

Климат, Общество

Российская наука — об изменении климата (глобальном потеплении)



ADMIN

16.01.2018



0



В российском обществе существует изрядный скептицизм по поводу доказанности нынешних климатических изменений, тем более их антропогенного характера. Бывает даже, что некоторые титулованные сотрудники научных институтов РАН (которые, правда, имеют опосредованное отношение к изучению климатических процессов) рассказывают читателям массовых изданий про «мифы об антропогенном потеплении». В российской политике климатическая тема находится на периферии. Примечательно, что большей угрозой для РФ часто называются не сами климатические изменения, а, напротив, инструменты борьбы с ними (например, Парижское соглашение).

Когда у нас болит зуб, мы идем к врачу, но не к офтальмологу, а к стоматологу. В вопросах климата также лучше пытаться разобраться с помощью не «ученого вообще» или профессора сопромата, а профильного специалиста.

Владимир Сидорович задал несколько вопросов **Александру Чернокульскому** (кандидату физико-математических наук, старшему научному сотруднику Лаборатории теории климата Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, лауреату Премии правительства Москвы, научному секретарю Программы Президиума РАН «Изменение климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования»).

***Является ли климатология наукой по российской классификации?
Каков её предмет?***

Безусловно, по российской классификации климатология – наука, является частью наук о Земле. По этой специальности присуждаются учёные степени (если быть точным, то это ВАКовская специальность № 25.00.30 «Метеорология, климатология, агрометеорология»). Поскольку изначально климат рассматривался как «средняя погода», исторически климатология идёт в паре с метеорологией. На самом деле климат, который и является предметом климатологии, как науки, является более широким понятием, чем просто «средняя погода». Более верно говорить о климатической системе Земли, которая включает в себя не только атмосферу, но и другие оболочки Земли, например, гидросферу (океан), биосферу, криосферу (ледники).

Учёные изучают особенности климатической системы, взаимодействия различных компонентов системы, их реакцию на внешние. Под такими факторами (внешними воздействиями) обычно понимают изменения параметров орбиты, вариации приходящей солнечной энергии, вулканическая активность. На такие факторы у климатической системы нет обратного влияния (обратной связи): действительно, процессы в климатической системе никак не повлияют на активность Солнца. Антропогенную деятельность тоже стоит рассматривать скорее как внешнее воздействие, по крайней мере с точки зрения наук о Земле: обратное влияние климатических процессов на антропогенную деятельность всё же есть, но формализовать такое влияние скорее можно только в рамках общественных наук (например, именно в рамках этих наук стоит искать ответ на вопрос: «как отреагирует человечество на повышение уровня океана?»).

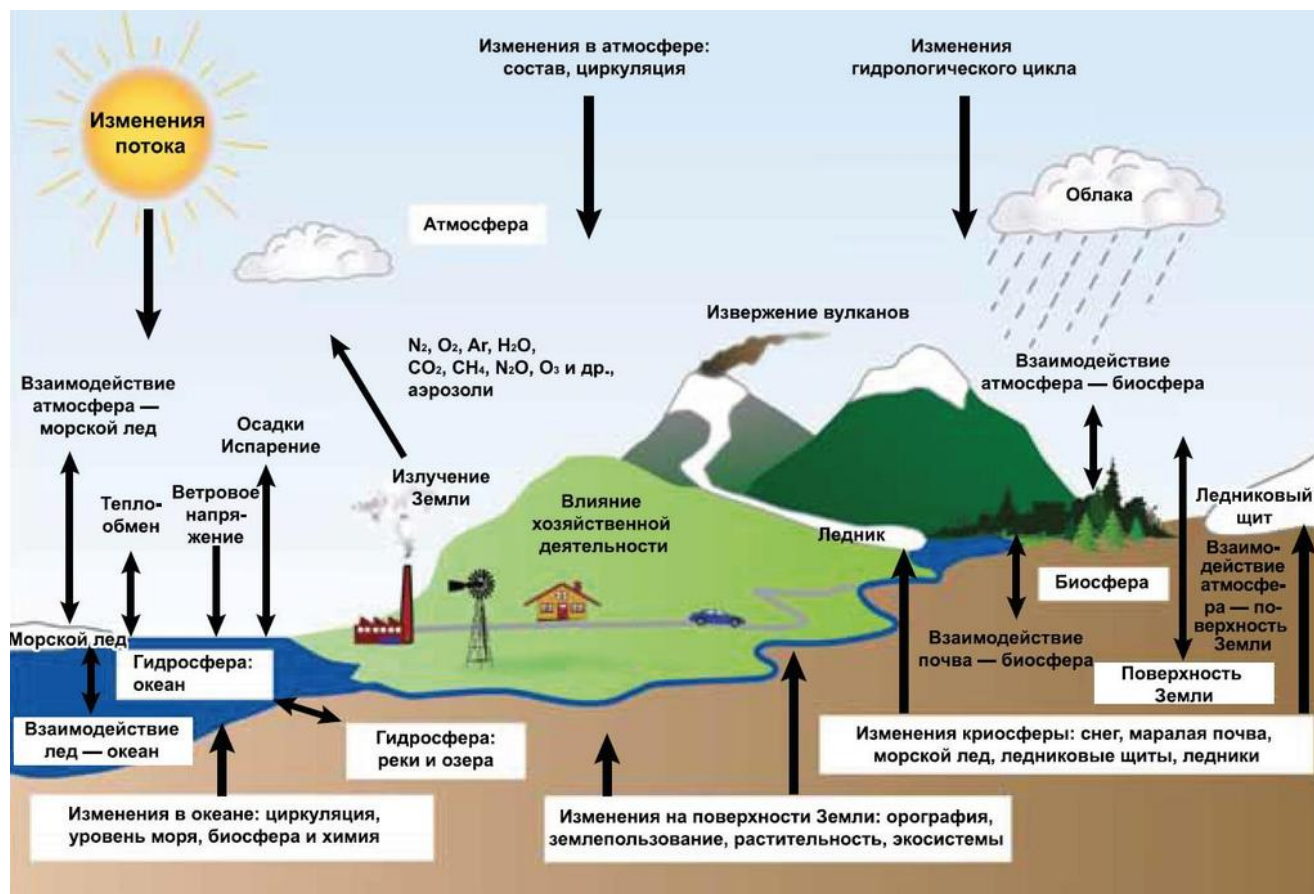


Рис. Климатическая система Земли. Источник: ipcc.ch

Президент США Дональд Трамп как-то написал в твиттере (ещё до своего президентства), что глобальное потепление придумали китайцы, чтобы сделать американскую промышленность неконкурентоспособной. У нас иногда можно услышать, что глобальное потепление — это «изобретение Запада», внедряемое в политических или корыстных целях. Что считает российская климатология? Кто придумал глобальное потепление?

Думается, что Дональд Трамп умнее, чем кажется (вероятно, он просто преследует свои определенные цели). Но вообще, 45-му президенту США не лишним будет узнать, что сам термин «глобальное потепление» впервые был озвучен в 1975 году как раз в США (в статье учёного геохимика Уоллеса Брёкера). Однако, термин этот достаточно узкий — он несёт в себе информацию лишь о приземной температуре воздуха, тогда как масштабные изменения сейчас происходят во многих компонентах климатической системы Земли. Поэтому учёные-климатологи чаще используют термин «изменение климата».

По поводу теорий заговора, не уверен, что развеять их возможно в принципе: всегда будут люди, склонные во всём вокруг видеть чьи-то козни. Если такие есть среди ваших читателей, весь следующий текст они прочтут с понимающей усмешкой недоверия на устах приговаривая «ну-ну, и этот туда же».

Если серьезно, то глобальное потепление – конечно не миф, не изобретение, а данность. Это то, что происходит сейчас с климатом Земли. Он теплеет. И кстати, *одним из первых климатологов, кто стал говорить о глобальном потеплении и усилении парникового эффекта был как раз наш российский, советский климатолог академик РАН Михаил Иванович Будыко. Ещё в 1972 году вышла его книга «Влияние человека на климат», где он показал, что антропогенная деятельность влияет на климат (распашка земель и сведение лесов, прямой поток тепла от городов, выброс парниковых газов), известны его работы были и за рубежом*. В 1976 (через год после Брёкера) М.И. Будыко также использовал термин «Глобальное потепление» (с таким названием у него вышла статья в 7 номере журнала «Метеорология и Гидрология» в соавторстве с К.Я. Винниковым). Можно выделить и других крупных российских учёных-климатологов, исследовавших вопросы изменения климата: академики Голицын Г.С., Израэль Ю.А., Дымников В.П., Мохов И.И.

Какова позиция российских ученых-климатологов по вопросам климатических изменений в период последних ста (двухсот) лет? Является ли глобальное потепление и его антропогенный характер научно доказанным фактом? Есть ли принципиальные расхождения во взглядах?

Главный научный вызов, который стоит перед климатологами при оценке глобальных климатических изменений – невозможность проведения натурных экспериментов. Выход — использовать максимально приближенные к реальности (прошедшие проверку данными) численные модели климата. По сути — это те же численные модели прогноза погоды, только расширенные блоками других компонент системы (океан, ледники, биота) и не усваивающие начальные данные.

С учётом всей совокупности различных наблюдений (наземные и судовые наблюдения, наблюдения на роботизированных буйах и глайдерах на поверхности и в толще океана, на поверхности льда, аэрологические наблюдения в толще атмосферы, спутниковые наблюдения, наблюдения с помощью радаров и некоторые другие виды наблюдений) и

данных численного моделирования учёные во всём мире вполне уверены в наличии глобального потепления. Российские учёные в данном случае – не исключение.

Агрегация знаний об изменениях климата происходит раз в 5-6 лет в [отчётах Международной группы экспертов по изменению климата \(МГЭИК\)](#). Отмечу, что они не проводят исследования, они обобщают текущие знания в данной области. Последний по счёту 5-й доклад вышел в 2013-2014 годах, сейчас готовится шестой. В России учёными Росгидромета и РАН тоже выпускается так называемый Оценочный доклад по изменению климата (в 2014 году [вышел второй такой доклад](#), который больше фокусируется на российских регионах. В рамках работы Секции метеорологии и атмосферных наук Национального геофизического комитета раз в 4 года готовятся обзоры российских исследований атмосферы и климата ([полный доклад](#), [ссылка на статью о климатических исследованиях](#)). Для тех, кому сложно/лень/некогда пробиваться через научную лексику статей учёных-климатологов (всё же язык научных статей отличается от обычных статей) постараюсь выделить несколько ключевых моментов.

Итак, если говорить в терминах доказанности / не доказанности, то **факт наличия беспрецедентного для последнего миллиона лет глобального изменения климата безусловно является доказанным** [выделено мной – В.С.]. Это не только рост приземной температуры воздуха, но и рост температуры в толще тропосферы, выхолаживание мезосферы, рост температуры океана (и рост уровня океана), рост накопления тепла в океане, сокращения площади ледников и морских льдов.

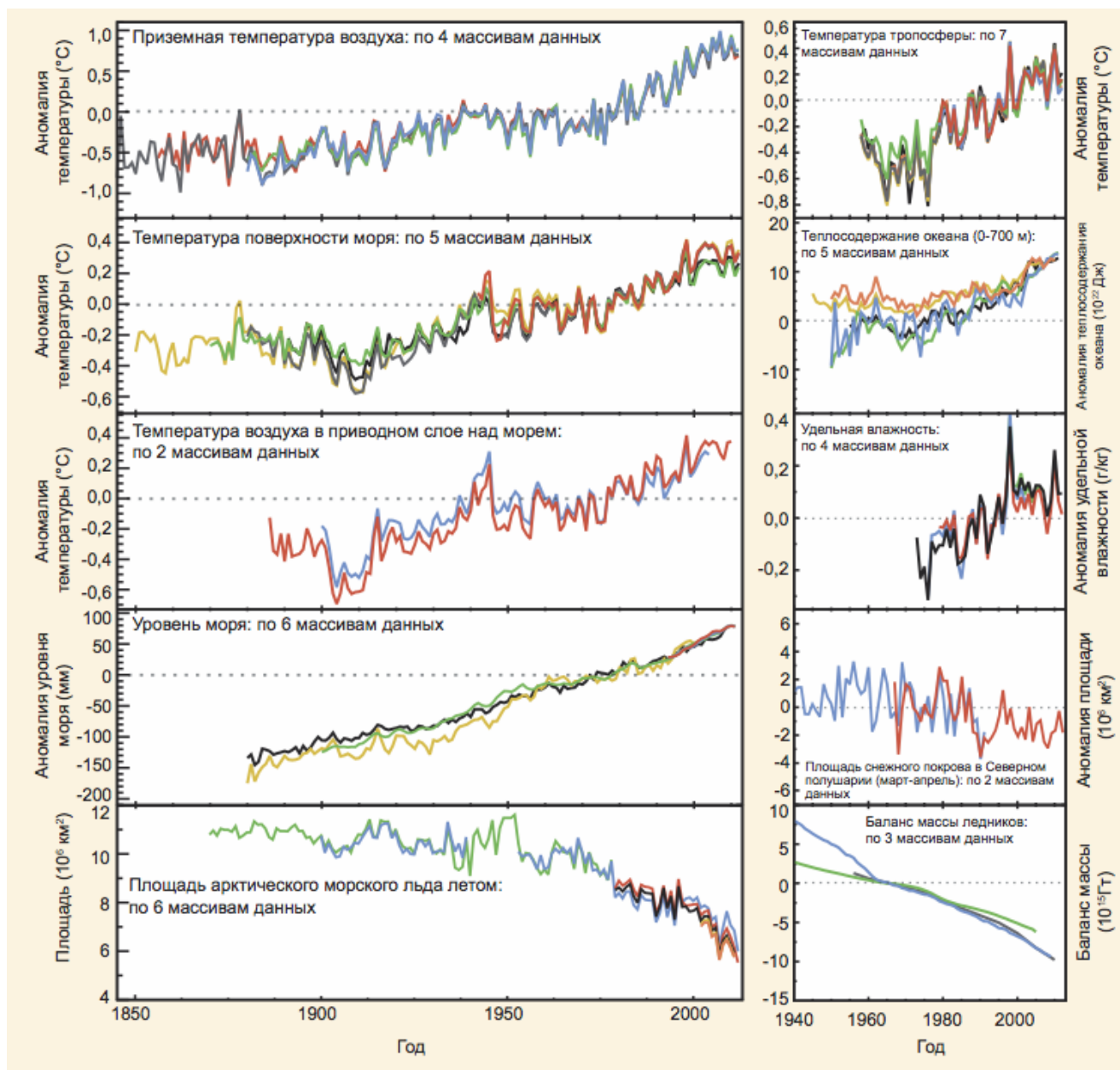


рис. Совокупность климатических изменений. Источник: ipcc.ch

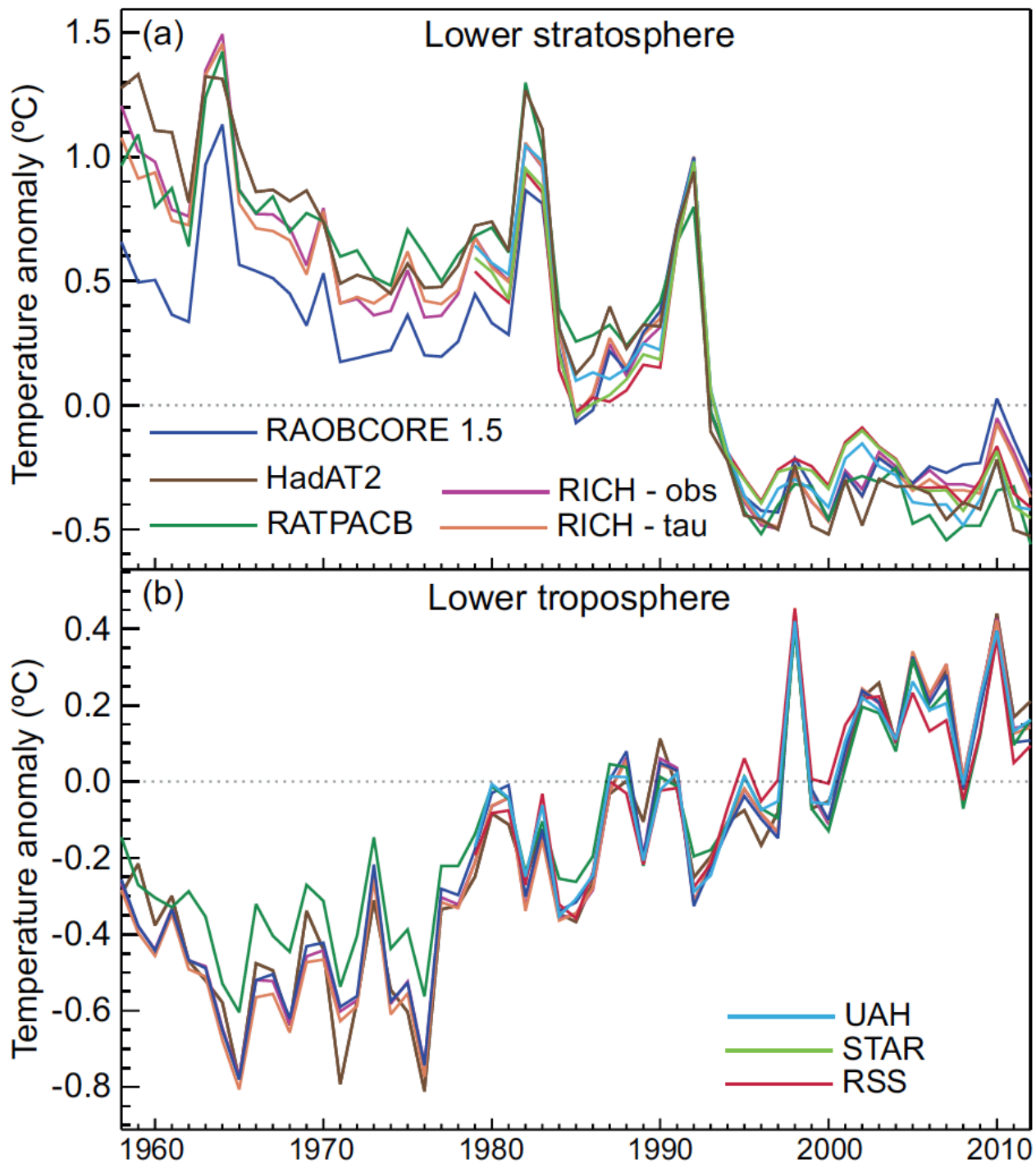


рис. Изменение температуры воздуха в стратосфере и в тропосфере. Источник: ipcc.ch

Беспрецедентная скорость роста содержания парниковых газов является одним из доказательств антропогенного характера потепления [выделено мной – В.С.]. С конца 1950-х гг. на Мауна-Лоа (Гавайи) началось наблюдение концентрации углекислого газа в атмосфере, которое показывает рост от года к году – от 315 частиц на миллион в 1958 году к 405 частицам в 2016.

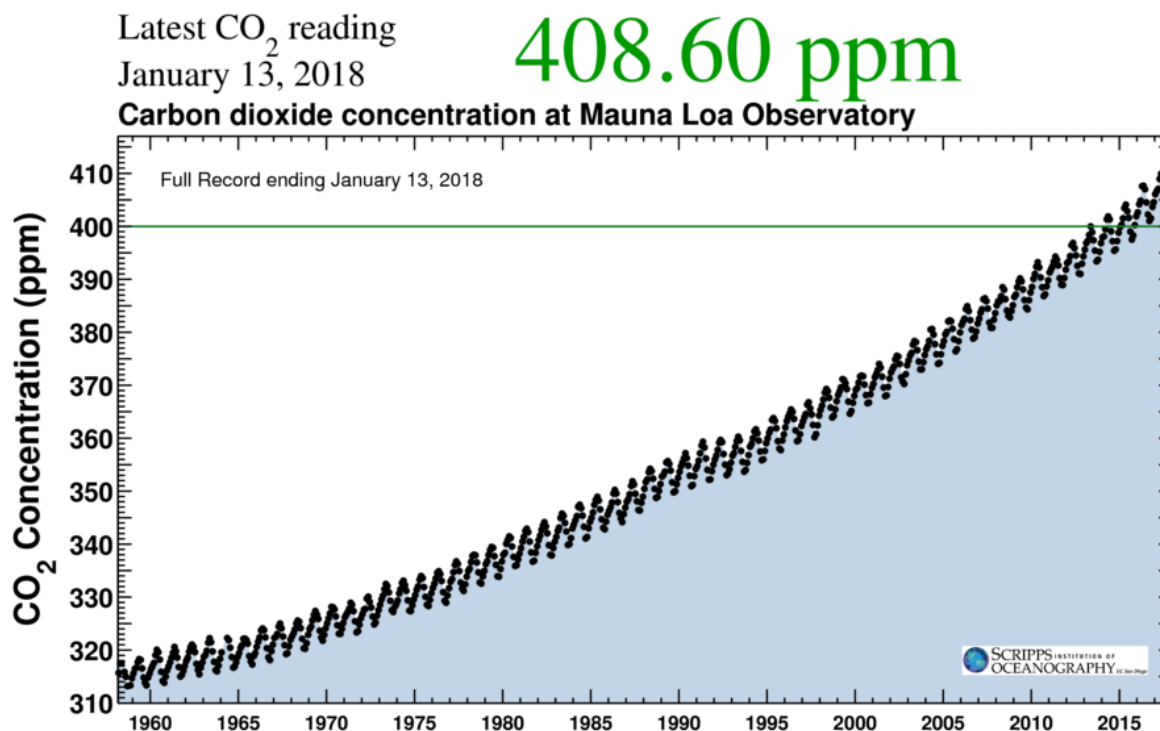
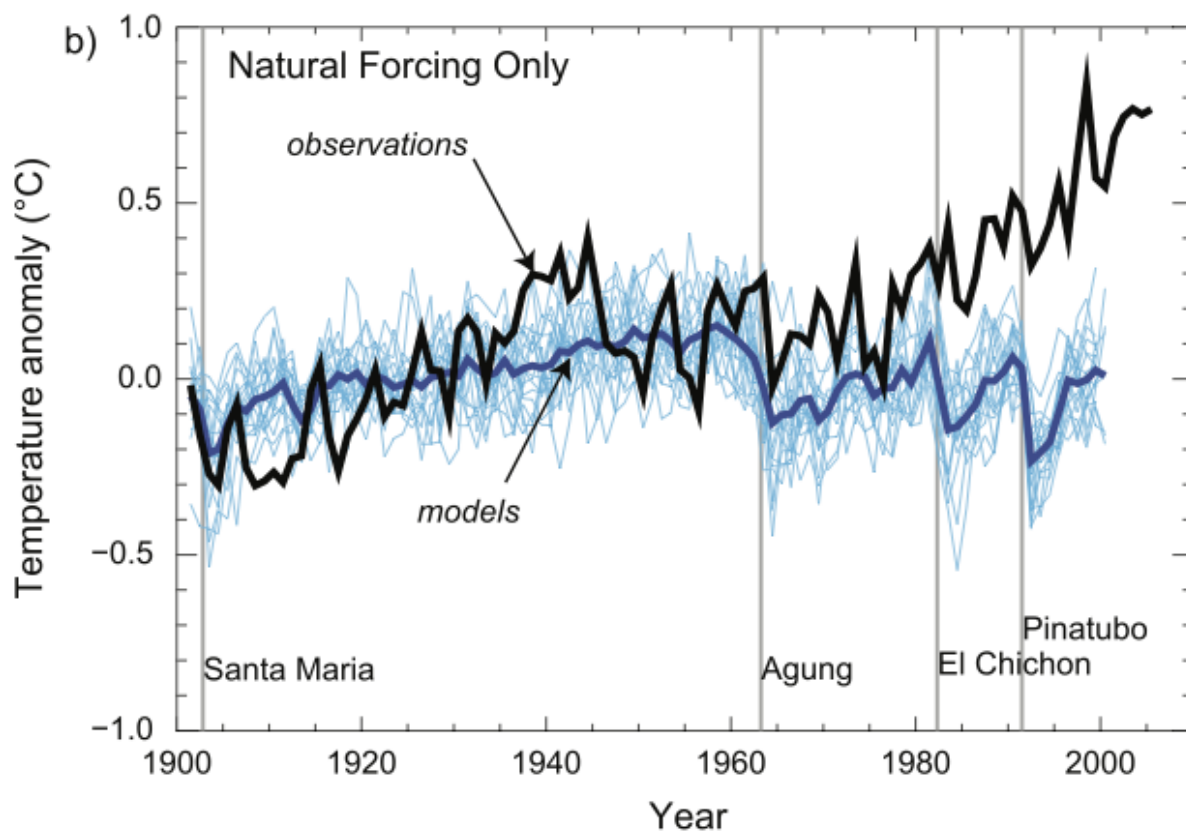
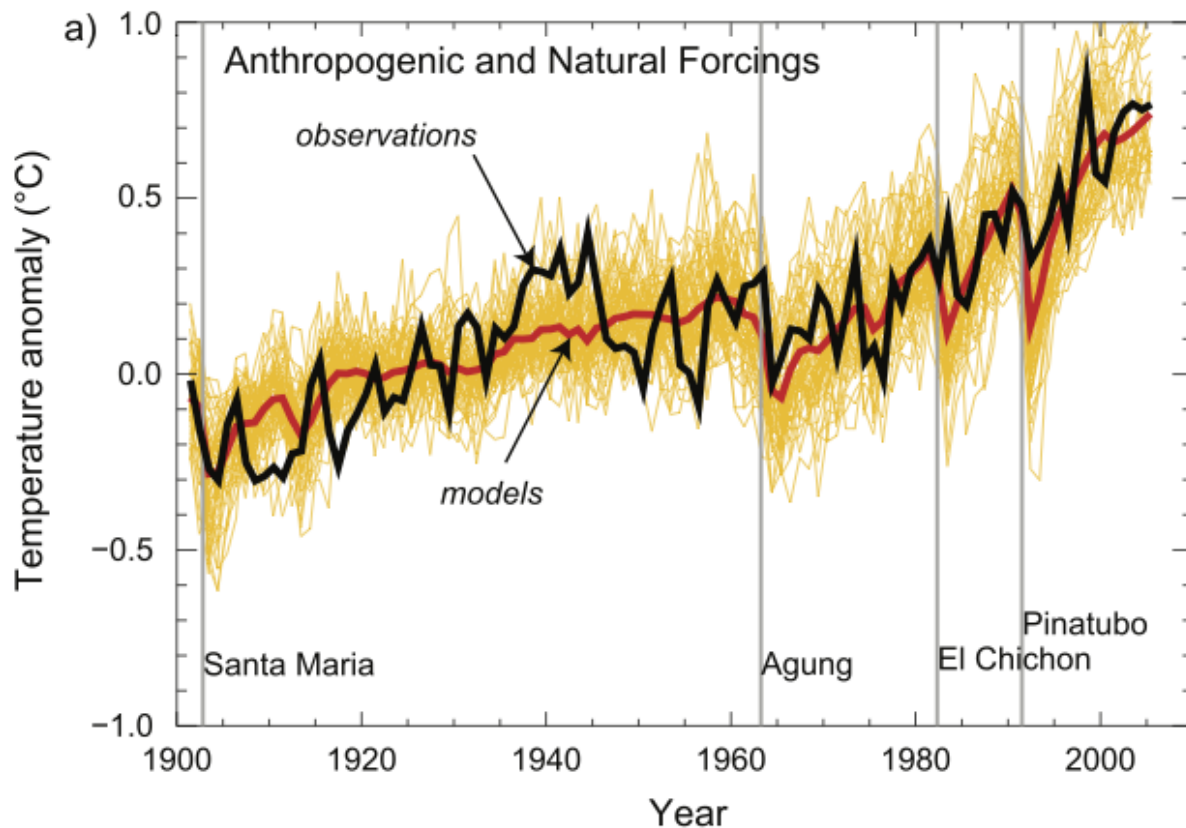


рис. Концентрация углекислого газа в атмосфере (по данным реконструкций и прямых наблюдений). Источник: scripps.ucsd.edu

Причина роста — антропогенная деятельность. Как показал Зюсс в своей работе ещё в середине 20 века, сжигаемое ископаемое топливо не содержит изотоп углерода C^{14} (который образуется в верхних слоях атмосферы за счёт космических лучей), а в кольцах многовековых деревьев, соответствующих 20-му веку, содержание этого изотопа понижено (по сравнению с C^{12} и с C^{13}) — т.н. «эффект Зюсса». Зюсс объяснил его ростом в атмосфере содержания углерода, попавшего туда вследствие сжигания ископаемого топлива. Ряд последующих работ показал, что этот избыток CO₂ не компенсируется поглощением углекислого газа океаном.

Рост концентрации CO₂ ведёт к усилению парникового эффекта и росту температуры в тропосфере и охлаждению верхних слоев атмосферы. Именно это и наблюдается в последние десятилетия: температура у поверхности повышается, в мезосфере — достаточно сильно уменьшается. Современные численные модели климата при учёте антропогенных эмиссий данные изменения воспроизводят довольно успешно. А вот если «подавать» в эти модели только естественные причины вариаций климата (энергия от Солнца, вулканические извержения, аэрозоли и т.д.), то современное потепление воспроизвести не удастся. **Это также является одним из важных доказательств антропогенного влияния на современные изменения климата** [выделено мной — В.С.].

GLOBAL MEAN SURFACE TEMPERATURE ANOMALIES



©IPCC 2007: WG1-AR4

Рис. Воспроизведение глобальной температуры с помощью климатических моделей с учетом природных и антропогенных воздействий (сверху) и только природных (снизу). Источник: ipcc.ch

В целом, среди учёных климатологов есть консенсус в том, что глобальное потепление является доказанным фактом и что триггером к этому потеплению с очень большой вероятностью стала как раз антропогенная деятельность человека. Поскольку одно из основных качеств учёного – наличие здравого сомнения, бесконечная перепроверка собственных результатов – климатологи никогда полностью не исключают другие возможные причины наблюдаемых климатических изменений.

Но на данный момент с учётом всех наших знаний единственная теория, объясняющая совокупность происходящих климатических изменений, является как раз теория антропогенного усиления парникового эффекта [выделено мной – В.С.].

Основные расхождения находятся в оценке вклада естественных колебаний климата в современное потепление. В первую очередь, связанных с долгопериодной изменчивостью в океане. Здесь идёт определенная дискуссия между «скептиками» и «алармистами». Проблема в том, что наши знания о процессах в климатической системе Земли по-прежнему не полные (они банально ограничены во времени!). Серьезной задачей современной климатологии является уменьшение неопределенности оценки чувствительности климатической системы Земли к удвоению концентрации углекислого газа (упрощенно, это величина, на которую вырастет глобальная температура воздуха при удвоении концентрации углекислого газа в атмосфере): до сих пор разброс этой оценки достаточно велик, от 2 до 4,5 градусов. Разброс связан с разным учётом обратных связей, в том числе, обусловленных облаками (о роли облаков в климате можно [почитать здесь](#)).

Если говорить об учёных, далёких от исследования климата, то здесь довольно широкий спектр различных теорий, ни одна из которых не проходит проверку практикой. Чаще всего это учёные из смежных наук о Земле – геологи, экологи, биогеографы, почвоведы и др. (иногда, впрочем, климатом «увлекаются» и представители других научных дисциплин, например, молекулярной физики). *Эти учёные являются настоящими профи в своей области, но, к сожалению, порой демонстрируют близорукость, когда берутся рассуждать о климате.* Наиболее распространённые ошибки следующие:

- часто говорят о том, что нас ждет не глобальное потепление, а глобальное похолодание. Действительно, согласно теории циклов Миланковича в будущем ожидается изменение параметров орбиты, которое в прошлом приводило к переходу к ледниковым периодам (меняются угол наклона земной оси и эксцентриситет орбиты, в результате, меньше тепла поступает в Северное полушарие). Но есть одно

«но»: «в будущем» в данном случае — это в ближайшие 2-3 тысячи лет, а не завтра (и даже не в конце 21 века), так что говорить о глобальном похолодании конечно можно, но с таким же успехом можно рассуждать и о «скорой» смерти Солнца (которая произойдет через 5 млрд лет). Это просто другие временные масштабы.

- нередко слышу такую фразу, что, мол «как мы такие маленькие можем влиять на огромную планету»? Оформленная в более научные слова эту позицию можно свести к следующему: «антропогенные потоки CO₂ крайне малы по сравнению с естественными (и вообще, главный парниковый газ – водяной пар!)». Всё так, действительно, антропогенные потоки малы по сравнению с естественными: эмиссии углерода в последние годы составляют около 10 ГтС/год, в то время как потоки между атмосферой и океаном, например, оцениваются около 90 ГтС/год (в каждую сторону), а между атмосферной и биотой/почвой – около 120 ГтС/год). Однако, не всё так просто, необходимо учитывать следующие моменты: потоки углерода между разными компонентами климатической системы (например, между атмосферой и биотой, между атмосферой и океаном) находятся в балансе, который установился за долгие годы равновесного климата. А вот небольшая добавка от людей ничем не уравнивается (на самом деле климатическая система пытается демпфировать эту прибавку, поток из атмосферы в биоту/почву и в океан сейчас несколько выше, чем обратный – но этого не хватает). Недаром концентрация того же CO₂ в атмосфере растёт и растёт (как мы видели выше уже превышает 400 частиц на миллион, хотя в 18 веке ещё была около 280 частиц на миллион). Что касается водяного пара, действительно, он – основной парниковый газ. Но и парниковый эффект антропогенная деятельность не создает, а только усиливает (это надо понимать!). Если бы не было атмосферы, то глобальная температура на планете Земля была бы около –18 °С, однако она сейчас почти +15 °С. То есть парниковый эффект – 33 градуса, и лишь около 1 градуса – за счёт антропогенного усиления.
- слепое отрицание антропогенного влияния ведет к необходимости объяснения происходящих климатических изменений. Это в буквальном смысле попытка спрятать слона в шкафу. Ничем не уравновешенные эмиссии есть, рост концентрации есть, но для «отрицателей» это не имеет значения. Причины потепления ими ищутся в естественных причинах: это и скорость вращения планеты, и галактические лучи, и изменение солнечной активности, и суперпозиция нескольких циклических процессов в океане и т.д. Проблема в том, что обнаруживаемые корреляционные связи не проходят проверку временем или другими данными (как, например, было с космическими лучами). Изменения солнечной активности (которые в общем-то никакого долгопериодного тренда не испытывают) никак не объясняют, например, резкое похолодание мезосферы. Циклические процессы в океане никак не могут объяснить столь бурный рост CO₂ и так далее...
- оперирование отдельными примерами, вырванными из общего контекста климатических изменений. Например, рост площади морских льдов вокруг Антарктики, рост массы льдов в Восточной Антарктиде (или некоторых горных ледников). По факту, эти тренды (которые противоположны остальным изменениям, которые происходят в криосфере) никак не могут быть доказательством отсутствия потепления: напротив, являются следствием! Связаны они с изменением динамических процессов и ростом осадков, который на данный момент превышает

эффект роста температуры в данных регионах. Баланс здесь очень тонкий и может измениться в любой момент: например, в прошлом году площадь морские льдов вокруг Антарктики (которая до этого действительно росла в течение 40 лет) резко сократилась (до абсолютного минимума за эпоху спутниковых наблюдений). Единичные примеры, а тем более, личный опыт (мол, «я никакого потепления не ощущаю») никак не может быть доказательством чего-либо. Надо смотреть на всю картину в целом. Это относится и к единичным похолоданиям. Например, после холодного лета 2017 года не раз слышал от москвичей фразу «ну и где это потепление?» (или твит того же Трампа по поводу холодов на северо-востоке США в начале года). Опять же: локальные похолодания никак не противоречат глобальному потеплению.

- попадают и более частные примеры, неверные интерпретации вырванных из контекста фраз, экстравагантные теории и т.д. Например, нашумевший «клайматгейт» (украденная переписка климатологов, где обсуждается методика осреднения температуры по разным станциям) – очевидная «липа», которую пришлось дезавуировать серьезным научным комиссиям. И ведь уже известно, что отдельные слова были неверно интерпретированы и что осреднение производится вполне адекватно (кстати, этим занимаются 5 различных групп, использующих несколько разные методики) – но всё равно люди ссылаются на этот самый «клайматгейт». Зачем? Чтобы как-то подкрепить свой скепсис? Из примеров экстравагантных теорий: «молекулы CO₂ тяжелые и оседают у Земли»... Тут без комментариев.

Давайте от экстравагантного вернёмся к реальности. Основными направлениями развития фундаментальной климатологии сейчас являются исследование отклика различных компонентов климатической системы на внешнее воздействие (в первую очередь — на усиление парникового эффекта), атрибуция погодно-климатических аномалий (поиск причин их возникновения, установление связи с глобальным потеплением; например, нам удалось показать, что сильные ливни в Крымске связаны с потеплением воды в Черном море), оценка роли естественных и антропогенных факторов в современных изменениях климата, прогноз климата на ближайшие годы и десятилетия.

В чем специфика изменений климата в наше время (в сравнении с предшествующими колебаниями)?

Основная особенность современных изменений климата – их скорость. В данный момент не наблюдается мощных извержений вулканов, не меняются резко параметры орбиты, Солнце светит на том же уровне, однако в климатической системе происходят резкие изменения. Это и скорость роста парниковых газов, и скорость роста температуры (достаточно известная «кляушка Манна»).

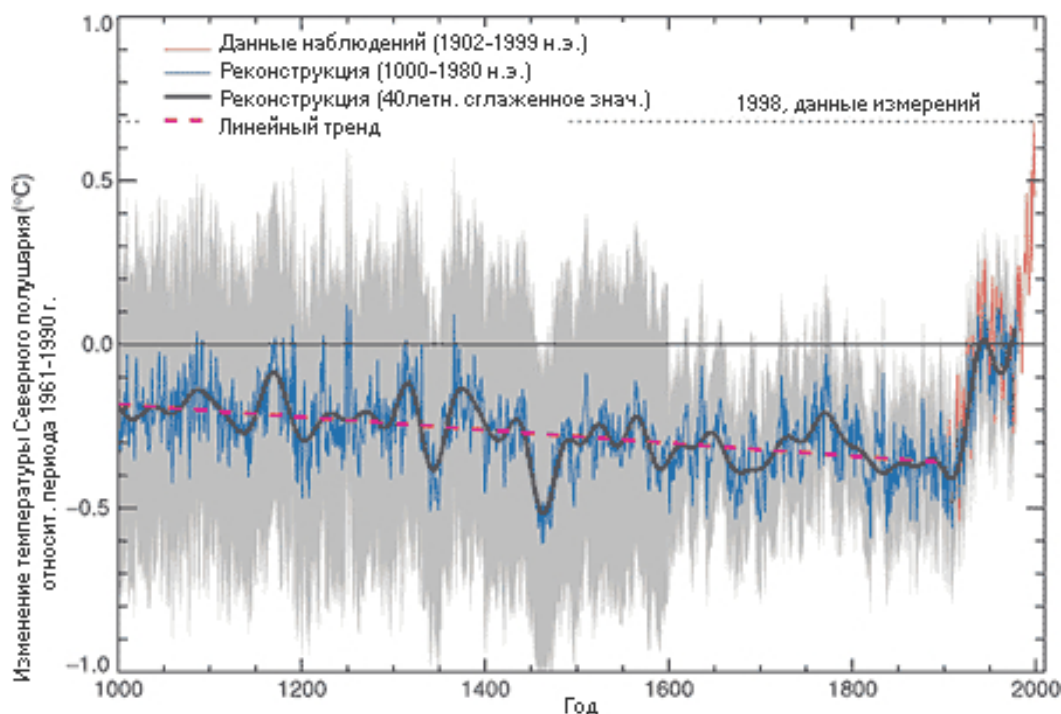


Рис. Изменение температуры в Северном полушарии по данным реконструкций и инструментальным наблюдениям («ключка Манна»).

Часто приходится слышать о том, что климат Земли регулярно менялся — были теплые периоды и холодные. Всё так, да. Но за каждым изменением стояли определенные причины (для последнего миллиона лет эти причины как правило связаны с изменениями параметров орбиты Земли), при этом изменения температуры происходили с гораздо меньшей скоростью. И по температуре, и по содержанию парниковых газов мы уже давно вышли и за межледниковый максимум, и за температуру средневекового оптимума (на который любят ссылаться, говоря о пшенице в Исландии и винограде в Англии).

Рассуждения на тему того, что на Земле миллионы лет назад климат был на 10 градусов теплее, вообще не состоятельны: тогда был совершенно другой состав атмосферы, другая светимость Солнца, другие параметры орбиты.

Можно ли утверждать с научных позиций, что действие человека, например, сокращение выбросов парниковых газов в энергетическом секторе, повлияет на климатическую систему и замедлит глобальное потепление?

Проблема в том, что быстро снизить концентрацию углекислого газа в атмосфере простым сокращением выбросов – невозможно. На это уйдут десятки лет, так что последствия высокой концентрации парниковых газов будут ощущаться ещё долго (даже

если прямо сейчас мы прекратим выбрасывать в атмосферу весь углерод за счёт сжигания топлива или производства).

С другой стороны, другой альтернативы пока нет. Учёные предлагают разные проекты: например, принудительное извлечение углерода из воздуха (и последующее его захоронение), однако, насколько мне известно, эффективной технологии по извлечению пока не разработано. Более экстравагантные методы геоинжиниринга (направленного воздействия на климат), например, создание искусственного аэрозольного экрана в стратосфере или воздействие на облака (с целью отражения части солнечного света в космос) имеет свои негативные побочные эффекты (перераспределение осадков, сокращение озонового слоя).

Так что на данный момент единственный способ хотя бы как-то противодействовать изменению климата – сокращать выбросы. Пусть эффект будет не быстрым, но он будет [выделено мной – В.С.]. Другое дело, как будет реализовано это сокращение, кто за это будет платить... Но это уже вопрос не к учёным-климатологам.

Что и когда произойдёт с человечеством, если продолжать энергетическое потребление углеводородов в нынешних объемах?

В 5-м отчете МГЭИК и во 2м Оценочном докладе Росгидромета приводятся оценки изменения климата в 21 веке при различных сценариях антропогенной деятельности (включают в себя выбросы парниковых газов, стратегии землепользования и т.д.). Наиболее «агрессивный» сценарий как раз отвечает за так называемое состояние business-as-usual (то есть потребление как раз останется на прежнем уровне, никаких мер приниматься не будет).

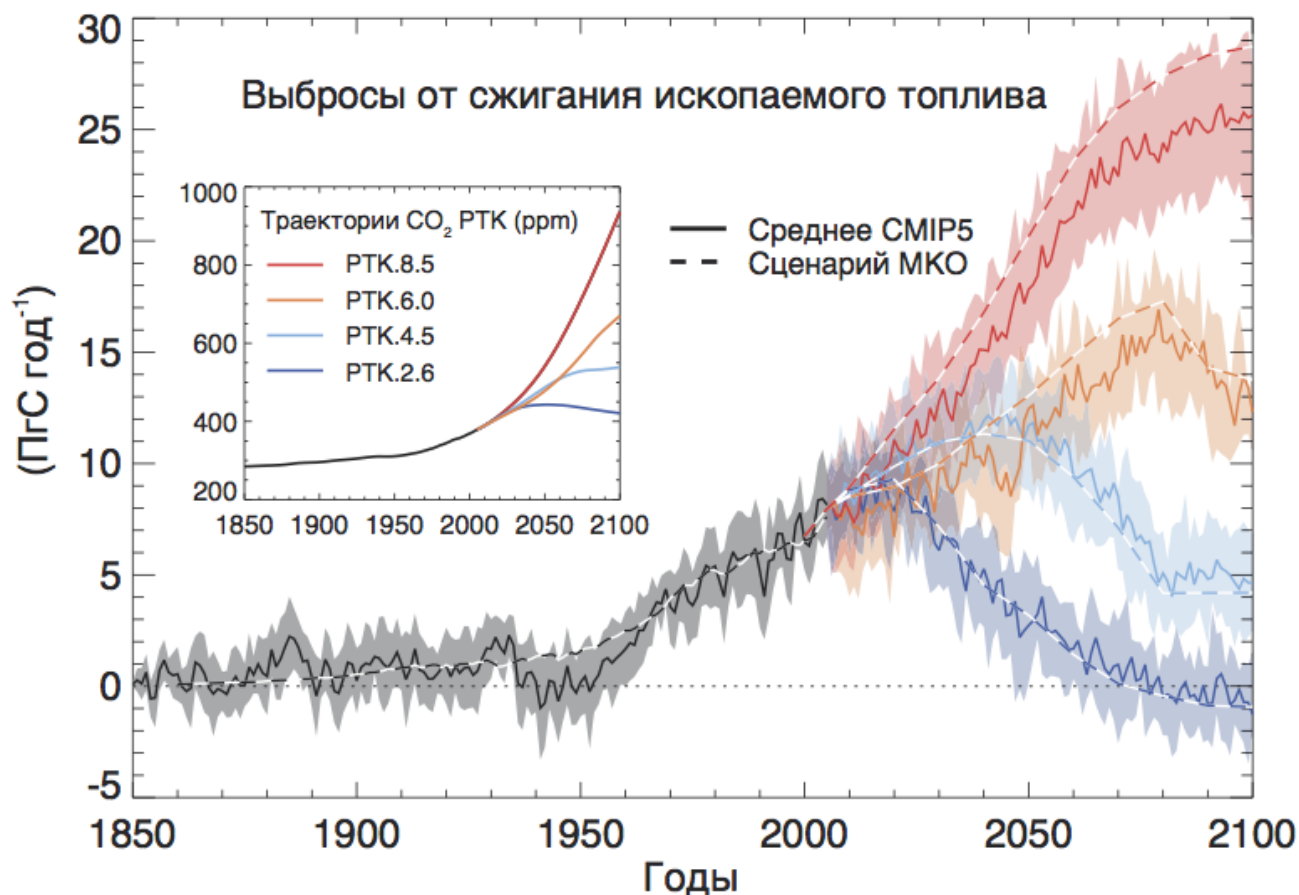


Рис. Расчетные пути концентраций парниковых газов в 21 веке. Источник: ipcc.ch

В данном случае человечество ждет такие негативные последствия, как резкий рост уровня моря (если к этому времени он вырос на 20 см относительно 1900 года, то к концу 21 века может вырасти ещё на метр)! Средняя температура на планете вырастет на 3-4 градуса, вырастет кислотность океана. Учащаются погодные аномалии (частые засухи и волны жары, ливни и смерчи). Не останется в стороне и Россия: у нас одна из главных проблем – многолетняя мерзлота, которая сейчас постепенно деградирует.

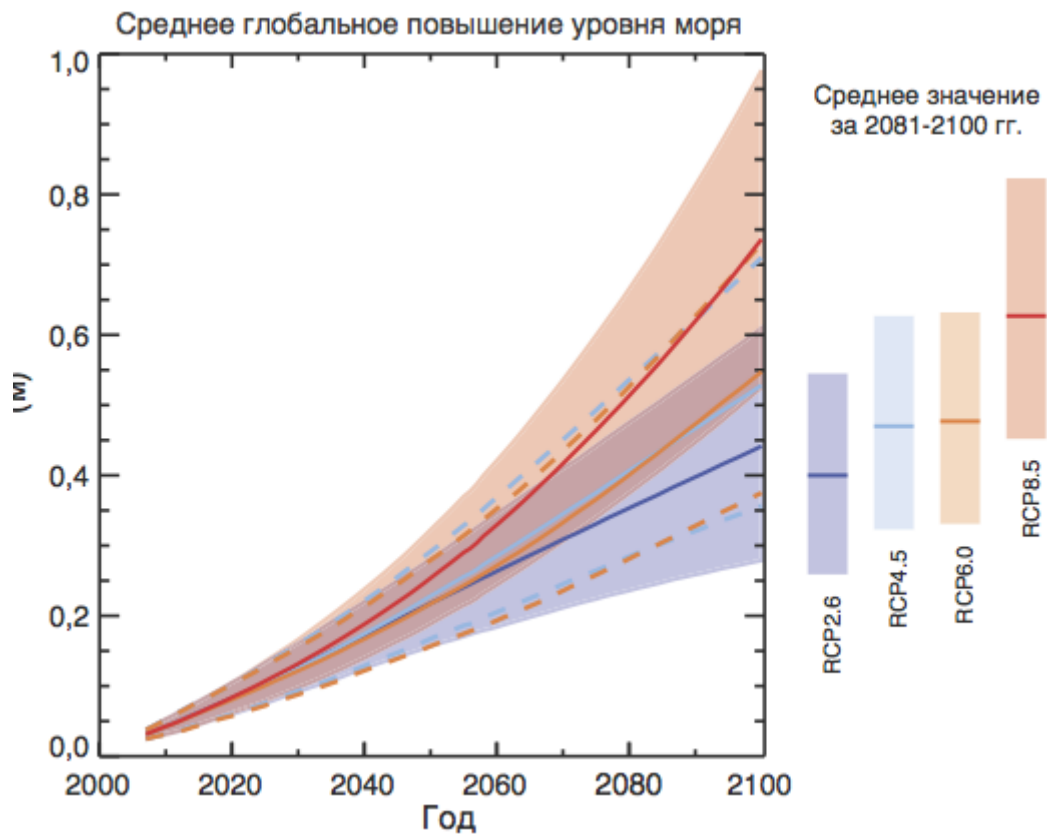


Рис. Возможные изменения уровня океана в 21 веке при разных сценариях антропогенного воздействия. Источник: ipcc.ch

Не хотелось бы заканчивать на минорной ноте. Уверен, что человечество найдет выход из этой проблемы. Главное признаться себе, что проблема есть, что это не выдумки учёных. А дальше – начать действовать. Можно, кстати, действовать и на бытовом уровне. Сократить энергозатраты позволят, например, простые правила экологического поведения.

#Climate change #Россия