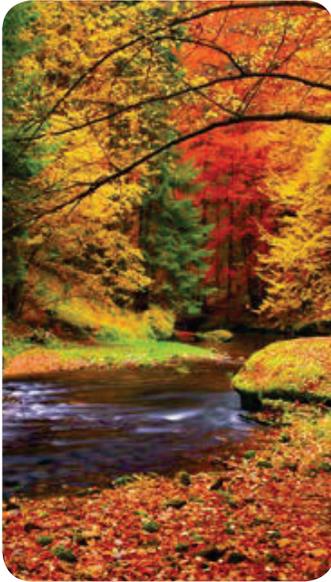
Тропический климат

В зоне тропического климатического пояса господствуют антициклоны с высоким давлением, и стоит ясная погода почти весь год. Для этого климатического пояса характерны два сезона: тёплый и холодный. Температуры могут колебаться от +20 °С на побережье до +50 °С в глубине материка. Суточное колебание температуры тоже очень значительное: в летнее время днём воздух накаляется до +40–45 °С, ночью же остывает до +10–15 °С. В тропиках часто встречаются пустыни, наиболее крупная из которых – Сахара в Африке. В более увлажнённых районах распространены саванны и листопадные леса. Тропический климат характерен для Мексики, Северной и Южной Африки, Центральной Австралии, Аравийского полуострова.



Субтропический климат

Субтропический климат преобладает в регионах, расположенных между тропическими и умеренными широтами, примерно между 30° и 45° северной и южной широты. Здесь обычно жаркое тропическое лето и достаточно прохладная зима. Средняя месячная температура летом выше +22 °С, зимой выше -3 °С, но из-за вторжений полярного воздуха возможны заморозки до -10 ... -15 °С, а изредка и сильные (до -25 °С) морозы. Этот тип климата характерен для Средиземноморья, Южной Африки, Юго-Западной Австралии, Северо-Западной Калифорнии.



Умеренный климат

Этот тип климата формируется над умеренными широтами (от 40–45° севернее и южнее от экватора до полярных кругов). В Северном полушарии более половины поверхности умеренного пояса занимает суша, в Южном 98 % – это океаны. Умеренному климату присущи частые и сильные изменения погоды из-за циклонов. Главная особенность умеренного климата – четыре сезона: два основных – холодный (зима) и тёплый (лето), и два промежуточных – весна и осень. Средняя температура самого холодного месяца, как правило, ниже 0 °С, самого тёплого – выше +15 °С. В умеренном климате зимой на поверхности земли лежит снег. Преобладающие западные ветра приносят осадки в течение всего года, за год выпадает от 1000 мм в прибрежных районах до 100 мм в глубине материка.



Субполярный (субарктический/субантарктический) климат

Субарктический климатический пояс расположен между арктическим и умеренным климатическими поясами Северного полушария Земли. Летом здесь господствует умеренная воздушная масса, зимой – арктическая. Лето короткое и холодное – в июле температура воздуха днём редко поднимается выше +15 °С, ночью падает до 0...+3 °С. В течение всего лета не исключены ночные заморозки. Зимой температура воздуха днём и ночью составляет -35–45 °С. Территория, на которой господствует субарктический климат, занята тундрой и лесотундрой, почвы представляют собой многолетнюю мерзлоту, растения и животные встречаются редко. Субарктический климат распространён на севере России и Канады, на Аляске (США), в Южной Гренландии и на крайнем севере Европы.

Субантарктический климатический пояс расположен в Южном полушарии между умеренным и антарктическим поясами. Подавляющая часть субантарктической климатической зоны занята поверхностью океана. Количество осадков достигает 500 мм в год.



Полярный (арктический/антарктический) климат

Выше 70° северной и 65° южной широты господствует полярный климат, образующий два пояса: арктический и антарктический. Весь год здесь преобладают полярные воздушные массы. Солнце несколько месяцев не появляется вовсе (это время называется «полярная ночь») и несколько месяцев не уходит за горизонт («полярный день»). Снег и лёд отдают больше тепла, чем его получают, поэтому воздух сильно охлаждён, снег не тает весь год. В течение всего года здесь высокое атмосферное давление (антициклон), поэтому ветры слабые, облаков почти нет. Осадков выпадает очень мало, воздух насыщен мелкими ледяными иглами, а летом типична продолжительная морось. Средняя температура лета не превышает 0 °С, а зимы – -20–40 °С.

Где на планете холоднее и жарче всего?

Самое холодное место на Земле – Восточная равнина Антарктиды. В августе 2010 года с американского спутника NASA Aqua там был зафиксирован новый рекорд самой низкой температуры – $-93,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Рис. 1.2.2 и 1.2.3). Более недавний анализ учёных показывает, что температура в том же месте упала ниже, до $-98\text{ }^{\circ}\text{C}$. Между тем этот рекорд вряд ли будет признан официально. Согласно действующим научным стандартам, чтобы измерения температуры воздуха были максимально точными, они должны проводиться на поверхности планеты, а не из космоса. Поэтому признанным международным сообществом рекордом самой низкой температуры воздуха пока остаётся температура $-89,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, зафиксированная на территории советской (а ныне российской) научной станции «Восток» в Антарктиде 21 июля 1983 года (Рис. 1.2.4). Посёлок Оймякон в Восточной Сибири – самое холодное постоянно населённое место на Земле: средняя зимняя температура составляет $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Самый холодный день в истории посёлка был в 1924 году, когда температура упала до $-71,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Самое жаркое место на планете – Долина Смерти в США. 13 июля 1913 года там был установлен абсолютный рекорд температуры воздуха в тени – $+56,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Рис. 1.2.5). В настоящее время ВМО проверяет два измерения температуры с показаниями $+54,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, зафиксированные в том же месте 16 августа 2020 года и снова 9 июля 2021 года. В случае подтверждения это будет самая высокая температура на Земле с 1913 года.

Рис. 1.2.2

Американский спутник NASA Aqua был запущен в 2002 году для изучения физических процессов на Земле.



Рис. 1.2.3

Данные о температуре воздуха у поверхности Антарктиды, полученные с американских спутников NASA Aqua в 2003–2013 годах и Landsat 8 в 2013 году.

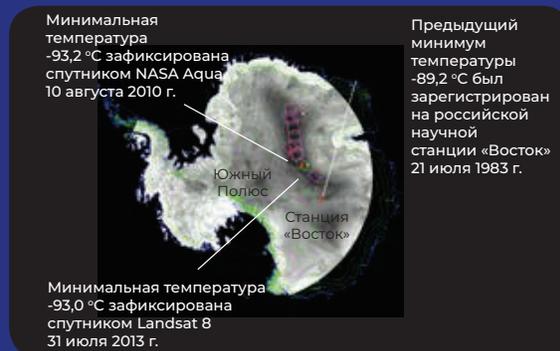


Рис. 1.2.4

Российская научная станция «Восток» в Антарктиде.



Рис. 1.2.5

Долина Смерти, США.





ВОПРОСЫ

1

Если в Северном полушарии зима, то какое время года в Южном полушарии?

2

Что такое ветер? Какие ветра вы знаете? Чем они различаются? В каких климатах такие типы ветров господствуют и почему?

3

В каком климатическом поясе вы живёте? Расскажите о преобладающей в вашем климатическом поясе погоде в разные времена года.

4

В каких климатических поясах самые трудные условия жизни для растений и животных?

5

Где холоднее – на Северном полюсе или на Южном?





ЗАДАНИЯ



1

Игра

Материалы: карточки с характеристиками отдельных элементов различных типов климата: экваториальный, тропический, умеренный, полярный.

В упражнении может участвовать от 12 до 24 человек. Каждый участник получает одну карточку с определённой характеристикой климата.

Необходимо, общаясь с друзьями, найти все характеристики климата и собраться группой. Далее каждая команда показывает с помощью пантомимики, какой у неё тип климата.

2

Известный американский писатель Марк Твен как-то пошутил: «Если вам не нравится погода в Новой Англии, подождите несколько минут».

Над какими особенностями климата и погоды Новой Англии пошутил писатель?

Найдите регион Новая Англия на карте США. К какому климатическому поясу этот регион относится?

3

Что такое благоприятные и неблагоприятные климатические условия?

Разделитесь на группы и выберите один из типов климата. Подготовьте сценки-шутки в защиту типа климата, который вам достался.

4

Игра

Цель: почувствовать себя в экваториальном климате и ощутить ежедневный тропический дождь.

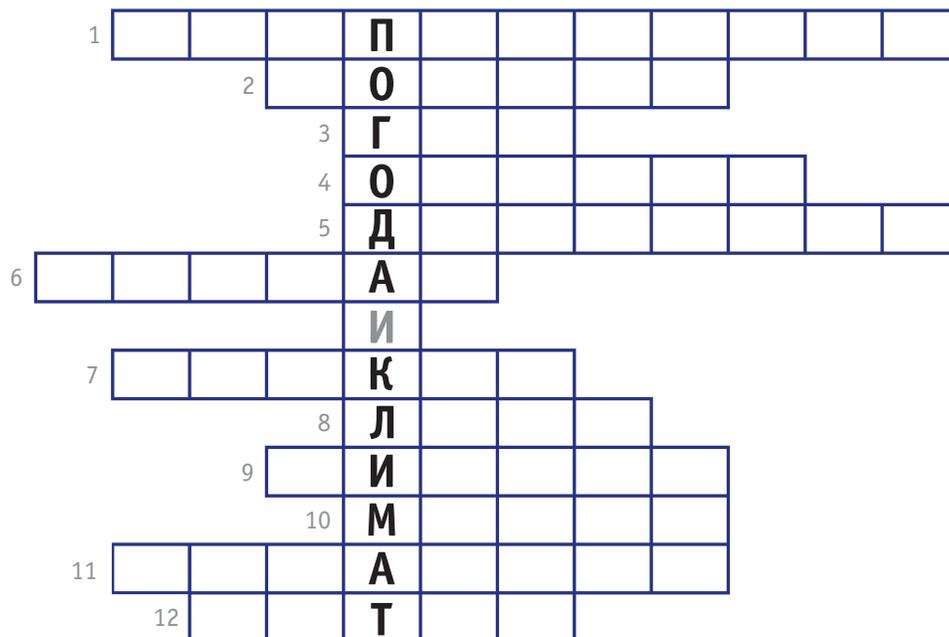
Ход игры. Участники встают в круг. В центр круга встаёт ведущий, который показывает всем движения. Выполняя движения, ведущий медленно кружится вокруг своей оси. Новое движение начинается только после последовательного включения в его выполнение всех участников по кругу. Движение каждый участник меняет на следующее только тогда, когда ведущий оказывается напротив него. Остальные участники продолжают выполнять предыдущее движение.

5

Последовательность движений. Ведущий и первый участник (потом по очереди второй, третий и другие) соединяют свои ладоши и начинают ими потихоньку делать круговые движения. Затем выполняются пальцами щелчки, потом начинают хлопать в ладоши, потом по бедрам и потом топать ногами. Когда последовательность заканчивается, все движения выполняются в обратной последовательности. Этим участники имитируют звуки ливня от начала до завершения.

Кроссворд

1. Один из основных показателей погоды.
2. Состояние атмосферы в данное время в данном месте.
3. Сезоны сменяют друг друга за один ...
4. Один из основных показателей погоды.
5. Один из основных показателей погоды.
6. Многолетний режим погоды, характерный для данной местности.
7. Русский поэт первой половины XIX века, очень любивший осень.
8. Самое любимое школьниками время года.
9. От неё климат зависит в первую очередь.
10. Главный герой детских зимних праздников, дед, прихода которого все очень ждут.
11. Известный итальянский композитор, автор сборника произведений «Времена года».
12. Горизонтальное передвижение воздуха, которое вызывается разностью атмосферного давления.



1.3

Как и почему менялся климат в прошлом

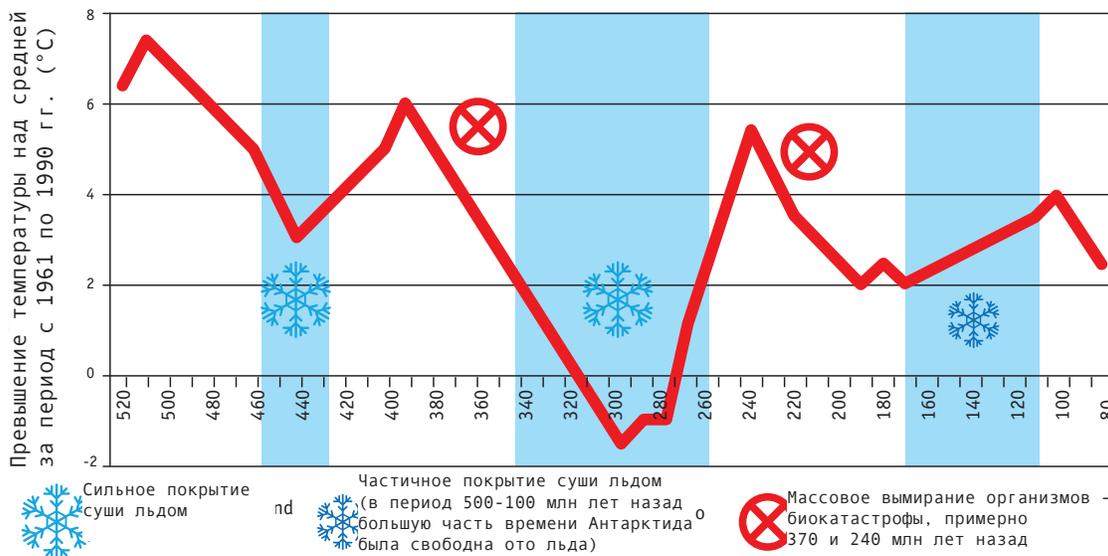
О том, что климат на Земле менялся всегда, догадаться несложно. Конечно, герои мультфильмов и компьютерных игр про динозавров и ледниковый период выдуманы, но сами динозавры существовали, об этом свидетельствуют оставшиеся после них многочисленные кости и яйца. Когда жили динозавры, было гораздо теплее, чем сейчас. Были и ледниковые периоды, когда было намного холоднее, а ледник доходил до Москвы, Берлина и Чикаго, причём его толщина была больше многоэтажного дома!



На протяжении сотен миллионов лет истории Земли температура менялась очень сильно – примерно на 10 °C (Рис. 1.3.1). Это очень много! Если бы сейчас было на 10 °C теплее, то в Северной Европе климат был бы совсем иным, а средняя годовая температура в Стокгольме – как на средиземноморском побережье, например в Барселоне или Марселе. Казалось бы, что в этом плохого? Но ведь тогда в Южной Европе было бы жарко как в Дубае. Зимой ещё неплохо, но летом слишком жарко! А на Аравийском полуострове стало бы просто невозможно жить.

Рис. 1.3.1

Данные о температуре на Земле за последние 500 млн лет.



Откуда учёные знают про климат прошлого?

Температуру учёные рассчитали, анализируя геологические породы, отложения на дне озёр, морей и океанов. Лёд оставляет следы на скалах, в отложениях со дна древних морей можно обнаружить остатки растений прошлых лет, которым для жизни требовалась определённая температура.

Для последнего миллиона лет у ученых есть гораздо более совершенный источник получения данных – льды Антарктиды. Лёд содержит пузырьки воздуха, которые могут рассказать о газовом составе атмосферы и о температуре на Земле в прошлом (Рис. 1.3.2). Самый длинный ряд данных – примерно за 800 тыс. лет – получен на российской станции «Восток».

Очень наглядный источник информации о климатических изменениях последних столетий – годовые кольца деревьев. В тёплые годы кольца шире, а в холодные уже. Также о климате прошлого можно узнать по раковинам морских и пресноводных моллюсков.

Наука, которая занимается изучением климата прошлого, называется **палео-климатология**.

Рис. 1.3.2

Учёные достают столбик антарктического льда, по которому они смогут определить температуру воздуха и содержание углекислого газа в атмосфере Земли за сотни тысяч лет.



1.3.1 | Причины изменений климата: миллионы лет

Пытаясь ответить на вопрос о причинах сильных изменений климата за последние полмиллиарда лет, учёные рассмотрели всевозможные геологические, астрономические, биологические, геомагнитные и космические факторы. Изучили даже слухи о пришельцах с других планет: а вдруг они использовали какое-нибудь климатическое оружие. Но никаких следов внешнего вмешательства не нашлось... Зато выяснилось, что температура на планете последние сотни миллионов лет определялась расположением на Земном шаре материков!

Движение континентов

Земная кора – лишь тонкий верхний слой нашей планеты (Рис. 1.3.3). Под ней начинается мантия – основная часть планеты, которая с некоторой глубины представляет собой очень горячую и вязкую жидкость. По ней «плавают» твёрдые литосферные плиты. Они могут раскалываться, разъезжаться или сходиться, только очень медленно – обычно на несколько сантиметров в год, но за миллионы лет получится немало! Это явление называют дрейфом континентов. Древний материк Пангея медленно разделялся на части – континенты, они разъезжались и сталкивались (Рис. 1.3.4). Действительно, если посмотреть на западную сторону Африки и восточную сторону Южной Америки, то видно, что они были частью одной расколовшейся плиты.

Если материки находятся близко к экватору, то на них не накапливается лёд, а если они близко к полюсам, то на них образуются ледники, что мы сейчас видим в Антарктиде и в Гренландии. Белая поверхность льда и снега отражает солнечное излучение обратно в космос, она остаётся холодной, а тёмная поверхность земли или воды её почти полностью поглощает и нагревается.

Рис. 1.3.3

Внутреннее строение Земли.

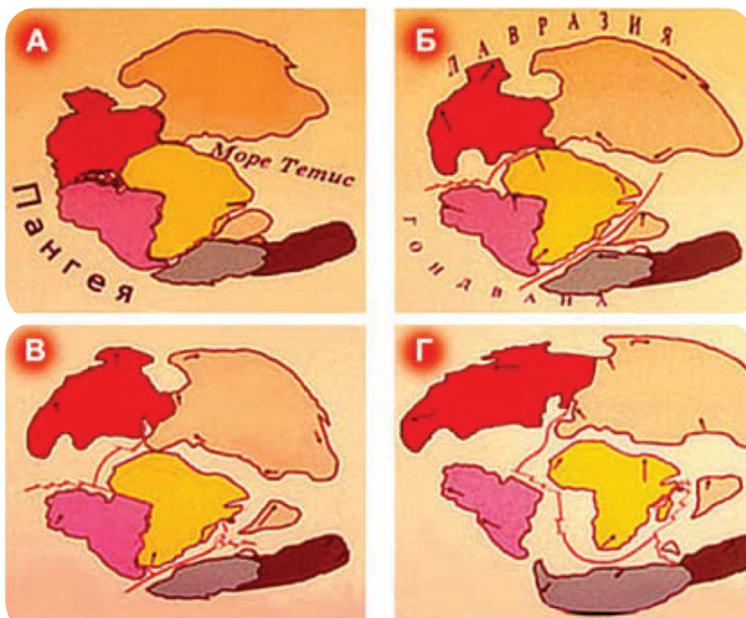


Рис. 1.3.4

Дрейф континентов за последние 500 млн лет.

- А** – образование Пангеи;
- Б** – разделение Пангеи, образование Лавразии и Гондваны;
- В** – раскол Гондваны, образование Индостана, Австралии и Антарктиды;
- Г** – образование Южной Америки, начало раскола Лавразии.

Когда это явление происходит на огромной площади, то оно становится главным фактором влияния на климат всей планеты! В последние полмиллиарда лет основную часть времени континенты были покрыты льдом меньше, чем сейчас, и было теплее.

Белая поверхность льда и снега отражает солнечное излучение обратно в космос, поэтому она остается холодной, а тёмная поверхность земли или воды почти полностью поглощает излучение и нагревается.

Если климат сильно менялся, особенно в сторону похолодания, наступали биокатастрофы, когда за десяток миллионов лет погибали многие живые организмы и оставались только самые приспособленные к новым условиям.

Во время одного из таких похолоданий примерно 60 млн лет назад вымерли последние динозавры. Это был постепенный процесс, вероятно, длившийся более тысячи лет. Точная причина гибели динозавров неизвестна, а может их было несколько, а не одна.

Почему вымерли динозавры?



Примерно 60 млн лет назад вымерли последние динозавры. Почему это произошло, учёные до сих пор не могут точно сказать.

Одна из теорий – динозавры не выдержали конкуренции с более «совершенными» живыми организмами. Например, с млекопитающими, которые были размером с белку, но ночью, когда было холодно и динозавры не могли двигаться, они съедали их яйца или наносили им смертельные раны.

Другая теория – на Землю в районе нынешнего Карибского моря упал огромный метеорит, падение привело к попаданию в атмосферу гигантского количества пыли, которая на какой-то период заслонила нашу планету от Солнца. Стало холоднее, птицы, млекопитающие и многие другие организмы к этому приспособились, а динозавры не выдержали.

Ещё одна версия. Известно, что для некоторых рептилий (крокодилов, черепах) температура почвы определяет, самцы или самки вылупятся из кладки яиц, зарытой в прибрежный песок. Биологи предполагают, что такая зависимость могла повлиять и на кладки динозавров, которые по сути такие же пресмыкающиеся, только очень большие. И если температура такова, что на свет появляются одни самки (или самцы), то воспроизводство одного или нескольких видов прекращается. И это безо всяких катастроф, пожаров, извержений или падения гигантских метеоритов!

Смена ровного и влажного климата на такой, при котором есть сезонные изменения, даже небольшие, создаёт условия, когда короткие периоды холодных ночей не могут дать достаточно тепла для выживания огромных тел тогдашних рептилий. Если такие времена длятся достаточно долго, многие животные ослабевают и в конце концов погибают.

Однако самое главное климатическое событие произошло 50 млн лет назад. Континенты удалялись от полюсов. Снега и льда было очень мало, и температура росла: она была примерно на 12 °С выше, чем сейчас. Но «вдруг» Индия, которая до этого была отдельной небольшой литосферной плитой, врезалась в Евразию. Образовались горы Гималаи, и началось такое движение литосферных плит, что Антарктида заняла место на Южном полюсе и покрылась слоем белого льда (30–40 млн лет назад). Температура на планете резко стала падать, так как белая ледяная Антарктида стала отражать солнечное излучение обратно в космос!

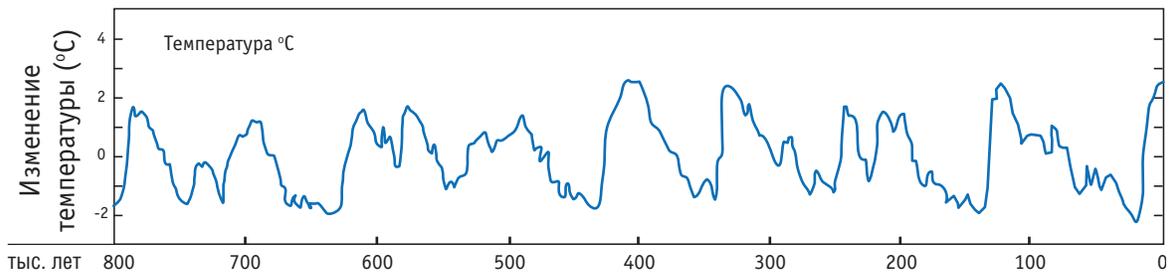
Примерно 10 млн лет назад на своё нынешнее место на планете встала Гренландия и покрылась слоем белого льда, что ещё понизило температуру, и она приблизилась к современным значениям.

100 млн лет назад на Земле было гораздо теплее, чем сейчас. 30–40 млн лет назад покрылась льдом Антарктида, а 10 млн лет назад – Гренландия, в результате чего температура опустилась до современного уровня.

1.3.2 | Причины изменений климата: десятки и сотни тысяч лет

Мы знаем, что в течение каждого миллиона лет температура на Земле менялась. Выяснилась интереснейшая вещь: примерно каждые 100 тыс. лет мы видим относительно короткий период тепла, а всё остальное время гораздо холоднее – это ледниковые периоды. Сейчас мы живём в тёплый период.

Рис. 1.3.5 Изменение температуры на Земле за последние 800 тыс. лет относительно среднего показателя.



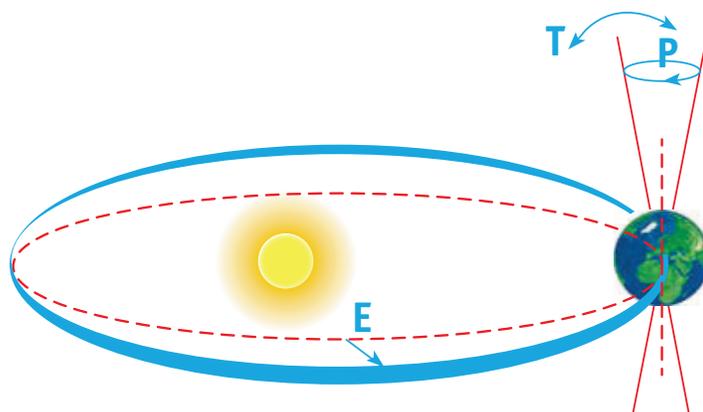
Почему так происходит? Учёные предполагают, что причины возникновения ледниковых периодов и периодов последующего потепления – астрономические (Рис. 1.3.6).

Каждые 41 тыс. лет меняется наклон земной оси в пределах между 22° и 24,5° (сейчас он составляет 23,5°). Это значит, что в полярных районах то длиннее, то короче полярная ночь. На общее количество тепла, поступающего к Земле от Солнца, это, конечно, не влияет, но суровость и продолжительность зимы от этого зависит.

Рис. 1.3.6

Изменения орбиты и вращения Земли вокруг своей оси, которые определяют наступление ледниковых периодов.

Т — изменения наклона оси Земли;
Е — изменения орбиты Земли (отклонения орбиты от круга);
Р — изменение направления оси вращения Земли.



Ось Земли делает круговые движения с периодичностью 19–23 тыс. лет. Вспомните: когда вы запускаете юлу (волчок), то сначала его верхушка смотрит строго вверх, потом она начинает описывать круги, а потом волчок останавливается и падает. Земля похожа на волчок. Конечно, об остановке вращения в ближайшие миллионы лет не может быть и речи, но некое замедления вращения уже произошло, и ось земли не строго смотрит на одно и то же место на звёздном небосклоне. Как и наклон оси, её вращение на приход тепла от Солнца не влияет, но влияет на суровость и продолжительность холодного периода года в полярных широтах.

Орбита вращения Земли вокруг Солнца изменяется с периодами примерно в 400 тыс. и 100 тыс. лет. Когда орбита Земли близка к круговой, сезонные изменения потока тепла от Солнца меньше, чем когда орбита Земли – эллипс.

Когда зимы в полярных районах становятся длиннее и суровее, снег не успевает летом растаять, он накапливается, образуются ледники. Эти белые ледники, в отличие от тёмной поверхности земли или воды, отражают почти всё солнечное излучение. Становится ещё холоднее, и ледники растут: движутся от полюсов в умеренные широты. Наступает ледниковый период (Рис. 1.3.7).

Проходят десятки тысяч лет, и создаются условия для более коротких и тёплых зим в умеренных и высоких широтах. Ледник начинает отступать, и всё возвращается на своё место. Так было 13 тыс. лет назад, когда закончился последний ледниковый период.

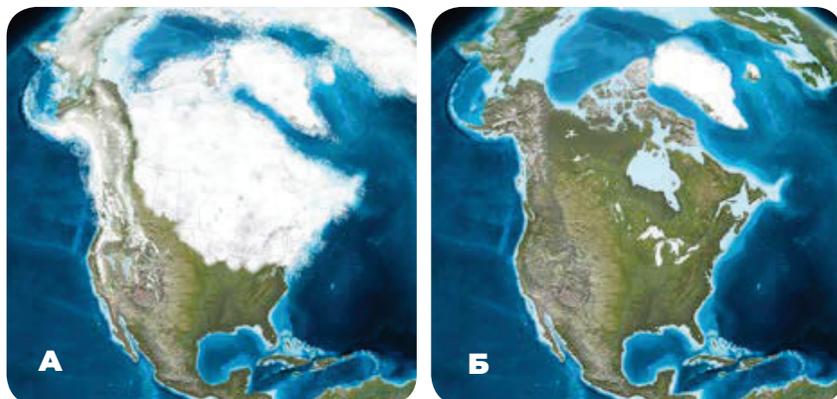


Рис. 1.3.7

Северная Америка
а) во время ледниковой эпохи 125 тыс. лет назад и
б) в наше время.

Примерно 5–7 тыс. лет назад климат был несколько более тёплым и влажным, чем сейчас. Такие условия были благоприятны для древнего человека и развития цивилизации, но думать, что такое же потепление на пару градусов будет благом и для современной цивилизации, не стоит! Теперь у человека иные требования и условия жизни, нам уже мало того, что хватает травы для домашних животных, а в лесах много дичи.

Вместе с наступлением ледниковых периодов менялся и уровень Мирового океана. В холодные периоды уровень океана был на 50–100 м ниже – именно тогда древние люди перешли из Евразии в Америку, вероятно, в основном по суше, а частично – по узкому проливу, покрытому льдом. В тёплые периоды последних сотен тысяч лет уровень океана был как сейчас или выше на 5–10 м.

Через несколько десятков тысяч лет на Земле начнётся следующий ледниковый период. Учёные не могут сказать, когда точно – через 15, 20 или 30 тыс. лет, столь сложны сочетания периодов изменения орбиты и вращения Земли.

Очевидны две вещи. Первая: это будет. Вероятно, наши далёкие потомки сумеют хорошо приспособиться, ведь в средних и тропических широтах будет не намного холоднее, чем сейчас. Вторая: ледниковый период придёт нескоро и не в виде резкого похолодания за год или за сто лет, движение ледника займёт сотни и тысячи лет. На климат последнего тысячелетия и последующих столетий «ледниковая перспектива» влияния не оказывает.

Климатическая история Земли за последний миллион лет – это начало или окончание ледниковых периодов. Примерно каждые 100 тыс. лет становится тепло. Этот период длится 20–40 тыс. лет, потом снова приходит похолодание. Новый ледниковый период неизбежен, но до него ещё от 15 до 30 тыс. лет. На современные изменения климата, которые происходят сейчас и будут происходить в следующих столетиях, «ледниковая перспектива» влияния не оказывает.

1.3.3 | Причины изменений климата: столетия

За последнюю тысячу лет в разных частях планеты было то теплее, то холоднее. В течение нескольких десятилетий перепад температуры воздуха достигал 3-4 °С, что было очень заметно. Конечно, термометров тысячу лет назад не было, температуру люди измеряют только последние 300 лет, но остались записи об урожайных (тёплых) и неурожайных (холодных) периодах. О температуре учёные могут судить по отложениям на дне водоёмов и по другим признакам. Очень наглядный источник информации – годовые кольца прироста деревьев.

Учёные объясняют периодические колебания температуры в течение некоторых десятилетий изменениями солнечной активности, извержениями вулканов и процессами в океанах.

Колебания солнечной активности

Интенсивность солнечного излучения периодически меняется и имеет 11-летние циклы. Но наблюдения, начатые ещё в XVII веке, также показывают 40–45-, 60–70-, 100- и 200-летнюю изменчивость активности Солнца.

Обычно солнечное излучение меняется незначительно, но когда друг друга сменяют сразу несколько периодов с низкой солнечной активностью, на Земле становится существенно холоднее. Например, с 1640 по 1715 годы был так называемый малый ледниковый период.

Как раз в это время русский царь Пётр I был в Нидерландах и удивлялся, что зимой по замёрзшим каналам все передвигаются на коньках. Потом похолодание закончилось, и пользоваться коньками стали реже (Рис. 1.3.8).



Рис. 1.3.8

Ромейн де Хоге.
Жители Нидерландов катаются на коньках по замёрзшему каналу.

Гравюры из серии
«Модные персонажи».
Нидерланды,
1682–1702 годы.

Извержения вулканов

Что в природе вызывает восхищение своей мощью и избытком энергии? Вулканы. Как вы думаете, вулканы нагревают или охлаждают атмосферу Земли? На первый взгляд нагревают, горячая лава и раскалённые газы действительно повышают температуру воздуха, но только рядом с вулканом. Наибольшее влияние на климат оказывает вулканический пепел. Если при извержении он поднимается в стратосферу на высоту 10–15 км, то остаётся там надолго и затеняет Землю от Солнца, на всей планете становится холоднее.



Любое мощное вулканическое извержение, при котором столб пепла достигает стратосферы, вызывает через год локальное похолодание. Например, после наполеоновских войн люди в Европе недоумевали, почему несколько лет подряд так холодно. Оказалось, что причина в извержении вулкана Тамбора на территории нынешней Индонезии (Рис. 1.3.9). Так было и в 1983 году после извержения вулкана Эль-Чичон в Мексике, и в 1992 году после извержения вулкана Пинатубо на Филиппинах.

Однако через 2–3 года пепел оседает вниз, и действие вулканов на климат Земли прекращается до следующего извержения с забросом пепла в стратосферу.

Такие извержения редкость, гораздо чаще случаются извержения, которые не влияют на климат Земли. Например, извержение вулкана с труднопроизносимым названием Эйяфьядлайёкюдль в 2010 году в Исландии. Тогда пепла было очень много, но лишь в нижних слоях атмосферы: из-за него по всей Европе не могли летать самолеты. Тогда пепел быстро осел, не распространившись по всему Земному шару.



Рис. 1.3.9

Вулкан Тамбора на о. Сумбава в Индонезии. В результате катастрофического извержения 1815 года верхняя часть вулкана обрушилась, и образовалась воронка диаметром 6 км и глубиной 1 км.

Океанические течения

Удалось доказать, что тысячу лет назад, когда норвежские викинги открыли Гренландию, там был тёплый период. Поэтому викинги даже назвали её «зелёной землей». Конечно, Гренландия тогда не была полностью зелёной, ледник, как и сейчас, покрывал почти весь остров, но на южном крае, свободном ото льда, было относительно тепло. Причина такого климата на острове была в колебаниях океанических течений: они текут то сильнее, то слабее, становятся то чуть теплее, то холоднее. Этого оказывается достаточно, чтобы в разных частях планеты были более тёплые и более холодные периоды.



Климат на Земле в прошлом неоднократно менялся. Однако никогда ещё средняя температура планеты не изменялась с такой невероятной быстротой, как сейчас: почти на 1,2 °C со второй половины XIX века. Такая беспрецедентная скорость не характерна для естественных процессов. «Быстрые» для планеты изменения происходили за срок никак не менее сотен и тысяч лет, что для человеческой жизни очень медленно! Но и катастрофы с «обрушением» климата за год-два – лишь сюжет для кинофильмов, далёкий от реальности и прогнозов.



ВОПРОСЫ

1

Что было главным фактором изменений климата в масштабе миллиардов лет?

—

2

Скамейка какого цвета нагреется на солнце быстрее: белая или зелёная? Почему? Как этим примером можно проиллюстрировать процессы, происходящие на нашей планете?

—

3

Какое важное событие в движении литосферных плит произошло 50 млн лет назад? Как оно повлияло на современный облик планеты?

—

4

При помощи чего удалось узнать, какими были температура и химический состав атмосферы в течение последних 800 тыс. лет?

—

5

Почему наступают ледниковые периоды?

—

6

Когда закончился последний ледниковый период? Будет ли следующий? Может ли он внезапно наступить в следующем году?

—

7

Как древние люди попали из Евразии в Америку? Лодок у них не было, ширина Берингова пролива сейчас 86 км, другого берега не видно.

8

Вулканы нагревают или охлаждают атмосферу Земли?





ЗАДАНИЯ



1

Наложите на физическую карту мира полупрозрачную бумагу, обведите контуры Африки и Южной Америки и вырежьте. Совместите вырезанные континенты.

Похоже ли, что они были единой частью суши? Как она называется? Что с ней стало? Как это повлияло на климат Земли? Почему?

2

Эксперимент

Материалы: два небольших листочка бумаги – белый и чёрный, два кусочка пластилина длиной 4 см и толщиной 0,5 см.

Ход эксперимента. Склейте листочки бумаги – левая половина белая, правая чёрная. Прикрепите кусочки пластилина перпендикулярно листу с его тыльной стороны, один кусочек на белую часть, другой – на чёрную. Поставьте лист на ребро, удерживая его руками, и держите рядом с лампой (лучше мощной). Лампа сбоку будет освещать лист.

Какой кусочек пластилина при нагреве листа лампой упал первым? Почему? Приведите пример аналогичного процесса, происходящего на Земле.

3

Вы уже знаете, что во времена динозавров на Земле было теплее, чем сейчас. Чтобы на Земле стало тепло, как при динозаврах, Антарктида должна «уйти» настолько далеко от Южного полюса, чтобы там растаял весь лёд.

Возьмите физическую карту мира и, учитывая её масштаб, посчитайте, на какое расстояние в километрах должна переместиться Антарктида, чтобы её центр оказался не на Южном полюсе, а на 40° южной широты.

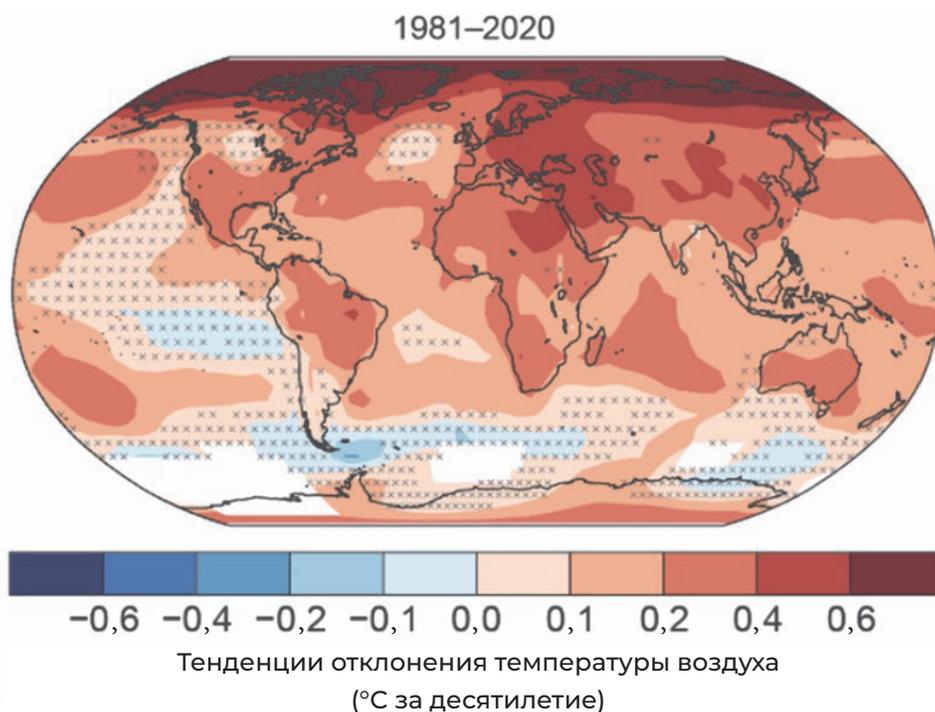
Предположим, что Антарктида движется на 2 см в год. Рассчитайте, через сколько лет наступит настолько сильное потепление, вызванное только движением Антарктиды, чтобы на Земле смогли жить динозавры.

1.4 | Современные изменения климата

В течение последнего столетия температура странным образом начала расти, что невозможно объяснить исключительно естественными причинами. Со второй половины XIX века на планете стало почти на 1,2 °C теплее! Согласно последнему оценочному докладу МГЭИК, за последние 50 лет глобальная температура росла беспрецедентно быстрыми темпами, превышая значения, зафиксированные по крайней мере за последние 2000 лет. Глобальная приземная температура воздуха не достигала таких высоких значений за последние 125 000 лет. Наблюдаемое и прогнозируемое потепление более выражено над сушей, чем над океанами, и сильнее всего в Арктике.

Рис. 1.4.1

Карта показывает, на сколько градусов изменилась температура воздуха разных регионов Земли в 1981-2020 годах по сравнению со средним значением за период с 1850 по 1900 годы.



Учёные объясняют современное потепление на планете усилением парникового эффекта.

Парниковый эффект

Парниковым эффектом называют процесс, при котором газы, пыль, водяной пар, содержащиеся в атмосфере, поглощают земное тепло и мешают отражению его от поверхности Земли. Когда 200 лет назад учёные описали этот эффект, они обратили внимание на сходство земной атмосферы с парником для выращивания овощей. Поэтому газы, поглощающие тепловое излучение Земли, назвали парниковыми. Парниковые газы, содержащиеся в атмосфере: углекислый газ, метан (для удобства они обозначаются химическими формулами CO_2 и CH_4) и некоторые другие, а также водяной пар. Они задерживают инфракрасное излучение, которое исходит от поверхности Земли. В результате нижние слои атмосферы прогреваются. Без парникового эффекта средняя температура воздуха у поверхности Земли была бы не $+14^\circ\text{C}$, как сейчас, а лишь -19°C . Тепло Земли уходило бы в космос и атмосферу не прогревало. Само существование жизни на планете тогда было бы под вопросом.

Рис. 1.4.2 Энергетический баланс Земли и парниковый эффект.



Учёные давно предсказали, что добывая и сжигая уголь, нефть и газ, человек будет выбрасывать в атмосферу большое количество CO_2 и CH_4 , усиливая парниковый эффект. В середине XX века предсказание получило подтверждение – концентрация этих газов по всему миру стала быстро увеличиваться (Рис. 1.4.3).

Рис. 1.4.3

Содержание углекислого газа в атмосфере за последние 400 тыс. лет.



Парниковые газы – основная причина современных изменений климата. В результате хозяйственной деятельности человека, в первую очередь сжигания ископаемого топлива, развития автотранспорта и вырубки лесов, концентрация в атмосфере таких парниковых газов, как углекислый газ (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O), достигла рекордно высоких значений, каких не было на Земле по крайней мере за последние 800 тыс. лет! Природное содержание углекислого газа в атмосфере менялось на протяжении истории между 180 и 300 частями CO_2 на миллион других частиц. Анализ последних результатов наблюдений ВМО показывает, что глобальные концентрации CO_2 , CH_4 и N_2O достигли новых максимумов в 2022 году: CO_2 – 418 частей на миллион (увеличение на 150 % с начала промышленной революции), CH_4 – 1923 частей на миллиард (увеличение на 264 %) и N_2O – 336 частей на миллиард (увеличение на 124 %). Предположение о том, что хозяйственная деятельность человека приводит к усилению парникового эффекта, впервые сделал шведский учёный С. Аррениус ещё в 1896 году.

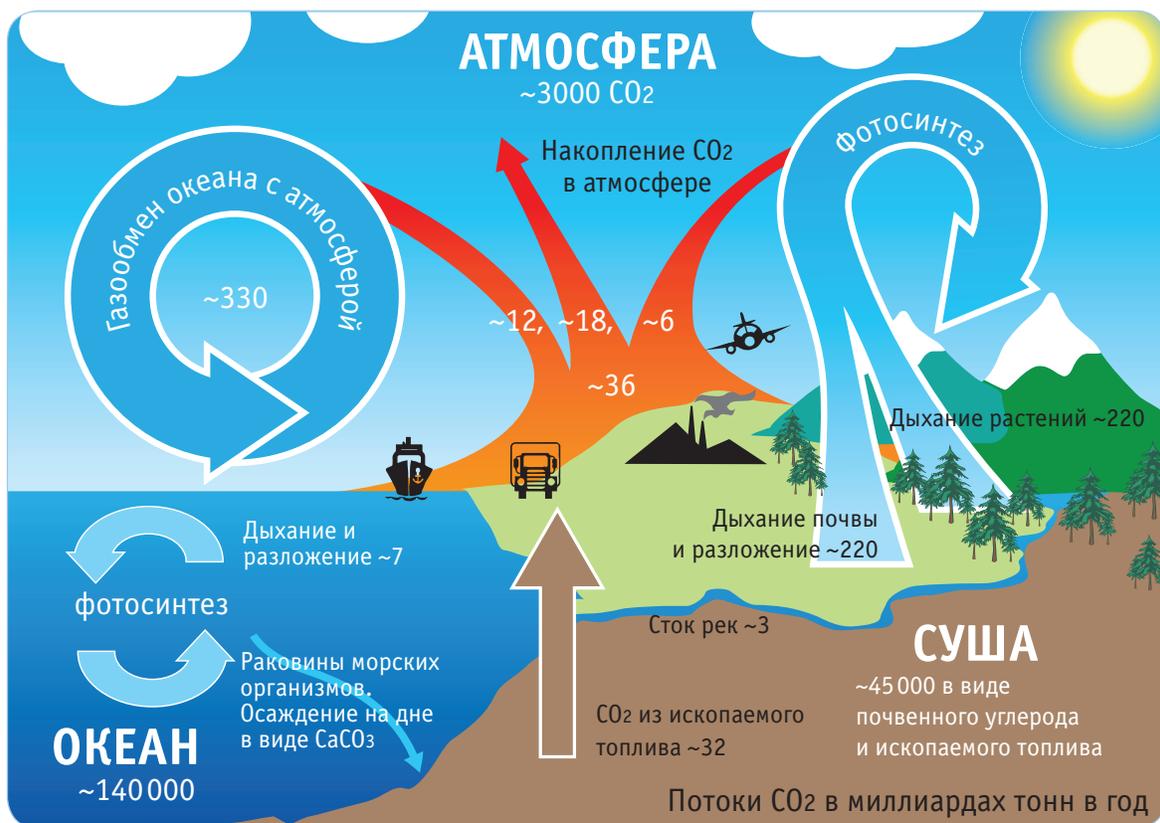
Вызван ли рост концентрации CO_2 только деятельностью человека или это естественный процесс?

Природные процессы, такие как дыхание живых организмов, разложение, обмен океан-атмосфера, вулканическая активность и лесные пожары, выделяют в атмосферу CO_2 , играющий ключевую роль в углеродном цикле Земли (Рис. 1.4.4). Однако с помощью изотопного анализа было показано, что всё же основная причина роста содержания CO_2 в атмосфере – деятельность человека. Дело в том, что молекулы углекислого газа, образующегося при сжигании угля, нефти и природного газа, отличаются от молекул углекислого газа, который выделяется в результате природных процессов.

ИЗОТОПНЫЙ АНАЛИЗ

Атомы одного и того же вещества могут содержать разное количество определённых частиц – нейтронов. По их количеству можно определить, откуда в атмосфере взялся углекислый газ – от дыхания живых организмов или от сжигания угля, нефти и природного газа.

Рис. 1.4.4 Круговорот CO_2 в природе.



Океан, леса и почвы планеты пытаются «помочь» человеку и поглощают из атмосферы половину «нашего» CO_2 , но другая половина накапливается в атмосфере (Рис. 1.4.4) и усиливает парниковый эффект. В итоге прогревается атмосфера (Рис. 1.4.5), а затем и океан (Рис. 1.4.6). Увеличение средней глобальной температуры в период с 1850 по 2024 год (Рис. 1.4.5) иллюстрирует вывод ВМО, основанный на данных различных метеорологических центров, о том, что последние десять лет с 2015 по 2024 годы были самыми тёплыми за всю историю метеонаблюдений. Аналогичная тенденция наблюдается и в океанах. Заметим, что человек ещё и вырубил большое количество лесов планеты, и теперь их способность поглощать CO_2 из атмосферы меньше, чем в прошлом.

Рис. 1.4.5

Рост средней температуры воздуха на Земле с 1850 по 2024 годы по данным различных метеорологических центров.

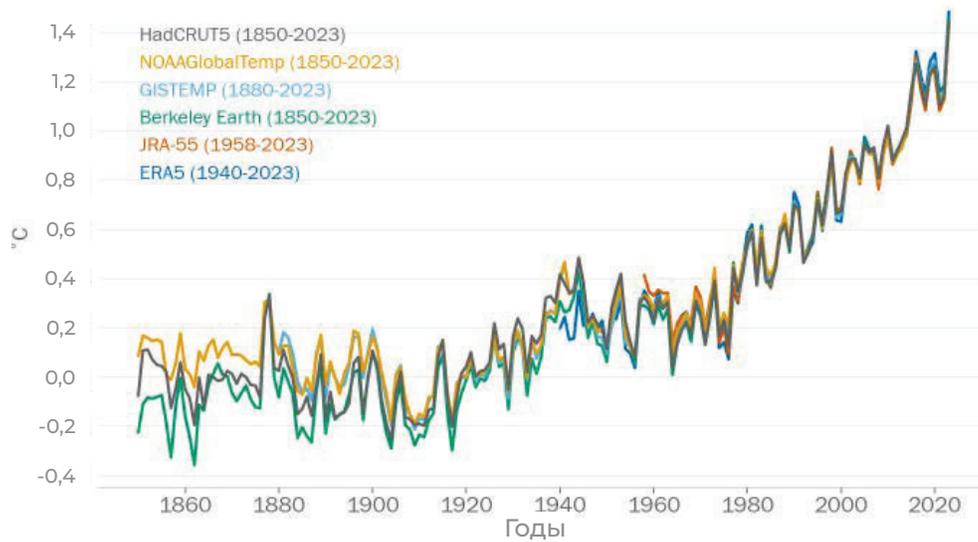
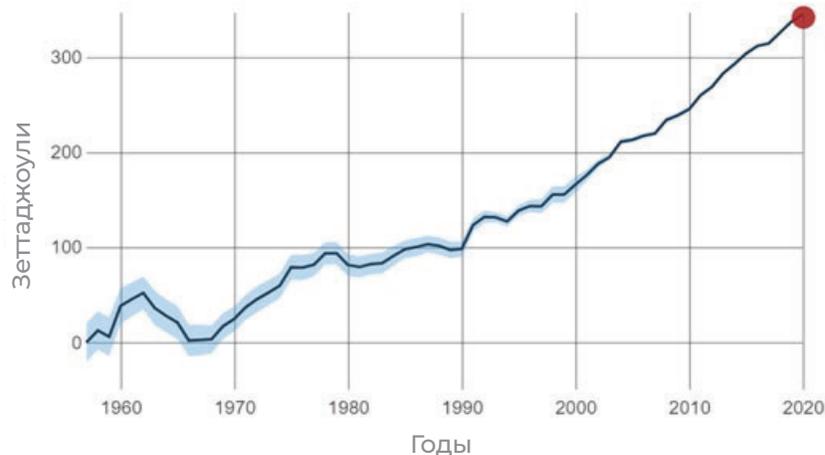


Рис. 1.4.6

Увеличение содержания тепла в океане в период с 1955 по 2020 год.



Теплосодержание океана — это общее количество тепла, поглощаемого и хранимого океаном.

Именно **океан** играет главную роль в формировании климата Земли. В нём сосредоточено более 90 % энергии климатической системы планеты. Если бы росла только температура атмосферы, но не океана, то бить тревогу было бы рано. Это бы означало, что главное звено климатической системы изменениями не затронуто. Увы, температура океана растёт из года в год! Поэтому климатологи считают, что холодные зимы или даже похолодание воздуха на всей планете не могут означать прекращения глобального потепления. Ведь из года в год увеличивается количество тепла в климатической системе Земли в целом, главным образом, в океане (Рис. 1.4.6).

Аэрозоли являются еще одним фактором, оказывающим значительное влияние на наш климат. Аэрозоли — это мелкие частицы, которые бывают разных форм. Они могут быть естественными, как например: дым лесных пожаров, вулканические газы или солёные морские брызги. Человеческая деятельность также может привести к образованию аэрозолей, таких как мелкодисперсная пыль и сажа.

Рис. 1.4.7

Аэрозоли — это мелкие частицы в воздухе. Причинами их выделения могут быть как природные явления, так и деятельность человека.



Влияние аэрозолей на климат неоднозначно. В целом, светлые частицы в атмосфере отражают падающий солнечный свет и вызывают охлаждение. Аэрозоли светлого цвета образуются из сернистого газа, выделяемого в результате извержения вулканов, который соединяется с водой в атмосфере, образуя крошечные частицы, которые могут окружать Земной шар и оставаться в воздухе в течение нескольких лет. При сжигании ископаемого топлива выделяются частицы сульфата и диоксид серы (SO_2), которые, подобно вулканическим аэрозолям, могут отражать солнечный свет и охлаждать атмосферу. Частицы тёмного цвета поглощают солнечный свет и делают атмосферу теплее. Примером частиц тёмного цвета является сажа, которая состоит из частиц углерода, образующегося при сжигании ископаемого топлива, древесины или других растительных веществ.

Поскольку разные типы частиц оказывают разное воздействие на климат, аэрозоли являются «горячей» темой в исследованиях климата.

В соответствии с отчётом МГЭИК ОД6 за 2021 год без аэрозольного загрязнения на Земле было бы примерно на $0,4$ °C теплее. Это в сравнении с потеплением, вызванным выбросами парниковых газов, которые оцениваются примерно в $1,5$ °C. Таким образом, человечество одновременно нагревает и охлаждает планету, но влияние его действий на глобальное потепление (за счет усиления парникового эффекта) примерно в три раза превышает охлаждающий эффект аэрозолей, которые во многом возникают в результате деятельности человека. Поэтому есть все основания говорить об «изменении климата», вызванном действиями человека.

Известный климатолог М.И. Будыко ещё в 1970-е годы довольно точно рассчитал рост температуры и предсказал, что примерно с 2000 года у человечества начнутся проблемы – новые и «странные» изменения климата. Так и случилось.

С того времени, как человек начал жечь уголь, температура воздуха у поверхности Земли выросла на 1,2 °С, причём за последние 50 лет рост составил 0,85 °С (Рис. 1.4.5). На первый взгляд кажется, что в этом нет ничего страшного: ведь это средняя температура по всему Земному шару и по всем сезонам! На деле мы видим, что где-то рост сильнее. Ученые обнаружили, что полюса Земли нагреваются быстрее, чем планета в среднем, — явление, известное как **полярное усиление**. Это явление уже наблюдается в Арктике, которая за последние четыре десятилетия нагревалась почти в четыре раза быстрее, чем планета в среднем. Недавние исследования показывают, что Антарктида нагревается в два раза быстрее, чем в среднем вся Земля.

При этом в некоторых частях Северной Европы, Северной Америки и Азии зимой потепления нет, а есть похолодание. Если же взять отдельные недели и месяцы, мы видим скачки: то 2–3 недели на 10 °С теплее, а потом на 9 °С холоднее, чем средняя для второй половины XX века температура для данного времени года в этой местности. Получается в среднем потепление на 1–2 °С. Но дело не в нём, а в резких перепадах погоды, в штормовых ветрах, ливневых осадках или сильнейших снегопадах!

Было ли такое в прошлом? Конечно, да. А.С. Пушкин, известный русский поэт и писатель, в своём произведении «Евгений Онегин» (издано в 1833 году) писал:

*«Снег выпал только в январе
На третье в ночь. Проснувшись рано,
В окно увидела Татьяна,
Поутру побелевший двор...»*

Даты у Пушкина – по старому стилю, то есть 3 января – это нынешнее 20 декабря, но всё равно, снег поздний для средневропейской части России, где первый снег обычно выпадает в октябре.

Значит и в XIX веке были и тёплые дни зимой, и холод летом, сильнейшие шторма и наводнения, мощные снегопады и длительные засухи, даже «ледяной дождь», когда всё покрывается толстой коркой льда.



Рис. 1.4.8

«Татьяна на кровати. Зима».
Иллюстрация
Д. Белюкина к «Евгению
Онегину» (Россия, 1999).

Главное в том, что теперь эти опасные явления происходят чаще, а будут происходить ещё чаще! При этом и сильные морозы тоже будут, хотя со временем, они, вероятно, станут случаться реже. Конечно, и положительные эффекты будут, но негативных пока мы видим больше.

Сейчас с помощью компьютерных моделей, которые учитывают все эффекты – и естественные, и вызванные человеком – климатологи не только объяснили происходящее, но и дали прогноз на весь XXI век. В зависимости от выбросов парниковых газов температура в этом столетии может вырасти очень сильно. При благоприятном сценарии изменения могут быть невелики и сравнимы с изменениями начала XX века (1,5-2 °C). Зато при самом неблагоприятном температура на планете может вырасти на 5 °C. Ожидается, что Северная Европа будет нагреваться быстрее. Кроме того, за последние 50 лет Арктика теплела в два раза быстрее, по сравнению с глобальным темпом потепления, и ожидается, что приземное потепление в Арктике будет по-прежнему более выраженным, чем среднее глобальное потепление в XXI веке! Это отразится на количестве осадков, на уровне океана, и частоте возникновения опасных погодных явлений. Как видим, климат конца XXI века сильно зависит от деятельности человека.

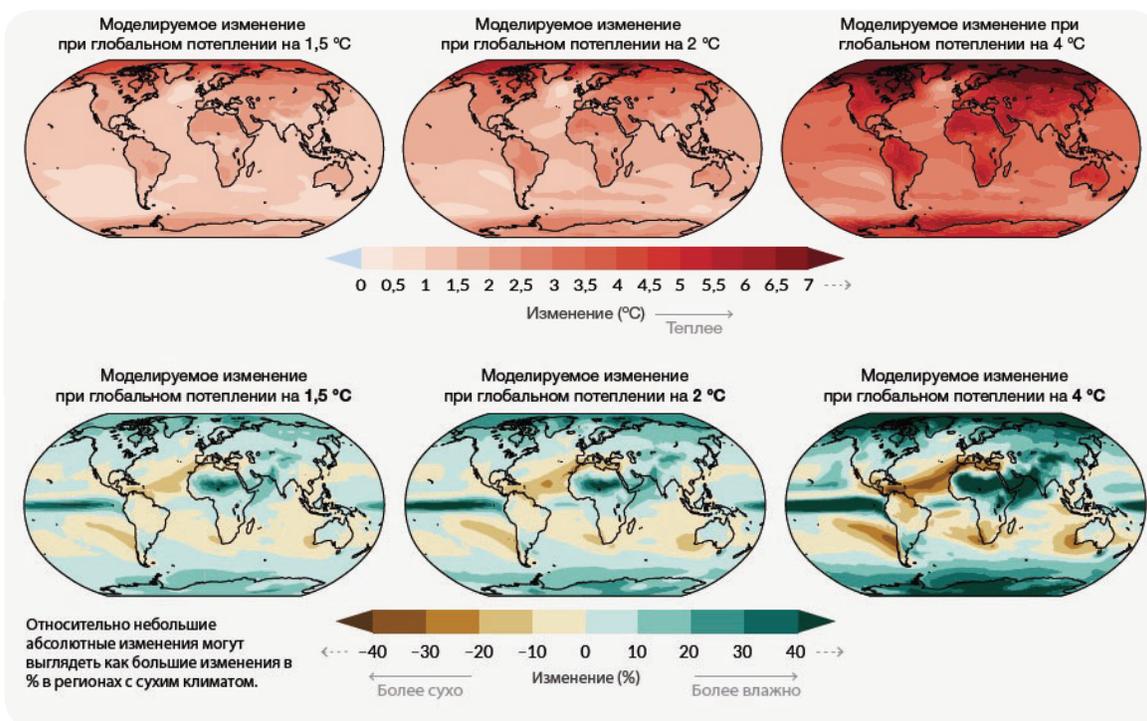
Конечно, влияние Солнца, вулканов, океанических течений и других природных процессов тоже очень значительно. Однако вызванные ими изменения климата краткосрочны, в рамках большого промежутка времени их роль невелика.

Учёные подчеркивают, что с каждой долей градуса глобального потепления изменения в средней региональной температуре, осадках и влажности почвы становятся всё значительнее. Учёные использовали базу данных с сотнями сценариев, чтобы оценить, как глобальный рост температуры может повлиять на такие показатели климата, как глобальная температура, осадки и влажность почвы. Благодаря усовершенствованию глобальных моделей они смогли получить более точные региональные оценки.

Результаты моделирования изменений среднегодовых температур и изменений среднегодовых осадков при повышении средней глобальной температуры на 1,5, 2 и 4 °C показаны на Рис. 1.4.9. Эти результаты показывают, что при увеличении температуры на разных уровнях суша нагревается сильнее, чем океаны, а Арктика и Антарктида нагреваются сильнее, чем тропики. Также прогнозируется, что количество осадков увеличится в высоких широтах, экваториальной части Тихого океана и некоторых регионах с муссонным климатом, но сократится в некоторых субтропических и тропических регионах. По прогнозам, многие изменения в климатической системе станут более масштабными в прямой зависимости от усиления темпов роста глобальной температуры воздуха, включая окисление океана, таяние ледников в Арктике и Антарктике и повышение уровня моря.

Рис. 1.4.9

Моделируемые изменения среднегодовой температуры воздуха (вверху, °C) и годовых осадков (внизу, %) по сравнению с 1850-1900 годами при повышении средней глобальной температуры на 1,5, 2 и 4 °C.



Поэтому большинство учёных сходится во мнении, что, вероятнее всего, человек сыграл основную роль в изменении климата, которое происходит на Земле в последние 70 лет (с середины XX века) и будет происходить в ближайшее столетие. Выводы учёных дают нам чёткий сигнал о необходимости срочно сократить выбросы парниковых газов в течение десятилетия, чтобы сохранить хорошие шансы удержать повышение температуры значительно ниже 2 °C и 1,5 °C в течение XXI века.

Главное влияние человека на климатическую систему – выбросы парниковых газов при сжигании угля, природного газа и нефтепродуктов. Чем меньше потребление этого топлива электростанциями, транспортном, промышленностью, в быту, тем меньше влияние человека на климат. Но энергетикой дело не ограничивается. Человек влияет на климат, вырубая леса – «мешая» им поглощать CO₂ из атмосферы, допуская большие утечки метана из трубопроводов, применяя в промышленности новые сильнодействующие синтетические парниковые газы. Поэтому решение проблемы климата столь сложно, ведь для этого надо переделать всю мировую экономику и общество в целом, сделать её «зелёной» – дружественной человеку и климату.



ВОПРОСЫ

1

Был ли парниковый эффект в прошлом? Почему?

—

2

Почему в последние 100 лет температура странным образом увеличилась?

—

3

Вызван ли рост концентрации CO_2 в атмосфере естественными причинами или деятельностью человека? Как это удалось доказать?

—

4

Почему можно сказать, что человек и нагревает, и охлаждает планету? Какой эффект сильнее?

—

5

На сколько градусов увеличилась температура воздуха со второй половины XIX века? Где увеличение больше: в мире в целом или в северных странах Европы?





ЗАДАНИЕ



Найдите спил толстого бревна с плоским торцом или большой пень.

Рассмотрите годовые кольца прироста древесины –
есть как тонкие, так и более широкие.

Самые старые годовые кольца находятся в серединке спила,
а самые молодые – у края.

Посчитайте, сколько за последние 20 лет было тёплых лет
(широкие кольца) и холодных лет (более узкие кольца).

