



for a living planet®



Изменение климата

Обзор состояния научных знаний об антропогенном изменении климата





Изменение климата: Обзор состояния научных знаний об антропогенном изменении климата / Кокорин А. О.: РРЭЦ, GOF, WWF-России, 2005. – 20 с.

Автор:

Кокорин А. О., к.ф.-м.н., WWF-России

Для широкого круга читателей, интересующихся проблемой изменения климата. Для студентов экологических специальностей и сотрудников природоохранных организаций. В брошюре кратко излагаются ответы на наиболее распространенные вопросы об антропогенном изменении климата. Представленный материал может быть использован для подготовки популярной лекции по проблеме антропогенного изменения климата.

Подготовлено при поддержке Global Opportunity Fund (Великобритания) и WWF-России.

Распространяется бесплатно

Редактор: Дружинина Л. Р.

Дизайн и компьютерная верстка: H-studio design

Фото на обложке: © WWF/Fritz PULKING

© GOF, 2005

© РРЭЦ, 2005

© WWF-России, 2005



Содержание

Потепление и изменение климата. В чем проблема?	4
Резкий антропогенный рост концентрации CO ₂ – главный индикатор изменения климата	6
Неужели человек смог повлиять на баланс CO ₂ в атмосфере?	8
Являются ли естественные причины изменения климата слабее антропогенных?	10
Недостаток кислорода: миф или реальность?	12
Можно ли описывать и предсказывать изменение климата?	14
Глобальные проблемы человечества и изменение климата	16
Основные факты антропогенного изменения климата	18



© WWF-Canon/Mauri RAUTKARI



© WWF-Canon / Michel GUNTHER



© WWF-Canon / Michele DUPRAZ

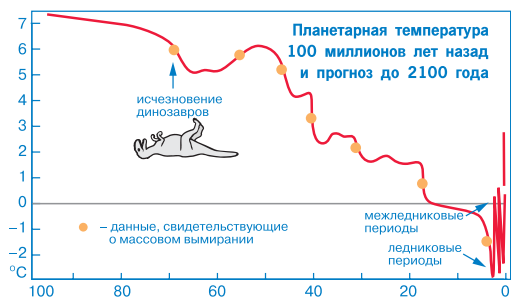
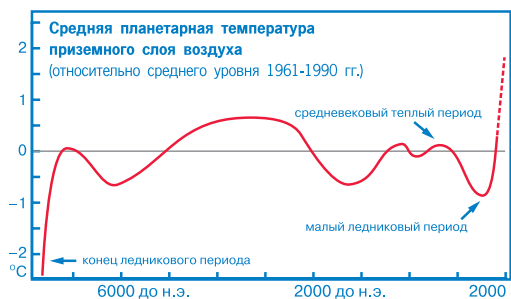
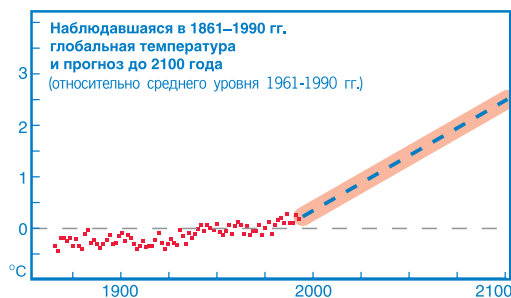
ПОТЕПЛЕНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА. В ЧЕМ ПРОБЛЕМА?

Факт значительного увеличения средней температуры воздуха у поверхности Земли не вызывает сомнения. Регулярные наблюдения всемирной сети метеорологических станций подтверждают изменение средней температуры. Точность измерений и статистическая достоверность результатов не оставляют сомнений в самом факте изменений.

Однако возникает несколько вопросов:

- Подобные изменения климата неоднократно наблюдались в прошлом. Почему потепление последних десятилетий вызывает столько тревог? Нужны ли обсуждения в ООН и Киотский протокол? Может быть, за этим стоит только политика?
- Почему ученые говорят о влиянии человека на климат? Человек не столь силен по сравнению с природой. Ледниковые периоды и дрейф континентов – все это гораздо мощнее влияния человека.
- Почему появились предсказания климатической катастрофы? Неужели человечеству действительно угрожает всемирный потоп или гибель от холода, как в голливудском фильме «Послезавтра»?

Поток газетных публикаций последних лет рисует крайне противоречивую картину. Складывается ощущение, что науке ничего не известно, ничего не доказано, и мир живет слухами о предстоящих катастрофах.



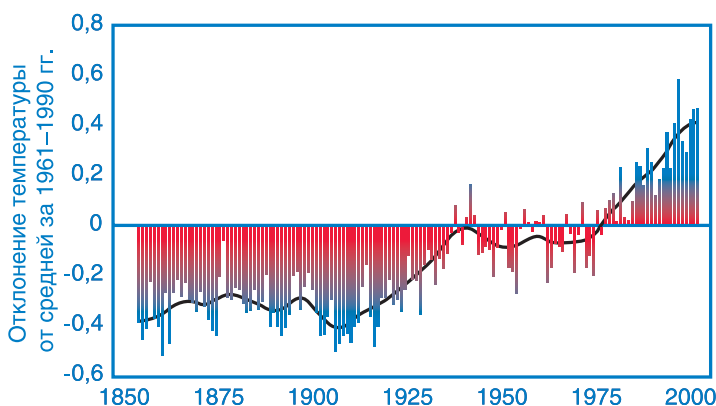
Цитируется по: UNEP, Climate Change, Information Kit, 2001, www.unep.org

В действительности ситуация гораздо понятней и прозаичней. Статьи в научных журналах, доклады и выводы признанных международных организаций – Всемирной метеорологической организации, Всемирной организации здравоохранения, Программы ООН по охране окружающей среды – показывают, что знаний уже достаточно для вполне определенных выводов.

Цель данной брошюры – краткое и наглядное изложение научных фактов, лишённое сенсационности, политических или экономических выводов. Главный вопрос, вокруг которого сгруппированы все материалы, – насколько, в каком временном масштабе и по какой причине наблюдаемые в конце XX века изменения климата можно считать антропогенными, вызванными деятельностью человека. Важно понять, как антропогенные факторы соотносятся с природными процессами.

Данные Всемирной метеорологической организации (ВМО, www.wmo.ch) говорят о росте температуры. Однако такой же рост наблюдался в начале XX века.

Палеоклиматические данные (ЮНЕП, www.unep.org), такие как данные прямых измерений в последние 250 лет, косвенные данные, полученные по скорости роста деревьев, по особенностям растительности (споры, пыльца, семена), наглядно показывают, что текущее изменение температуры не является чем-то уникальным в истории человечества. Был средневековый «максимум», когда Гренландию назвали «зеленой землей». Были и ледниковые периоды. А во времена динозавров было примерно на 7 °С теплее, чем сейчас.



Источник: Всемирная метеорологическая организация, 2004
www.wmo.ch



РЕЗКИЙ АНТРОПОГЕННЫЙ РОСТ КОНЦЕНТРАЦИИ CO₂ – ГЛАВНЫЙ ИНДИКАТОР ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Цикличность палеоклиматических трендов – естественных изменений климата – является доказанным фактом. Самая длинная серия измерений получена при бурении ледового покрова Антарктиды на российской станции «Восток». В 2005 году ученые «добурились» до глубины, соответствующей возрасту 420 тыс. лет.

Важно заметить, что CO₂ и метан хорошо перемешиваются в атмосфере, их концентрации в различных частях атмосферы Земли практически одинаковы. Поэтому данные, полученные в Антарктиде, дают представление о концентрации газов

(а по косвенным данным – и о температуре) на всей планете.

Левый край графиков – современность, правый край – 420 тыс. лет назад. Хорошо виден ледниковый период, когда температура была на 7–9 °С ниже, чем сейчас. Видно, что сейчас температура «на максимуме», и через несколько тысячелетий резонно ожидать похолодания.

Но все это в масштабе тысячелетий. А в обозримом будущем, в масштабе десятков и сотен лет, ученые предсказывают потепление на несколько градусов.

Основные сведения о парниковом эффекте

Еще в 1827 году французский ученый Фурье дал теоретическое обоснование парникового эффекта: атмосфера пропускает коротковолновое солнечное излучение, но задерживает отраженную Землей длинноволновую тепловую энергию. В конце XIX века шведский ученый Аррениус пришел к выводу, что из-за сжигания угля изменяется концентрация CO₂ в атмосфере, и это приводит к потеплению климата. В 1957 году проводился Международный геофизический год, и наблюдения показали, что идет значительный рост концентрации CO₂ в атмосфере. Российский ученый Михаил Будыко сделал первые численные расчеты и предсказал сильные изменения климата.

Парниковый эффект вызывается водяным паром, углекислым газом, метаном, закисью азота и рядом других менее значительных газов. Парниковый эффект был всегда, как только у Земли появилась атмосфера. Средняя температура у поверхности Земли равна 14 °С, без пар-

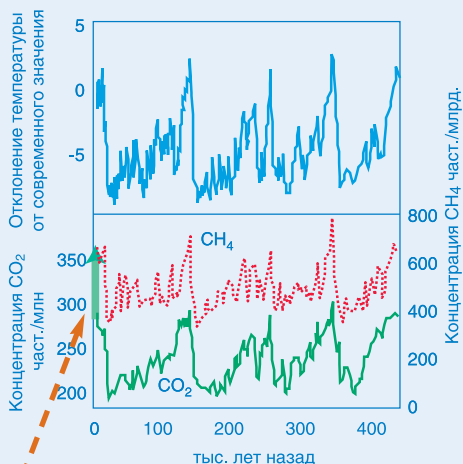
никового эффекта было бы – 19 °С то есть на 33 °С ниже.

Сейчас наблюдается антропогенное усиление парникового эффекта. При этом концентрация самого распространенного парникового газа Земли – водяного пара – не меняется. Теоретически можно представить влияние человека на водяной пар, например, при сильном изменении процессов испарения на большой территории. Однако это может случиться только в отдаленной перспективе. На потоки тепла большое влияние также может оказывать антропогенное изменение подстилающей поверхности, изменение альбедо из-за сведения лесов, таяния снежного покрова и т. п.

Источники: Будыко М. И, Израэль Ю. А.(ред.). Антропогенные изменения климата. – Л.: Гидрометериздат, 1987.

Граб М., Вролик К., Брэк Д. Киотский протокол. Анализ и интерпретация. – М., Наука, 2001. – 303 с.

МГЭИК (IPCC): Изменения климата 2001. Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC). www.ipcc.ch.



Антарктида, станция «Восток». Данные измерений концентрации CO_2 и метана в пузырьках воздуха, вмёрзших в лёд. Косвенные данные об изменении температуры.

Источники: Critical Levels of greenhouse gases, Stabilization Scenarios, and Implications for the Global Decisions, Yu. A. Izrael, S. M. Semenov; Antarctic Ice Sheet and Sea Level Rise Chris Rapley. Обе работы в: Avoiding Dangerous Climate Change. International Symposium on the Stabilisation of greenhouse gas Concentrations. Hadley Centre, Met Office, Exeter, UK, 1–3 February 2005.

По сравнению с доиндустриальной эпохой с 1750 года, концентрация CO_2 в атмосфере выросла на треть: с 280 до 375 млн⁻¹, причем основной рост пришелся на последние десятилетия XX века. Точность измерения концентрации CO_2 достаточно велика $\pm 4\%$. Концентрация метана растет еще быстрее. К 2000 году рост составил $151 \pm 25\%$. Тренд еще одного парникового газа – закиси азота – равен $17 \pm 5\%$.

Такой концентрации CO_2 в последние сотни тысяч лет не было. По мнению большинства ученых, этого не было и в последние 20 млн лет. Можно сказать, что идет «антропогенный возврат во времена динозавров».

Источники: МГЭИК (IPCC): Изменения климата 2001. Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC). www.ipcc.ch. Всемирная метеорологическая организация. Наш будущий климат. ВМО. № 952. – Женева, Швейцария, 2003. – 37 с. www.wmo.ch.

Тревогу вызывает не наблюдаемое сейчас изменение температуры, а антропогенное изменение химического состава атмосферы.

Парниковый эффект хорошо изучен. Рост в атмосфере парниковых газов, (прежде всего CO_2 и метана), по расчетам ученых, может привести к гораздо более сильному, чем сейчас, потеплению климата.

Изменение температуры – лишь сигнал, который подтверждает опасения. Проблема – в беспрецедентном росте концентрации CO_2 , какого не наблюдалось в природе за всю историю человечества. Причина этого роста – прежде всего – антропогенные выбросы CO_2 в атмосферу при сжигании ископаемого топлива.



НЕУЖЕЛИ ЧЕЛОВЕК СМОГ ПОВЛИЯТЬ НА БАЛАНС CO₂ В АТМОСФЕРЕ?

На первый взгляд кажется удивительным, что человек смог повлиять на гигантский механизм круговорота углерода на планете. Поэтому ученые детально исследовали все возможные естественные причины, а также антропогенные эффекты – выбросы CO₂ при сжигании ископаемого топлива и сведение лесов, которое приводит к снижению поглощения CO₂ из атмосферы.

С 1850 по 1998 год в результате сжигания ископаемого топлива (и в небольшой мере при производстве цемента) в атмосферу было выброшено 270 ± 30 млрд т С в виде CO₂. Еще половина этого количества – 136 ± 55 млрд т С – поступила в атмосферу из-за вырубки лесов и других изменений в землепользовании. Однако рост концентрации был бы гораздо сильнее, если бы экосистемы не ответили на выброс большим поглощением. Только 43 % антропогенных выбросов CO₂ остались в атмосфере, остальное было поглощено экосистемами суши и океана, причем примерно

поровну. Однако это «поровну» относится только ко всему периоду с середины XIX века. Сейчас баланс существенно смещается. В 90-е годы XX века наземные экосистемы поглощали уже гораздо меньше антропогенного CO₂, чем океан.

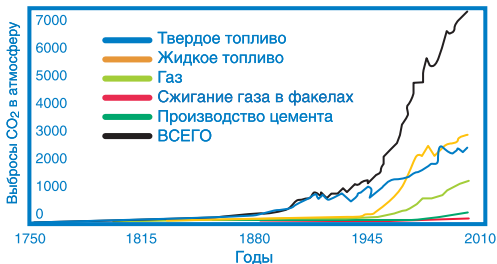
Антропогенный выброс CO₂ от сжигания ископаемого топлива и производства цемента в 90-е годы составил $6,3 \pm 0,6$ млрд т С/год. В 1989–1998 годы поглощение океаном оценивается как $2,3 \pm 0,8$ млрд т С/год, а нетто-поглощение наземных экосистем – только $0,7 \pm 1,0$ млрд т С/год. При этом брутто-поглощение лесов и других наземных экосистем составляет $2,3 \pm 1,3$ млрд т С/год, а эмиссия от разложения и горения биомассы – $1,6 \pm 0,8$ млрд т С/год.

Источники: МГЭИК (IPCC): Изменения климата, 2001 www.ipcc.ch. LULUCF, 2000. Land-Use, Land-Use Change and Forestry. A Special Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press. www.cambridge.org

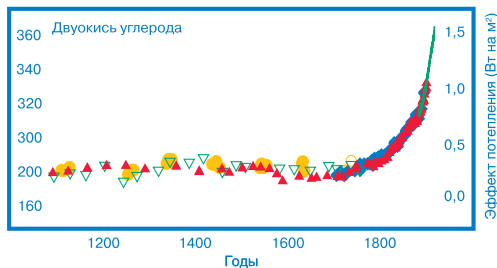
Человечество нанесло химический удар по атмосфере. Данный выброс – процесс, обратный образованию угля, нефти и газа в недрах Земли. Однако скорость процесса в миллионы раз больше, чем поглощение CO₂ из атмосферы в далеком прошлом. Это явление совершенно беспрецедентно. Природа не может к нему немедленно приспособиться.

В настоящее время главным естественным регулятором процесса антропогенного изменения климата является Мировой океан. Поглощение углекислого газа океаном – очень сложный процесс. CO₂ не только растворяется в воде, но и переходит в ионные формы HCO₃⁻ и CO₃²⁻, баланс между которыми зависит от температуры, кислотности вод и ряда других факторов. Все это непосредственно связано с жизнью морской биоты. В конечном счете, углерод осаждается на дно в виде скелетиков морских организмов. Ученые активно исследуют данные процессы. Но пока невозможно сказать, как поведет себя океан, если концентрация CO₂ в атмосфере станет еще больше. Будет ли он тоже поглощать больше или наоборот меньше, что более опасно и может привести к ускоренному изменению климата?

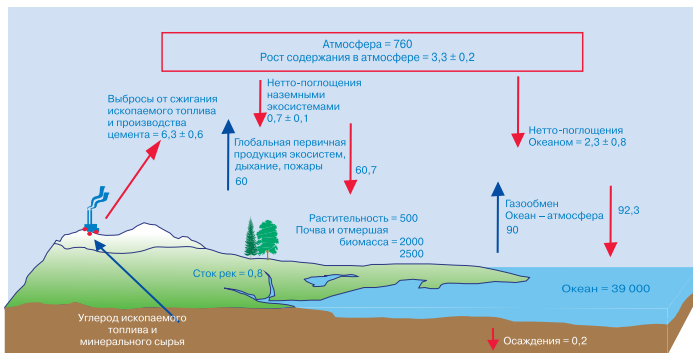
Источник: С. Turley, J. Blackford, S. Widdicombe, D. Lowe, F. Gilbert, P. Nightingale Reviewing the Impact of Increased Atmospheric CO₂ on Oceanic pH and the Marine Ecosystem. In: Avoiding Dangerous Climate Change Symposium, Met Office, Exeter 1–3 February 2005. www.stabilisation2005.com.



Источники: МГЭИК (IPCC): Изменения климата, 2001 www.ipcc.ch. G. Marland, T. A. Boden and R. J. Andres, Oak-Ridge National Laboratory, USA, <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/glo.htm>.



Рост концентрации парниковых газов в атмосфере с 1000 по 2000 год. Различные значки соответствуют разным сериям данных. Сплошная линия – осредненные данные и прогноз на XXI век.



Глобальный баланс углерода в среднем за 10 лет с 1980 по 1998 год. Запасы – млрд т С. потоки – млрд т С/год. Источники: LULUCF, 2000. Land-Use, Land-Use Change and Forestry. A Special Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press. www.cambridge.org.

Из 500 млрд т С наземной биомассы Земли вклад российских лесов – 34 млрд т С. Почвы земель лесного фонда России содержат около 250 млрд т С, а почвы собственно покрытых лесом земель – около 125 млрд т С. Содержание детрита (отмершего органического вещества) в российских лесах также достаточно велико – около 18 млрд т С. Ежегодное депонирование углерода в фитомассе лесов России (брутто-прирост) на 2003 год оценивается как 0,25 млрд т С/год, а нетто-поглощение

составляет 0,04–0,12 млрд т С/год, что в любом случае немало – 5–15% от мировых значений.

Источники: Stocks and Flows: Carbon Inventory and Mitigation Potential of the Russian Forest and Land Base (in print). B. Sohngen, K. Andrasko, M. Gytarsky, G. Korovin, L. Laestadius, B. Murray, A. Utkin, D. Zamolodchikov, WRI, 2005. Исаев А. С., Коровин Г. Н., Замолодчиков Д. Г., О поглощении парниковых газов лесами России, 2004. Филипчук А. Н., Моисеев Б. Н., Вклад лесов России в углеродный баланс планеты, 2004. Обе работы: Международная конференция «Парниковые газы – экологический ресурс России», 16 июня 2004 года Голицыно.



ЯВЛЯЮТСЯ ЛИ ЕСТЕСТВЕННЫЕ ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА СЛАБЕЕ АНТРОПОГЕННЫХ?

Извержения вулканов, оледенение Скандинавии и почти половины Европейской территории России, дрейф континентов и смещение полюсов Земли – чрезвычайно мощные природные процессы, перед которыми человечество выглядит бессильно. Тем не менее возможности человека влиять на климат (как «портить», так и восстанавливать) далеко не нулевые. Вопрос во временном масштабе явлений.

В масштабе нескольких лет вулканы могут играть главную роль. При извержении выбрасываются огромные объемы аэрозолей – взвешенных частиц, которые разносятся тропосферными и стратосферными ветрами и поглощают часть солнечной радиации. Извержение вулкана Санторин в Средиземном море около 1600 года до н. э., которое, вероятно, привело к падению Минийской империи, значительно охладило атмосферу. Это видно по кольцам годового прироста деревьев. Извержение вулкана Тамбора в Индонезии в 1815 году снизило среднюю глобальную температуру на 3 °С. В последующий год и в Европе, и в Северной Америке лета «не было», но за несколько лет все исправилось. В результате извержения вулкана Пена-тубо в 1991 году на Филиппинах на высоту 35 км было заброшено столько пепла, что средний уровень солнечной радиации снизился на 2,5 Вт/м², что соответствует глобальному охлаждению по меньшей мере на 0,5–0,7 °С. Однако несмотря на это последнее десятилетие XX века стало самым теплым за ты-

сячелетие. Эти изменения не являются долгосрочными, аэрозольные частицы относительно быстро оседают вниз.

Теоретически можно охлаждать Землю, действуя как вулканы – распыляя в стратосфере аэрозольные частицы. Однако при этом будет усиливаться циркуляция воздушных масс в Арктике, нарушатся процессы образования облаков и гетерогенные химические процессы в стратосфере. Такие действия нельзя считать спасением от усиления парникового эффекта.

В масштабе тысячелетий медленное движение от одного ледникового периода к следующему, вероятно, будет определяющим процессом. По мнению ряда ученых, мы находимся в движении от одного ледникового периода к другому, но скорость изменений очень мала – порядка 0,02 °С за 100 лет. Все это совершенно не противоречит концепции антропогенного изменения климата. Просто это явления разных временных масштабов.

Источники: МГЭИК (IPCC): Изменения климата: Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), 2001. www.ipcc.ch. Всемирная метеорологическая организация. Наш будущий климат. ВМО. – № 952, Женева, Швейцария 2003. – 37 с. www.wmo.ch.

Кокорин А. О., Бердин В. Х., Грицевич И. Г., Федоров Ю. Н. Парниковые газы – глобальный экологический ресурс: Справочное пособие. – М: WWF-России, 2004. – 136 с.

Антропогенный химический удар по атмосфере в геологическом масштабе времени – краткосрочное явление. Поскольку основной фактор – сжигание ископаемого топлива – в любом случае прекратится, то данный антропогенный эффект имеет характерное время «жизни» в несколько сотен лет. Позднее все стабилизируется на новом равновесном уровне или даже вернется назад.

В долгосрочном плане все будет определяться естественными причинами. Геологи и палеоклиматологи часто без всякого интереса смотрят на антропогенное изменение климата и не придают ему большого значения.

Однако нам, нашим детям и внукам жить в предстоящие десятилетия. Качество нашей жизни и выживание экосистем в значительной мере зависят от того, насколько резко будет развиваться усиление парникового эффекта, сможет ли человечество «сгладить» пик и избежать катастрофических явлений.



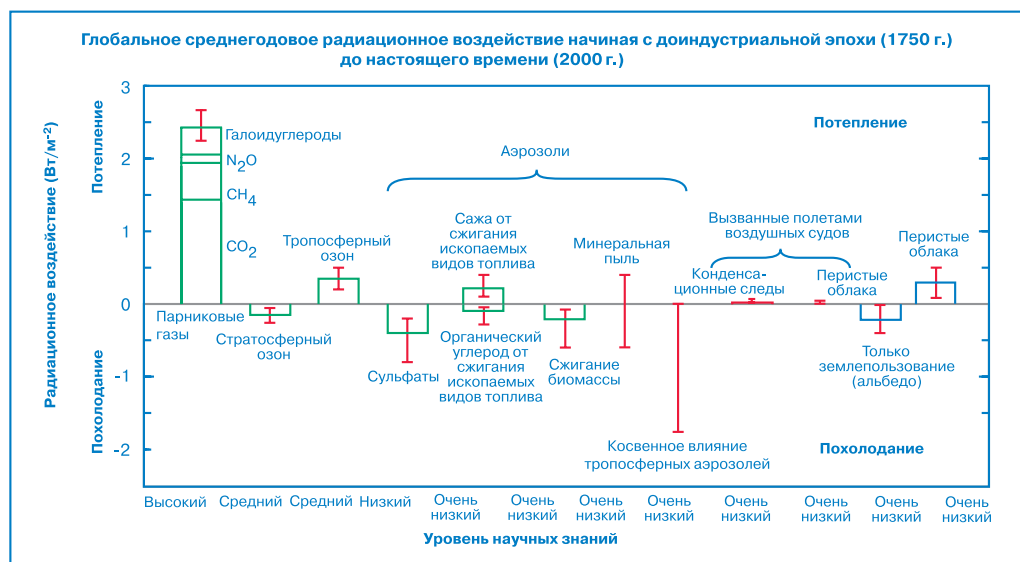
Влияние на климат всех факторов, естественных и антропогенных, выражается единой и измеримой величиной – радиационным прогревом атмосферы в Вт/м². Это практически исключает субъективизм в суждениях о роли того или иного фактора.

К 2000 году по сравнению с 1750 годом изменения солнечной радиации усилили прогрев на 0,1–0,5 Вт/м², изменение количества тропосферного озона дало прогрев на 0,2–0,5 Вт/м². Но, с другой стороны, изменения сульфатных аэрозолей снизили прогрев на 0,2–0,5 Вт/м², а стратосферного озона – на 0,05–0,2 Вт/м². Таким образом, имеется комбинация разнонаправленных факторов, каждый из которых значительно слабее, чем

результат роста концентрации в атмосфере парниковых газов, оцениваемый как прогрев на 2,2–2,7 Вт/м². В целом приходящая солнечная радиация (342 Вт/м²) почти равна сумме радиации, отраженной атмосферой (107 Вт/м²) и исходящей от Земли длинноволновой радиации (235 Вт/м²). По порядку величины нарушение, вызванное антропогенной деятельностью, составляет менее 3 Вт/м² или менее 1 % от общего баланса.

Источники: МГЭИК (IPCC): Изменения климата: Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), 2001. www.ipcc.ch.

Израэль Ю. А., Груза Г. В., Катцов В. М., Мелешко В. П. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий// Метеорология и гидрология. – 2001. – №5. – С. 5–21.



Антропогенные и естественные факторы, изменяющие радиационный баланс атмосферы и уровень научных знаний. Комбинация разнонаправленных факторов намного слабее эффекта от роста концентрации в атмосфере парниковых газов.

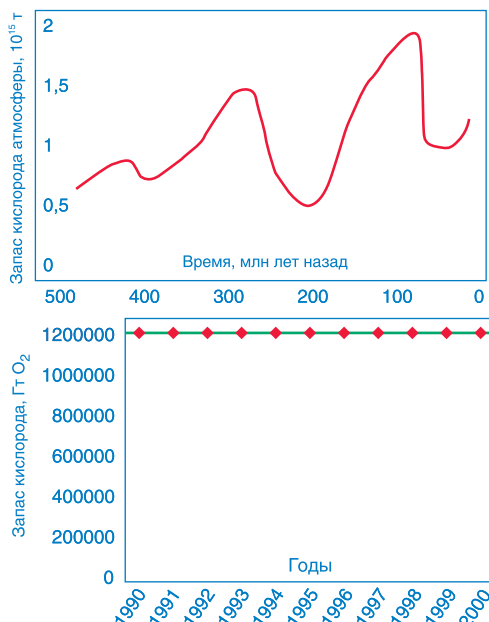
Источники: МГЭИК (IPCC): Изменения климата: Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), 2001. www.ipcc.ch.

Израэль Ю. А., Груза Г. В., Катцов В. М., Мелешко В. П. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий. Метеорология и гидрология. – 2001. – №5. – С. 5–21.



НЕДОСТАТОК КИСЛОРОДА: МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Изменение климата заставляет всерьез задуматься о побочных последствиях. Сложность проблемы порождает и мифы, причем очень устойчивые. На многих форумах и в солидных газетах не раз звучали фразы, что Россия – мировой донор кислорода, и нужен не Киотский протокол, а совсем другое соглашение о квотах и торговле кислородом. На первый взгляд все понятно: Россия будет продавать квоты развитым странам. Еще в школе нас учили, что «леса – легкие планеты». А леса в России занимают огромную территорию. Раз в атмосфере намного больше CO_2 , то меньше O_2 . Отсюда вывод: нужно действовать, так как скоро будет нечем дышать... К счастью, это совершенно неверно.



Источники: Замолодчиков Д.Г. Недостаток кислорода: миф или реальность? – 2005 www.wwf.ru .
Будыко М.И., Ронов А.Б., Яншин А.Л. История атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985

По содержанию в атмосфере кислород намного превосходит другие газы: CO_2 , озон, метан, оксиды серы и азота. Так как концентрации этих газов невелики, то антропогенное воздействие очень сильно сказывается на их изменении. Это и приводит к экологическим проблемам: «кислые дожди», усиление парникового эффекта, глобальное потепление, истощение озонового слоя и т. д. Эти проблемы не являются надуманными, и от их решения действительно зависит как существование человечества, так и функционирование биосферы.

И Россия, и промышленные страны западного мира, и бурно развивающиеся Китай и страны Юго-Восточной Азии используют в настоящее время не собственные кислородные ресурсы и не ресурсы других стран, а тот кислород, который был накоплен в атмосфере за время развития биосферы.

Основным фактором этого накопления являлось захоронение органического углерода в осадочных породах литосферы. Возвращение этого углерода в атмосферу в массовых количествах невозможно, поскольку в ископаемом топливе содержится лишь 0,08 % от общих запасов органического углерода литосферы. Поэтому кислородный ресурс атмосферы может в настоящее время рассматриваться как неисчерпаемый. Даже теоретическая возможность, связанная с полным сжиганием ископаемого топлива, не приведет к заметному снижению запаса атмосферного кислорода и каким-либо негативным экологическим последствиям. Другие серьезные возможности изменения человечеством запаса кислорода в атмосфере в настоящее время просто отсутствуют.

Источники: Замолодчиков Д. Г. Недостаток кислорода: миф или реальность? – 2005. www.wwf.ru.
Будыко М. И., Ронов А. Б., Яншин А. Л. История атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.



© WWF-Canon / Vladimir FILONOV



© WWF-Canon / Vladimir FILONOV



© WWF-Canon / Vladimir FILONOV

Основные факты о балансе кислорода в атмосфере Земли

- Суммарный вклад человека в потребление кислорода может быть оценен в 25,3 Гт в 1990 году и 27,5 Гт в 1999 году
- Основные запасы молекулярного кислорода сосредоточены в атмосфере – 1 184 000 Гт.
- Растения суши в процессе фотосинтеза ежегодно выделяют в атмосферу 336 Гт O₂.
- Обмен кислородом между океаном и атмосферой достигает 4 480 Гт O₂, потоки растворения и выделения практически равны.
- Суммирование всех потоков потребления и образования молекулярного кислорода приводит к тому, что биота суши ежегодно выделяет около 3 Гт O₂, а океан выделяет около 1 Гт O₂.
- Экосистемы в настоящее время компенсируют всего 13 % от антропогенного потребления кислорода при сжигании ископаемого топлива.
- Человечеству нужно более 600 лет, чтобы уменьшить содержание кислорода на 1 %.

Источники: Замолодчиков Д. Г. Недостаток кислорода: миф или реальность? – 2005. www.wwf.ru.

Будыко М. И., Ронов А. Б., Яншин А. Л. История атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.

Keeling R. F., Garcia H. E. The change in oceanic O₂ inventory under global warming. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2002. V. 99. No. 12.

Keeling R. F., Najjar R. P., Bender M. L., Tans P. P. What atmospheric oxygen measurements can tell us about global carbon cycle. Global Biogeochemical Cycles. 1993. V. 7. No 1.

МГЭИК (IPCC): Изменения климата: Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), 2001. www.ipcc.ch.

Таким образом, наши леса – легкие города, микрорайона, местный очиститель воздуха. Однако в мировом масштабе они не имеют серьезного значения для глобального баланса кислорода. Конечно, пусть очень медленное, но потребление кислорода, накопленного в прошлом, нельзя назвать устойчивым развитием. Однако оптимизации следует подвергать в первую очередь те взаимоотношения, которые вызывают наиболее негативные эффекты в биосфере. Именно по такому принципу и действует международное сообщество, последовательно решая или пытаясь решить наиболее насущные проблемы взаимоотношений человечества и биосферы. В качестве примеров таких решений можно привести Конвенцию о трансграничном загрязнении воздуха и решению проблемы «кислых дождей», Рамочную конвенцию ООН об изменении климата и ее Киотский протокол – первый небольшой, но практический шаг к глобальной оптимизации.



МОЖНО ЛИ ОПИСЫВАТЬ И ПРЕДСКАЗЫВАТЬ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА?

Прогноз изменения климата – еще более сложная задача, чем прогноз погоды на ближайшие дни. Здесь, как и в прогнозе погоды, есть то, что рассчитывается достаточно надежно (например, погода на 2–3 дня) и то, что предсказывается по народным приметам или опыту прошлых лет. Прогнозирование на тысячелетия, (в частности, наступление нового ледникового периода), – это экстраполяция опыта прошлого. Модели пока не могут описать комбинацию очень слабых, но длительных естественных факторов.

Что касается сотни лет, то тут модели уже научились рассчитывать среднюю температуру. С их помощью можно описать ход температуры Земли с доиндустриальной эпохи до наших дней. А значит, у нас уже есть более-менее на-

дежный инструмент для прогноза на будущее. Это научный результат почти 30 лет работы и, конечно, детального учета всех факторов – и антропогенных, и естественных.

Несколько хуже модели умеют описывать региональные и сезонные тренды температуры, еще хуже – изменения режима осадков. Модели пока совсем бессильны для долгосрочного предсказания частоты и силы аномальных погодных явлений, таких как засухи, наводнения, тайфуны и т. п. Здесь ученые пока больше опираются на аналоговые логические соображения. Например, такие: при относительно небольшом увеличении средней температуры число аномальных явлений будет расти пропорционально – по зависимости, близкой к линейной.

Расчеты на будущее, в частности, до 2100 года показывают, что радиационный прогрев атмосферы (в Вт/м²) будет в основном определяться антропогенным усилением парникового эффекта. Роль естественных факторов в масштабе одного столетия будет относительно невелика. Поэтому упрощенно модельные расчеты можно представить как три шага. Сначала делаются прогнозы выбросов CO₂ (а также и других газов и аэрозолей). Потом рассчитываются концентрации CO₂ и других газов и аэрозолей в атмосфере. На третьем, самом сложном этапе с помощью моделей общей циркуляции атмосферы и океана год за годом воспроизводится будущее: температуры, осадки, состояние снежного покрова и т. п.

Если изменение средней глобальной температуры в XX веке составило 0,6 °С, то на XXI век прогнозируется изменение в 3 раза большее. Увеличение средней температуры на 2 °С. означает ее рост в ряде регионов на 5 и более °С. Причем особенно сильные изменения ожидаются в полярных районах.

В худшем случае рост средней температуры составит до 6 °С., а в отдельных местах – 10–15 °С. Это означает кардинальное изменение климата и почти наверняка многократное увеличение частоты и силы неблагоприятных погодных явлений.

Важно подчеркнуть, что XXI век сильно зависит от антропогенных выбросов CO₂, от того, как человечество будет ограничивать и сокращать выбросы парниковых газов.



© WWF-Canon / Vladimir FILONOV



© WWF-Canon / Michel GUNTHER

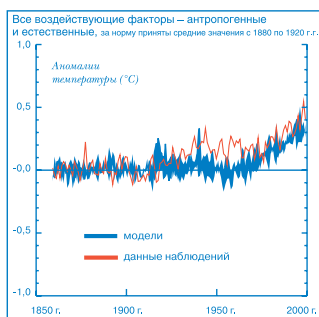


© WWF-Canon / Adam OSWELL

Особую тревогу вызывает повышение уровня Мирового океана. Повсеместно наблюдается таяние и сокращение ледников и арктических льдов. В прессе регулярно появляются статьи о разрушении ледникового щита Гренландии и Антарктиды, и даже предсказания нового всемирного потопла.

По прогнозам ученых, в краткосрочной перспективе ситуация не столь трагична. За XXI век повышение уровня моря составит от 10 до 90 см. Однако заметно, что даже повышение на 50–90 см вызовет разрушение многих береговых сооружений и прибрежную эрозию, засоление питьевой воды и т. п.

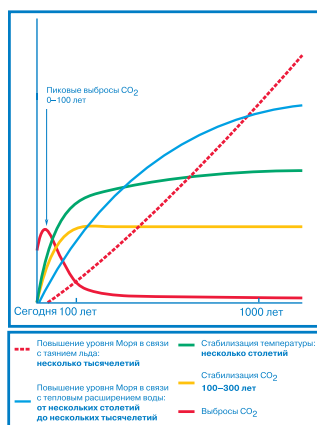
В далекой перспективе повышение уровня океана может стать главной проблемой человечества. Так, полное таяние всех ледников Гренландии приведет к повышению уровня океана на 7 м, но для этого потребуется очень много лет. Например, если температура воздуха в Гренландии будет на 5–6 °C выше, чем сейчас, то за 1 000 лет это приведет к подъему уровня океана на 3 м. Полное таяние Антарктиды означает подъем уровня примерно на 100 м, но это уже явление иного временного масштаба – нескольких тысячелетий.



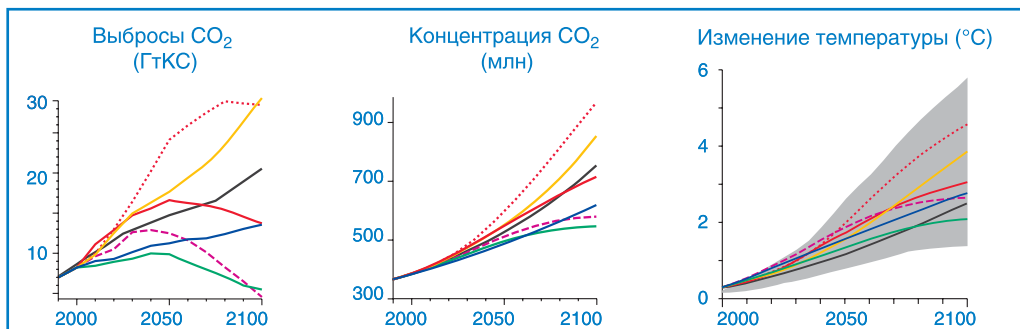
Источник: Всемирная метеорологическая организация, 2003. www.wmo.ch

Рост концентрации CO₂, температуры и уровня моря. Температура продолжает повышаться несколько столетий после сокращения выбросов CO₂. Рост уровня моря в ближайшее время будет вызван тепловым расширением верхнего слоя океана, затем «вмешается» таяние Арктики.

Источник: МГЭИК (IPCC): Изменения климата: Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), 2001. www.ipcc.ch



Прогноз выбросов концентрации CO₂ и роста температуры в XXI веке.



Источник: МГЭИК (IPCC): Изменения климата: Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), 2001. www.ipcc.ch



ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Антропогенное изменение климата – относительно краткосрочный эффект. В масштабе десятков тысяч и, тем более миллионов лет оно незначительно, причем даже худшие сценарии не угрожают выживанию человека как биологического вида. Однако в ближайшие столетия изменение климата может оказать сильное негативное влияние на жизнь людей. Есть немало драматических примеров. Один из них – чудовищная жара в Западной Европе летом 2003 года, когда только во Франции погибло около 20 тыс. человек.

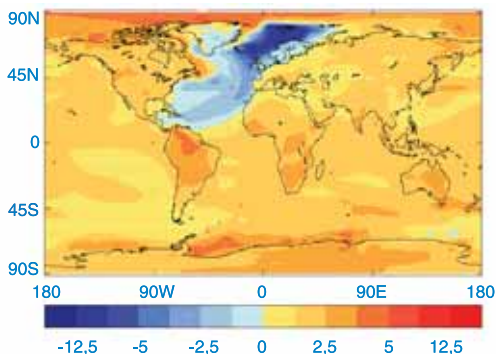
Однако было бы неверно сравнивать человеческие и экономические потери в результате изменения климата и другие острые глобальные проблемы, например, голод, СПИД, нехватка питьевой воды. Изменение климата чаще всего действует косвенно. Изменение климата – это, прежде всего, негативный фон, значительно обостряющий другие проблемы. Здесь также действует правило «где тонко, там и рвется». В Африке – большее количество засух, более сильные наводнения в Бангладеш – все это приводит к гибели людей от голода и болезней. В скором времени ученые предсказывают появление миллионов климатических беженцев – людей, вынужденных оставить свои родные места из-за невозможности приспособиться к новым условиям.

Изменения наступают быстрее, чем может адаптироваться природа. Животные и растения не успева-

ют мигрировать или измениться. Человек может жить в климате динозавров, но и ему необходимо время на привыкание, на иммунитет к новым тропическим болезням и т. п.

Таким образом, изменение климата, с одной стороны, имеет кардинальные отличия от других глобальных проблем, а с другой – резко их обостряет.

- Нельзя решить проблему за 10–20 лет, даже если бросить на это все силы и средства. Климат – это не вопрос перераспределения средств (как, например, с продовольствием, которого в одних странах мало, а в других избыток).
- Нельзя надеяться на появление чудодейственного лекарства, как в случае решения проблемы СПИДа.
- Все другие проблемы – голод, детская смертность и СПИД – прежде всего бьют по развивающимся странам, а изменение климата бьет по всем. Конечно, бедные будут страдать больше, у них просто не будет возможности приспособить свою жизнь к новым условиям. У богатых это единственная, но грозная проблема. Например, есть вероятность, что через 200 лет из-за изменения Гольфстрима Великобритания замерзнет, и это очень беспокоит людей.



Возможное изменение температуры при ослаблении океанской циркуляции, модельная имитация.

Источник: C. Turley, J. Blackford, S. Widdicombe, D. Lowe, F. Gilbert, P. Nightingale. Reviewing the Impact of Increased Atmospheric CO₂ on Oceanic pH and the Marine Ecosystem. In: Avoiding Dangerous Climate Change Symposium, Met Office, Exeter 1–3 February 2005. www.stabilisation2005.com.

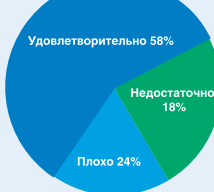


Численность населения:
1995 – 5 млрд 2050 – 9,4 млрд

Удовлетворительно 92%



Удовлетворительно 58%



Численность населения Земли и обеспеченность пресной водой в 1995 и 2050 году. В 2050 году только 58 % будут иметь достаточно пресной воды, а 24 % будут страдать от ее недостатка. В этом будет немалая «заслуга» изменения климата.

Источник: Т. Garner-Outlaw and R. Engelman, 1997. Sustaining Water, Easing Scarcity: A second Update. Population Action International/ Washington, D. C. As cited in «Protecting our Planet-Securing our Future», p. 38. UNEP, NASA and World Bank, 1998.

РАН предупреждает: антропогенное изменение климата опасно для вашего здоровья!

Conclusion

We urge all nations, in the face with the UNFCCC principle¹, to take prompt action to reduce the causes of climate change, adapt to its impacts and ensure that the issue is included in all relevant national and international strategies. As national science academies, we commit to working with governments to help develop and implement the national and international response to the challenge of climate change.

GR nations have been responsible for much of the past greenhouse gas emissions. As parties to the UNFCCC, GR nations are expected to showing leadership in addressing climate change and assisting developing nations to meet the challenges of adaptation and mitigation.

We call on world leaders, including those meeting at the Copenhagen Call Summit in July 2009, to:

1 Acknowledge that the threat of climate change is clear and increasing.

- 1 Launch an international study² to explore scientifically-informed targets for atmospheric greenhouse gas concentrations, and their associated emissions scenarios, that will enable nations to avoid impacts deemed unacceptable.
- 2 Identify cost-effective steps that can be taken now to contribute to substantial and long-term reductions in net global greenhouse gas emissions. Recognize that delayed action will increase the risk of adverse environmental effects and will likely incur a greater cost.
- 3 Work with developing nations to build a scientific and technological capacity best suited to their circumstances, enabling them to develop innovative solutions to mitigate and adapt to the adverse effects of climate change, while explicitly recognizing their legitimate development rights.
- 4 Show leadership in developing and deploying clean energy technologies and approaches to energy efficiency, and share this knowledge with all other nations.
- 5 Mobilize the scientific and technology community to enhance research and development efforts, which can better inform climate change decisions.

Notes and references

- 1 The relevant convention on climate change associated with global warming. We use the UNFCCC definition of climate change, which is "a change of climate which is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere and which is addition to natural climate variability observed over comparable periods".
- 2 IPCC (2007) The Assessment Report. We recognize the international scientific consensus of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- 3 EA (2008) World Energy Outlook 4. Although long-term projections of future world energy demand and supply are highly uncertain, the World Energy Outlook produced by the International Energy Agency (IEA) is a useful source of information about possible future energy scenarios.
- 4 With special emphasis on the first principle of the UNFCCC, which states: "The Parties should protect the climate system for the benefit of present and future generations of humankind, on the basis of equity and in accordance with their common but differentiated responsibilities and respective capabilities. Accordingly, the developed country Parties should take the lead in combating climate change and the adverse effects thereof".
- 5 Recognizing and building on the IPCC's emphasis on an emissions scenario.















В июне 2005 года руководители академий наук 11 стран направили главам государств совместное заявление по проблеме изменения климата. Заявление подписали академики всех стран Восмерки, а также Китая, Индии и Бразилии, от имени России письмо подписал Президент РАН Юрий Осипов.

Ученые призывают мировых лидеров обратить самое пристальное внимание на растущую угрозу изменений климата и принять действенные меры по снижению выбросов парниковых газов. В Заявлении специально подчеркивается, что опасения вызывают именно антропогенные изменения, вызванные ростом концентрации в атмосфере CO₂ и других парниковых газов. Это относится к сфере деятельности Рамочной конвенции ООН об изменении климата.

Ученые предлагают незамедлительно начать международные исследовательские программы, чтобы понять, где грань катастрофических изменений климата, сколько парниковых газов еще можно выбрасывать, а сколько – никак нельзя. Наряду с этим нужны эффективные шаги в энергетике, развитие чистых энергетических технологий и энергосбережение.



© WWF-Canon / Adam OSWELL



© WWF-Canon / Adam OSWELL



© WWF-Canon / Adam OSWELL

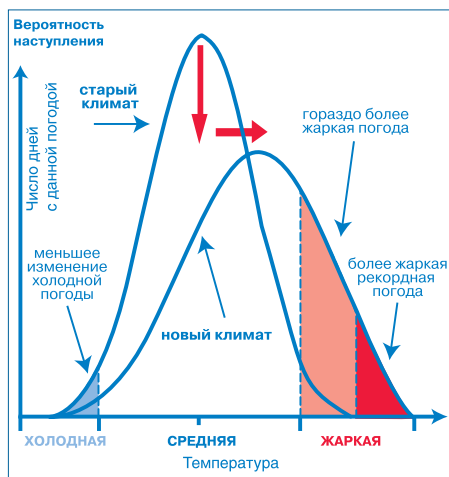
ОСНОВНЫЕ ФАКТЫ АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

В XX веке произошел рост средней глобальной температуры на $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$, при этом на суше температура повысилась больше, чем над океаном. Потепление сильнее проявилось в росте минимальных (ночных) температур, чем в росте максимальных дневных значений. Во многих регионах, особенно в Арктике, потепление уже составило несколько градусов. Кроме того, рост температуры сильно неравномерен по сезонам. Для зимних и весенних месяцев в Северной Америке, Западной Европе, Восточной Сибири в среднем за последние 30 лет потепление составляет более 1°C

за десятилетие. В ряде мест «накопилось» уже 5 и более $^\circ\text{C}$.

Наблюдается значительное увеличение числа особо жарких дней. Хорошо известна невиданная ранее катастрофическая жара в Западной Европе летом 2003 года, когда погибло около 20 тыс. человек. Рост числа дней с аномально высокими температурами наблюдается в ряде регионов России, особенно зимой и весной.

На территории России в целом за XX век потепление составило около 1°C . За последние 50 лет скорость потепления увеличилась до $2,7^\circ\text{C}/100$ лет, а после 1970 года тренд составил уже около $4^\circ\text{C}/100$ лет. Потепление ярко выражено зимой и весной и почти не наблюдается осенью. В Западной Сибири и Якутии за последние 30 лет рост зимних температур составил $2\text{--}3^\circ\text{C}$, а на европейской территории страны гораздо меньше – до 1°C . В западных районах осенние температуры даже снизились.



Старый и новый климат. Изменение климата выражается в небольшом росте средней температуры, но, при этом, резком увеличении особо жарких дней.

Источники: Третье национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. Межведомственная комиссия Российской Федерации по проблемам изменения климата. — Москва, 2002. — 123 с., www.unfccc.int.

МГЭИК (IPCC): Изменения климата: Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC). — 2001. www.ipcc.ch.

G. Gruza, E. Rankova, V. Razuvaev, and O. Bulygina, Indicators of climate change for the Russian Federation. Climate Change. 1999. V. 42. p. 219–242.



Факт 1 Антропогенное изменение химического состава атмосферы – рост концентрации парниковых газов: CO_2 , CH_4 , N_2O

Факт 2 Усиление радиационного прогрева атмосферы (парникового эффекта), измеряемое в $\text{Вт}/\text{м}^2$. Рост средней температуры. Основная причина этого – антропогенное изменение концентрации парниковых газов.

Факт 3 Наблюдается рост числа и силы отрицательных явлений (периодов сильной жары, засух, наводнений, тайфунов и т. п.).

Пока нет четко определенной зависимости числа и силы явлений от роста средней температуры. Однако ясно, что изменение климата не будет плавным и мягким потеплением.

Главный урон будут наносить отрицательные явления.

Факт 4 Прогноз на ближайшие столетия зависит от объема антропогенных выбросов парниковых газов.

Прогноз на будущее, несмотря на недостаточную проработку деталей, неблагоприятен. Климатическая система инерционна и нужно действовать заблаговременно.

К сожалению, потепление не будет мягким и плавным повышением средней температуры, что, вероятно, было бы неплохо для большей части территории России. Оно выразится в неустойчивой погоде с большим числом аномальных явлений (жары, засух, сильных осадков и снегопадов, наводнений и т. п.). В центральной части страны в ближайшие десятилетия климат станет более прибалтийским. В целом температура повысится на 2–5 °С.

Общее правило, применимое к изменению климата во всем мире, – обострение местных проблем. То есть там, где главная беда – засухи, их будет больше, где есть проблема наводнений, велика вероятность сильных наводнений.

Палеоклиматические данные, основанные на кернях льда, кольцах деревьев, озерных донных отложениях, коралловых рифах, показывают, **что два «глобальных» градуса – это своего рода порог безопасности для большинства экосистем. Человечество использовало уже треть допустимого лимита потепления.**

Климатическая система Земли очень инерционна, и, чтобы что-то изменить (или хотя бы переломить тенденцию), требуется начать действовать заранее, в нашем случае – за несколько десятков лет.



Фонд глобальных возможностей (GOF) образован Министерством иностранных дел Великобритании в 2003 году. В настоящее время GOF является программой МИД Великобритании, имеющей самый большой бюджет. В России Фонд реализует 3 тематические программы: Программа экономического управления, программа устойчивого развития и программа – Климатические изменения и энергия. В течение 2003–2005 годов Фонд профинансировал в России 12 проектов в области охраны окружающей среды. В стадии выполнения находится проект «Повышение уровня общественной осведомленности о климатических изменениях и Киотском протоколе.»



Российский региональный экологический центр

Организация, учрежденная Европейской комиссией и Академией государственной службы при Президенте Российской Федерации, целью которой является укрепление взаимодействия между всеми секторами

общества и международного сотрудничества в экологической сфере.

Проблема изменения климата – одно из приоритетных направлений работы РРЭЦ. Главное внимание уделяется экономическим аспектам Киотского протокола, сопряженным выгодам от снижения выброса парниковых газов, связи здоровья населения с состоянием окружающей среды, работе с бизнес-сообществом.

Проблеме изменения климата посвящен раздел сайта <http://rusrec.ru/kyoto>, содержащий тексты основных документов, материалы исследований, новостные и аналитические статьи.

119049, Россия, Москва, ул. Б. Якиманка, 39/20, стр. 1

Тел.: +7 095 238 17 96, +7 095 238 46 66; факс +7 095 238 27 76

www.rusrec.ru

Всемирный фонд дикой природы (WWF) – одна из крупнейших независимых международных природоохранных организаций, объединяющая около 5 миллионов постоянных сторонников и работающая более чем в 100 странах.

Миссия WWF – остановить деградацию естественной среды планеты для достижения гармонии человека и природы.

Стратегическими направлениями деятельности WWF являются:

- сохранение биологического разнообразия планеты;
- обеспечение устойчивого использования возобновимых природных ресурсов;
- пропаганда действий по сокращению загрязнения окружающей среды и расточительного природопользования.



for a living planet[®]

Всемирный фонд дикой природы (WWF)

109240, Москва, ул. Николаямская, 19, стр. 3

Тел. +7 095 727 09 39

Факс +7 095 727 09 38

E-mail: russia@wwf.ru

**www.
wwf
.ru**