

# Глобальное изменение климата

Экология и охрана окружающей  
среды



- **Климат - многолетний режим погоды, определяемый географической широтой местности, высотой над уровнем моря и рельефом.**
- **Климат Земли определяется сложными взаимодействиями между Солнцем, океанами, поверхностью суши и биосферой. Главной движущей силой для погоды и климата является Солнце. Неравномерное нагревание земной поверхности (чем ближе к экватору, тем сильнее) является одной из главных причин ветров и океанических течений.**



- **Изменения климата в прошлом**

- Климат Земли на протяжении всей его истории был подвержен постоянным изменениям, связанным с естественными изменениями основных климатообразующих факторов.
- Эти изменения происходят в разных временных масштабах: от одного сезона до масштаба геологических эр и самого времени существования планеты. Основными факторами, с которыми связаны наиболее крупные колебания глобальной температуры, измеряемые десятками градусов, являются:
  - эволюция Солнца с сопутствующим изменением потока солнечной радиации;
  - изменение массы и газового состава атмосферы (в первую очередь, парниковых газов: двуокиси углерода  $\text{CO}_2$  и метана  $\text{CH}_4$ );
  - изменения прозрачности атмосферы, вызванные крупными вулканическими извержениями или столкновениями с космическими телами;
  - дрейф континентов и сопутствующее изменение океанической циркуляции

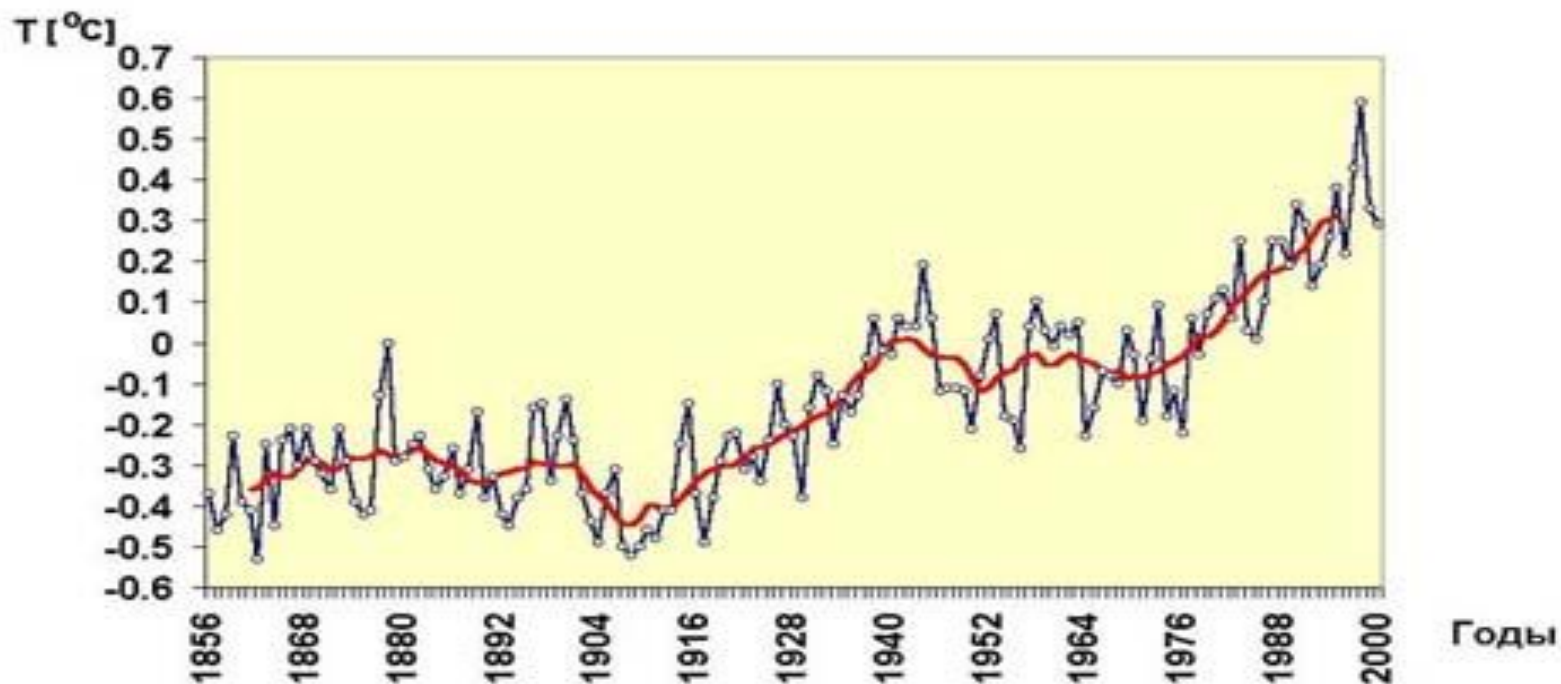


- Десятки миллионов лет назад концентрации углекислого газа и метана во много раз превосходили современные, а глобальная температура была на несколько градусов выше, чем сейчас (50-100 миллионов лет назад глобальная температура превосходила современную на 10°C).

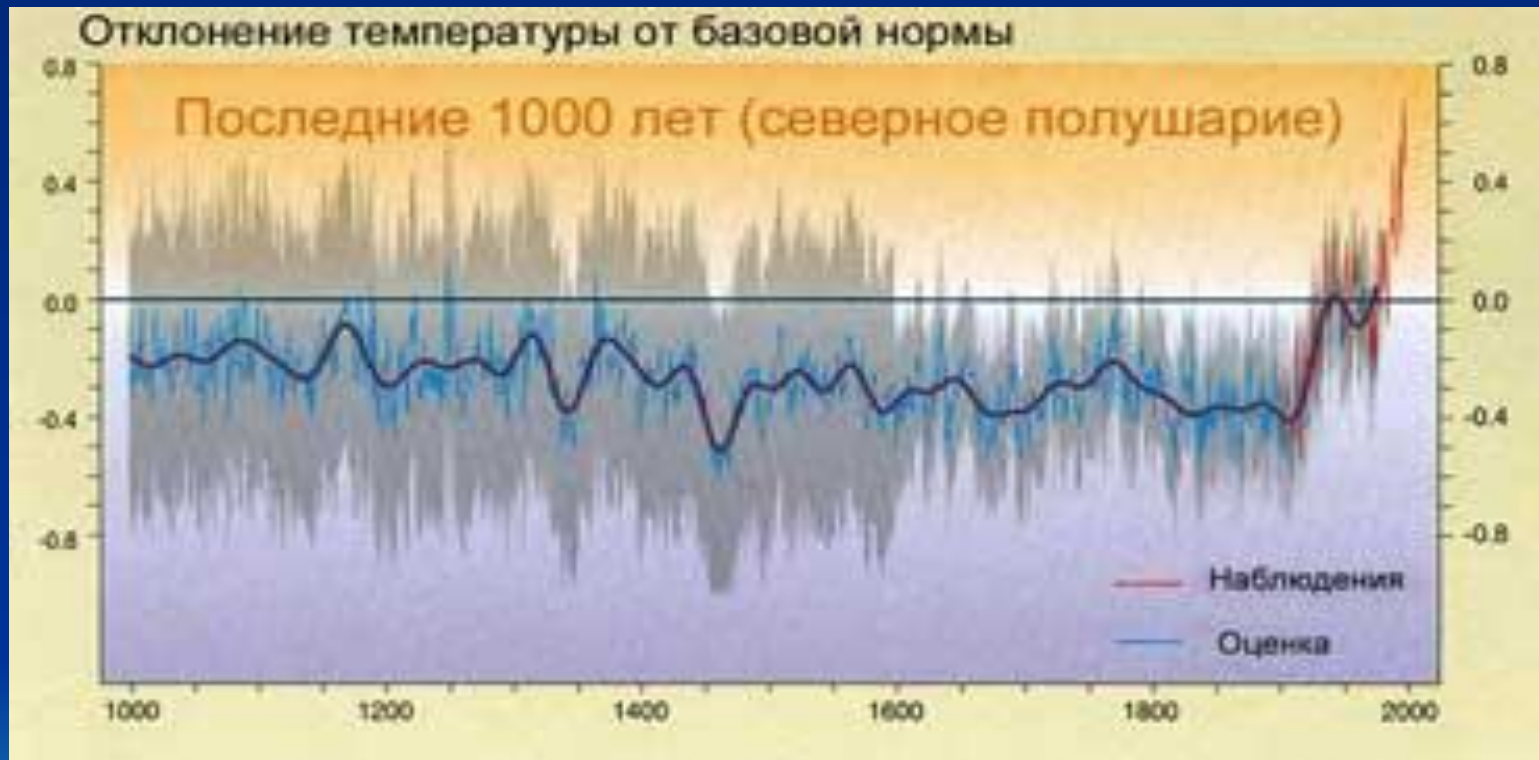


- Одним из важнейших следствий перемещения материка Антарктиды к Южному полюсу стало образование Антарктического ледового щита, приведшее к понижению температуры океана при таянии отколовшихся от него огромных айсбергов. Вследствие этого произошло общее похолодание климата до уровня, при котором периодическое изменение элементов земной орбиты стало приводить к развитию крупномасштабного оледенения (ледниковые периоды). Эти ледниковые периоды отделялись один от другого сравнительно теплыми межледниковыми периодами, с общей длиной цикла около 100 тысяч лет.
- **В настоящее время климат Земли находится в фазе очередного межледникового периода.**

- Как показывают современные реконструкции климата последнего тысячелетия, в 20-м веке произошло весьма быстрое и значительное потепление климата, которое может быть разделено на две составляющие.



# Изменение среднегодовой температуры воздуха северного полушария за последние 1000 лет (отклонение от средних 1961-1990гг)



- Первое потепление происходило с начала столетия до 1940-х годов. Причина этого явления не имеет общепринятого объяснения. Выдвинут ряд гипотез о связи его с повышенной прозрачностью атмосферы в указанный период из-за ослабления вулканической активности; колебаниями потока солнечной радиации; крупномасштабными внутренними колебаниями в системе океан-атмосфера
- Второе потепление началось с 1970-х годов и продолжается по настоящее время.





- В то же время, относительно причин второго периода потепления имеется согласие большей части научного сообщества: это потепление вызвано дополнительным парниковым эффектом, связанным с антропогенным ростом концентрации в атмосфере некоторых парниковых газов, в первую очередь, углекислого газа от сгорания органического топлива.



# Антропогенные изменения климата

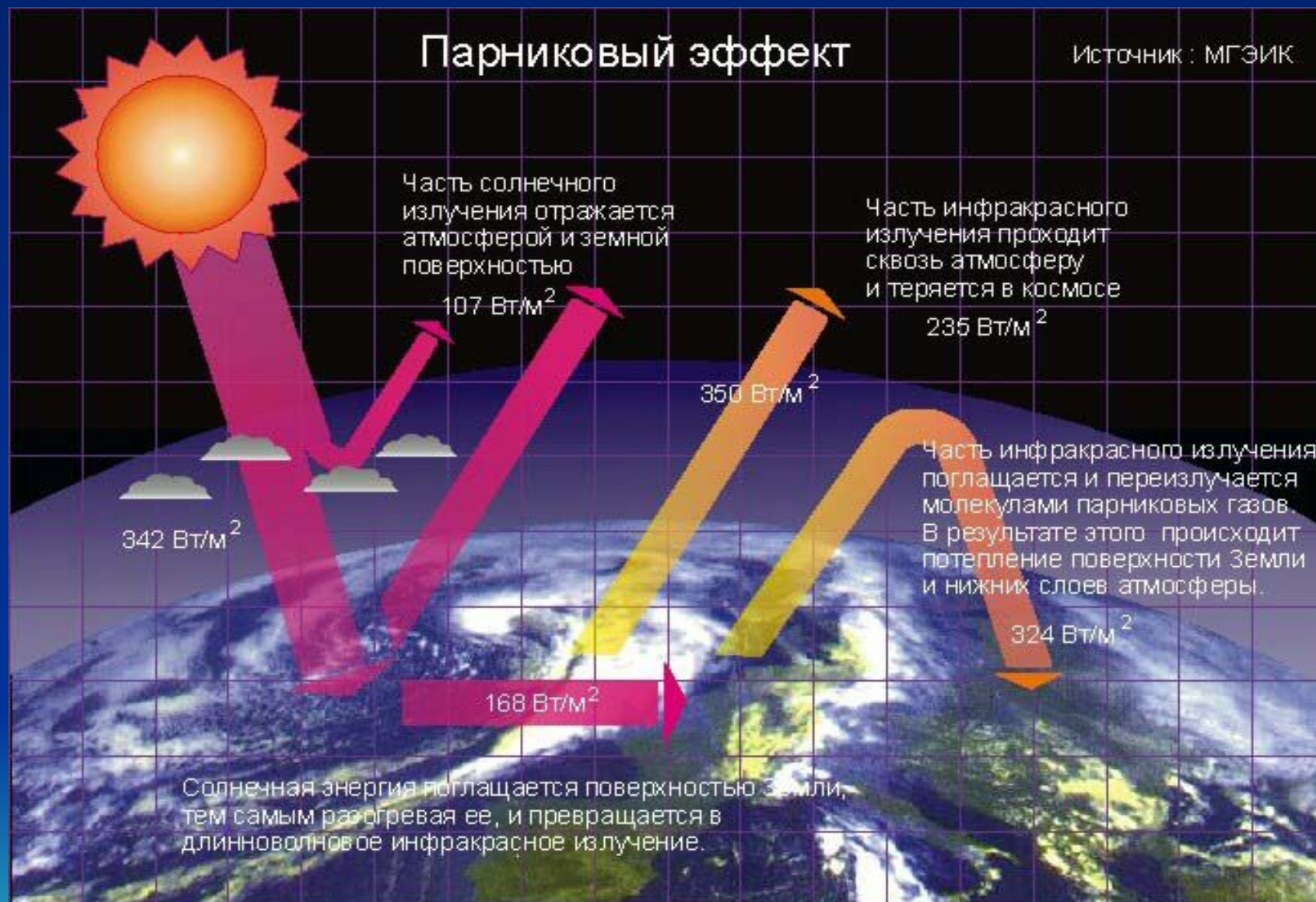
## Парниковый эффект и антропогенные изменения температуры

- Основная доля солнечной энергии поглощается поверхностными слоями океана и суши и затем излучается обратно в пространство в виде длинноволновой (инфракрасной) радиации. Однако, определенная часть уходящей радиации поглощается в атмосфере так называемыми парниковыми газами (в первую очередь, водяным паром, углекислым газом  $\text{CO}_2$ , метаном  $\text{CH}_4$  и некоторыми другими), что обеспечивает дополнительный нагрев у поверхности Земли – естественный парниковый эффект



# Парниковый эффект

Источник : МГЭИК

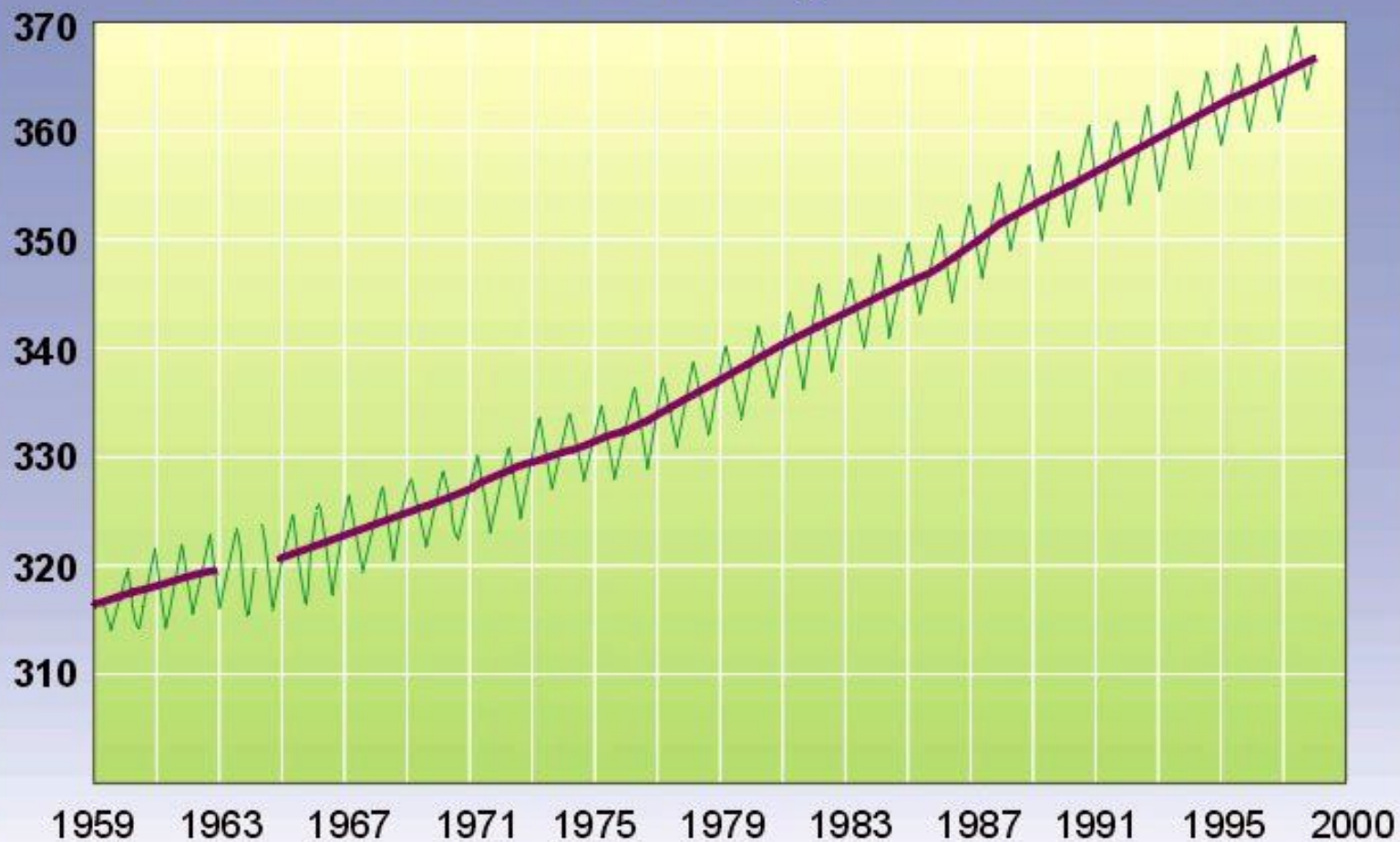


- **Изменение состава атмосферы** способно существенно влиять на радиационный баланс Земли и, следовательно, изменять климат. Основным механизмом этого влияния является парниковый эффект. Приблизительно 30% проходящего солнечного излучения отражается от верхних слоев атмосферы и уходит назад в космос, но большая часть проходит сквозь атмосферу и нагревает поверхность Земли. Нагретая поверхность испускает инфракрасное излучение. Некоторые газы, входящие в состав атмосферы в относительно небольших количествах (0,1%) способны задерживать инфракрасное излучение. Их называют парниковыми газами, а само явление – **парниковым эффектом**.
- Исследования радиационного баланса вместе с данными о величине потока солнечной радиации, измеренными на больших высотах, позволяет оценить температуру земной поверхности, какой она была бы в отсутствие парникового эффекта в атмосфере: около  $-19^{\circ}\text{C}$  (в среднем за год), т.е., значительно ниже реально наблюдаемой величины около  $+15^{\circ}\text{C}$ .



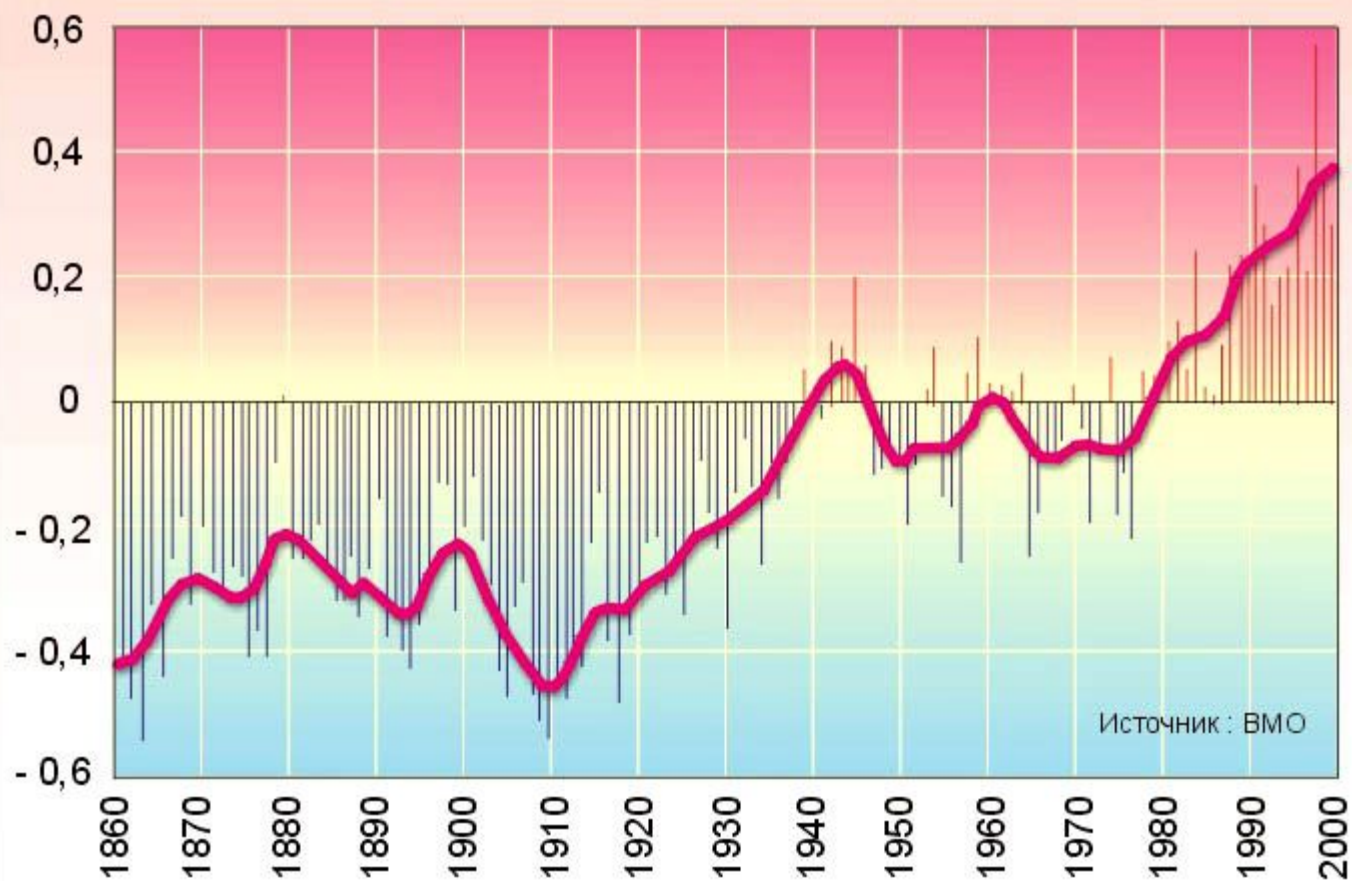
- Наблюдения и реконструкции по различным геологическим данным показали, что в 20-м веке произошел быстрый и значительный рост концентрации углекислого газа в атмосфере с 280 млн-1 в начале индустриальной эры до 370 млн-1 в настоящее время, и этот рост в основном носит антропогенный характер (выбросы углекислого газа при сжигании ископаемого органического топлива). В связи с этим возникло предположение о возможном антропогенном потеплении за счет дополнительного парникового эффекта. Однако количественная оценка этого потепления весьма сложна, поскольку в процессе потепления проявляются многочисленные положительные и отрицательные обратные связи в климатической системе (в первую очередь, связанные с концентрацией водяного пара и облачностью, а также изменением альбедо земной поверхности при уменьшении снежно-ледового покрова).

## Глобальная концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере (млн<sup>-1</sup>)



Источник : Университет Калифорнии (США), Обсерватория Мауна Лоа

## Изменение глобальной температуры (°C)



- Кроме того, было обнаружено, что сопутствующие выбросы аэрозолей (твердых частиц, взвешенных в атмосфере) могут приводить к относительному похолоданию. В настоящее время оценки предстоящих изменений климата получаются с использованием данных сложных физико-математических моделей, описывающих взаимодействующие атмосферу, океан и поверхность суши.





## Ожидаемые изменения температуры в 21 веке

- Современные оценки чувствительности климата к росту концентрации CO<sub>2</sub> (т.е., изменения температуры при удвоении концентрации) дают величину в пределах 1.5-4.5°C. Оценки глобального потепления, полученные с использованием разных моделей для различных сценариев эмиссии парниковых газов (CO<sub>2</sub>) дают для среднегодовой температуры конца 21 века (2071-2100 гг.) разброс от 0.9 до 5.5°C.



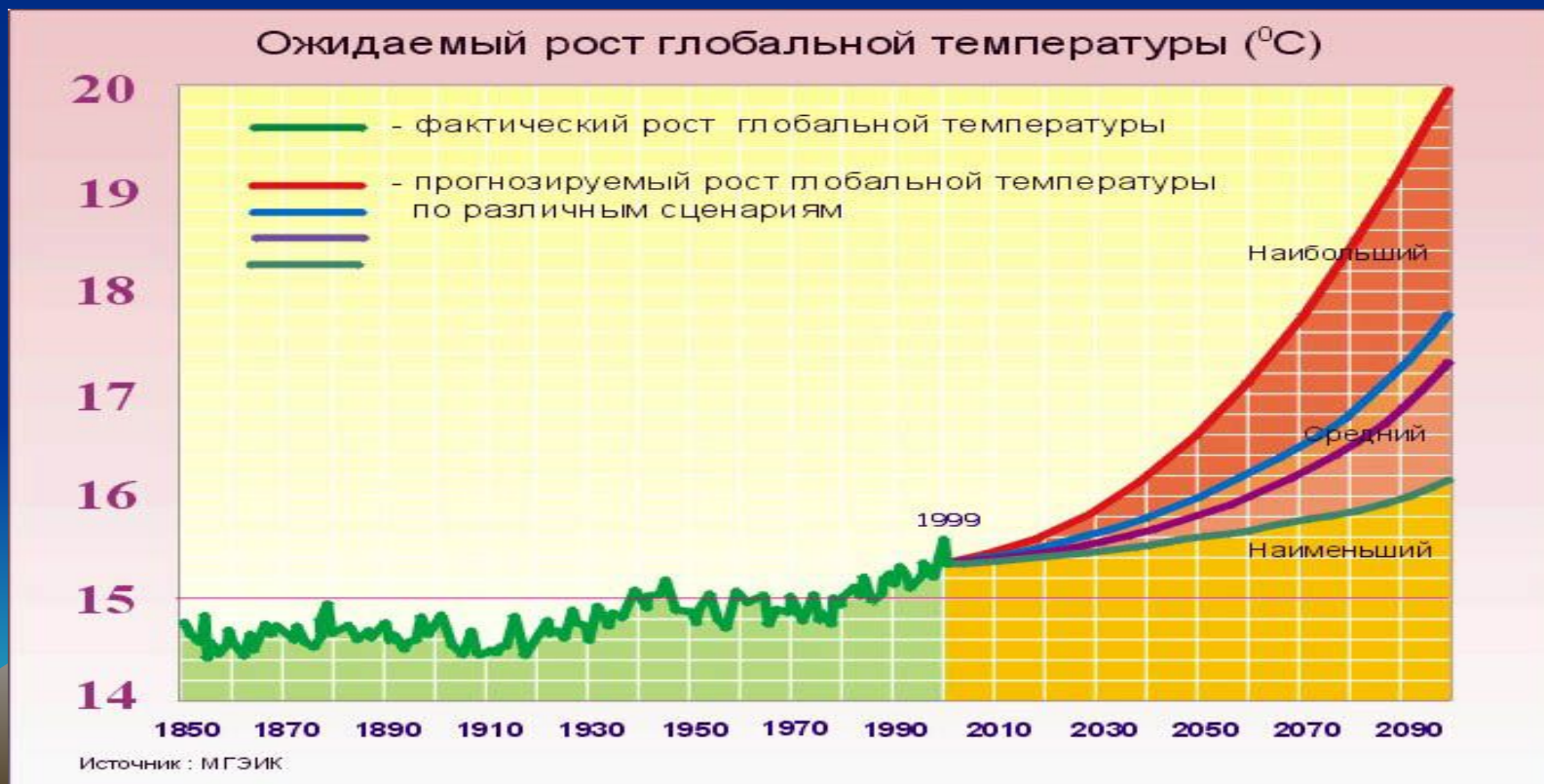
- Результаты современных (с изменяющейся концентрацией парниковых газов и аэрозоля) экспериментов демонстрируют пространственную неоднородность потепления, преимущественно с более высокими скоростями роста над континентами; над океанами потепление слабее, в некоторых областях океана ряд моделей указывает даже на возможное похолодание. Наиболее сильный рост среднегодовой температуры ожидается в высоких широтах Северного полушария. Оценки потепления для разных сезонов показывают, что в целом оно сильнее в зимнем полушарии.



- Непосредственные оценки ожидаемых региональных изменений климата по данным современных глобальных моделей, представляются ненадежными. Используются различные методы регионализации (статистические и с использованием физико-математических региональных моделей), которые, однако, дают в настоящее время значительный разброс результатов. Для большинства регионов суши ожидается потепление; зимой в северных регионах рост температуры быстрее, чем в среднем по Земному шару; летом более быстрый рост ожидается в Средиземноморском регионе, в Центральной Азии и на севере континента.

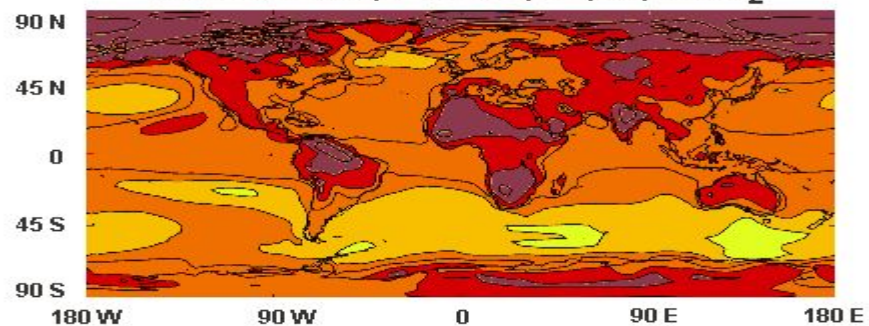


- Ожидаемые изменения глобальной температуры в 21 веке: наиболее вероятный ход и разброс по результатам нескольких моделей и сценариев роста парниковых газов

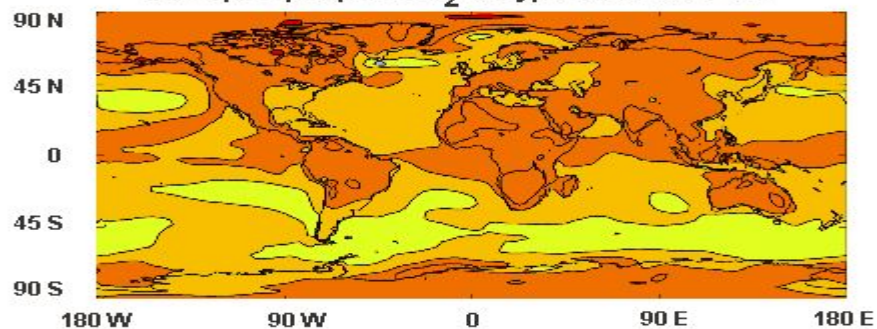


# Изменение глобальной температуры от настоящего времени к 2080 году

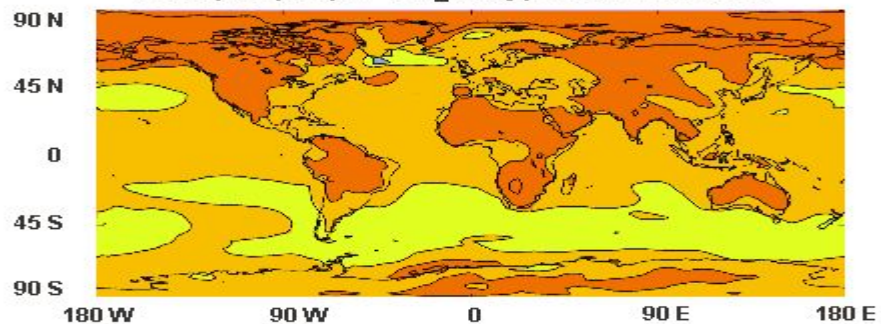
Постоянный рост концентрации CO<sub>2</sub>



Концентрация CO<sub>2</sub> на уровне 750 млн<sup>-1</sup>



Концентрация CO<sub>2</sub> на уровне 450 млн<sup>-1</sup>



# Изменения осадков при глобальном потеплении

- Изменения гидрологического цикла, в том числе, такой важной его составляющей как атмосферные осадки, могут оказать существенные воздействия на различные стороны человеческой жизнедеятельности (сельское хозяйство, энергетика и транспорт, а также вызвать опасные явления, связанные с наводнениями и засухами), так и непосредственно для климатической системы (облачность, потоки скрытого тепла, приток пресной воды в океан, аккумуляция/разрушение ледовых щитов и горных ледников, и т.д.).
- Увеличение содержания влаги в атмосфере при глобальном потеплении (из-за увеличения количества влаги, как испаряющейся непосредственно с поверхности, так и за счет транспирации растениями), несомненно приведет к общему росту осадков.
- Оценки, полученные для ряда регионов Земного шара, показывают тенденцию увеличения количества осадков от периода 1955-1975 гг. к концу века в умеренных широтах (исключая северо-восточную часть Азии). В то же время во многих тропических регионах происходит убывание осадков.

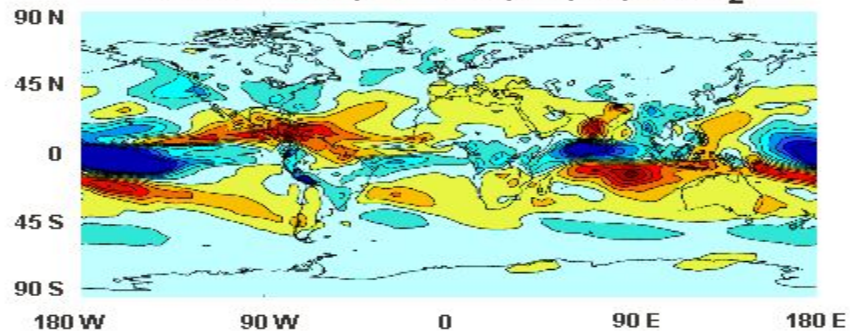


- Более полезным для оценки возможных изменений представляется использование климатических моделей с развитым физическим описанием гидрологического цикла. Существующие модели климата предсказывают рост средней по Земному шару суммы осадков с увеличением концентрации CO<sub>2</sub>. Зимой ожидается рост осадков в высоких широтах, а согласно большинству моделей, также и в умеренных широтах. В основном модели предсказывают рост осадков при потеплении для широтных зон к северу от 50° с.ш. и к югу от 50° ю.ш. во все сезоны .

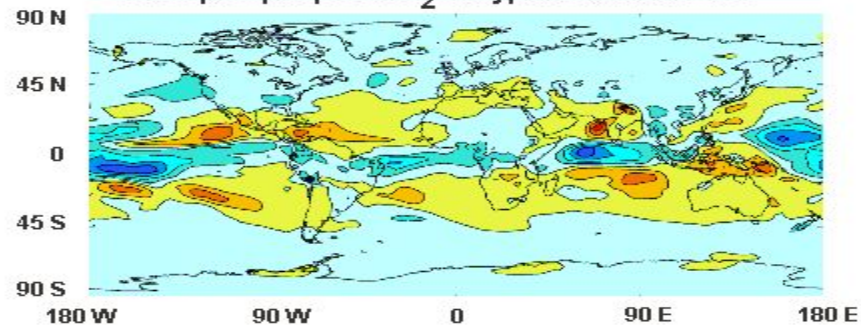


# Изменение осадков на глобальном уровне от настоящего времени к 2080 году

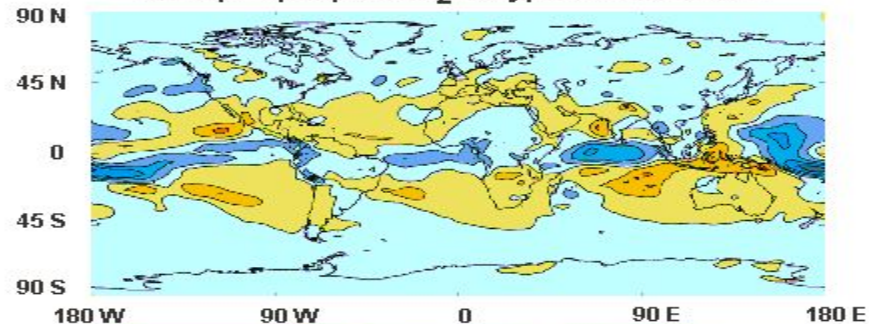
Постоянный рост концентрации  $\text{CO}_2$



Концентрация  $\text{CO}_2$  на уровне 750 млн<sup>-1</sup>



Концентрация  $\text{CO}_2$  на уровне 450 млн<sup>-1</sup>





- В то же время, в более южных областях в отдельные сезоны ожидается уменьшение осадков; в частности, в Средиземноморье ожидается сильное (более 20%) уменьшение осадков в летний сезон. Есть основания ожидать рост частоты и интенсивности сильных осадков, в особенности в тропиках и умеренных широтах Северного полушария. Ожидаемый рост температурных контрастов между континентами и океаном может привести к интенсификации муссонов; в частности, ожидается увеличение осадков в системе восточноазиатского муссона.



- Климатология осадков изучена значительно хуже, чем температуры: например, весьма плохо изучены осадки над океаном. Временные ряды осадков содержат существенные неоднородности, связанные с изменением приборов, сроков наблюдения, внесением инструментальных поправок, и т.д., коррекция которых представляет значительно большие трудности, чем в случае температуры. Положение осложняется значительной пространственной неоднородностью осадков, что делает значительно менее надежными оценки региональных средних величин. Тем не менее стационарные измерения остаются пока единственным источником информации за достаточно длительный промежуток времени.



# Изменения частоты и интенсивности экстремальных аномалий

- При глобальном потеплении ожидается (и наблюдается на большей части суши) рост максимальных температур и числа жарких дней (когда температура превосходит заданное пороговое значение); рост минимальных температур и уменьшение числа холодных дней;
- уменьшение частоты заморозков; уменьшение суточной амплитуды температуры. Большинство моделей предсказывают рост интенсивности осадков и увеличение числа случаев с экстремальными осадками; эти явления наблюдаются во многих регионах Северного полушария в умеренных и высоких широтах. В то же время, в ряде регионов ожидается (и в некоторых наблюдается) рост засушливости. Имеются определенные указания на возможность роста повторяемости и/или интенсивности тропических циклонов



# Альтернативные теории

- Изменение солнечной активности
- Были предложены разнообразные гипотезы, объясняющие изменения температуры Земли соответствующими изменениями солнечной активности.
- В третьем отчёте МГЭИК утверждается, что солнечная и вулканическая активность может объяснить половину температурных изменений до 1950 года. В частности, влияние парникового эффекта с 1750 года, по оценке МГЭИК, в 8 раз выше влияния изменения солнечной активности.
- Вывод МГЭИК : «Лучшие оценки вклада солнечной активности в потепление лежат в пределах от 16% до 36% от вклада парникового эффекта»
- Однако, существует ряд работ, предполагающих существование механизмов, усиливающих эффект солнечной активности, которые не учитываются в современных моделях, или что важность солнечной активности в сравнении с другими факторами недооценивается. Такие утверждения оспариваются, но являются активным направлением исследований. Выводы, которые будут получены в результате этой дискуссии, могут сыграть ключевую роль в вопросе о том, в какой степени человечество ответственно за изменение климата, и в какой — естественные факторы

- Существует множество других гипотез, в том числе:
- Наблюдаемое потепление находится в пределах естественной изменчивости климата и не нуждается в отдельном объяснении.
- Потепление явилось результатом выхода из холодного Малого ледникового периода.
- Потепление наблюдается слишком непродолжительное время, поэтому нельзя достаточно уверенно сказать, происходит ли оно вообще.
- В настоящее время, ни одна из этих альтернативных теорий не имеет заметного числа сторонников среди учёных-климатологов



# Изменение климата и здоровье населения

- С аномально высокими температурами, наряду с влиянием других факторов, связаны вспышки ряда инфекционных заболеваний, ранее практически не встречавшихся на территории России и СССР. Например, в 1999 г. произошла вспышка лихорадки Западного Нила в Астраханской и Волгоградской областях, в Краснодарском крае. В Волгоградской области было зарегистрировано 400 заболевших, причем каждый десятый случай закончился смертью. На 1 выявленный случай приходилось 100 бессимптомных или стертых форм заболеваний, то есть реально пострадали десятки тысяч человек.
- Растет количество больных клещевым энцефалитом, которым в год болеет от 5.000 до 10.000 человек, причем на 1 клинический случай приходится до 60 бессимптомных. В последние годы это заболевание регистрируется даже в тех регионах европейской части России, где его ранее не наблюдали.



- Научно доказано, что высокие температуры воздуха являются дополнительным фактором смертности населения.  
Например, в г.Москве в период с 01.06. по 09.09. 2002г. от воздействия высокой температуры и повышенного в десятки раз уровня взвешенных веществ в атмосфере города погибло более 100 человек. В 2003 г. в Европе в результате экстремальной жары умерло 25,5 тыс. человек.
- Международный семинар «Изменение климата и здоровье населения России в XXI веке»(Москва, 5-6 апреля 2004 года)



# Что же делать?

- В основе предпринимаемых в мировом масштабе усилий по борьбе с глобальным потеплением лежит разработанная и подписанная в Рио Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (1992). Согласно этой Конвенции, развитые страны обязаны были к 2000 г. сократить выбросы двуокиси углерода и других парниковых газов, выпускаемых ими в атмосферу, до уровня 1990 г. Эти страны, которые вместе дают 60% ежегодных выбросов двуокиси углерода, выразили также согласие передать развивающимся странам технологию и информацию, которые помогут им решать проблемы, связанные с изменением климата. По состоянию на декабрь 2000 г. Конвенцию ратифицировали 186 стран.





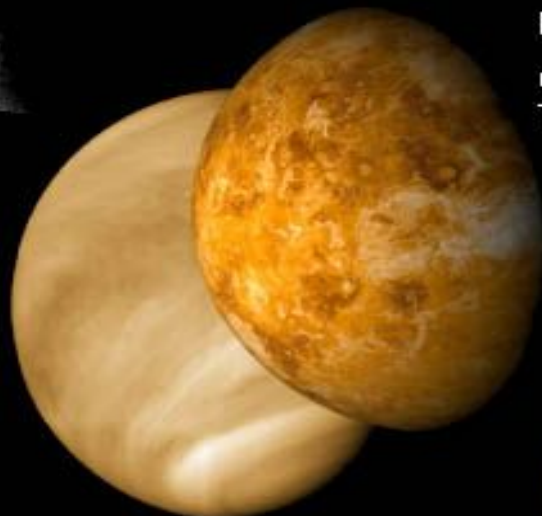
- Данные, представленные МГИК, говорили сами за себя: намеченная в 1992 г. цель, даже если она будет выполнена вовремя, не предотвратит глобального потепления и связанных с ним проблем. Необходимо дополнительное снижение показателей. В 1997 г. страны, ратифицировавшие Конвенцию, провели встречу в Киото (Япония) и приняли юридически обязательный [Протокол](#), согласно которому промышленно развитые страны должны будут снизить в период 2008–2012 гг. свои совместные выбросы шести газов, вызывающих парниковый эффект, на 5,2% от уровня 1990.
- Многие страны все больше понимают, что Глобальное изменение климата - проблема планетарного масштаба и решать ее придется всем миром. Принятие согласованного решения столь же необходимо и неизбежно, как и общая борьба с терроризмом.





**Меркурий** (ближайшая планета к Солнцу)

Содержание  $\text{CO}_2$  менее 1% (разряженная атмосфера)  
Температура поверхности  $+179^\circ\text{C}$



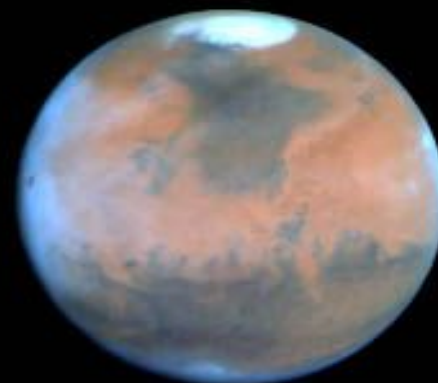
**Венера** (вторая планета от Солнца)

Содержание  $\text{CO}_2$  - 95,6% (мощная атмосфера)  
Температура поверхности  $+420^\circ\text{C}$



**Земля** (третья планета от Солнца)

Содержание  $\text{CO}_2$  - 0,038%  
Температура поверхности  $+15^\circ\text{C}$



**Марс** (четвертая планета от Солнца)

Содержание  $\text{CO}_2$  - 95,3% (разряженная атмосфера)  
Температура поверхности  $-50^\circ\text{C}$

## Климат планет земной группы

Влияние парникового эффекта