

Глава 18.

Эффект Аррениуса.

Происхождение второй рукописи загадочно – столь же загадочно, как и её содержание. Георгий Анатольевич вручил мне её вскоре после того, как определилась тема моего отчёт-экзамена. Он сказал, что эта рукопись может оказаться полезной для моей работы, во всяком случае, она способна вывести меня из плоскости обыденных размышлений. Этих слов его я тогда не понял, не понимаю я их и сейчас. Видимо, не так-то просто вывести меня из плоскости обыденных размышлений.

А. и Б. Стругацкие «Отягощённые злом»

В предыдущей главе вы рассмотрели гипотезу антропогенного катастрофического изменения климата (ГАКИК), причём по оси времени откладывали периоды в тысячи и даже миллионы лет. С точки зрения *«Пределов роста»* – время громадное, а мы пытаемся, вслед за авторами бестселлеров 1972 и 2012 годов, выдать прогноз «всего лишь» до конца XXI века.

Даже о том, что происходило в науках о климате за последние 200 лет, сторонники ГАКИК честно писать уже разучились, приходится лезть в первоисточники.

Нам пишут, будто термин «парниковый эффект» был введён в оборот знаменитым физиком и инженером Жаном Батистом Жозефом Фурье (1768-1830) в статье 1827 года *«Заметки о температуре земного шара и межпланетного пространства»*³⁵⁶. Фурье цитирует там эксперимент геолога и альпиниста Ораса Бенедикта де Соссюра (1740-1799):

Эксперимент состоит в том, что сосуд, закрытый одним или несколькими листами высокопрозрачного стекла, расположенных на некотором расстоянии друг от друга, около полудня выставляется под прямые лучи Солнца[...] Термометры, размещённые в сосуде и в пространствах между пластинами, регистрируют степень тепла, приобретённого в этих полостях. В ходе различных экспериментов наблюдалось, что термометр в сосуде поднимается до 70°, 80°, 100°, 110° по шкале Реомюра или даже выше. Термометры, помещённые в промежутки между листами стекла, показывают намного более низкую степень приобретённого тепла, постепенно уменьшаясь от основания коробки до верхнего среза.

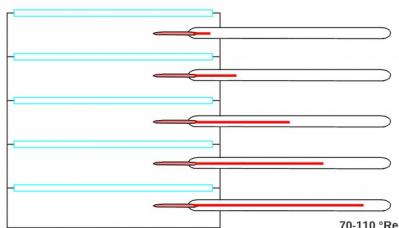
Фурье признаётся, что эксперимента сам не проводил. Температура в 110° Реомюра, то есть 137°Ц, представляется совершенно нереальной³⁵⁷; мои собственные замеры с использованием сделанной полукустарным способом духовки дают до 96°Ц градусов в безоблачный летний полдень при температуре воздуха (в тени) выше 25°. Подозреваю, что моя духовка не самая лучшая, оттого привожу данные с официального ресурса продвинутых энтузиастов³⁵⁸. Они получили на 7° больше.

356 Jean-Baptiste-Joseph Fourier, *Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires*, Mémoires d'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France VII 570-604, 182

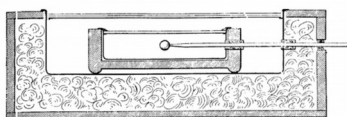
357 Переводчик R.T.Pierrehumbert пытается объяснить, что Фурье не разобрался и принял градусы Цельсия в письме де Соссюра за градусы Реомюра. Вполне возможно. Это только подтверждает, что Фурье эксперимент де Соссюра не проверял и сам никуда термометры не вонзал.

358 <http://solarcooking.org/newsarchive.htm> Добиться температур свыше 100° можно с применением зеркал

d'être guidé dans cet examen par une théorie mathématique régulière. On doit au célèbre voyageur M. de Saussure une expérience qui paraît très-propre à éclaircir cette question. Elle consiste à exposer aux rayons du soleil un vase couvert d'une ou de plusieurs lames de verre bien transparent, placées à quelque distance les unes au-dessus des autres. L'intérieur du vase est garni d'une enveloppe épaisse de liège noir, propre à recevoir et à conserver la chaleur. L'air échauffé est contenu de toutes parts, soit dans l'intérieur de la boîte, soit dans chaque intervalle compris entre deux plaques. Des thermomètres placés dans ce vase et dans les intervalles supérieurs marquent le degré de chaleur acquise dans chacune de ces capacités. Cet instrument a été exposé au soleil vers l'heure de midi, et l'on a vu, dans diverses expériences, le thermomètre du vase élever à 70, 80, 100, 110 degrés et au-delà (division octogésimale). Les thermomètres placés dans les intervalles ont acquis des degrés de chaleur beaucoup moindres; et qui décroissent depuis le fond de la boîte jusqu'à l'intervalle supérieur.

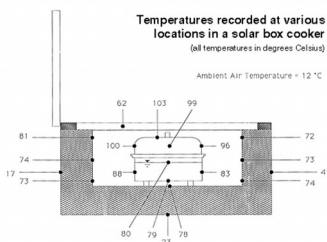


Как Фурье представлял эксперимент де Соссюра



Cross-section of Langley's hot box, which was similar to de Saussure's later models. A thermometer penetrating the walls at right was used to measure the air temperature inside the inner box.

Как делал эксперимент Орас де Соссюр



Современный эксперимент с солнечной духовкой

Главное, правда, не абсолютная температура, а то, что *между* стёклами никто температур не измерял. Если бы это было сделано, де Соссюр с удивлением увидел бы, что добавление стёкол, при достаточном времени наблюдений, температуру во внутреннем сосуде практически не меняет! Первым, кто за 120 лет эксперимент де Соссюра решил проверить, был знаменитый физик Роберт Уильям Вуд (1868-1955; этот парень вообще был неподражаемый спец в области «повтори и опровергни»). Всё опубликовано³⁵⁹. На ошибках великих мы учимся и учим! Эксперимент Вуда легко воспроизводится в рамках лабораторного практикума по физике в средней школе, но вместо каменной соли сейчас используют акриловый пластик. Да, Вуд прав, а де Соссюр и Фурье – ошибались. Повторяйте классические эксперименты почаще!

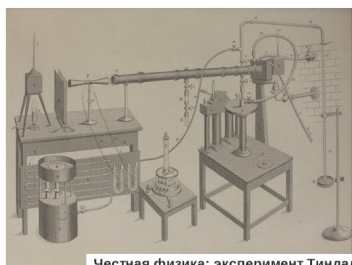
Притом, эксперименты надо *повторять*, а не *подделывать*. В школах часто демонстрируют «парниковый эффект», выставляя на солнце две склянки с термометрами, в одну налит уксус с содой для выделения углекислоты. Школьникам вещают при этом, будто «повторили знаменитый эксперимент Тиндаля»³⁶⁰. Нифига не повторили. У Тиндаля (в 1860 году!) были в эксперименте: инфракрасный (ИК) фильтр, очистка газов от паров воды, контроль температуры газа, «склянка» длиною в пару ~~метров~~ ярдов, термопара с уникальным для того времени сверхточным гальванометром... А всё, что физичка своими градусниками доказала: «водяной пар имеет бóльшую теплопроводность по сравнению с сухим воздухом», да и то не количественно.

(«концентраторов»), но у де Соссюра зеркал ведь не было. В моих экспериментах я направляю зеркало духовки в сторону.

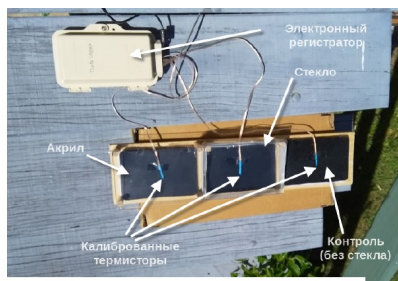
359 Professor R. W. Wood, *Note on the Theory of the Greenhouse* Philosophical Magazine in 1909 (Vol. 17, pp. 319-320)

360 В качестве альтернативного изобретателя термина «парниковый эффект» иногда называют популяризатора науки и блестящего экспериментатора Джона Тиндаля (Tyndall, 1820-1893), эксперимент которого приведён выше. Я не смог обнаружить у Тиндаля ни одной публикации с использованием терминов «greenhouse» либо «hot-house», более того, в 1896 году Аррениус пишет: «...Тиндаль полагает, что водяной пар имеет гораздо большее значение в излучении с поверхности Земли, в то время как Леклер и Пернтер считают, что углекислота важнее» (стр. 239).

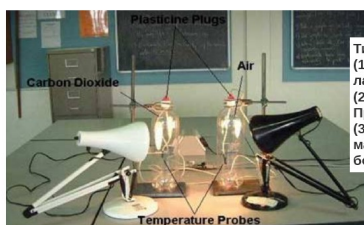
Эффект поглощения/переизлучения в линейных размерах двухлитровой банки (скажем, 15 см) простым школьным термометром вообще зарегистрирован быть не может – от углекислоты там примерно 0.03 градуса разницы, остальное приходится на другие эффекты, например нагрев *стенок* вашей посуды ИК-излучением на десятки градусов Цельсия.



Честная физика: эксперимент Тиндалля



Честная физика: воспроизводим эксперимент Вуда



Типичное вранье:
 (1) Обратите внимание, как расположены лампы!
 (2) А где у нас будет контрольный термометр? Правильно, Вовочка! В ж... Садись, пять!
 (3) Кстати, те лампочки, что можно купить в магазине, имеют разброс светимости в 10% и более.

Во вранье замечены не только простые школьные физички, но и британские учёные. Доктор-профессор, сэр (то бишь рыцарь ордена Британской империи) Дэйвид Кинг вешал школьникам лапшу на уши с экрана «BBC»³⁶¹. Американские сэры не отстают, хотя им слегка мешает отсутствие докторских степеней и британских орденов. С телеэкрана школьной учебной программы дуэтом лгали политик Ал Гор и «популяризатор науки» Билл Най.

Фурье никто критиковать не собирается – он отражал воззрения физики начала XIX века, например, совершенно пренебрегал конвекцией. Атмосферу Земли с парником учёный никогда не сравнивал, слова «парниковый» (*de serre*) по отношению к атмосфере не употреблял, про углекислый газ и химический состав атмосферы не писал ровным счётом ничего.

Первая модель с зависимостью глобальных температур от углекислоты в атмосфере, насколько научному сообществу известно, была выполнена в 1896 году³⁶² химиком Сванте Августом Аррениусом (1859-1927, фото на заставке этой главы). К моменту, когда Аррениус писал свою статью, наука вперёд ушла, и статья Фурье уже представляла сугубо историческую ценность. Аррениус первый сравнил атмосферу с парником и приписал это сравнение Фурье: «Фурье считал, что атмосфера работает *подобно стеклу парника*, пропуская к земной поверхности видимые лучи Солнца и задерживая

³⁶¹ <https://wattsupwiththat.com/2009/12/24/bbc-botches-grade-school-co2-science-experiment-on-live-tv-with-independent-lab-results-to-prove-it/>

³⁶² Svante Arrhenius, *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground*, Philosophical Magazine and Journal of Science, Series 5, Volume 41, April 1896, стр. 237-276.

невидимые лучи, испускаемые этой поверхностью» (стр. 237). Но и сам Аррениус термин «парниковый эффект» (greenhouse effect) по отношению к атмосфере Земли тоже не использовал.

Фурье, Тиндаль и Аррениус были честными учёными XIX века и работали в рамках научной парадигмы своего столетия. Аппаратуры, способной удовлетворительно мерить поглощение в ИК-диапазоне, ещё не существовало. В докладе Тиндаля о поглощении в газах³⁶³ 36 страниц, из них 5 посвящено собственноручной намотке катушек гальванометра и встреченным при этом проблемам. Тиндаль со своим аппаратом доказал, что разные газы: кислород, азот, углекислота, сероводород, и так далее – поглощают свет немного по-разному. Несмотря на все усилия, точных числовых значений гениальный экспериментатор выдать не смог и оттого оценил качественно: «*В малых концентрациях [то есть при пониженном давлении] углекислый газ поглощает примерно в 150 сильнее, чем та же концентрация кислорода. При нормальном атмосферном давлении поглощение чистой углекислоты примерно в 100 выше, чем у чистого кислорода*» (стр. E2). Таково было состояние экспериментальной физики того времени: скорость света образца 1862 года в эксперименте Фуко-Уитстоуна – $298'000 \pm 500$ км/с; значение из 2018 года: $299'792.4580 \pm 0.0005$. Фуко даже погрешность своих измерений оценил слишком оптимистично: надо было писать « $298'000 \pm 1\%$ км/с». На аппарате Фуко точность лучше одного процента в принципе недостижима.

Аррениус использовал в своей работе значения светимости Луны, полученные в 1880-х астрофизиком Самюэлем Пирпентом Ленгли (1834-1906). Чем выше Луна над горизонтом, тем меньшую толщу атмосферы приходится лунному свету пронзать – ну и далее математика.

TABLE VII.—Variation of Temperature caused by a given Variation of Carbonic Acid.

Latitude.	Carbonic Acid=0.67.						Carbonic Acid=1.5.						Carbonic Acid=2.0.						Carbonic Acid=2.5.						Carbonic Acid=3.0.						
	Dec- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	Dec- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	Dec- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	Dec- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	Dec- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	Dec- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	
70	-2.2	-3.0	-3.4	-3.1	-3.1	3.3	3.4	3.8	3.6	3.32	6.0	6.1	6.0	6.1	6.05	7.9	8.0	7.9	8.0	7.95	9.1	9.3	9.4	9.4	9.3						
60	-3.0	-3.2	-3.4	-3.3	-3.22	3.4	3.7	3.6	3.8	3.62	6.1	6.1	5.8	6.1	6.02	8.0	8.0	7.6	7.9	7.85	9.3	9.5	8.9	9.5	9.3						
50	-3.2	-3.3	-3.3	-3.4	-3.3	3.7	3.8	3.4	3.7	3.65	6.1	6.1	5.5	6.0	5.92	8.0	7.9	7.0	7.9	7.7	9.5	9.4	8.6	9.2	9.17						
40	-3.4	-3.4	-3.2	-3.3	-3.32	3.7	3.6	3.3	3.5	3.52	6.0	5.8	5.4	5.6	5.7	7.9	7.6	6.9	7.3	7.42	9.3	9.0	8.2	8.8	8.82						
30	-3.3	-3.2	-3.1	-3.1	-3.17	3.5	3.3	3.2	3.5	3.47	5.6	5.4	5.0	5.2	5.3	7.2	7.0	6.6	6.7	6.85	8.7	8.3	7.5	7.9	8.1						
20	-3.1	-3.1	-3.0	-3.1	-3.07	3.5	3.2	3.1	3.2	3.25	5.2	5.0	4.9	5.0	5.02	6.7	6.6	6.3	6.6	6.52	7.9	7.5	7.2	7.5	7.52						
10	-3.1	-3.0	-3.0	-3.0	-3.02	3.2	3.2	3.1	3.1	3.15	5.0	5.0	4.9	4.9	4.93	6.6	6.4	6.3	6.4	6.42	7.4	7.3	7.2	7.3	7.3						
0	-3.0	-3.0	-3.1	-3.0	-3.02	3.1	3.1	3.2	3.2	3.15	4.0	4.0	5.0	5.0	4.95	6.4	6.4	6.6	6.6	6.5	7.3	7.3	7.4	7.4	7.35						
-10	-3.1	-3.1	-3.2	-3.1	-3.12	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	5.0	5.0	5.2	5.1	5.07	6.6	6.6	6.7	6.7	6.65	7.4	7.5	8.0	7.6	7.62						
-20	-3.1	-3.2	-3.3	-3.2	-3.2	3.2	3.2	3.4	3.3	3.27	5.2	5.3	5.5	5.4	5.33	6.7	6.8	7.0	7.0	6.85	7.9	8.1	8.6	8.3	8.22						
-30	-3.3	-3.3	-3.4	-3.4	-3.35	3.4	3.5	3.7	3.5	3.52	5.5	5.6	5.8	5.6	5.62	7.0	7.2	7.7	7.4	7.32	8.6	8.7	9.1	8.8	8.8						
-40	-3.4	-3.4	-3.3	-3.4	-3.37	3.6	3.7	3.8	3.7	3.7	5.8	6.0	6.0	6.0	5.95	7.7	7.9	7.9	7.9	7.85	9.1	9.2	9.4	9.3	9.25						
-50	-3.2	-3.3	—	—	—	3.8	3.7	—	—	—	6.0	6.1	—	—	—	—	—	—	—	—	9.4	9.5	—	—	—						
-60																															

266 Prof. S. Arrhenius on the Influence of Carbonic Acid

363 John Tyndall, *The Bakerian Lecture: On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours, and on the Physical Connexion of Radiation, Absorption, and Conduction*, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 151 (1861), стр. 1-36.

Математики было много, вычисления заняли около года. В результате Аррениус получил, что при сокращении концентрации CO_2 в атмосфере на одну треть (от 290 ppm во времена Аррениуса до 190 ppm), температура планеты понизится в среднем на 3.2°C . Аррениус проверить экспериментом свои вычисления не мог, но мы, по данным скважины «Восток» и другим ледовым кернам, проверить вполне способны. Двадцать тысяч лет назад концентрация углекислоты была как раз 190 ppmv, а температура в Антарктиде – ниже на $9\text{--}11^\circ\text{C}$. Раз в Антарктиде на 10° холоднее, по планете в среднем вполне может быть на три градуса ниже. Зачёт! У Аррениуса приполярные температуры изменяются сильнее, чем тропические. Тоже зачёт.

Однако есть и проблема: у Аррениуса в модели летние и зимние температуры снижаются в унисон: по 3.2°C , различие в две сотых несущественно. Современные данные говорят, что при наступлении ледникового периода зимние температуры в умеренных широтах должны снижаться существенно быстрее летних, из-за снежного и ледового альбедо. Вычисление показано в предыдущей главе, формула {17.5}.

Теперь проверим в другую сторону. При увеличении концентрации CO_2 на 50% Аррениус обещал потепление климата: в среднем по планете (исключая полярные широты) – на 3.4°C , зимних температур – на 3.2, летних – на 3.4. Плюс пятьдесят процентов от уровня углекислоты времён Аррениуса – это 435 ppmv. По данным обсерватории Мауна Лоа (файл находится в Цифровом приложении), в 2018 году было 408.5 ppmv. Повышения глобальных температур на три градуса что-то не наблюдается. При удвоении концентрации углекислоты Аррениус насчитал в разных климатических зонах от 4.95 до 6.05°C .

Если по чести, то термин «парниковый эффект» нужно заменить на «эффект атмосферного одеяла» («air blanket effect») или, ещё лучше, на «эффект Аррениуса» – по имени первого автора. Как доказал Вуд в 1909, и как сейчас может проверить каждый девятиклассник, физика разогрева поверхности Земли от поступления в атмосферу свободного углекислого газа к сельскохозяйственному строению класса «парник/теплица» (и к солнечным духовкам тоже) никакого отношения не имеет! Уравнения совсем другие; эффект на два порядка слабее.

О выбросах углекислого газа человеком Аррениус не упоминал, ограничившись геологией. Временной горизонт Аррениуса – тысячи или десятки тысяч лет. Критики отмечали, что попытка объяснить ледниковые периоды *исключительно* углекислотой неизбежно требует геологических катастроф. Например, извержение супервулкана вызывает огромный выброс углекислого газа, планета нагревается; затем растительность, кораллы и планктон за какое-то время потребляют углекислоту из атмосферы, и планета остывает, оставаясь в этом замороженном состоянии бесконечно, если только не случится новое извержение или столкновение с метановой кометой... Такая гипотеза имела право на существование в конце XIX века, пока не было

бурения в Антарктиде и Гренландии, и геологи не знали про цикличность ледниковых периодов в 80-120 тысяч лет. Теперь катастрофические гипотезы вступают в противоречие с массой накопленных геологических наблюдений и замеров. Как минимум, вы должны найти следы четырёх катаклизмов, происходивших примерно 330, 240, 140, и 16 ± 2 тысяч лет назад – это «геологическое вчера», там следов не обнаружено, хотя их интенсивно искали.

После статьи Аррениуса в теоретической климатологии возникло сорокалетнее затишье. В начале 1930-х за дело принялся настоящий британский учёный инженер-теплотехник Гай Стюарт Каллендар (Callendar, 1898 – 1964)³⁶⁴. Каллендар первый указал на сжигание ископаемого топлива как источник «дополнительного» углекислого газа в атмосфере. Правда, по скорости накопления CO_2 инженер сильно ошибся: он полагал, что в 2000 году будет 335 ppmv, в 2100 – 396, в 2200 – 458. По факту 396 ppmv получилось в 2013 году, по состоянию на конец 2018 – уже 408, а 458 мы достигнем, согласно прикидкам из главы 9, где-то между 2040 и 2055 годами, опережая предсказание Каллендара на 150 лет. Винить инженера за ошибку нельзя: он не мог предсказать аппетиты цивилизации³⁶⁵.

На основании доступных в ту пору данных по спектральному поглощению углекислоты и водяного пара³⁶⁶ Каллендар рассчитал повышение средних температур от концентрации CO_2 в атмосфере. График, подсчитанный на логарифмической линейке и нарисованный Каллендаром от руки, приводится ниже (я выполнил оцифровку и расставил точки).

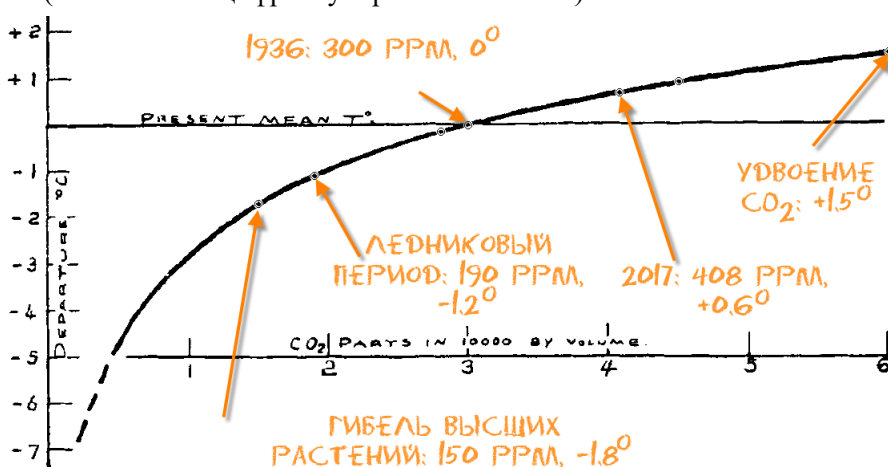


FIG. 2.—Change of surface temperature with atmospheric carbon dioxide (H_2O vapour pressure, 7.5 mm. Hg.)

Политический бомонд ГАКИК, превознося Каллендара за «открытие

364 Callendar, G. S., *The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature*, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1938, стр. 223-240.

365 Аналогично не верил в безразмерные человеческие аппетиты М.К.Хабберт в 1956 году. График по углю на странице 294, а по нефти – на стр. 321.

366 H. Rubens and E. Aschkinass, *Observations on the Absorption and Emission of Aqueous Vapor and Carbon Dioxide in the Infra-Red Spectrum*, Astrophysical Journal 8 (1898) стр. 176.

человеческого фактора» в области климата, как-то всё забывает сообщить читателям об абсолютной *величине* рассчитанного эффекта. Потепление у инженера, конечно, антропогенное, но вовсе не «катастрофическое». Снижение в ледниковых периодах – от 1.2 до 1.8°С в среднем по планете. Все значения – примерно в 3-4 раза *меньше*, чем оценка Аррениуса.

Вот, к примеру, обзорная статья «Сравнение моделей Аррениуса и Каллендара с современными моделями климата» за авторством известного сторонника ГАКИК Фила Джонса (кстати, одного из ведущих персонажей «Климатейта») с соратниками³⁶⁷. Формула Каллендара проста как грабли – во всех странах мира инженеров учат выражаться просто, но точно:

$$\Delta T = 1.5 \log_2 \frac{P_{CO_2}}{300}$$

Если вы увеличили концентрацию вдвое, до 600 ppmv, должно получиться изменение температуры ровно на $1.5 \log_2 2 = 1.5^\circ\text{C}$. Логарифм по основанию два от двойки можно взять в уме, не правда ли? Джонсу число «1.5» сильно не нравится, будто в известном мультике про прошлогодний снег: «маловато будет!» Начинаются камлания. Выдержки в таблице ниже – из статьи Джонса. Я преобразовал шаманские пляски с бубном к нормальному виду:

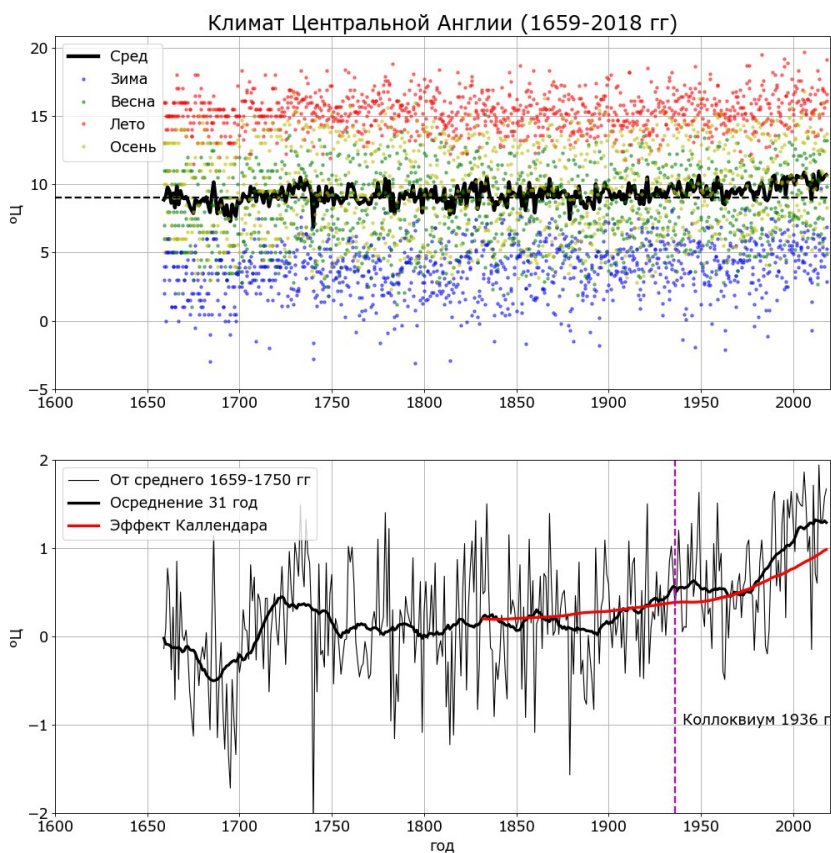
<p>twenty-first century (next section), we fitted a single exponential for the range $220 \leq p\text{CO}_2 \leq 600$ ppm (encompassing all $p\text{CO}_2$ greater than the preindustrial value of 280 ppm;³⁹ $p\text{CO}_2$ is the partial pressure of CO_2 in air):</p> $\Delta T = 2.28 \ln(p\text{CO}_2/100) - 2.50, \tag{1}$ <p>where ΔT is change in surface temperature of the Earth in $^\circ\text{C}$ and atmospheric $p\text{CO}_2$ is in parts per million</p> <p>(in Callendar's graph, as shown in Figure 5a, it is in parts per ten thousand). The equations indicate that, for today's $p\text{CO}_2$ levels in the atmosphere (just over 400 ppm), a doubling of CO_2 would lead to a temperature rise of roughly 1.6°C (Eq. (1); $1.6 = 2.28 \ln(2)$), not accounting for other feedbacks in the climate system.</p>	$\Delta T = 2.28 \ln\left(\frac{P_{CO_2}}{100}\right) - 2.50$ $\Delta T = 2.28 \left[\ln\left(\frac{P_{CO_2}}{100}\right) - 1.096 \right]$ $\Delta T = 2.28 \left[\ln\left(\frac{P_{CO_2}}{100}\right) - \ln(3) \right]$ $\Delta T = 2.28 \ln\left(\frac{P_{CO_2}}{300}\right)$ $\Delta T = 1.58 \log_2\left(\frac{P_{CO_2}}{300}\right)$
Подтасовка в статье Джонса (стр 182, внизу)	Преобразование формулы

Джонс не только совершает подлог, заменяя «1.5» на «1.58», но и маскирует число натуральным логарифмом, превращая коэффициент в «2.28». Джонсу требуется именно число в районе 2.5 – об этом чуть ниже. Следует откровенное забалтывание читателя (выделение моё): «уравнение показывает, что *при нынешней концентрации углекислоты в атмосфере (около 400 ppmv)*, удвоение концентрации приведёт к росту температуры на $1.6 = 2.28 \ln(2)$

³⁶⁷ Thomas R. Anderson, Ed Hawkins and Philip D. Jones, *CO2, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models*, Endeavour Vol. 40 No.3, 2016, стр. 178-187.

градуса». А не при «нынешней»? Вот если бы в атмосфере было не 400 ppmv, а всего 218? Удвоение, как ни странно, приведёт к тем же 1.58° (ну или 1.50° , как в оригинале). Логарифм он такой вот логарифм! Демагогия в статье имеет простейшую цель: убедить читателя, что оригинал Каллендара *читать не надо*, а тем более не надо ничего читать с калькулятором в руках.

По оценке Каллендара, с 1936 года по 2018 температура Земли должна была возрасти на $1.5 \log_2(409/300) = \frac{2}{3}^\circ\text{C}$. С начала «индустриального периода» – примерно с 1750 года по 2018 – $1.5 \log_2(409/280) = \frac{4}{5}^\circ$. Сравнение результата Каллендара с климатической базой Центральной Англии выполняется программой **Chapter 18\Test_01_CE_Temperature.py** В качестве реальной концентрации CO₂ в атмосфере используются замеры обсерватории «Мауна Лоа» и анализ ледового ядра скважины «Купол Ло»³⁶⁸.



В те достославные времена просто так в журналах не публиковали³⁶⁹. Это сейчас раздел «Обсуждение» пишут сами авторы, возражая заочным реальным

³⁶⁸ Полное описание в главе 9 на стр. 192. Данные в Цифровом приложении.

³⁶⁹ Традиция дожила до 1970-х: в главе 6 было, как на коллоквиуме раздолбали «открытия» доктора Дж. Кэлхуна. В 2001 – уже всё: там же в 6 главе описано, как украинские «специалисты» отказали Ж.Лагерреру в праве публично задать автору монографии о неорганическом происхождении каменного угля пару-тройку неудобных вопросов.

либо даже вообще виртуальным воображаемым оппонентам. В 1936 году состоялся коллоквиум – официальный и очень очный – с участием Каллендара и королевских метеорологов: сэра (рыцаря ордена Британской империи и кавалера ордена Бани) Джорджа Кларка Симпсона, докторов Уиппла и Брукса, доктора-профессора Д. Бранта, и ещё десятка сотрудников меньшего калибра из обсерватории Рэдклифф. Каллендара уважительно послушали, а затем сообщили ему:

Сэр Джордж: многие не-метеорологи, пытающиеся заниматься проблемами погоды и климата, плохо понимают, что подсчётом только излучения рассчитать распределение атмосферных температур невозможно. Во-первых, атмосфера почти никогда не находится в состоянии термического равновесия, во-вторых, распределение температур зависит главным образом не от излучения, а от циркуляции [...] Наконец, изменение за 50 лет [от эффекта Каллендара] не превышает тех изменений, что наблюдались ранее [когда углекислота не менялась]. Вероятно, мы имеем дело с естественной фазой изменчивости климата[...]

Профессор Брант: [...] Изменение среднегодовых температур за последние 30 лет [то есть с 1906 по 1936 гг.] – не больше, чем климатические изменения, проходившие во второй половине XVIII столетия, даже если принять во внимание недостаточную точность метеорологических инструментов того времени.

В Англии среднемесячные температуры более или менее надёжно мерили с 1659 года. Посмотрите внимательно на график выше и попробуйте угадать, отчего IPCC обрывает все свои графики слева 1750 годом или даже более поздней датой. Вопрос риторический, конечно. Если нарисовать данные с примерно 1680 по 1730 годы, «беспрецедентный рост документированных температур» внезапно становится «прецедентным», хе-хе! Причём данные эти получены на штучках, для измерения температуры как раз и предназначенных, – термометрами³⁷⁰, а не по годовым кольцам канадской пихты и не по компьютерным моделям.

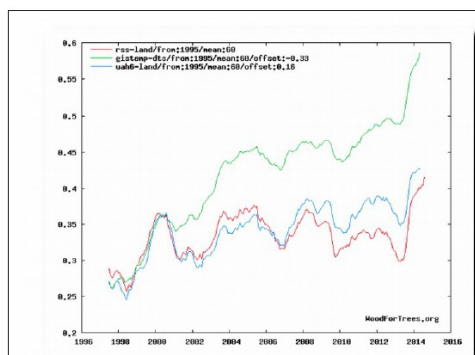
Про «подделку» данных наземных и морских метеостанций не пишет в Интернете только ленивый, и доля правды есть. Желаящие могут обратиться к объективному разбору погрешностей базы данных HadCRUT в кандидатской диссертации Джона Мак-Лина из австралийского университета им. Джеймса Кука³⁷¹. Среди прочего обнаружено фривольное использование британскими учёными (тем же доктором Филом Джонсом) градусов Фаренгейта вместо градусов Цельсия, когда, к примеру, в Румынии погоды стоят по +80° (а потом осредняем!) Мы не обвиняем Джонса в *намеренной* подтасовке, просто выдача политкорректных результатов для университета Восточной Англии важнее, чем аккуратная работа с данными. Только нарисовалась в программе «правильная» кривая – перепроверка исходников прекращается.

Административными мерами независимые измерения начали подгонять под дутый «консенсус». В мире существует две конторы, вычисляющие глобальные температуры по спутниковым данным: «*Remote Sensing System*» (RSS) и Центр климатических исследований при университете Алабамы в

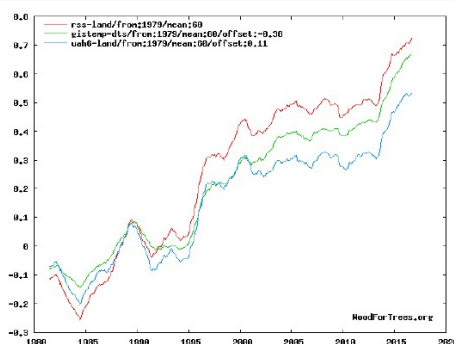
³⁷⁰ Заявляют, что термометры XVII века были несовершенны, а метеорологические будки системы Стивенсона (на Родине Слонов их зовут будками Селянинова) внедрили после 1864 года. Так и есть. Однако термометры XVII века всё одно точнее, чем годовые кольца деревьев, где замер идёт по бинарному принципу «тёплый год — холодный год».

³⁷¹ McLean, John D, *An audit of uncertainties in the HadCRUT4 temperature anomaly dataset plus the investigation of three other contemporary climate issues*, PhD thesis, James Cook University.

Хантсвилле (УАН, это там работают Кристи и Спенсер, про которых рассказывалось в главе 17). При расчётах RSS и УАН используются одни и те же спутники: «TIROS-N» (трудился на орбите с конца 1978 по 81 гг), «NOAA» с номерами от 6 (запущен в 1979) до 20 (по состоянию на начало 2019 года функционируют 15-й, 19-й и 20-й), «Aqua» (запущен в 2002) и тройка «MetOp» (первый запущен в 2006, последний в 2018). До 2016 года алгоритмы RSS и УАН взаимно подтверждали друг друга и шли на 0.2°Ц ниже данных метеостанций в базе данных GISSTEMP. В новой версии³⁷² сотрудники RSS стали большими католиками, чем сам Папа римский³⁷³.



RSS версия 3.3 (красная линия), УАН версия 6.0 (синяя), НАСА GISSTEMP (зелёная). Так данные выглядели в апреле 2017 г.



RSS версия 4.0 (красная линия), УАН версия 6.0 (синяя), НАСА GISSTEMP (зелёная). Так данные выглядели с марта 2018 г.

Что по одним и тем же данным одних и тех же спутников получаются разные температуры, удивлять не должно. Обсуждение погрешностей метеонаблюдений крепко перемешано с политическим гуано, а подвижку аномалии обсуждать и смысла нет: систематическая ошибка просто от замены будки Стивенсона на новомодную автоматическую и очень компактную MMTS, любовно называемую у метеорологов «Mickey Mouse Temperature Station»³⁷⁴ может превышать пару градусов, а если ещё эту станцию пришурупить к южной стене полицейского участка, над закатанной асфальтом парковкой, да прямо под выхлопом внешней коробки кондиционера, глобальное потепление вас впечатлит. На картинке ниже – две установки MMTS, которые NOAA считало «надёжными», пока их не сфотографировал Энтони Уоттс³⁷⁵.

В университете Небраски на полигоне разместили – по стандарту – десяток метеостанций разной конструкции, но с одним и тем же электронным термометром HMP45C и сравнивали наблюдения. Получилась систематическая разница $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ³⁷⁶. В реальных метеостанциях используются

372 Carl A. Mears and Frank J. Wentz, *Sensitivity of Satellite-Derived Tropospheric Temperature Trends to the Diurnal Cycle Adjustment*, doi 10.1175/JCLI-D-15-0744.1

373 <http://www.woodfortrees.org/plot/rss-land/from:1979/mean:60/plot/gistemp-dts/from:1979/mean:60/offset:-0.38/plot/uah6-land/from:1979/mean:60/offset:0.11>

374 Ибо только гений миниатюризации Майкл Ф. Маус сумел разместить сенсор температуры воздуха в 3 см от радиатора микроконтроллера.

375 <https://wattsupwiththat.com/2007/06/06/my-summer-project-a-national-weather-station-audit/>

376 Frank, Patrick, *Uncertainty in the Global Average Surface Air Temperature Index: A Representative Lower*

не только НМР45С, но и масса прочих. В той же статье Патрик Франк подробно разбирает систематические погрешности морских буёв и других устройств, заключая, что вследствие непрерывного обновления, ремонта, модификации и замены оборудования мы не знаем – и не можем знать – аномалию глобальных температур между 1880 и 2000 гг с точностью лучшей, чем $\pm 0.46^\circ$ (одно стандартное отклонение)³⁷⁷.



Эффект Аррениуса реализуется двумя путями: при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере «почти мгновенно» (за пару десятилетий) температура поверхности подскакивает на величину **TCR** (transient climate response – быстрая реакция климата). Далее, по мере плавления льдов и прогрева океана, за несколько сотен лет, температура плавно растёт до величины **ECS** (equilibrium climate sensitivity, равновесная чувствительность климата). Каллендар полагал, что накопление антропогенного CO_2 в атмосфере произойдёт за 150-250 лет, а для такого предположения **TCR** не требуется.

Когда логарифмические линейки окончательно заменились электронными компьютерами, климатологи принялись интегрировать спектры поглощения, считать альбеда, конвекцию, испарение воды с поверхности и многие другие эффекты. Каждый делал прикидки на свой лад. Ситуацию 1975 года отлично обрисовал в своём мета-анализе американский метеоролог Стивен Шнайдер³⁷⁸ (одна из его таблиц представлена ниже). Критически проанализировав массу работ, он выдал собственную оценку: при удвоении концентрации углекислоты

Limit. Energy & Environment, 2010.

377 Не следует путать **разрешение** отдельного термометра (у современных электронных термометров порядка $\pm 0.01^\circ\text{C}$) и **точность** наблюдаемой аномалии. В качестве простейшего теоретического примера, пусть метеостанции «А» и «В» с 1900 по 1980 годы измеряли температуры вручную обычными стеклянными термометрами с разрешением $\pm 0.5^\circ\text{C}$. В 1981 году метеостанция «В» закрылась, на станции «А» поставили автомат с электронным термометром и разрешением $\pm 0.01^\circ\text{C}$, а где-то рядом поставили станцию «Х», тоже с электронным термометром. Неопределённость температурной аномалии станции «А» с 1900 по 2000 годы: $\pm 0.5^\circ\text{C}$ (грубые наблюдения до 1981 г). Неопределённость температурной аномалии станции «В» с 1900 по 2000 годы: **бесконечность** (данные за 1981-2000 годы отсутствуют). Неопределённость температурной аномалии станции «Х» с 1900 по 2000 годы: **бесконечность** (данные за 1900-1980 годы отсутствуют). Региональная неопределённость по трём станциям: $\pm 0.5^\circ\text{C}$ (по неопределённости станции «А» с непрерывными наблюдениями). Это совсем не значит, что оборудование не надо чинить или менять: в 2080 году, предполагая что станции «А» и «Х» продолжают работу, и оборудование поддерживается в приличном состоянии, мы будем знать региональную аномалию за 1981-2080 годы с точностью около $\pm 0.01^\circ\text{C}$... Так бы оно и было, если бы полицейские не поставили в 2000 году возле метеостанции «А» газовый мангал!

378 Stephen H. Schneider, *On the Carbon Dioxide–Climate Confusion*, JAS, Vol 33, 1975, стр. 2060-2066

в атмосфере ожидаемое ECS от 1.5 до 3.0°K (или Ц), при средней оценке 1.7°.

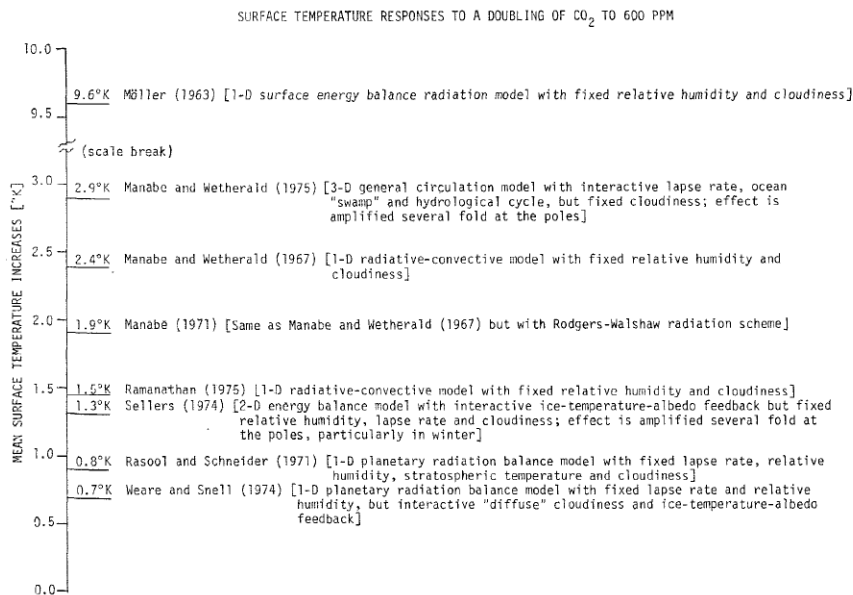


FIG. 1. Mean surface temperature sensitivity of various models to a doubling in the concentration of atmospheric carbon dioxide (γ_2). For the reasons discussed in the text a state-of-the-art order-of-magnitude estimate is suggested between 1.5 and 3 K, but that the combined effects of improperly modeled climatic feedback mechanisms could, roughly, enhance or reduce this estimate by as much as a factor of 4.

Это всего на 0.2° выше оценки Каллендара, и мало кого пугало, оттого IPCC в первом отчёте подняла планку: от 1.9 до 4.5° при среднем 2.5° (вот почему Джонсу очень нужен коэффициент больше двойки). Дальнейшая история «научного консенсуса» представлена в таблице.

Оценка	Потепление (°C) при удвоении концентрации CO ₂	Потепление (°C) от уровня 1750 года при концентрации CO ₂ 410 ppmv
Каллендар, 1938	1.5	0.8
Шнайдер, 1975	1.5-3.0	0.8-1.7
Чарни, 1979 ³⁷⁹	1.5-4.5	0.8-2.5
IPCC, 1990	2.5 (5–95%: 1.9–5.2)	1.4 (5–95%: 1.1–2.9)
IPCC, 1995	2.5 (5–95%: 1.5–4.5)	1.4 (5–95%: 0.8–2.5)
IPCC, 2001	2.5 (5–95%: 1.5–4.5)	1.4 (5–95%: 0.8–2.5)
IPCC, 2007	Приводится обзор оценок в литературе: от 0.3 до 8.6 (!) При моделировании IPCC использован диапазон 2.1-4.4	При 0.3: 0.2 При 2.1: 1.2 При 4.4: 2.4 При 8.6: 4.7
IPCC, 2013	5–95%: 1.5–4.5 0.1–99.9%: 1.0–6.0	5–95%: 0.8–2.5 0.1–99.9%: 0.6–3.3
Льюис и Карри, 2018	1.66 (5–95%: 1.15–2.7)	0.9 (5–95%: 0.6–1.5)

³⁷⁹ Charney, J. G., *Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment*. National Academies, Science Press, Washington, DC, 1979

Какие дискуссии велись в кулуарах IPCC, мы вряд ли узнаем с документальной точностью (кулуары на то и кулуары, что протоколов не пишут). Можно высказать *гипотезу*, что в 2007 году учёные из рабочей группы № 1 уже стеснялись использовать среднее 2.5° и тем более не могли обосновать максимальную оценку 4.5° , однако политический бомонд резонно указывал, что ниже 4.5° верхняя оценка быть не может, а то IPCC придётся распустить за ненадобностью. Отчёт 2013 года пошёл по пути наименьшего сопротивления: в качестве оценки процитировали... собственный отчёт 2001 года и присовокупили предельные значения: «от менее 1 до более 6 градусов» – с вероятностью 0.1% («highly unlikely»).

Наиболее свежая – и вполне объективная – оценка сделана в статье Николаса Льюиса и Джудит Карри 2018 года³⁸⁰: $ECS=1.66^{\circ}$ (диапазон от 1.15 до 2.70), $TCR=1.33^{\circ}$ (диапазон от 1.00 до 1.90). Не обладая данными спутников, не имея под рукой ледовых кернов «Восток» и «Купол Ло», до метеорологических наблюдений в Антарктиде и до морских ныряющих буёв, на логарифмической линейке и арифмометре, просто инженерным чутьём – и с толикой инженерской удачи – Гай Каллендар угадал значение ECS с точностью около 10%.

Модель Аррениуса была «полуторамерной» (1.5D): в качестве первого измерения использовалась широта местности, а время – половинка второго измерения – оценивалось в пределах четырёх сезонов одного года. Теплоёмкость атмосферы, поверхности суши и воды в океанах, а также плавление/замерзание льда не учитывались совсем. Перемешиванием атмосферы и гидросферы вследствие ветров и океанических течений тоже пришлось пренебречь. Температуры за полярным кругом Аррениус в таблице не приводит, так как в январе на Северном полюсе (и в июле на Южном) по формулам Аррениуса выходит $-270^{\circ}C$. Модель Каллендара – чисто одномерная (1D) – распределение поглощения в атмосфере от высоты над уровнем моря. Модели Будыко и Селларса – двумерные (2D): зависят от широты местности и геологического времени.

Современные климатические модели – четырёхмерные (4D): например, модель GISS³⁸¹ включает долготу, широту, высоту над уровнем моря (а также температуру нескольких слоёв воды в океане) и время. Чтобы что-то достойное посчитать за обозримое время, вам потребуется кластер на Linux, 88 процессорных ядер и по 1 Гб памяти на каждое ядро. Модель НАСА 1980 года превратили в коммерческий продукт и продают за 200 баксов³⁸², но *без предоставления исходного кода*. Как конкретно простая модель считает, понять невозможно, а благодаря развитому графическому пользовательскому интерфейсу запустить неполиткорректный сценарий, например, с повышенной облачностью, – затруднительно. Упрощённая российско-немецкая модель³⁸³

380 Nicholas Lewis and Judith Curry, *The impact of recent forcing and ocean heat uptake data on estimates of climate sensitivity*, Journal of Climate, 2018, doi 10.1175/JCLI-D-17-0667.1.

381 <https://www.giss.nasa.gov/tools/modelE/>

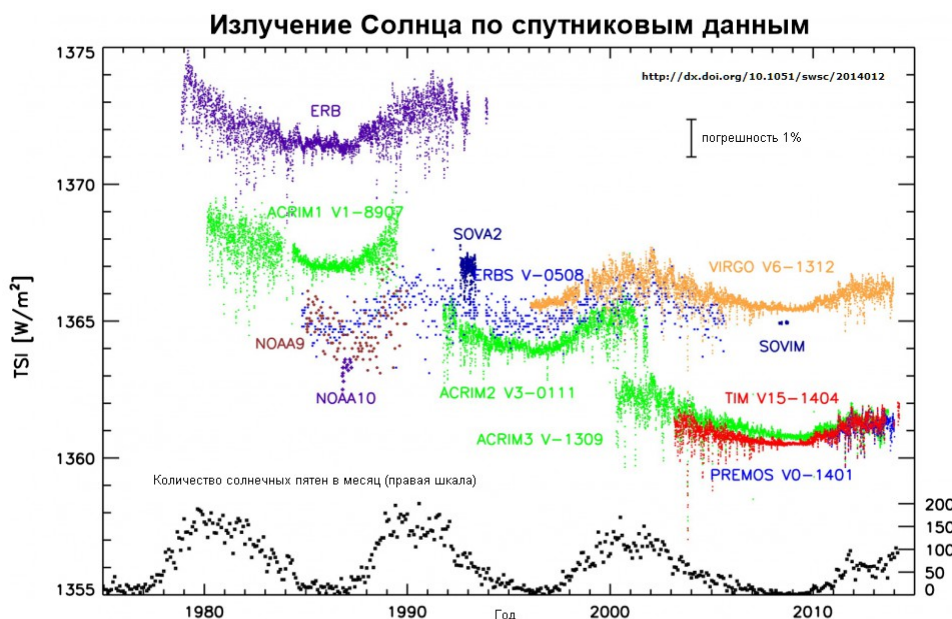
382 <http://edgcm.columbia.edu/purchasing/>

383 <https://www.geosci-model-dev.net/11/665/2018/gmd-11-665-2018.pdf> Sonja Totz, Alexey V. Eliseev, Stefan

пока находится в разработке. Есть надежда, что код получится прозрачным, и его опубликуют.

Большинство исходных параметров в 4D моделях исследователи выбирают произвольно. Честные пишут: «я так вижу» или «нам так нравится». Кое-кто пытается обосновать выбор упражнениями в аристотелевской философии – простой ссылкой на авторитет: «Профессор У в статье от 1994 года показал, что...»

Например, «солнечную постоянную» w_s мы можем измерить при помощи спутников, но сами измерения имеют абсолютную погрешность более $\pm 3\%$, притом всего два спутника (ERBS и VIRGO) отработали более одного солнечного цикла (11 лет), а два полных цикла не работал ни один.

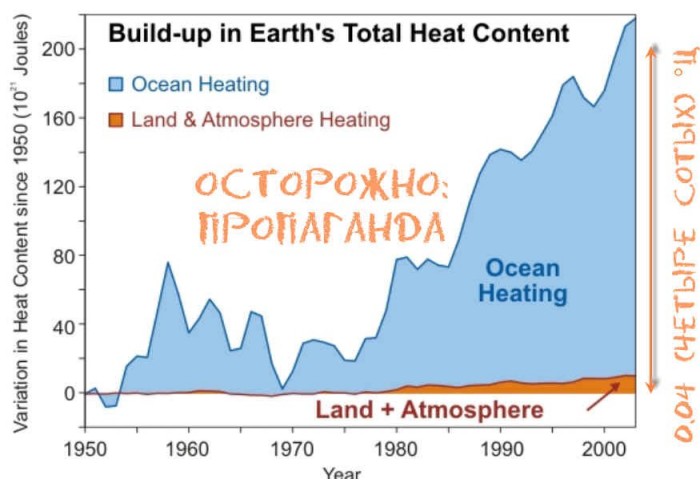


Количество солнечных пятен – мы наблюдаем их в телескопы, спутники не нужны, – снижается: на пике солнечного цикла 1979 года регистрировали до 250 пятен в месяц, в 1990 – 210, в 2001 – 170, в 2013 – около 110. Кто-то полагает, что ничего не будет, и вставляет в модель стабильное излучение Солнца 1361.5 Вт/м^2 . Кто-то считает что в 2030 произойдёт нечто вроде минимума Дальтона (с 1790 по 1830 гг), когда на замёрзшей Темзе была ярмарка, а солдат Наполеона бил не только фельдмаршал Голенищев-Кутузов, но и генерал Мороз-Русский. Кто-то считает³⁸⁴, что наступит аналог минимума Маундера (с 1645 по 1715 гг) – и вообще снова Малый ледниковый период.

Petri, Michael Flechsig, Levke Caesar, Vladimir Petoukhov, and Dim Coumou *The dynamical core of the Aeolus 1.0 statistical-dynamical atmosphere model: validation and parameter optimization*, Geosci. Model Dev., 11, 665–679, 2018

384 Simon J. Shepherd, Sergei I. Zharkov, and Valentina V. Zharkova, *PREDICTION OF SOLAR ACTIVITY FROM SOLAR BACKGROUND MAGNETIC FIELD VARIATIONS IN CYCLES 21–23*, The Astrophysical Journal, 795:46 (8pp), 2014

Накопление тепловой энергии в океанах и, соответственно, тепловое расширение воды – ещё одна проблема климатических моделей. Ниже представлена страшилка 2011 года от Джона «Консенсуса» Кука³⁸⁵:



Оказывается, с 1950 года уже $200 \cdot 10^{21}$ джоуля накопилось! Во скока! Жуть. И не жуть совсем. Масса мирового океана $1.4 \pm 0.1 \cdot 10^{21}$ кг. На каждый килограмм воды приходится, таким образом, по 140 джоулей, а теплоёмкость морской воды – $3'900 \text{ Дж/кг/}^\circ\text{C}$. Вся шкала, снизу доверху – менее 0.04°C . Меня повышение глобальных температур на четыре сотые градуса – даже если бы у нас были инструменты, способные эти сотые доли замерить, – совершенно не пугает. Как вас?

Можно и иначе прикинуть. Пусть на 1°C прогревается лишь самый верхний слой океана. Нагрев на $200 \cdot 10^{21} \text{ Дж}$ – это $5.1 \cdot 10^{16}$ тонн или $5.0 \cdot 10^{16}$ кубометров морской воды. Площадь мирового океана – $3.612 \cdot 10^{14} \text{ м}^2$, а толщина прогретшегося на один градус слоя – около 140 м. При этом график подразумевает, что мы знаем положение границы прогрева с точностью до пары метров по всей планете!

Прикинем, на сколько может подняться уровень мирового океана вследствие потепления климата. В ледовом щите Гренландии $2'850'000 \text{ км}^3$ льда, или $2.6 \cdot 10^{15}$ тонн. Площадь океанов Земли: $3.61 \cdot 10^{14} \text{ м}^2$. Если весь лёд Гренландии расплавить, повышение уровня океана составит 7.2 м. Аналогично для Антарктики: $26'500'000 \text{ км}^3$ льда, $24.3 \cdot 10^{15} \text{ т}$. От разморозки получим 67.5 м. Повышение уровня моря вследствие термического расширения $1.332 \cdot 10^{18} \text{ м}^3$ морской воды при нагреве на 10 (целых десять) градусов Цельсия: $1,332 \cdot 10^{18} \cdot 207 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 2.8 \cdot 10^{15} \text{ м}^3$; делим на площадь выше, получаем 7.6 метра. Из-за увеличения гидростатического давления будет чуть меньше. Всего получается примерно $7.2 + 67.2 + 7.6 = 82$ метра.

При самом ужасном скоростном потеплении воздуха на 10 градусов,

385 <https://skepticalscience.com/The-Earth-continues-to-build-up-heat.html>

потепление океана и плавление полярных шапок займёт не менее 10'000 лет, то есть запредельная скорость повышения уровня моря $82/10'000=8.2$ мм в год, или 82 см в столетие. Заметит это разве что Бангладеш. Выжав кнопку «Паника» до упора, ИРСС насчитала от 26 до 98 см с 2000 по 2100 годы ([32], стр. 1140)³⁸⁶. К чести учёных ИРСС, там написано: «уверенность низкая». Политикам про «низкую уверенность» доложить забыли, а сказали просто: «Ну, максимум, метр!» Ал Гор, точно по Фрейду, превратил метр в 12 метров и затопил Нью-Йорк вместе с Новым Орлеаном.

Геологи Гору на слово не верят. Полярная шапка Гренландии пережила не менее 10 млн лет, или 100 раз по периоду такому же либо теплее нынешнего (например, Микулинский был на несколько градусов теплее нашего с вами голоцена, а уровень моря на 5 м выше). Ледник Антарктики – 34 млн лет, то есть более 300 циклов потепления/похолодания. Раз Гренландия и Антарктика до сих пор с нами, за них можно не волноваться. Окончательное расплавление обеих – вследствие перемещения материковых плит – ожидается не ранее 35'000'000 года от Рождества Христова.

Аналогично никто не может предсказать поведение в будущем вулканов, облачности, аэрозолей в верхних слоях атмосферы. Но самое главное, даже накопление углекислоты в атмосфере можно предсказать лишь приблизительно.

Непрерывно циркулируют конспирологические теории о связи между «Римским клубом», «Пределами роста» и деятельностью ИРСС. Вот, к примеру, доктор-профессор экономических наук В.Ю.Касатонов³⁸⁷ пишет (выделение моё, орфография оригинала):

*Наиболее яркий пример – раздувание гипотезы о глобальном климатическом изменении [sic!] (потеплении) в результате «парникового эффекта». А указанный эффект является следствием повышения концентрации углекислого газа в атмосфере планеты в результате выбросов этого газа промышленностью и транспортом. Сейчас трудно сказать, кто первый запустил в оборот такую версию. Но я прекрасно помню, что еще в начале 70-х годов эта версия имела статус «гипотезы» [...] Римский клуб совместно с ООН и такими специализированными его органами, как ЮНЕП, ВМО и др., к 80-м годам прошлого столетия **выработали** [sic!] следующий план борьбы с надвигающейся угрозой климатической катастрофы[...] Об этой климатической афере и противодействии ей со стороны международного научного сообщества можно прочесть в материале «Глобальное потепление и озоновые дыры – наукообразные мифы» (<http://www.vestnik.com/issues/98/1013/win/moldav.htm>). Это интервью, данное членом-корреспондентом РАН Андреем Капицей, сыном того профессора Петра Капицы, который был членом Римского клуба.*

Погрешности согласования единственного и множественного числа спишем на готовившего статью литнегра. Не знаю, насколько компетентен Касатонов в экономике. На кафедре международных финансов МГИМО, может, и принято нести отсебятину, а естествознание любит точность. Кто конкретно и когда

³⁸⁶ Далее на стр. 1147 ИРСС приводит данные с 1700 по 2010 гг: повышение на 48 см за 310 лет, то есть 0.15 мм в год. Кроме повышения уровня океана, наступление моря на сушу может происходить из-за естественного снижения пористости горных пород или тектонических подвижек. Есть и обратные процессы. Например освобождённая от массивных ледников Скандинавия поднялась за последние 15 тысяч лет на полсотни метров, а мы получили великолепные фьорды.

³⁸⁷ Римский клуб: «Парниковая» афера, https://tsargrad.tv/articles/rimskij-klub-parnikovaja-afera_162916 (14 Октября 2018) скачано в ноябре 2018 г.

конкретно придумал эффект Аррениуса – угадайте с трёх раз. Членом «Римского клуба» академик, нобелевский лауреат по физике Пётр Леонидович Капица (1894-1984) никогда не был; в клубе состоял его сын, доктор физ-мат наук, профессор Сергей Петрович Капица (1928-2012) – это *старший брат* доктора географических наук, членкора РАН Андрея Капицы (1931-2011). Ну и остальная статья – это бред об отрицании дарвинизма и жидких масонах пополам с ~~ректором~~ Рокафеллером.

Что «*Пределы роста*» 1972 и 2012 годов финансировались «Римским клубом» – не секрет: там на титульных страницах написано. А вот с публикациями IPCC «*Римский клуб*» практически не связан³⁸⁸, и доказать несложно. В отчёте 1990 года IPCC использовала четыре сценария выбросов углекислого газа:

В сценарии А («если ничего не менять»), при незначительном повышении энергоэффективности хозяйства, энергетика остаётся в основном угольной. [Государственный и международный] контроль за содержанием двуокси углерода недостаточен. Вырубка лесов продолжается до тех пор, пока не истощатся тропические леса; выбросы метана и оксидов азота в сельском хозяйстве ничем не ограничены. Отметим, что по выполненной Рабочей группой III сводке национальных прогнозов выбросы углекислого газа и метана к 2025 году получаются на 10-20% выше, чем в использованном нами модельном прогнозе.

В сценарии В структура энергопотребления смещается в сторону топлива с пониженным содержанием углерода, в частности природного газа. Достигается значительное повышение энергоэффективности хозяйства. Приняты меры для строгого ограничения выбросов углекислого газа; сведение лесов прекращается. Монреальский протокол выполняется в полном объёме.

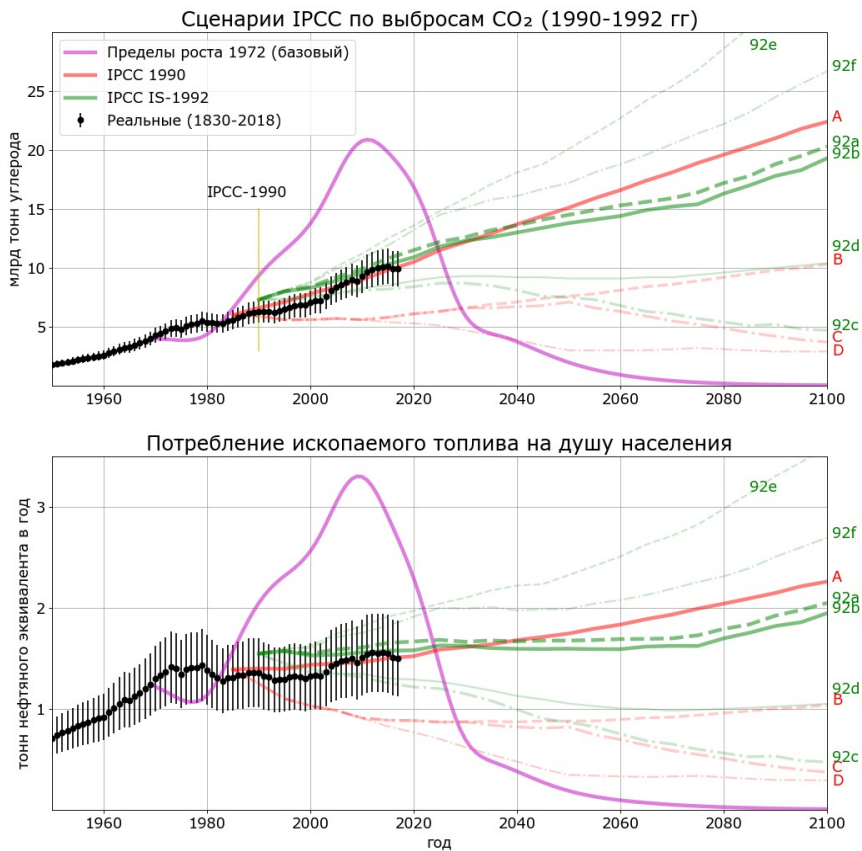
Сценарий С аналогичен сценарию В. Дополнительно, во второй половине XXI столетия происходит переход к ядерной энергии и возобновляемым источникам энергии. Применение фторорганических соединений (фреонов) постепенно прекращается, а сельскохозяйственные выбросы углекислоты ограничиваются.

Сценарий D также аналогичен сценарию В, но предполагает ускоренный (уже в первой половине XXI столетия) переход к ВИЭ и ЯЭ, что значительно сокращает выбросы углекислого газа. Первоначально уменьшаются выбросы в промышленно-развитых странах. Строгое ограничение выбросов в промышленно-развитых странах в сочетании с умеренным ростом выбросов в развивающихся странах помогают стабилизировать концентрацию CO₂ в атмосфере. К середине XXI столетия [промышленные] выбросы углекислого газа уменьшаются до 50% от уровня 1985 года.

В 1990 году IPCC полагала выбросы CO₂ от сжигания ископаемого топлива на уровне 5.7±0.5 Гт углерода в год, плюс 1.5±1.0 Гт углерода в год от сведения лесов. «ВР» указывает для того же 1990 года (от сжигания ископаемого топлива) 5.9 Гт, а наш независимый расчёт из главы 9 (от сжигания ископаемого топлива и производства цемента) дал 6.3±0.6 Гт. Согласно отчёту IPCC, с 1750 по 1986 годы было выброшено 195±20 Гт углерода от сжигания ископаемого топлива и 117±35 Гт от сведения лесов. Наш независимый расчёт из главы 9 дал от за тот же период 209±20 Гт от ископаемого топлива и цемента. Сценарии IPCC рисует программа **Chapter**

388 Заявляют, будто в «Римском клубе» числились первый председатель IPCC Берт Болен (1925-2007), председатель Программы ООН по защите окружающей среды Морис Стронг (1929-2015), а также автор «*Пределов роста*» Деннис Медоуз. Никаких документальных подтверждений этому не найдено, а поиск в Интернете приводит на одни и те же конспирологические ресурсы, например: <https://recyclewashington.wordpress.com/2010/04/29/unraveling-the-club-of-rome-part-1/>. В «Римском клубе», есть члены политического бомонда ГАКИК (например Марк Дебрулле, Тапио Ойянен, и Анитра Торхауг), но в собственно работе IPCC они никак не участвуют. Сотрудники ВМО в «Римском клубе» нет. Автор «*Пределов роста*» профессор Йорген Рандерс – член клуба, но в бомонде ГАКИК и сотрудничестве с IPCC замечен не был. Полный список членов: <https://www.clubofrome.org/membership/>

18\Test_02_CO2_Emissions.py . Тонна углерода (то есть 3.66 тонны CO₂) в атмосфере соответствует 1.13 тонны нефтяного эквивалента³⁸⁹.



Уже в 1992 году экономистам в рабочей группе №3 стало ясно, что сценарий D не реализуются, так как к 2050 году группа №1 требовала снизить потребление ископаемого топлива до уровня 350 кг на душу в год. Достигнуть этого можно только двумя путями:

1. «Развивающиеся» страны перестают «развиваться» и за 20-30 лет скатываются к уровню жизни Чада и Сомали. «Развитые» страны уничтожают промышленность, проедают инфраструктуру и скатываются на тот же уровень жизни, но только помедленнее – лет за 60 или 70. Естественно, этот путь социально неприемлем.
2. Бешеное развитие ядерной энергетики и ВИЭ; промышленный термояд к началу XXI века. Этот путь хороший, годный, да только инженеры говорят, что такими темпами модифицировать энергетику невозможно.

По результатам работы группы №3 IPCC приняла шесть сценариев выбросов углекислоты: 92a и 92b примерно соответствуют сценарию «А» 1990 года, сценарии 92c и 92d – близнецы-братья «С» и «В» соответственно, а чтобы

389 Подробный расчёт в главе 9, стр. 190.

напугать политиков неминуемой катастрофой, добавили сценарии разгульного потребления 92e и 92f. По состоянию на 2018 год неплохо реализуются сценарии А и 92b, а всё остальное уже можно списать на цифровую свалку.

Для сравнения малиновым цветом на графике показана оценка выбросов CO₂ из «*Пределов роста*». В 1972 году авторы исходили из ограниченных запасов ископаемого топлива и обещали пик добычи (по тройке «нефть-уголь-газ») примерно в конце первого или начале второго десятилетия XXI века. Программы Форрестера и Медоуза считались, и книга писалась ещё до нефтяных кризисов 1973 и 1979 годов, оттого к 2010 году абсолютные значения добычи из прогноза не совпали с реальными примерно вдвое. А вот время наступления пика ресурсов, вероятно, совпадает с предсказанием.

Почти поколение спустя, в 1995 году, учёные ИРСС полагали запасы ископаемого топлива не бесконечными, но наверняка достаточными, чтобы наращивать добычу вплоть до конца XXI века. Никакого сокращения населения в моделях ИРСС 1990-95 годов не было, а была полит-корректная демографическая модель ООН, с населением планеты между 13 и 17 миллиардами к 2100 году. Было бы странно, если бы климатологи ИРСС – «климатического департамента ООН», если хотите, – вдруг вступили в спор с демографами из той же организации.

В динамической модели Медоуза 1972 года ограничение потребления ископаемого топлива наступает вследствие *объективных* причин – исчерпания экономических запасов. В моделях ИРСС 1990 и 95 годов то же ограничение – простой волонтаризм: все лидеры мира захотели и *подписали международные соглашения* не повышать температуру планеты на сколько-то градусов.

«*Римский клуб*» в самом деле выступает за ограничение рождаемости и контроль численности населения Земли. Только не говорите, будто он делает это посредством ИРСС. Использовать карьерных бюрократов ООН для ограничения рождаемости в развивающихся странах – как поставить стаю волков на охрану крольчатника. Чем больше голодных ртов на Гаити и в Сомали – тем больше у бюрократа бюджет. «*Римский клуб*» выступает за ограничение сверхпотребления (потребл...дства) – этот мотив звучит чуть ли не в каждой книге, на средства клуба выпущенной. Насчёт того, что «*Римский клуб*» будто бы желает ограничить потребление и строительство инфраструктуры развивающихся стран, – попробуйте доказать ссылкой хотя бы на одну публикацию. Конспирологи отвечают обычно, что «настоящие» публикации клуба секретны, печатаются тиражом три с половиной экземпляра. Перед прочтением – сжечь. Прочитавшего – отравить. И так далее.

Реальность проще. «*Римский клуб*» представляет из себя всего лишь разновидность масонской ложи, только без фартуков, шпаг и наугольников. Состоят там люди обеспеченные и влиятельные: Михаил Горбачёв есть, а Васю Пупкина с раёна почему-то не пригласили. Да, члены клуба могут где-то перетереть с политиками, подкинуть идейку или наоборот – раскритиковать.

Но на этом влияние клуба и кончается. У декабристов (тоже выходцев из масонских лож) были солдатики в подчинении, у Билла Гейтса – имеется ~~рога~~ сотня миллиардов долларов, а у «Римского клуба», кроме болтовни и трёх десятков неплохих книжек, средств давления нет. Оттого действующие политики на клуб обращают внимание только тогда, когда сильно захочется.

В 2000 году вышел специальный отчёт IPCC о сценариях выбросов углекислого и прочих «парниковых» газов³⁹⁰. Отличный пример, что будет, если бюрократов попросить высосать из пальца 600 страниц текста и дать под это «исследование» хороший бюджет.

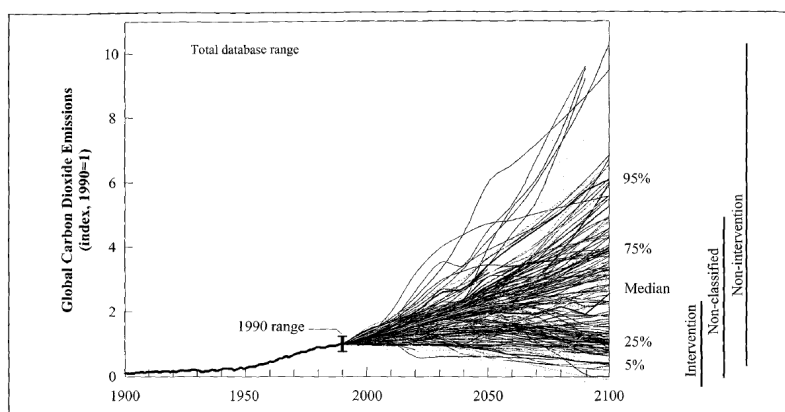


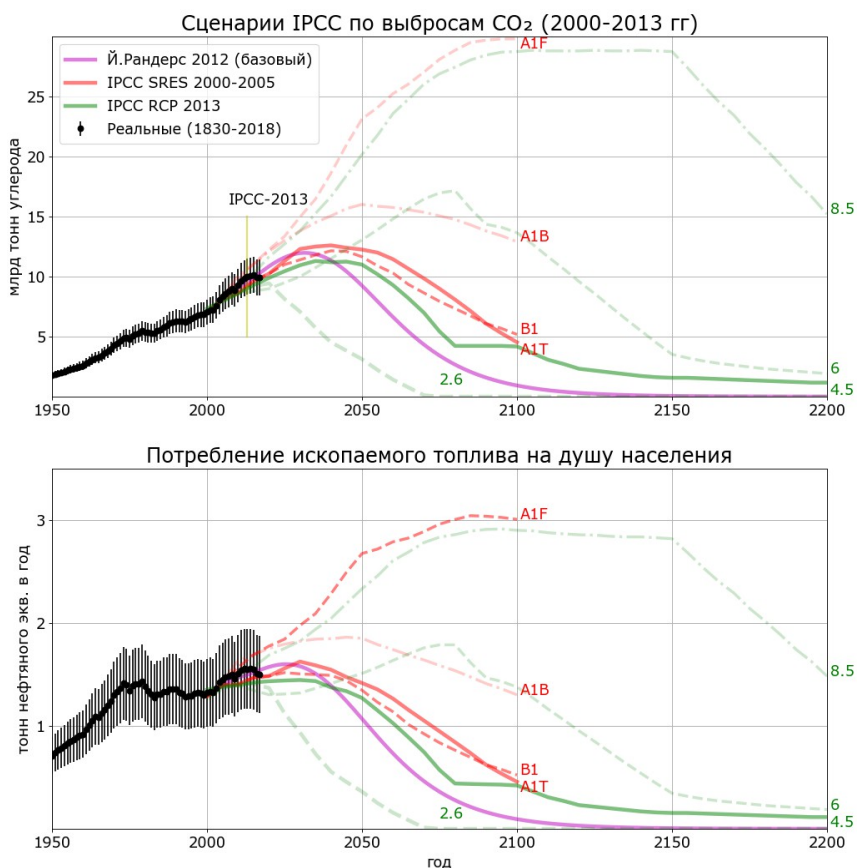
Figure TS-1: Global energy-related and industrial CO₂ emissions – historical development and future scenarios, shown as an index (1990 = 1). The median (50th), the 5th, and 95th percentiles of the frequency distribution are also shown. The statistics

Нафантазировали массу электронных таблиц. Выбросы 1990 года – 6.3 млрд тонн углерода – приняты за единицу. В 2100 году может быть как полный ноль, так и 65 млрд тонн. Если у климатологов из рабочей группы №1 попросить полное моделирование климата хотя бы для половины выдуманных экономистами сценариев, при современной мощности компьютеров на вычисления потребуется 30-40 лет – все коллеги обеспечены работой до конца научной карьеры. А главное, как бы ни пошли выбросы в реальном мире, всегда можно сказать: «Вот, зацените, в сценарии SRES-A1B4-v7.1bis мы именно это и предсказали!» Конечно, всю сотню сценариев климатологи подсчитать не успели. Обратимся к отчётам IPCC 2005 и 2013 годов, которые рисует программа **Chapter 18Test_03_CO2_Emissions.py**. Малиновым показан базовый сценарий из книги Йоргена Рандерса 2012 года [18], подробно разобранный в главе 7.

В 2013 году IPCC заменила сценарии 2000 года на «Представительные сценарии накопления углекислоты» (*Representative Concentration Pathways*,

³⁹⁰ Nebojsa Nakicenovic, Joseph Alcamo, Gerald Davis, Bert de Vries, Joergen Fenhann, Stuart Gaffin, Kermeth Gregory, Amulf Griebler, Tae Yong Jung, Tom Kram, Emilio Lebre La Rovere, Laurie Michaelis, Shunsuke Mori, Tsuneyuki Morita, William Pepper, Hugh Pitcher, Lynn Price, Keywan Riahi, Alexander Roehrl, Hans-Holger Rogner, Alexei Sankovski, Michael Schlesinger, Priyadarshi Shukla, Steven Smith, Robert Swart, Sascha van Rooijen, Nadejda Victor, Zhou Dadi, *IPCC Special Report on Emissions Scenarios*, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2000, ISBN 0 521 80081 1 (жесткая обложка), 0 521 80493 0 (мягкая обложка).

RCP). Число в имени сценария – это дополнительная мощность солнечного излучения, поступающая в атмосферу из-за эффекта Аррениуса: например, «RCP2.6» значит «2.6 Вт/м²». Прогноз был расширен до 2200 года. Заметим, что *все* сценарии RCP стали удовлетворять условию Хабберта {8.2} – бесконечного роста больше нет, а есть пик добычи с последующим снижением. Сценарий RCP8.5 – просто дань уважения сценарию A1F из 2000 года и затраченному на моделирование бюджету. В 2013 году уже было понятно, что такие темпы увеличения добычи технически недостижимы.



Извлекаемые объёмы углеводородного топлива оценены в отчёте IPCC 2013 года[32] на странице 471. Числа получены из выполненной в 2006 году программы «Глобальная оценка запасов» (ГОЗ или GEA)³⁹¹. В отчёте IPCC использованы непривычные единицы: петаграммы углерода (PgC). Нас подобное не пугает. Мы знаем, что 1 PgC – это 10^{15} г или попросту 1 млрд тонн. Вслед за «BP» можно пересчитать углерод в уголь, нефть и газ: это 0.92, 1.19 и 1.56 тонн нефтяного эквивалента соответственно.

Отчёт ГОЗ был, вероятно, политически нагружен, чтобы убедить инвесторов переключаться с каменного угля на «сланцевый» природный газ. Оценка 3P не

³⁹¹ GEA, 2006: *Global Energy Assessment—Toward a Sustainable Future*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA.

включает уголь, который можно добыть вручную или методом ПГУ. Оценка по газу при этом увеличена за счёт теоретической прикидки ещё не разведанных запасов метан-гидратов. Заметим однако, что ИПСС наконец-то осознала фундаментальное ограничение по ископаемому топливу.

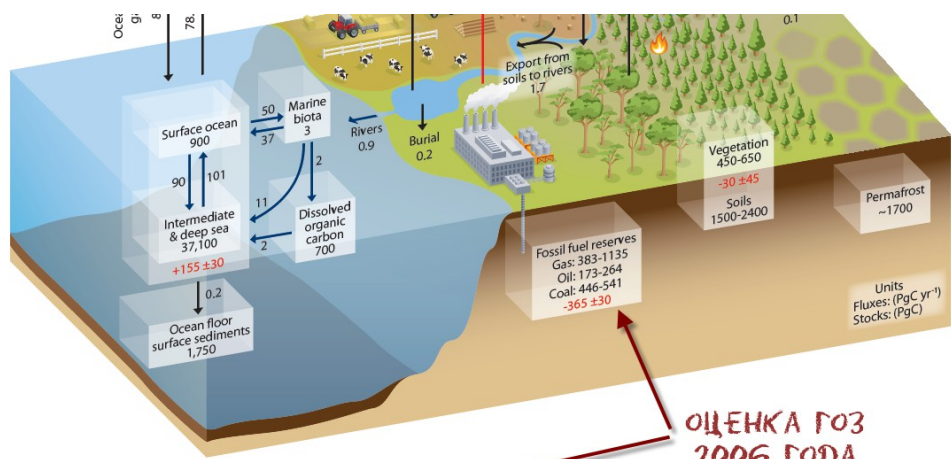


Figure 6.1 | Simplified schematic of the global carbon cycle. Numbers represent reservoir mass, also called ‘carbon stocks’ in PgC (1 PgC = 10¹⁵ gC) and annual carbon exchange fluxes (in PgC yr⁻¹). Black numbers and arrows indicate reservoir mass and exchange fluxes estimated for the time prior to the Industrial Era, about 1750 (see Section 6.1.1.1 for references). Fossil fuel reserves are from GEA (2006) and are consistent with numbers used by IPCC WGIII for future scenarios. The sediment storage is a sum of 150 PgC of the

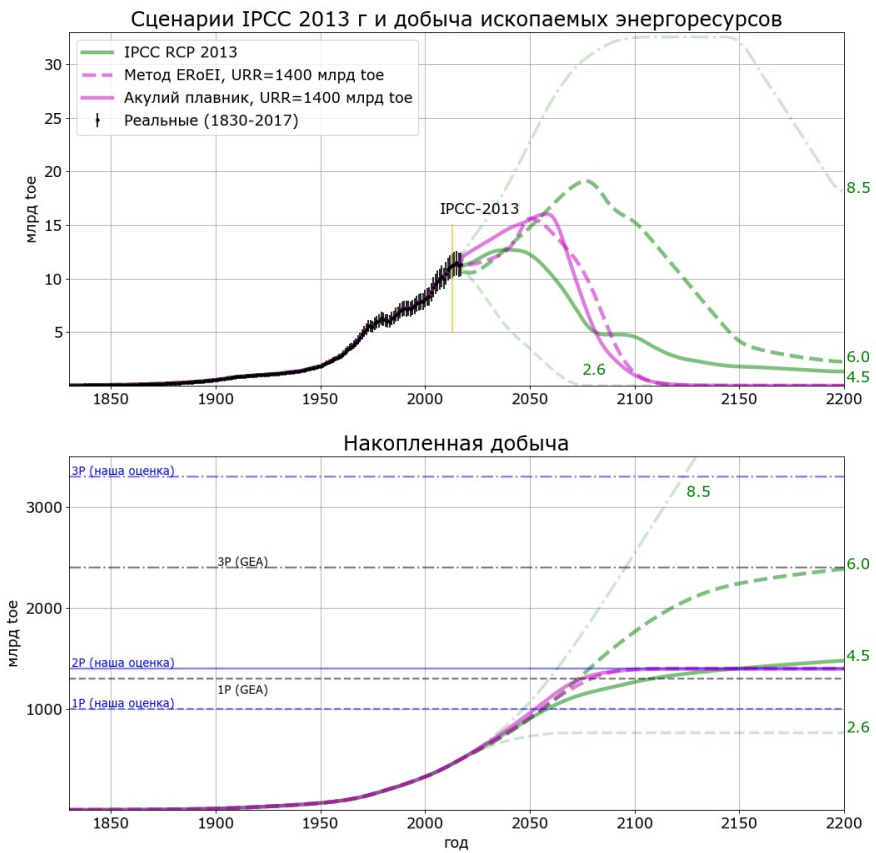
Запасы (1P-3P)	В отчёте GEA 2006 г и расчётные значения		Оценки в главах 13 и 14 этой книги
	PgC	Млрд toe [†]	Млрд toe
Начальные каменного угля ^a	446-541	400-500	400-2'600
Начальные нефти ^b	173-264	200-320	280-400
Начальные природного газа ^c	383-1'135	600-1'770	230-460
Всего ископаемого топлива (URR) ^d		1'300-2'400	1'000-3'300 2P=1400
Добыто с 1750 по 2005 г.	335-395	380-450	
Добыто с 1830 по 2017 г.			450-550
Остаточные ^e на конец 2017 г		800-1'900 2P=1'000	500-2'800 2P=900

[†] Значения округлены до 10 млрд toe
^a Оценка GEA включает только уголь высоких рангов, годный к механизированной добыче
^b Оценка в этой книге включает в объём нефти газовый конденсат и LTO.
^c Оценка GEA включает в запасы газа конденсат, LTO и метан-гидраты.
^d Вероятностная оценка, полагая лог-нормальное распределение (по методу из главы 13)
^e Включая потенциальные не открытые.

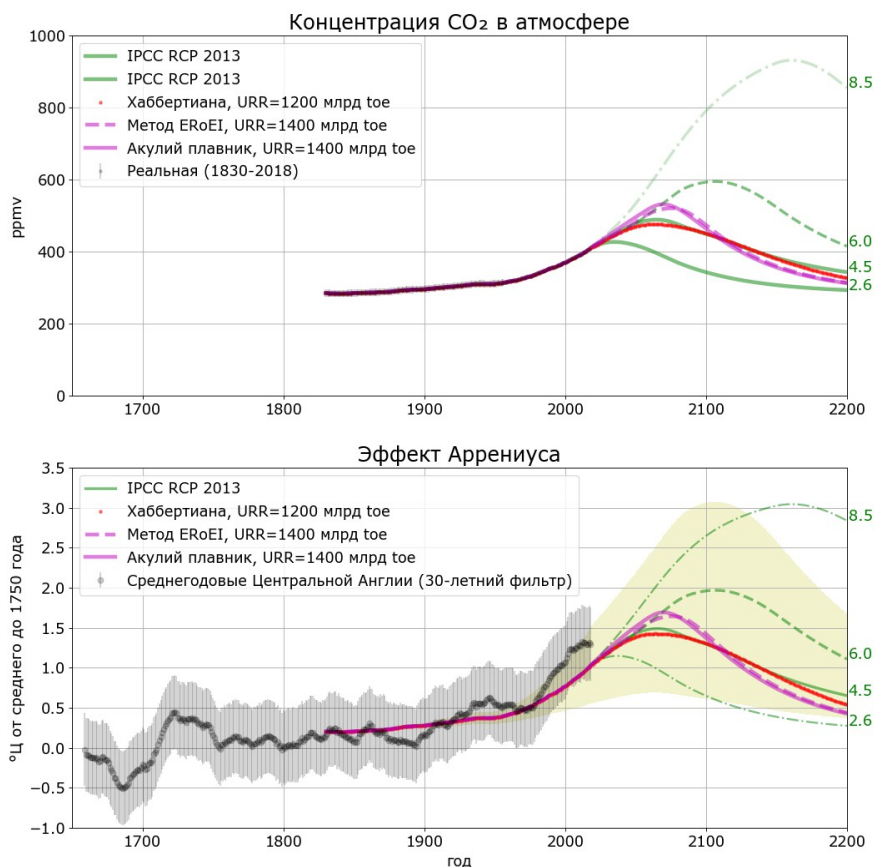
Смена парадигмы произошла не только в головах учёных, но и в головах

политиков. В 18-19 мая 2012 года в Кэмп-Дэвиде состоялось 38-е совещание «Большой восьмёрки». В отличие от других лет, совещание проходило в узком кругу, а наблюдателей, кроме Евросоюза, не пригласили. Среди обсуждавшихся вопросов было два: (1) сокращение выбросов «парниковых» газов от авиации, (2) – внезапно – сброс на открытый рынок нефти из стратегических хранилищ с целью снизить цены – а «Бrent» стоил тогда около \$110 за баррель с отскоками до \$130. Освещавшие саммит журналисты чесали в затылке: как можно за завтраком дополнительные налоги на авиабилеты обсуждать, а за обедом – снижение цен на нефть? Взаимоисключающие параграфы? Оказывается, обсуждать не можно, а нужно. Добровольно-принудительное снижение числа авиапассажиров и снижение нефтяного ценника – взаимосвязаны.

Программа **Chapter 18/Test_04_CO2_Emissions.py** сравнивает оценочные запасы IPCC/GEA с нашими оценками из глав 13 и 14:



Сценарий RCP8.5 исчерпает извлекаемые запасы по оценке GEA ещё до 2100 года. Малиновые кривые – сценарии EROI и «Акулий плавник», рассмотренные в главах 15 и 16 этой книги. Общие антропогенные выбросы углекислоты близки к сценарию RCP4.5. Уровни CO₂ в атмосфере и глобальное повышение температур считает программа **Chapter**



Максимальный «парниковый» эффект будет достигнут в 2070 году: от 1.0 до 2.7°Ц выше значений «до индустриального периода» (с вероятностью 5-95%; наиболее вероятное значение +1.7°). К 2100 году повышение температур вследствие антропогенных выбросов углекислоты будет даже меньше: от 0.6° до 3.1° (вероятнее всего, 1.4°). К этому значению можно добавить не более 0.5° от выбросов других «парниковых» газов: метана и фреонов. Одновременно с повышением глобальных температур вследствие эффекта Аррениуса может произойти естественное изменение климата примерно на $\pm 1^\circ$, как это уже происходило, например, с 1685 по 1725 гг. На фоне неопределённости оценки глобальных температур – не лучше $\pm 0.5^\circ$ – антропогенное влияние будет заметно, но мало значимо.

Можно высказать осторожную гипотезу, что «катастрофическое глобальное потепление» уже используется в современном обществе в качестве политкорректного *эвфемизма* – заменителя понятия «исчерпание ресурсов». В XIX веке нельзя было сказать «господин X трахает госпожу Y». Говорили, что X и Y вместе «гуляют» или «читают романы». Примерно так же нельзя в XXI веке сказать: «нефть надо экономить, потому что надолго её не хватит». Следует говорить: «надо меньше нефти жечь, чтобы глобального потепления не было».

А истощение ресурсов – до сих пор социальное табу. В следующий раз, как будете болтать за жизнь в баре, попробуйте упомянуть Пик нефти. Сколько собеседников вежливо отойдёт в сторонку?

А пока итоги главы:

- Первая работа о влиянии концентрации углекислого газа на климат выполнена Сванте Аррениусом в 1896 году, далее моделированием эффекта занимались с середины 1930-х.
- Удовлетворительной модели климата пока нет. Причина в малой величине эффекта – порядка $0.01\text{--}0.02^\circ\text{C}$ в год – и недостаточной точности глобальных климатических наблюдений (не лучше $\pm 0.46^\circ\text{C}$). Кроме того, нет хороших данных и по многим другим входным параметрам компьютерных моделей: солнечной активности, распределению снежного покрова и облачности, концентрации аэрозолей от промышленности и вулканов в атмосфере, и т. п. Численные модели климата имеют огромные погрешности, а аналитического решения систем уравнений теплопереноса нет и не предвидится. Если найдёте, вам сразу выпишут миллион долларов. Кроме шуток³⁹².
- Даже самый главный параметр – концентрацию углекислого газа – IPCC достоверно предсказать не может, так как до 2013 года использовались модели экономистов – «корнукопианцев», в которых запасы ископаемого топлива полагались практически неограниченными, а уровень добычи определялся исключительно численностью населения и потребительским спросом. Модели IPCC 1990-2007 гг не имеют ничего общего с *«Пределами роста»* 1972 года.
- Где-то между 2007 и 2013 годами в IPCC, вероятно, произошёл сдвиг научной парадигмы: в отчёте 2013 года моделирование выбросов CO_2 основано на оценке извлекаемых запасов ископаемого топлива. Используются значения GEA: от 1'300 до 2'400 млрд тое начальных извлекаемых энергоресурсов (угля, нефти и газа).
- Рассмотренная в главе 9 простейшая модель накопления углекислоты даёт повышение глобальных температур от 0.6 до 3.1°C по сравнению с климатом «до индустриального периода»; существенного влияния на экономику такое повышение не окажет. ООН зря пугает нас миллионами «климатических беженцев». Десятки миллионов беженцев, похоже, произойдут, но не от климата, а от *исчерпания природных ресурсов*.

392 <http://www.claymath.org/millennium-problems/navier%E2%80%93stokes-equation>