

Нобелевская премия 2021 года по физике.

Профессор, доктор фмн Э.А. Аринштейн.

Нобелевская премия по физике была присуждена троим ученым *«за фундаментальный вклад в наше понимание сложных физических систем»*.

Половина премии (5 млн шведских крон) досталась климатологам Сюкуро Манабэ и Клаусу Хассельману *«за моделирование физики климата Земли, математическое описание изменчивых систем и точное предсказание глобального потепления»*.

Вторую половину премии получил Джордžo Паризи *«за открытие взаимосвязей в хаосе и флуктуациях в физических системах от атомарных до планетарных масштабов»*.



Клаус Хассельман, Джордžo Паризи, Сюкуро Манабэ.

В постановлении Нобелевского комитета особо подчеркнута роль Манабе и Хассельмана в развитии нового направления в климатологии: *моделирование физики климата Земли, математическое описание изменчивых систем и точное предсказание глобального потепления*.

Это связано с тем, что до последнего времени многие климатологи основное внимание уделяли истории изменения климата Земли, отрицая возможность влияния на него хозяйственной деятельности людей, и эта точка зрения находит поддержку во многих заинтересованных деловых кругах.

В качестве примера можно привести многочисленные высказывания такого вида:

- **Климат всегда менялся – всегда!**
- **Повышение температуры в прошлом не было вызвано людьми.**

- **Арктика и Антарктика чувствуют себя лучше, чем когда-либо!**
- **Белые медведи и другие виды не вымирают, а процветают!**

Действительно, не так давно по геологическим меркам Земля переживала Ледниковый Период, 12 000 лет тому назад Сахара была покрыта богатой растительностью и не была пустыней вплоть до Новой Эры, со времен средневековья и до позапрошлого века морозные зимы в Центральной Европе были обычным явлением. Вспомним А.С. Пушкина:

Люблю зимы твоей жестокой
Недвижный воздух и мороз,
Бег санок вдоль Невы широкой,
Девичьи лица ярче роз.

В этих условиях исследование физических процессов, формирующих климат Земли, приводящих к повышению средней температуры атмосферы и гидросферы, имеют чрезвычайно большое значение и с научной, и с общественной точки зрения.

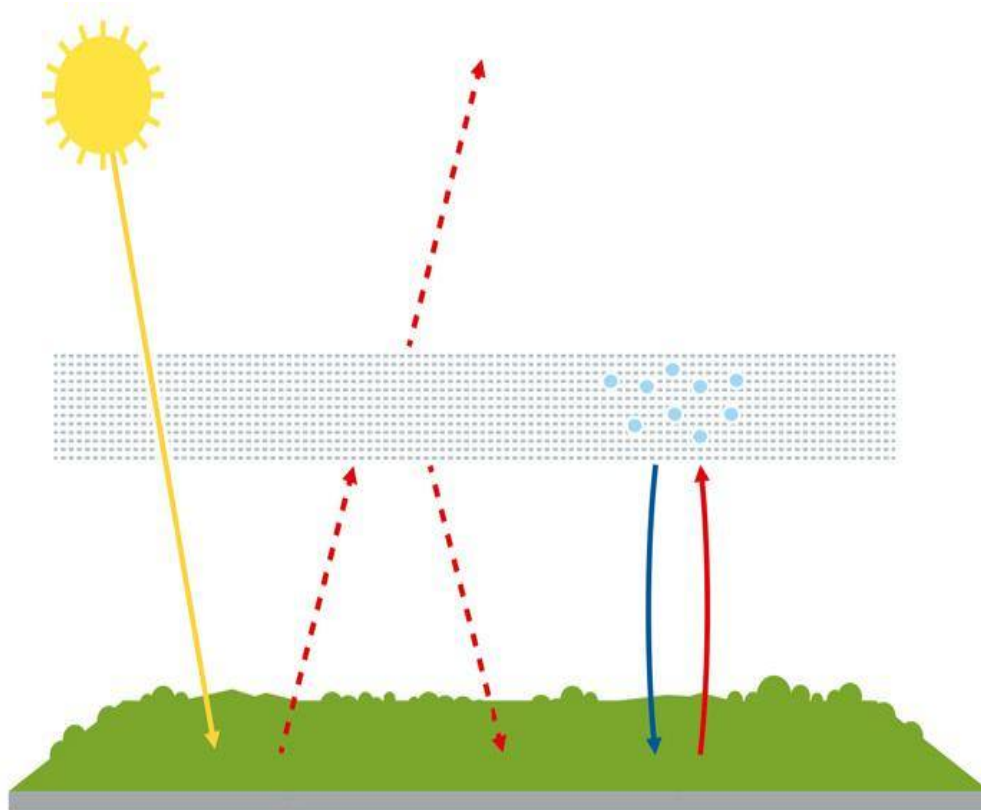
Первым в списке Нобелевских лауреатов 2021 года значится Сюкуро Манабэ (Manabe).

Манабэ родился 21 сентября 1931 в Японии, в Японии окончил университет и получил докторскую степень, в 1958 году переехал в США.

В 1958-1963 годах – он метеоролог-исследователь, в 1963-1997 годах старший метеоролог-исследователь в лаборатории геофизической гидродинамики Национального управления океанических и атмосферных исследований. Был приглашенным профессором Токийского и ряда других университетов. В последнее время – старший метеоролог в Принстонском университете в США.

В 1967 году он опубликовал статью, которая заложила новое направление в метеорологии, а именно численное моделирование физических процессов в атмосфере. Важнейшим полученным им результатом является вывод, что концентрация парниковых газов в атмосфере может влиять на температуру.

Приведем схематическую иллюстрацию модели Манабэ, учитывающей радиационный баланс и конвекцию воздуха, а также круговорот воды. Земля, нагреваемая солнечным светом, отдает тепло в виде ИК-излучения (*красные пунктирные стрелки*). Частично оно поглощается атмосферой, нагревая воздух, частично уходит в космос. Теплый воздух легче холодного, поэтому он поднимается, а холодный опускается (*красная и синяя стрелки*), — возникает конвекция. Теплый воздух несет с собой от поверхности водяной пар — важный парниковый газ. Чем теплее воздух, тем больше он может «вместить» молекул воды. Поднимаясь и остывая, пар конденсируется — так формируются облака. При этом запасенное в паре тепло высвобождается.



Модель учитывает интенсивность солнечного облучения, свойства поверхности Земли, свойства различных газов, составляющих атмосферу.

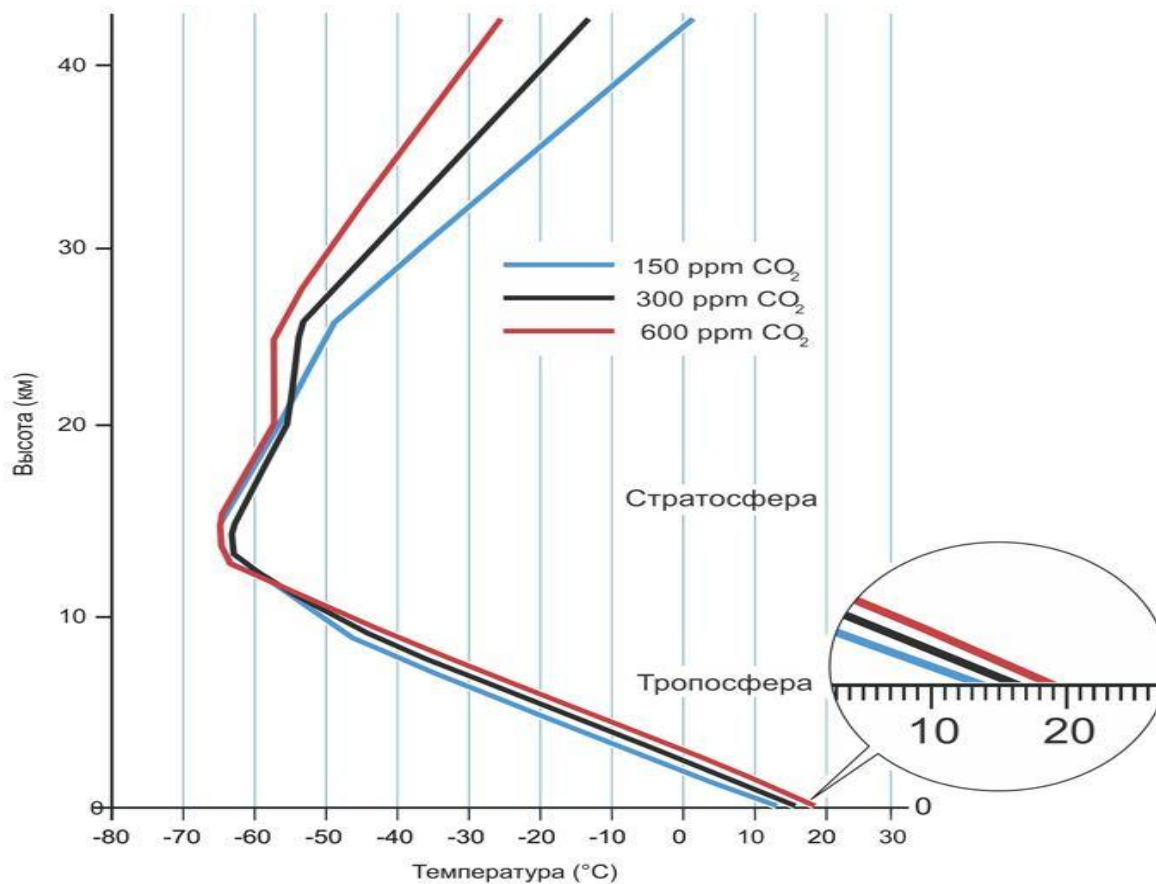
Результатом расчета является распределение концентрации газов, водяного пара (и облачности) по высоте над поверхностью Земли. Облака, как правило, не поднимаются выше тропосферы. Концентрация воды в серебристых облаках (в виде льда) крайне мала, они наблюдаются в верхних слоях атмосферы и не влияют на распределение температуры по высоте.

Существенное влияние на распределение температуры по высоте оказывает «парниковый» углекислый газ. Манабэ сравнивает распределение температур при некоторой его концентрации 300 ppm (миллионных) и аналогичные распределения при его повышенной и при пониженной концентрациях:

При повышенной концентрации парникового газа температура тропосферы повышается, стратосферы – понижается, при противоположном изменении концентрации (снижении) изменение распределения температур также меняет знак.

Манабэ провел серию численных экспериментов такого рода и пришел к однозначному выводу, что увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере приводит к повышению средней температуры на поверхности Земли.

Добавим, что в последнее время появились сведения о повышении концентрации еще одного парникового газа – метана. Его концентрация гораздо меньше концентрации углекислого газа, но коэффициент поглощения инфракрасного излучения Земли – выше.



В 70-е годы к исследованиям климата методом численного моделирования подключился Клаус Хассельман, второй Нобелевский лауреат 2021 года.

Клаус Хассельманн родился в Гамбурге в 1931 году. В 1934 году его семья эмигрировала из Германии и возвратилась туда только в 1947 году.

Он окончил в Геттингене университет и в 1957 году успешно защитил там диссертацию. Его специальность – теоретическая гидродинамика.

В центр его исследований были математические модели волновых процессов и течений в океане. До него поверхность воды в океанах рассматривалась климатологами только, как граница атмосферы.

Клаус Хассельманн был первым, кто описал изменчивость климата как результат взаимодействия различных климатических подсистем, в частности атмосферы и океана.

В 1972-1975 годах – он профессор теоретической геофизики, управляющий директор Института геофизики Гамбургского университета.

В 1975-1999 года – директор Института метеорологии Макса Планка, который был организован по его инициативе, и одновременно в 1988-1999 годах – научный директор Немецкого вычислительного центра климата.

В настоящее время – эмерит Института метеорологии Макса Планка – внештатный, по возрасту профессор-консультант.

Если Манабэ использовал четкие и понятные уравнения движения, то Хассельман занимался хаотичными процессами. Манабэ впервые в мире создал работающий прототип модели реальной климатической системы, в которой были учтены все основные факторы. А Хассельман связал погоду и климат. Он с помощью модельных экспериментов и статистического анализа показал, как погода превращается в климат, выделил отдельные случайные процессы из их сложного переплетения.

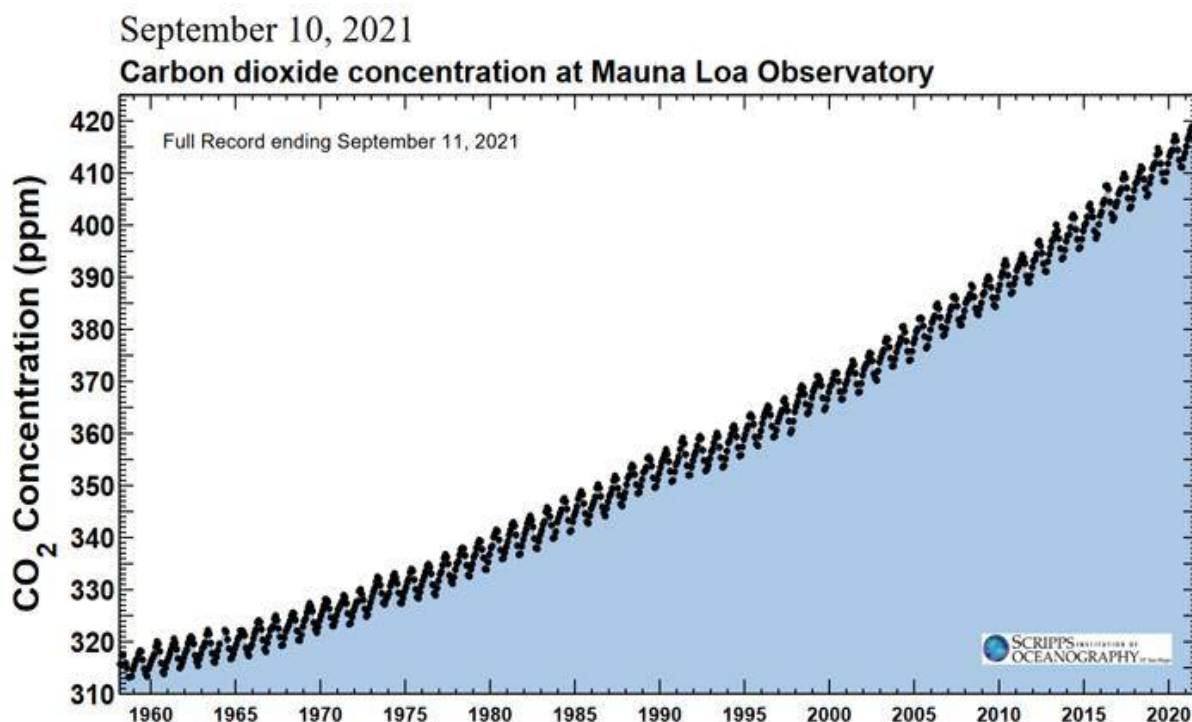


Это – результаты климатического моделирования, показывающие отклонение среднегодовой температуры относительно среднего значения для 1901–1950 годов с учетом только природных (*синий график*) и природных и антропогенных факторов (*красный график*). Эти результаты Хассельмана наглядно показывают антропогенное влияние на климат.

Антропогенное влияние в виде выбросов углекислого газа зафиксировано измерениями его концентрации в обсерватории, руководимой Киллингом, с которым Хассельман сотрудничал еще со студенческих времен. (Киллинг умер в 2005 году и в список Нобелевских лауреатов не включен.)

Приведем график Киллинга по состоянию на 10 сентября 2021 года. По

вертикальной оси указана концентрация CO₂ в ppm, по горизонтальной — время в годах. Рисунок с сайта nobelprize.org



Вторую половину премии «за открытие взаимосвязей в хаосе и флуктуациях в физических системах от атомарных до планетарных масштабов» получил Джорджо Паризи.

Паризи (Giorgio Parisi) родился 4 августа 1948 года в Риме.

В 1970 году окончил Римский университет Сапиенса.

Во время подготовки диссертации и до 1980 года Паризи работал в группе, сотрудничавшей с коллективом Большого Адронного Колайдера в Женеве. Он принимал активное участие в разработке квантовой хромодинамики – теории взаимодействия кварков путем обмена глюонами – носителями «цветных» зарядов. (Так как было найдено, что существует три «сорта» этих зарядов, то по аналогии с тремя основными цветами, определяющими цветное зрение человека, эти заряды получили аналогичные названия.) Эта теория объяснила конфайнмент (невылетание) кварков, существующих только в связанных состояниях.

В 80-е годы Паризи заинтересовался нерешенными проблемами сложных систем, в частности статистической теорией спиновых стекол.

За успехи в квантовой теории Паризи был награжден медалями имени Дирака и Планка, за успехи в статистической физике – медалью имени Больцмана.

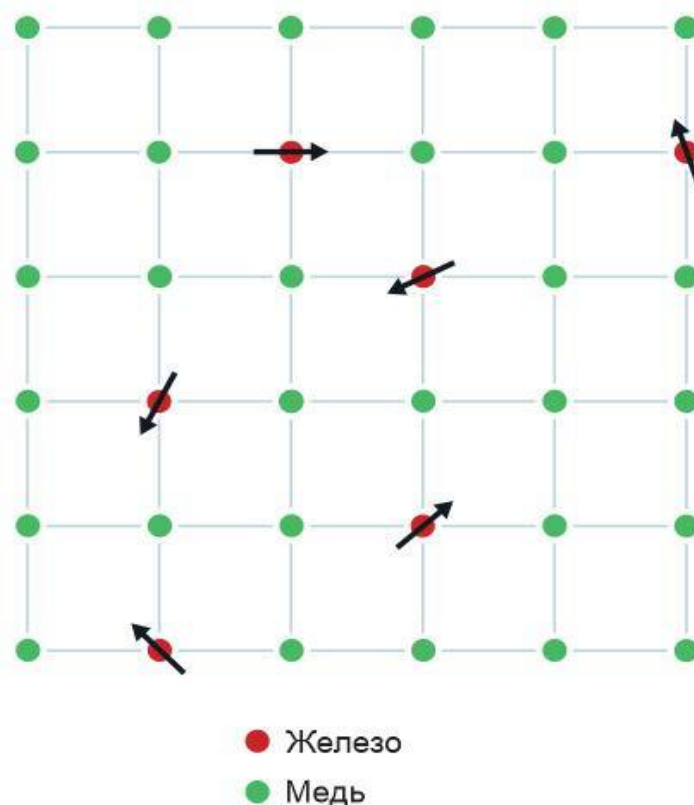
Он является членом многих академий и научных обществ.

В 2018 году был избран президентом Academia dei Lincei (академии рысьеглазых), итальянской академии наук, одним из первых членов которой был Галилео Галилей.

Научное содержание работ Паризи состоит в следующем:

Степень сложности неупорядоченных физических систем можно иллюстрировать тем, как эти системы описаны в учебниках физики: в отличие от кристаллов, структура которых известна достаточно детально, о «ближнем порядке» в жидкости говорится в двух словах, данные приводятся для «простой» жидкости, их можно сравнивать с экспериментом только для жидкого аргона. Свойства стекол в элементарных учебниках физики даже не упоминаются, хотя в природе частично упорядоченные системы встречаются гораздо чаще, чем упорядоченные кристаллы.

На сайте Нобелевского комитета приведен пример спинового стекла — сплава меди и железа: рисунок с сайта nobelprize.org



Кристаллическая решетка меди содержит беспорядочно распределенные примеси замещения – атомы железа. Медь немагнитна, неспаренные электроны атомов железа обладают спиновым магнетизмом. Случайный характер распределения магнитных примесей в немагнитном материале определяет свойства этого «магнитного стекла».

В сложной многокомпонентной системе взаимное влияние структур может оказать определяющее влияние на свойства системы, как целого. И это может быть *от атомарных до планетарных масштабов*, как сказано в постановлении Нобелевского комитета.