

## История исследования климата и МГЭИК

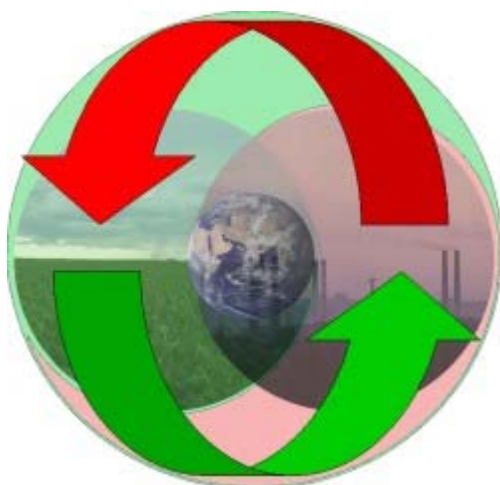
### От обнаружения парникового эффекта к современным моделям климата

В 1895 г. шведский химик и физик Сванте Аррениус говорил: "Сокращение или увеличение атмосферного углекислого газа примерно до 40 % может запустить обратные связи, которые ответственны за образование или отступление ледниковых периодов".

Картина: Сванте Аррениус



До 1900 г. ученые уже знали о воздействии парникового газа углекислого газа, не смотря на то, что доля его в воздухе составляет всего лишь около 280 частей на миллион.



Человек и климат – взаимозависимы.  
Рисунок: Элмар Ухерек.

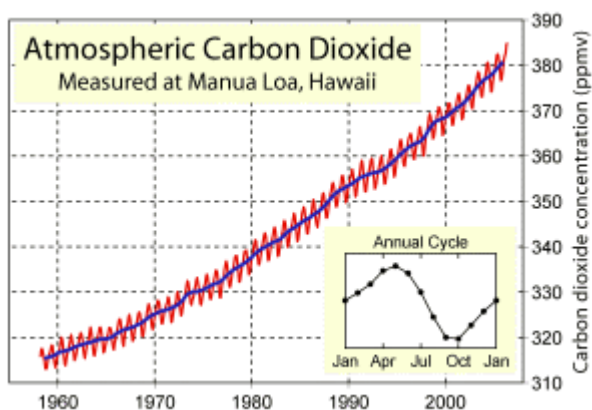
100 лет спустя современные исследования подтвердили, что, действительно, количество углекислого газа, содержащегося в атмосфере, изменилось примерно на 40 % между ледниковым (приблизительно 180 *ppm*) и межледниковым (приблизительно 280 *ppm*) периодами. Конечно, сейчас мы знаем, что для этого изменения имеются и другие факторы воздействия.

Однако, по сравнению с изучением погоды, исследование климата является сравнительно молодой областью науки. Хотя, еще в 1950-ые ученые серьезно предупреждали, что постоянная эмиссия углекислого газа может привести к изменению глобального климата.

Следовательно, это было в то же самое время, когда Чарльз Дэвид Килинг в 1958 г. начал ряд измерений в Обсерватории Мауна-Лоа на Гавайях, которые теперь могут быть расценены как одна из самых главных документаций деятельности человека: точное измерение углекислого газа в воздухе. Исследования кривой Килинга продолжается до сегодняшнего дня. Ежегодно она показывает годовой ход углекислого газа (среди других факторов – поглощение  $\text{CO}_2$  за период вегетации растений и повышенная его эмиссия во время отопительного периода зимой). С той же точностью она показывает непрерывное увеличение среднего значения  $\text{CO}_2$  за годы и десятилетия.



Чарльз Дэвид Килинг. Ученый умер 20-ого июня 2005 г.  
Фотография: Институт океанографии имени Scripps

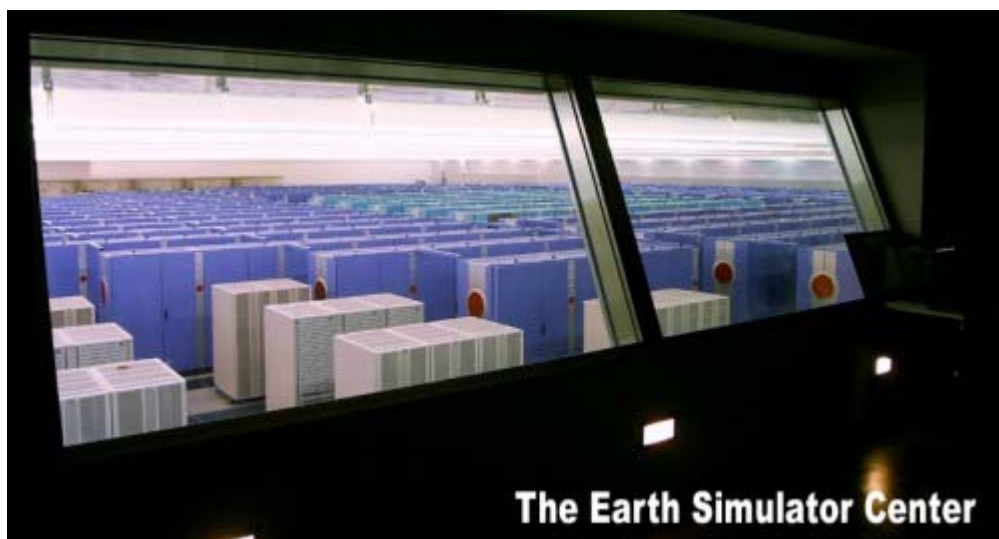


Кривая углекислого газа по данным обсерватории Мауна-Лоа, Гавайи. (Лицензия ГНУ).

Спустя приблизительно 200 лет с начала индустриальной деятельности значение  $\text{CO}_2$  было на отметке в 320 *ppm* (320 частей на миллион). Это значение приблизительно на 40 *ppm* выше обычно принимаемого значения для межледникового периода. В течение 10000 лет этого периода (то есть после отступления ледников), значение  $\text{CO}_2$  менялось не более чем на 20 *ppm*. График показывает увеличение приблизительно на 60 *ppm*, т.е. до 380 *ppm*, в течение следующих почти 50 лет настоящей индустриальной эры. И это увеличение продолжается.

В течение 1950-ых были сделаны первые усилия численного описания циркуляции в атмосфере и моделирования ее. Прогресс огромен с тех пор и до настоящего времени, благодаря невероятно быстрому развитию мощности компьютеров.

Сегодня мы имеем модели климата, которые имитируют климат Земли на гигантских компьютерах с допустимой точностью (однако все еще не достаточной). Имеется плотная сеть станций наблюдения погоды, и все более и более модернизированные спутники, которые передают данные по климату из космоса.



Японский Earth Simulator был быстрейшим компьютером в мире в 2002 г. На фото показан компьютерный зал. © JAMSTEC / Earth Simulator Center.



## История наблюдения погоды

Несмотря на все современные технологии ... нам все еще (и возможно больше чем прежде) необходимо использовать то, чего достигли первые исследователи в наблюдении погоды. Осознание опасности имело место между 1950 и 1960 гг. тогда, когда изменения уже прогрессировали. И потребуются еще много времени, пока народы мира не начнут заниматься этой проблемой вместе. Мы также конечно интересуемся сейчас тем, что было прежде, когда на климат меньше влияла деятельность человека. Наблюдалось ли не только увеличение  $\text{CO}_2$ , но также и увеличение глобальной температуры?

## Краткая история науки о погоде и климате

- 1592 г. – был изобретен первый термометр на базе термоскопа Галилео Галилея.
- 1653 г. – была сформирована первая метеорологическая информационная сеть (а с 1900 г. систематические наблюдения за погодой проводятся почти во всех населенных областях мира).
- 1853 г. – организовано международное наблюдение погоды со специально оборудованных судов.
- 1873 г. – сформирована Международная Метеорологическая Организация (IMO).
- 1873 г. – Кеппен составляет первую метеорологическую базу данных, полагаясь на данные 100 станций, в течение 1820-1871 гг. Большинство данных были достоверны.
- 1923 г. – IMO положила начало Всемирной Сети данных метеорологических станций (WWR). Проект WWR продолжает действовать до сих пор.
- 1938 г. – составляется Календарь краткого обзора мировой погоды, основанный на данных больше чем 200 станций.
- 1950 г. – Всемирная Метеорологическая Организация (WMO) сменяет IMO.
- 1958 г. ... спустя приблизительно 300 лет после первых температурных измерений, Киллинг начинает с систематического контроля CO<sub>2</sub>.
- 1960 г. – приблизительно в это время, становится возможным сравнение различных независимых баз данных погоды. Начало пути измерения глобальной средней температуры.



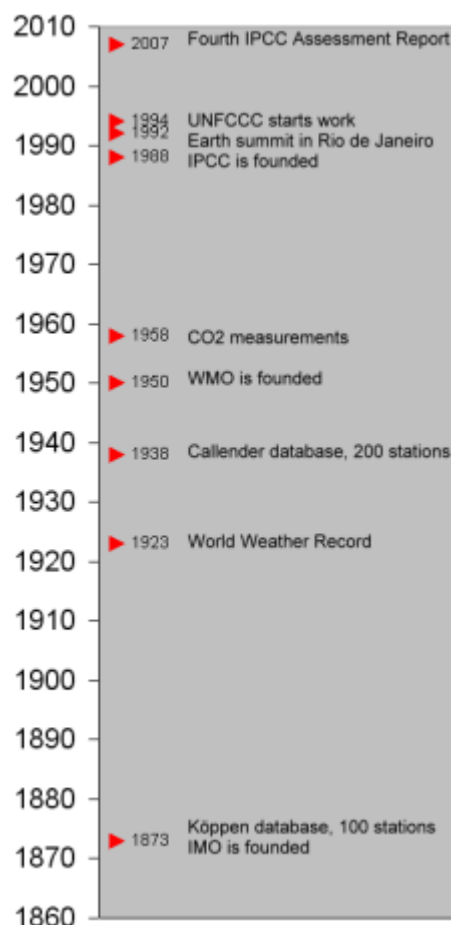
Термометр Галилея. Первые температурные измерения базировались на этой технологии.



Региональная конференция WMO.

- 1980 г. – начинается установка сети измерительных буев в океане (сейчас их насчитывается около 500 единиц). Помимо этого, со спутников поставляются данные о климате из космоса.
- 1987 г. – Хансен и Лебедефф (среди многих других) предлагают установить стандарты для усреднения данных станций погоды.\*
- 1988 г. – WMO и Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (UNEP) создают Межправительственную Группу Экспертов по изменению климата (МГЭИК). Четвертый обобщенный доклад (AR4) этой группы должен быть выпущен в 2007 г.
- 1992 г. – установлена Рамочная Конвенция ООН по изменению климата (UNFCCC). В 1994 г. она вступила в силу.

Мы видим, что мониторинг погоды производился в течение долгого времени, но систематический сбор данных и оценка глобальных тенденций – очень новы. Поэтому последние 6 лет мониторинга климата (начиная с третьего доклада МГЭИК) важны для подтверждения тенденций изменений, имеющих до сих пор.



Ключевые данные науки о погоде и климате.



## Роль и структура МГЭИК

Поскольку МГЭИК была организована в качестве комиссии экспертов климата и ученых-экологов от почти всех наций нашей планеты, она соответствует следующему мандату:

Роль МГЭИК состоит в оценке на всесторонней, объективной, открытой и транспарентной основе имеющейся научно-технической и социально-экономической информации, связанной с пониманием научной основы риска изменения климата, вызванного деятельностью человека, его потенциального воздействия и вариантов адаптации и смягчения последствий.

Задача была распределена по трем рабочим группам:

#### Рабочая группа 1:

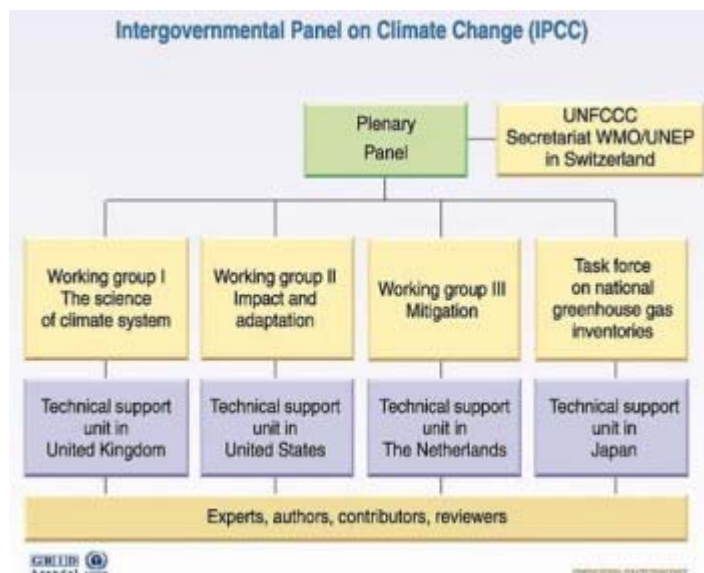
Научные аспекты относительно климатической системы и изменения климата. (Что мы знаем о нашем климате?)

#### Рабочая группа 2:

Чувствительность и адаптация общества, экономики и природы к последствиям изменения климата. (Подвергнуты ли мы опасности от того?)

#### Рабочая группа 3:

Оценивает варианты ограничения выбросов парниковых газов. (Что мы можем сделать?)



Структура МГЭИК. Источник: UNFCCC



### Климат прошлых геологических эр

Мы знаем теперь, что поверхность Земли нагревается. Мы знаем теперь, что уровень углекислого газа последних 50-100 лет превзошел тот диапазон, который был устойчивым в течение всего развития человеческих цивилизаций (Вавилон, Египет, Римская империя). И мы знаем также, что мы должны реагировать на это.



При этом мы знаем также, что наша реакция будет замедленной, и мы еще круче будем направляться в сторону изменения климата. Возникает только вопрос, как планета Земля будет реагировать на это. Нам необходимо это знать, так как мы должны приспособиться.

В сущности, для матери-Земли потепление поверхности приблизительно на 2-3°C не является трагедией. Ученый-палеоклиматолог, изучая климат прошлого, опирается на исследование осадочных пород, ледяных монолитов и, для менее отдаленных времен, колец деревьев. Земля “говорит” нам, что в течение прошлых 600 миллионов лет климат был и теплее, и прохладнее чем в настоящее время.

В это время обитали животные, которые значительно отличаются от тех, которые населяют мир сейчас, например динозавры. Тогда существовал только один континент, распределение тепла в океане было намного более равномерным. Только, когда прежний суперконтинент (на верхнем рисунке) раскололся и стал дрейфовать к теперешнему своему положению, климат начал развиваться и стал приближаться к существующему сегодня.

В течение прошедших 65 миллионов лет были

времена, несомненно, гораздо более теплые, чем сегодня, даже включая умеренное потепление климата.

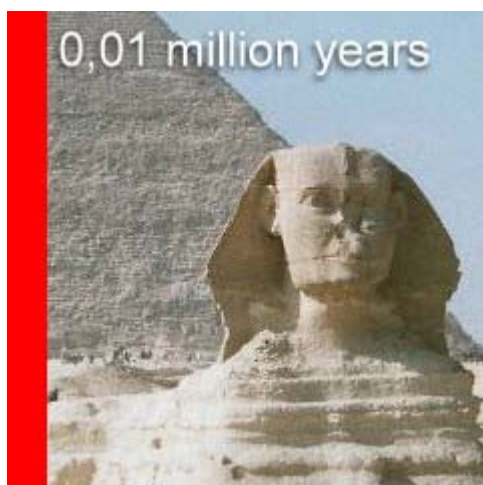


Кроме того, уровень моря был несколькими метрами выше. На рисунке слева карта земного шара в эоцене – приблизительно 50 миллионов лет назад. За последние два миллиона лет, которые являлись временем развития человечества, чередовались ледниковые и межледниковые периоды.

Исследователь Миланкович объясняет это, его теперь подтвержденной теорией, что наклон земной оси изменяется между 22 и 24 градусами по определенным циклам, приблизительно каждые 41 000 лет.

Параллельно, расстояние между Землей и Солнцем изменяется по циклам каждые 11 000 и 22 000 лет, и сама земная орбита изменяется по циклам каждые 100 000 и 400 000 лет – от эллипса к кругу. Всеми этими астрономическими изменениями можно объяснить наблюдаемое чередование ледниковых и теплых периодов.

С чередованием ледниковых и межледниковых периодов, менялось и содержание углекислого газа в воздухе (однако, за прошедшие 800 000 лет никогда так много, как за последние 100 лет). А еще и изменение солёности – из-за поступления пресной воды от тающего льда.



В течение нескольких лет часто имели место сильные изменения из-за разрушения ледяных глыб. Такие изменения в океанских потоках могут привести к резкому их взаимодействию и к быстрому изменению климата.

Но уже 10 000 лет (0,01 миллиона лет) мы живем в очень устойчивом межледниковом периоде. В это время развивались высокие человеческие цивилизации, и они явно извлекли выгоду из устойчивых природных условий.

Однако, глобальный климат уже имел некоторые подъёмы и спады на геологической шкале времени, но, за последние 10 000 лет – менее значительные. Планета всегда возвращалась к равновесию.

Мы должны знать, что такие чрезвычайные изменения всегда вызывают исчезновение многих разновидностей живой природы, которые не в состоянии адаптироваться

достаточно быстро. Это может случиться и с белыми медведями, кораллами и многими другими животными и растениями. Мы, люди как разновидность природы, с нашими биологическими корнями, многочисленными городами у всемирного океана, нашим земледелием, использованием природы и нашей культурой – мы также сильно адаптировались к устойчивым условиям климата последних 10 000 лет.

\*Мы должны принять во внимание, что имеется намного больше метеорологических станций в развитых странах (Европа, США), и что получено немного данных из мало населенных регионов (пустыни, Сибирь, приполярные районы, океаны). Чтобы получить глобальную среднюю температуру, необходимы средние арифметические взвешенные данные.