Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Институт электроники и телекоммуникаций

Б.И. Положинцев

Биосфера и человечество – современные проблемы

Учебное пособие

Часть 2

Санкт-Петербург

2024

СОДЕРЖАНИЕ

1.2. Проблемы роста. Планетарные границы. Экологический след…….. 3

2.2. Динамика численности, возрастной структуры и фертильности населения мира …… 48

3.2. Продуктивные территории, сельскохозяйственные земли. Площадь суши, нарушенной деятельностью человека…… 96

4.2. Динамика мирового энергопотребления. Антропогенное возмущение глобального углеродного цикла, усиление парникового эффекта …… 121

5.2. Изменение климата: “глобальное потепление”…… 154

6.2. Изменение температуры и содержания кислорода в мировом океане, “закисление ” океана …… 214

7.2. Проблема распределения и потребления воды в мире…… 274

8.2. Состояние лесов мира…….. 318

9.2. Последовательность “экологических ниш” человечества, антропоцен 391

1.2. Проблема роста. Планетарные границы. Экологический след. Пластик в океане.



ПРОБЛЕМА РОСТА



	Глобальные антропогенные изменения в 20 веке	Начало 20 века	Конец 20 века
1	Численность населения (млрд)	≈1	6
2	Валовой мировой продукт (млрд. долл.)	60	20 000
3	Мощность “мирового хозяйства” (ТВт)	1	10
4	Потребление пресной воды ($км^3$)/год	≈360	4000
5	Площадь суши, нарушенная хозяйственной деятельностью (без учета Антарктиды) (%)	20	60
6	Территория, покрытая лесами (млн. $км^2$)	57.49	50.07
7	Сокращение числа биологических видов (%)	-	20

(1) за период 8-10 тыс.лет до н.э. до конца 19 века было “освоено” 20%, а за 20 век еще 40% площади континентов.
(2) 2 млн $км^2$ лесов было вырублено за последнее десятилетие, при этом скорость уничтожения тропических лесов превосходила 30 га/мин

https://istina.msu.ru/publications/book/60616296/

Пределы роста



The Limits to Growth Пределы роста

Jørgen Randers, Jay Forrester, Donella H. Meadows, Dennis L.Meadows, and William W. Behrens III, 1972

Computer simulation of exponential economic and population growth with ***finite resource supplies***. The book used the World3 model to simulate the consequence of interactions between the Earth' and human systems.

The Limits to Growth **appeared at a moment of acute environmental foreboding**.

Beyond the Limits:

Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future

Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jørgen Randers, 1992

Twenty years after the global industrial system
has already overshot some of the Earth's vital ecological limits.

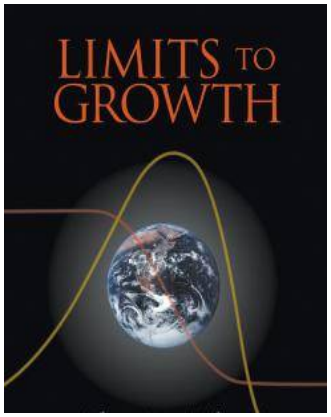
Limits to Growth The 30-Year Update Пределы роста. 30 лет спустя

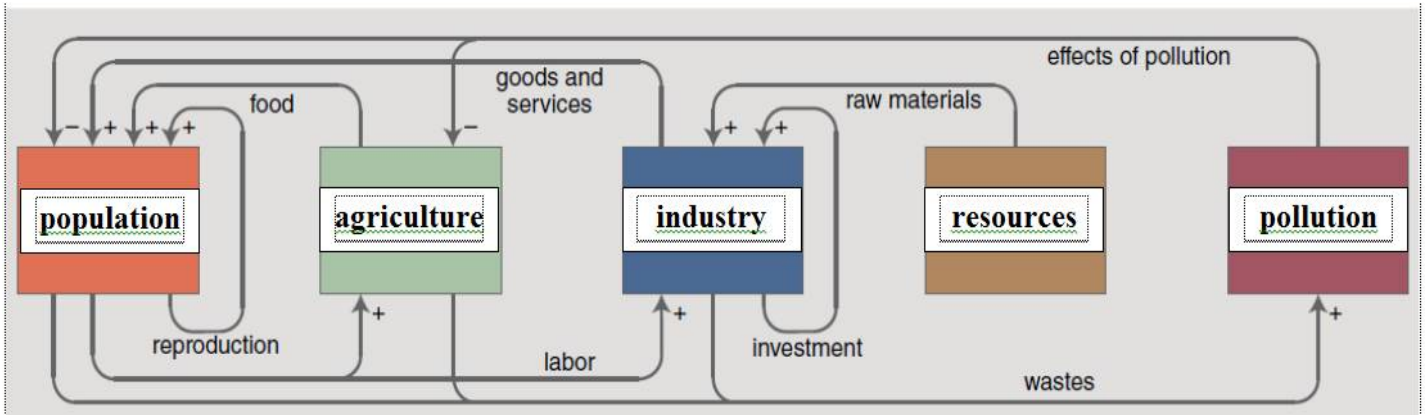
Donella Meadows, Jorgen Randers and Dennis Meadows , 2004

Our project team used system dynamics theory and computer modeling to analyze the long-term causes and consequences of growth in the world's population and material economy. We addressed questions such as: Are current policies leading to a sustainable future or to collapse? What can be done to create a human economy that provides sufficiently for all?

В 1972 году большинство людей не могло даже представить, что физическое воздействие деятельности человечества может стать настолько большим, что может изменить основные природные процессы на Земле. Но теперь мы регулярно наблюдаем и обсуждаем проблему озоновой дыры, разрушение морского рыболовства, изменение климата и другие глобальные проблемы (**Медоуз, интервью 2004 г**.)

Модель Мир3 (World3 model, 1972)





Модель Мир3 *(*World3 model) была построена специально для исследования пяти основных глобальных процессов: быстрой индустриализации, роста численности населения, увеличивающейся нехватки продуктов питания, истощения запасов невозобновимых ресурсов, деградации природной среды.

Модель включала около 150 уравнений и состояла из пяти взаимосвязанных основных блоков: *население* (population), *сельское хозяйство* (agriculture) , *промышленность* (industry) , *ресурсы* (resources) , *загрязнения* (pollution).

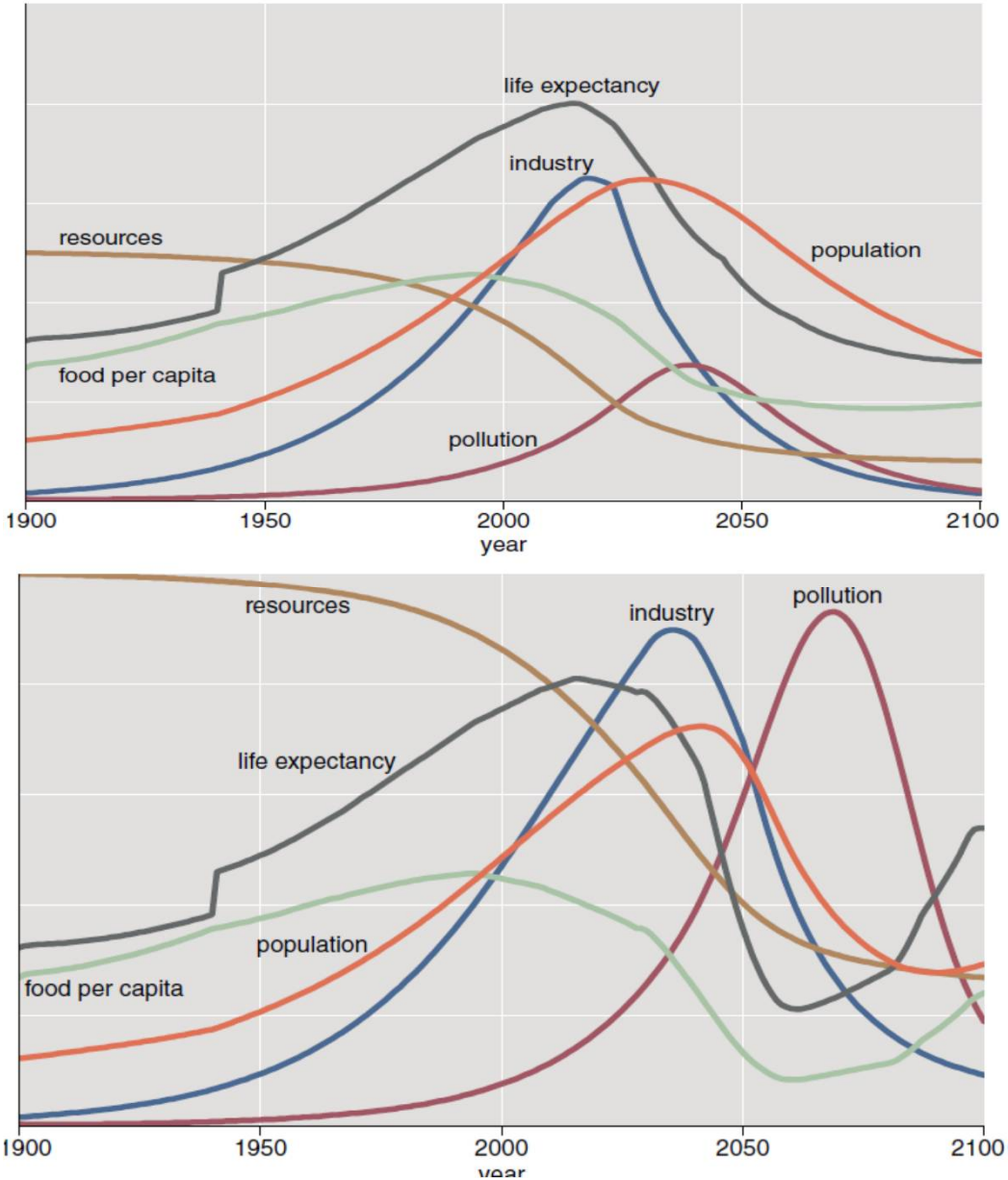
Учитывались как взаимовлияния блоков, так и петли обратных связей. Например, блок «население» имеет очевидную петлю положительной обратной связи.

В модели принималось, что переменные - численность населения, производство продовольствия, загрязнение природной среды, расход невозобновимых ресурсов – растут по экспоненциальному закону ($\Delta x = ax\Delta t$)

The Limits to Growth *and the limits to computer modeling.* Computation and the Human Predicament
Brian Hayes (a reprint from *American Scientist*)

http://www.ihst.ru/~biosphere/Mag_2/gvishiani.htm

Динамика ключевых переменных модели World3 за период 1900-2100 (пример итоговых сценариев при разных начальных условиях)



Пределы роста. 30 лет спустя*. Донелла Медоуз, Йорген Рандерс, Деннис Медоуз. Учебное пособие для ВУЗов.*

Итоговые сценарии модели World3 оказались на удивление точными – прошедшие 30 лет подтвердили это. Численность населения в 2000 г. – порядка 6 миллиардов человек, в сравнении с 3,9 миллиардав 1972 г. – оказалась именно такой, какой ее рассчитывали по модели World3 в 1972 г. Больше того, сценарий, показывавший рост мирового производства продовольствия (с 1,8 млрд тонн в год в зерновом эквиваленте в 1972 г. до 3 млрд тонн в 2000 г.) практически совпали с реальными цифрами**.**



Mihajlo D. Mesarovic
1928 - 2017

Человечество в критической точке
Mankind at the Turning Point

Mihaljo Mesarovic and Eduard Pestel, 1974

The Second Report to the Club of Rome

This report states the need to create an "organic" or a **truly interdependent society** as the only way to save the world from the almost overwhelming world problematique. "*the world is facing an unprecedented set of interlocking global problems, such as,* ***overpopulation, food shortages, non-renewable resource depletion, environmental degradation and poor governance***."

"Such an approach must start from and preserve the world's regional diversity. Paths of development, region-specific rather than based on narrow national interests, must be designed to lead to a sustainable balance between the interdependent world-regions and to global harmony - that is, to mankind's growth as an "organic entity" from its present barely embryonic state.

The book, co-written with Mesarovic's colleague Eduard Pastel, became a nonfiction bestseller in Europe and has been described as "an enormous step forward in our understanding of the essence of the worst bottlenecks our world is facing."

Mesarovic M., Pestel E. Mankind at the Turning Point.
N. Y., 1974.
Человечество на перепутье

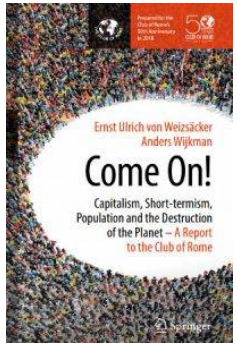
Второй доклад Римскому клубу явился результатом работы двух групп ученых, проводивших исследования под руководством М. Месаровича в Кливленде (США) и Э. Пестеля в Ганновере (Германия). На основе разработанной М. Месаровичем теории многоуровневых иерархических систем была разработана принципиально новая модель, которая решительно отличалась от модели «Мир-3», где мир был представлен как единое и нерасчлененное на части целое.

"Чтобы надежно, достоверно и систематически охватить весь комплекс факторов, связанных с проблематикой, модель должна иметь иерархическую структуру, где каждый уровень иерархии отражает эволюцию мировой системы в контексте, сформированном определенным набором законов и принципов. Среди этих уровней можно назвать геофизический, экологический, технологический, экономический, институциональный, социально-политический, культурно-ценностный и уровень биологии человека. Такой подход позволяет оптимально использовать подтвержденные научные знания и доступную фактическую информацию" (Mihajlo D. Mesarovic).

Месарович и Пестель противопоставили концепции "глобального равновесия" концепцию "органичного роста" мира как единой системы взаимосвязанных частей, которые должны гармонично сочетаться. "Органичный рост" обеспечивается структурной дифференциацией элементов системы и функциональной взаимозависимостью между изменениями одних параметров в определенных регионах с изменениями параметров других регионов – в противоположность экспоненциальному росту.

https://cyberleninka.ru/article/n/rimskiy-klub-hronika-dokladov
https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-modeli-mesarovicha-pestelya-pri-analize-potrebleniya-mineralnyh-resursov/viewer

2018 – доклад *Римского клуба*

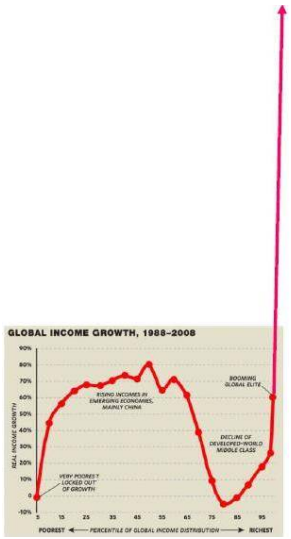


Come On!

is likely to be the first Report by the Club of Rome, after some fifty Reports to the Club of Rome. Because it has been written by some thirty members of the Club of Rome and because it attempts to break new ground for the 21st century.

Если 45 лет назад главными угрозами и вызовами были пределы экономического и демографического роста цивилизации в условиях постепенно истощающихся природных ресурсов, то сегодня это:

- **вырождение капитализма;**
- **наступление Антропоцена;**
- **избыточное потребление;**
- **тотальная урбанизация;**
- **диджитализация и техноутопизм.**



Besides: the Elephant Curve is incomplete. The real winners were the very rich, the billionaires!

- **at Wall Street**
- **in California**
- **in China**
- **in Russia**
- **in India**
- **in Brazil**
- **etc.**

But the Elephant Curve is only at the surface of our „disarray“.

More alarming for all of humanity is climate change, wrotten oceans, and the death of millions of species. Here some government change will not help. We are in need of a new philosophy!

That‘s at the core of „Come On!“

C‘mon, don‘t try to fool me!
Come on! Join me on an exciting adventure!

von Weizsaecker, E., Wijkman, A. ***Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet.*** *— Springer, 2018. — 220 p.*

http://www.green-forums.info/greenlib/general/_catalog/book_1/book_1019.html http://malakhov.link/come-on-report

Рост !?...

Потоки, используемые экономической системой в настоящее время, невозможно поддерживать в таких масштабах продолжительное время. Глобальные проблемы …и их последствия уже проявились или проявятся в течение нескольких ближайших десятилетий….

- **Люди поддерживают идеи роста, поскольку полагают, что это приведет к повышению их благосостояния.**
- **Правительственные чиновники уверены в том, что рост – универсальное средство буквально от любых проблем.**
- **В богатых странах считают, что рост необходим для того, чтобы повышалась занятость, социальная мобильность, техническая оснащенность.**
- **В бедных странах рост считают единственным средством выхода из нищеты.**
- **Многие полагают, что рост необходим, чтобы иметь достаточные ресурсы для защиты окружающей среды.**
- **Правительства и руководители корпораций делают все возможное и невозможное для того, чтобы рост продолжался.**

Пределы роста. 30 лет спустя. Донелла Медоуз, Йорген Рандерс, Деннис Медоуз. Учебное пособие для ВУЗов.

(Замечание *к предыдущему слайду*)

But some people hated Limits to Growth



Ronald Reagan said : "There are no such things as limits to growth", and got *very* popular with such statements. (1983)

Thatcher about Reagan: "Others saw only limits to growth. He transformed a stagnant economy into an engine of opportunity." (2004, obituary comments)



Президент Дж. Буш-старший
"Двадцать лет некоторые говорили о пределах роста. Но сегодня мы знаем, что рост – двигатель прогресса. Рост – друг окружающей среды» **(1992**).

LIMITS TO GROWTH. The 30-Year Update
Donella Meadows, Jorgen Randers, Dennis Meadows, 2004

https://www.clubofrome.org/2017/10/25/new-report-to-the-club-of-rome-come-on/

Существует три основных причины выхода за пределы, и они всегда одни и те же, независимо от масштаба явления – от личного уровня до планетарного.

Во-первых, это рост (причем ускоряющийся) и слишком быстрые изменения.

Во-вторых, всегда существует некий предел или ограничение, за которыми деятельность системы перестает быть безопасной.

В-третьих, между событием и откликом на него бывает запаздывание, вдобавок не всегда этот отклик интерпретируется правильно, так, чтобы вернуть систему в допустимые пределы.

Эти три причины – необходимые и достаточные условия для выхода за пределы.

Выход за пределы может вести человечество по двум возможным путям.
Первый из них – крах в той или иной степени.
Второй – осознанный поворот, коррекция, осторожное смягчение напряженности.

Пределы роста. 30 лет спустя.
Донелла Медоуз, Йорген Рандерс, Деннис Медоуз.
Учебное пособие для ВУЗов. Москва. ИКЦ «АКАДЕМКНИГА».2007. 342 стр

Многочисленные программы **охраны окружающей среды**, принимавшиеся после Стокгольмской конференции (Конференция ООН по вопросам окружающей среды, 1972г., Стокгольм) исходили из неверных посылок и оценок реальной экологической ситуации. Конференция «Рио+10» в Йоханнесбурге в 2002 году принесла еще меньше пользы: вся **работа была практически парализована дискуссиями на идеологические и экономические темы, которые велись в узких национальных, корпоративных, а то и просто в личных интересах.**

(*Пределы роста. 30 лет спустя. Донелла Медоуз, Йорген Рандерс, Деннис Медоуз.*)

В развитых странах в природоохранные мероприятия были вложены сотни миллиардов долларов, применялись **энерго- и ресурсосберегающие и природоохранных технологии**.

При этом в глобальных масштабах происходила и продолжается деградация природных систем.

Глобальные изменения климата: антропогенное влияние или естественные вариации? **В.М. Котляков** http://www.prinas.org/node/109

Рамочная конвенция ООН об изменении климата («Саммит Земли», Рио-де-Жанейро в 1992 г). **Киотский протокол -** дополнительный документ к Рамочной конвенции ООН об изменении климата (**Киото** декабрь 1992). **Парижское соглашение** (декабрь 2015 г. Париж) - меры по снижению углекислого газа в атмосфере с 2020 года. **Конференция ООН COP-24** по изменению климата 2018 (Katowice, 2018). **13 декабря 2023 в Дубае завершилась Конференция** сторон Рамочной конвенции **ООН** об изменении климата (**COP28** stands for **the 28th Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change COP28**)



Глобальные изменения климата: антропогенное влияние или естественные вариации?

В.М. Котляков

Изменения климата, обусловленные антропогенным изменением облика поверхности Земли (и эмиссией парниковых газов), накладываются на естественные вариации климата.

Пределы развития человечества определяются степенью экологических нарушений, а не простым ограничением потребления ресурсов.

Рост народонаселения мира и его возрастающие потребности, можно удовлетворить только при опережающем развитии энергетики (и разрушении биоты).

Сложные процессы в природе не могут быть сведены к небольшому числу фундаментальных законов.

Вмешательство человека в естественные природные процессы зашло так далеко, что изменения окружающей среды могут оказаться необратимыми, а разрушительные последствия не могут быть преодолены лишь природоохранными мероприятиями.

Недавняя история

Preservationists vs utilitarians. Cornucopians vs Alarmists.

Cornucopians. Некоторые люди считают, что не существует экологического кризиса, который нельзя было бы решить с помощью технологий и человеческой изобретательности. Приверженцы идеи “Рога изобилия” (cornucopians), как правило, антропоцентричны и прагматичны и склонны подчеркивать изобилие природных ресурсов.

Some people believe there is no environmental crisis that technology and human ingenuity cannot solve. Cornucopians tend to be anthropocentric and utilitarian and tend to emphasize the abundance of natural resources.

Alarmists. Некоторые люди считают, что экологические катастрофы неизбежны, если люди не изменят свой образ жизни и модели потребления (alarmists).

Some people feel that environmental disasters are imminent unless humans change their lifestyles and consumption patterns. **(Environmental Planning Handbook** Tom Daniels)

Устойчивое развитие. Sustainable development

Устойчивое развитие — это развитие, при котором удовлетворение потребностей нынешних поколений осуществляется без ущерба для возможностей будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. (Эта формулировка впервые появилась в 1987 году в докладе Report of the World Commission on Environment andDevelopment: Our Common Future . «**Комиссия Брунтланн**»— Гру Харлем Брунтланн *Gro Harlem Brundtland, 1987*)

“Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.” **In 1989, the report was debated in the UN General Assembly, which decided to organize a UN Conference on Environment and Development. (1987, Brundtland Report)**

Of “Peakists”, “Doomers”, “Survivalists”, “Alarmists”, “Deniers”, and “Cornucopians” https://postnauka.ru/faq/72761)

Пессимизм против оптимизма

Pessimism vs optimism

Оптимист – кузнечик (цикада) - наивный, не способный к анализу дурак



Пессимист - муравей в басне Эзопа - реалистичный, мудрый, предостерегающий голос

Опрометчива попытка предсказать, кто выиграет дебаты - кузнечик или муравей - "оптимист" или "пессимист"

It is premature to predict who will win the debate — the grasshopper or the ant.

https://www.nature.com/articles/490474a?proof=true&draft=collection

https://mathforlove.com/wp-content/uploads/2016/10/antandgrasshopper.jpg

Обычно при обсуждении глобальной проблематики акцентируют внимание на следующих аспектах:

- **проблема «Север-Юг» — разрыв в развитии между богатыми и бедными странами, нищета, голод и неграмотность;**
- **предотвращение термоядерной войны и недопущение несанкционированного распространения ядерных технологий, радиоактивного загрязнения окружающей среды;**
- **предотвращение катастрофического загрязнения окружающей среды;**
- **снижения биоразнообразия;**
- **обеспечение человечества ресурсами;**
- **глобальное потепление;**
- **озоновые дыры;**
- **проблема сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний и СПИДа.**
- **демографическое развитие (демографический взрыв в развивающихся странах и демографический кризис в развитых).**
- **терроризм;**
- **преступность;**
- **проблемы старения людей**

При этом пределы антропогенных возмущений природных живых систем Земли (экосистем) остаются практически “вне фокуса”

Вопрос, не имеющий сегодня научно обоснованного ответа: каков предел антропогенного возмущения (разрушения, уничтожения) естественных экосистем биосферы?

Биосфера – природная основа существования и развития цивилизации по меньшей мере столетие находится в состоянии кризиса в результате того, что антропогенное воздействие на нее превышает допустимый, обусловленный естественными законами предел емкости биосферы. Разными исследователями это превышение оценивается по-разному. Некоторые ученые оценивают его как десятикратное.

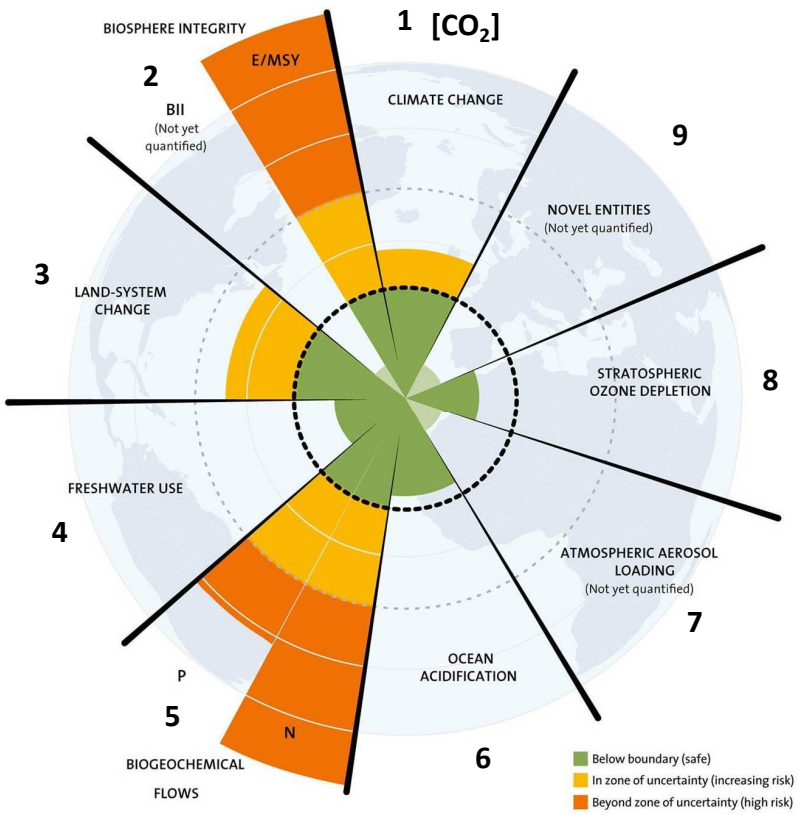
«В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой труд и разум на самоистребление.»

В.И. Вернадский

https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie-ucheniya-o-biosfere-v-tvorchestve-v-i-vernadskogo/viewer

ДЕВЯТЬ ПЛАНЕТАРНЫХ ГРАНИЦ

Nine planetary boundaries (Rockström *et al.* 2009 ; Steffen *et al.* 2015)



Estimates of how the different control variables for seven planetary boundaries have changed from 1950 to 2015.

Four of nine planetary boundaries have now been crossed as a result of human activity

The green zone is the safe operating space, the yellow represents the zone of uncertainty (increasing risk), and the red is a high-risk zone.

1. **Изменение климата Climate change (CO_2 concentration in the atmosphere <350 ppm and/or a maximum change of +1 Wm^{-2} in radiative forcing)**
2. **Целостность биосферы: потери функционального и генетического разнообразия Biosphere integrity*: Functional and Genetical diversity lost* (annual rate of <10 extinctions per million species);** 2 E/MSY = 2 extinctions per 100 years per 10,000 species
3. **Изменение ландшафтов Land system change (<15% of the ice-free land surface under cropland);**
4. **Мировое использование пресной воды Global freshwater use (<4000 km^3 yr^{-1} of consumptive use of runoff resources);**
5. **Изменение круговоротов азота и фосфора Biogeochemical nitrogen (N) cycle (limit industrial and agricultural fixation of N_2 to 35 Tg N yr^{-1}) and phosphorus (P) cycle (annual P inflow to oceans not to exceed 10 times the natural background weathering of P);**
6. **Закисление океана Ocean acidification (mean surface seawater saturation state with respect to aragonite 80% of pre-industrial levels);**
7. **Атмосферные аэрозоли Atmospheric aerosol loading (microscopic particles in the atmosphere that affect climate and living organisms);**
8. **Уменьшение концентрации озона в стратосфе Stratospheric ozone (<5% reduction in O_3 concentration from pre-industrial level of 290 Dobson Units);**
9. **Появление новых типов возмущений (загрязнений) Introduction of novel entities (e.g. organic pollutants, radioactive materials, nanomaterials, and micro-plastics).**

http://ecobeing.ru/articles/9-limits-of-the-planet/
https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2015-01-15-planetary-boundaries---an-update.html

Планетарные границы 2.0 уточненные оценки (2015)

Four of Nine Planetary Boundaries Exceeded

В результате человеческой деятельности в настоящее время ***перейдены четыре*** из девяти указанных планетарных границ - утверждает международная группа исследователей в журнале Science (16 января 2015 года). **Это: *изменение климата, утрата целостности биосферы, изменения в системе землепользования, нарушения биогеохимических циклов фосфора и азота*.**

Две границы - изменения климата и нарушение целостности биосферы - "основные границы“ (core boundaries: climate change and biosphere integrity). Значительное превышение любой из этих границ могут перевести системы Земли в новое состояние.

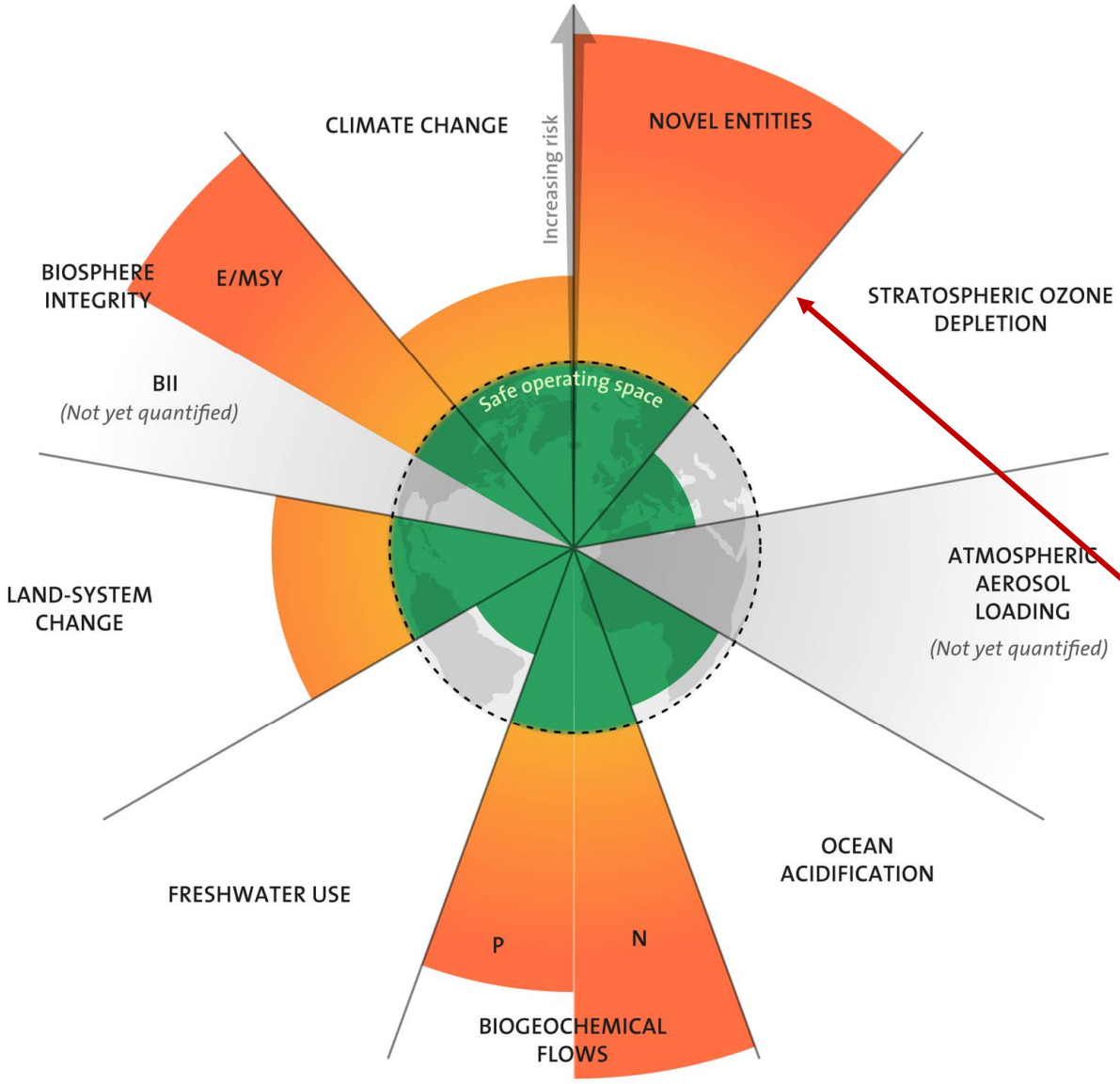
Показатель	Граница	Где мы сейчас (2015)
1. Изменение климата	Концентрация диоксида углерода в атмосфере не должна превышать 350 ppm (частиц на миллион)	Уровень диоксида углерода уже превзошел 400 ppm и продолжает расти
2. Потеря биологического разнообразия видов (вымирание)	Сохранение 90% биологического разнообразия	Биологическое разнообразие видов упало до 84% в таких местах планеты, как Африка
3. Вырубка лесов и другие изменения ландшафта	Сохранение 75% мировых лесов	Показатель упал до 62%
5. Изменение естественных круговоротов азота и фосфора (рост применения удобрений в сельском хозяйстве)	Мировое сельскохозяйственное использование в год около 11 Тераграмм фосфора и 62 тераграмма азота (1 Тераграмм = 1 млн. тонн)	Достигли уровня 22 тераграмм фосфора и 150 тераграмм азота

Предполагается существование положительных обратных связей, при которых пересечение границы некоторым фактором (уход из соответствующей “безопасной области”) будет также сдвигать другие факторы к границам их “безопасного пространства”.

http://ecobeing.ru/articles/9-limits-of-the-planet/

http://www.stockholmresilience.org/21/research/research-news/1-15-2015-planetary-boundaries-2.0---new-and-improved.htm

Уточнение 1
2022

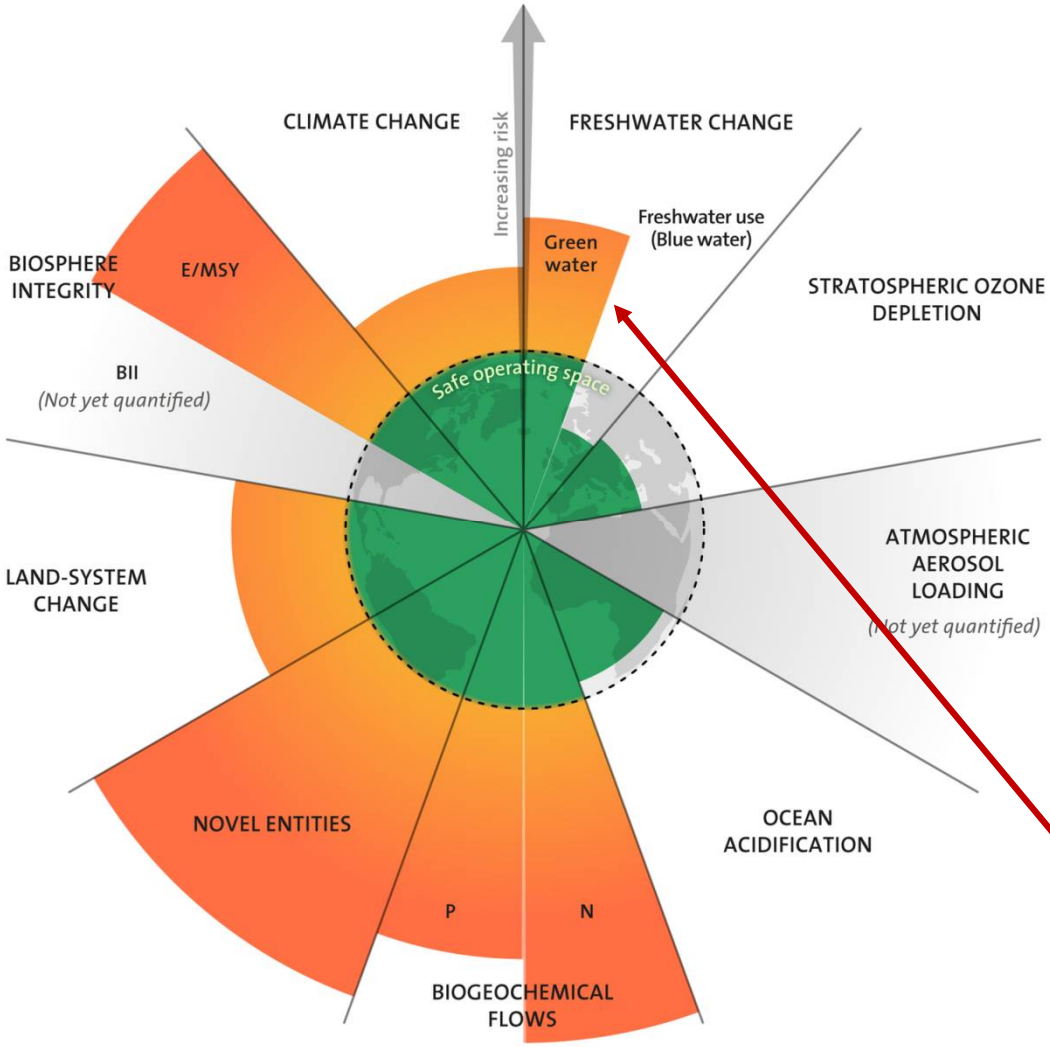


In January 2022, 14 scientists concluded in the scientific journal Environmental Science and Technology that **humanity has exceeded a planetary boundary related to environmental pollutants and other "NOVEL ENTITIES" including plastics.**

NOVEL ENTITIES refers to entities that are novel in a geological sense and that could have large-scale impacts that threaten the integrity of Earth system processes.

https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html

Уточнение 2
2022



In April 2022, a reassessment of the planetary **boundary for freshwater indicates that it has now been transgressed.** This conclusion is due to the inclusion of "**Green water**" – the water available to plants - into the boundary assessment for the first time.
The assessment, published in the journal Nature Reviews Earth & Environment, is based on evidence of widespread changes in soil moisture relative to mid-Holocene and pre-industrial conditions and **Green-water** driven destabilization of ecological, atmospheric, and biogeochemical processes.

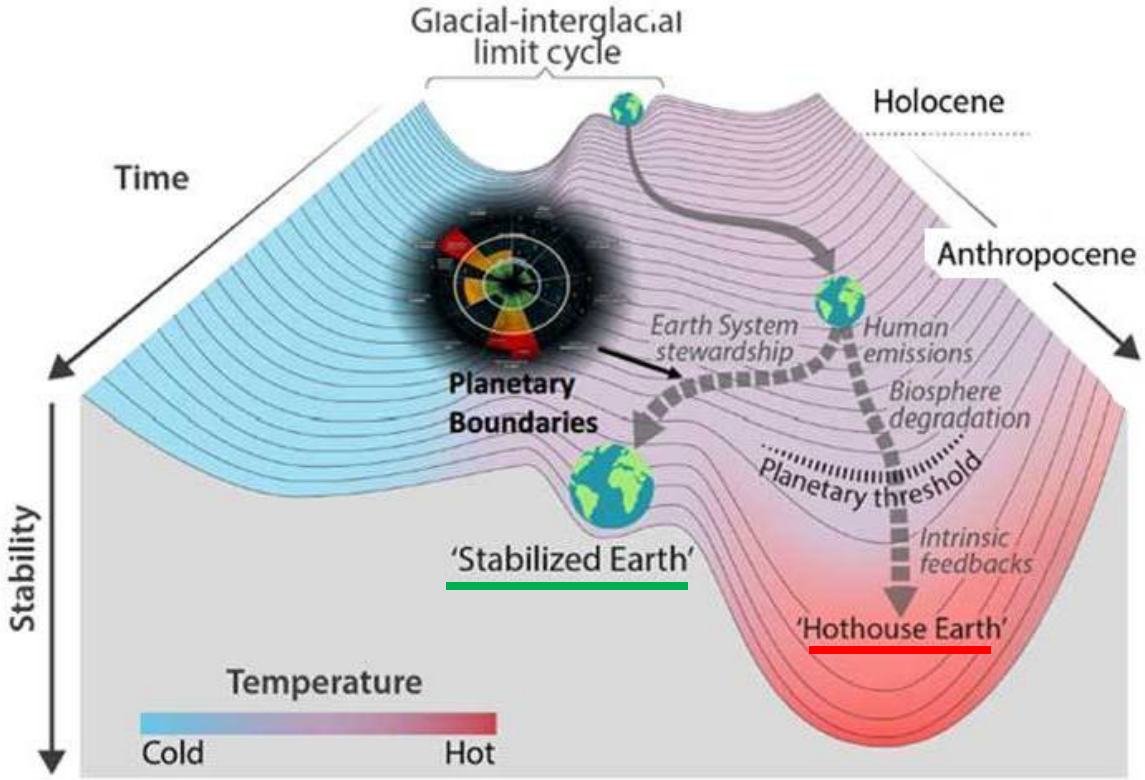
Green-water – Хотя дождевая вода, содержащаяся в почве **(«зеленый» водный след**), часто остается незамеченной, именно она является крупнейшей составляющей водного следа (Водный след человечества смп. 7.2.).

https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html

Возможные последствия выхода за планетарные границы

The nine boundaries humanity must respect to keep the planet habitable

2021 Mongabay, PNAS 2018



В настоящее время Земля находится на пути к "парниковой Земле" – состоянию, вызванному антропогенными выбросами парниковых газов и деградацией биосферы. За пределами порога (~2 °C), система может перейти в необратимое состояние *Hothouse Earth,* обусловленное внутренними обратными связями. "Стабилизированная Земля" (*Stabilized Earth*) – состояние, которое может поддерживаться человеком.

Процессы обратной связи могут зафиксировать планету на определенной траектории (в определённом климатическом состоянии) на столетия или тысячелетия. Нет никаких доказательств того, что современные общества могут существовать, не говоря уже о процветании, в условиях, существенно отличающихся от условий голоцена.

https://news.mongabay.com/2021/03/the-nine-boundaries-humanity-must-respect-to-keep-the-planet-habitable/

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛЕД

Отходы. Конец 20 в. – начало 21 в.

Основная масса отходов, и в первую очередь - твердых, формируется в процессе добычи минерального сырья, которая постоянно растет.

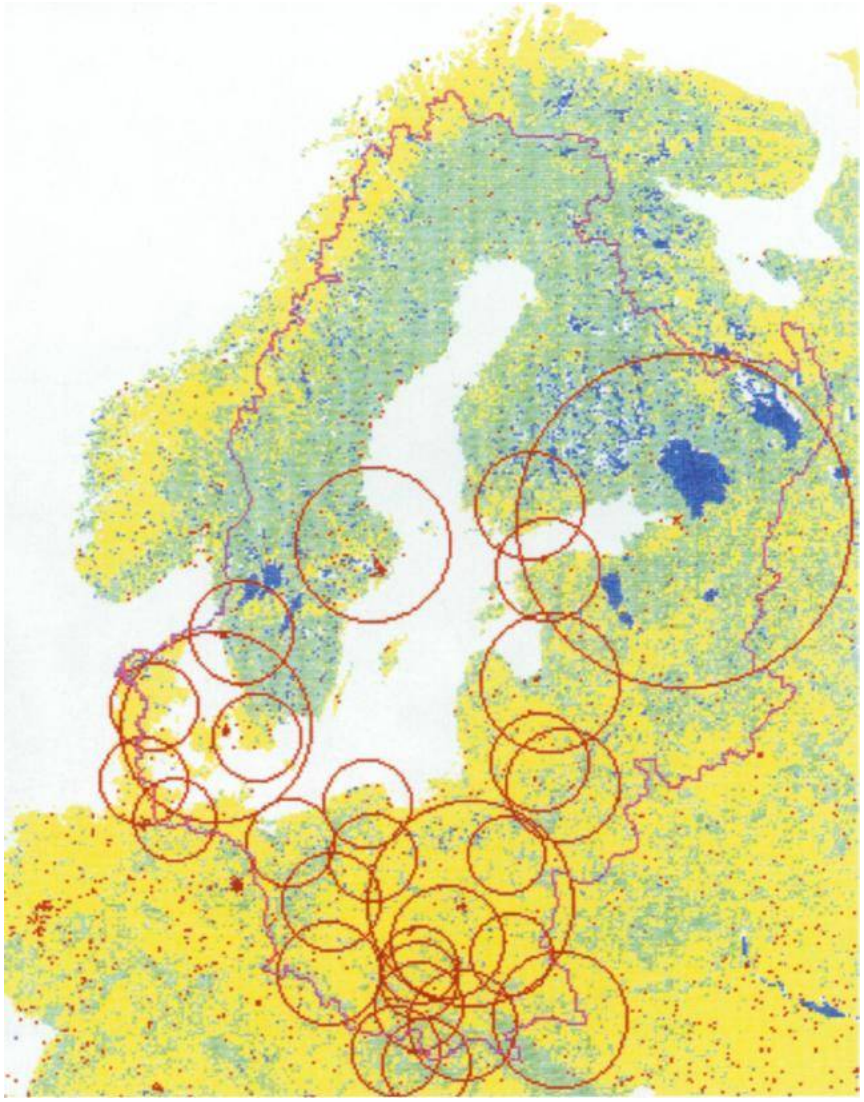
В конце 20 века в мире в среднем на одного человека извлекалось и перемещалось в год **50т** сырого вещества (*row material*) с затратами **~3 кВт** мощности и ~ **800т** воды

Из этих **50 т/год:**
48т - оказывались отходами (из которых опасных 0,1 т, причем в развитых странах опасных > 0,5т)
2т - конечный продукт (**1т** - на прямое потребление + **1т** - сразу выбрасывается в отходы); в конечном счете и эти 2т станут отходами.

Данилов-Данильян В.И. и др. Перед главным вызовом цивилизации. - М.2005

Исследование воздействия крупных городов на окружающую среду 1997г.





29 крупнейших городов в бассейне Балтийского моря и их скрытый спрос на “освоение экосистем”. Область скрытого спроса иллюстрируется кругами соответствующей площади вокруг каждого города. Благодаря торговле, такое “освоение” (appropriation – присвоение) может фактически быть в другом месте на Земле.

(Folke C. et al., 1997)

Оценка, полученная для городского населения стран Балтийского региона

29 городов с населением не менее 250 тыс. в каждом

The 29 largest cities of Baltic Europe appropriate for their resource consumption and waste assimilation an area of forest, agricultural, marine, and wetland ecosystems that is at least 565 – 1 130 times larger than the area of the cities themselves. Ecosystem Appropriation by Cities (Folke C. et al., 1997)

0,1 га – естественные экосистемы уничтожены полностью: жилище, улицы и площади, предприятия торговли и питания, административные и культурные сооружения

0,55 - 0,69 га – площадь, необходимая для обеспечения горожанина продовольствием, древесиной, природными волокнами и т. д.

4 - 10 га – территория, испытывающая антропогенный пресс за счет удаления отходов и выбросов CO_2

Отношение возмущенной территории к площади источника возмущения от 7:1 до 15:1

Данилов-Данильян В.И. Перед главным вызовом цивилизации 2005

Замечания

1. 3 кВт/чел × $7 \cdot 10^9$чел = 21 ТВт
2. 4га/чел × $3{,}5 \cdot 10^9$чел = 140 млн кв. км ÷ 350 млн кв. км (пл. суши ~150 млн кв. км)
3. Развитые страны: 250 т сырья/чел год, 16 кВт/чел
4. Опасные отходы. Пример - инсектицид ДДТ . Нобелевская премия, Мюллер 1948 г.

Folke, C., A. et al 1997. *Ecosystem appropriation by cities*. *Ambio* 26:167–172.



Экологический след Ecological Footprint EF

Wackernagel, M. and W. Rees. 1996. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers

Экологический след выражает потребление человечеством продукции и услуг экосистем через площадь биологически продуктивных территорий и акваторий, которая необходима для воспроизводства возобновляемых ресурсов, потребляемых человеком, и поглощения антропогенных выбросов CO_2.

EF представляет собой инструмент, позволяющий сопоставлять потребности человечества в ресурсах биосферы и способность биосферы к их воспроизводству, которая определяется понятием «биоемкость».

Единицей измерения как биоемкости, так и «экологического следа» служит *«глобальный гектар»* (гга) — условная единица, представляющая собой среднемировую биологическую продуктивность одного гектара. Поскольку мировая торговля носит глобальный характер, “экологический след” отдельного человека или страны может включать участки территории или акватории во всем мире.

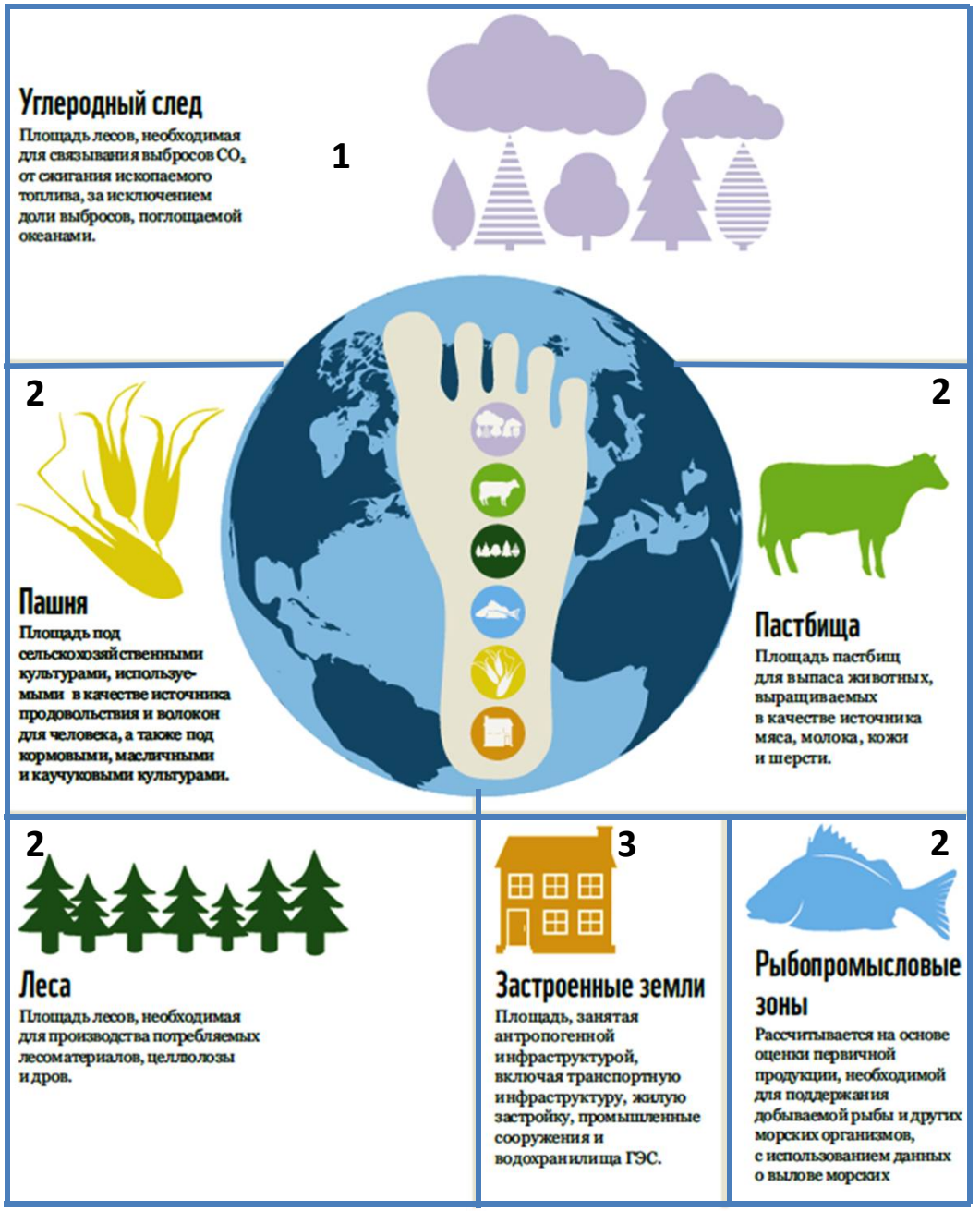
Ежегодно для вычисления и документирования экологического следа и биоемкости более чем 230 стран и территорий, а также глобальных трендов, используются данные, полученные в 67 миллионов базовых точек сбора данных. Поскольку расчеты основаны на последовательном ряде данных Организации Объединенных Наций, они могут быть прослежены назад вплоть до 1961 года.

https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/ http://www.worlddialogue.org/content.php?id=512

Составляющие экологического следа

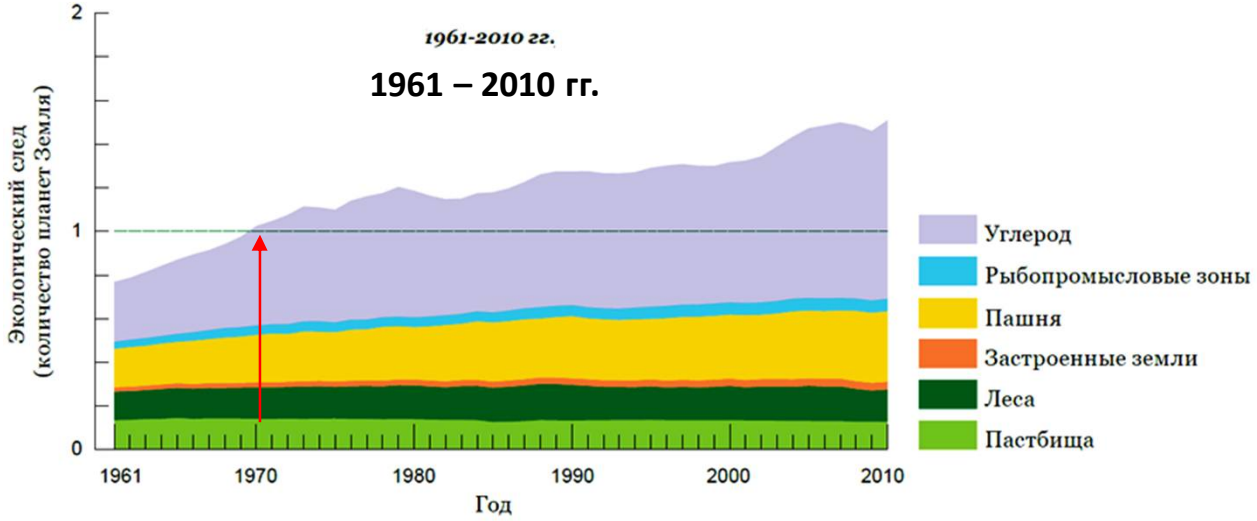
При расчете «экологического следа» учитывается три вида площадей (территорий):

1. **площадь территории суши, необходимой для компенсации производимых человеком выбросов парниковых газов (парниковые газы пересчитывают в $CO_{2.}$ — *эквивалент*). Углеродный след представляет собой осредненную оценку площади лесов, необходимой для поглощения той части выбросов CO_2 от сжигания ископаемого топлива, которая *не была поглощена океанами;***
2. **площадь территорий и акваторий, необходимых для производства возобновляемых ресурсов, используемых человеком (сюда относят пашни, пастбища, леса и рыбопромысловые зоны);**
3. **площадь территорий, занятых инфраструктурой (включает транспортную инфраструктуру, жилую застройку, промышленные сооружения и водохранилища ГЭС и др.).**



https://studfile.net/preview/3837515/page:5/ *www.wwf.ru/data/publ/climate/school_book/book1/vyp1-pril_2.doc*

Экологический след человечества



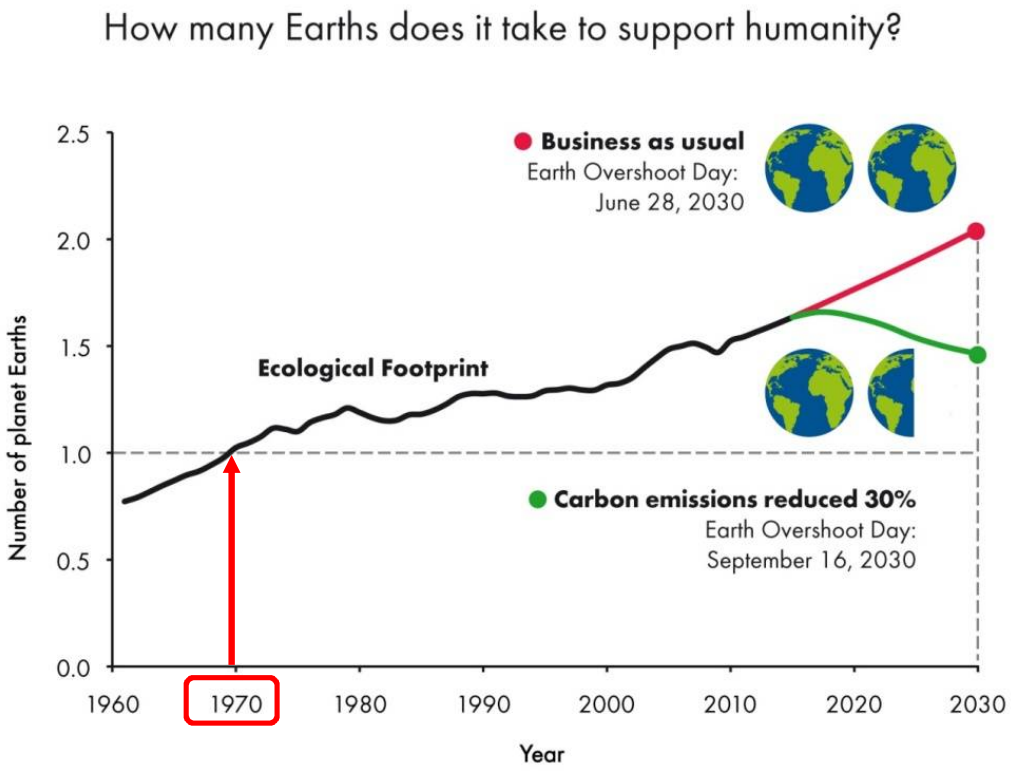
В 2007 году экологический след был равен 2,7 гга на душу населения, в то время как биоемкость составляла 1,8 гга на душу населения (отношение = 1,5). В 2010 году экологический след человечества составил 2,6 гга на душу населения. при этом общая биоемкость Земли составляла 1,7 гга на душу населения (отношение = 1,53).

В 2010г. для воспроизводства природных ресурсов и поддержания "экосистемных услуг", используемых человечеством ежегодно, был необходим потенциал не менее полутора планет Земля. Такая ситуация «перерасхода» возможна потому, что в течение некоторого времени можно вырубать деревья быстрее, чем они растут, вылавливать больше рыбы, чем могут воспроизводить океаны, и выбрасывать в атмосферу больше углекислого газа, чем может поглощаться лесами и океанами (т.е. если общее потребление человечества не ограничивать способностью к воспроизводству ресурсов). Неизбежным следствием этого является возмущение природных экосистем, вплоть до их разрушения, очевидно, это приводит к росту концентрации углекислого газа в атмосфере.

В 1961 году углеродный след составлял 36% общего экологического следа, к 2010 году его доля достигла 53%.

www.wwf.ru/data/publ/climate/school_book/book1/vyp1-pril_2.doc http://www.worlddialogue.org/content.php?id=512

Отношение (экологический след)/(биоемкость)



We are using 1.7 Earths. We use more ecological resources and services than nature can regenerate through overfishing, overharvesting forests, and emitting more carbon dioxide into the atmosphere than ecosystems can absorb.

Earth Overshoot Day marks the date when we (all of humanity) have used more from nature than our planet can renew in the entire year.

Not all countries will have an overshoot day. **A country will only have an overshoot day if its Ecological Footprint per person is greater than global biocapacity per person (1.6 gha).**

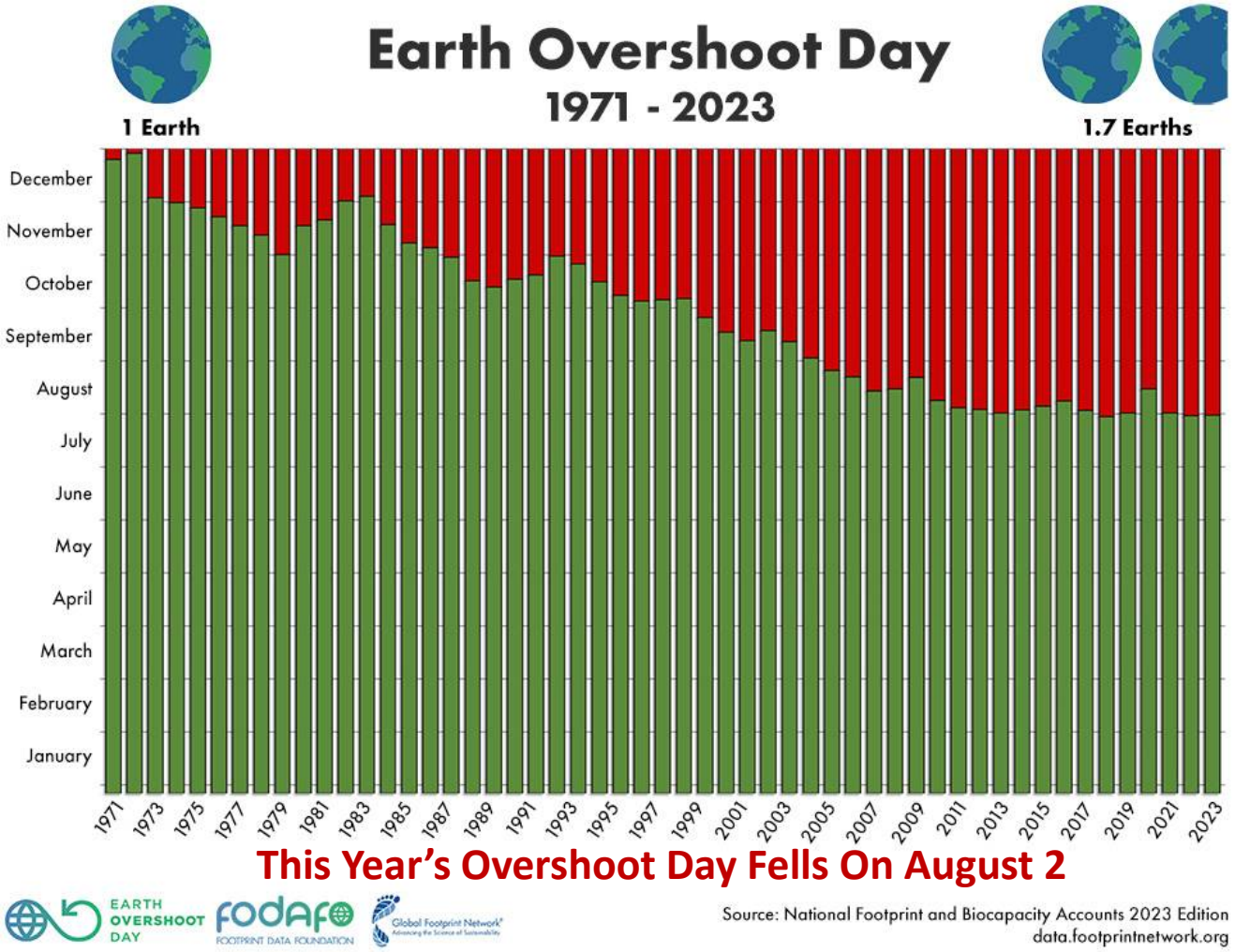
Mathis Wackernagel and Alessandro Galli http://www.worlddialogue.org/content.php?id=512

День экологического долга (Earth Overshoot Day)

Такой день наступает, когда население планеты расходует весь объем ресурсов, который Земля способна воспроизвести за год. Это значит, что ресурсы на оставшуюся часть года мы «возьмем в кредит» у планеты и будущих поколений. Такой перерасход ведет к деградации окружающей среды, результатом чего являются опустынивание, снижение биоразнообразия, истощение плодородного слоя почв и т.д. Расчеты даты Дня экологического долга производит Глобальная сеть экологического следа (GFN): соотносят скорость потребления биоресурсов человеком (экологический след человека) со способностью планеты восстанавливаться и поглощать выбросы CO_2. При этом **с каждым годом Всемирный день экологического долга наступает все раньше: в 1970 году он наступил 23 декабря, в 2000 – 4 октября, а в 2019 – 29 июля. Исходя из темпов потребления 2019 года, человечеству нужно 1,74 планеты для «безубыточного» существования.**

День экологического долга в разных странах. Дата 29 июля – показатель, усредненный по всей планете. Однако у каждой страны свой резерв биоемкости, а особенности потребления ресурсов очень отличаются. В связи с этим ученые также подсчитывают национальные даты: в странах, где День экодолга наступает в начале года (высокие темпы потребления природных ресурсов при относительно низкой их способности к самовосстановлению). День экодолга в конце года, напротив, будет означать рациональное потребление и высокую биоемкость.

https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/ https://wwf.ru/ecodolg/#about

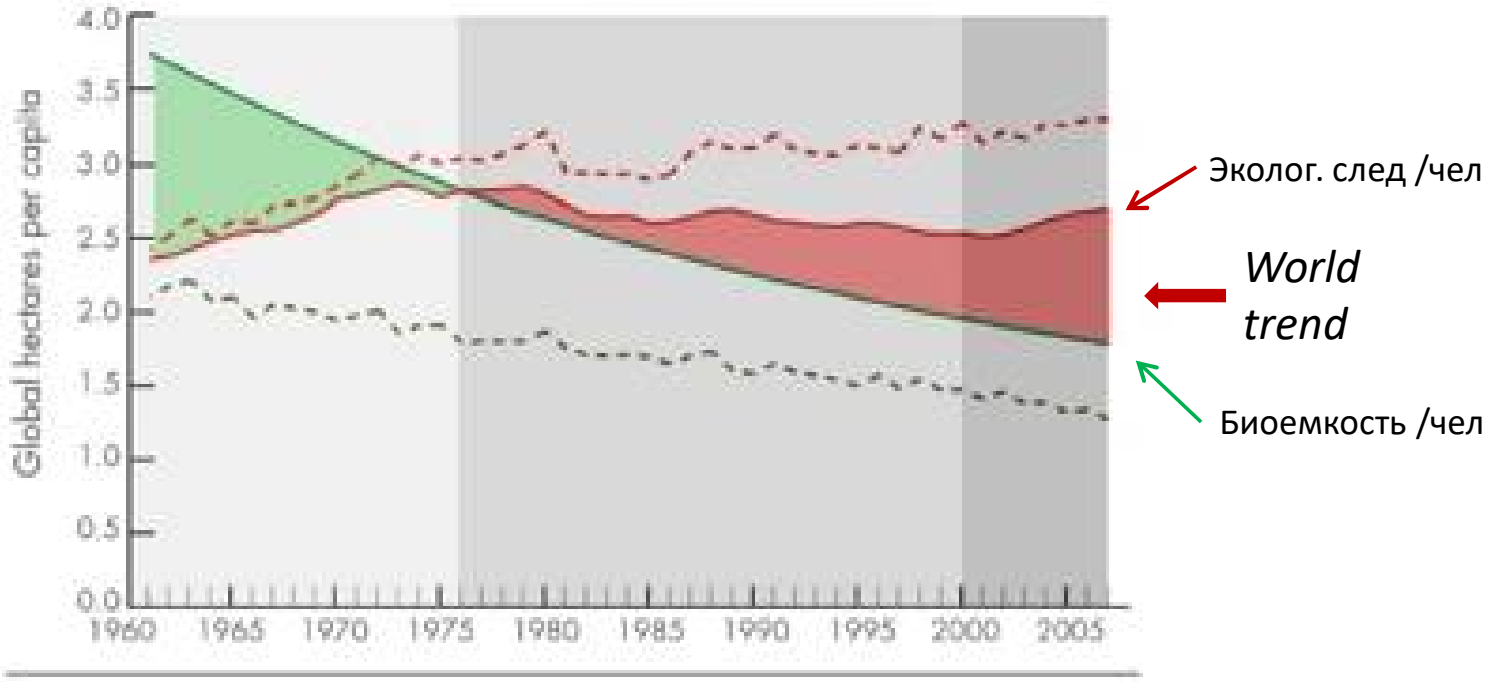


В 1970 году население планеты потребляло ровно столько ресурсов, сколько планета Земля могла воспроизвести за год. В 2021 году для комфортной жизни человечеству нужно 1,7 таких планет. Начало 2020 года, из-за пандемии наша деятельность серьезно сократилась, что позволило сдвинуть дату почти на целый месяц, но уже через год уровни потребления вернулись к старым показателям.

https://overshoot.footprintnetwork.org/

Регион Средиземноморья

(яркий пример)



Тренды **экологического следа на душу населения (красный) и биоемкости (зеленый)** ***мира*** **(сплошные линии) и Средиземноморья (*пунктирные линии*).**

Средний экологический след жителя Средиземноморья за период 1961-2007 годов увеличился на 37%, с 2,4 до 3,3 глобальных гектаров на душу населения. За тот же период население удвоилось, в результате чего общий региональный экологический след увеличился в 2,6 раза. Кроме того, имеющаяся в регионе биоемкость уменьшилась на 38%, с 2,1 до 1,3 глобальных гектаров на душу населения.

http://www.worlddialogue.org/content.php?id=512

ПЛАСТИК В ОКЕАНЕ



Невозможно "выкинуть мусор вон".
Потому что такого места на планете не существует

Мировой океан катастрофически загрязнен



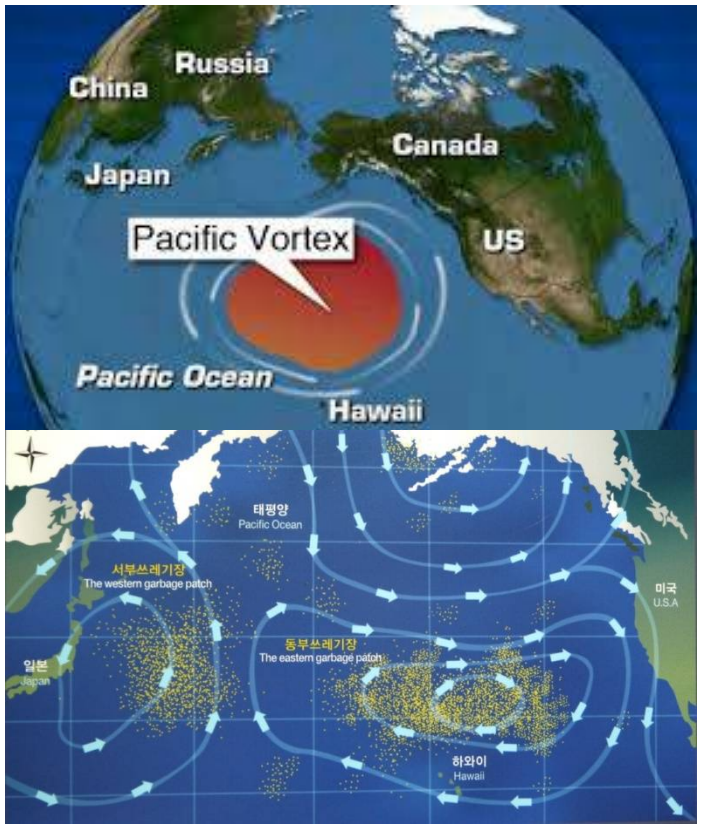


В 1997 году Чарльз Мур (*Capitan Charles Moore*), следуя на океанской яхте через Тихий Океан, выбрал (в общем, случайно), необычный для морских судов маршрут и впервые пересек огромную зону плавающего пластикового мусора, которая теперь называется “Тихоокеанское мусорное пятно (водоворот), *Great Pacific Garbage Patch*”, где мелкие частицы мусора, общим весом примерно в 100 млн тонн были захвачены потоками северо-тихоокеанского течения.

Институт *5 Gyres* в Лос-Анджелесе 10 декабря 2014 г. представил отчет об оценке загрязнения океана пластиковым мусором. К 2014 г. в водах мирового океана оказалось около **269 тысяч тонн пластикового мусора**. Эта цифра получена на основании **данных 24 морских экспедиций, проводившихся по всему миру на протяжении шести лет (2008-2014)**. **В мировом океане плавает более 5 триллионов кусков пластикового мусора — по 700 предметов на каждого ныне живущего на Земле (2014 г.).**

5 Gyres was founded by Anna Cummins and Marcus Eriksen in *2008*

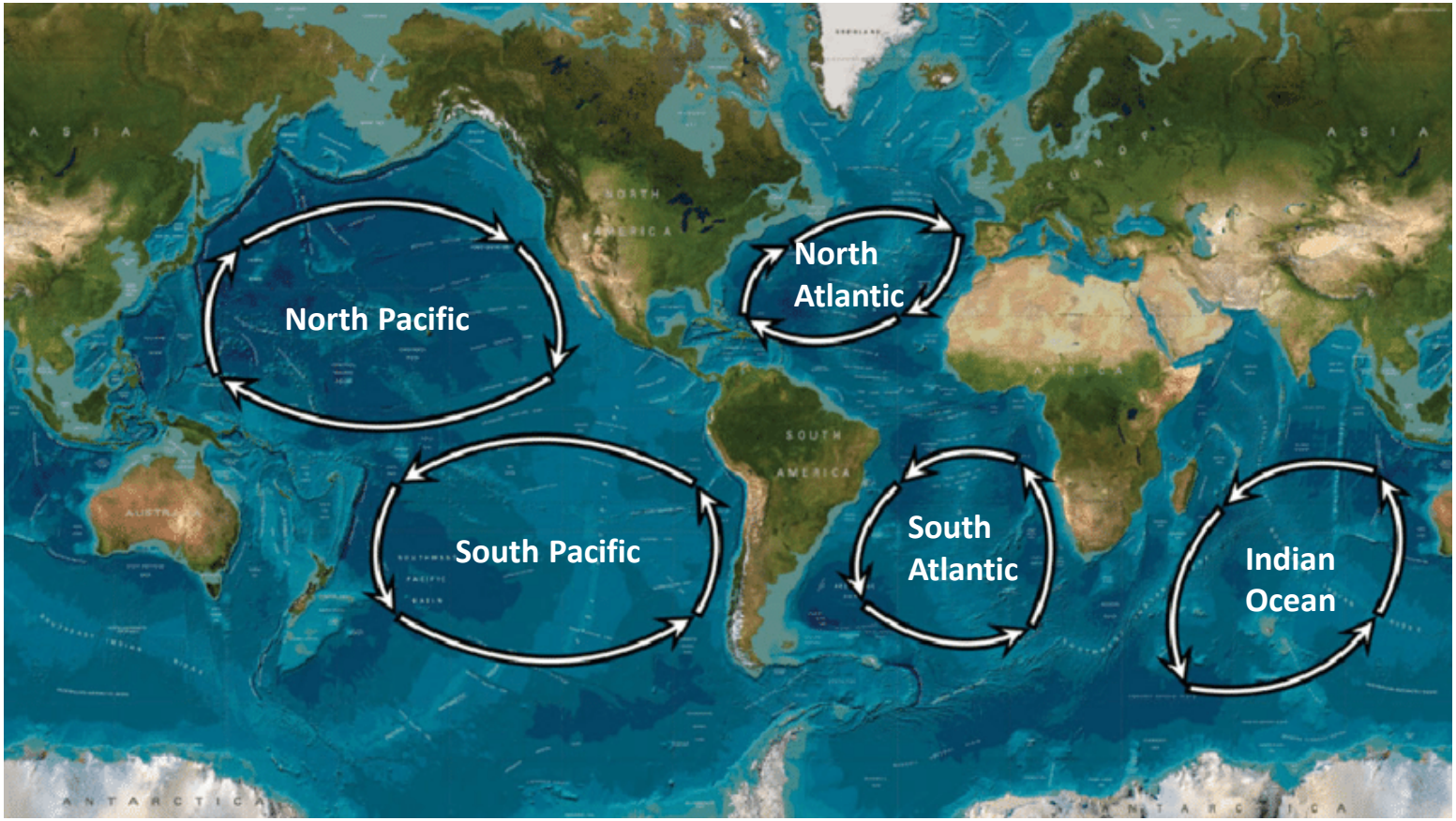
Свалка в океане не похожа на обычный остров, по своей консистенции она напоминает “суп” — фрагменты пластика плавают в воде на глубине от одного до сотни метров. Поскольку пластик прозрачен и залегает прямо под поверхностью воды, то со спутника его увидеть нельзя. Кроме того, более 70% всего попадающего сюда пластика опускается в придонные слои, так что мы даже в точности не представляем себе, сколько его там может скопиться.



Мусор можно заметить только с палубы корабля или погрузившись в воду с аквалангом. Но морские суда бывают в этом районе нечасто, ведь еще со времен парусного флота все капитаны кораблей прокладывали маршруты в стороне от этого участка Тихого океана, известного тем, что здесь никогда не бывает ветра. Вдобавок Северо-Тихоокеанский водоворот — это нейтральные воды, и весь мусор, что здесь плавает — “ничейный”.

Пять главных мировых океанских круговых течений

The global oceanic system has five major sea current gyres that act as large conveyor belts



Sketch of the five most significant gyres on Earth, each centred at about 30 degrees north or south latitude in the subtropical regions, with the gyres in the Northern Hemisphere rotating clockwise, and those in the Southern Hemisphere rotating counterclockwise. The North Pacific Gyre is the largest, but all five gyres have an immense size, covering ocean areas of diameters 4000-8000 km.

https://www.researchgate.net/publication/316068127_Large_gyres_as_a_shallow-water_asymptotic_solution_of_Euler's_equation_in_spherical_coordinates

Мировые океанские круговороты собирают мусор, но откуда все это берется?
… в порядке вещей считается выбрасывать мусор
прямо в ближайший водоем…









Более чем на 1000 рек приходится 80% глобальных выбросов пластика в океан

More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean (Science Advances, 2021)

Пластиковые отходы все более накапливаются в океане, однако данные о распределении и количественной оценке речных источников, необходимые для разработки эффективных мер по смягчению последствий, ограничены. Модельный подход, примененный в обсуждаемой работе, включает географически распределенные данные о пластиковых отходах, землепользовании, ветре, осадках и реках и рассчитывает вероятность попадания пластиковых отходов в реку, а затем и в океан. Этот вероятностный подход выявляет регионы, которые могут выбрасывать пластик в океан. На основе полевых наблюдений модель была откалибрована и было показано, что выбросы распределяются по большему количеству рек, чем считалось ранее, на два порядка величины. По полученным оценкам, на более чем 1000 рек приходится 80% мировых ежегодных выбросов, которые колеблются от 0,8 до 2,7 миллионов метрических тонн в год, причем малые городские реки входят в число наиболее загрязняющих. Эти данные позволяют целенаправленно разрабатывать стратегии и технологии для сокращения речных выбросов пластика .

Замечание показано, что “выбросы распределяются по большему количеству рек, чем считалось ранее, на два порядка величины “ (Shocking report (2017) reveals that 95% of plastic polluting the world's oceans comes from just TEN RIVERS including the Ganges and Niger)

https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaz5803

Замечание **Which Countries Pollute the Most Ocean Plastic Waste?**

Rank	Country	Annual Ocean Plastic Waste (Metric tons)
1	Philippines	356,371
2	India	126,513
3	Malaysia	73,098
4	China	70,707
5	Indonesia	56,333
6	Myanmar	40,000
7	Brazil	37,799
8	Vietnam	28,221
9	Bangladesh	24,640
10	Thailand	22,806
	🌐 Rest of the World	176,012
	Total	1,012,500

Можно подумать, что страны, производящие или потребляющие больше всего пластика, больше всего загрязняют океаны. Но это не так. Согласно исследованию, страны с меньшей географической территорией, более длинной береговой линией, большим количеством осадков и плохой системой управления отходами с большей вероятностью смывают пластик в океан

Филиппины - архипелаг, состоящий из более чем 7000 островов, с береговой линией длиной 36 289 километров и 4820 реками, по оценкам, выбрасывают 35% пластика в океан. Помимо Филиппин более 75% накопленного пластика в океане происходит из-за неправильного обращения с отходами в азиатских странах, включая Индию, Малайзию, Китай, Индонезию, Мьянму, Вьетнам, Бангладеш и Таиланд. Единственная неазиатская страна, попавшая в этот топ-10, с 1240 реками, включая Амазонку, — это Бразилия.

https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaz5803 https://www.visualcapitalist.com/cp/visualized-ocean-plastic-waste-pollution-by-country/

Оценки массы плавучего морского пластика 2023

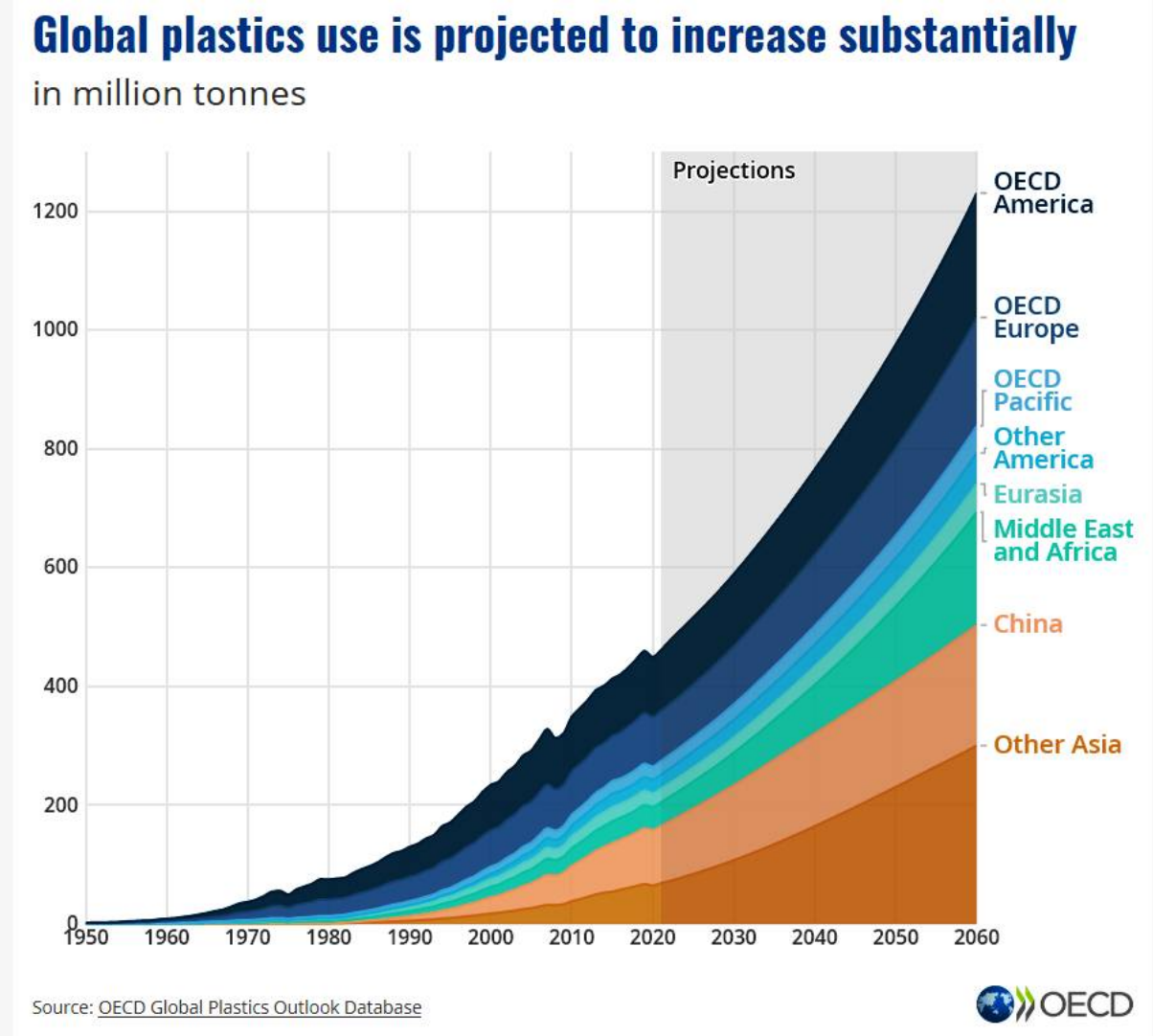
Global mass of buoyant marine plastics dominated by large long-lived debris | Nature Geoscience, 2023

Недавние оценки поступления пластика в океан на один-два порядка превышают количество пластика, плавающего на поверхности океана. Это несоответствие может быть связано с завышением оценок поступления, процессов удаления пластика с поверхности океана или его фрагментации и деградации. В настоящей работе представлен трехмерный глобальный морской массовый баланс плавучих пластиков, который устраняет это несоответствие. В численную модель, учитывающую частицы размеров 0,1–1600,0 мм, включены данные наблюдений из различных морских резервуаров, включая береговые линии, поверхность и глубины океана. Установлено, что более крупный пластик (> 25 мм) составляет более 95% изначально плавучей морской пластиковой массы: 3100 из 3200 килотонн в 2020 году. Модель оценивает приток пластика в океан примерно в 500 килотонн в год - меньше предыдущих оценок. Вместе взятые, наши оценки общего количества и годового поступления плавучего морского пластикового мусора позволяют предположить, что неучтенных поглотителей морского пластикового загрязнения не существует. **Результаты подтверждают более длительное время пребывания пластика в морской среде по сравнению с предыдущими модельными исследованиями, что соответствует данным наблюдений. Загрязнение Мирового океана пластиком может удвоиться в ближайшие два десятилетия и может негативно повлиять на экосистемы, если не будут приняты соответствующие контрмеры. По оценкам Программы ООН по окружающей среде, пластиковый мусор ежегодно убивает более миллиона морских птиц и 100 000 морских млекопитающих**.

https://www.nature.com/articles/s41561-023-01216-0#Fig1 https://phys.org/news/2023-08-plastic-litter-oceans-overestimated-persist.html

The current plastics lifecycle is far from circular

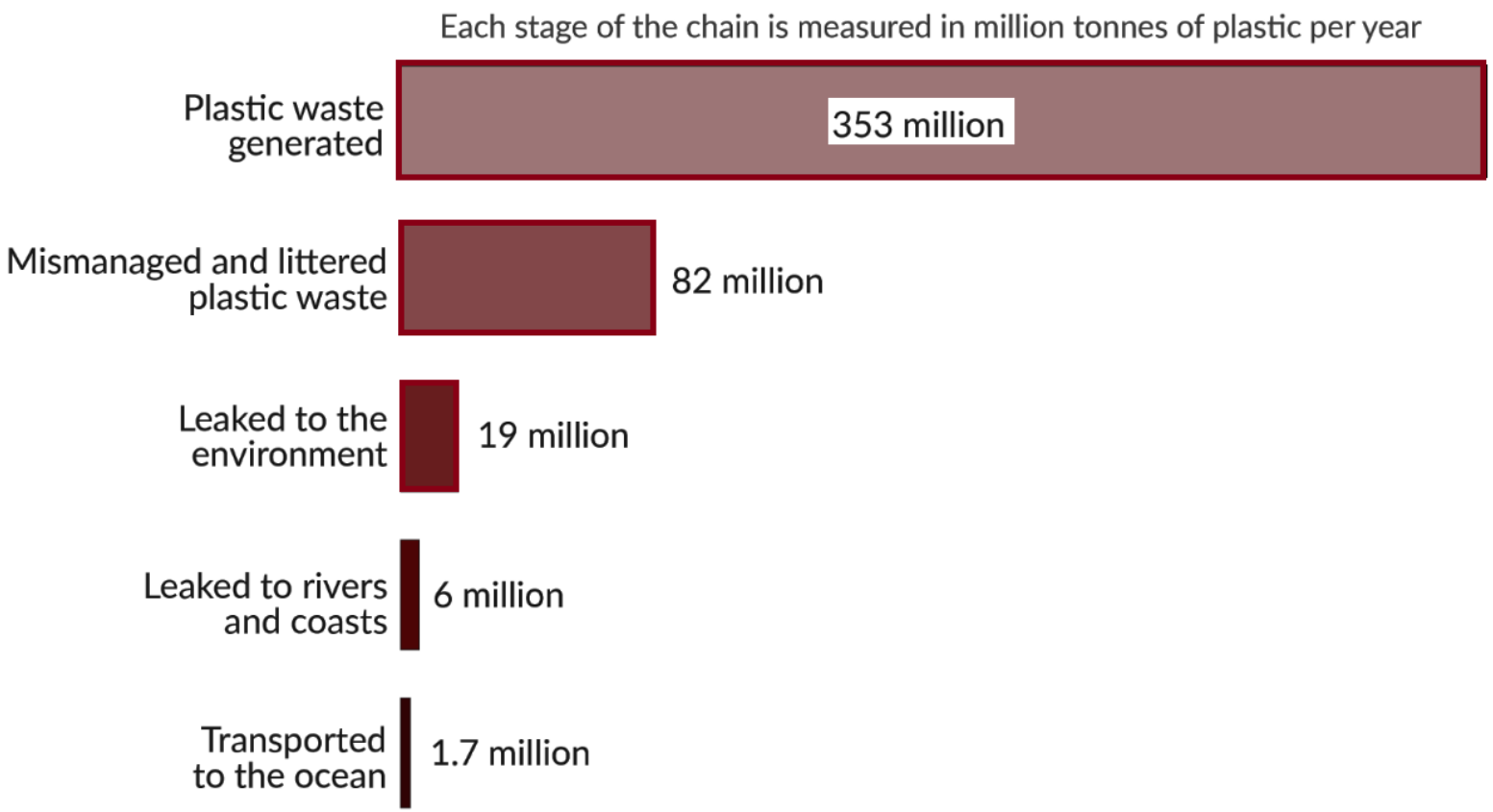
Annual plastics production has more than doubled in the last two decades and is projected to triple by 2060



Population growth and higher incomes have driven up global plastics production, which doubled between 2000 and 2019, soaring to 460 million tonnes (Mt) in 2019.
In this same period, the growth of plastics has outpaced that of economic growth by almost 40%.
In the absence of new policies, plastics use is projected to triple from its 2019 levels, increasing to 1231 Mt by 2060.

https://web-archive.oecd.org/2022-08-18/620573-plastics-lifecycle-is-far-from-circular.htm

Around 0,5% of plastic waste ends up in the ocean



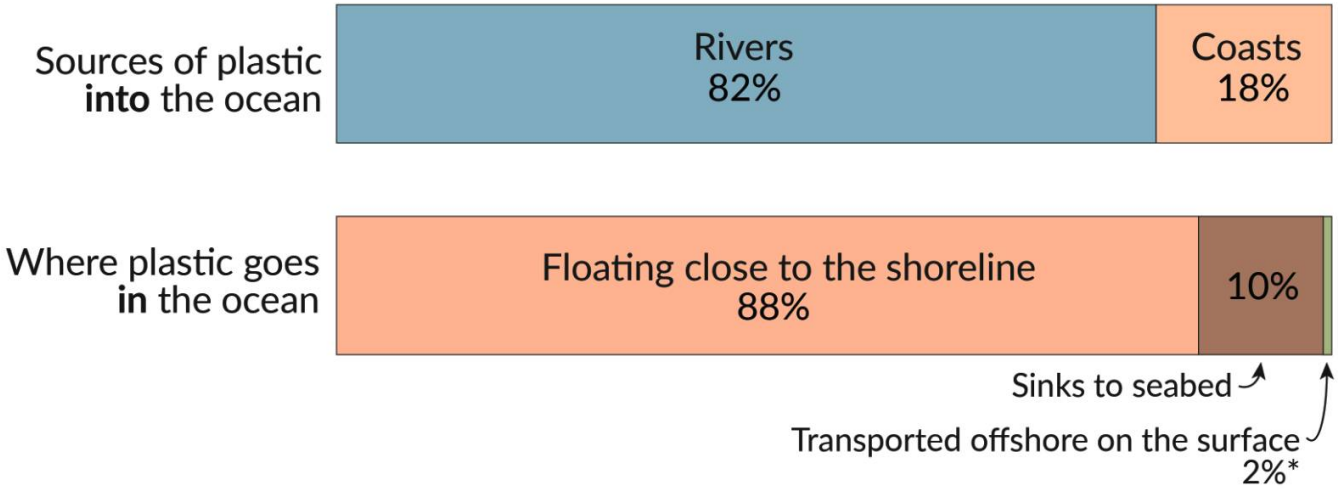
82 млн тонн в год, часть, составляющая 23% всего произведенного пластика – доля пластика, использование которого плохо управляется (mismanaged). Остальное оказывается на свалках, рециклизируется (перерабатывается и повторно используется), сжигается или рассеивается в окружающей среде.

В океане оказывается около 0,5% всех пластиковых отходов в год (1,7 млн тонн/год).

https://ourworldindata.org/how-much-plastic-waste-ends-up-in-the-ocean

Around 1.7 million tones of plastic enters oceans each year

The sources of this from rivers and coasts is shown, alongside estimates of where this plastic



*The source does not give an exact figure for offshore plastic: it labels it as '<0.1 Mt". The 2% given here is therefore an estimate.

Data source: OECD Global Plastic Outlook (2022).

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

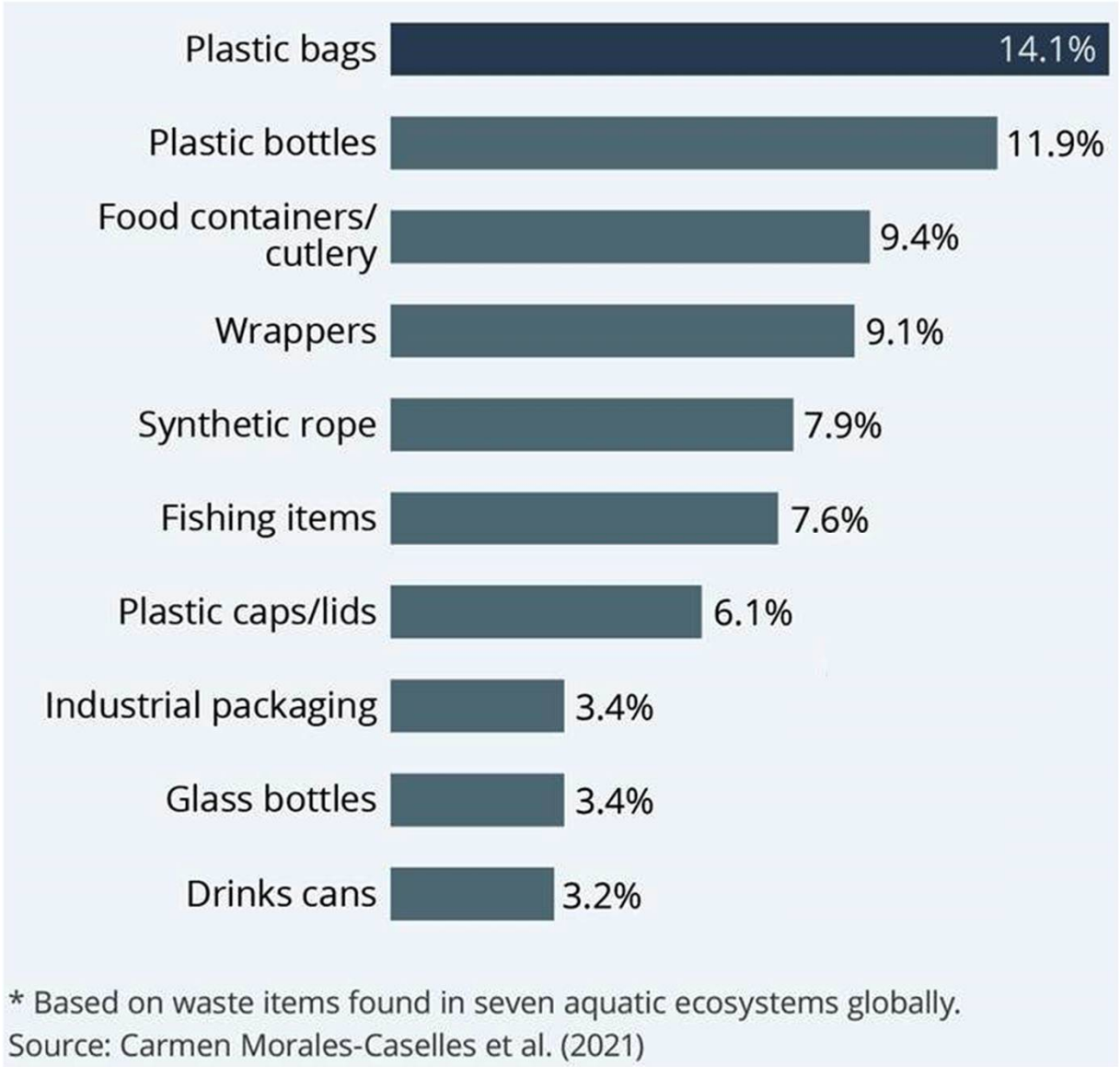
Пластик, плотность которого выше, чем плотность воды, оседает и накапливается в руслах рек, озер и на морском дне.

Плавающий пластик разлагается под воздействием солнечного света и со временем превращается в частицы микропластика



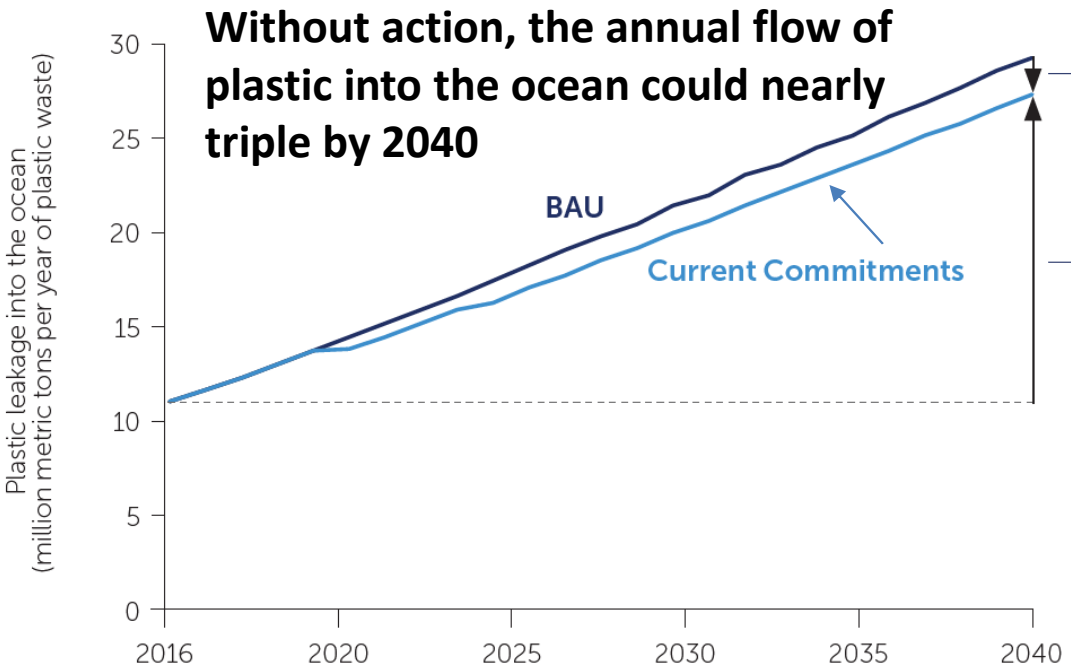
https://ourworldindata.org/how-much-plastic-waste-ends-up-in-the-ocean

The 10 most widespread waste items polluting the world's ocean



https://www.statista.com/chart/25056/waste-items-polluting-oceans/#:~:text=Ocean%20Waste&text=Single%2Duse%20plastic%20bags%20accounted,cutlery%20followed%20with%209.4%20percent.

Land-based plastic leakage under BAU and Current Commitment scenarios







Текущие обязательства со стороны промышленности и государственной политики позволяют сократить утечку пластика в океан всего на 7% в сравнении с практикой Business-as-Usual.

"Breaking the Plastic Wave" – глобальный анализ с использованием первого в своем роде моделирования, показывает, что возможно сокращение ежегодных потоков пластика в океан примерно на 80% в течение следующих 20 лет. Однако ни одно отдельное решение или технология не может обеспечить достижение этой цели, необходимо предпринять немедленные, амбициозные и согласованные действия. (23 июля 2020 г.)

Current commitments from industry and government policies achieve only a 7 per cent reduction in plastic leaking into the ocean relative to Business-as-Usual

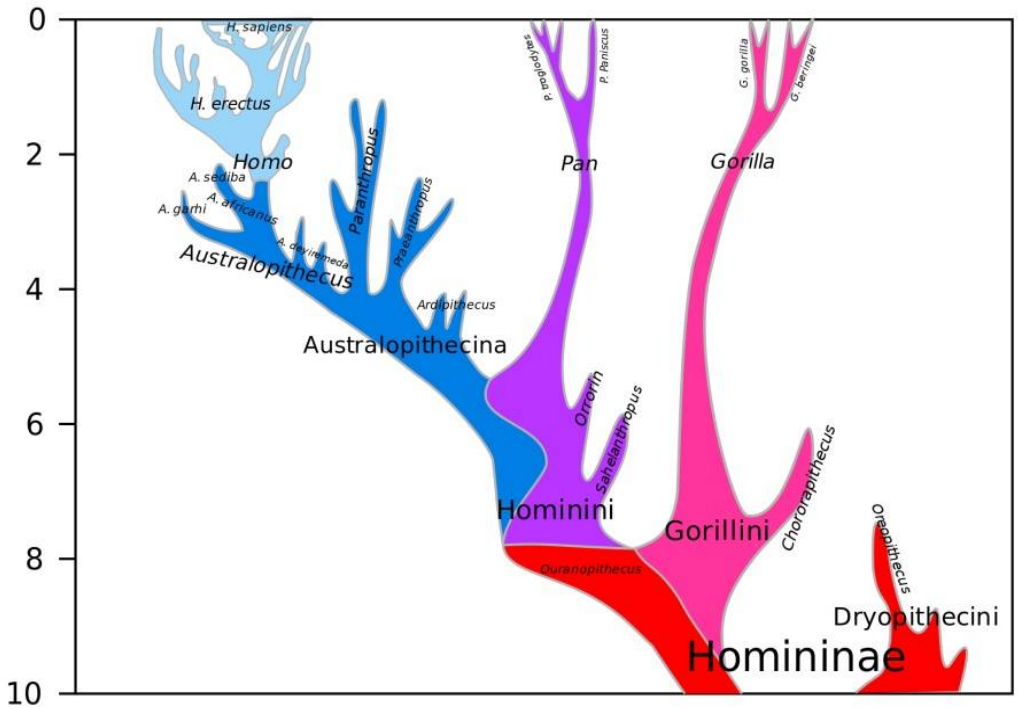
"Breaking the Plastic Wave," a global analysis using first-of-its kind modeling, shows that we can cut annual flows of plastic into the ocean by about 80% in the next 20 years by applying existing solutions and technologies. No single solution can achieve this goal; rather, we break the plastic wave only by taking immediate, ambitious, and concerted actions. (July 23, 2020)

https://www.pewtrusts.org/en/research-and-analysis/articles/2020/07/23/breaking-the-plastic-wave-top-findings

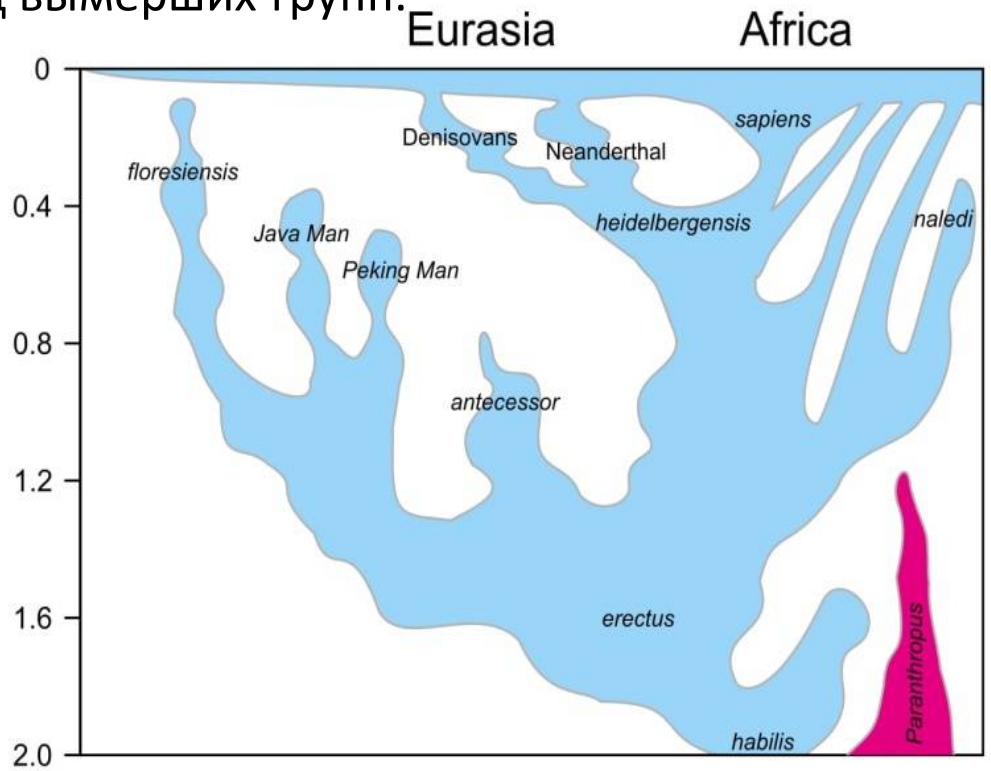
2.2. Динамика численности, возрастной структуры и фертильности народонаселения мира

Замечание

Гоминины (*Homininae*) — подсемейство семейства гоминид (*Homindae*), человекообразных приматов, к которому относят человека разумного (*Homo sapiens*), шимпанзе (*Pan*), горилл (*Gorilla*), а также ряд вымерших групп.



Модель филогении гоминин за последние 10 миллионов лет. Розовая ветвь *Gorillini* – гориллы отделились около 8 млн лет назад. Фиолетовая ветвь *Pan* – шимпанзе, отделились около 6 млн лет назад, Синяя ветвь – австралопитеки, ее продолжение голубого цвета – род Homo, в настоящее время представлен видом Homo sapiens.



Видообразование рода Homo за последние два миллиона лет. Верхняя часть диаграммы: быстрое распространение Homo sapiens из Африки и его гибридизация с неандертальцами, денисовцами и неопределёнными архаичными африканскими гомининами. Ветвь австралопитеков (парантропов), существовавших до 1,2 млн лет назад параллельно с Homo, обозначена фиолетовым цветом.

https://opengeology.org/historicalgeology/case-studies/human-evolution/

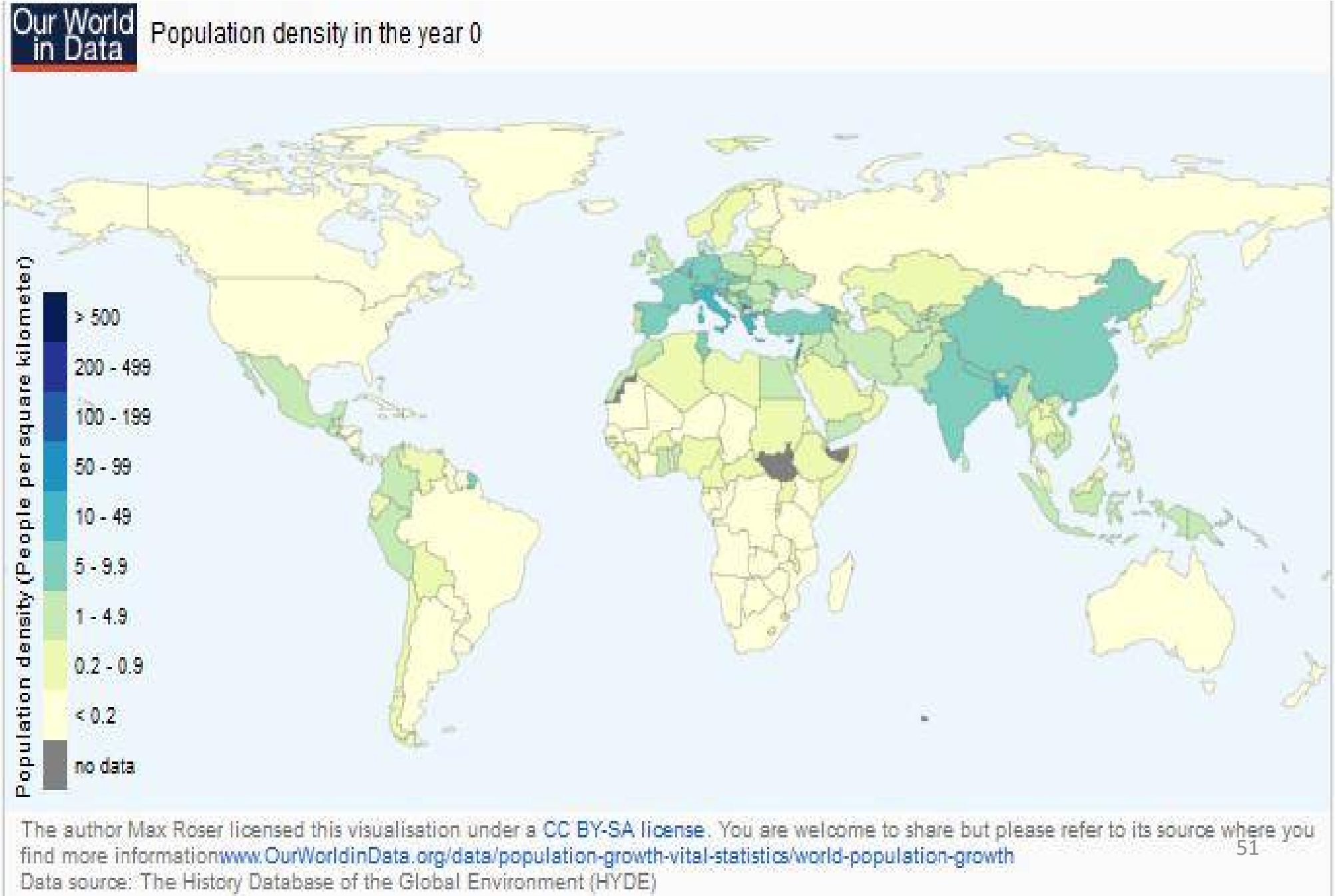
https://www.iflscience.com/mysterious-ancient-teeth-belonged-to-an-unknown-human-lineage-52060

Карта плотности численности населения мира (чел/км^2) 10 000 г. до н.э.

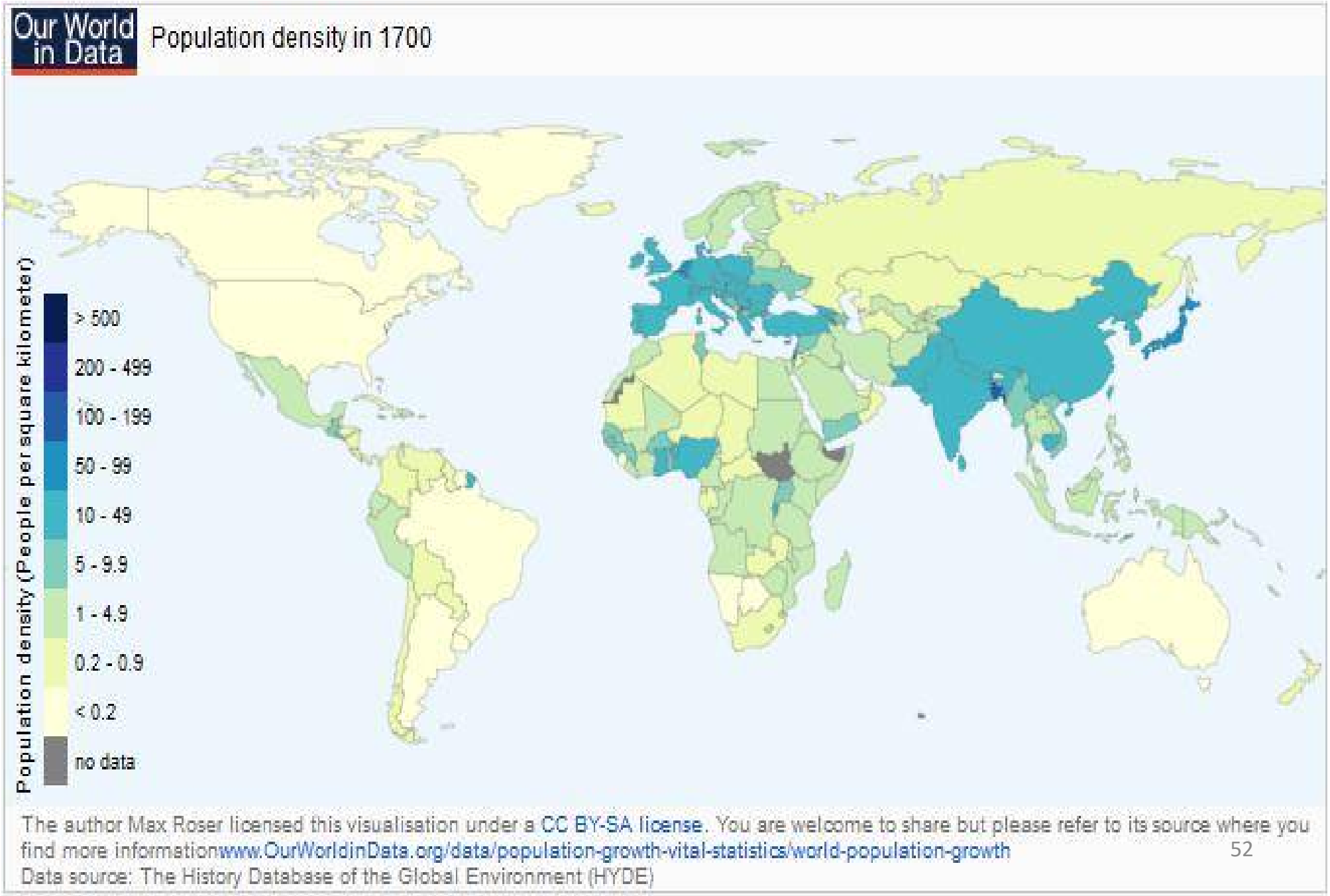


The author Max Roser licensed this visualisation under a CC BY-SA license. You are welcome to share but please refer to its source where you find more informationwww.OurWorldinData.org/data/population-growth-vital-statistics/world-population-growth
Data source: The History Database of the Global Environment (HYDE)

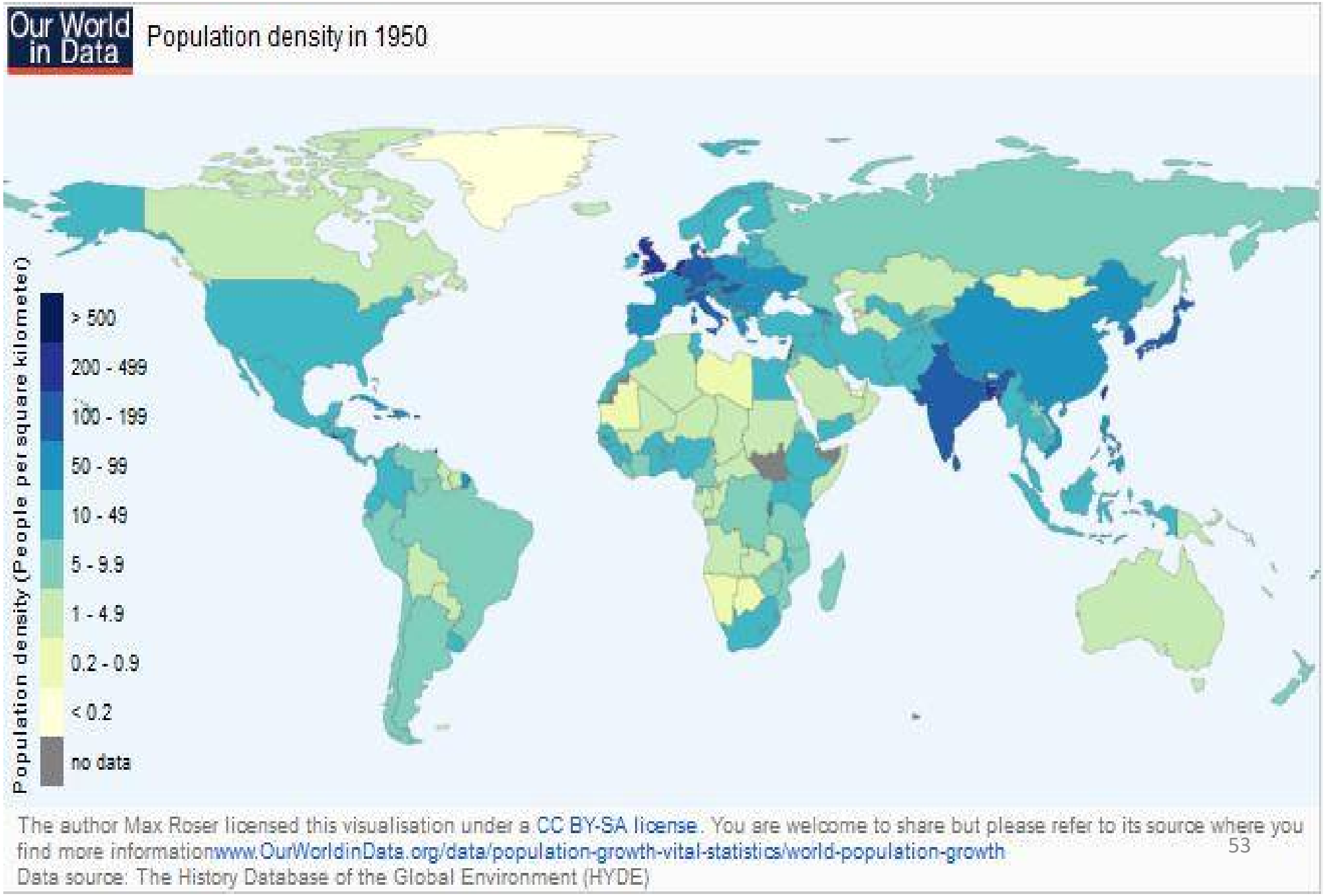
Карта плотности численности населения мира (чел/км^2) “0 год” н.э.



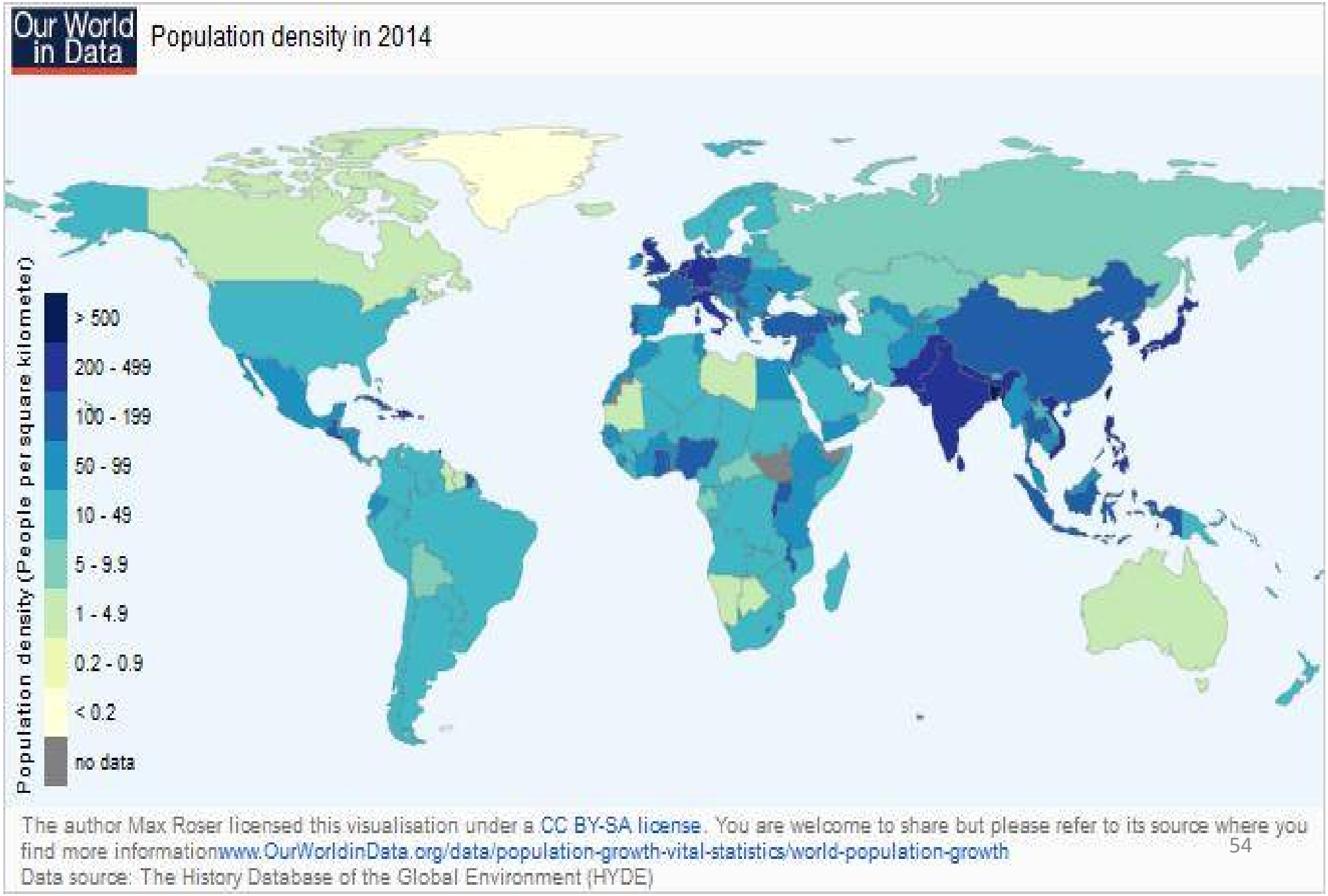
Карта плотности численности населения мира (чел/км^2) 1700 г.



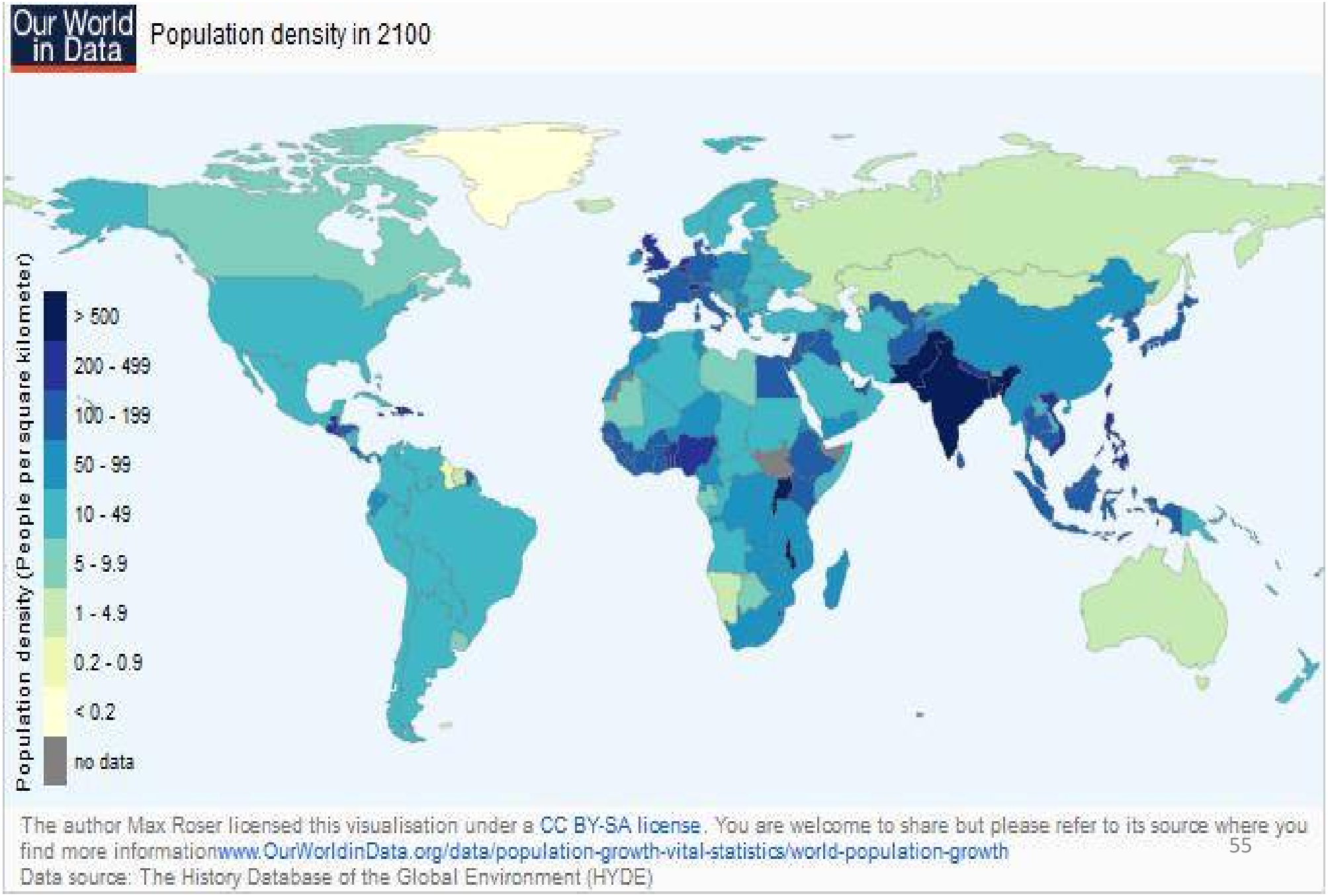
Карта плотности численности населения мира (чел/км^2) 1950 г.



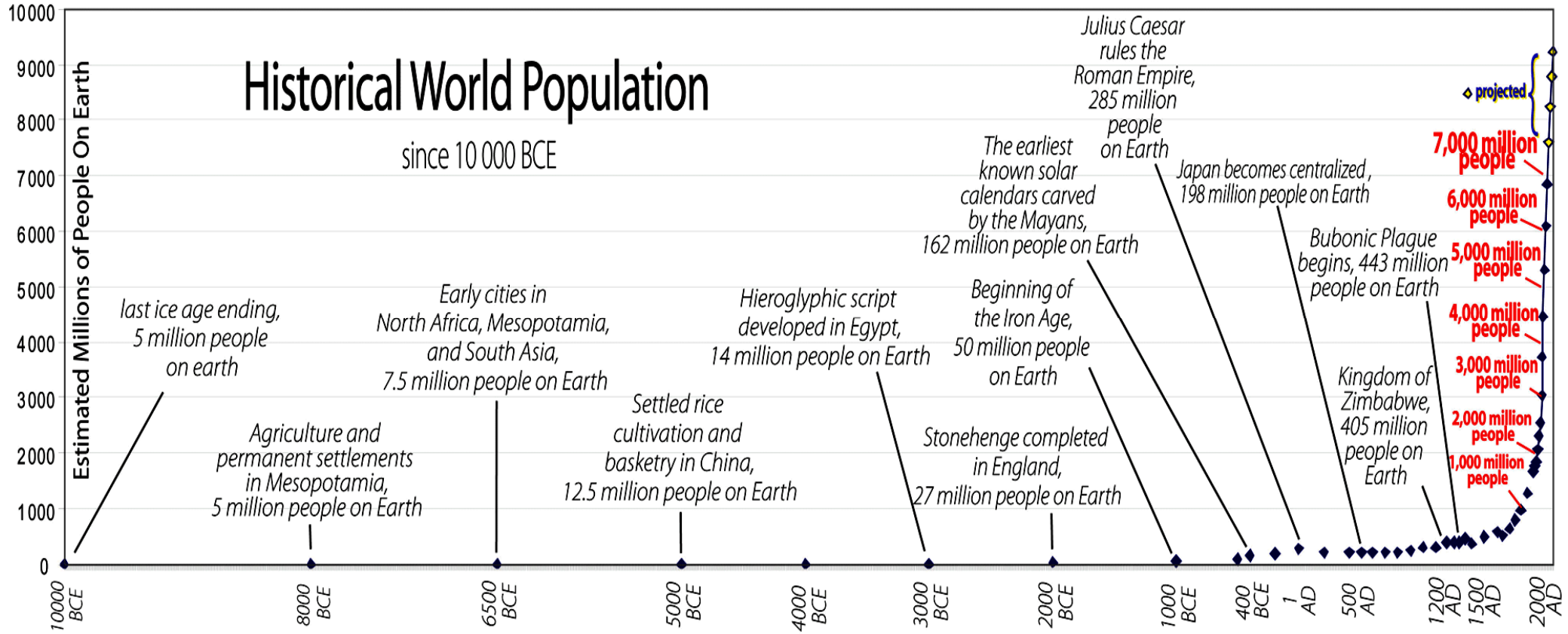
Карта плотности численности населения мира (чел/км^2) 2014 г.



Карта плотности численности населения мира (чел/км^2) (прогноз на 2100 год)



Рост численности населения, начиная с 10 000 лет до н.э.



World population began accelerating about 10 000 to 12 000 years ago and has "exploded" in the past 1 000 years.

На заре земледелия, около 8000 г. до н.э., население мира составляло около 5 миллионов человек. За 8000-летний период до 1 года н. э. оно выросло до 200 миллионов (по некоторым оценкам, до 300 или даже до 600 миллионов) с темпами роста менее 0,05% в год. Для того, чтобы население мира достигло одного миллиарда, потребовалась вся человеческая история примерно до 1800 года. Огромные перемены произошли с начала промышленной революции: второй миллиард был достигнут за 130 лет (1930), третий миллиард - за 30 лет (1960), четвертый миллиард за 15 лет (1974 г.) и пятый миллиард всего за 13 лет (1987 г.).

https://www.worldometers.info/world-population/ https://na.unep.net/geas/newsletter/Jun_11.html http://na.unep.net/geas/newsletter/images/Jun_11/Figure1.png

Рост народонаселения мира

Год (оценка/прогноз)	Численность (млрд)	Число лет на один миллиард
1800 (1804)	1	-
1930 (1927)	2	130 (123)
1960	3	33
1974	4	14
1987	5	13
1999	6	12
2012 (2011)	7	13
2024 (2022)	8	12 (10)
2040	9	16
2062	10	22

UN, Dept. of Economic and Social Affairs, Population Division (2013). World Population Prospects: The 2012 Revision. projected populations based on the medium-fertility variant.

8 миллиардов, 2022 год

World population has reached 8 billion people on November 15, 2022 according to the United Nations

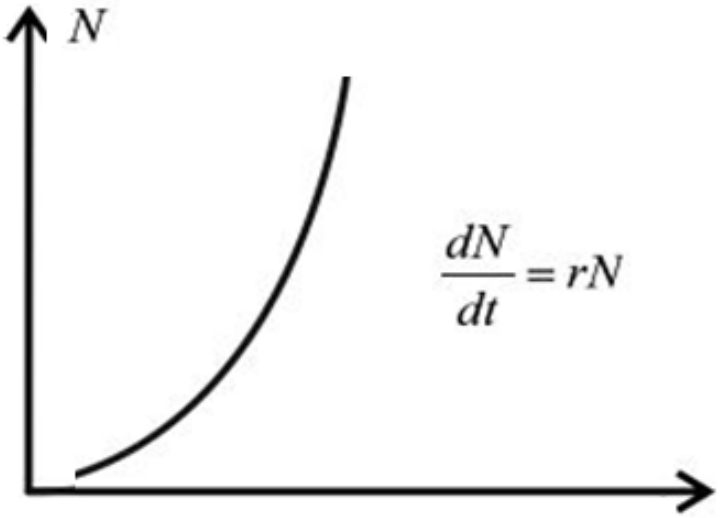


https://www.worldometers.info/world-population/#:~:text=World%20population%20has%20reached%208,according%20to%20the%20United%20Nations

Простейшие модели динамики численности популяции

- $N(t)$ – численность популяции
- $B = (\Delta N^b / \Delta t)$; $D = (\Delta N^d / \Delta t)$ – абсолютные рождаемость и смертность;
- $b = B/N$; $d = D/N$ – относительные (удельные) рождаемость и смертность;
- $N(t+\Delta t) = N(t) + (b - d)\, N(t)\Delta t$ (*)
  $b - d = r$ – относительная скорость прироста популяции
- $dN/dt = rN$ (**)
- r = const – экспоненциальный рост
- $r = 1 - N(t)/K$ – логистический рост, K – “емкость среды”

Экспоненциальный рост
(*r* = const)



$$\frac{dN}{dt} = rN$$

$$N(t) = N(t_0) \cdot e^{rt}$$

Величину ***r*** называют мальтузианским параметром. Английский священник Томас **Мальтус** (1766-1834) был первым, кто заметил, что **численность населения растет в геометрической прогрессии**. Именно знакомство с его работой подтолкнуло и Чарльза Дарвина и Альфреда Уоллеса к догадке о том, что потомство любых организмов должно «прореживаться» естественным отбором.

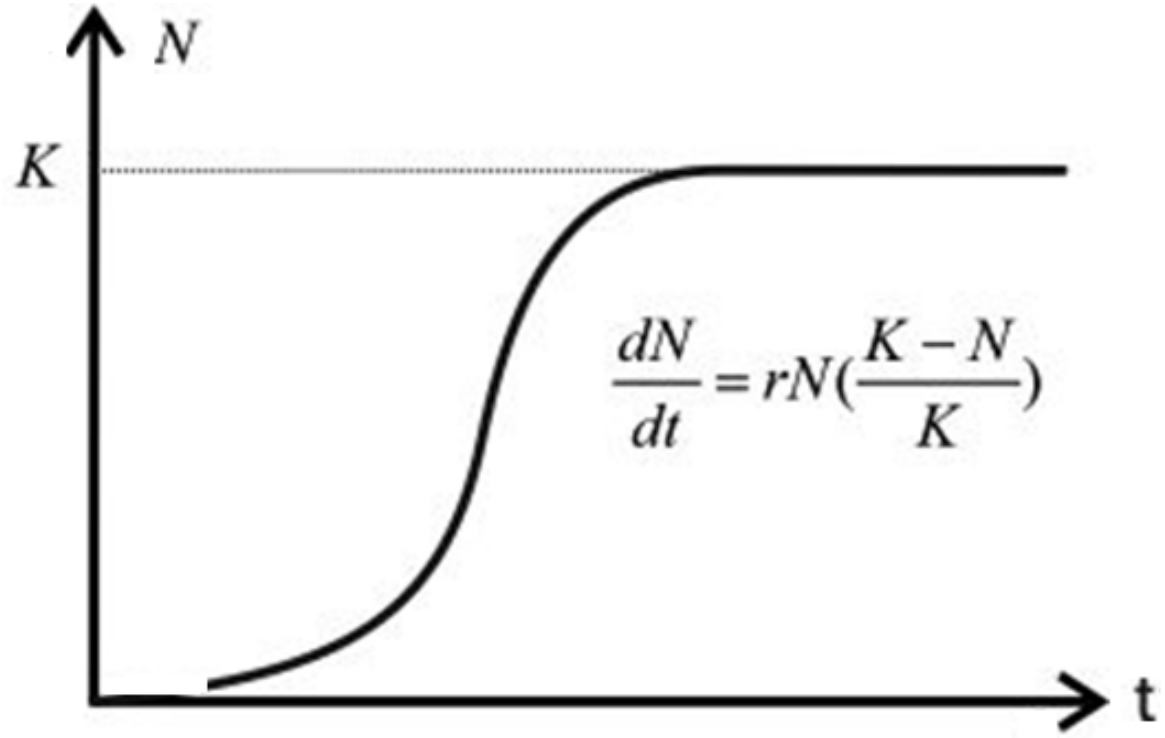
Три основных тезиса «Очерка о законе народонаселения» (1798): **а)** из-за биологической способности человека к продолжению рода, его физические способности используются для увеличения своих продовольственных ресурсов; **б)** народонаселение строго ограничено средствами существования; **в)** рост народонаселения может быть остановлен лишь нравственным воздержанием или несчастьями (войны, эпидемии, голод).

Также Мальтус утверждал, что народонаселение растёт в геометрической прогрессии, а средства существования - в арифметической. Минусы теории с современной точки зрения: не учтены миграционные процессы, не приняты во внимание механизмы демографического перехода; утверждалось, что ни накопление капитала, ни научно-технический прогресс не компенсируют ограниченность природных ресурсов.

Теория Мальтуса достаточно корректно описывает закономерности экономико-демографической динамики доиндустриальных обществ.

Логистический рост

$r = 1 - N(t)/K$



При малых *N* на прирост популяции основное влияние оказывает сомножитель ***r·N*** и рост популяции близок к экспоненциальному. Когда ***N*** становится достаточно большим, на численность популяции начинает оказывать влияние сомножитель ***(1-N/K)*** и рост популяции начинает замедляться.

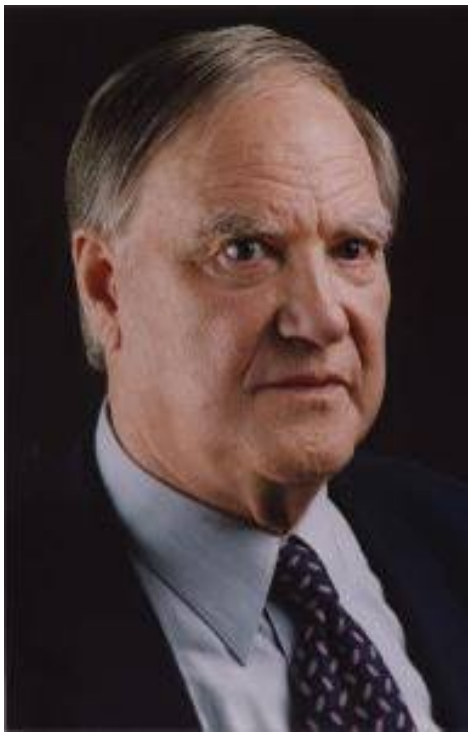
Когда ***N = K*** (***K*** – *“емкость среды”*) рост численности популяции прекращается.

(французский математик Ферхюльст в 1845, американский эколог Р. Перл 1925)



Хейнц фон Фёрстер
(Heinz von Foerster 1911-2002)

австрийский физик, математик, один из основоположников кибернетики.
Закон гиперболического роста численности населения Земли — эмпирический закон, открыт фон Фёрстером.



Сергей Петрович Капица
(1928-2012)

советский и российский учёный-физик, просветитель. Профессор Капица - один из основоположников клиодинамики (математическое моделирование социально-исторических процессов), создатель феноменологической модели гиперболического роста численности населения Земли.

Гиперболический рост

Статистическая оценка демографических данных показала, что кривая роста населения Земли лучше всего аппроксимируется гиперболой:

$$N = \frac{C}{t_0 - t} \qquad (1)$$

где C и t_0 – константы, причем t_0 – соответствует 13 ноября 2026 года. (Foerster, H. von, P. Mora, and L. Amiot. ***Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026*****.** Science 132:1291–5. 1960).

Эмпирическая формула (1) является решением уравнения

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{C} \qquad (2)$$

Подставляя (1) в (2), получим:

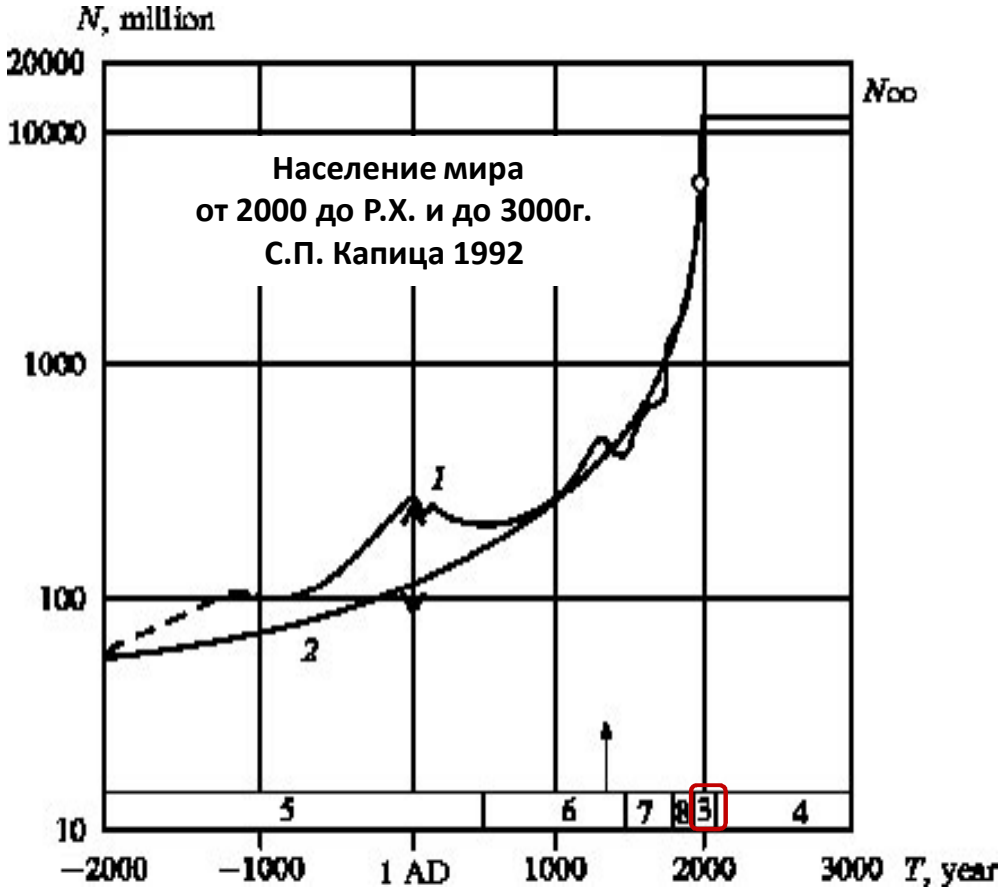
$$\frac{dN}{dt} = \frac{C}{(t_0 - t)^2} .$$

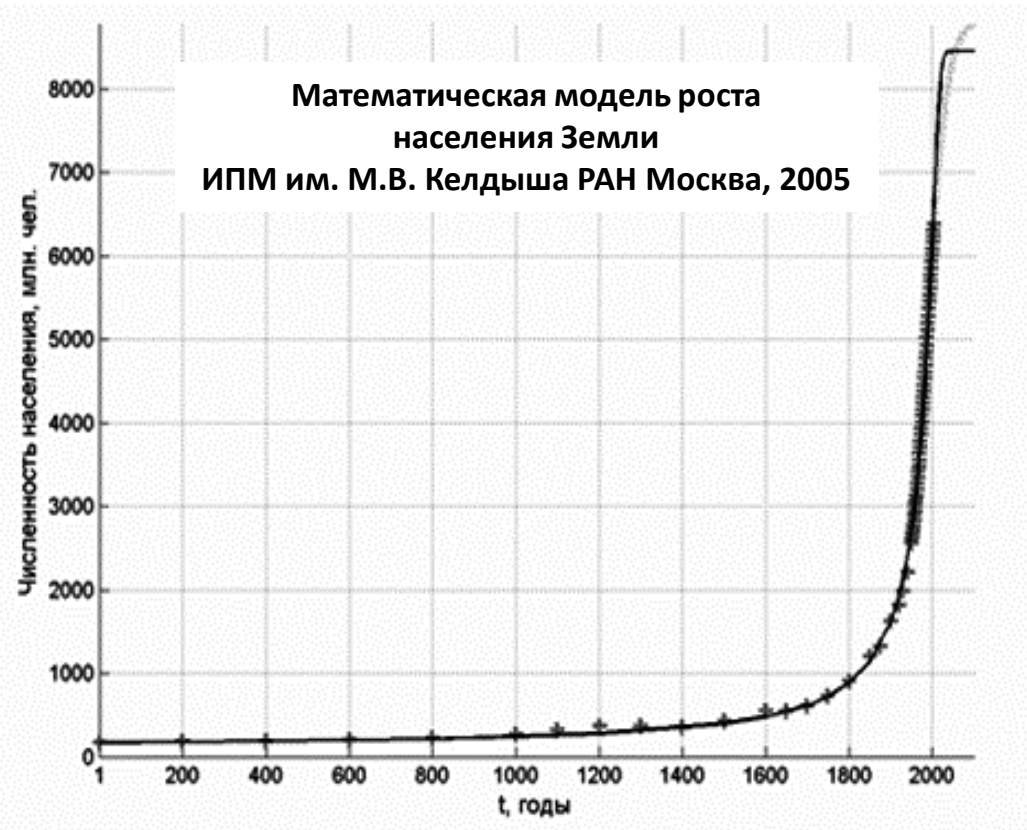
Для того чтобы описать демографический переход, С.П. Капица (1992) ввел в это уравнение параметр τ (τ = 45 лет).

$$\frac{dN}{dt} = \frac{C}{(t_0 - t)^2 + \tau^2}$$

При такой модификации численность населения стабилизируется на уровне 10 -12 миллиардов человек, что согласуется с прогнозами демографов.

Рост населения мира





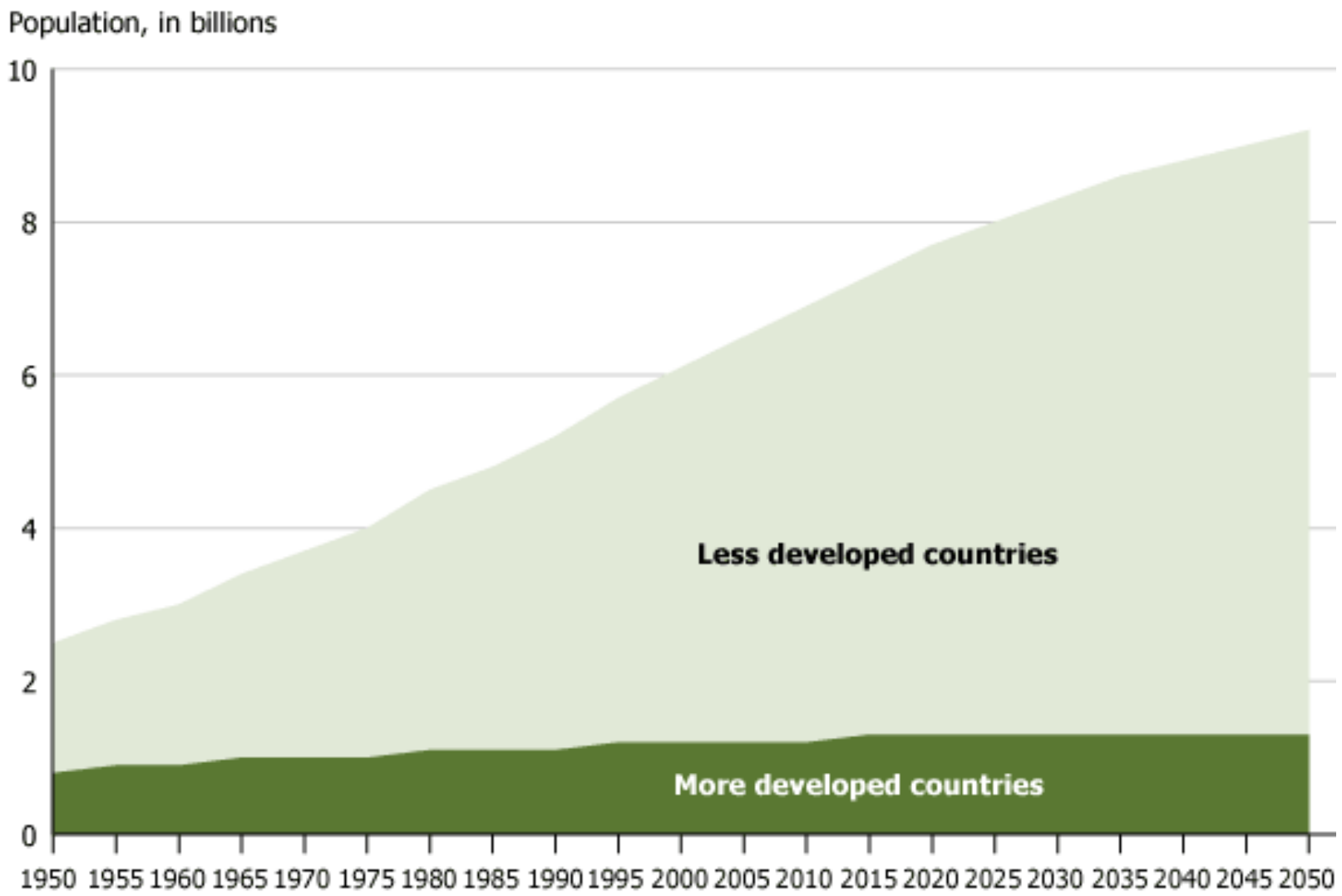
1. население мира с 2000 г. до н.э. (*согласно модели французского медика Жана-Ноэля Бирабена предел роста составит* 10-12 *млрд человек*); **2. *гиперболический рост* и "режим с обострением", характеризующий демографический взрыв; 3. демографический переход; 4. стабилизация населения; 5. Древний мир; 6. Средние века; 7. Новая история (чума 1348 года); 8. Новейшая история (2000 г.).**

Заметим, что на полулогарифмической сетке (***N* представлена в логарифмическом масштабе, а течение времени *T* - в линейном масштабе**), экспоненциальный рост изображается прямой, которая никак не может описать развитие человечества за сколько-нибудь значительный период времени. **На графике ясно видно "сжатие исторического времени" по мере приближения к демографическому переходу.**

http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/kapitsa_teoria.htm

Рост населения мира, 1950–2050

Развивающиеся и развитые страны



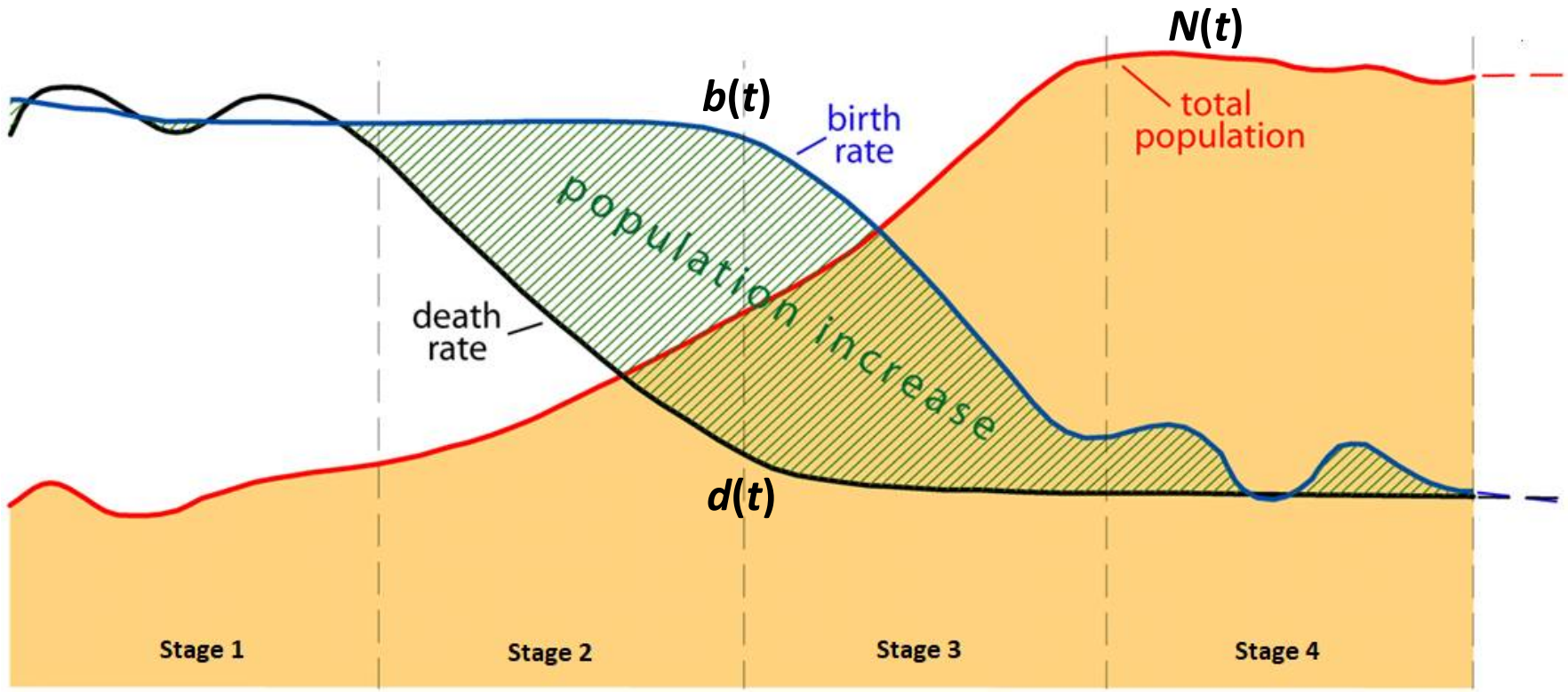
Менее развитые страны (Less developed countries): включают в себя все страны Африки, Азии (за исключением Японии), Латинской Америки и Карибского бассейна, а также регионы Меланезии, Микронезии и Полинезии.

Более развитые страны (More developed countries) : включают в себя все страны Европы и Северной Америки, Австралию, Новую Зеландию и Японию.

Source: United Nations Population Division, *World Population Prospects, The 2008 Revision*

Демографический переход

Demographic transition model



$$N(t + \Delta t) = N(t) + (b - d)\, N(t)\Delta t$$

Stage 1: high birth rates *b*(*t*), high death rates *d*(*t*) - stable population

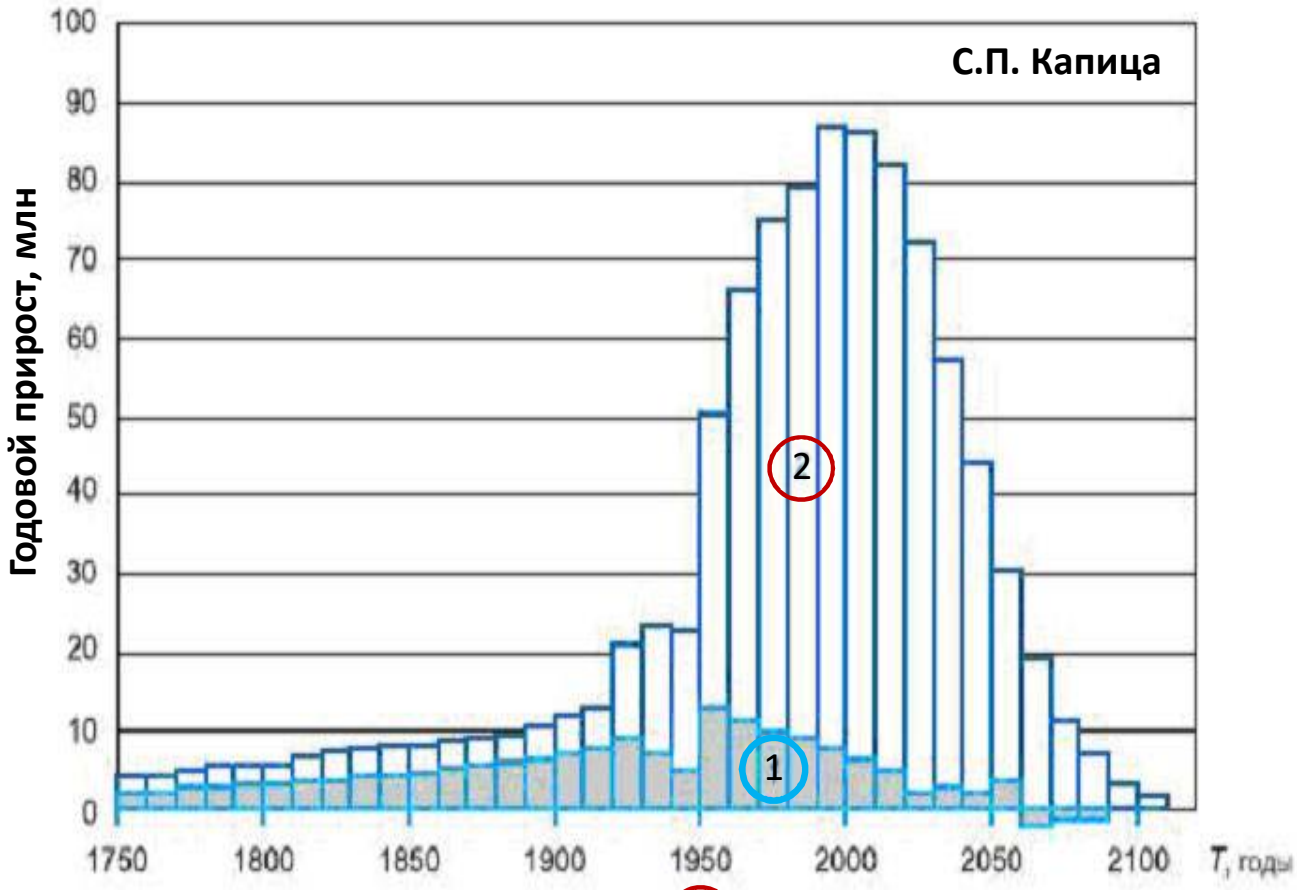
Stage 2,3: death rates *d*(*t*) are lowered, birth rates *b*(*t*) eventually follow, period of rapidly growing population

Stage 4: birth rates *b*(*t*) drop to near death rates *d*(t), stabilizing population

Demographic transition has occurred in parallel with social and economic development in the world's most developed countries. Most population projections assume it will occur in many currently developing nations. Source: UNEP-GRID Sioux Falls – generalized from multiple sources.

https://na.unep.net/geas/newsletter/Jun_11.html

Мировой демографический переход 1750 – 2100гг:
годовой прирост в миллионах, средние за декады

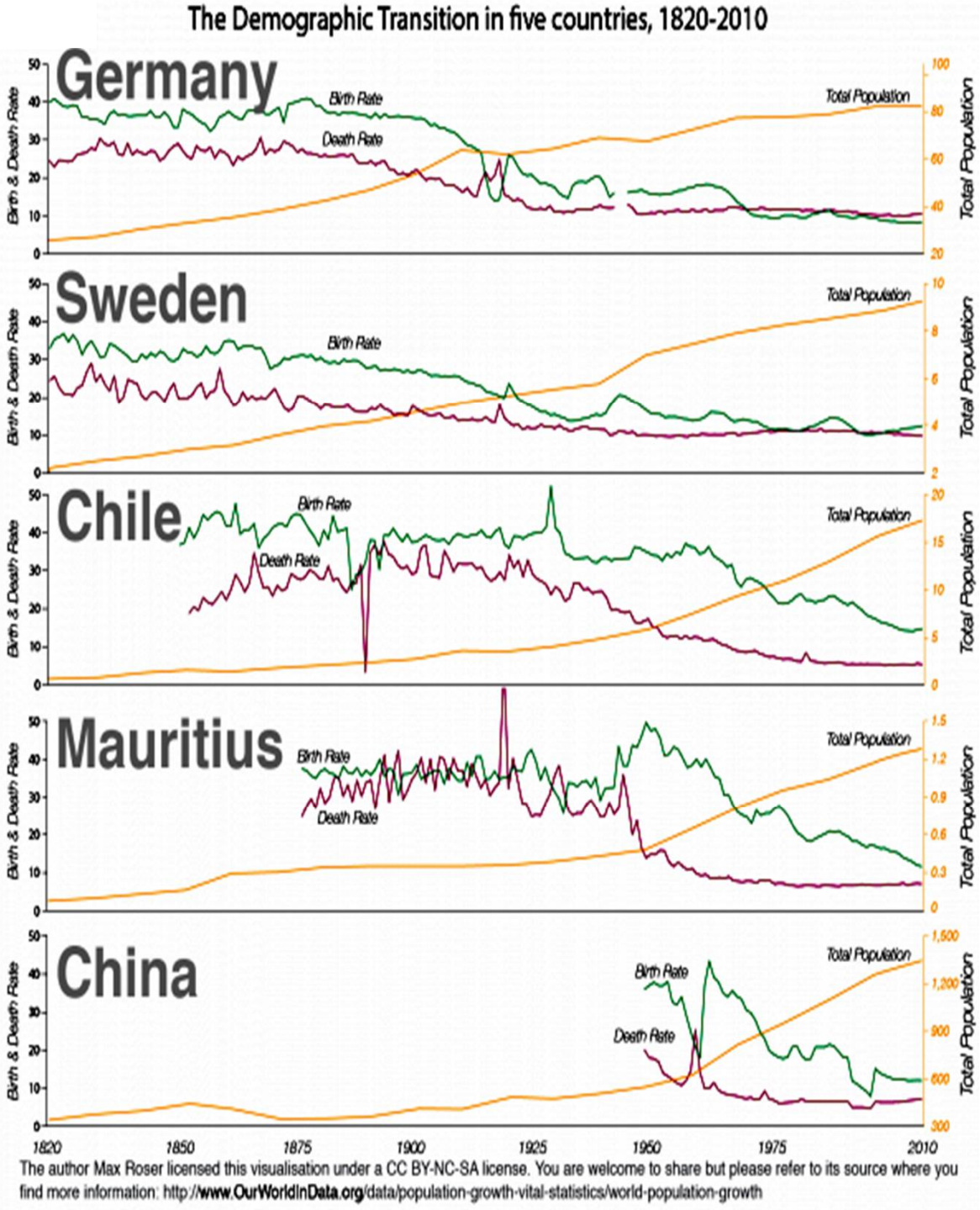


1 - развитые страны (More developed countries), 2 - развивающиеся страны (Less developed countries)

Peak global population growth rates of 2.1 per cent per year occurred in the 1960s and early 1970s (U.S Census Bureau 2011). The subsequent slowing in global average population growth was the outcome of a dramatic drop in birth rates among the world's most developed countries; many dropping to replacement level or even below (Bongaarts 2009). It is very widely accepted that this phenomenon, part of something demographers call the demographic transition, reliably occurs in countries as they become developed (DeLong and others 2010, Myrskyla and others 2009). This assumption is incorporated into estimates that project world population leveling off at around 9.3 billion by the middle of this century (DeLong and others 2010, Bongaarts 2009). In general, projections of future population also assume that the economic and social development that is an important dimension of demographic transition can and will occur in many of the world's poorer countries (Delong and others 2010, Bongaarts 2009). Finally, it is has been taken for granted that the lower birth rates characteristic of developed countries are more or less "inevitable and irreversible" (Delong and others 2010).

https://na.unep.net/geas/newsletter/Jun_11.html

Пример демографического перехода в пяти странах мира

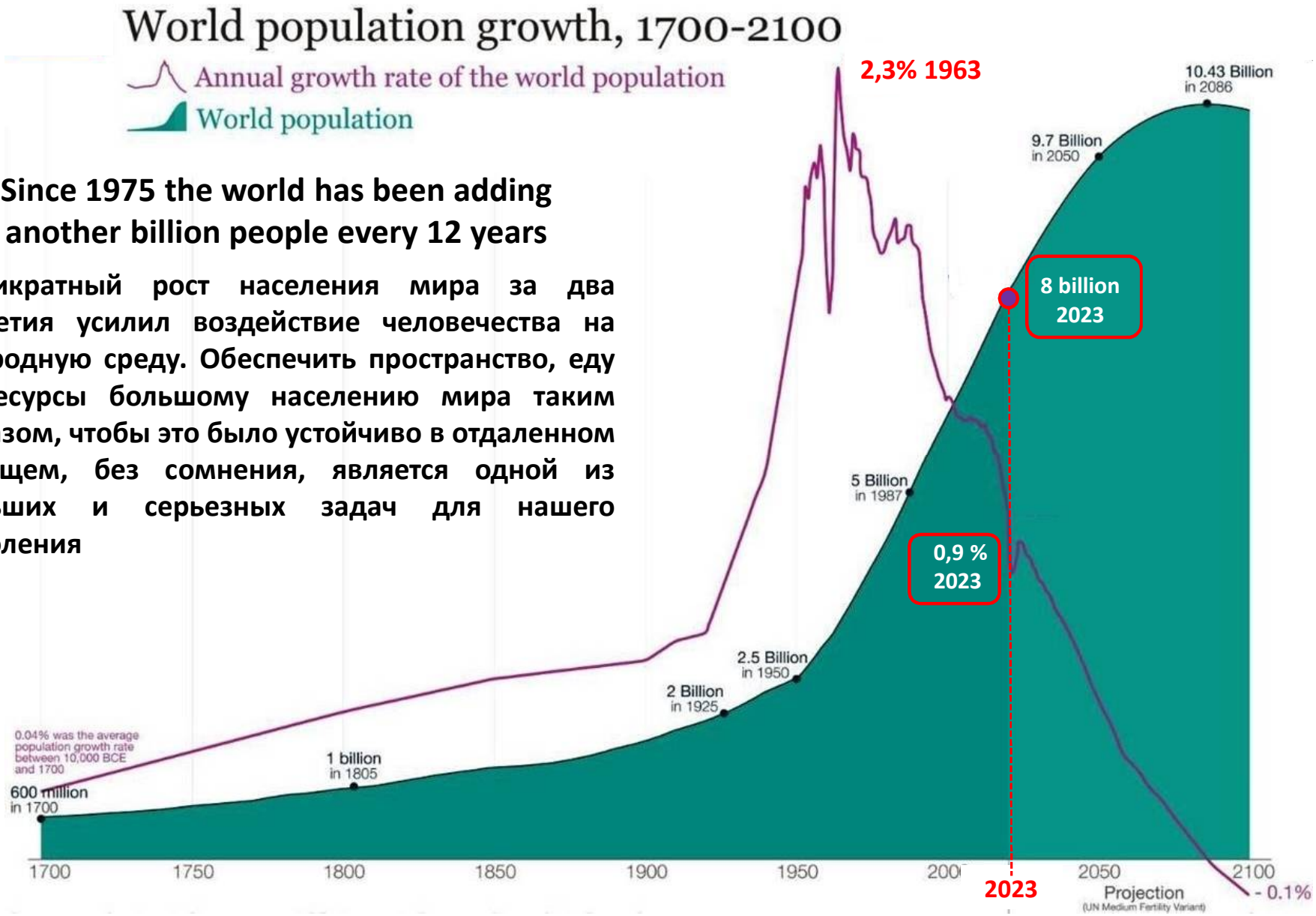


численность населения

рождаемость

смертность

Рост населения мира 1700-2100



Since 1975 the world has been adding another billion people every 12 years

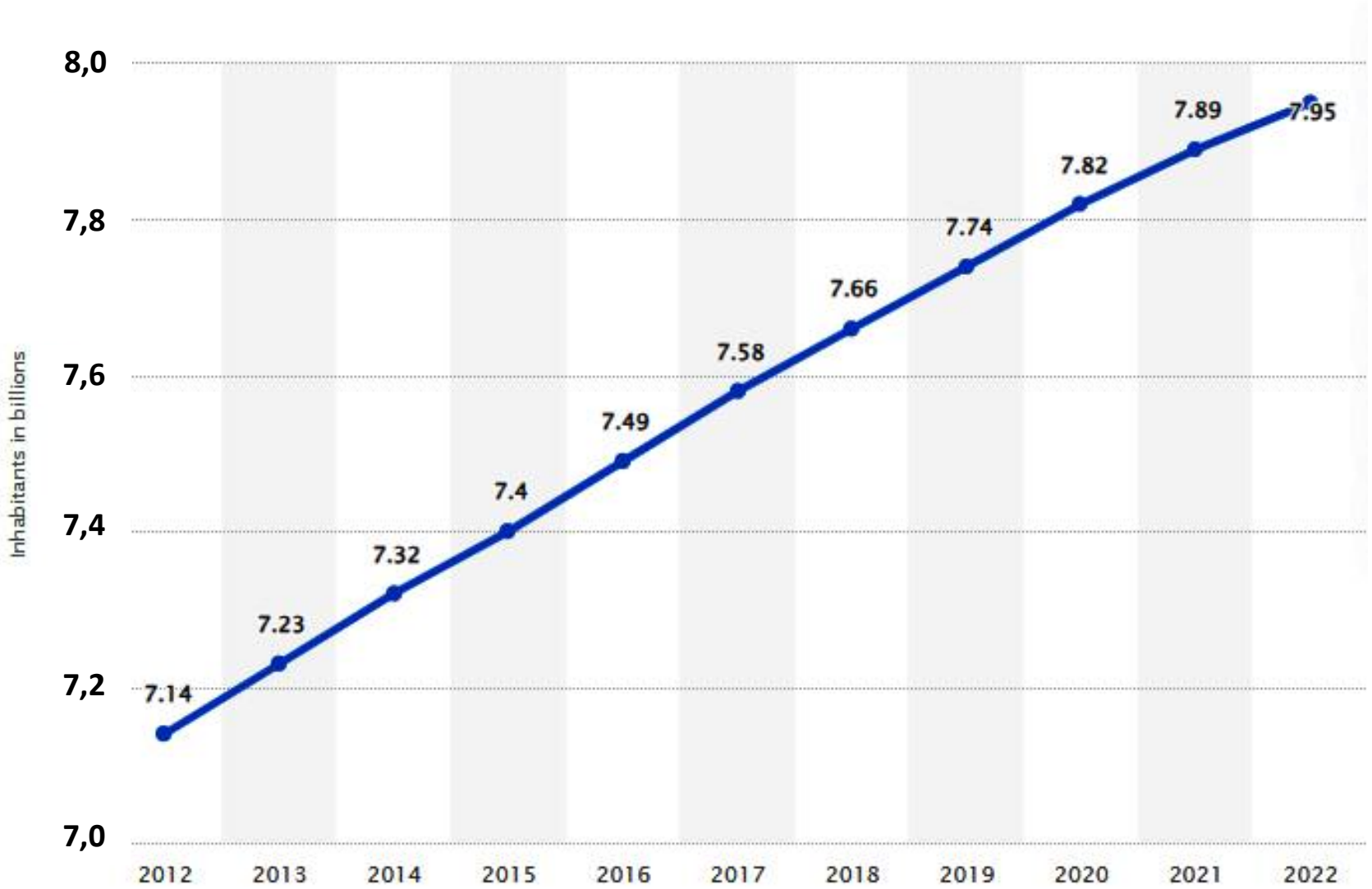
Семикратный рост населения мира за два столетия усилил воздействие человечества на природную среду. Обеспечить пространство, еду и ресурсы большому населению мира таким образом, чтобы это было устойчиво в отдаленном будущем, без сомнения, является одной из больших и серьезных задач для нашего поколения

До 1800 г. темпы прироста населения в мире всегда были значительно ниже 1%; в течение первых пятидесяти лет 20-го века ежегодный темп роста увеличился до 2,3% - самого высокого годового прироста в истории, зафиксированного в 1963 году. После этого он систематически снижался - до 0,9% в 2023г. По прогнозам, годовой темп роста составит 0,1% в 2100 году (прирост ~ 1млн/год).

https://ourworldindata.org/world-population-growth#population-growth

World: Total population from 2012 to 2022

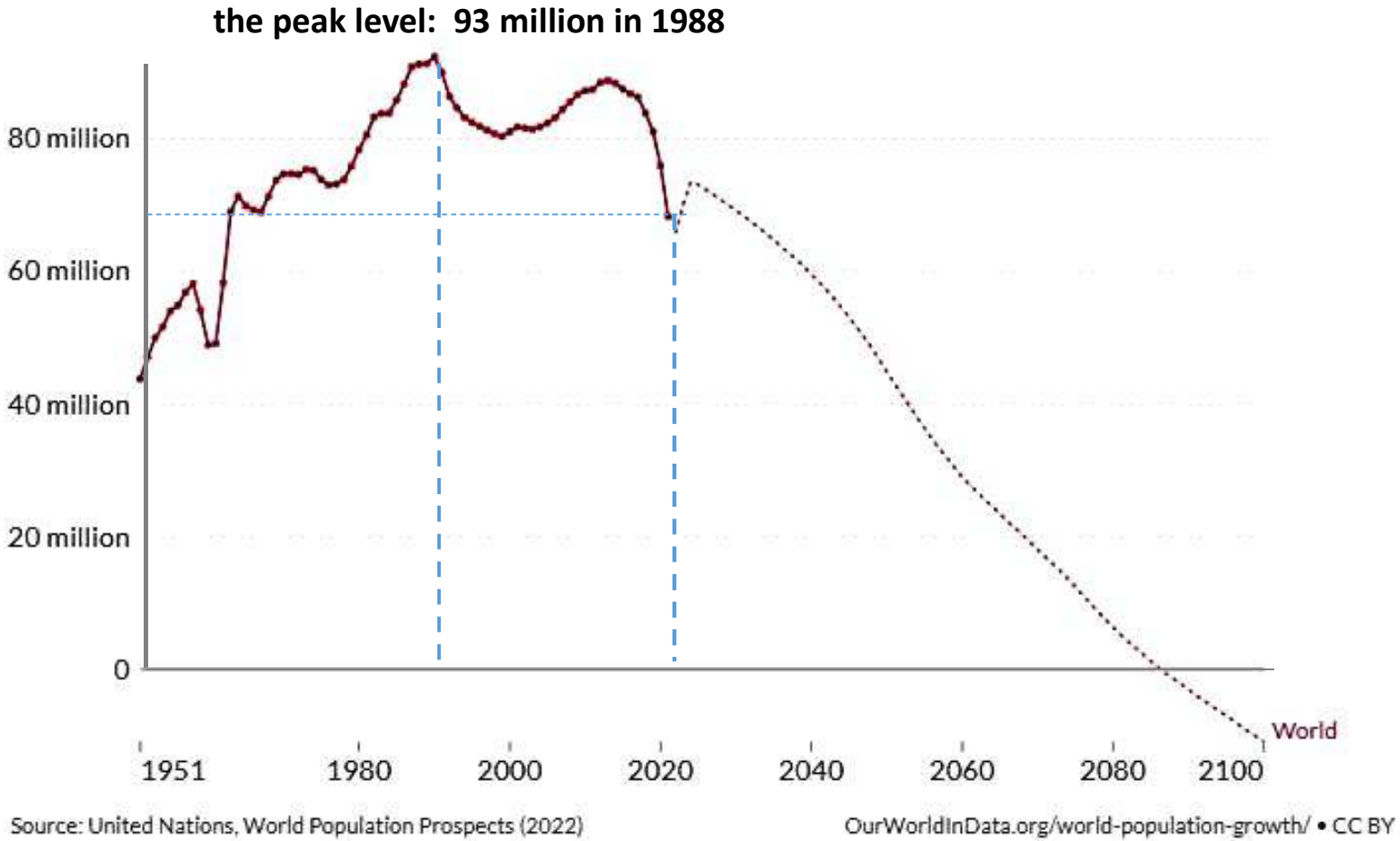
(*in billion inhabitants*)



https://www.statista.com/statistics/805044/total-population-worldwide/

Абсолютный ежегодный прирост населения мира (миллион человек) с 1950 по 2020 г. и прогноз до 2100 г.

The absolute annual global population increase from 1950 to today and the projection until the end of this century



Абсолютный прирост населения в год достиг своего пика в конце 1980-х годов и составил более 90 миллионов человек в год. ООН прогнозирует, что ежегодный прирост будет снижаться примерно на 1 миллион в год.

The absolute increase of the population per year has peaked in the late 1980s at over 90 million additional people each year. But it stayed high until recently. From now on the UN expects the annual increase to decline by around 1 million every year.

https://ourworldindata.org/world-population-growth

World Population Clock: 8.1 Billion People (LIVE, 2024)

Worldometer (worldometers.info)

TOP 20 LARGEST COUNTRIES BY POPULATION (LIVE)			
1 India	1,438,435,255	11 Ethiopia	128,913,995
2 China	1,425,301,923	12 Japan	122,796,885
3 U.S.A.	341,358,998	13 Philippines	118,661,479
4 Indonesia	279,230,282	14 Egypt	114,039,710
5 Pakistan	244,020,020	15 D.R. Congo	104,774,223
6 Nigeria	227,803,318	16 Vietnam	99,337,595
7 Brazil	217,332,914	17 Iran	89,650,085
8 Bangladesh	174,262,795	18 Turkey	86,149,136
9 Russia	144,078,757	19 Germany	83,263,013
10 Mexico	129,154,584	20 Thailand	71,864,658

В 2023 г. суммарная численность населения Китая и Индии равнялась 1,453 + 1,415 ≈ 2,869 млрд, что составляло ≈ 35,9% от 8 млрд населения Земли. Население Китая, как ожидается, достигнет своего пика около 2030 года, а затем начнет медленно убывать. Индия будет самой населенной страной мира.

https://www.worldometers.info/world-population/

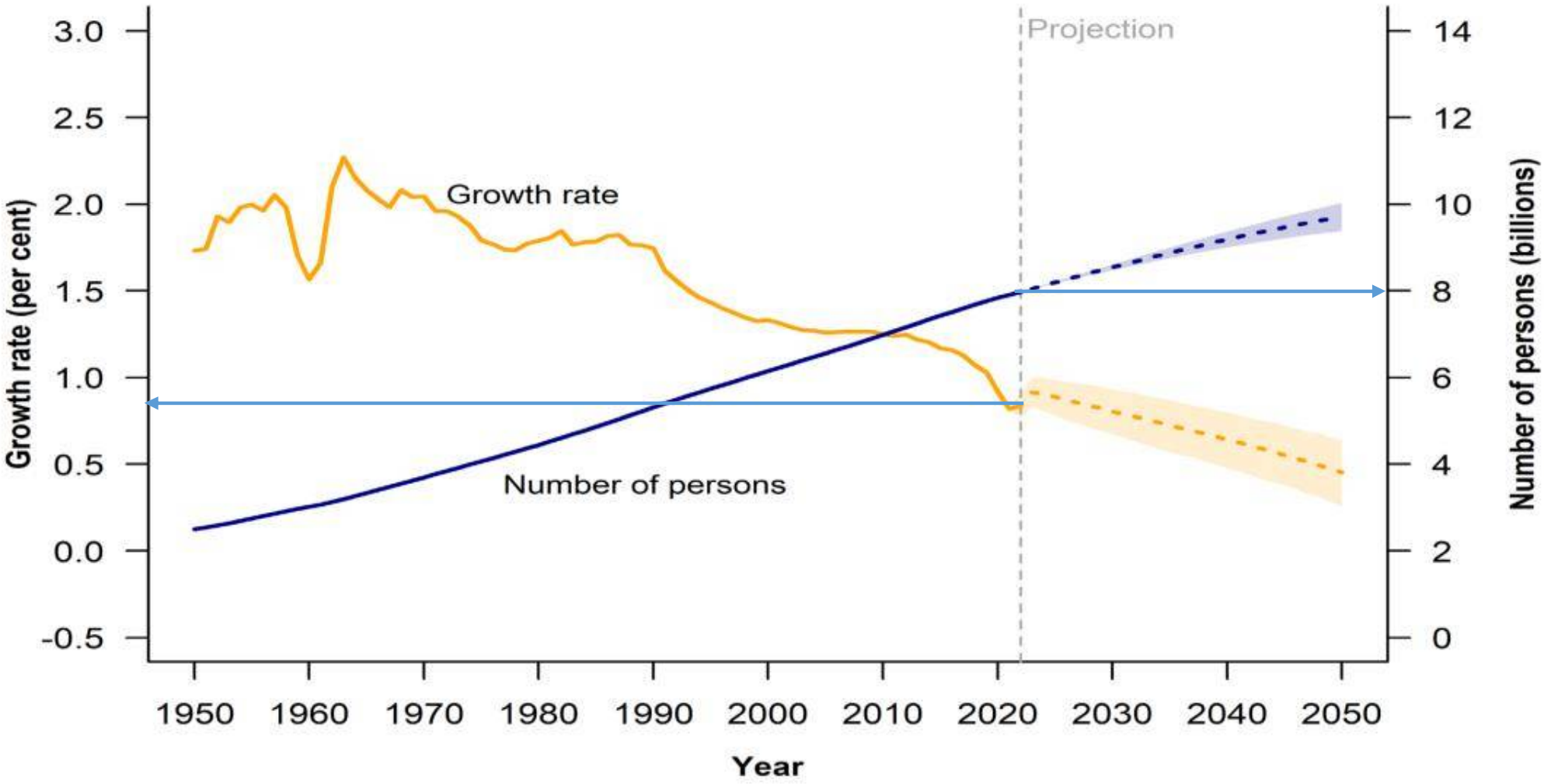
Примеры стран с отрицательной скоростью роста населения

(из сводной таблицы из 234 стран - Total Population by Country 2022)

Rank	Country	2022 Population	2021 Population	Growth Rate	Area	Density (km²)
2	China	1,425,807,456	1,425,887,337	- 0.02%	9,700,000	153/km²
9	Russia	145,805,947	145,912,025	- 0.07%	17,098,242	9/km²
11	Japan	125,584,838	126,050,804	- 0.37%	377,930	332/km²
19	Germany	83,883,596	83,900,473	- 0.02%	357,114	235/km²
25	Italy	60,262,770	60,367,477	- 0.17%	301,336	200/km²
32	Spain	46,719,142	46,745,216	- 0.06%	505,992	92/km²
36	Ukraine	43,192,122	43,466,819	- 0.63%	603,500	72/km²
41	Poland	37,739,785	37,797,005	- 0.15%	312,679	121/km²
67	Romania	19,031,335	19,127,774	- 0.50%	238,391	80/km²
85	Cuba	11,305,652	11,317,505	- 0.10%	109,884	103/km²
88	Greece	10,316,637	10,370,744	- 0.52%	131,990	78/km²
93	Porugal	10,140,570	10,167,925	- 0.27%	92,090	110/km²
96	Hungary	9,606,259	9,634,164	- 0.29%	93,028	103/km²
97	Belarus	9,432,800	9,442,862	- 0.11%	207,600	45/km²
103	Serbia	8,653,016	8,697,550	- 0.51%	88,361	98/km²
109	Bulgaria	6,844,597	6,896,663	- 0.75%	110,879	62/km²
112	Lebanon	6,684,849	6,769,146	- 1.25%	10,452	640/km²

https://worldpopulationreview.com/countries

Global population size and annual growth rate: estimates, 1950-2022, and medium scenario with 95 per cent prediction intervals, 2022-2050



https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf

Распределение населения мира по возрасту и полу

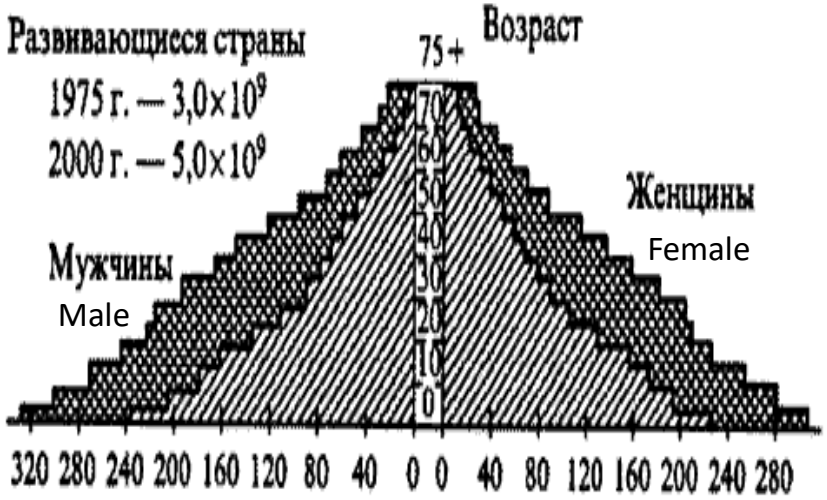
(развитые страны прошли демографический переход)

Age-sex structure of a population

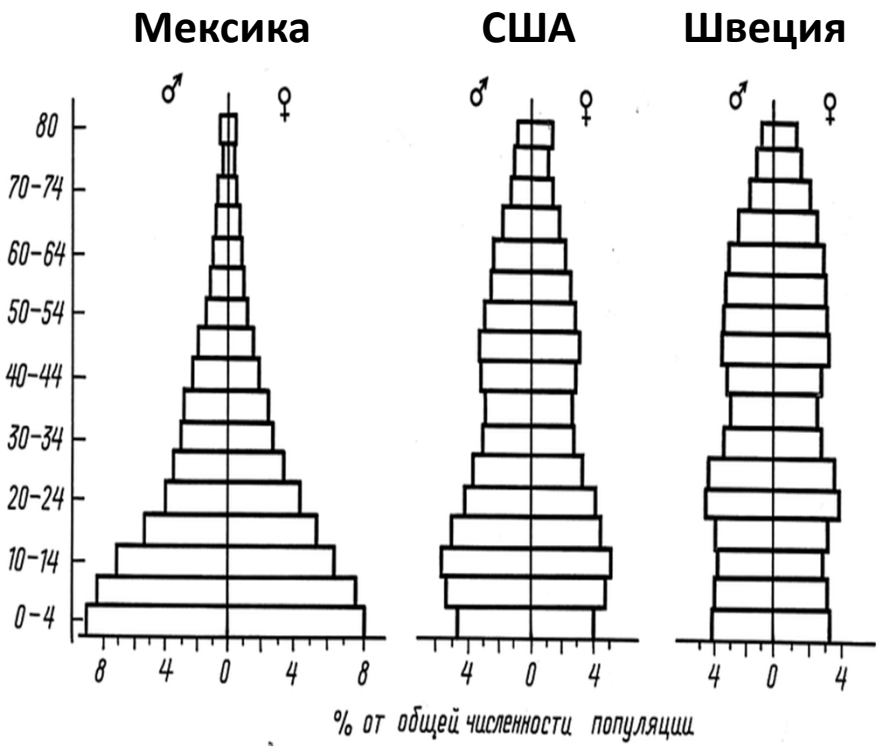
More developed countries



Less developed countries

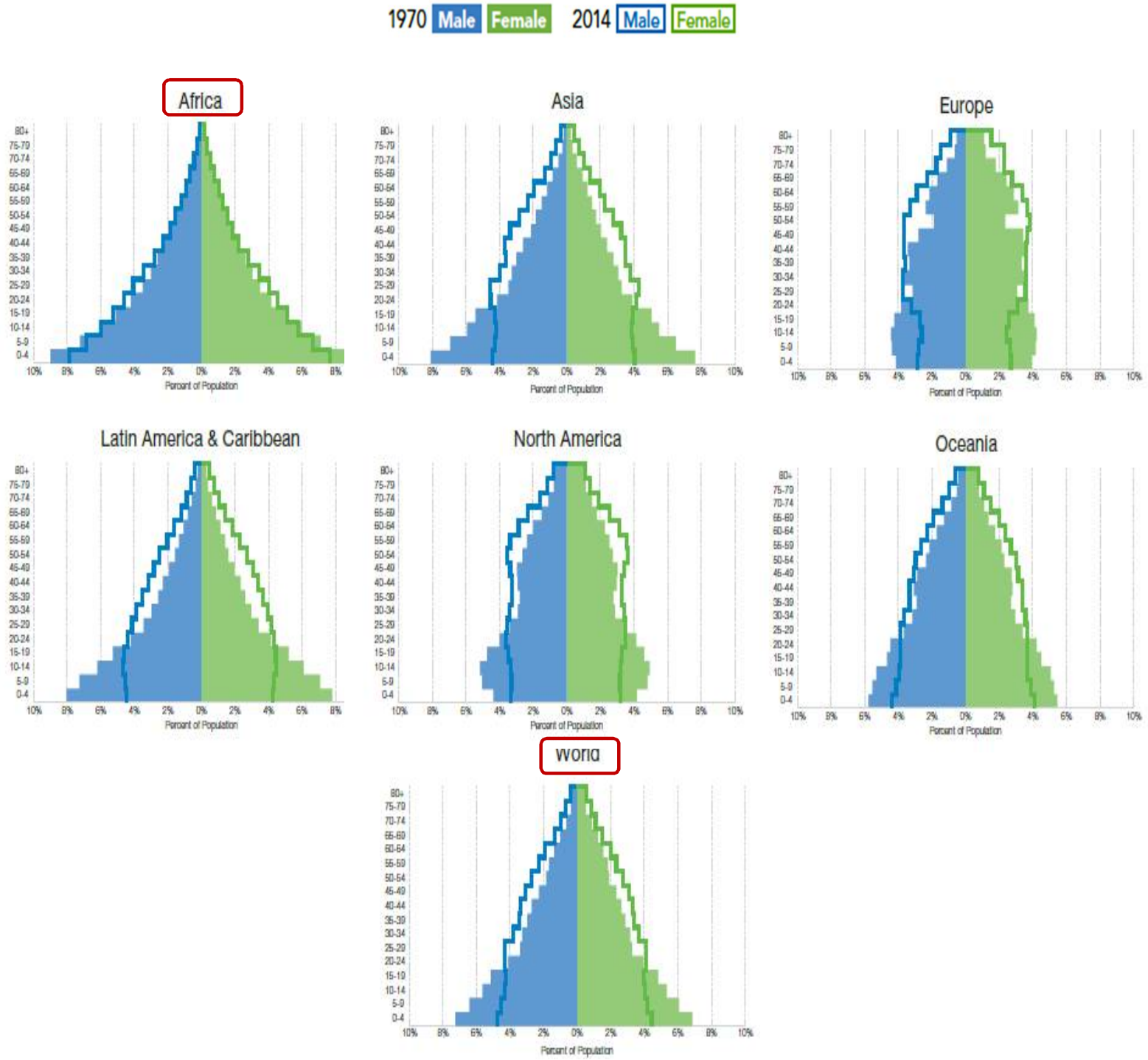


Примеры половозрастного распределения в 1970 г.



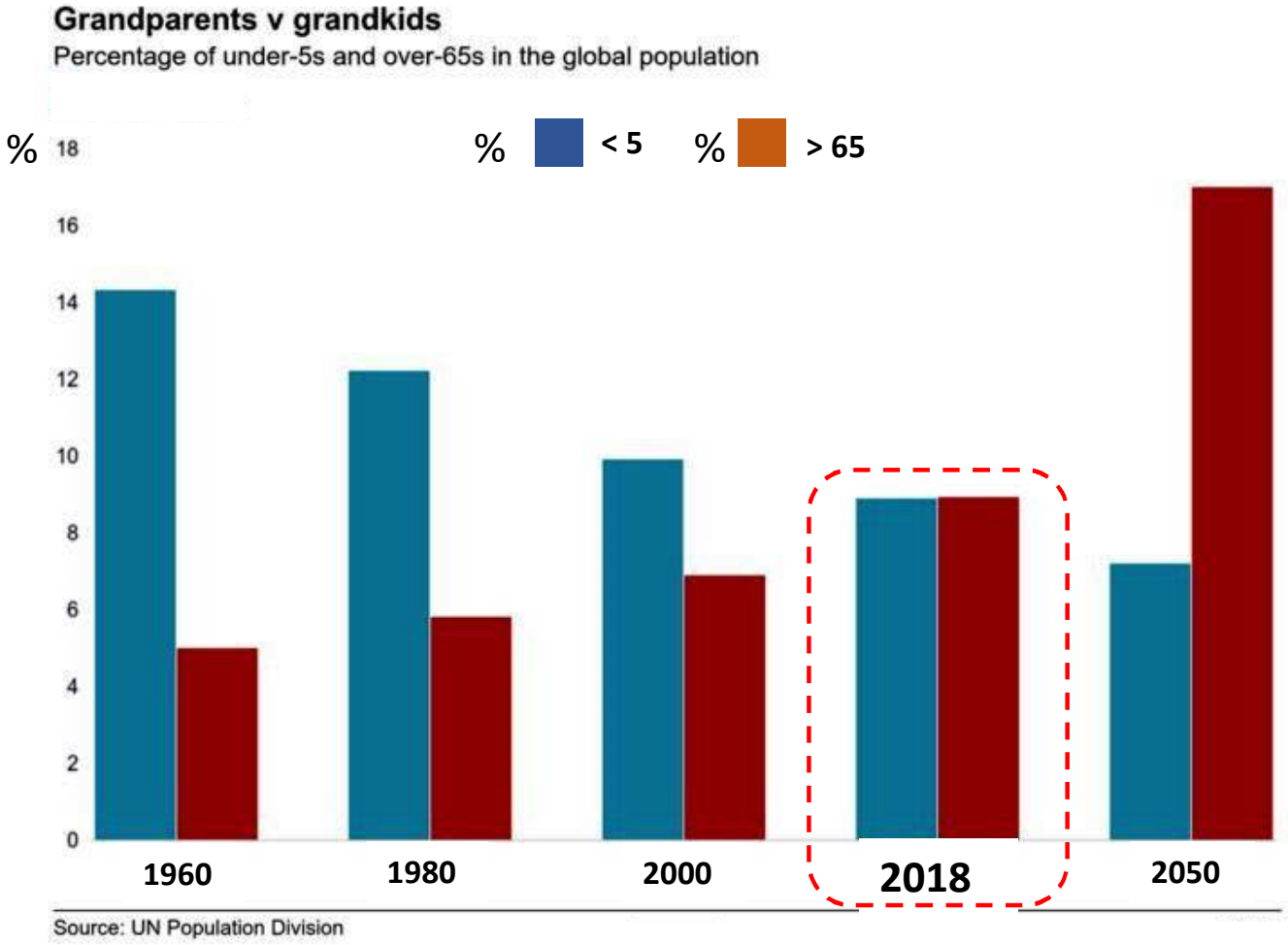
http://www.library.biophys.msu.ru/mathmod/pd.html#pc

Половозрастная структура (Age-Sex Structure) в 1970 и 2014



2014 Population Reference Bureau

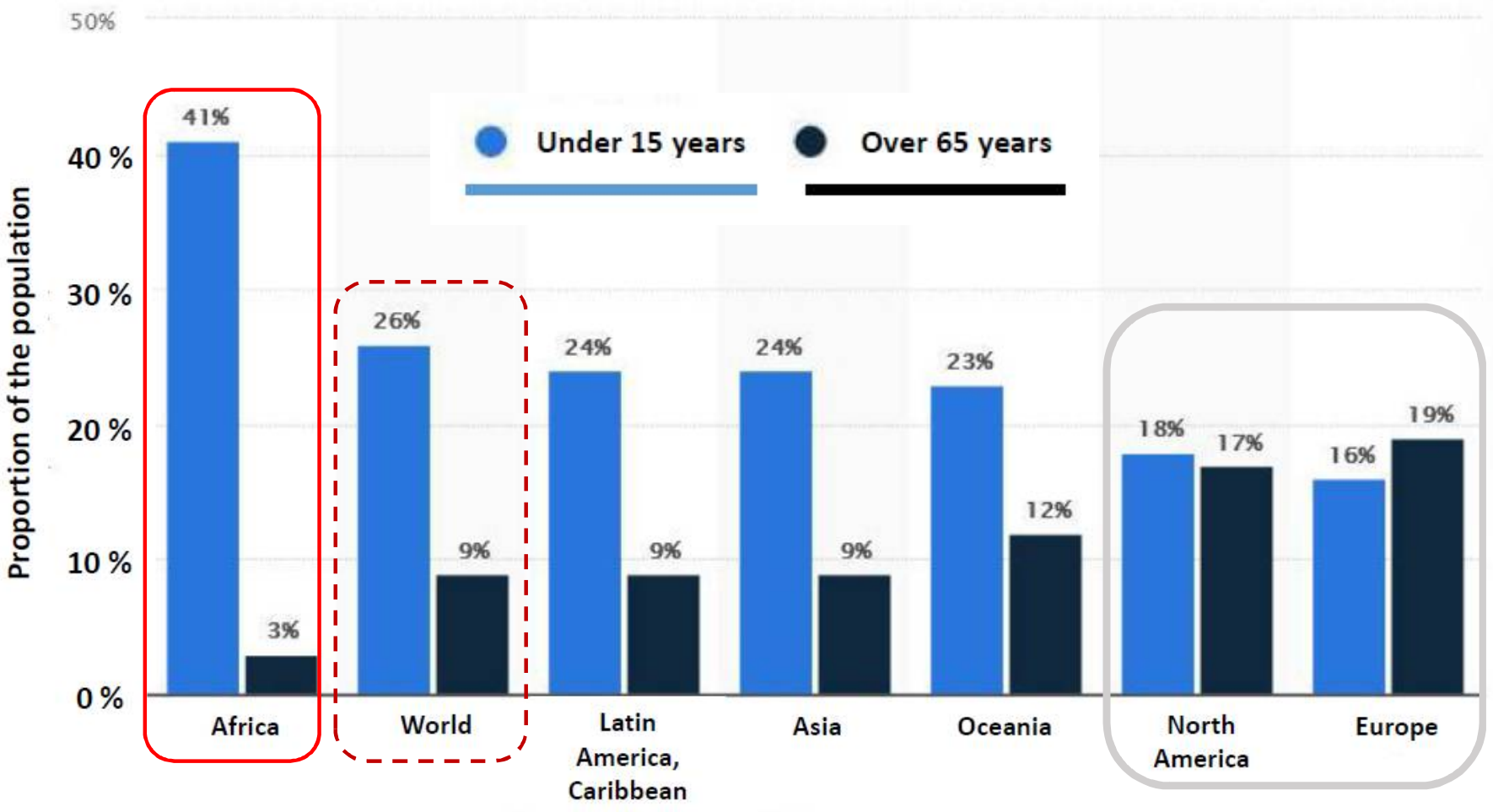
По данным ООН, впервые в истории пожилых людей в мире стало больше, чем маленьких детей: в конце 2018 года число людей старше 65 лет превысило число детей в возрасте до пяти лет. В настоящее время на планете насчитывается около 705 миллионов человек старше 65 лет, а в возрасте от 0 до 4 лет – около 680 миллионов.



For the first time in history, there are more elderly people in the world than young children, according to the United Nations.

http://www.bbc.com/capital/story/20190405-why-the-world-now-has-more-grandparents-than-grandchildren

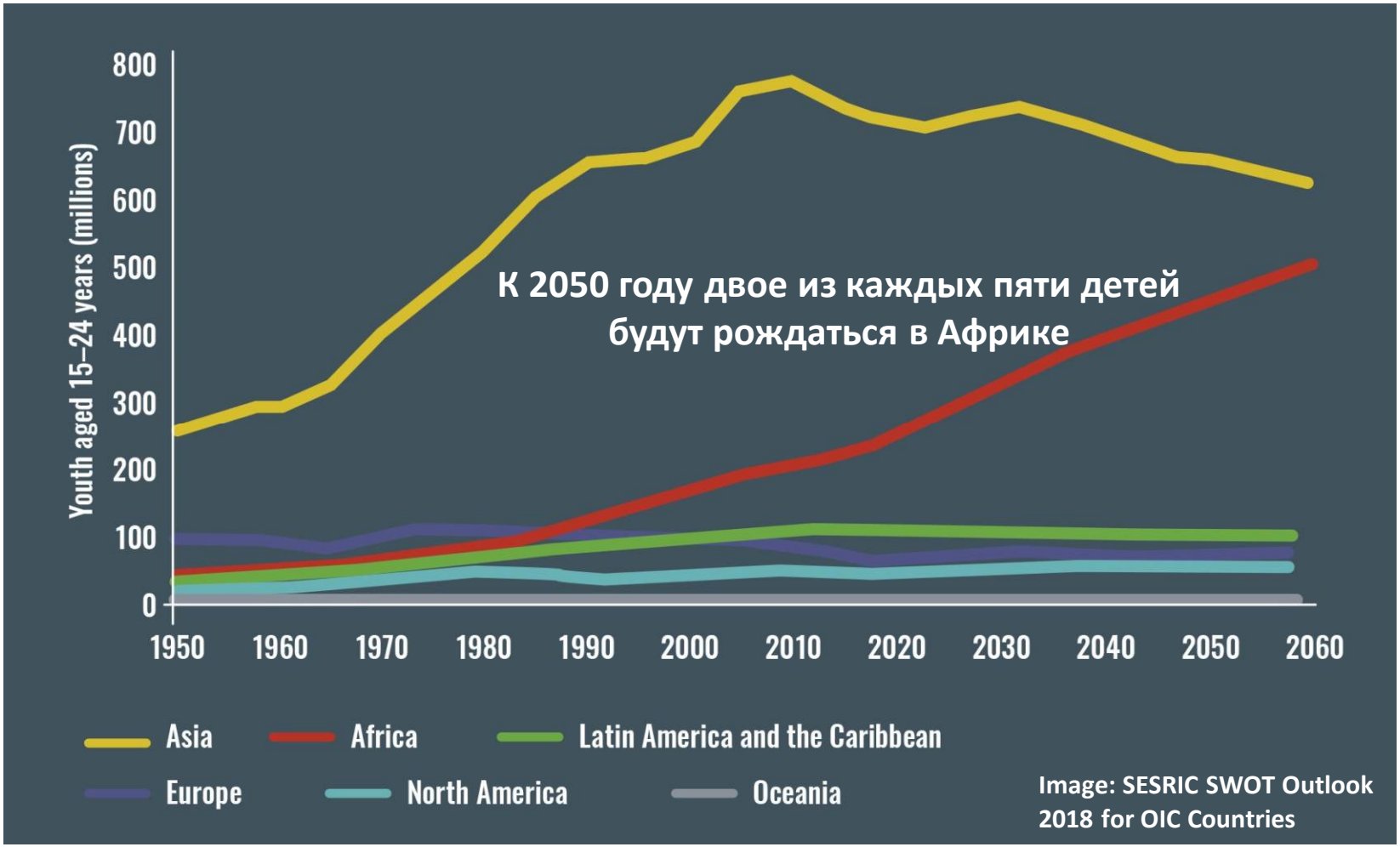
Proportion of selected age groups of world population in 2020, by region



https://www.statista.com/statistics/265759/world-population-by-age-and-region/

https://www.researchgate.net/publication/344029556_Effects_of_COVID-19_pandemy_on_African_health_political_and_economic_strategy

The children’s continent: keeping up with Africa's growth 2020

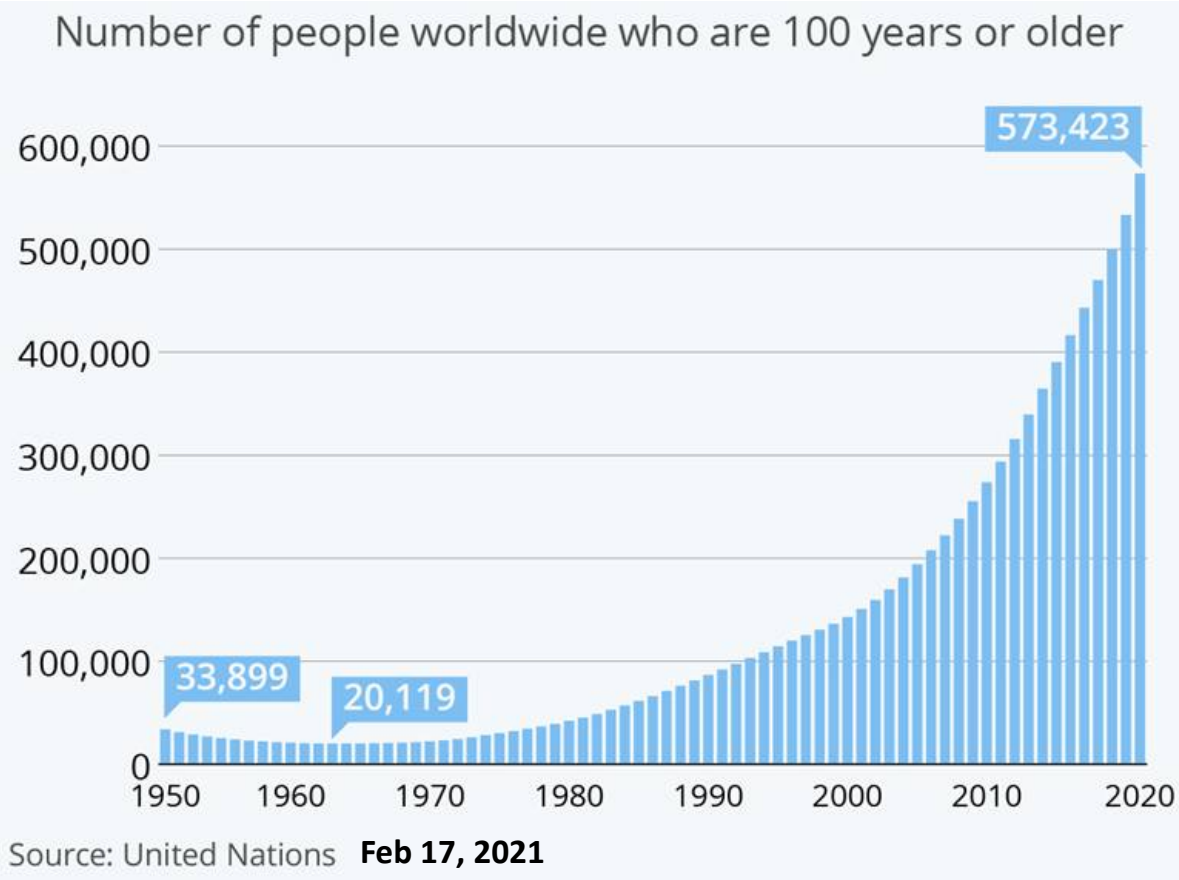


The steady rise of Africa's youth population against world continents

- **By 2050 two in every five children will be born in Africa.**
- **Urban population expected to triple.**
- **'Smart' cities are developing but planners need to be prepared.**

https://www.weforum.org/agenda/2020/01/the-children-s-continent/

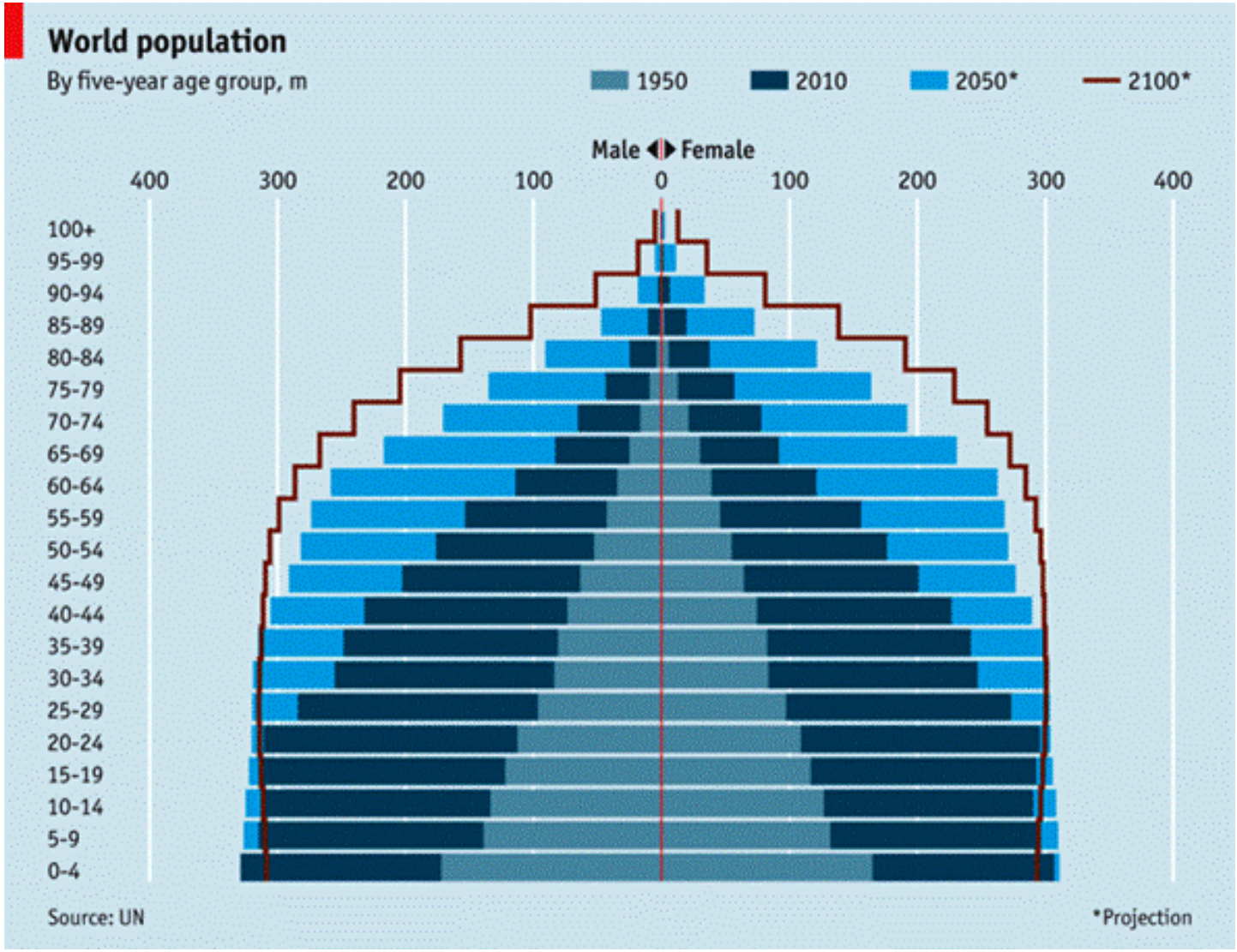
There are now more than half a million people aged 100 or older around the world



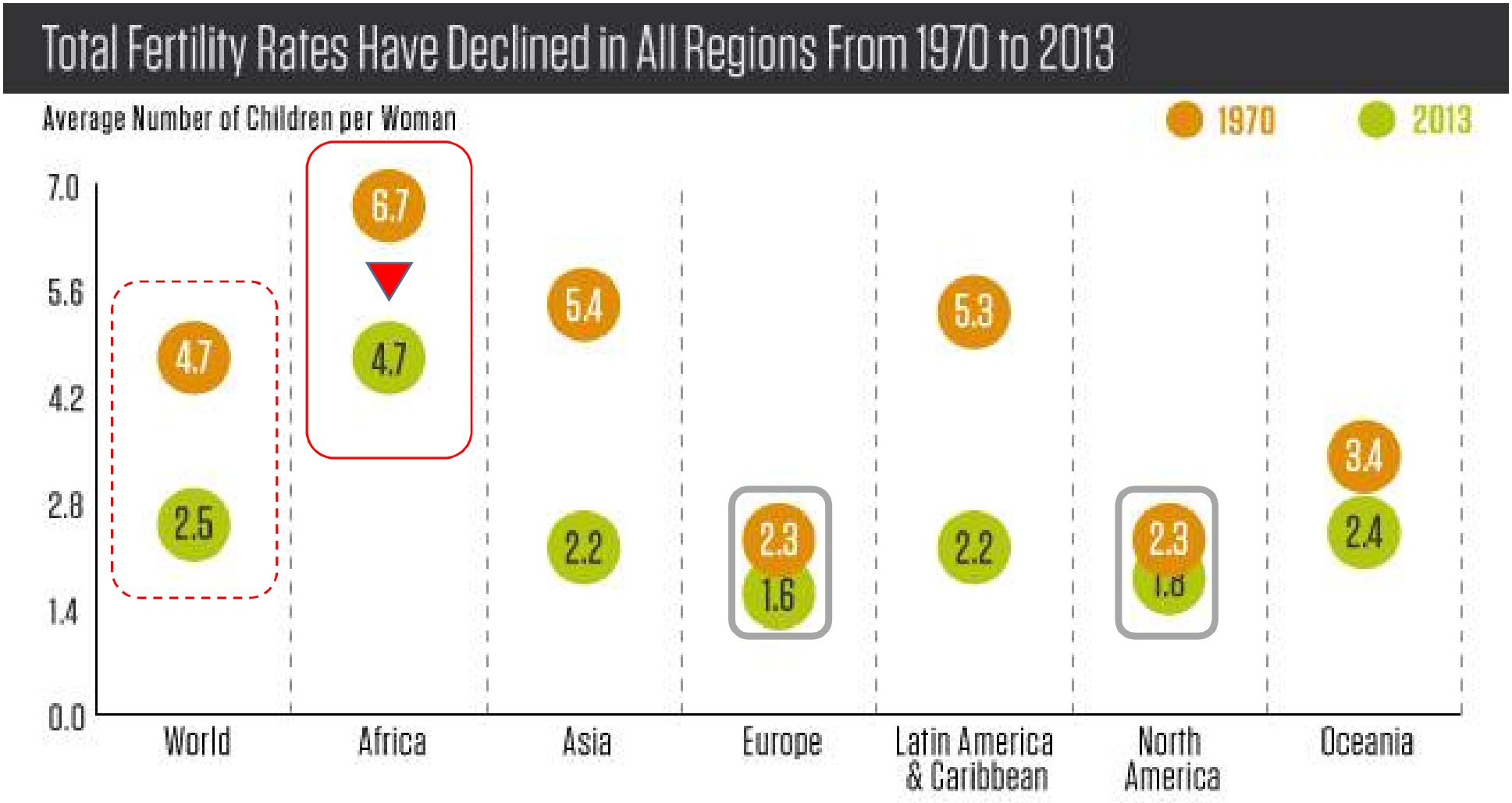
- Life expectancies in developed and developing countries are increasing, with the UN predicting the number of centenarians worldwide will rise to 573,000 this year.
- The US is home to 97,000 centenarians; the highest absolute number in the world.
- Japan has the highest rate of centenarians, with 0.06% of the population aged 100 or older.
- Kane Tanaka, the world's oldest woman, also lives in Japan and is 117 years old.

https://www.weforum.org/agenda/2021/02/living-to-one-hundred-life-expectancy/

Динамика половозрастной структуры населения мира 1950 – 2100*



http://www.economist.com/blogs/dailychart/2011/05/world_population



SOURCE: Carl Haub and Toshiko Kaneda, 2014 World Population Data Sheet (Washington, DC: Population Reference Bureau, 2014).

©2014 POPULATION REFERENCE BUREAU. ALL RIGHTS RESERVED.

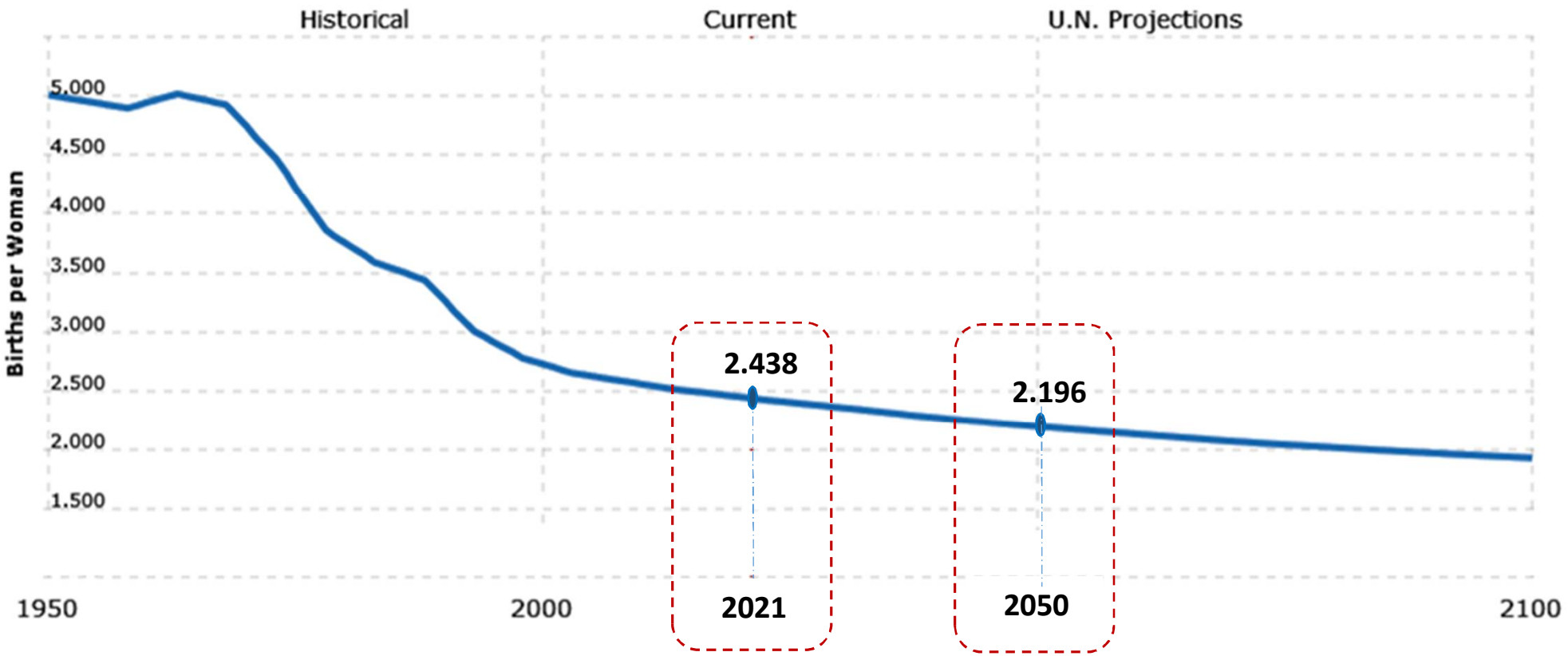
Суммарный коэффициент рождаемости (Total Fertility Rate, TFR) — является наиболее точным показателем уровня рождаемости. Этот коэффициент характеризует среднее число рождений у одной женщины в гипотетическом поколении за всю её жизнь при сохранении существующих уровней рождаемости в каждом возрасте независимо от смертности и от изменений возрастного состава.

Изменение за последние 40 лет: в среднем с 4,7 детей на одну женщину в 1970 году до 2,5 детей в 2013 году и 2,42 в 2016.

Диапазон коэффициента рождаемости: от 1,12 - Тайвань до 6,62 - Нигер (оценка 2016 г.).

https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2127.html

Суммарный коэффициент рождаемости в мире World Fertility Rate

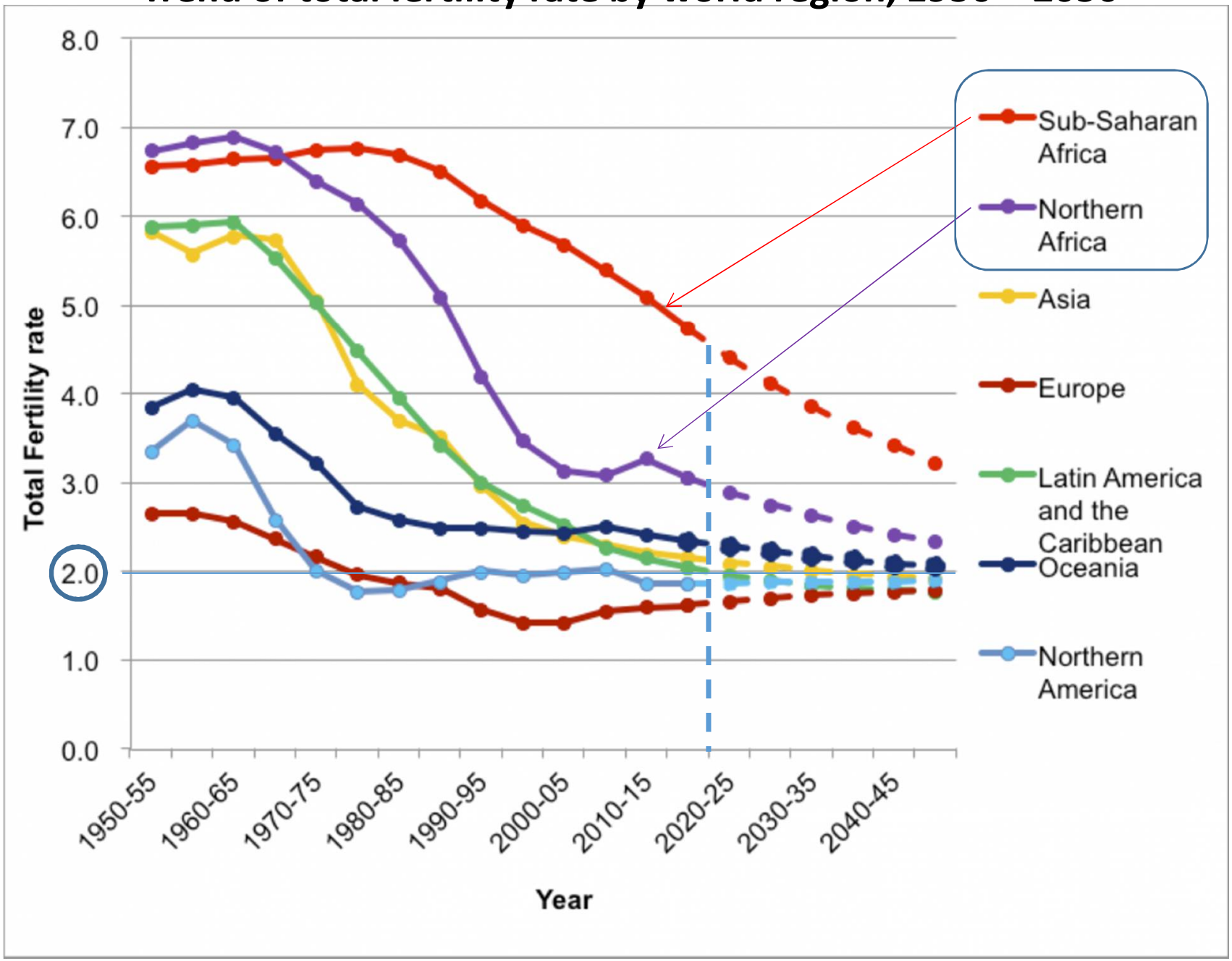


The fertility rate for World:

in **2022** was **2.428** births per woman, a **0.41% decline** from 2021
in **2021** was **2.438** births per woman, a **0.41% decline** from 2020
in **2020** was **2.448** births per woman, a **0.41% decline** from 2019
in **2019** was **2.458** births per woman, a **0.41% decline** from 2018
in **2018** was **2.468** births per woman, a **0.40% decline** from 2017
in **2017** was **2.478** births per woman, a **0.40% decline** from 2016

https://www.macrotrends.net/countries/WLD/world/fertility-rate

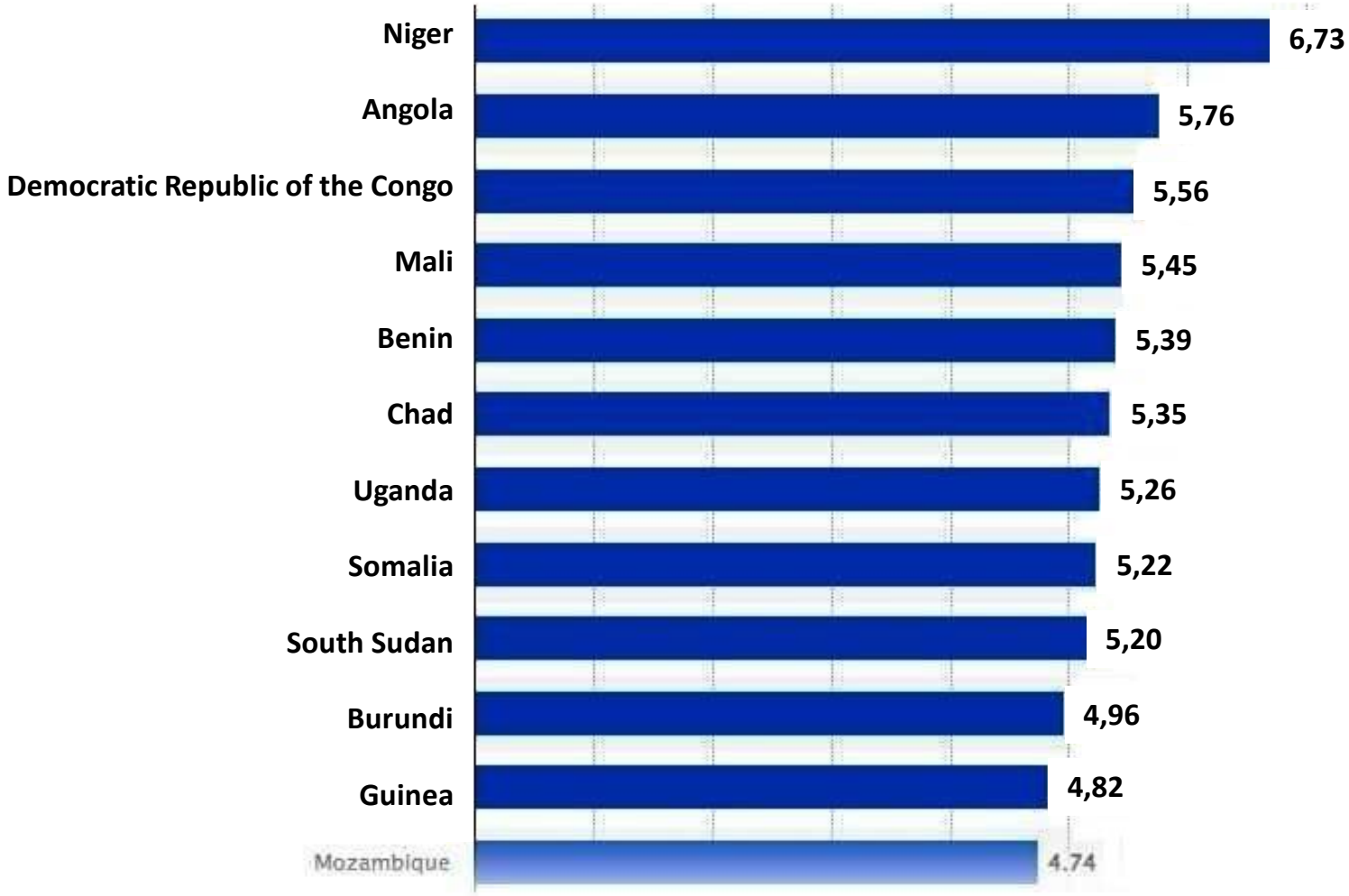
Суммарный коэффициент рождаемости в регионах мира
Trend of total fertility rate by world region, 1950 – 2050



https://jpopsus.org/full_articles/prospects-for-accelerated-fertility-decline-in-africa/

Countries with the highest fertility rates 2023

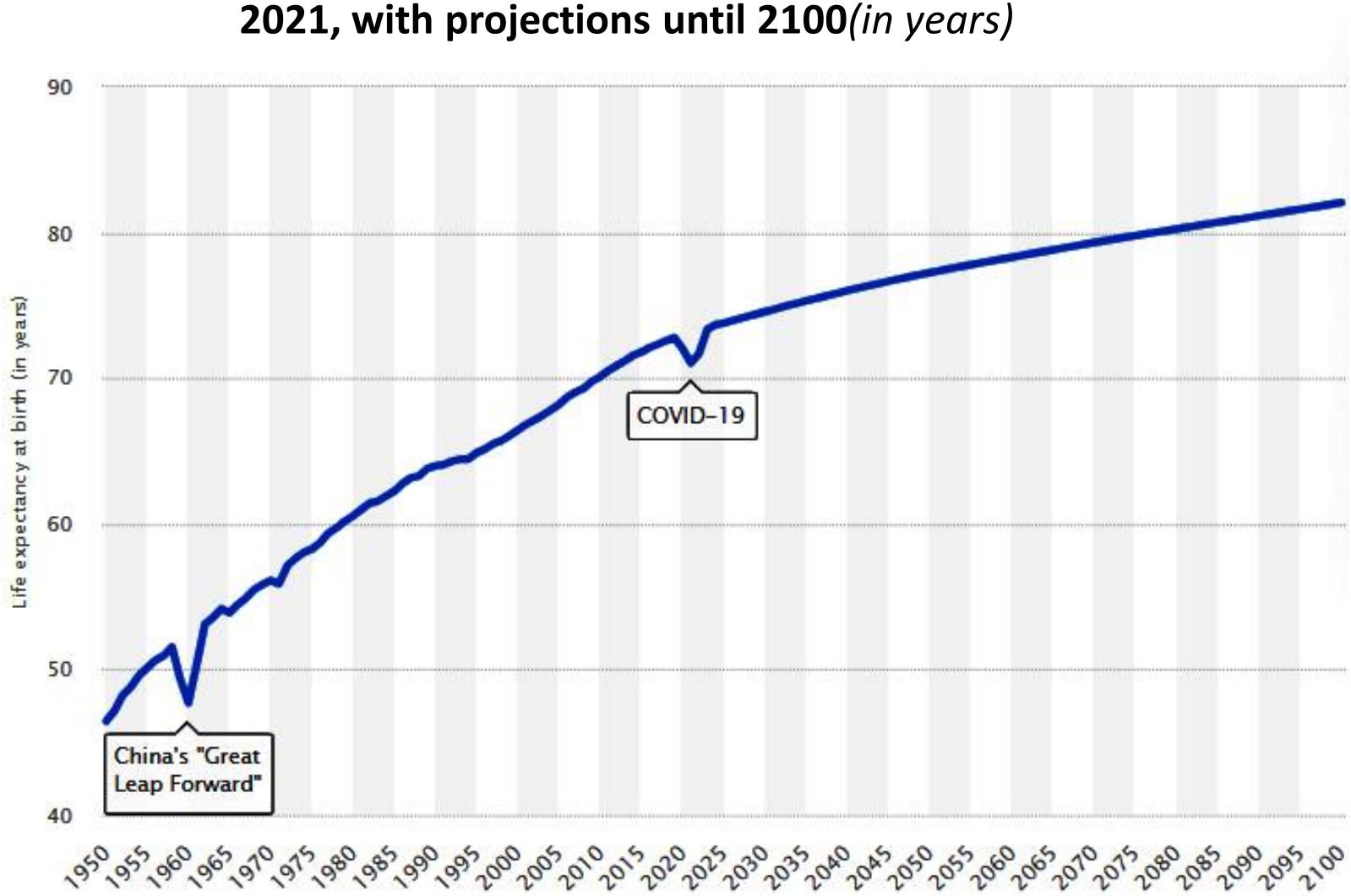
Feb 5, 2024, Statista



The statistic shows the 20 countries with the estimated highest fertility rates in 2023. The fertility rate is the average number of children a woman gives birth to in her childbearing years. In 2023, the fertility rate in Niger was estimated to be 6.73 children per woman.

https://www.statista.com/statistics/264704/ranking-of-the-20-countries-with-the-highest-birth-rate/#:~:text=Niger%20had%20the%20highest%20birth,1%2C000%20population%20in%20that%20year.

Global life expectancy at birth from 1950 to 2021, with projections until 2100*(in years)*



Ожидаемая продолжительность жизни при рождении показывает количество лет, которое новорожденный проживет, если коэффициент смертности, характерный для времени его рождения, останется неизменным на протяжении всей его жизни.

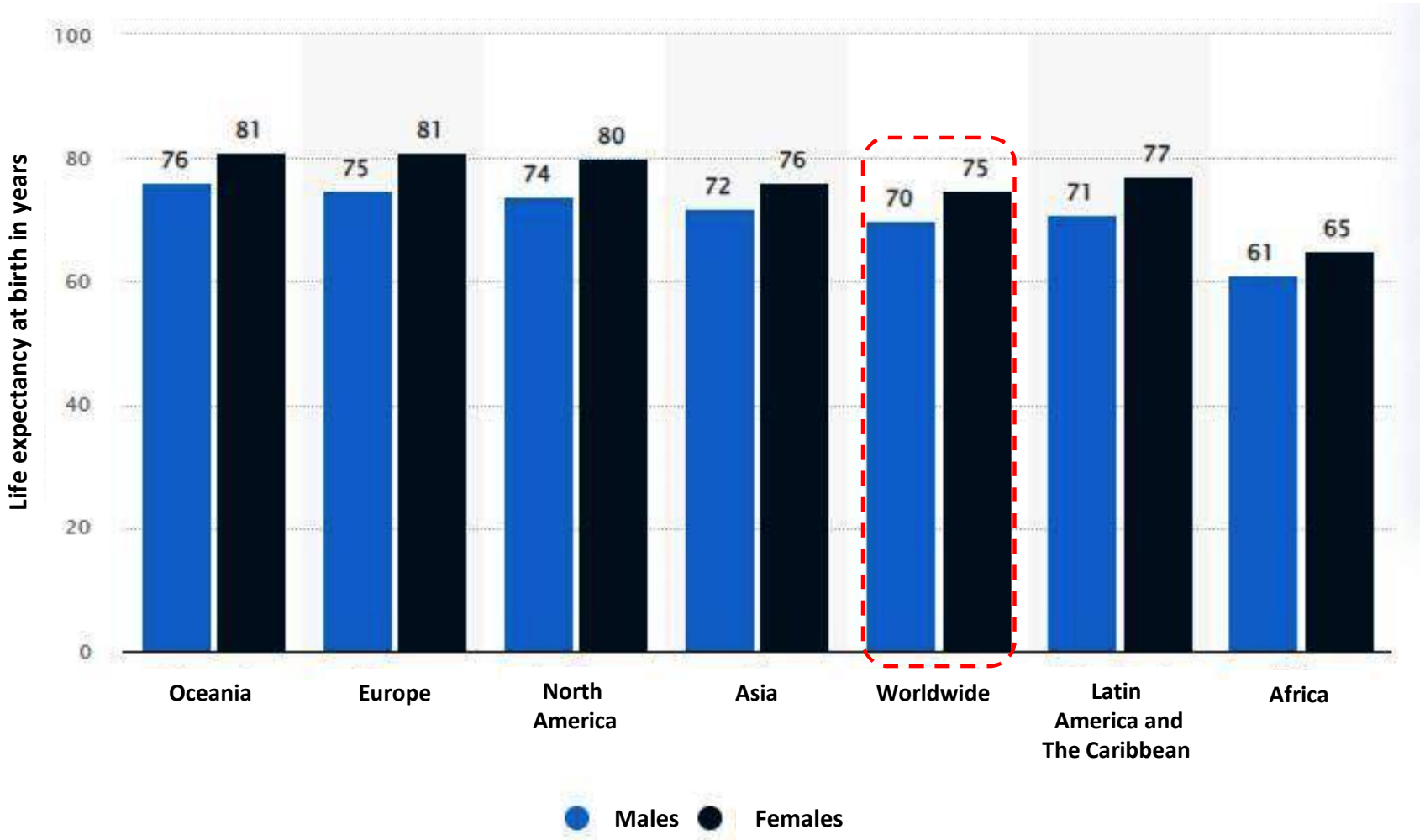
Life expectancy at birth indicates the number of years a newborn infant would live if prevailing patterns of mortality at the time of its birth were to stay the same throughout its life

https://www.statista.com/statistics/805060/life-expectancy-at-birth-worldwide/

https://data.worldbank.org/indicator/sp.dyn.le00.in

https://www.statista.com/statistics/805060/life-expectancy-at-birth-worldwide/

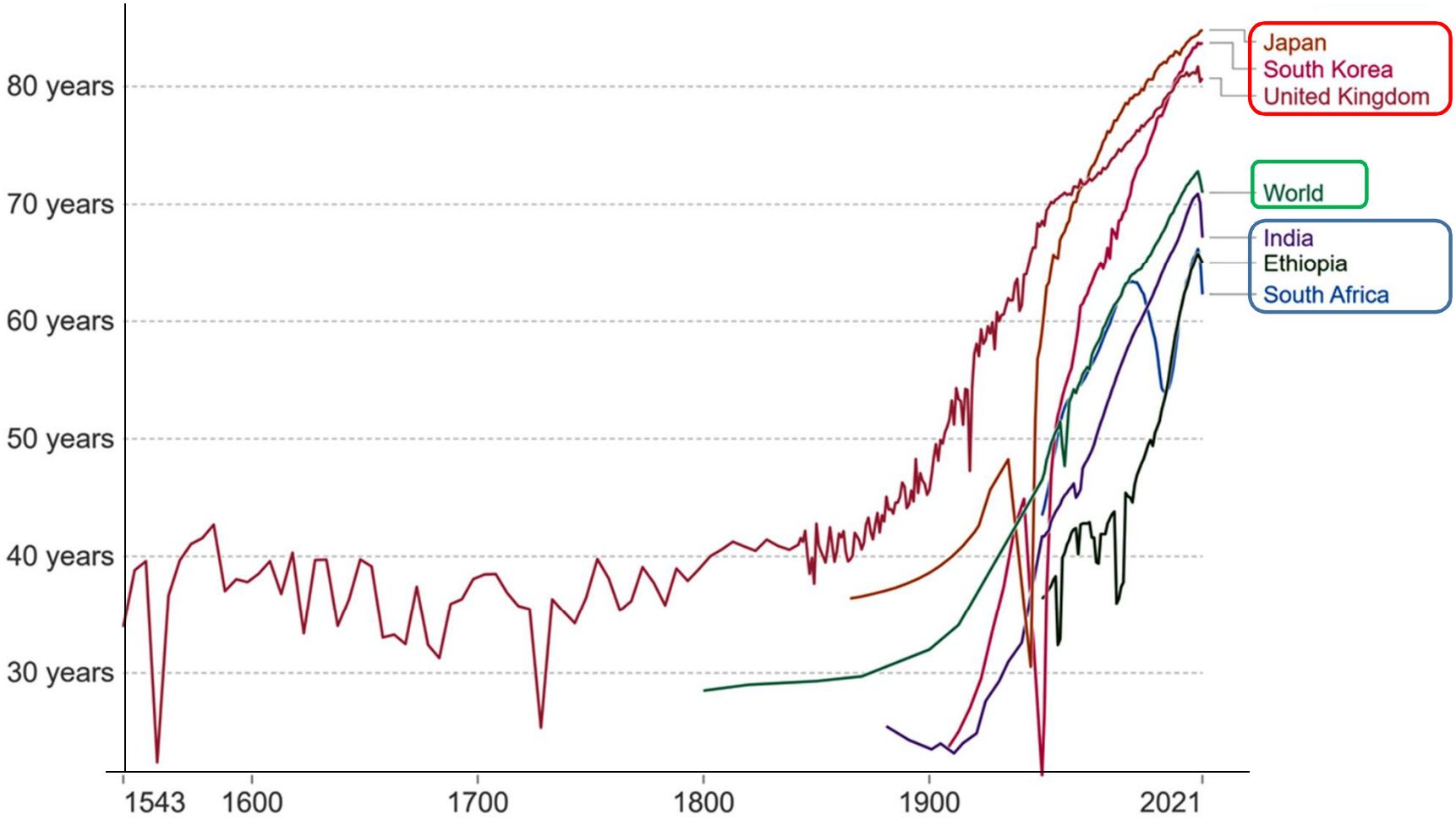
Ожидаемая продолжительность жизни по континентам: мужчины, женщины, 2023г.



Average life expectancy at birth in 2023, by continent and gender (in years)

https://www.statista.com/statistics/270861/life-expectancy-by-continent/

Life expectancy, 1543 to 2021



Source: UN WPP (2022); Zijdeman et al. (2015); Riley (2005) OurWorldInData.org/life-expectancy • CC BY

Note: Shown is the 'period life expectancy'. This is the average number of years a newborn would live if age-specific mortality rates in the current year were to stay the same throughout its life.

https://ourworldindata.org/grapher/life-expectancy?tab=chart

КОРОТКО О ДЕМОГРАФИИ РОССИИ

Brief overview of demographics in Russia



Годы	Динамика изменения численности населения России
1990	↗147 665 081
2000	↘146 890 128
2010	↘142 856 536
2015	↗146 267 288
2016	↗146 544 710
2017	↗146 838 993

Общая численность населения России на 1 января 2020 года составляет 146 745 098 человек по данным [Росстат]. Городское население Российской Федерации на 1 января 2020 года составляет 109 548 440 человек, сельское - 37 196 658 человек. С начала 2019 года численность населения сократилась на 30,4 тыс. человек, или на 0,02%. Миграционный прирост на 90,4% компенсировал естественную убыль населения.

http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/16193 http://www.statdata.ru/russia

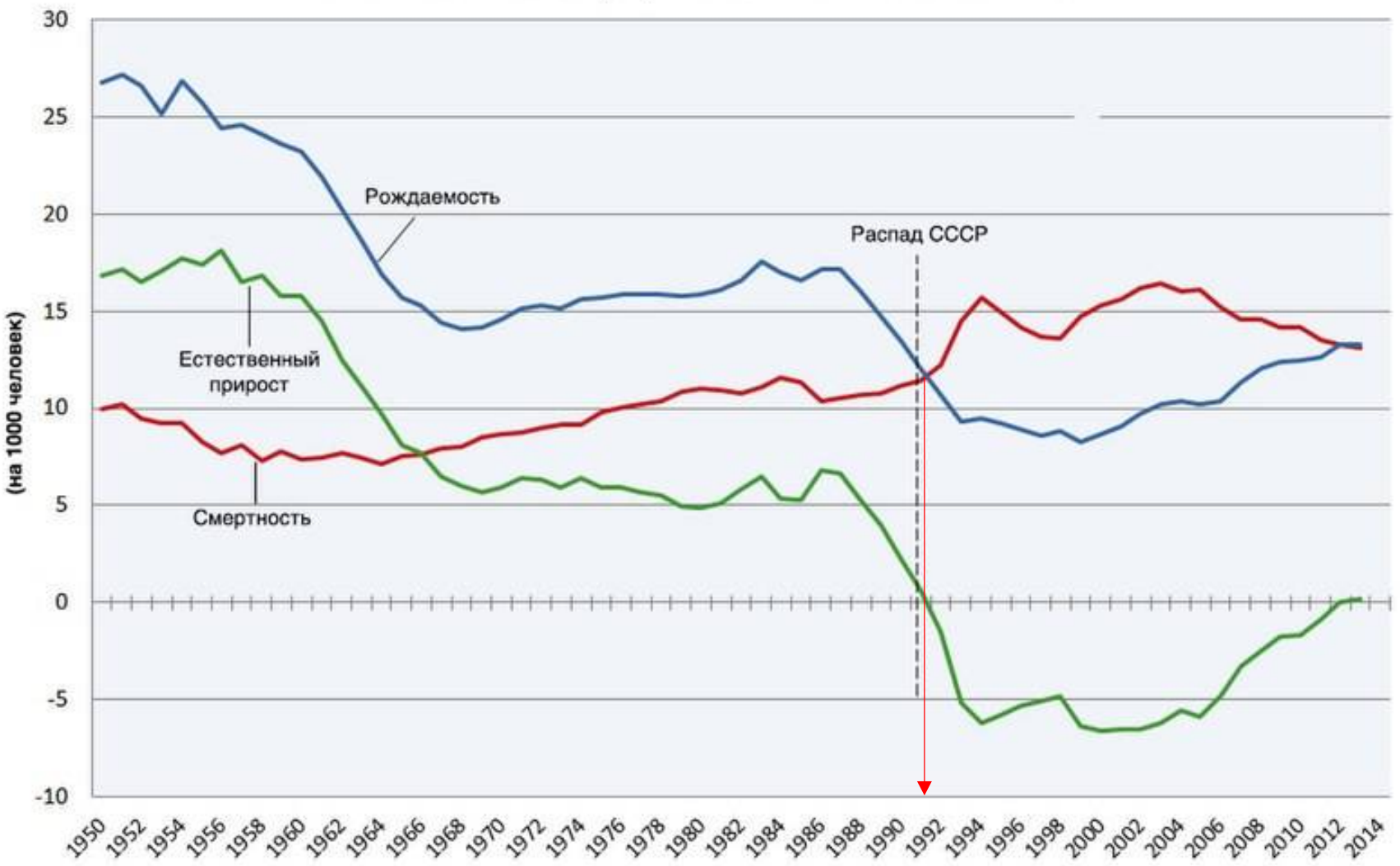
Численность постоянного населения России, миллионов человек на начало года 1960 - 2019 годы, и прогноз Росстата



http://www.demoscope.ru/weekly/2020/0847/barom01.php

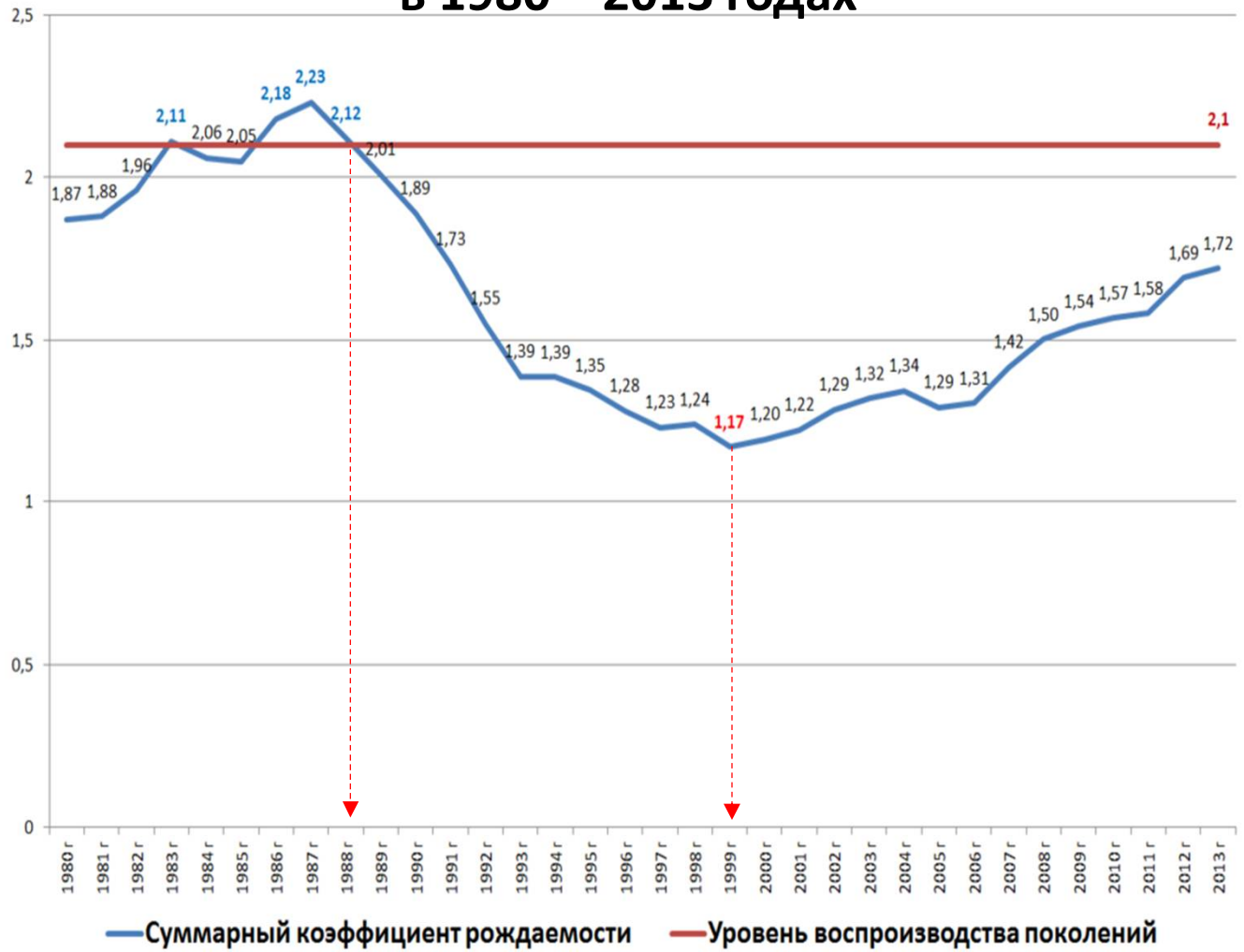
Россия: график рождаемости и смертности по годам

Естественный прирост/убыль населения России с 1950 по 2014 г. на 1000 чел.



http://www.statdata.ru/karta/grafik-rozhdaemosti-i-smertnosti-v-rossii

Суммарный коэффициент рождаемости в России (TFR) в 1980 – 2013 годах



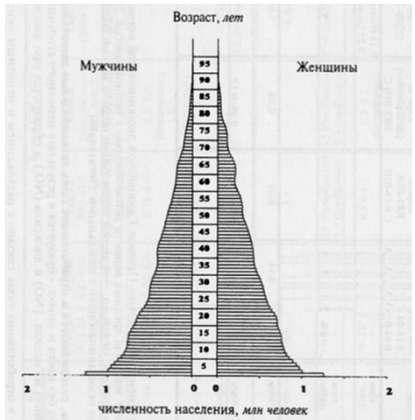
Суммарный коэффициент рождаемости в России в 1950–2019 годах

1950	1960	1970	1980	2000	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2,89	2,56	2,00	1,86	1,89	1,20	1,31	1,42	1,50	1,54	1,57	1,58	1,69	1,71	1,75	1,78	1,621	1,579	1,504

http://demoscope.ru/weekly/app/app4007.php

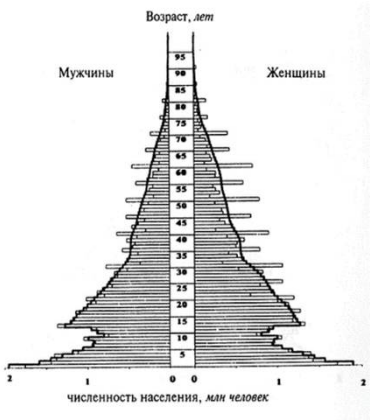
Изменения возрастной структуры населения России

1897



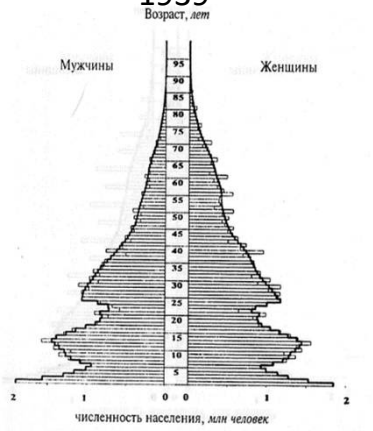
Возрастно-половая структура населения России по переписи 1897 г.

1929



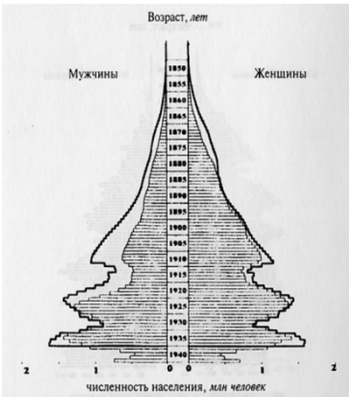
Возрастно-половая структура населения Российской Федерации по переписи 1929 г. *(коррекция итогов переписи)*

1939



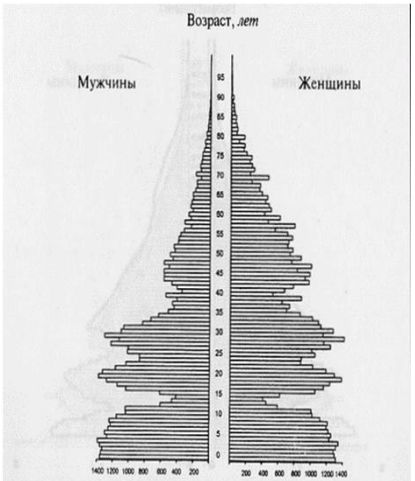
Возрастно-половая структура населения Российской Федерации по переписи 1939 г. *(коррекция итогов переписи)*

1946



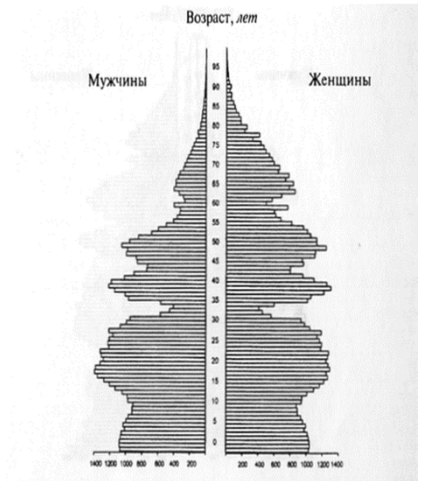
Возрастно-половая структура населения Российской Федерации на начало 1946 г., *(сплошная линия – на начало 1941 г.)*

1959



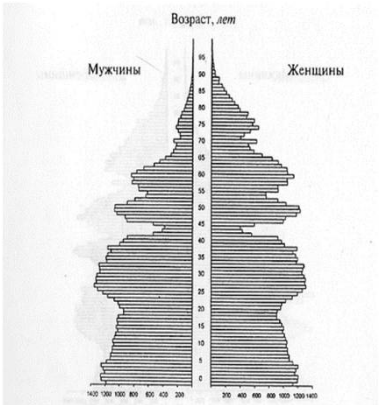
Возрастно-половая структура населения Российской Федерации по переписи 1959 г.

1979



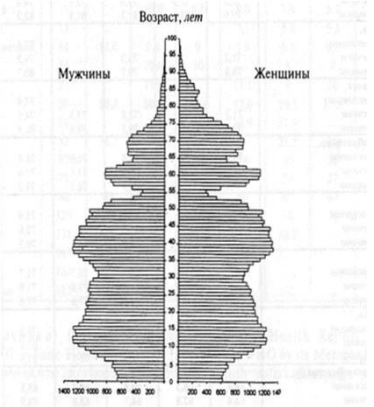
Возрастно-половая структура населения Российской Федерации по переписи 1979 г.

1989



Возрастно-половая структура населения Российской Федерации по переписи 1989 г.

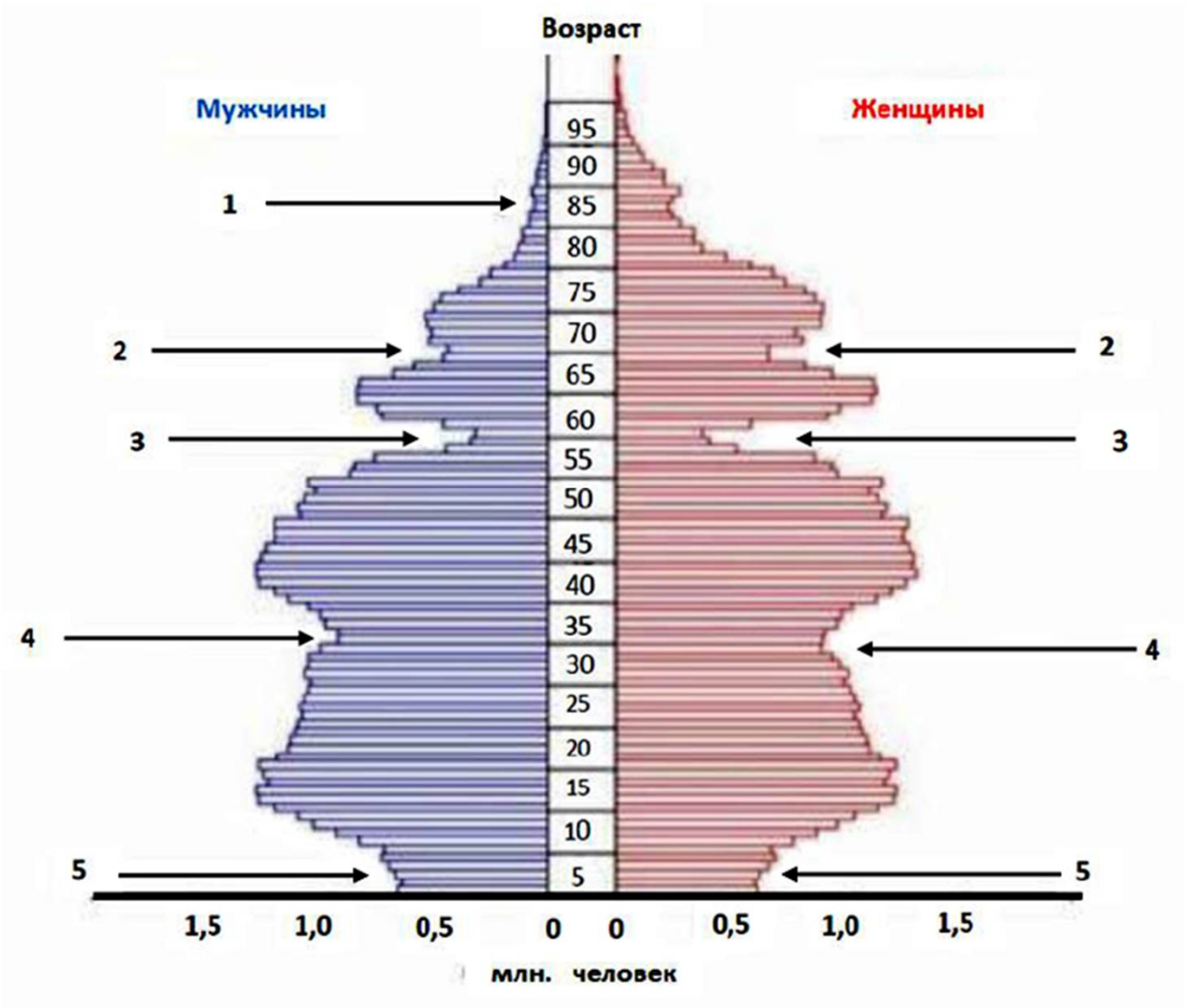
1999



Возрастно-половая структура населения Российской Федерации на 1 января 1999 г.

Гиляров А.М. Лекции, МГУ

Возрастно-половая структура населения России 1999 г.



1. Результат потерь в годы Отечественной войны

2. Рост детской смертности и снижение рождаемости – результат голода 1933 г.

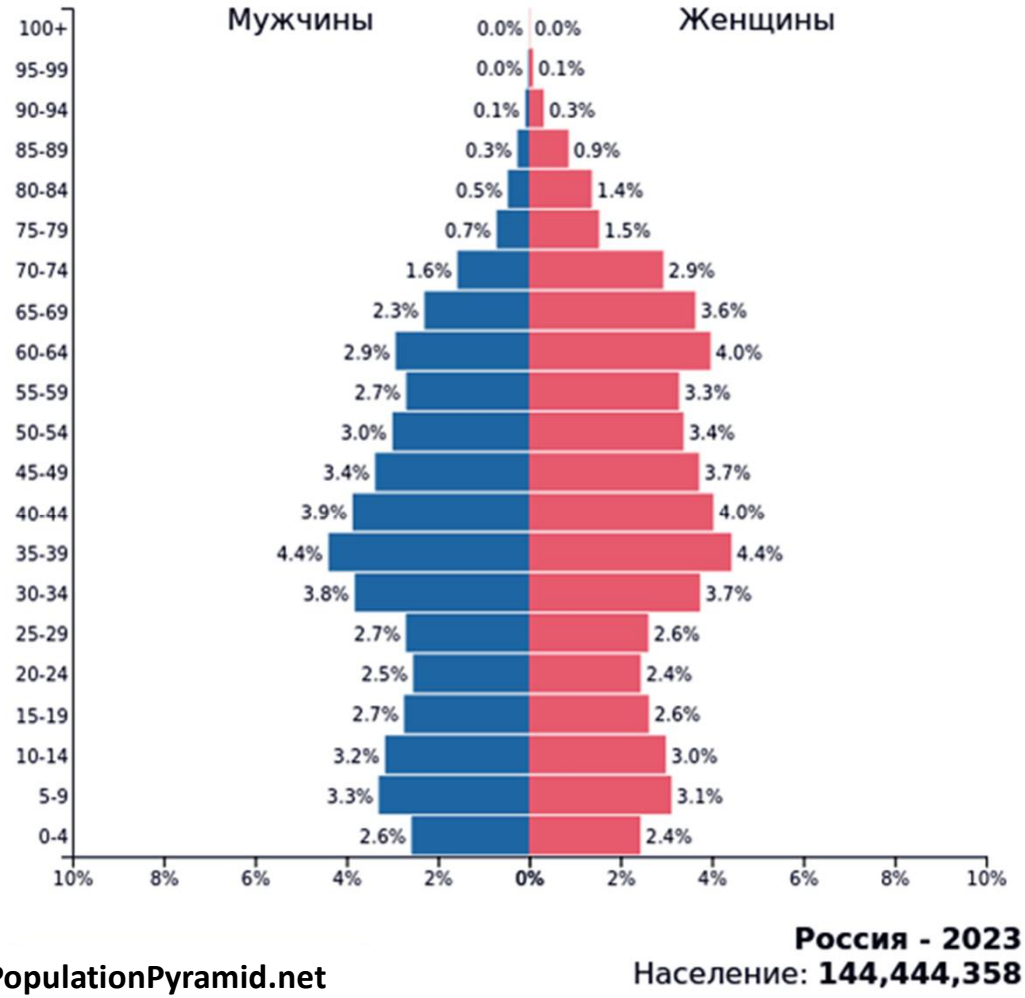
3. Снижение рождаемости в годы Отечественной войны

4. Первое “эхо” Отечественной войны – дети 1941-1945 годов рождения

5. Второе “эхо” Отечественной войны и падение рождаемости 90-х годов

https://www.demoscope.ru/d_f_a/de99006.html

Возрастно-половая структура населения России 2023 г.



По оценкам на начало 2022 года дети в возрасте до 15 лет составляют 17,7% населения России, пожилые люди 65 лет и старше - 16,0%. Средний возраст жителей России составил на начало 2022 года 40,5 года, мужчин - 37,7 года, женщин – 42,9 года. Численность мужчин на 1 января 2022 года составила 67,7 миллиона человек (46,5%), женщин – 77,9 миллиона человек (53,5%). На 1000 мужчин приходилось 1151 женщина, или 868 мужчин на 1000 женщин.

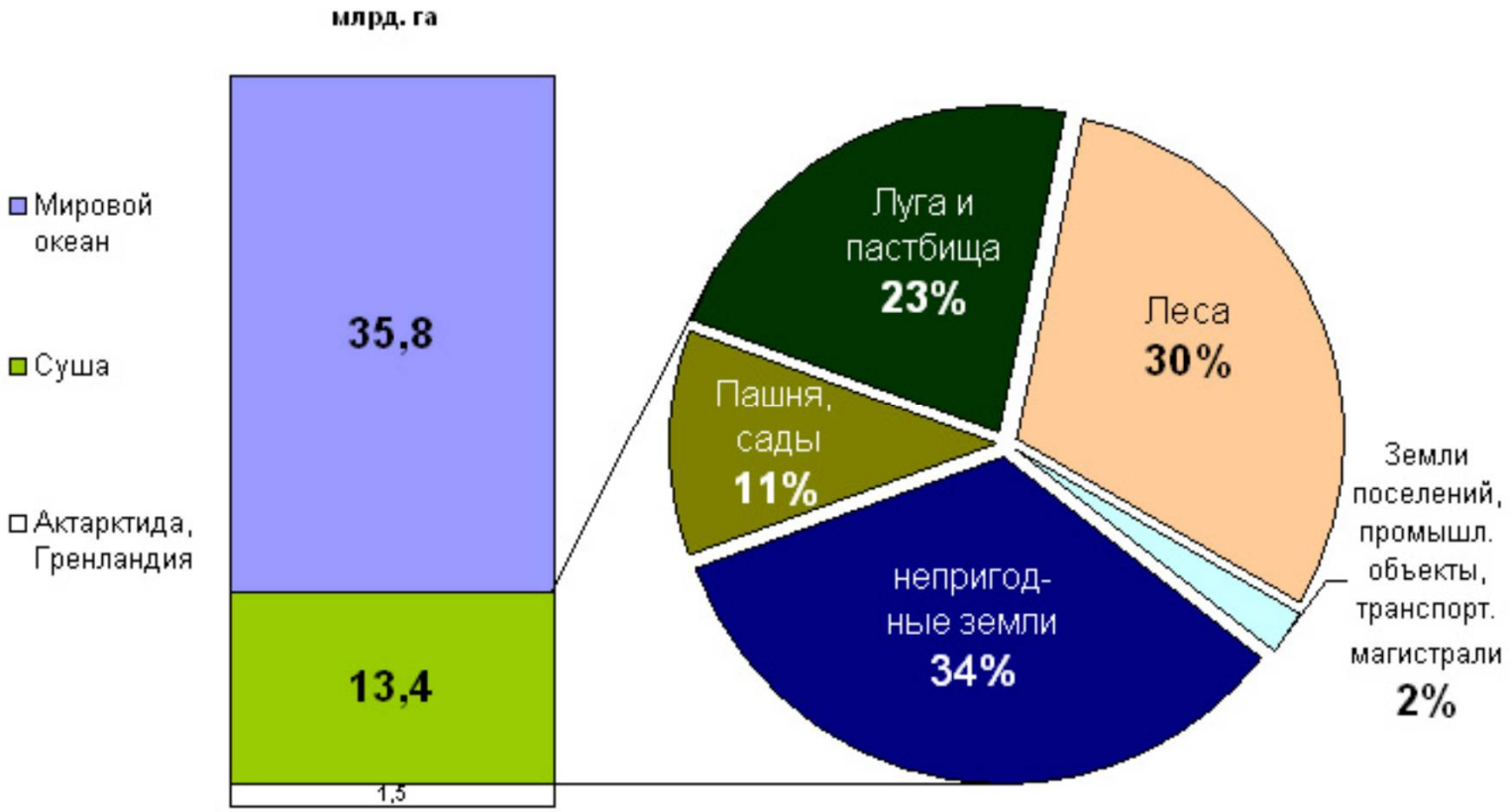
В 2023 году плотность населения составила 8.45 чел / км^2.

https://www.demoscope.ru/weekly/2022/0957/barom03.php

https://www.populationpyramid.net/ru/%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F/2023/

3.2. Продуктивные территории, сельскохозяйственные земли. Площадь суши, нарушенной деятельностью человека

Структура земель суши



Сельскохозяйственные земли занимают в структуре земель суши примерно 34%, из них пашня около 11 %. На одного жителя Земли приходится менее 0,7 га с/хоз. земель.

Продуктивные территории (земли) - пахотные земли, пастбища и леса.

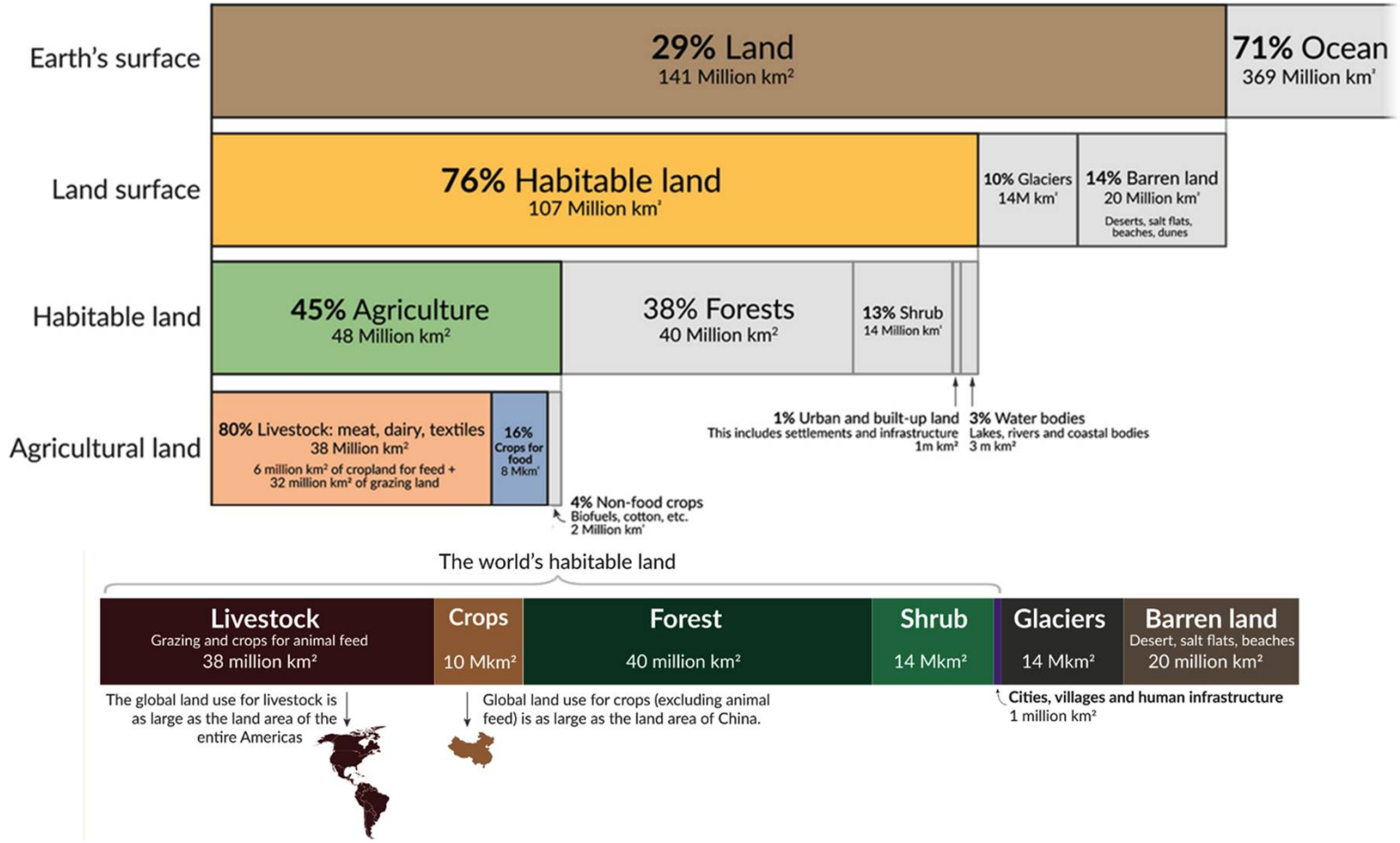
Согласно данным ООН (2019) каждый год в мире теряется ~12 миллионов га продуктивных земель.

(В настоящее время не разработана единая международная система классификации и учета сельскохозяйственных земель, унифицирующая национальные подходы, хотя попытки создания такой системы предпринимаются с 1993 г.).

https://www.un.org/press/en/2019/sgsm19680.doc.htm

http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C11/V1/219.pdf

Площадь суши, используемая для производства продуктов питания
Global surface area allocation for food production



Только 76% поверхности суши Земли определяется как "пригодная для обитания" (habitable land)**; остальные 24% составляют ледники** (glaciers) **и бесплодная земля** (barren land)**.** Здесь "бесплодная земля, пустошь" означает земли, в которых *менее трети территории покрыты растительностью*; такие территории обычно имеют тонкую почву, песок, камни; это пустыни, сухие солончаки, пляжи, песчаные дюны и открытые скалы. 4**5% мировых пригодных для обитания земель** (habitable land) **используется для сельскохозяйственного производства; 38% занято лесами; 13% - кустарники; 1% используется под городскую инфраструктуру.** Более трех четвертей сельскохозяйственных земель (80%) используется для разведения домашнего скота посредством комбинации пастбищных угодий и земель, используемых для производства кормов в животноводстве. Зерновыми культурами занято 16% сельскохозяйственных земель.

https://ourworldindata.org/land-use

Структура сельскохозяйственных земель
(приближенно)

$S_{пашни} \approx 11\ \% S_{суши}$ $S_{пастбищ} \approx 2 \times S_{пашни} \approx 23\%$

$S_{с/хоз.} = S_{пашни} + S_{пастбищ} \approx 35\% S_{суши}$

$S_{пашни}$ убывает: в процессе урбанизации теряются наиболее плодородные земли; при неправильном орошении происходит засоление;

$S_{пашни}$ возрастает: например, при использования земель после вырубки лесов под сельскохозяйственные нужды.

Сельскохозяйственные земли (определение)

Землями сельскохозяйственного назначения признаются земли, находящиеся за границами населенного пункта и предоставленные для нужд сельского хозяйства, а также предназначенные для этих целей. ("Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 18.03.2020))

Agricultural Land (Definition)

Это земли, модифицированные или созданные человеком специально для выращивания биологических продуктов для прямого потребления или использования человеком. Сельскохозяйственные земли включают пахотные земли, пастбища, сады, рощи, виноградники, питомники, декоративные садовые участки и ограниченные кормовые площади.

… modified or created by man specifically to grow or raise biological products for human consumption or use. This includes cropland, pasture, orchards, groves роща, vineyards, nurseries питомник, ornamental horticultural areas, and confined feeding areas.

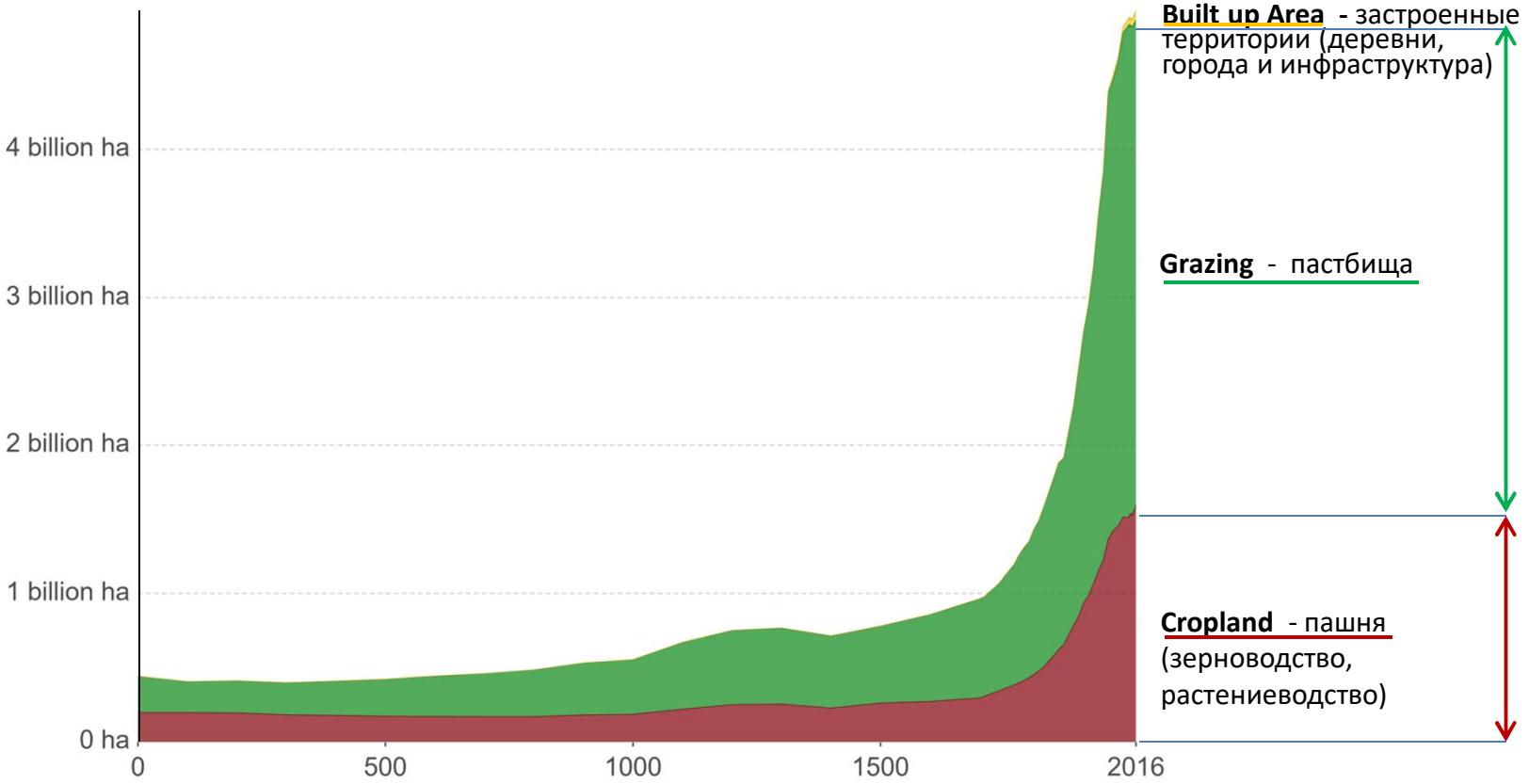
https://www.hq.nasa.gov/iwgsdi/Agricultural_Land.html
http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS
http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/Indicatorsfiles/Agriculture.pdf
http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/food_supply/food.htm

Долговременная (0 ÷ 2016) динамика глобального использования земель

How has global land use changed over the long-term?

Land use over the long-term, World, 0 to 2016

Total land area used for cropland, grazing land and built-up areas (villages, cities, towns and human infrastructure).



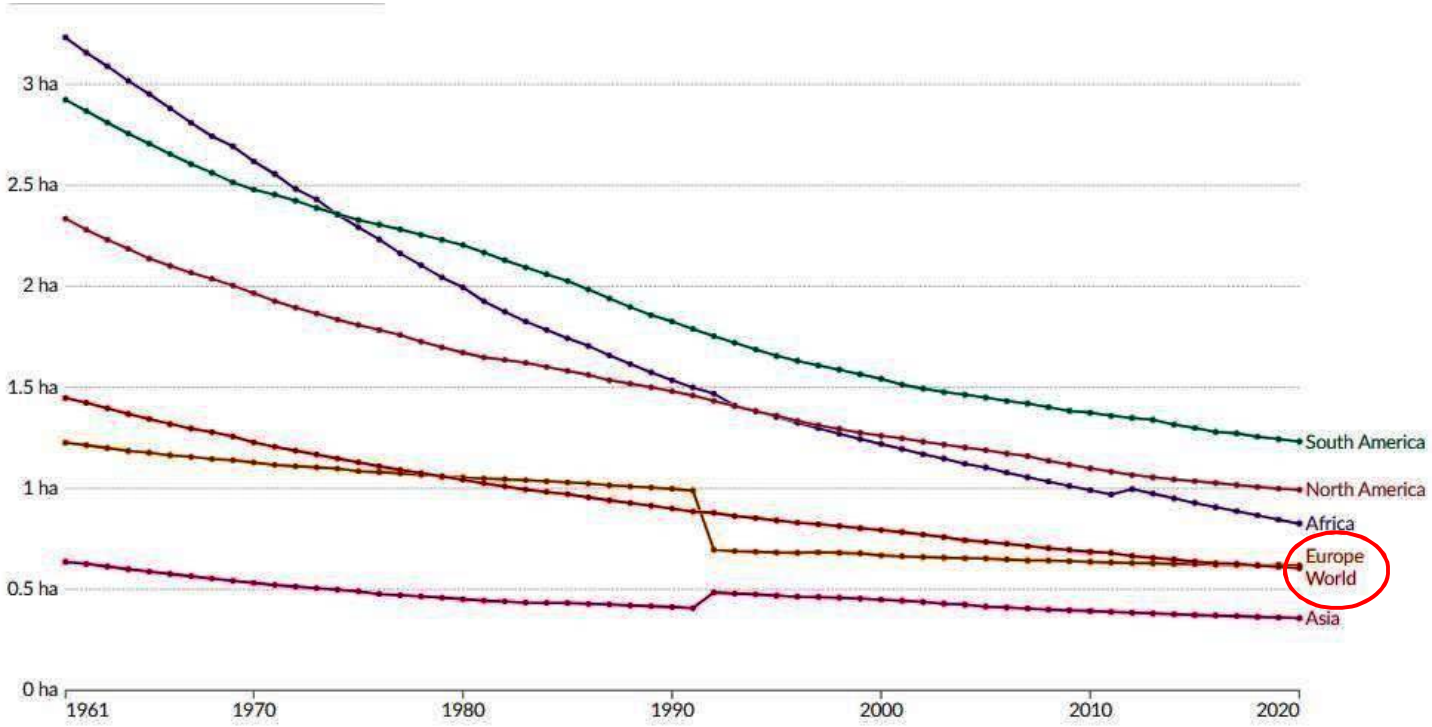
Source: History Database of the Global Environment (HYDE)

OurWorldInData.org/land-cover/ • CC BY

https://ourworldindata.org/land-use

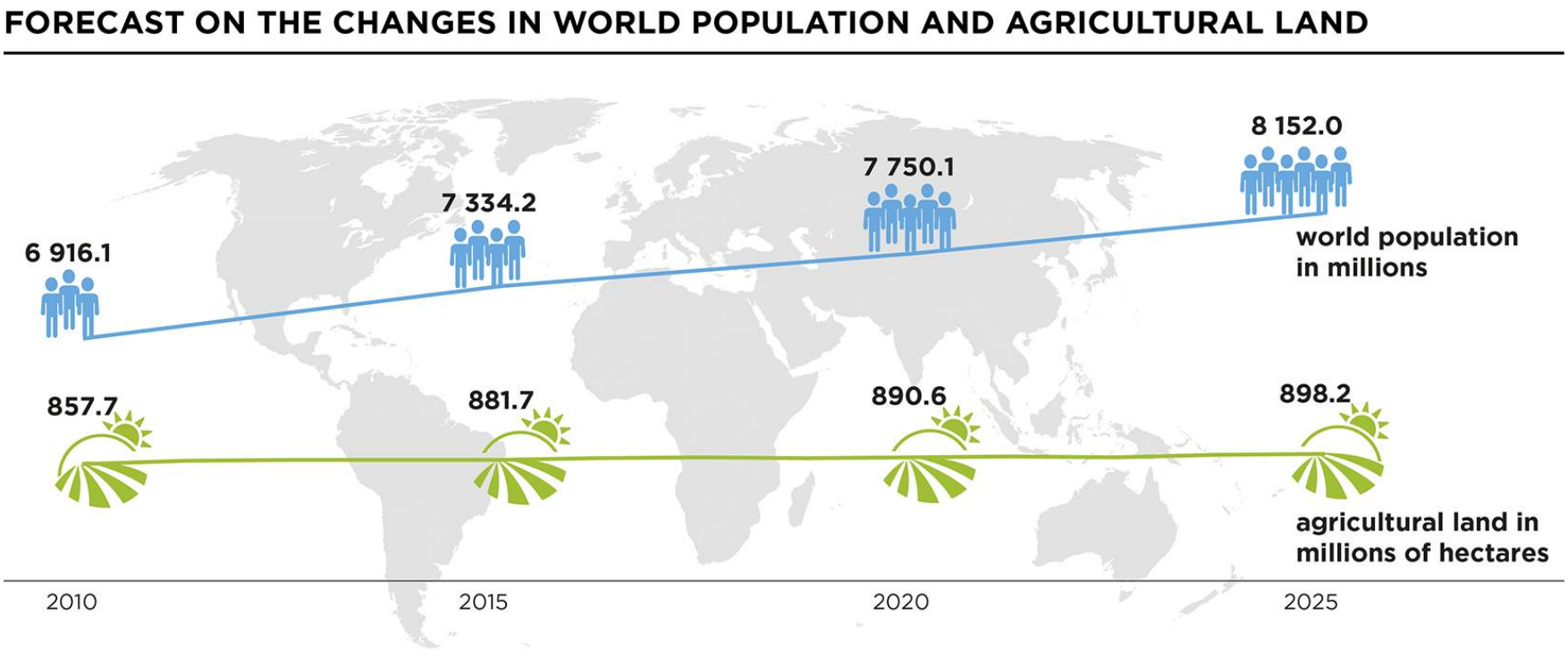
Agricultural land per capita

Agricultural land is the sum of cropland and land used as pasture for grazing livestock



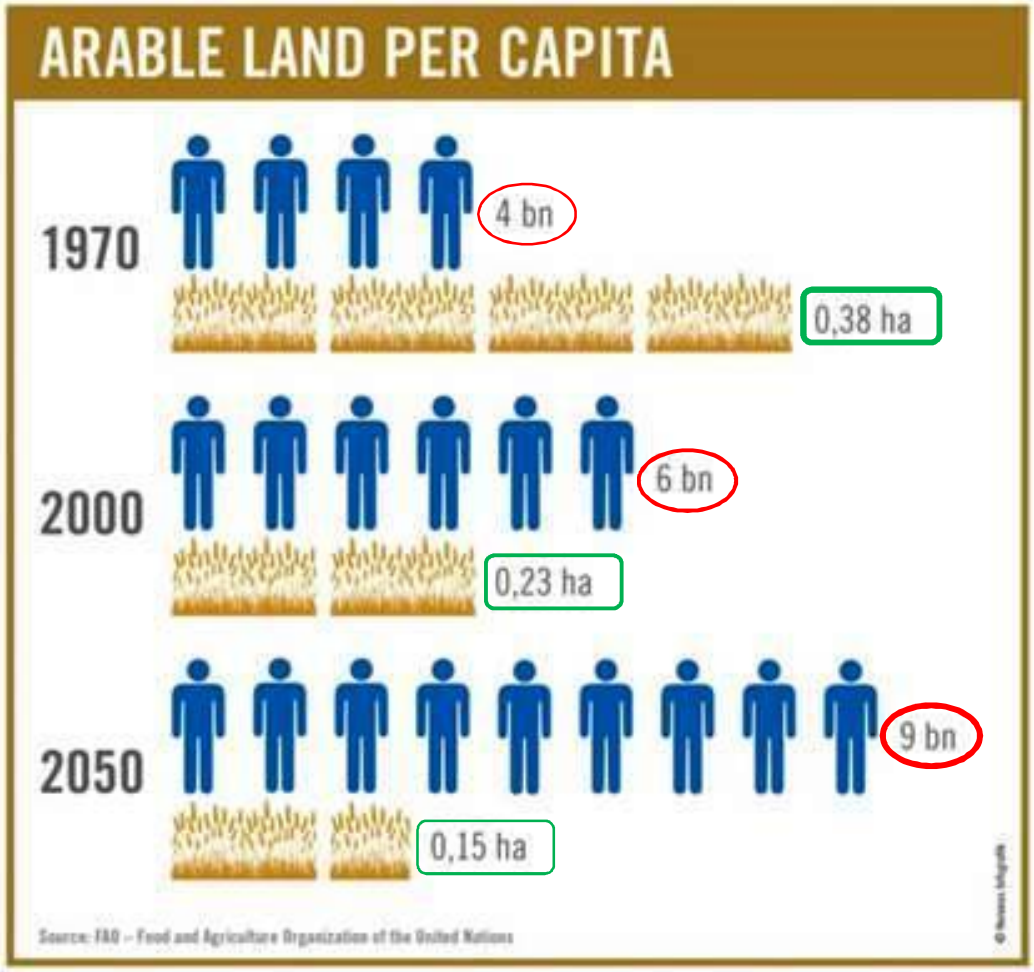
https://ourworldindata.org/grapher/agricultural-area-per-capita

Прогноз изменения численности населения и площади сельскохозяйственных земель



Source: United Nations – Department of Economic and Social Affairs, Population Division: World Population Prospects: The 2012 Revision (June 2013), available online at http://esa.un.org and Statistica: Total global cropland area from 2010 to 2025 (2014), available online at www.statista.com

Динамика численности населения и площади пашни на человека



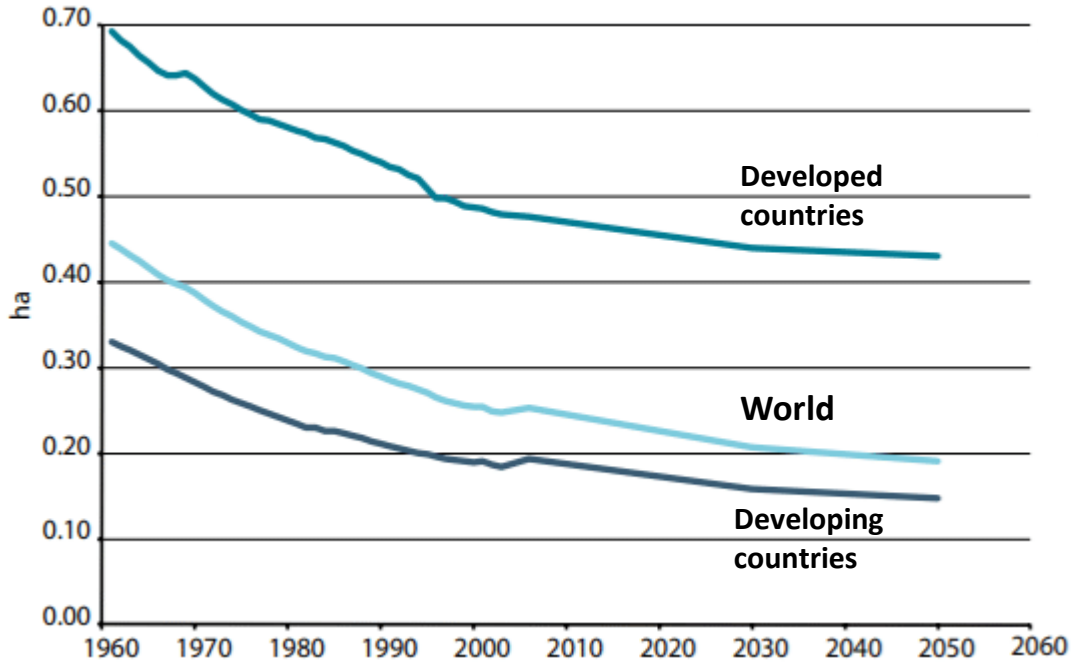
Спрос на продукты питания растет, поскольку население мира продолжает расти - число людей в мире увеличилось более чем вдвое с 1961 по 2016 год. Глобальная площадь пахотных земель на душу населения непрерывно уменьшалась в период с 1961 по 2016 год: примерно с 0,45 га на душу населения в 1961 году до 0,21 га на душу населения в 2016 году.

(Land use in agriculture by the numbers, 07 May **2020**, FAO)

http://www.fao.org/sustainability/news/detail/en/c/1274219/

https://socotrafarming.com/home/land-per-capita/

Arable land per capita from 1960 to 2050



Площадь пахотных земель на душу населения, по прогнозам, к 2050 году сократится до менее 0,20 га на душу населения, что составляет примерно 1/3 площади пахотных земель на душу населения в 1970 году (ФАО, 2011).

Чтобы прокормить растущее население, ежегодное мировое сельскохозяйственное производство должно увеличиться на 70% в период с 2005 по 2050 год (ФАО, 2011). Основная причина такого значительного увеличения связана с растущим потреблением мяса и большим количеством сельскохозяйственных культур, необходимых в качестве сырья (FAO, 2011).

In order to feed the growing population, the annual world agricultural production must increase by 70% from 2005 to 2050 (FAO, 2011). A main reason for such a large increase is due to growing meat consumption and the large amounts of crops needed as feedstock (FAO, 2011). Arable land per capita, and is predicted to fall to less than 0.20 hectares per capita by 2050 which is 1/3 of the arable land in 1970 (FAO, 2011).

https://www.researchgate.net/publication/347899218_A_Comprehensive_Review_on_Sustainable_Industrial_Vertical_Farming_Using_Film_Farming_Technology

Top 10 Countries with the Most Arable Land in the world 2019 (mln hectares)

Here are the 10 countries with the most arable land	(million hectares)
U.S.	157.7
India	156.1
Russia	121.6
China	119.5
Brazil	55.8
Canada	38.6
Nigeria	34
Ukraine	32.9
Argentina	32.6
Australia	30.6

Top 10 wheat-producing countries worldwide, based on total yield in tonnes from 2000-2020:

Country	Total yield (tonnes)	% of total (2000- 2020)
China	2.4 B	17.0%
India	1.8 B	12.5%
Russia	1.2 B	8.4%
U.S.	1.2 B	8.4%
France	767 M	5.4%
Canada	571 M	4.0%
Germany	491 M	3.5%
Pakistan	482 M	3.4%
Australia	456 M	3.2%
Ukraine	433 M	3.1%

Китай, крупнейший в мире производитель пшеницы, за последние два десятилетия собрал более 2,4 миллиарда тонн пшеницы, что составляет примерно 17% от общего производства в период 2000-2020 годов. Большая часть китайской пшеницы используется внутри страны, чтобы удовлетворить растущий спрос на продовольствие в стране. Китай является крупнейшим в мире потребителем пшеницы — в 2020/2021 году на долю страны приходилось примерно 19% мирового потребления.

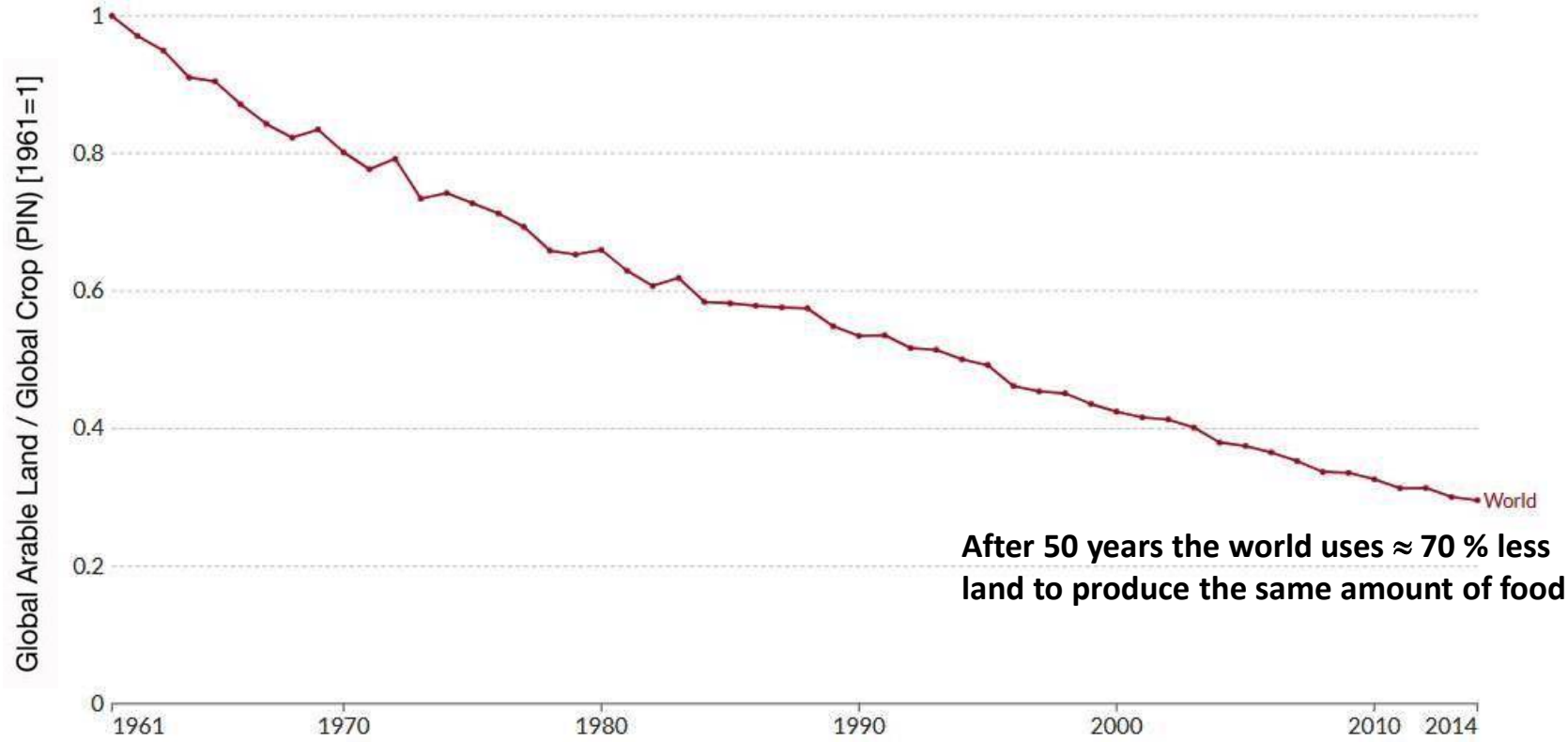
Индия. За последние два десятилетия Индия произвела 12,5% мировой пшеницы. Как и Китай, Индия сохраняет большую часть своей пшеницы в стране из-за значительного спроса на продовольствие внутри страны.

Россия, третий по величине производитель пшеницы в мире, является крупнейшим мировым экспортером пшеницы. В 2021 году страна экспортировала пшеницы на сумму более 7,3 миллиарда долларов, что составило примерно 13,1% от общего экспорта пшеницы в указанном году.

https://www.weforum.org/agenda/2022/08/top-10-countries-produce-most-wheat/ https://www.visualcapitalist.com/cp/visualizing-global-wheat-production-by-country/

Площадь пашни, необходимой для производства фиксированного количества продукции зерновых культур: динамика изменения с 1961 года

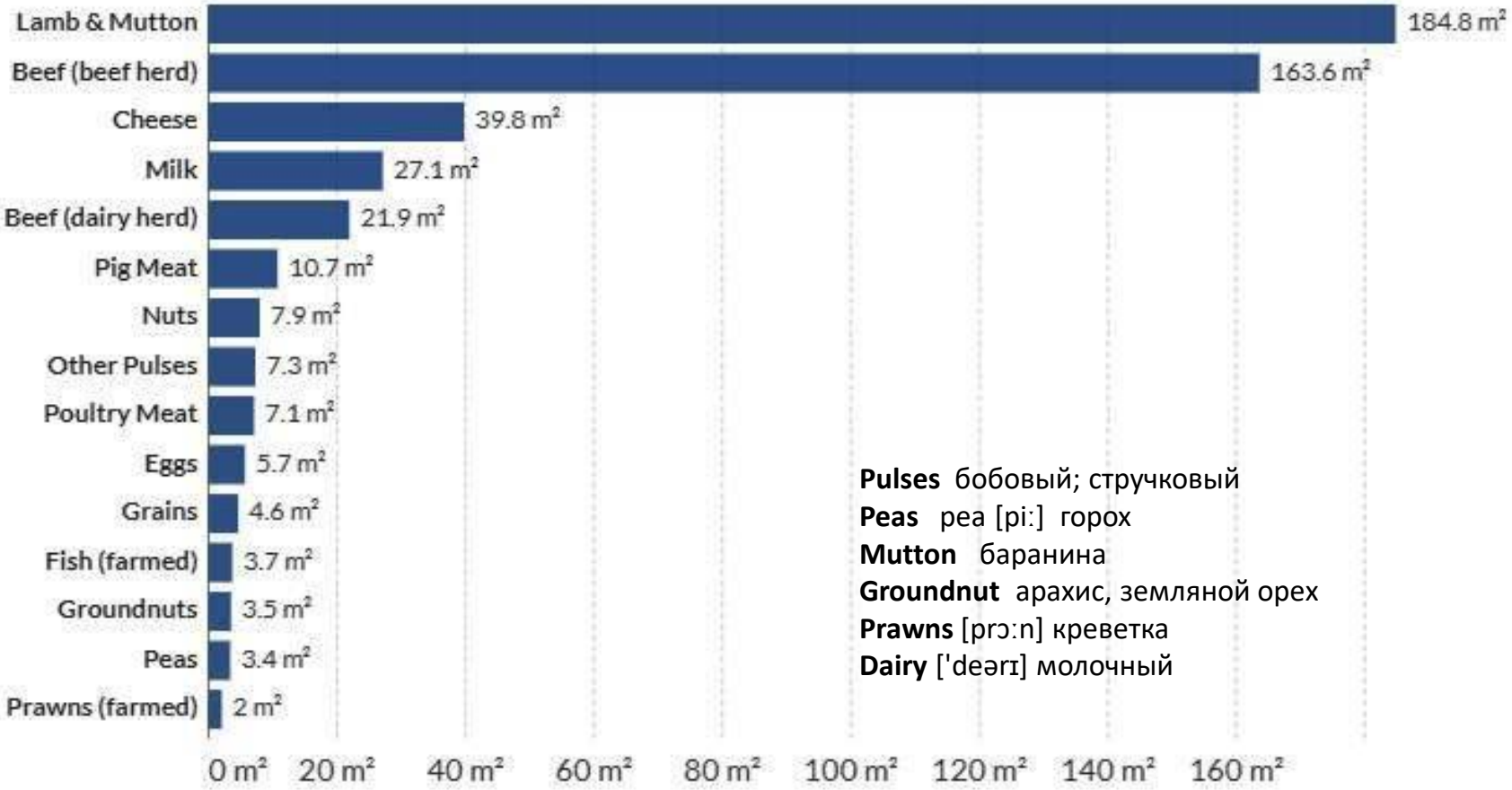
Arable land needed to produce a fixed quantity of crops, 1961 to 2014



Arable land needed to produce a fixed quantity of crops is calculated as arable land divided by the crop production index (PIN). The crop production index (PIN) here is the sum of crop commodities (minus crops used for animal feed), weighted by commodity prices. This is measured as an index relative to 1961 (where 1961 = 1). Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations

https://ourworldindata.org/grapher/arable-land-pin

Площадь земли (м²), необходимой для производства 100 граммов белка различных пищевых продуктов



Pulses бобовый; стручковый
Peas pea [piː] горох
Mutton баранина
Groundnut арахис, земляной орех
Prawns [prɔːn] креветка
Dairy ['deərɪ] молочный

Land use per 100 grams of protein (2018)

Land use is measured in meters squared (m²) per 100 grams of protein across various food products.

https://ourworldindata.org/agricultural-land-by-global-diets

Глобальный голод – это не нехватка еды

Всемирная продовольственная программа (2 июня 2020 г.)

1. **Треть продуктов питания, производимых для потребления человеком, теряется или выбрасывается во всем мире. Это составляет около 1,3 миллиарда тонн в год на сумму около 1 триллиона долларов США.**
2. **В промышленно развитых странах более 40%в потерь происходит на розничном и потребительском уровнях.**
3. **В развивающихся странах 40% потерь происходят на послеуборочном и перерабатывающем уровнях.**
4. **Всех продуктов питания, произведенных, но так и не съеденных, хватило бы, чтобы накормить два миллиарда человек. Это более чем в два раза превышает число недоедающих людей во всем мире.**
5. **Потребители в богатых странах ежегодно выбрасывают почти столько же продуктов питания, сколько составляет все чистое производство продуктов питания в странах Африки к югу от Сахары.**
6. **Если бы выбрасываемая пища была страной, она была бы третьим по величине производителем углекислого газа в мире после Китая и США .**

2 June 2020, World Food Programme Here's what you need to know:

- **One-third of food produced for human consumption is lost or wasted globally.** This amounts to about 1.3 billion tons per year, worth approximately **US$1 trillion**.
- **All the food** produced but never eaten would be sufficient to feed **two billion people**. That's more than twice the number of undernourished people across the globe.
- If wasted food were a country, it would be the **third-largest producer of carbon dioxide** in the world, after the USA and China.
- Consumers in rich countries waste almost **as much food as the entire net food production of sub-Saharan Africa** each year
- In developing countries, 40 per cent of losses occur at post-harvest and processing levels.
- In industrialized countries, more than 40 per cent of losses happen at retail and consumer levels.

https://www.wfp.org/stories/5-facts-about-food-waste-and-hunger

How much food is wasted globally each year?

(Last modified on Oct 2022)

Each year 1.3bn tonnes of food, about a third of all that is produced, is wasted, including about 45% of all fruit and vegetables, 35% of fish and seafood, 30% of cereals, 20% of dairy products and 20% of meat.



What does this mean for agriculture?

About 1.4bn hectares, or close to 30% of available agricultural land, is used to grow or farm food that is subsequently wasted. This is particularly alarming given estimates that by 2050 food production will need to have increased by 60% on 2005 levels to feed a growing global population. Reducing food wastage would ease the burden on resources as the world attempts to meet future demand. "Production of food is one of the biggest production sectors in the world, and if one-third of all this is just produced in vain you can imagine what a huge impact this has on the natural resources – on land, water, energy and greenhouse gas emissions." Robert van Otterdijk, coordinator of the UN FAO

Where, how and when is most of the food wasted? In developing countries there are high levels of what is known as "food loss", which is unintentional wastage, often due to poor equipment, transportation and infrastructure. **In wealthy countries**, there are low levels of unintentional losses but high levels of "food waste", which involves food being thrown away by consumers because they have purchased too much, or by retailers who reject food because of exacting aesthetic standards.

https://www.theguardian.com/environment/ng-interactive/**2015**/aug/12/produced-but-never-eaten-a-visual-guide-to-food-waste

ПЛОЩАДЬ СУШИ, НАРУШЕННОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА

Ненарушенных (~ 40%) **Нарушенных (~ 60%)**

Суша	Площадь	Ненарушенные территории	Частично нарушенные	Нарушенные территории
Площадь суши без учета льда, скал и обнаженной земли	134 904 471 км^2	27,0 %	36,7 %	36,3 %

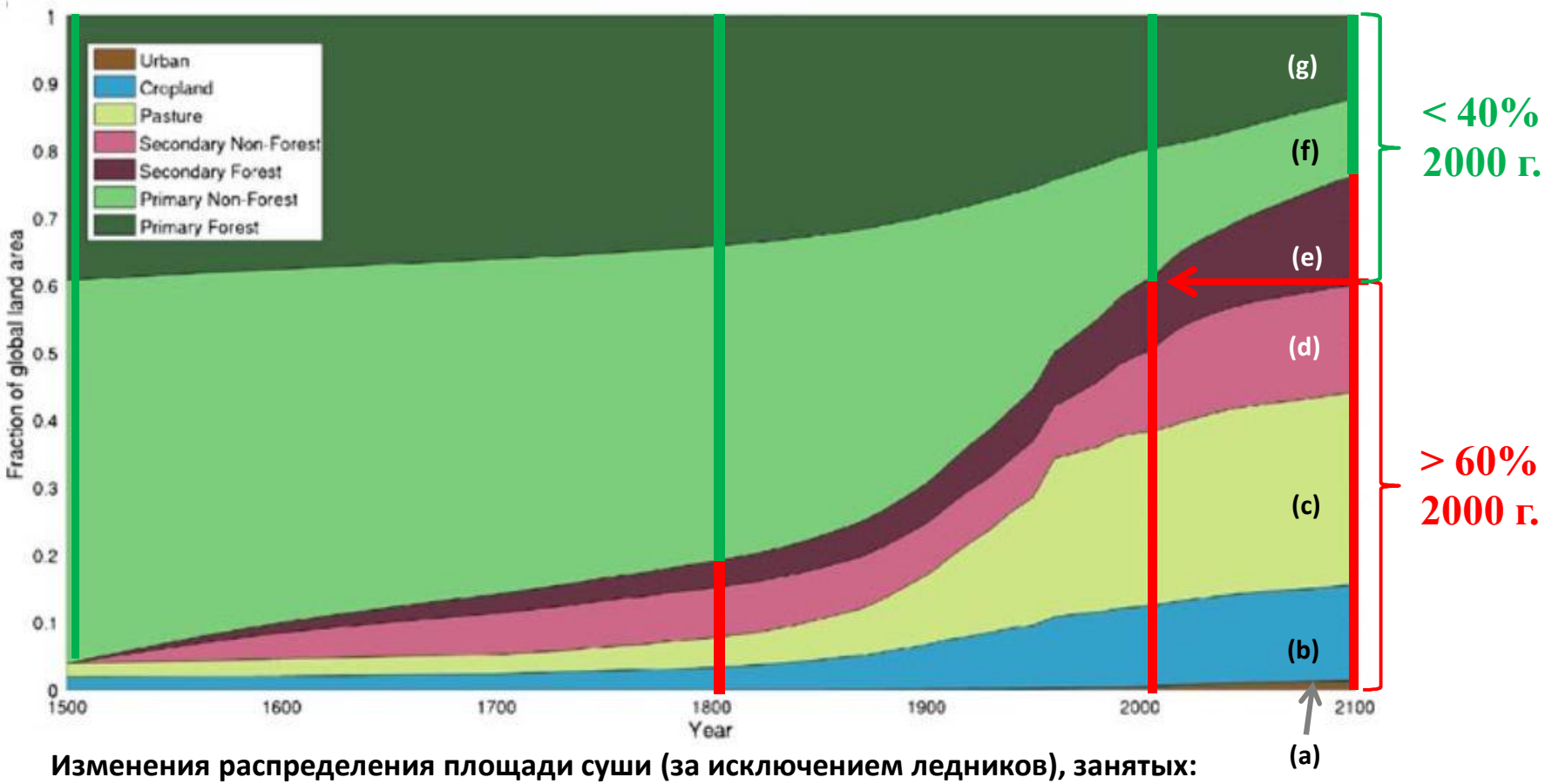
Ненарушенные территории — наличие естественного растительного покрова (естественных экосистем) и очень низкая плотность населения — менее 10 человек на 1 км^2 и менее 1 человека на 1 км^2 в пустынях, полупустынях и тундре;

Частично нарушенные территории — наличие сменяемых или постоянных сельскохозяйственных земель, вторичной, но естественно восстанавливающейся растительности, повышенная плотность домашнего скота, превышающая возможности пастбищ, другие следы деятельности человека (например, вырубки леса);

Нарушенные территории — наличие постоянных сельскохозяйственных территорий и городских поселений, отсутствие естественной растительности, проявления опустынивания и других видов постоянной деградации.

http://www.localgeography.ru/locageps-189-1.html

Динамика сокращения территорий естественных (первичных) экосистем суши за 1500-2000 годы и прогноз до 2100г.



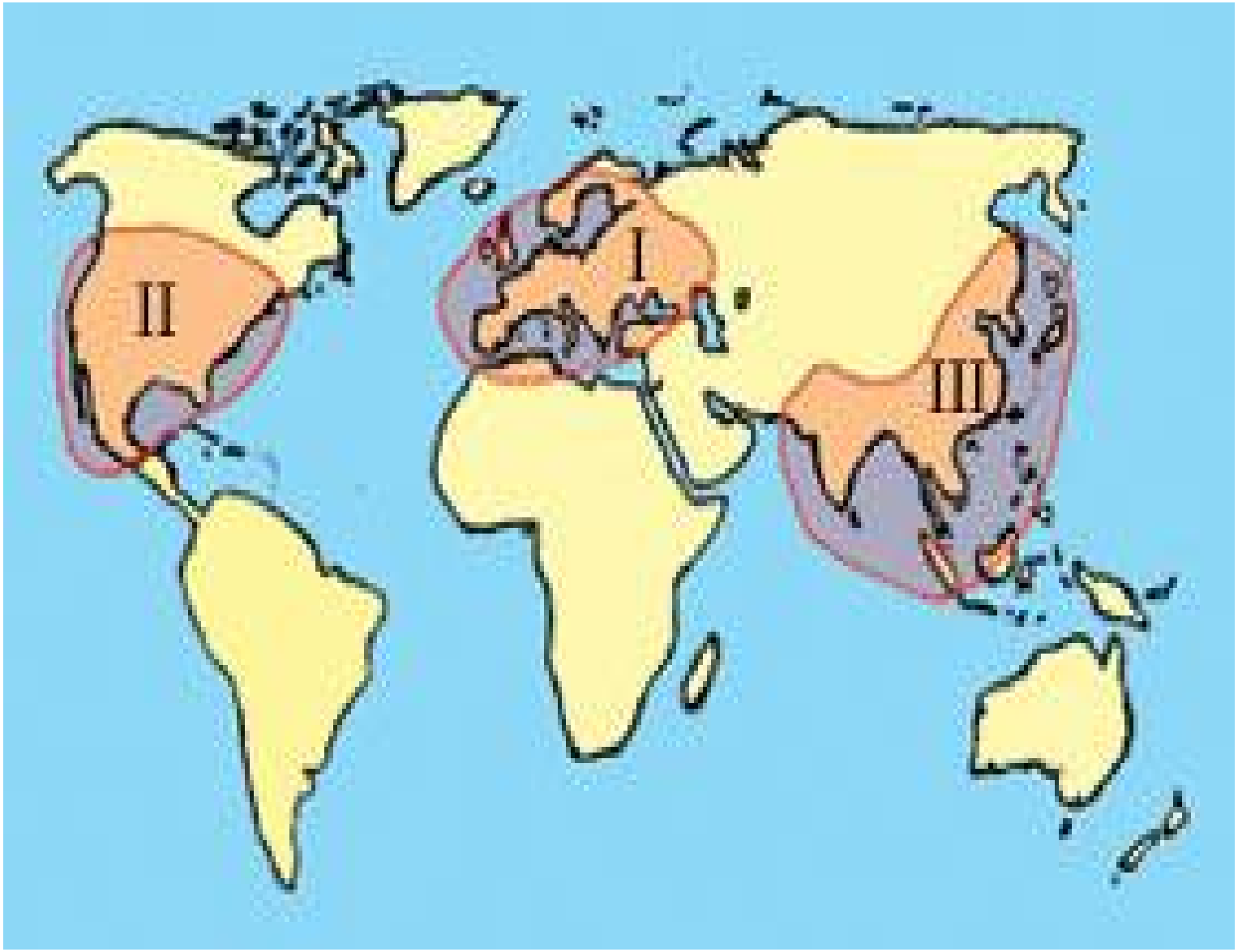
Изменения распределения площади суши (за исключением ледников), занятых: (a) урбанизированными территориями, (b) пашней под растениеводством, в частности, зерновыми культурами, (c) пастбищами, (d) вторичными нелесными территориями, (e) вторичными лесами, (f) первичными нелесными территориями, (g) первичными лесами для периода 1500–2100 годов (модель). Общая площадь суши, свободной от льда, принята равной ~130 млн. км^2

"**Лесными землями** считаются земли, покрытые лесной растительностью и не покрытые ею, но предназначенные для ее восстановления (вырубки, гари, погибшие древостои, редины, пустыри и др.). **Нелесными землями** считаются земли, предназначенные для нужд лесного хозяйства (земли, занятые просеками, дорогами, сельскохозяйственными угодьями и др.), а также иные земли, расположенные в границах лесного фонда (земли, занятые болотами, каменистыми россыпями, и другие неудобные для использования земли)."
http://www.bibliotekar.ru/ecologicheskoe-pravo-4/119.htm

http://www.bioticregulation.ru/common/pdf/eete18.pdf

https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10584-011-0153-2.pdf

Три основных центра “дестабилизации” окружающей среды



Данилов-Данильян В.И. и др. 2005

В России сохранились экосистемы, территории которых не нарушены хозяйственной деятельностью. К ним относятся, прежде всего, восточносибирская тайга, включая район озера Байкал и Камчатку. Значительный массив нетронутой лесной растительности западной евразийской тайги сохранился в основном на территории Западной Сибири и в Европейской части России. Почти полностью сохранились арктические и южные тундры.

In Russia the territories which are not disturbed by economic activity are, first of all, the East Siberian taiga, including the area of Lake Baikal and Kamchatka. A significant array of untouched forest vegetation of the western Eurasian taiga has been preserved mainly in Western Siberia and in the European part of Russia. The Arctic and southern tundra are almost completely preserved.

Доля площади, сохранившейся **ненарушенной территории в России составляет не менее 60%**.

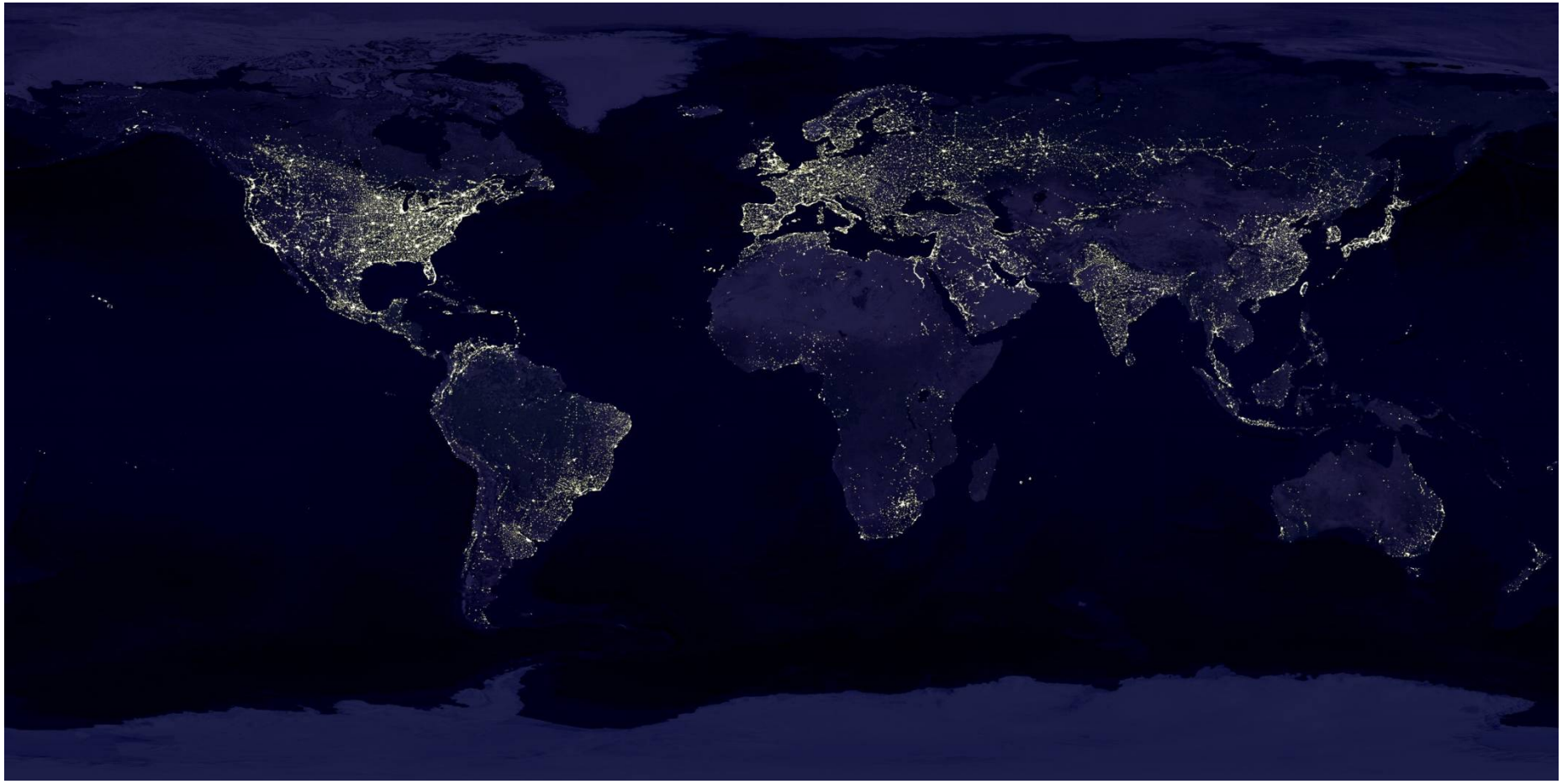
The share of the area of the preserved undisturbed territory in Russia is at least 60%.

http://www.localgeography.ru/locageps-189-1.html

Приложение
Мировая инфраструктура

World Infrastructure

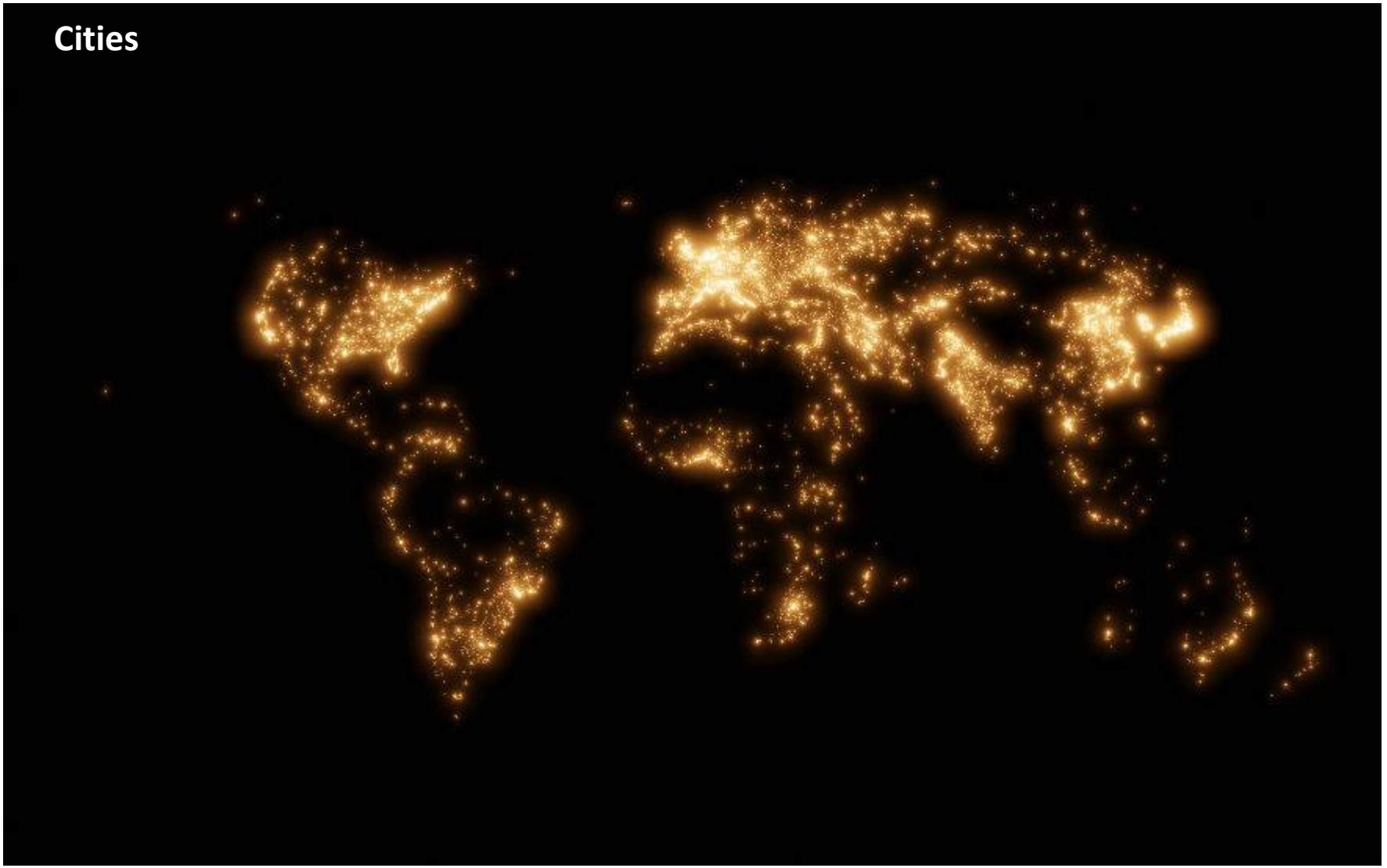
A view of the world by night



Самые яркие области являются наиболее урбанизированными, но не обязательно самыми густонаселенными (сравните Западную Европу с Китаем и Индией). Города, как правило, растут вдоль береговых линий и транспортных сетей. Система автомагистралей Соединенных Штатов (interstate highway system) это сеть, соединяющая яркие точки городских центров. Транссибирская железная дорога - тонкая линия, протянувшаяся от Москвы через центр Азии до Владивостока. Река Нил, от Асуанской плотины до Средиземного моря, является еще одной яркой нитью. Даже спустя более чем 100 лет после изобретения электрического освещения некоторые районы остаются малонаселенными и неосвещенными. Внутренние джунгли Африки и Южной Америки в основном темные, но и там начинают появляться огни. Пустыни в Африке, Аравии, Австралии, Монголии и Соединенных Штатах также плохо освещены (кроме побережья) наряду с бореальными лесами Канады и России и великими горами Гималаев. Антарктида совершенно темная.

https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xx.html

Cities



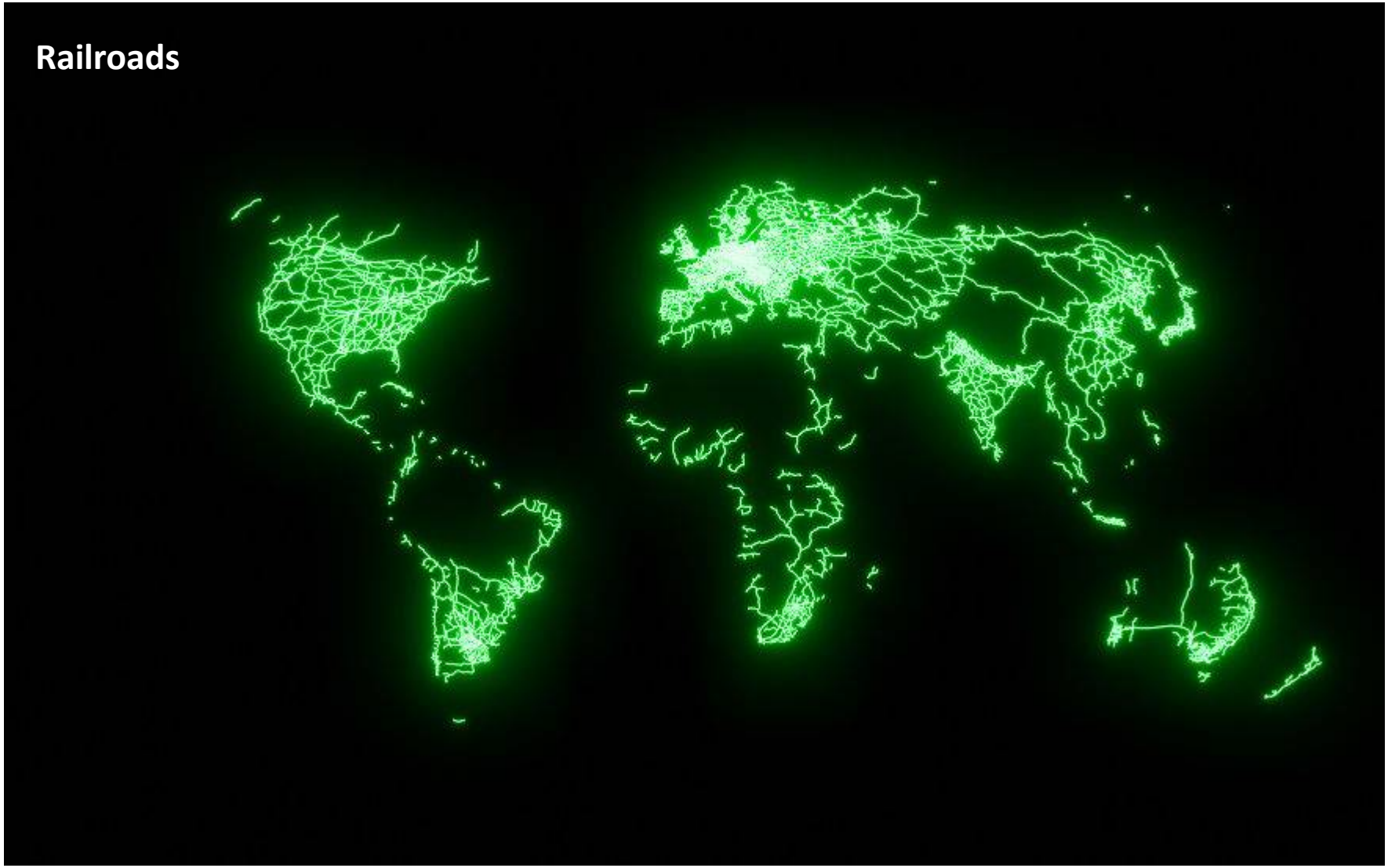
This map shows where people live. The biggest city in the world, Tokyo, shining as one of the brightest parts of the map. Meanwhile, deserts and jungles in Africa, South America and Australia almost completely disappear.



There are more than 60 million kilometers of roads in the world. On this map, you can see how people have build roads across some of the most inhospitable terrain imaginable. Even in places where no one lives, you can find roads stretching across deserts and mountains to connect people on the other side.

https://peteratwoodprojects.wordpress.com/

Railroads



This map shows some of the differences between different parts of the world. Europe shines brightest with its advanced network of high speed trains which make it possible to travel almost anywhere without a car. In North America on the other hand, trains are mostly used to carry freight across enormous distances. In Africa, most of the railroads were built by European colonizers to carry goods to the coast to be shipped back to Europe. And in Australia the longest trains in the world with more than 500 cars carry coal and minerals across the outback.



For some of the most isolated parts of the planet, it's only possible to travel by air. Cities in the Amazon rain forest, the middle of the Australian Outback, and the Canadian North aren't connected to the rest of the world by roads or rails. Instead, people, food, and supplies have to travel by air.

Ports



Almost every city in the world is built on either a coastline or a river. For thousands of years the only way to connect different parts of the world was by ship. Even today, most of the food we eat, the clothes we wear, the cars we drive, and the things we buy get brought to us by ship.

https://peteratwoodprojects.wordpress.com/

4.2. Динамика мирового энергопотребления. Антропогенное возмущение глобального углеродного цикла, усиление парникового эффекта

ДИНАМИКА МИРОВОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Primary energy consumption worldwide

Мощность потребления человечества					
	1973	2008	2012	2017	2021
Население (млрд)	4	6.7	7	7,5	7,9
Потребление (ТВт)	8,1	14,46	17,75	18,587	18,867
На душу населения (кВт/чел)	2	2,16	2,54	2,47	2,39

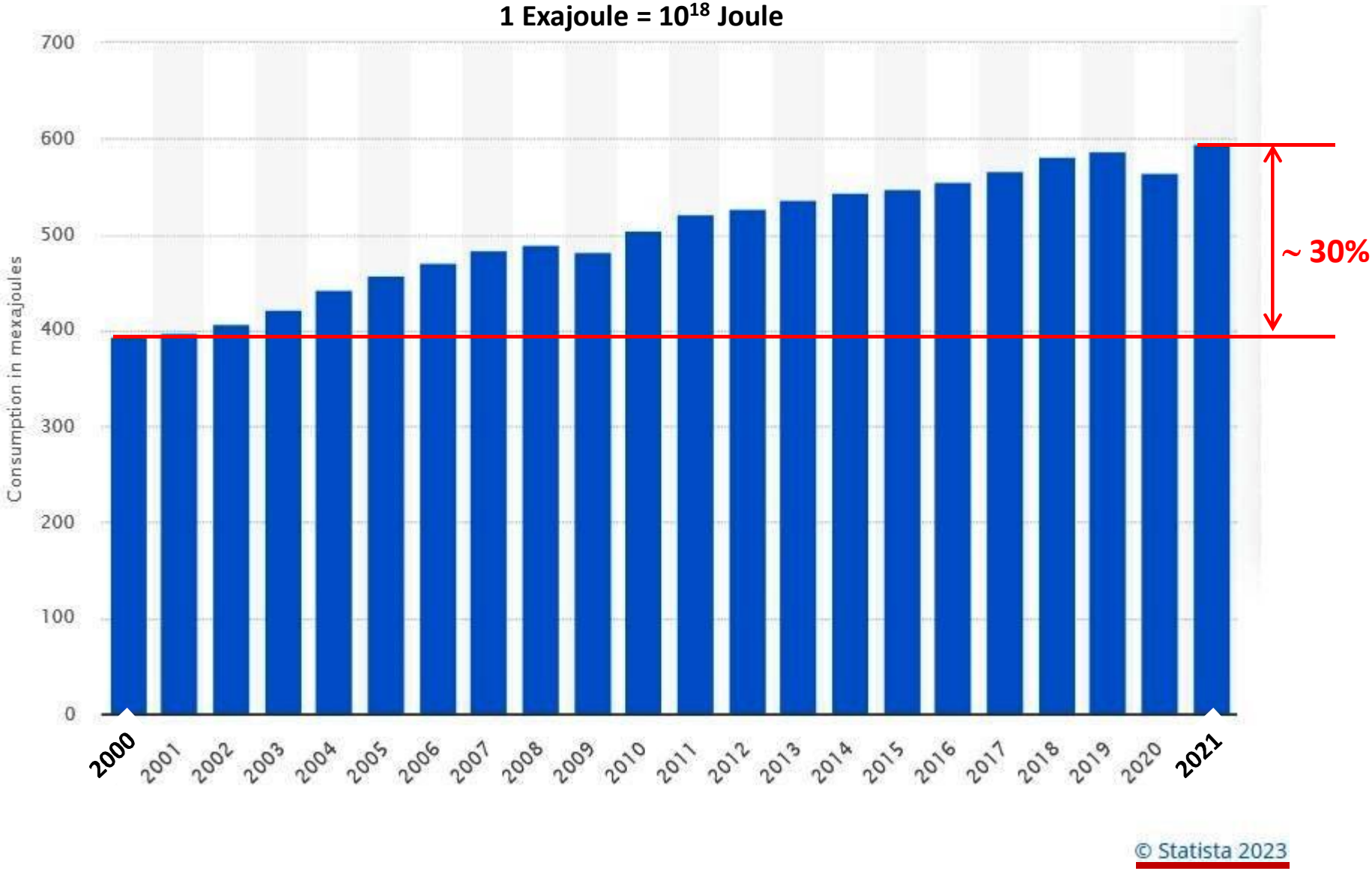
Мощность продукции/деструкции биоты ~100 ТВт,
мощность потребления человечества ~ 20 ТВт
- постоянно действующее возмущение

https://www.statista.com/statistics/265598/consumption-of-primary-energy-worldwide/

https://www.populationpyramid.net/world/2020/ https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26003563

Primary energy consumption worldwide from 2000 to 2021 in exajoules

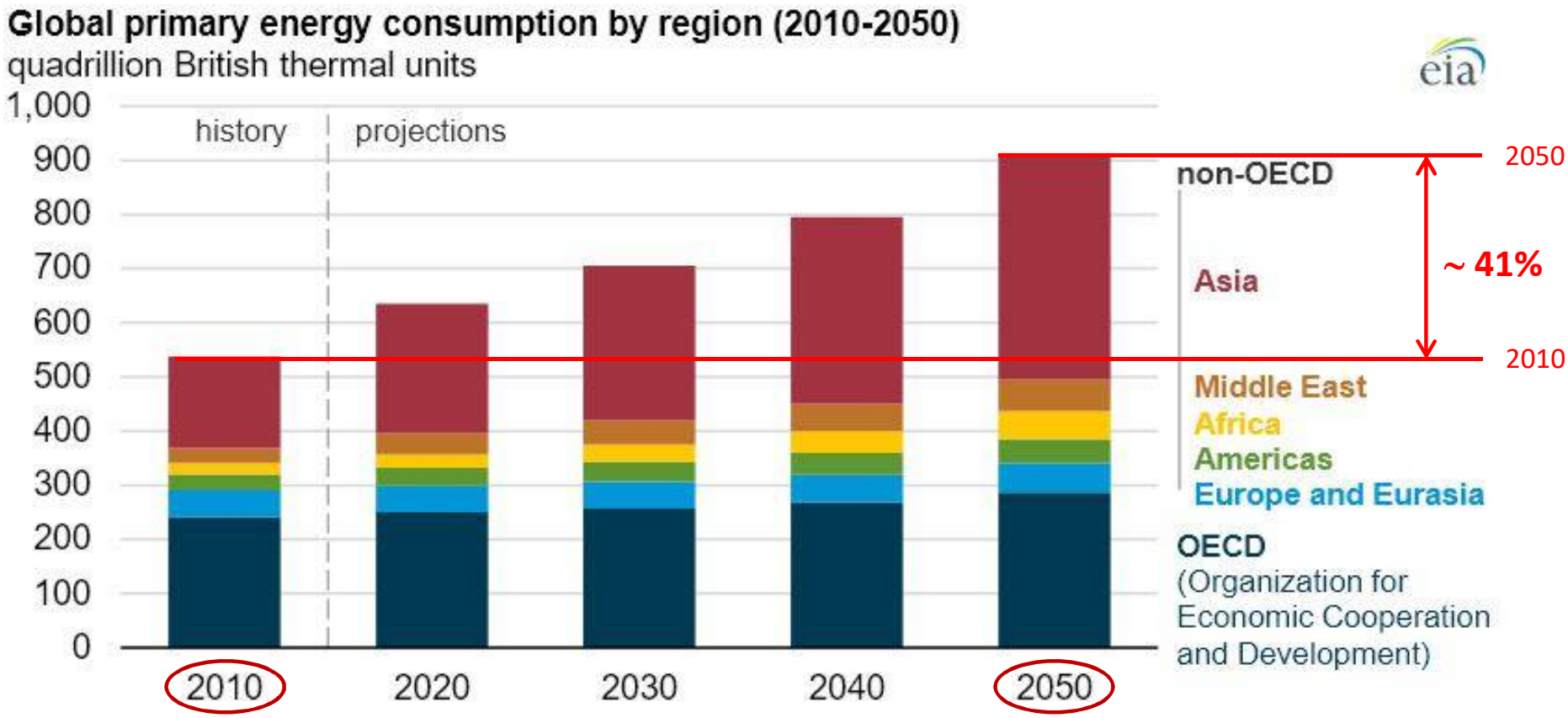
1 Exajoule = 10^{18} Joule



https://www.statista.com/statistics/265598/consumption-of-primary-energy-worldwide/

U.S. Energy Information Administration projects
> 40% increase in world energy usage by 2050, led by growth in Asia

January 3, **2020**



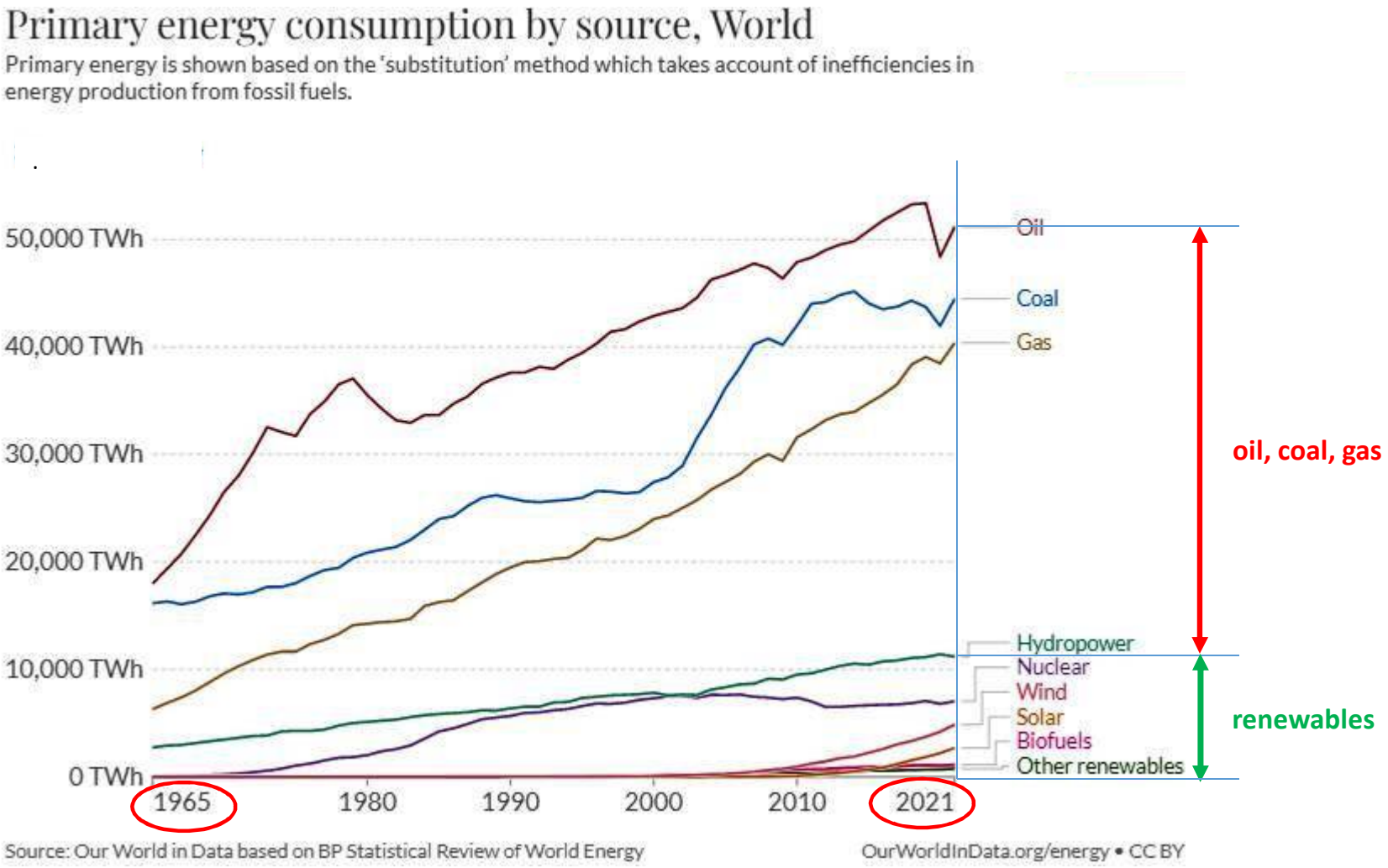
In its newly released International Energy Outlook 2019 (IEO2019) Reference case, the U.S. Energy Information Administration (EIA) projects that world energy consumption will grow by nearly 50% between 2018 and 2050. Most of this growth comes from countries that are not in the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), and this growth is focused in regions where strong economic growth is driving demand, particularly in Asia.

(Organisation for Economic Co-operation and Development - Организация экономического сотрудничества и развития)

OECD is an intergovernmental organization grouping 30 countries with democratic government systems and market economies, whose mission is to help economies to function smoothly in support of increased prosperity for all. The United States is one of 20 founding members; as the largest economy among OECD countries, it is also the largest contributor, financing just under one quarter of its annual budget.

https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=42342

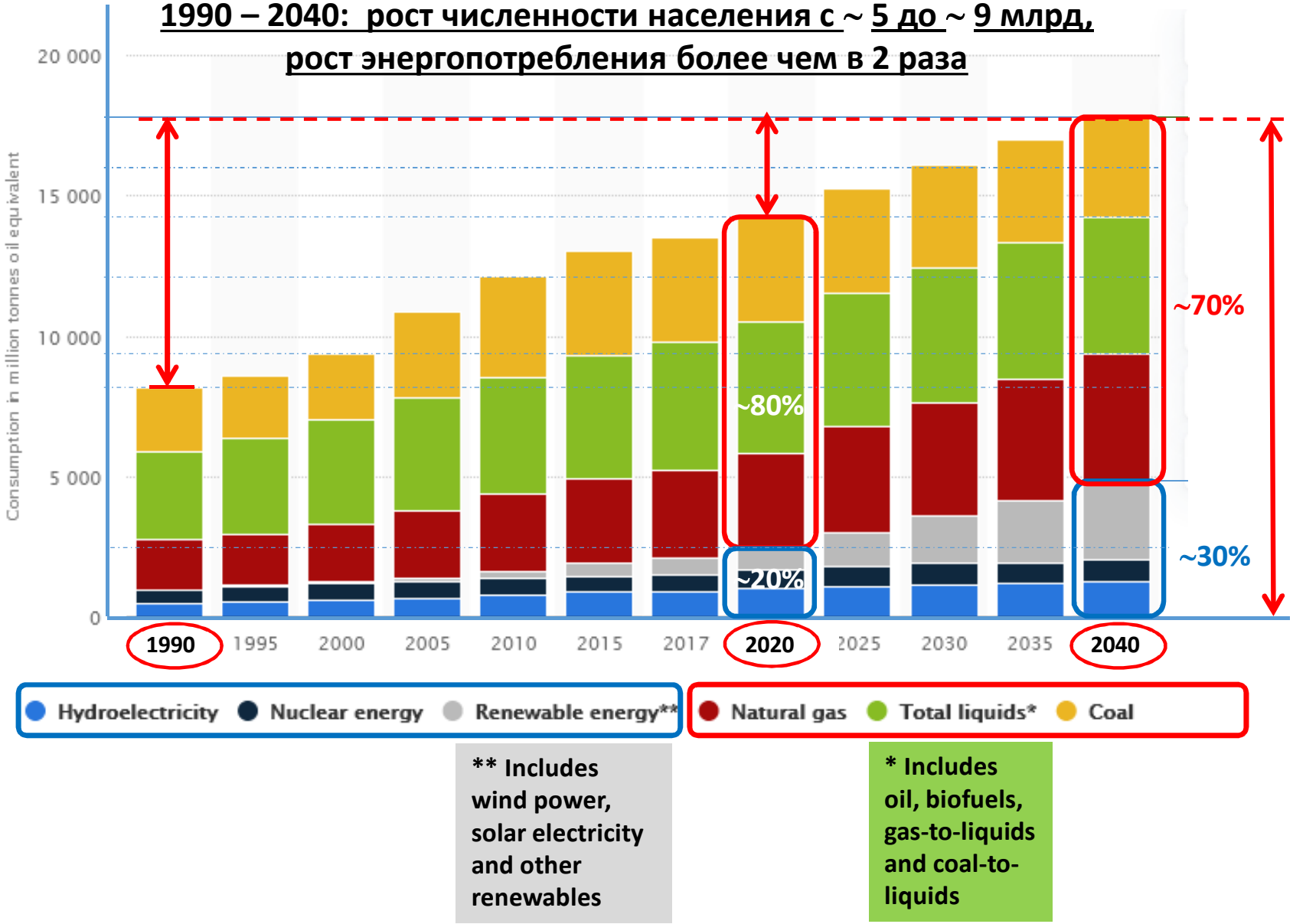
It's the total amount of fossil fuels we burn that matters – and we continue to burn more each year



Decarbonisation is happening. But not nearly fast enough. To achieve the necessary progress that matters for the climate we need to see its growth not only meet our new energy demands each year, but start displacing existing fossil fuels in the energy mix at a much faster rate.

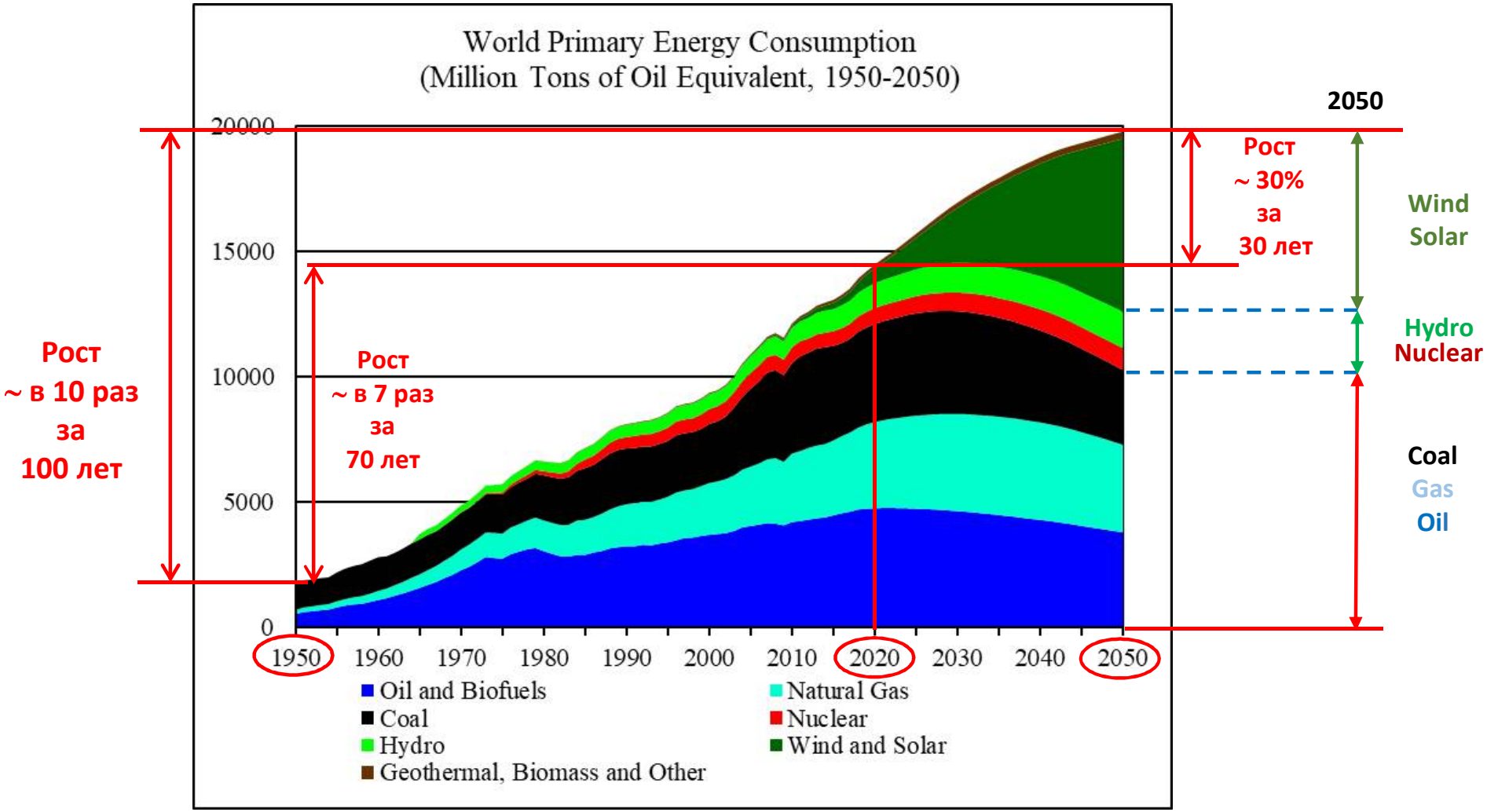
https://ourworldindata.org/energy-mix#it-s-the-total-amount-of-fossil-fuels-we-burn-that-matters-and-we-continue-to-burn-more-each-year

Projected global energy consumption from 1990 to 2040, by energy source (in million metric tons of oil equivalent) Published by T. Wang, Aug 9, 2019



https://www.statista.com/statistics/222066/projected-global-energy-consumption-by-source/

World Primary Energy Consumption, 1950 – 2050

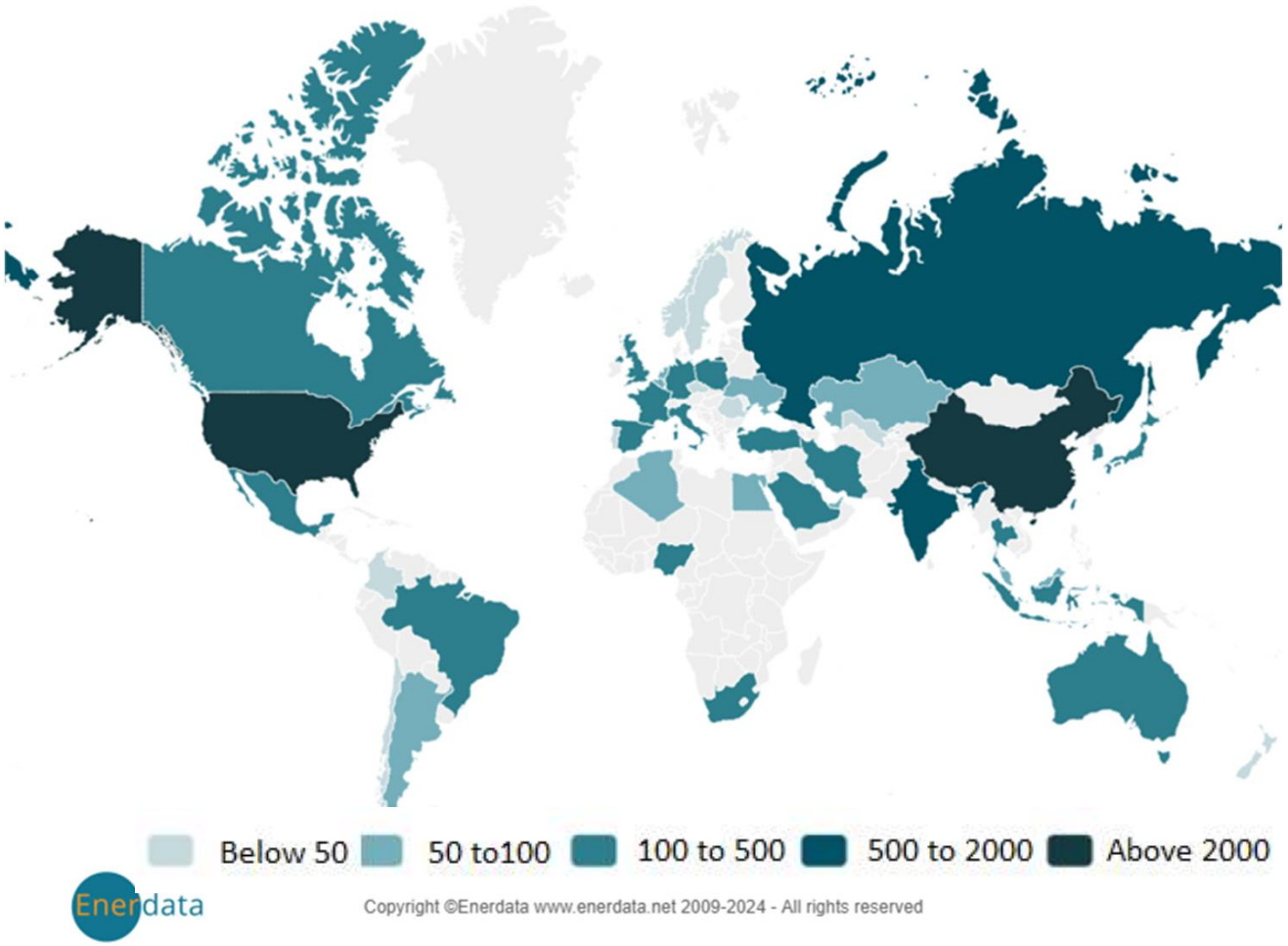


World Energy 2018-2050: World Energy Annual Report

Sources: World historical oil, natural gas, and coal consumption from 1950 to 1964 is estimated from carbon dioxide emissions (Boden, Marland, and Andres **2017**); world primary energy consumption and its composition from 1965 to 2017 is from BP (**2018**); world primary energy consumption and its composition from 2018 to 2050 is based on this report's projections.

http://peakoilbarrel.com/world-energy-2018-2050-world-energy-annual-report-part-1/

Total energy consumption 2022



China	3,801
United States	2,182
India	1,005
Russia	822
Japan	400
Brazil	308
Canada	300
South Korea	294
Indonesia	276
Iran	276
Germany	270
Saudi Arabia	254

Unit: Mtoe

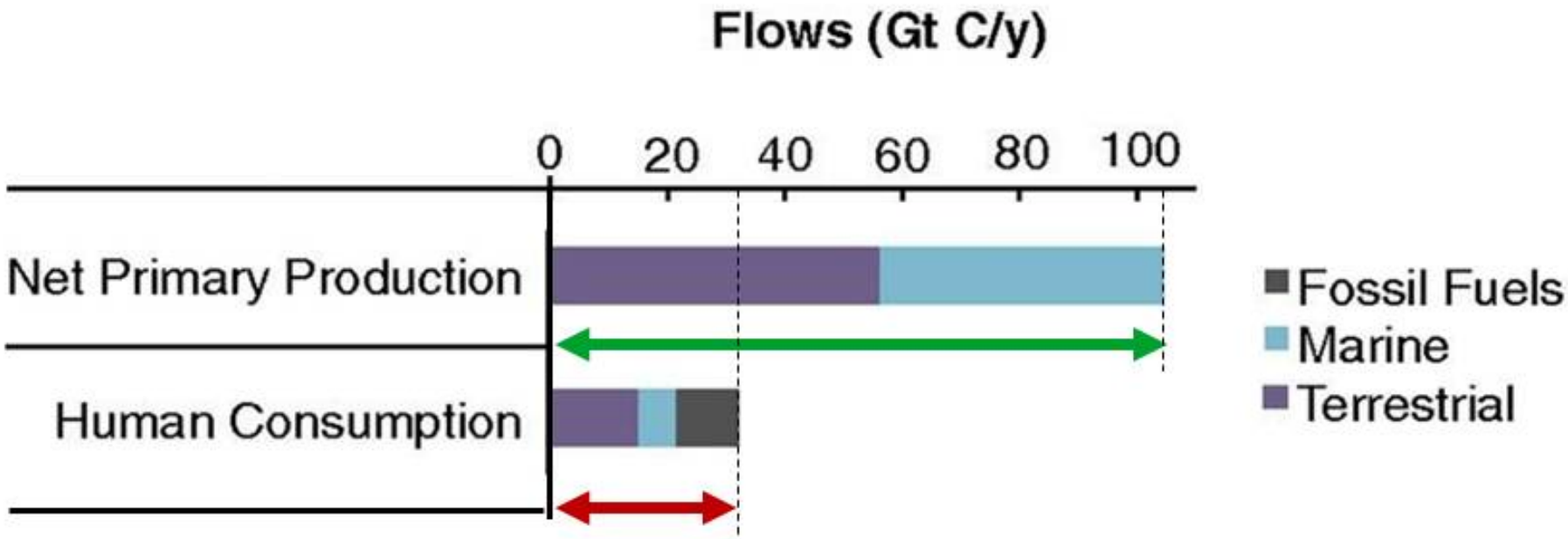
Global energy consumption growth slowed down in 2022 (+2.1%) but remained higher than its <u>average 2010-2019 growth rate (+1.4%/year).</u>

https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html

Биосферные и антропогенные потоки углерода

Comparing scales of anthropogenic carbon stocks and flows to those of the biosphere

PNAS, **2018**



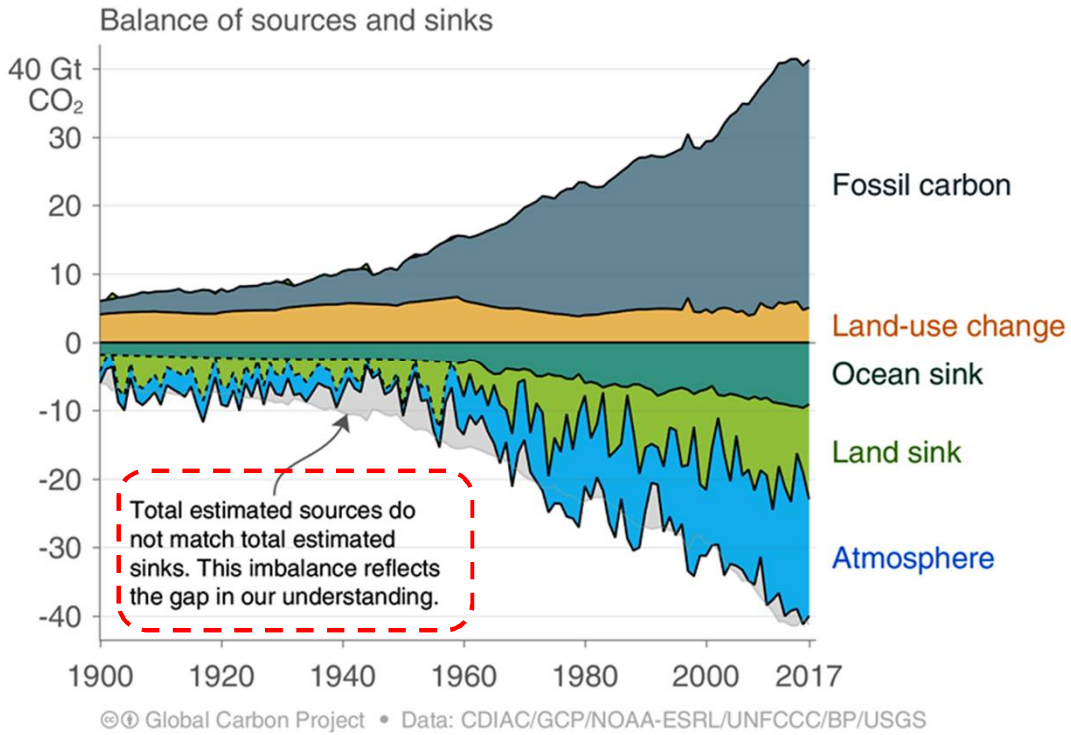
Мощность продукции/деструкции биоты ~100 ТВт,
мощность потребления человечества ~30 ТВт –
– антропогенное возмущение углеродного цикла биосферы

https://www.pnas.org/content/115/25/6328 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180091300030X?via%3Dihub

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗМУЩЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА

Выбросы (carbon sources) углерода: от промышленного сжигания ископаемого топлива (Fossil fuels) и выбросы, порождаемые землепользованием (Land use change). Стоки (carbon sinks): атмосфера, океан и стоки углерода на суше, в основном – леса и болота.

Выбросы от сжигания ископаемого топлива начались до индустриальной эры, однако они стали доминирующим источником антропогенных выбросов в атмосферу примерно с 1950 года, и их относительная доля продолжает расти в настоящее время.



https://essd.copernicus.org/articles/12/3269/2020/ https://www.earth-syst-sci-data.net/10/2141/2018/essd-10-2141-2018.html

Распределение антропогенных выбросов углерода по источникам и стокам: среднее за 2012 - 2021

Источники $E_{FOS} + E_{LUC} = G_{ATM} + S_{LAND} + S_{OCEAN}$ **Стоки**

Sources = **Sinks**



9.6 GtC/yr

88,9%



11,1%

1.2 GtC/yr

5.2 GtC/yr

46,4%



27,7%

3.1 GtC/yr



25,9%

2.9 GtC/yr



Budget Imbalance: ~3%

(the difference between estimated sources & sinks)

https://essd.copernicus.org/articles/14/4811/2022/

Пояснения к предыдущему слайду

Компоненты антропогенного возмущения бюджета CO_2 включают оценки источников и стоков ГтС/год или $ГтCO_2$/год

1 GtC = 3.664 $GtCO_2$

Источники (carbon sources) :

(1) $\boldsymbol{E_{FOS}}$ - сжигание и окисление ископаемого топлива во всех энергетических и промышленных процессах, включая производство цемента и газирование напитков (GtC yr^{-1});

(2) $\boldsymbol{E_{LUC}}$ - выбросы в результате деятельности человека на суше, включая изменения в землепользовании (GtC yr^{-1}).

Стоки (carbon sinks) :

(3) $\boldsymbol{G_{ATM}}$ - сток CO_2 в атмосферу (GtC yr^{-1});

(4) $\boldsymbol{S_{LAND}}$ - сток CO_2 на сушу (GtC yr^{-1}) ;

(5) $\boldsymbol{S_{OCEAN}}$ - сток CO_2 в океан (GtC yr^{-1}).

Глобальные выбросы и их распределение между стоками - атмосферой, сушей и океаном в стационарном состоянии должны быть сбалансированы (Sources = Sinks).
Оценка несбалансированности бюджета обозначена $\boldsymbol{B_{IM}}$.
Полный глобальный углеродный баланс может быть представлен следующим образом:

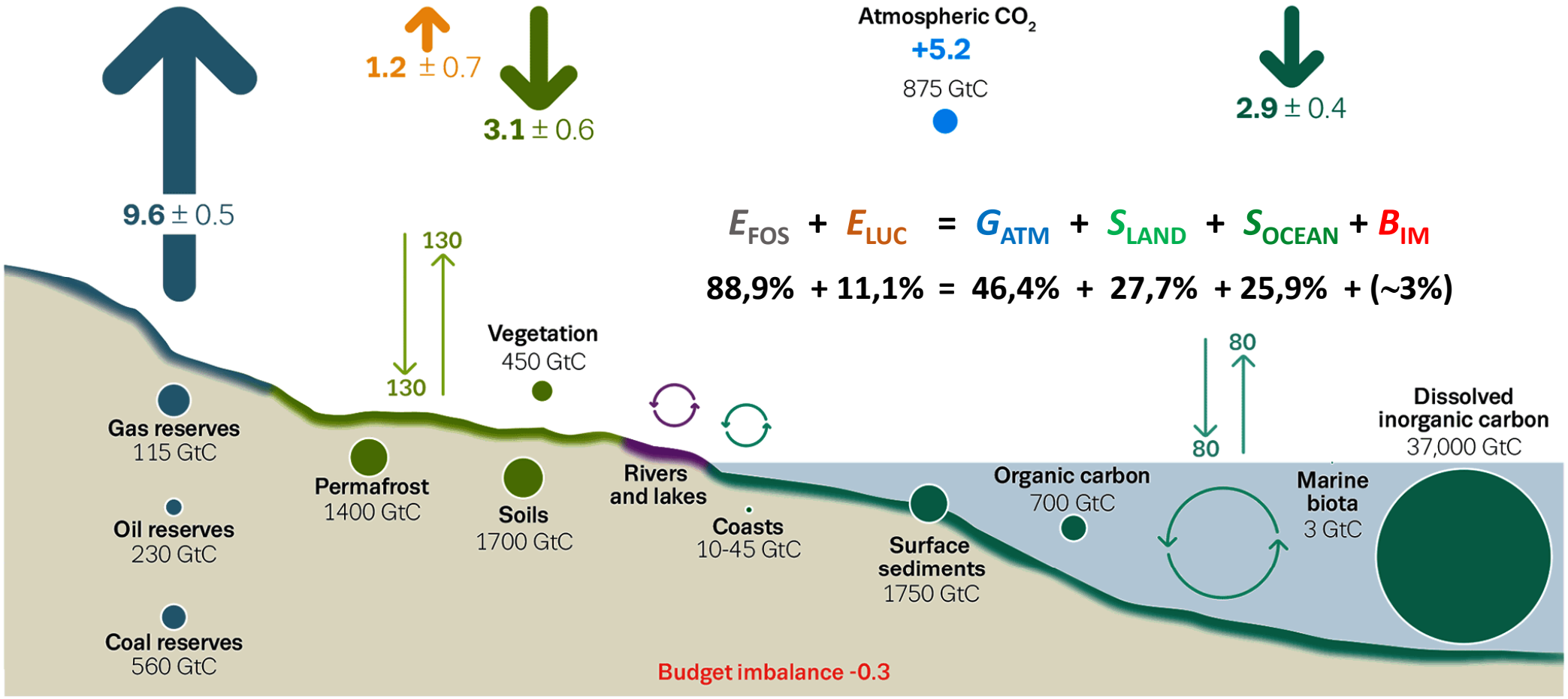
$$\boldsymbol{E_{FOS} + E_{LUC} = G_{ATM} + S_{LAND} + S_{OCEAN} + B_{IM}}$$

The carbon budget imbalance (B_{IM}) quantifies the mismatch between the estimated total emissions and the estimated changes in the atmosphere, land, and ocean reservoirs.

https://www.researchgate.net/publication/330359670_Forests_and_the_climate https://essd.copernicus.org/articles/12/3269/2020/

Глобальный цикл углерода и антропогенное возмущение (ГтС/год), усредненное за десятилетие 2012 – 2021

Global Carbon Cycle and schematic representation of the overall perturbation of the global carbon cycle caused by anthropogenic activities
averaged globally for the decade 2012 – 2021 (**1 GtC = 3.664 $GtCO_2$**)



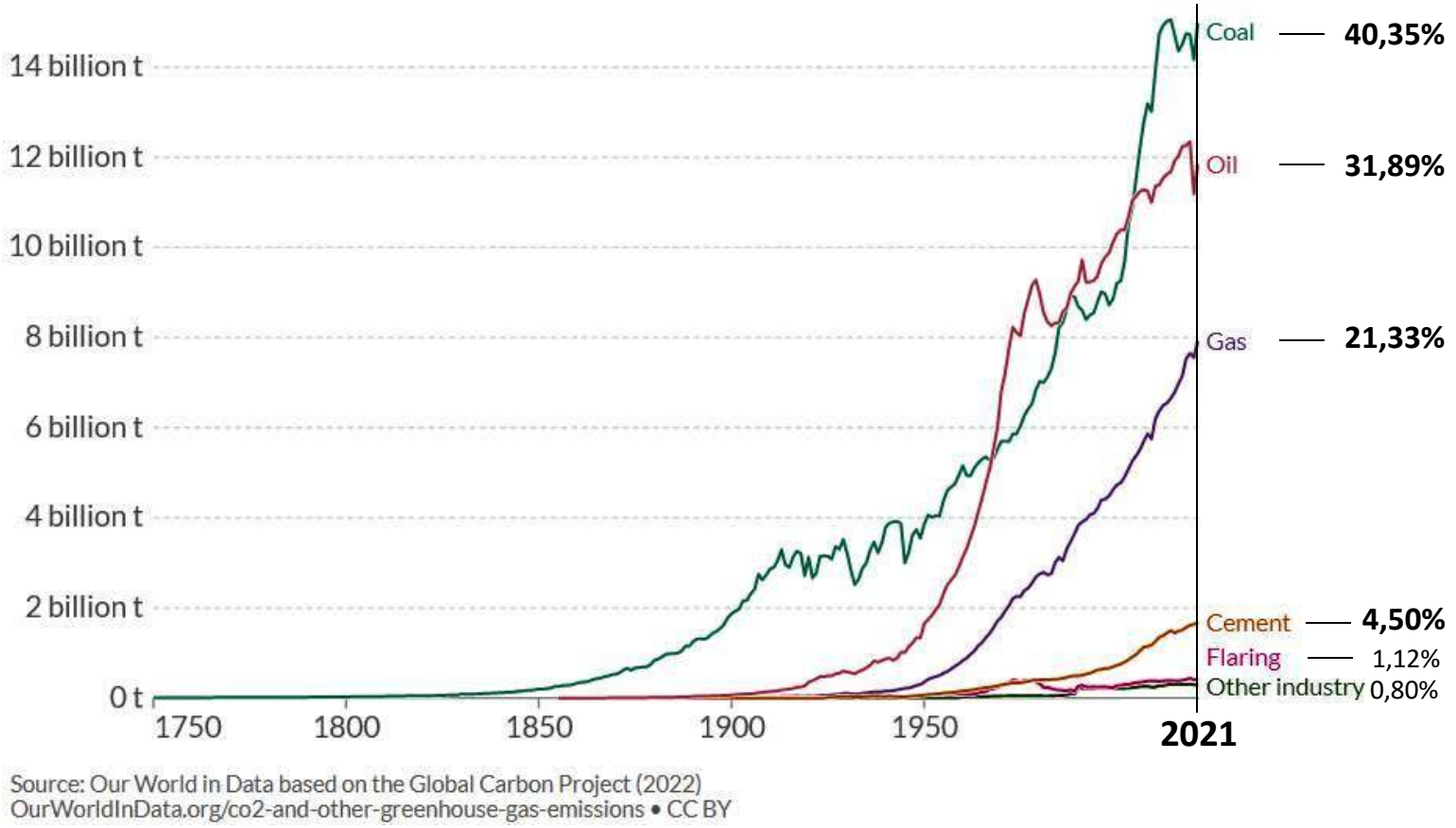
Anthropogenic fluxes 2012–2021 average GtC per year

- **Fossil CO_2 E_{FOS}**
- **Land use change E_{LUC}**
- **Atmospheric increase G_{ATM}**
- **Carbon cycling GtC per year**
- **Land uptake S_{LAND}**
- **Ocean uptake S_{OCEAN}**
- **Budget Imbalance B_{IM}**
- **Stocks GtC**

https://essd.copernicus.org/articles/14/4811/2022/

Распределение эмиссии CO_2 в мире по источникам: уголь, нефть, газ, производство цемента, 1750 - 2021

Global CO_2 emissions from fossil fuels and land use change, World



Comprehensive carbon stock and flow accounting: Stock Changes Since 1850

Over the period 1850 to 2000, humans have caused about 275 Gt of carbon emissions from fossil fuel use and cement production.

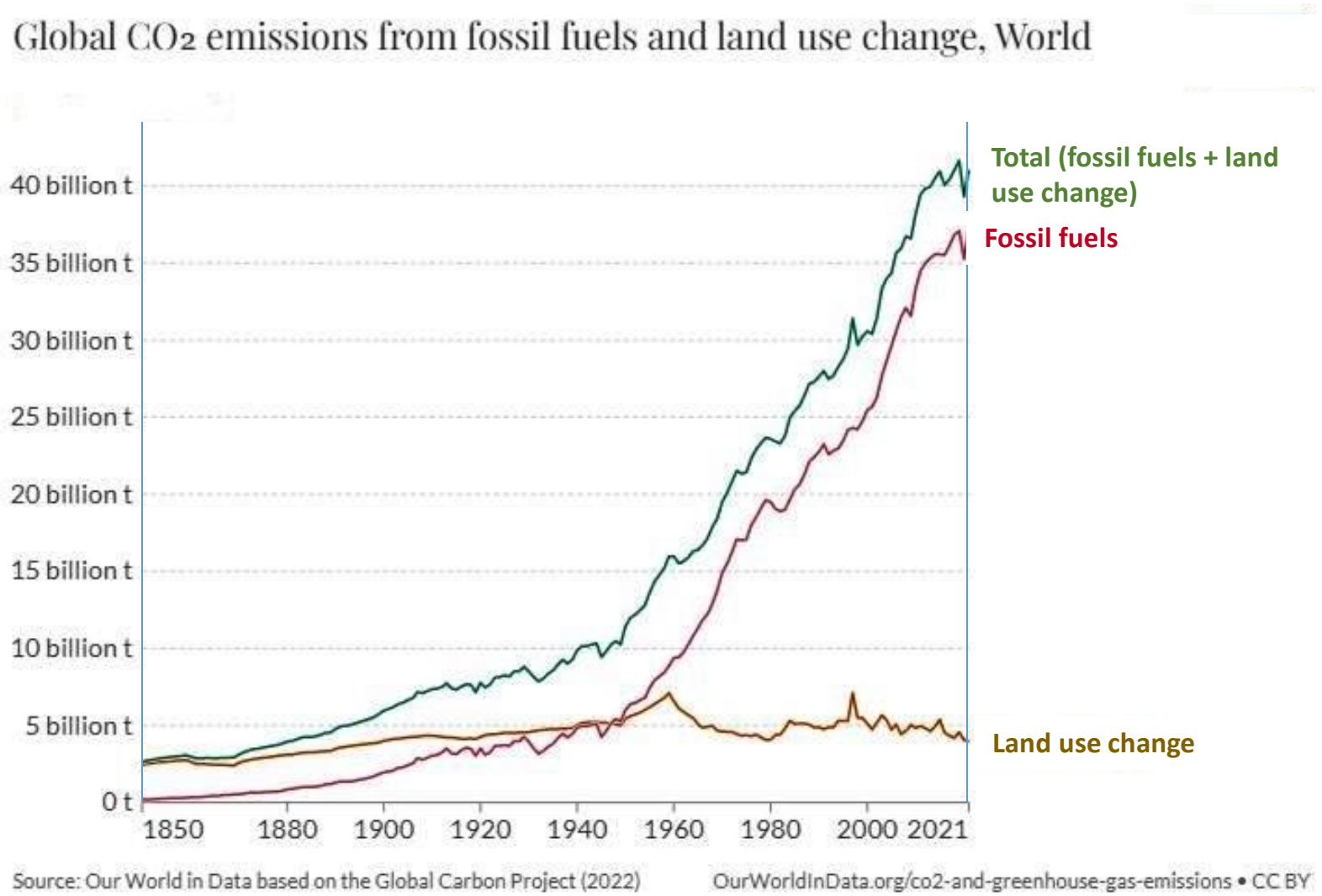
Ecological Economics Volume 89, May 2013, Pages 61-72

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180091300030X?via%3Dihub

https://ourworldindata.org/energy-overview

https://ourworldindata.org/grapher/co2-emissions-by-fuel-line

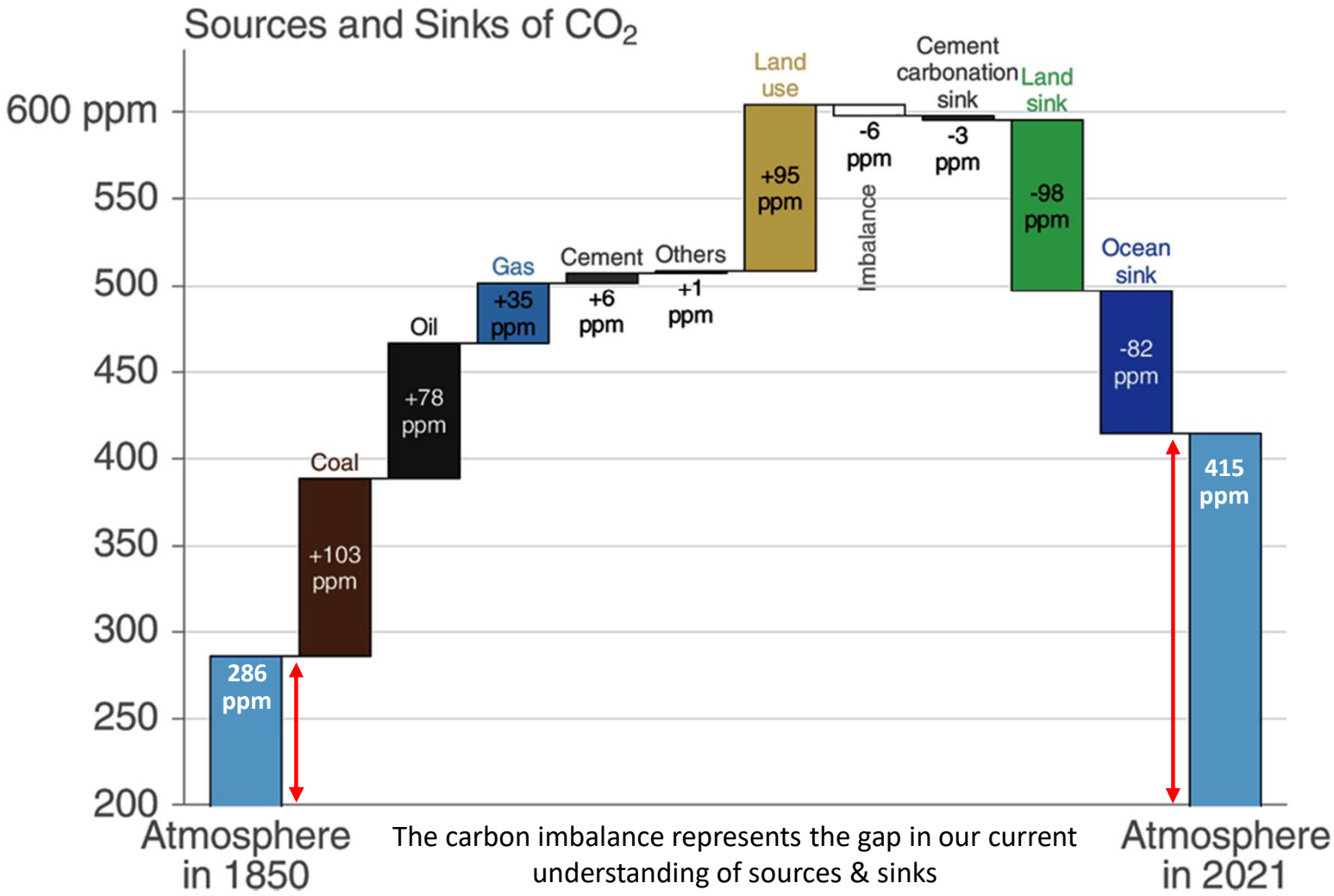
The Global Carbon Budget now has estimates of land use emissions for all countries



https://ourworldindata.org/co2-data-update-2022

Кумулятивные (накопительные) вклады в глобальный углеродный бюджет 1850 - 2021

The cumulative contributions to the global carbon budget from 1850



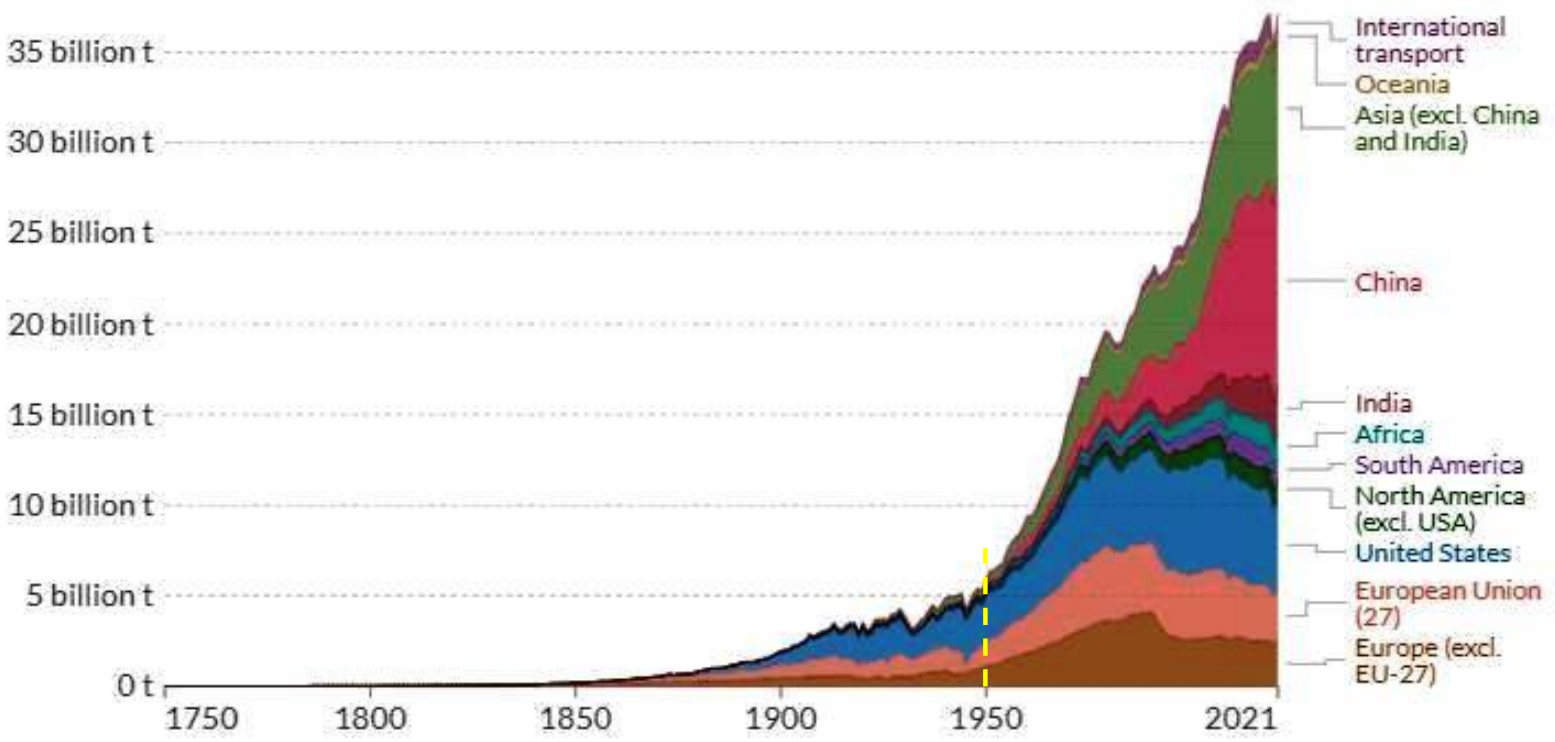
Замечание **После укладки бетон поглощает CO_2 из атмосферы в течение своего срока службы в процессе карбонизации (нейтрализации) бетона : $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$. Этот процесс приводит к утрате пассивирующего действия бетона на стальную арматуру, ее коррозии, деформации поверхности и снижению несущей способности сооружения. При этом поглощение CO_2 не уравновешивает выбросы, выделяемые при производстве цемента. Создан бетон, эффективно поглощающий углекислый газ из воздуха (techinsider.ru).**

http://www.alobuild.ru/betony/beton_i_zhelezobeton_1969/kinetika-karbonizacii.php

Source: Friedlingstein et al 2022; Global Carbon Project 2022 https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/22/presentation.htm

Annual CO_2 emissions by world region

This measures fossil fuel and industry emissions. Land use not included



We see that until well into the 20th century, global emissions were dominated by Europe and the United States. In 1900, more than 90% of emissions were produced in Europe or the US; even by 1950, they accounted for more than 85% of emissions each year.

But in recent decades this has changed significantly.

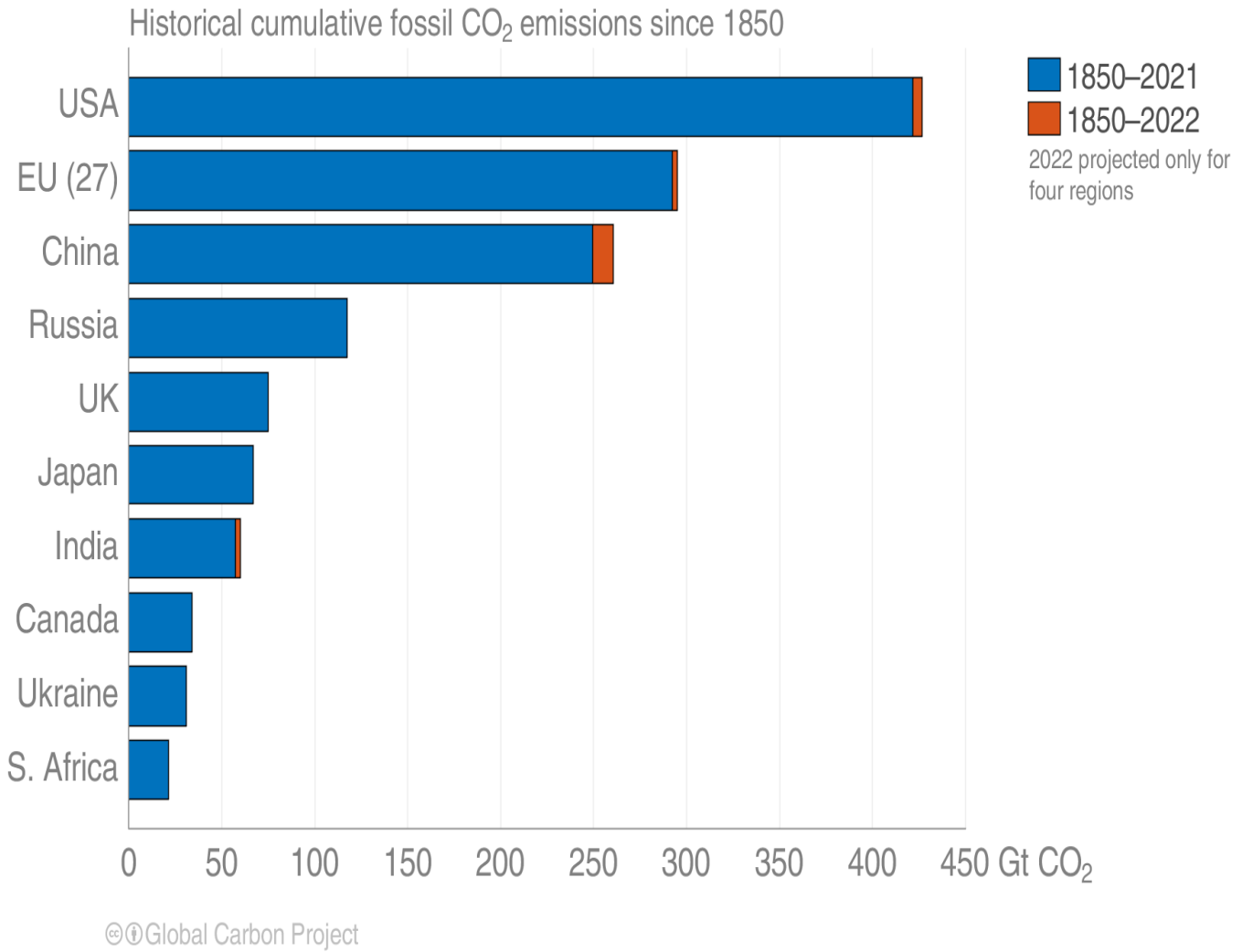
In the second half of the 20th century we see a significant rise in emissions in the rest of the world, particularly across Asia, and most notably, China.

The US and Europe now account for just under one-third of emissions.

https://ourworldindata.org/co2-emissions#global-co2-emissions-from-fossil-fuels-and-land-use-change

Historical cumulative fossil CO_2 emissions 1850 - 2021

The USA and EU have the highest accumulated fossil CO_2 emissions since 1850, but China is not far behind

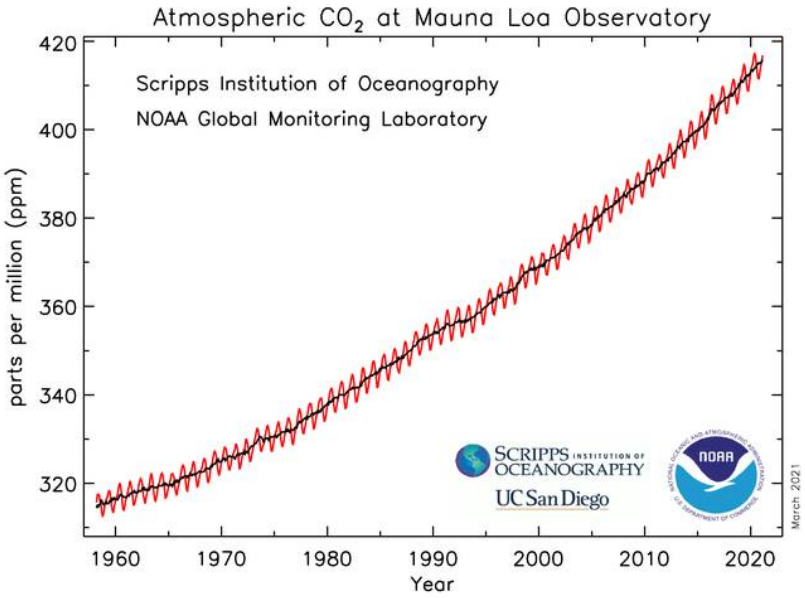


Calculated using territorial emissions.

Source: Friedlingstein et al 2022; Global Carbon Project 2022

ДИНАМИКА ЭМИССИИ CO_2 И ДРУГИХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (GHG)

The Keeling Curve, Monthly Average Mauna Loa CO_2



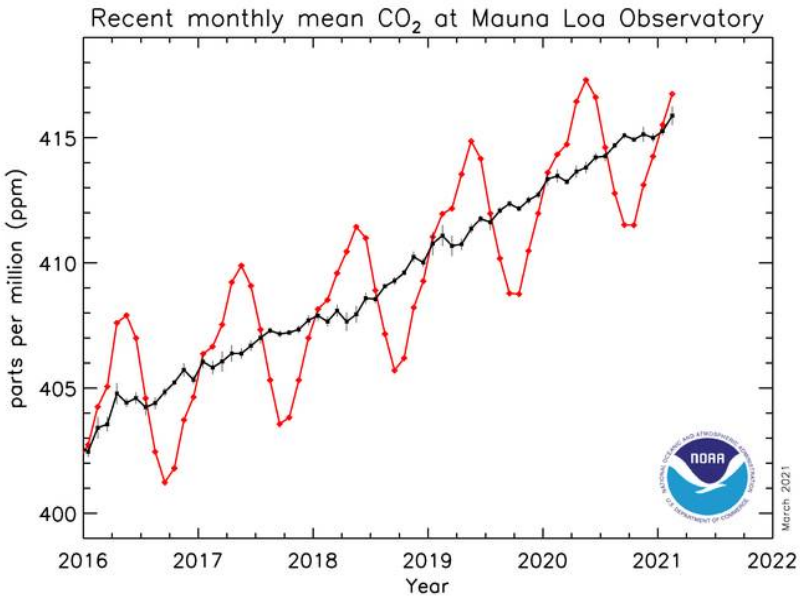


График Килинга описывает изменения концентрации атмосферного углекислого газа. Под руководством Чарльза Килинга в Институте Океанографии Скриппса (*Scripps Institution of Oceanography*), в 1958 году в обсерватории на горе Мауна-Лоа (Гавайи) были начаты непрерывные измерения. Эти измерения показывают устойчивый рост средней концентрации атмосферного CO_2 с 315 ppmv (0,0315 %) в 1958 году до 403,94 ppmv (0,040394%) в мае 2015 года. Правый график: циклические изменения амплитудой 5 ppmv и периодом в один год соответствуют сезонному потреблению углекислого газа растительностью континентов Северного полушария.

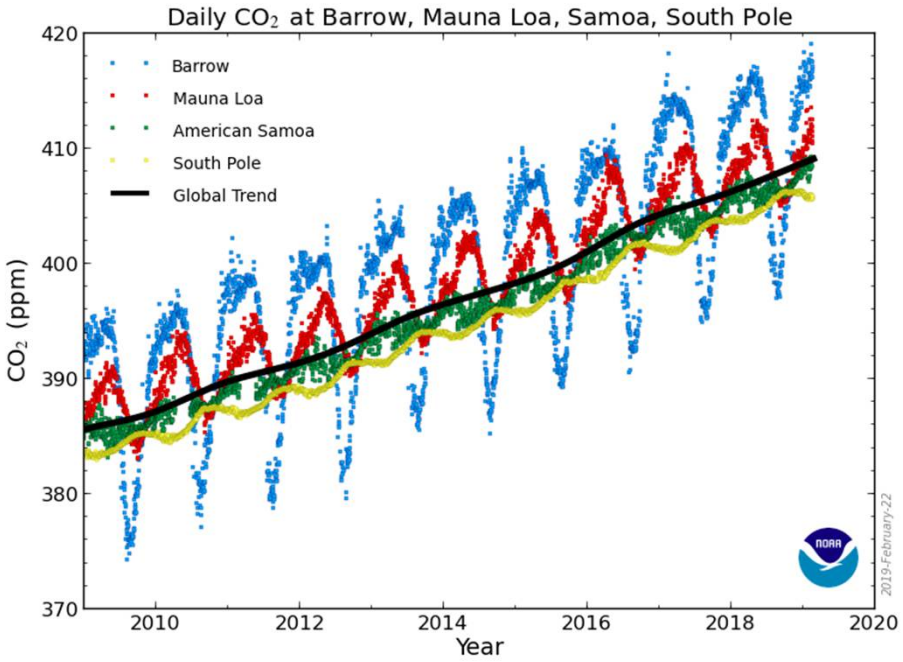


Гавайи, район вулкана Мауна-Лоа

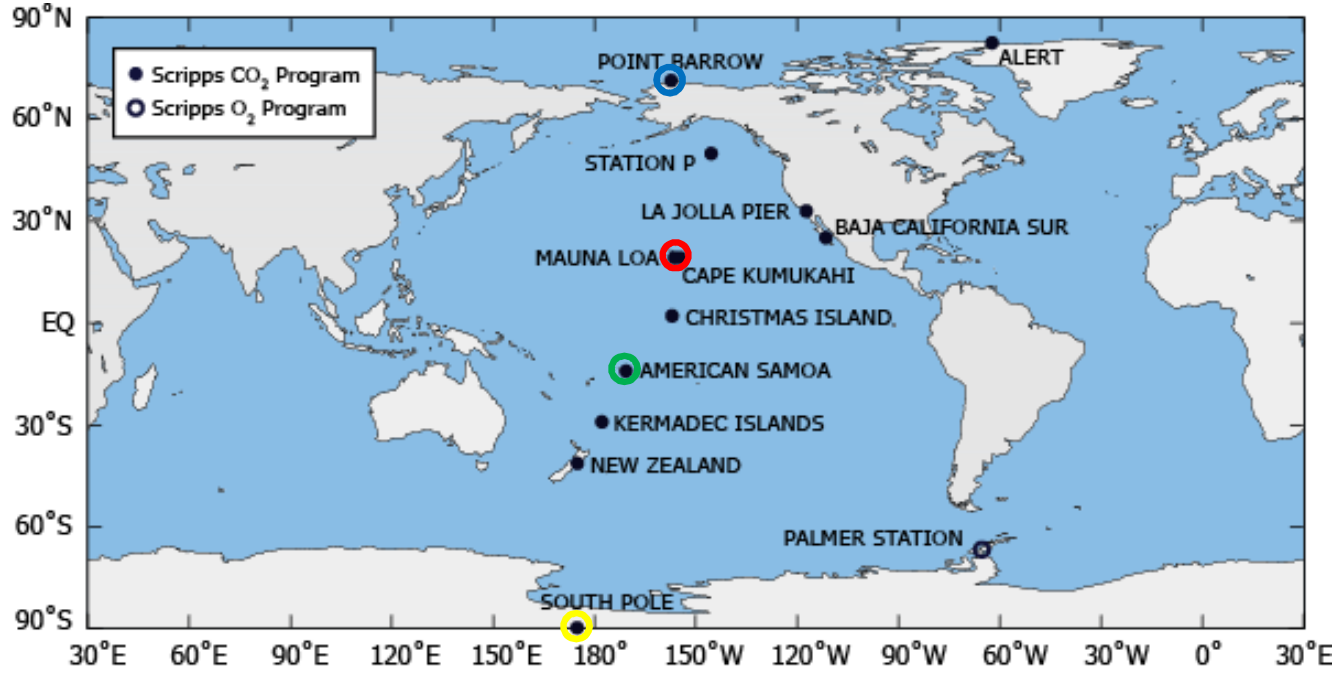
http://scrippsco2.ucsd.edu/ https://www.co2.earth/daily-co2

https://assets.climatecentral.org/images/made/2018NCA_TempCO2_UPDATED_900_506_s_c1_c_c.jpg https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/

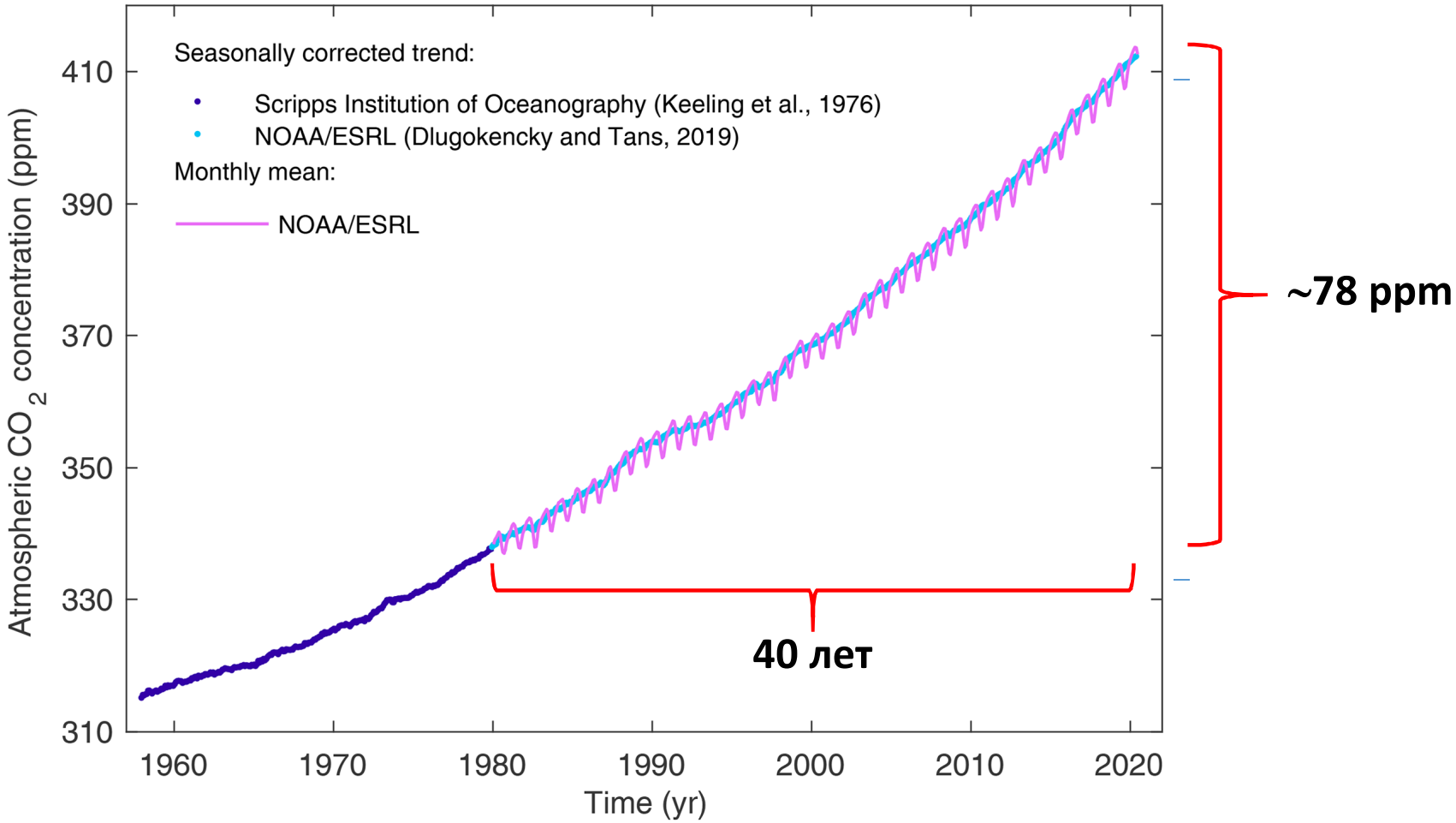
Atmospheric CO_2 Data
Sampling Station Records



Среднесуточная концентрация атмосферного CO_2, зарегистрированная в четырех базовых обсерваториях NOAA: Барроу, Аляска (синий цвет), Мауна-Лоа, Гавайи (красный цвет), Американское Самоа (зеленый цвет) и Южный полюс Антарктида (желтый цвет). **Толстая черная линия представляет среднее значение сглаженных кривых для каждого ряда данных (исключены сезонные колебания). Эта линия тренда является хорошей оценкой глобальных средних уровней CO_2.**



https://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/ https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/gl_trend.html http://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric_co2/sampling_stations



В среднем за период 1980 - 2020 ≈ 1,95 ppm/год
(для сравнения, за 1958 - 2017 ≈ 1,6 ppm/год).

Mar. 24, 2023 = 420.82 ppm
Mar. 24, 2022 = 417.98 ppm
1 Year Change 2.84 ppm (0.68%)

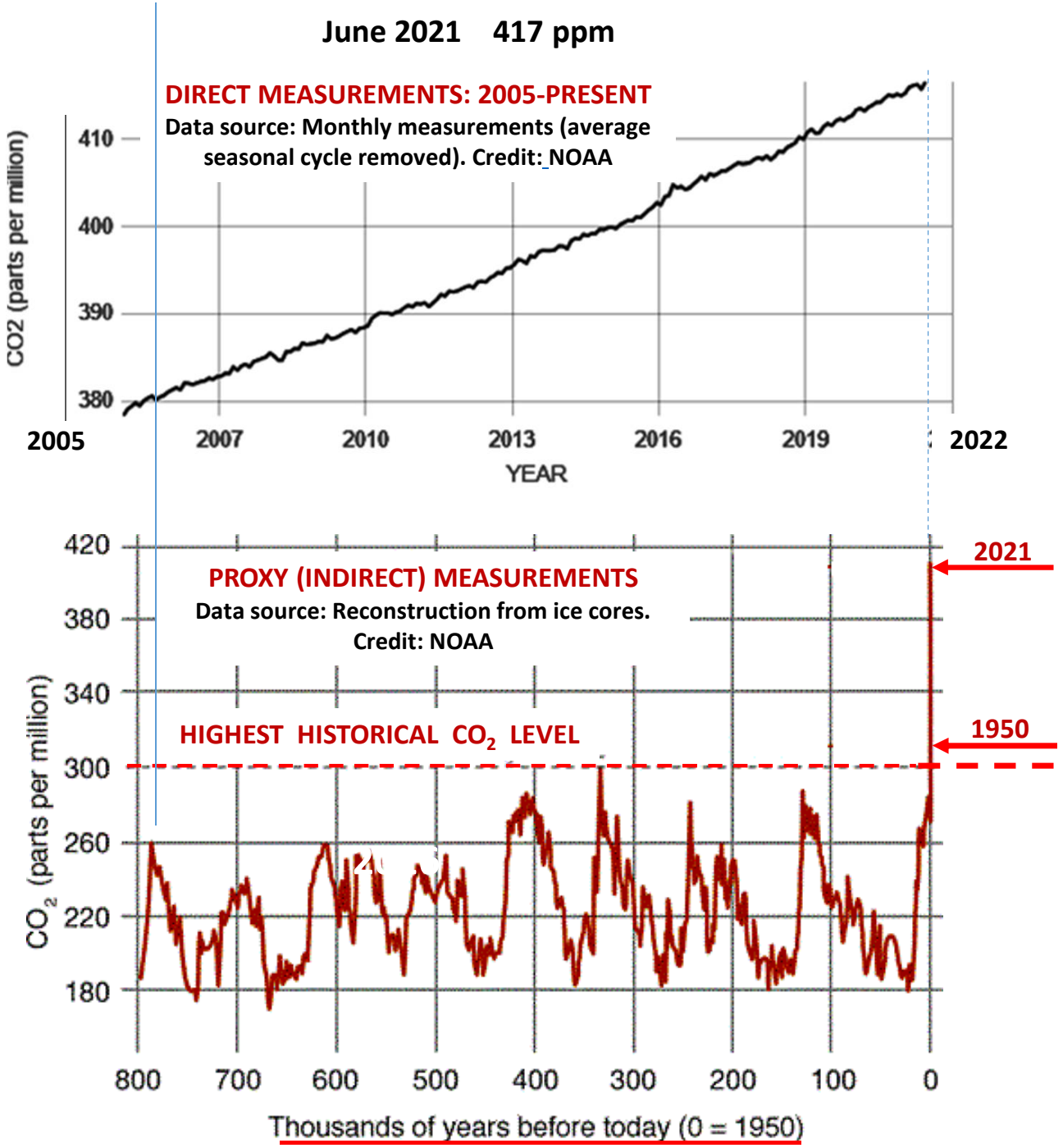
Mar. 24, 2024 = 426.35 ppm
Mar. 24, 2023 = 420.82 ppm
1 Year Change 5.53 ppm (1.31%)

https://www.co2.earth/daily-co2

https://essd.copernicus.org/articles/12/3269/**2020**/

Carbon Dioxide

June 2021 417 ppm



https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/

Изменение концентрации парниковых газов в атмосфере в течение последних 2000 лет

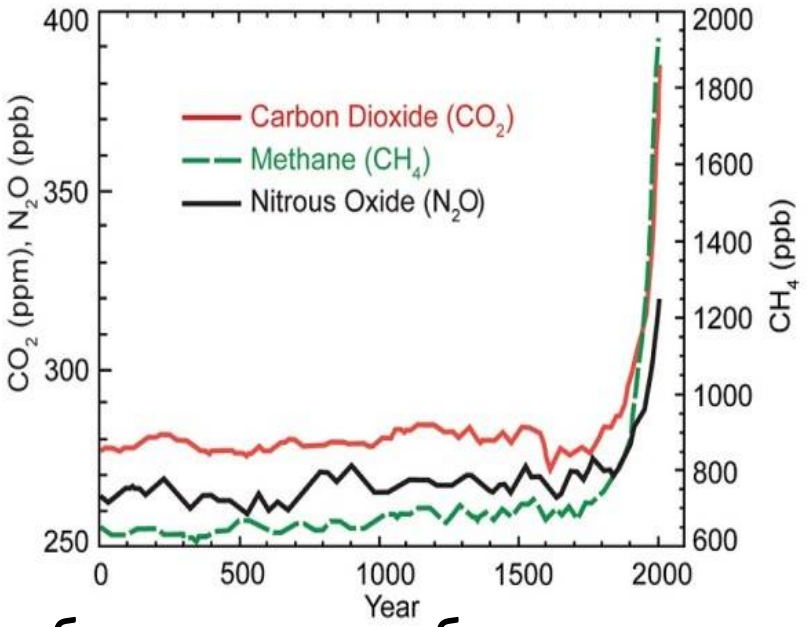


График показывает стремительное увеличение концентрации парниковых газов с 1750 года (с начала индустриальной эпохи). Концентрации приведены в единицах: *частей на миллион* (ppm) или *частей на миллиард* (parts per billion, ppb), указывающих *число молекул парникового газа на миллион или миллиард молекул воздуха*.

Доли в общемировых выбросах:

1. **CO_2 — 76% (углекислый газ),**
2. **CH_4 — 16% (метан),**
3. **N_2O (закись азота) — 6% ,**
4. **Ф-газы (фторсодержащие) — 2%.**

Изменения естественных источников CH_4 и N_2O (болота, водные экосистемы, океан, животные и др.) невелики. За последние 10 тыс. лет для этих двух газов изменения составили 25% и 3%, что гораздо меньше резкого роста от деятельности человека за последние 250 лет, когда концентрация CH_4 возросла в 2,5 раза, а N_2O на 20%.

Фторсодержащие газы (Ф-газы) - содержащие фтор газы искусственного происхождения используются в качестве хладагентов, вспенивателей, изолирующих сред, пожаротушащих веществ. Могут оставаться в атмосфере столетиями, способствуя парниковому эффекту. Озоноразрушающие фторуглероды (ХФУ, ГидроХФУ) обычно не включают в группу Ф-газов, что не совсем верно, так как они также содержат фтор и обладают значительным парниковым действием.

https://www.wwf.ru/ https://www.ozoneprogram.ru/temy/ftorsoderzhashhie_gazi/ Source: USGCRP (2009)

Коэффициенты пересчета парникового эффекта, вызываемого различными газами, в единицы CO_2 - эквивалента

Сравниваются эффекты от выбросов 1 т того или иного вещества за 100 лет.

Потенциал глобального потепления ПГП . [ГОСТ Р ИСО 14064-1-2007, пункт 2.19] Global warming potential (GWP) describes impact of each gas

Парниковый газ		Время нахождения в атмосфере, лет	Коэффициент (т газа / т CO_2) при расчете парникового эффекта за 100 лет
Двуокись углерода Carbon dioxide	CO_2	Примерно 100	1
Метан Methane	CH_4	9 –15	21
Оксид азота Nitrous oxide	N_2O	120	310
Хлорфторуглероды Chlorofluorocarbons	CFCs		
HFC-134a		15	1300
SF_6		3200	23 900
CF_4		50 000	6500
C_2F_6		10 000	9200

https://www.epa.gov/climateleadership/atmospheric-lifetime-and-global-warming-potential-defined

https://ecolog-info.ru/topic/2153/ https://www.wwf.ru/data/publ/climate/school_book/book1/vyp1-pril_1.doc http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

Коэффициенты пересчета парникового эффекта, вызываемого различными газами, в единицы CO_2 - эквивалента

пояснение к таблице на предыдущем слайде

В таблице на предыдущем слайде приведены коэффициенты пересчета для газов, которые характеризуются наибольшим антропогенным вкладом в парниковый эффект (CO_2, CH_4 и N_2O), и для некоторых газов, синтезированных человеком и наиболее широко используемых. Это газы HFC-134a (применяется в стационарных и автомобильных кондиционерах) и SF_6 (гексафторид серы, другое название — элегаз), используемый в электротехнике и промышленности. Также в атмосферу попадает много CF_4 и C_2F_6, которые образуются в процессе выплавки алюминия. Полный список газов велик и постоянно дополняется, для разных целей синтезируются все новые газы. Их выбросы в атмосферу малы, но эффект от тонны таких газов, как правило, в тысячи раз больше, чем от тонны CO_2. В атмосфере они находятся многие тысячи лет, так как очень медленно разлагаются и мало поглощаются океаном.

CO_2 находится в атмосфере ~ 100 лет, CH_4 ~10 –15 лет, а SF_6 ~ 3200 лет.

Попавшая в атмосферу одна тонна CO_2 за столетие будет поглощена океаном или наземными экосистемами, а тонна SF_6 будет там находиться более 3 тыс. лет. Поэтому действие газов зависит от того, за какой промежуток времени рассчитывается суммарный эффект. Знания о процессах в атмосфере совершенствуются и коэффициенты пересчета корректируются. Для расчета суммарного воздействия в настоящее время принято использовать, коэффициенты для среднего эффекта за 100 лет.

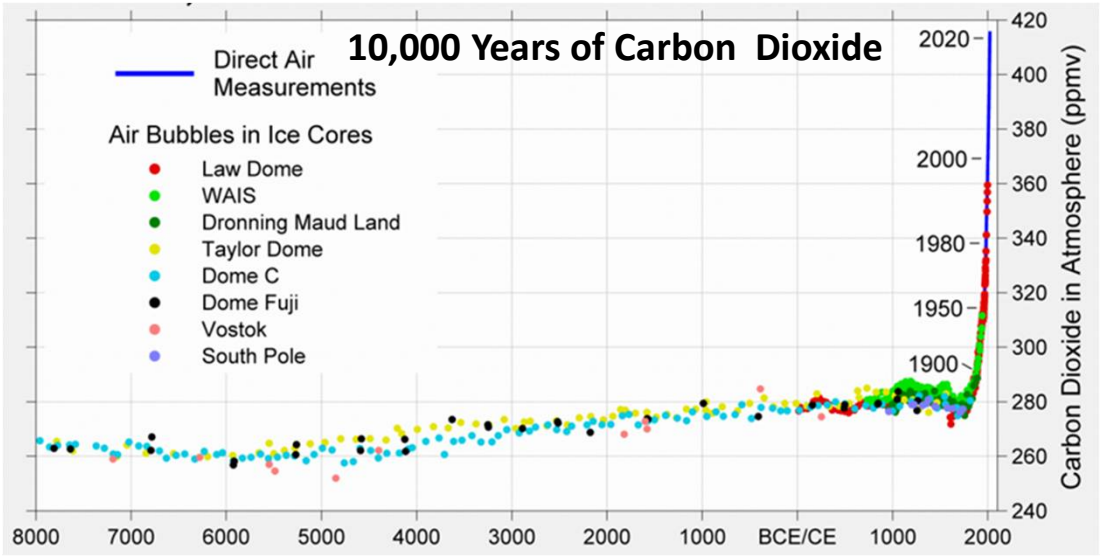
[ГОСТ Р ИСО 14064-1-2007] НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ГАЗЫ ПАРНИКОВЫЕ. **За единицу принят эффект от CO2, выбросы остальных газов умножаются на определенные коэффициенты глобального потепления (ПГП). При этом принято, что берутся ПГП с так называемым 100 летним горизонтом осреднения: сравниваются эффекты от выбросов 1 т того или иного вещества за 100 лет. Для метана ПГП равен 21, для закиси азота — 310, для SF6 — 23900. Это означает, что выброс 1 т. метана эквивалентен выбросу 21 т CO2.**

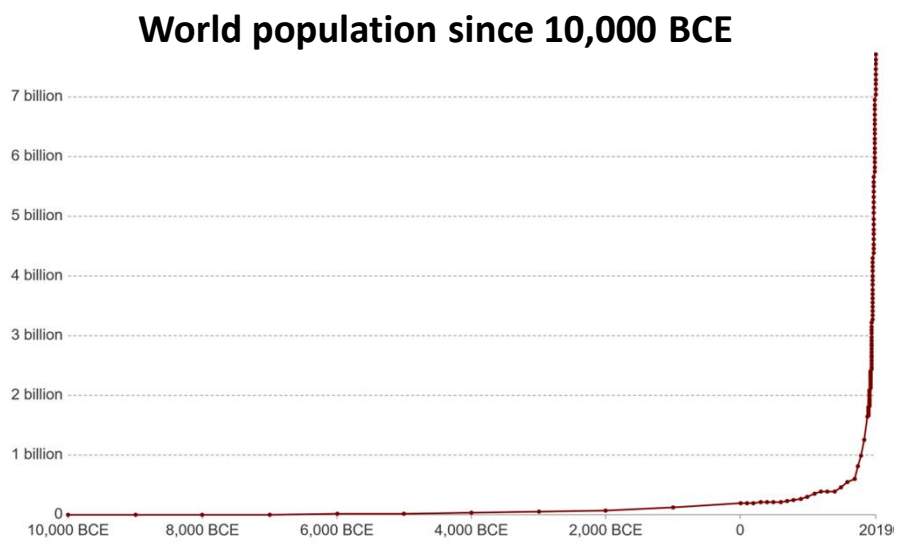
Гексафторид серы (элегаз) обладает высокими электроизолирующими и дугогасящими свойствами, высоким напряжением пробоя, при этом практически инертен.

https://www.wwf.ru/data/publ/climate/school_book/book1/vyp1-pril_1.doc http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

Концентрация углекислого газа в атмосфере выросла с 280 ppm до более, чем 400 ppm (частей на миллион)

Этот рост практически полностью объясняется человеческой деятельностью в последние 150 - 200 лет





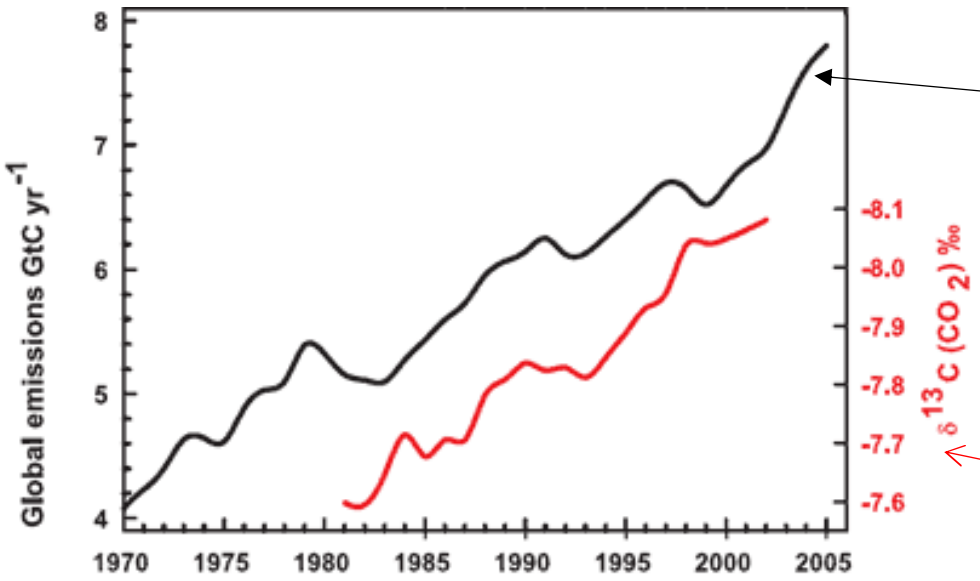
Тщательный учет количества добытого и сожженного ископаемого топлива и суммарных масштабов землепользования показывает, что при этом произведено гораздо больше CO_2, чем наблюдается в настоящее время в атмосфере. Объясняется это действием "стоков" углерода в океан и на суше. Однако человечество производит CO_2 быстрее, чем биосфера может поглощать, что и объясняет *наблюдаемый* рост концентрации атмосферного CO_2.

https://skepticalscience.com/print.php?r=109

http://berkeleyearth.org/dv/10000-years-of-carbon-dioxide/

https://ourworldindata.org/grapher/world-population-since-10000-bce-ourworldindata-series

Другое (*независимое*) доказательство того, что сжигание ископаемого топлива и землепользование ответственны за увеличение CO_2 в атмосфере за последние 150 лет - это измерение соотношения изотопов углерода в атмосфере. Суть в том, что CO_2, образующийся в результате сжигания ископаемого топлива или сжигания древесины, имеет иной изотопный состав, чем CO_2 атмосферы. Это связано с тем, что растения предпочитают более легкие изотопы (^{12}C против ^{13}C). Поскольку ископаемые виды топлива в конечном итоге образовались из древних растений, они имеют примерно такое же, как в растениях соотношение $^{13}C/^{12}C$ - примерно на 2% ниже, чем в атмосфере. По мере того как CO_2 из этих источников смешивается с атмосферным CO_2, среднее отношение $^{13}C/^{12}C$ в атмосфере уменьшается.



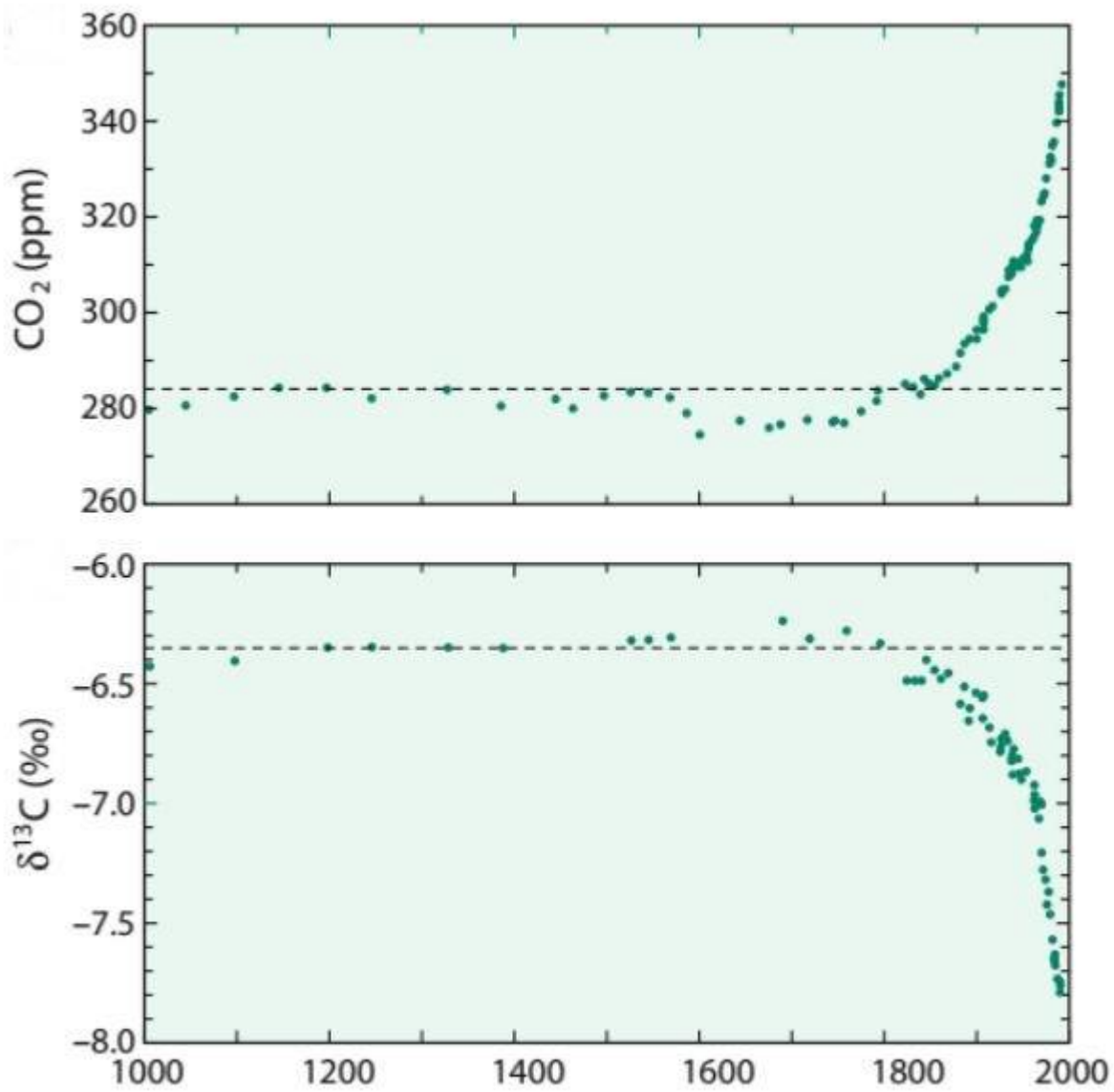
*Annual global CO2 emissions from fossil fuel burning and cement manufacture in GtC yr–1 (**black**),*
*Annual averages of the 13C/12C ratio measured in atmospheric CO2 at Mauna Loa from 1981 to 2002 (**red**) (IPCC AR4)*

Внимание: значения $\delta^{13}C$ – отрицательные величины!

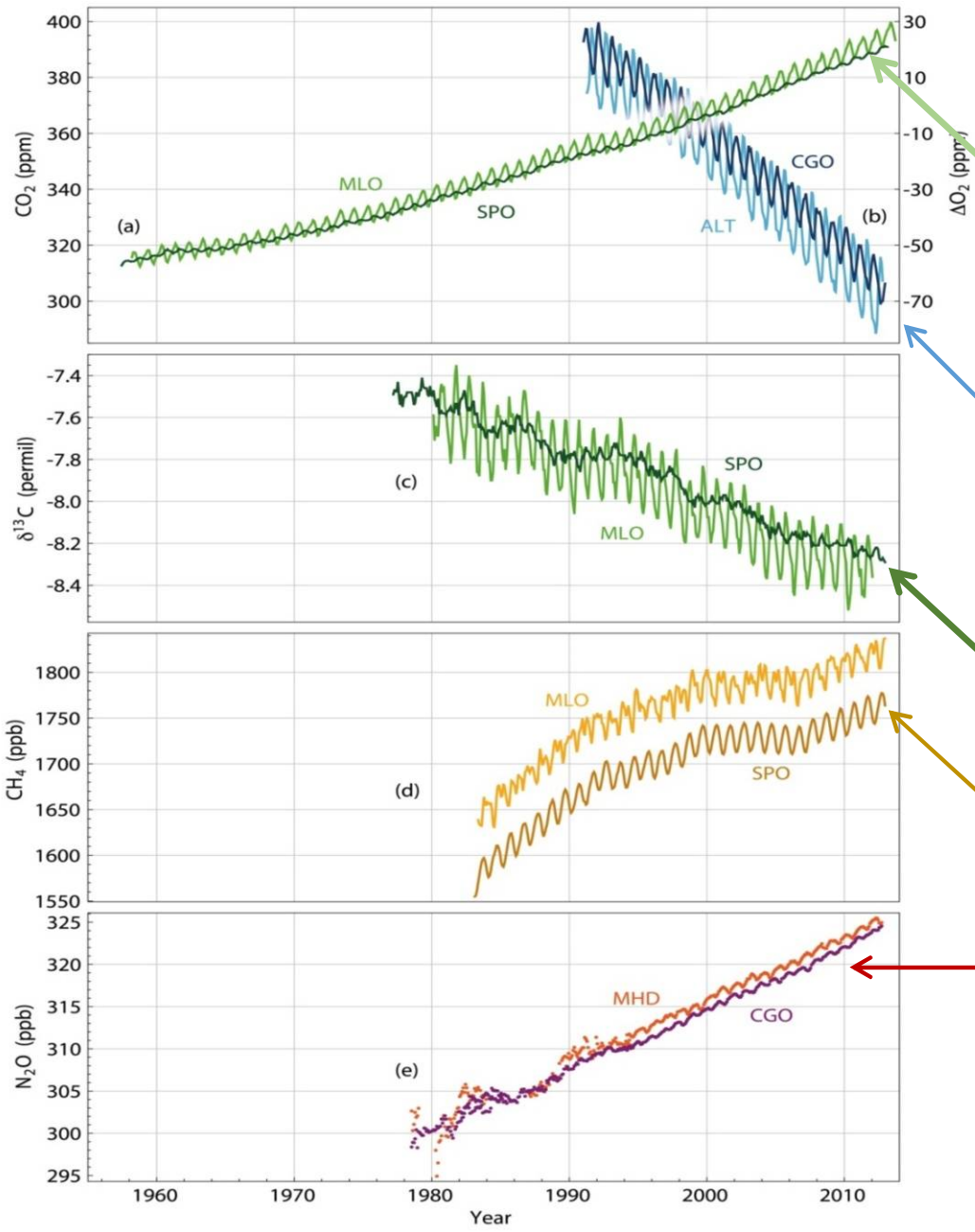
https://skepticalscience.com/print.php?r=109

http://www.realclimate.org/index.php/archives/2004/12/how-do-we-know-that-recent-cosub2sub-increases-are-due-to-human-activities-updated/

Содержание CO_2 в атмосфере и изотопный состав углерода в антарктическом льду, как отражение сжигания ископаемого топлива человеком за последние 1000 лет



http://www1.geol.msu.ru/deps/geochems/rus/distance/gr_course_geohimiya_t13-2.pdf



Концентрации CO_2, кислорода O_2, отношение ^{13}C / ^{12}C в CO_2, CH_4 и N_2O, зарегистрированные за последние десятилетия (данные 2018):

(a) CO_2 на станции Мауна-Лоа (MLO) в Северном полушарии и на Южном полюсе в Южном полушарии (SPO) Keeling et al., 2005.

(b) O_2 на станции Alert (ALT) в северном полушарии и Кейп-Грим (CGO) в южном полушарии (http://scrippso2.ucsd.edu/ правая ось - значения относительно эталонного стандартного значения).

(c) ^{13}C / ^{12}C: Мауна-Лоа, Южный полюс (Keeling et al., 2005).

(d) CH_4 станций Мауна-Лоа и Южного полюса (Dlugokencky et al., 2012).

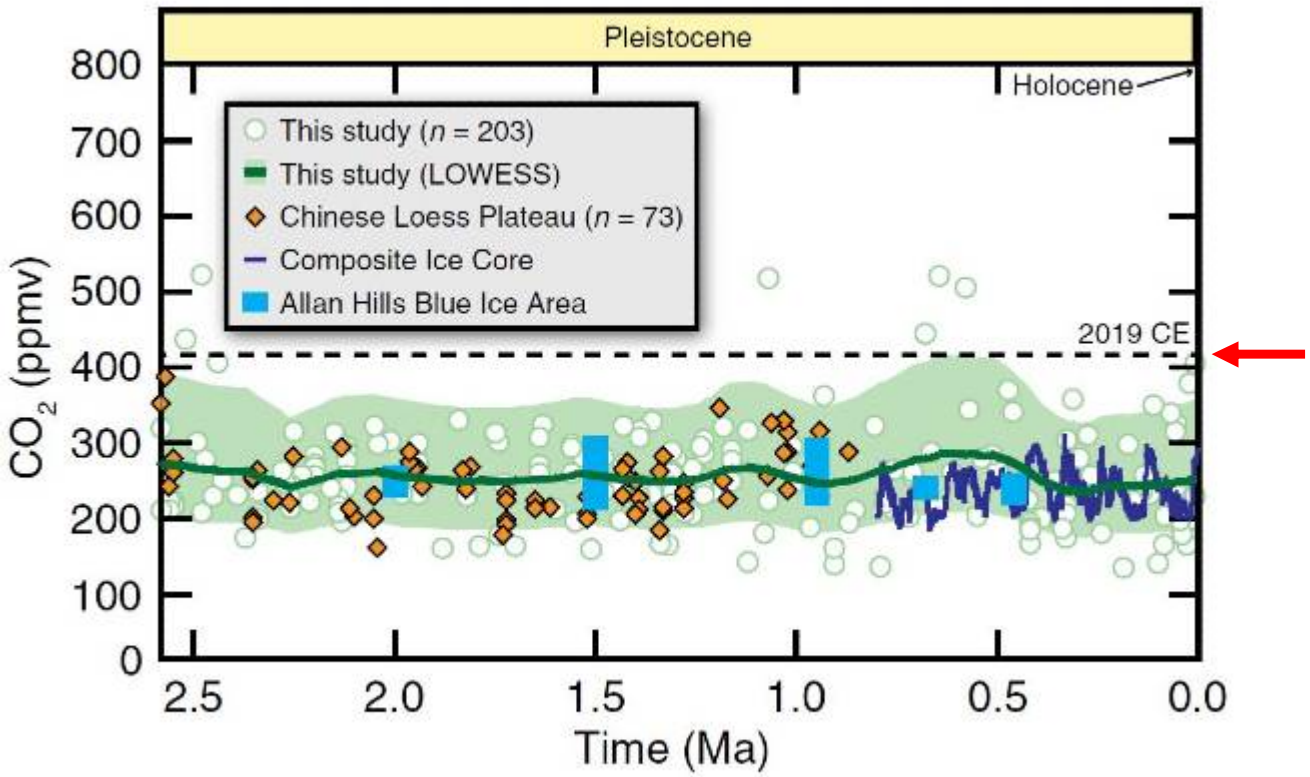
(e) N_2O станций Северного полушария Мейса (MHD) и Кейп-Грим (CGO) (Prinn et. al)

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/**2018**/02/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf

https://blog.ucsusa.org/brenda-ekwurzel/what-is-and-is-not-considered-settled-with-climate-science-913 https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/

Изменение концентрации углекислого газа в атмосфере за 23 миллиона лет

A 23 m.y. record of low atmospheric CO_2 (RESEARCH ARTICLE| MAY 29, **2020**)

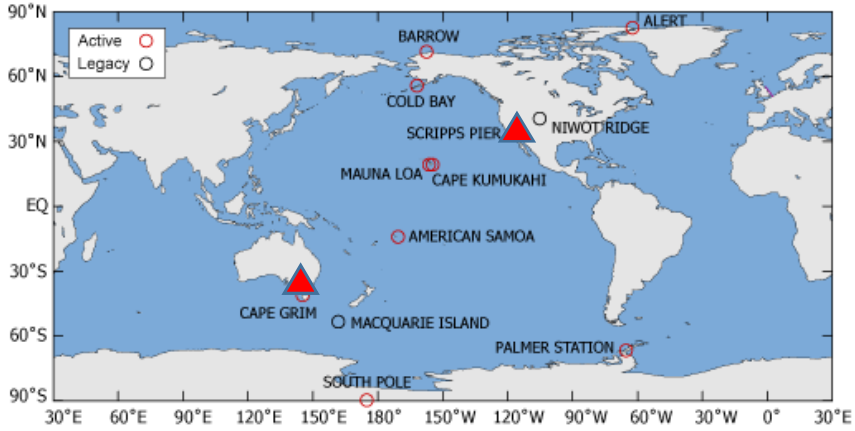


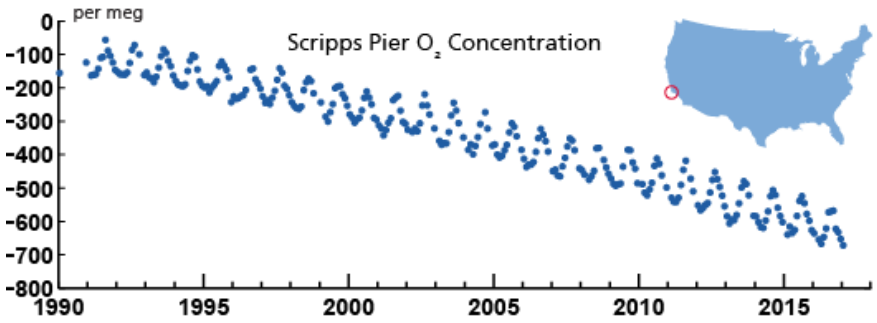
Анализ содержания ^{13}C в ископаемых отложениях С3 растений позволил сделать следующий вывод: концентрация CO_2 в атмосфере (> 400 ppm в начале XXI века) стала рекордно высокой за последние 23 миллиона лет. Почти весь этот период концентрация CO_2 в атмосфере линейно снижалась со скоростью на 5 ppm в миллион лет, но два столетия назад начала расти на 5 ppm в десятилетие (Geology 2020).

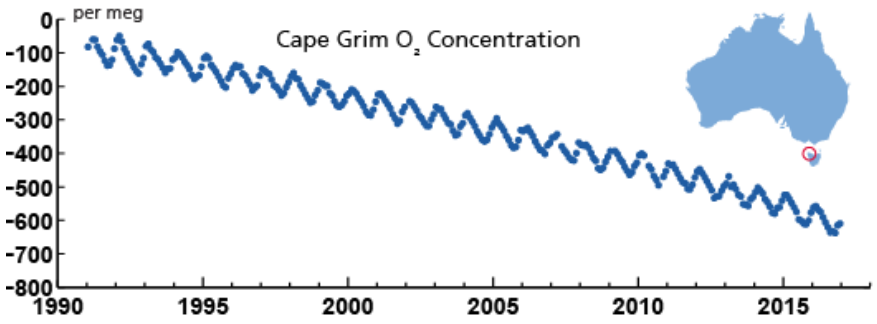
https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geology/article/48/9/888/586769/A-23-m-y-record-of-low-atmospheric-CO2

Замечание Уровень кислорода в атмосфере снижается

Atmospheric Oxygen Levels are Decreasing







One per meg equals 0.001 permil or 0.0001 percent.

Oxygen levels are decreasing globally due to fossil-fuel burning. The changes are too small to have an impact on human health, but are of interest to the study of climate change and carbon dioxide. These plots show the atmospheric O_2 concentration relative to the level around 1985. The observed downward trend amounts to 19 'per meg' per year or about 4 ppm per year. This corresponds to losing 19 O_2 molecules out of every 1 million O_2 molecules in the atmosphere each year.

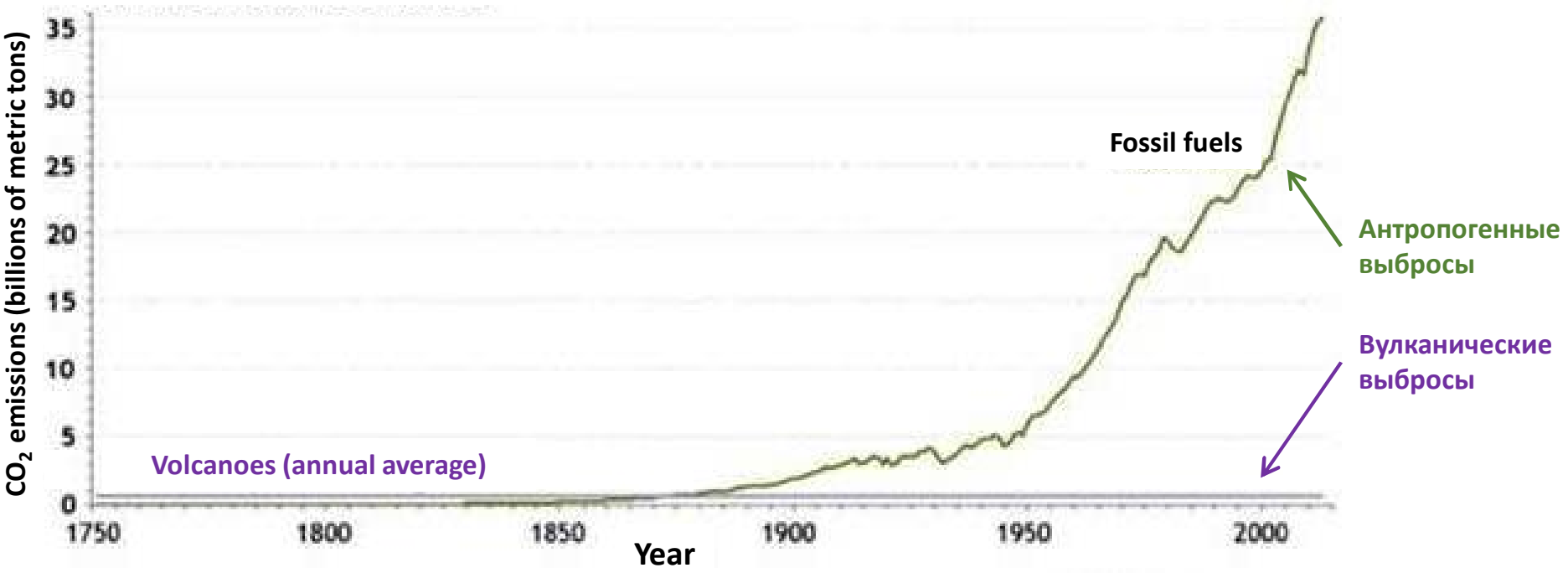
https://scrippso2.ucsd.edu

Which emits more carbon dioxide: volcanoes or human activities?

Антропогенные выбросы CO_2 в результате сжигания ископаемого топлива, уничтожения лесов и т. д. в 40 - 100 раз больше всех вулканических выбросов



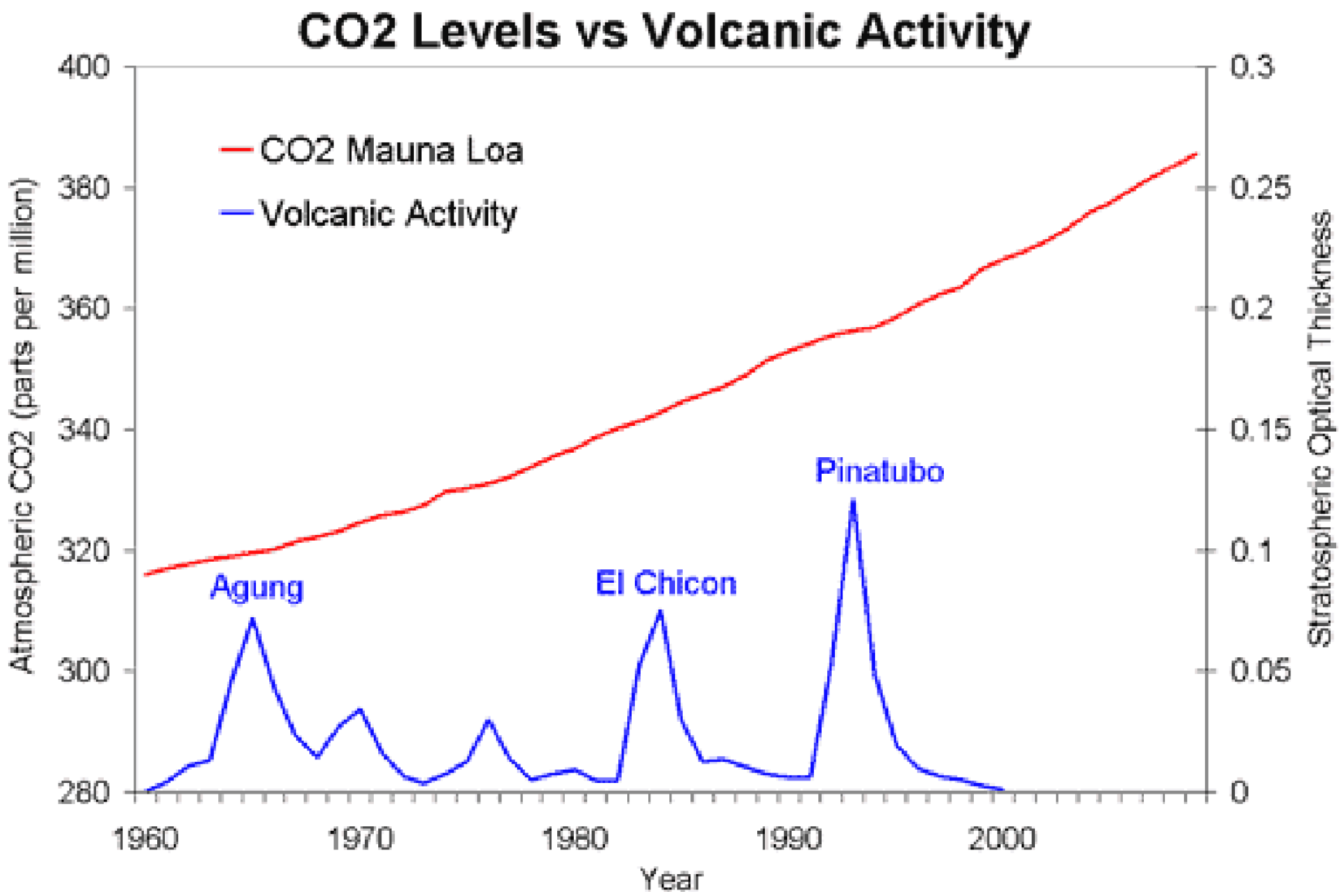
Fossil fuel versus volcanic emissions



Since the start of the Industrial Revolution, human emissions of carbon dioxide from fossil fuels and cement production (green line) have risen to more than 35 billion metric tons per year, while volcanoes (purple line) produce less than 1 billion metric tons annually.

NOAA Climate.gov graph, based on data from the Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC) at the DOE's Oak Ridge National Laboratory and Burton *et al.*, **2013**.

https://skepticalscience.com/volcanoes-and-global-warming.htm
https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/which-emits-more-carbon-dioxide-volcanoes-or-human-activities



Уровни CO_2 в атмосфере измерены в обсерватории Мауна-Лоа на Гавайях (NOAA) и оптическая толщина (безразмерная величина, которая характеризует ослабление оптического излучения в среде за счёт его поглощения и рассеяния) стратосферного аэрозоля на длине волны 500 нм (NASA GISS).

Atmospheric CO_2 levels measured at Mauna Loa observatory in Hawaii (NOAA) and Stratospheric Aerosol Optical Thickness at 50nm (NASA GISS).

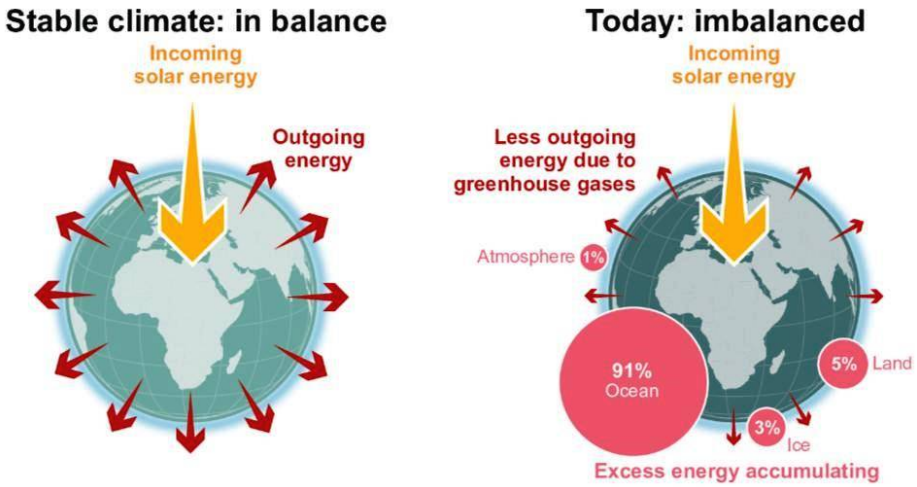
https://www.zmescience.com/science/news-science/volcano-co2-humans-emissions-1610**2017**/

5.2. Изменение климата: “глобальное потепление”

Изменения в океане - важнейшей компоненте системы климата Земли, рассмотрены в следующем параграфе 6.2.

Энергетический бюджет Земли The Earth's energy budget

Почти вся поглощенная Землей энергия солнечного излучения равна энергии, излучаемой обратно в космос. Разность между энергией приходящего на Землю излучения и энергией излучения, уходящего в космос, называется радиационным дисбалансом (imbalance). Согласно последним данным этот (положительный) дисбаланс увеличился с чуть менее 0,6 Вт/м² в конце прошлого века до 0,79 Вт/м² в 2006 – 2018 годах (IPCC, 2021).



The Earth's energy budget compares the flows of incoming and outgoing energy that are relevant for the climate system. Since at least the 1970s, less energy is flowing out than is flowing in, which leads to excess energy being absorbed by the ocean, land, ice and atmosphere, with the ocean absorbing 91%.

Дегляциация - процесс освобождения суши и морских акваторий от покрова налегающих и плавучих ледников. Последняя крупная дегляциация происходила примерно между 20 000 и 10 000 лет назад (окончание последнего оледенения). При дегляциации в течение нескольких тысяч лет сохранялся положительный дисбаланс, который перевел климатическую систему из последнего ледникового периода в голоценовый теплый период. Дисбаланс значительно менялся в течение этого времени, возможно, из-за изменений в циркуляции океана. Спутниковые наблюдения доказывают существование современного положительного энергетического дисбаланса Земли.

http://d33.infospace.ru/d33_conf/2011v8n2/137-149.pdf

https://old.bigenc.ru/geography/text/1944029 https://astronomy.com/news/2021/08/earths-energy-budget-is-out-of-balance

https://**science2017**.globalchange.gov/chapter/2 https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1905447116 https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/figures/chapter-7

Спутниковые и наземные данные независимо подтверждают потепление

It's A Match: Satellite and Ground Measurements Agree on Warming

Данные о динамике изменений климата получают из разных источников: систем наземных датчиков, океанских буев и различных спутниковых измерений. Введение необходимых корректировок данных дистанционного зондирования позволило установить хорошую не только качественную, но и количественную согласованность результатов, полученных независимо различными методами. Показано, что нижняя часть атмосферы Земли нагревается намного быстрее с 1979 года, чем предполагалось ранее.

Ground-based sensors, ocean buoys and different types of satellite measurements have all helped show how fast the Earth is heating up.

Previously, there appeared to be some disagreements between the ground-based temperature record and a specific satellite record relying on microwave sensors—a different method than the infrared sensors examined in the new study, but still a form of remote sensing. The satellite record seemed to suggest that less warming had occurred on Earth than the surface-based temperature set showed.

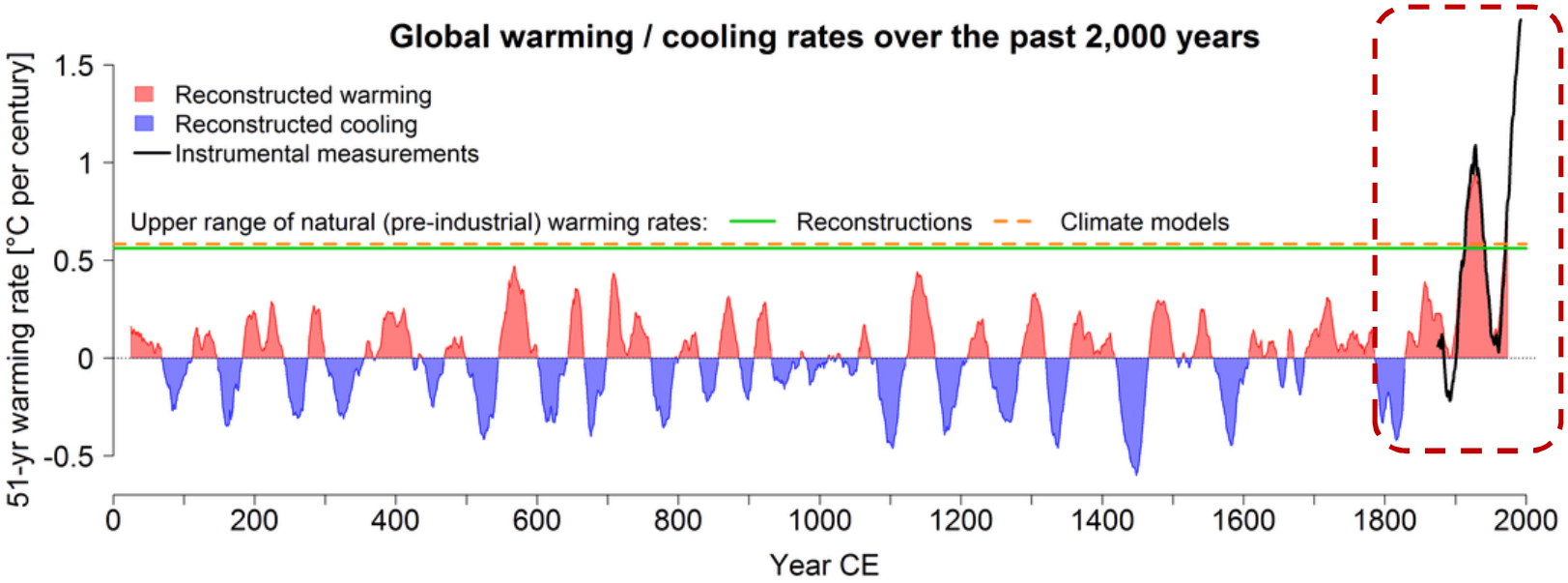
But in **2017**, a breakthrough paper (2017, Journal of Climate) suggested the satellite record required some important corrections.

When the researchers applied these corrections, the new record implied about 30% more warming than it had previously shown. That placed it in much closer agreement with the surface-based sensors. Now, an entirely separate form of remote sensing also supports the same conclusions.

"We know the planet is warming, but this is one more nail in the coffin to people who claim that the surface temperature estimates are uncertain or not to be trusted. This is a really good demonstration that, again, totally independent methodology ends up producing not just qualitatively the same results, but quantitatively the same results.

https://www.scientificamerican.com/article/its-a-match-satellite-and-ground-measurements-agree-on-warming/

Используя около 700 источников данных о температуре окружающей среды в прошлом (proxy temperature records), ученые из разных стран реконструировали климатическую историю Земли с 1 по 2000 год (н.э.).
Recent climate change trends 'unprecedented' in the last 2,000 years



Warming/cooling rates averaged across 51 years and based on paleoclimate records. Modern thermometer records shown in black. Global mean temperature increase (red) and temperature decrease (blue) are displayed over the last 2,000 years. The green line signifies the maximum expected warming rate -- if humans didn't impact the climate. The black line indicates direct temperature measurements made since the Industrial Revolution. *(Source: University of Bern.)*

Три основных вывода:

- В доиндустриальную эпоху в последние 2000 лет потепление Земли происходило в основном на региональном, а не на глобальном уровне.
- Глобальные средние температуры в доиндустриальную эпоху колебались, но темпы потепления были самыми высокими в конце 20-го века.
- Извержения вулканов оказали существенное влияние на климат в начале 19 века.

https://www.nature.com/articles/s41561-019-0400-0 https://www.cnet.com/news/recent-climate-change-trends-are-unprecedented-in-the-last-2000-years/

Внезапные потепления и похолодания в прошлом были региональными, в то время как текущее потепление – глобально

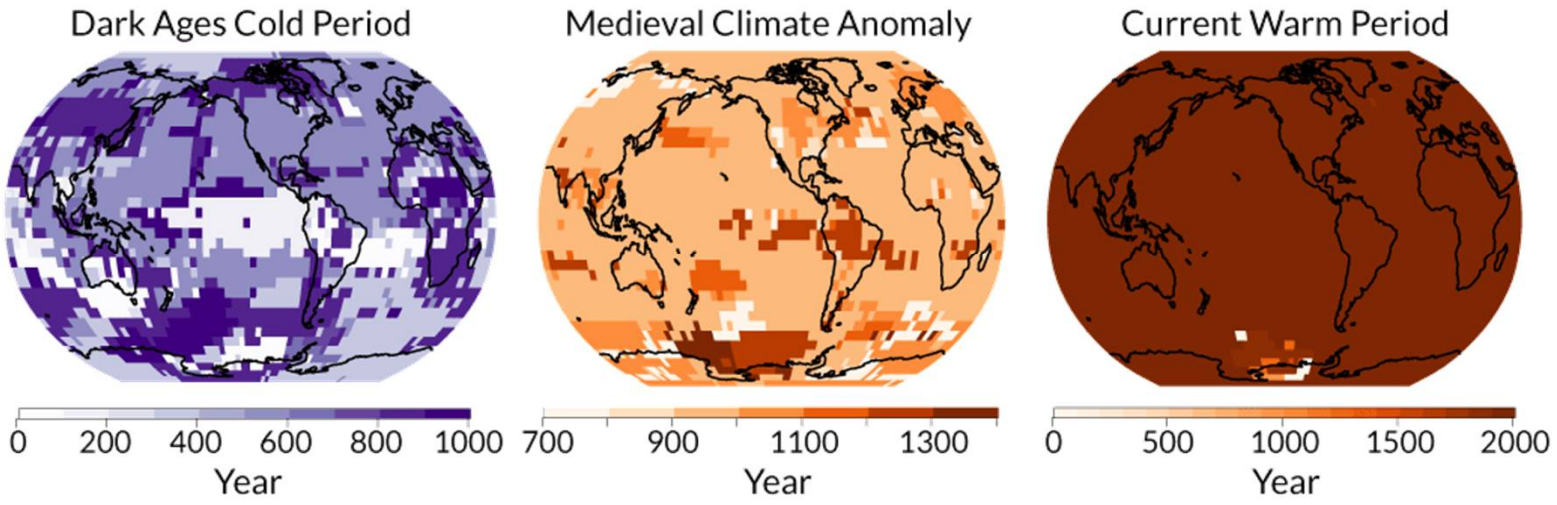
No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era

Cold and warm snaps of the past were regional, unlike current global warming . NEUKOM *ET AL/NATURE* **2019**

Hot and cold

Хорошо известные колебания климата за последние 2000 лет некогда считались глобальными. Исследования с использованием ставших недавно доступными данных о температуре по всей планете показывают, что эти колебания были региональными. На картах ниже разные цвета представляют самый теплый (или самый холодный) век для данного местоположения в течение указанного периода времени.

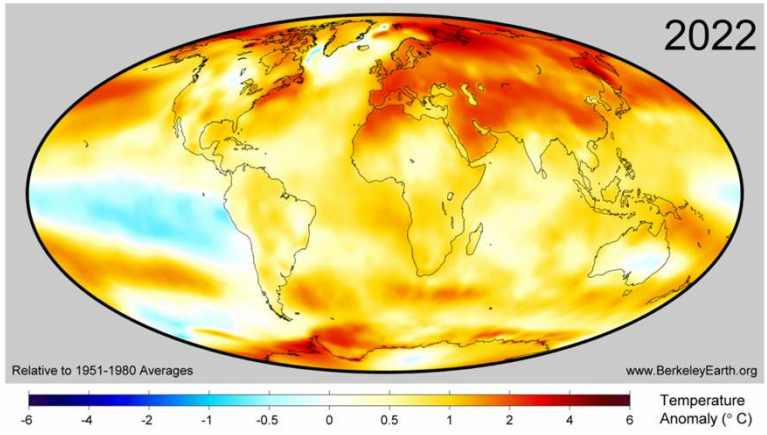
- **Считается, что холодный период в раннем средневековье (Dark Ages) приходится на период от 400 до 800 г. н.э. Однако более низкие температуры имели место несколькими сотнями лет раньше в Тихом океане (от белого до бледно-фиолетового) и несколько сотен лет спустя в Восточной Азии и других местах (более темный фиолетовый).**
- **Средневековый (Medieval) теплый период (или средневековая климатическая аномалия) длился примерно от 800 до 1200, с пиковым теплом в 11-м веке в северо-западной Европе (оранжевый). Но в центральной части Южной Америки пик тепла наступил через несколько сотен лет (коричневый).**
- **Текущий теплый период. Для всего исследуемого 2000 летнего периода в конце 20-го века температура была самой высокой на 98% поверхности планеты .**



https://nplus1.ru/news/2019/07/25/change https://www.sciencenews.org/article/global-warming-today-unlike-last-2000-years-climate-shifts?signup=success

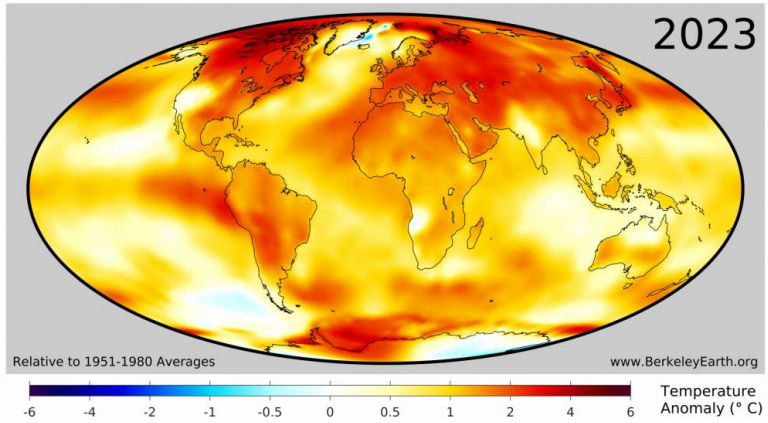
Temperature Distribution in 2022 and 2023

Global Temperature Report for 2023. Berkeley Earth



As can be expected from the global warming caused by greenhouse gases, the **temperature increase over the globe is broadly distributed, affecting nearly all land and ocean areas.**

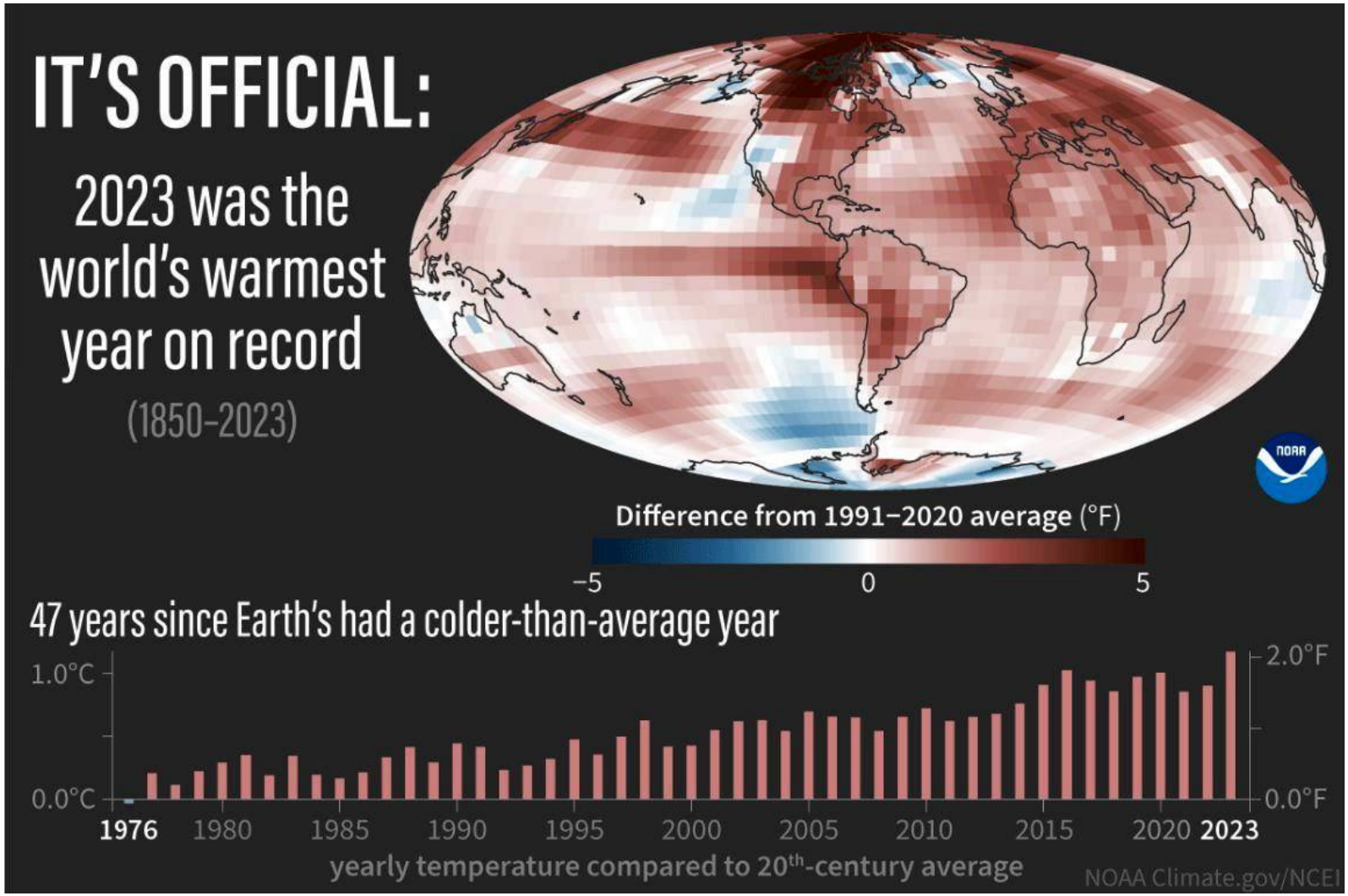
In 2022, 88% of the Earth's surface was significantly warmer than the average temperature during 1951-1980, 7% was of a similar temperature, and only 5% was significantly colder. In 2022, no places on Earth experienced a record cold annual average.



In 2023, 95.5% of the Earth's surface was significantly warmer than the average temperature during 1951-1980, 3.5% was of a similar temperature, and only 1% was significantly colder.

We estimate that 17% of the Earth's surface set a new local record for the warmest annual average. This includes 23% of the land surface and 14% of the ocean's surface. Particularly extreme conditions were observed over Central and South America, parts of Asia, and the North Atlantic.

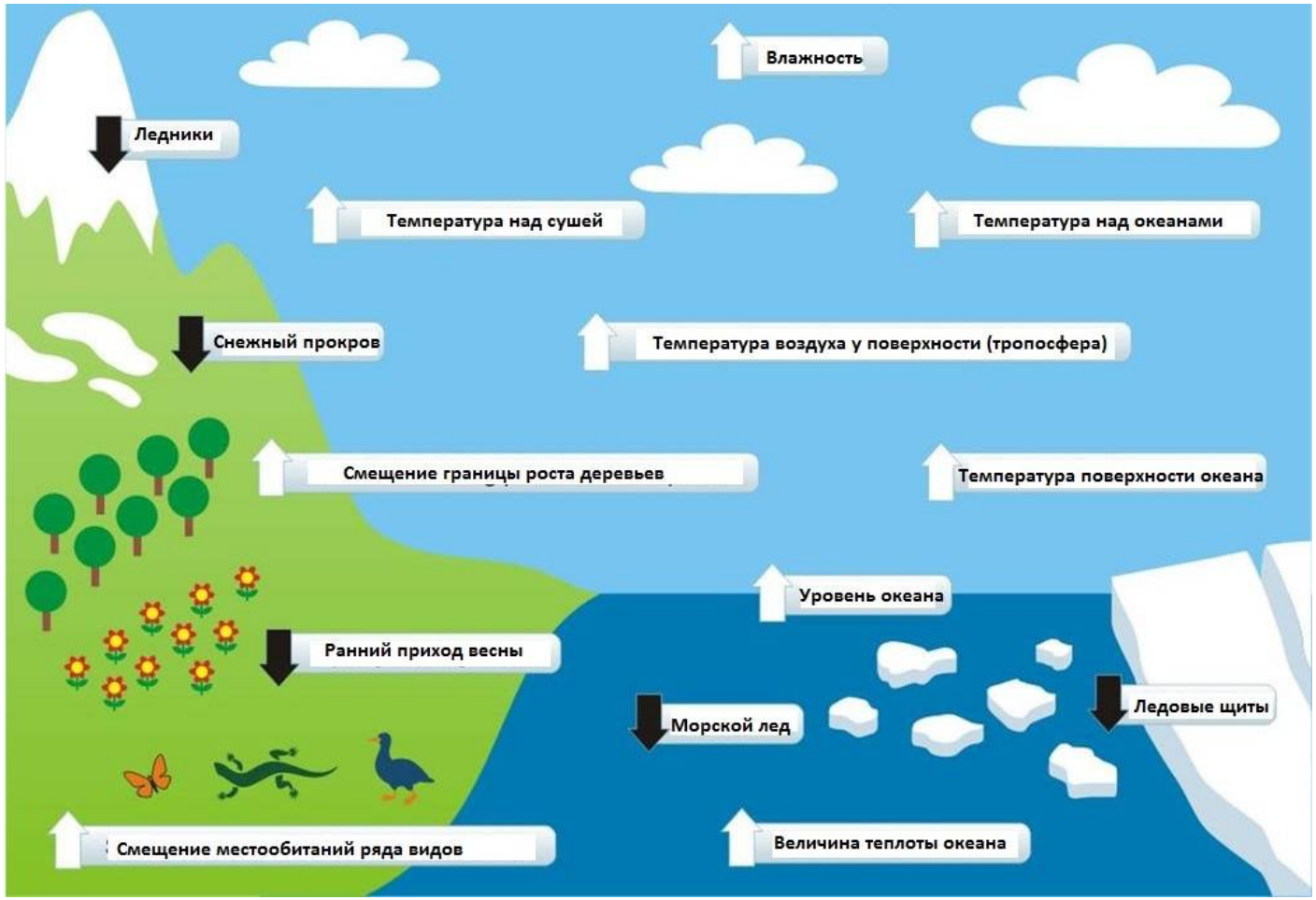
https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2022/ https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2023/



Map of global average surface temperature in 2023 compared to the 1991-2020 average. Warmer-than-average areas are shades of red, and cooler-than-average areas are shades of blue. The darker the color, the bigger the difference from average. The bar graph shows global temperatures each year from 1976 (left) to 2023 (right) compared to the 1901-2000 average. 1976 (blue bar at far left) was the last time a year was cooler than the 20th-century average. 2023 (far right) set a new record for warmest year.

https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature

Индикаторы мирового потепления



Индикаторы потепления основаны на измерениях температуры поверхности, спутниковых данных и измерениях температуры (теплосодержания) океана, спутниковых измерениях энергетического дисбаланса (разницы между входящей и исходящей энергией в верхней части атмосферы) и отступающих ледников, морского льда и ледяных щитов, росте уровня моря и сдвига смены сезонов.
***Примечание*: в Северном полушарии границы распространения деревьев и местообитаний ряда видов (ареалы) сдвигаются как в широтном направлении – севернее, так и выше от уровня моря.**

https://static.skepticalscience.com/graphics/Warming_Indicators_1024.jpg

Climate Change: Global Temperature

(March 15, 2021)

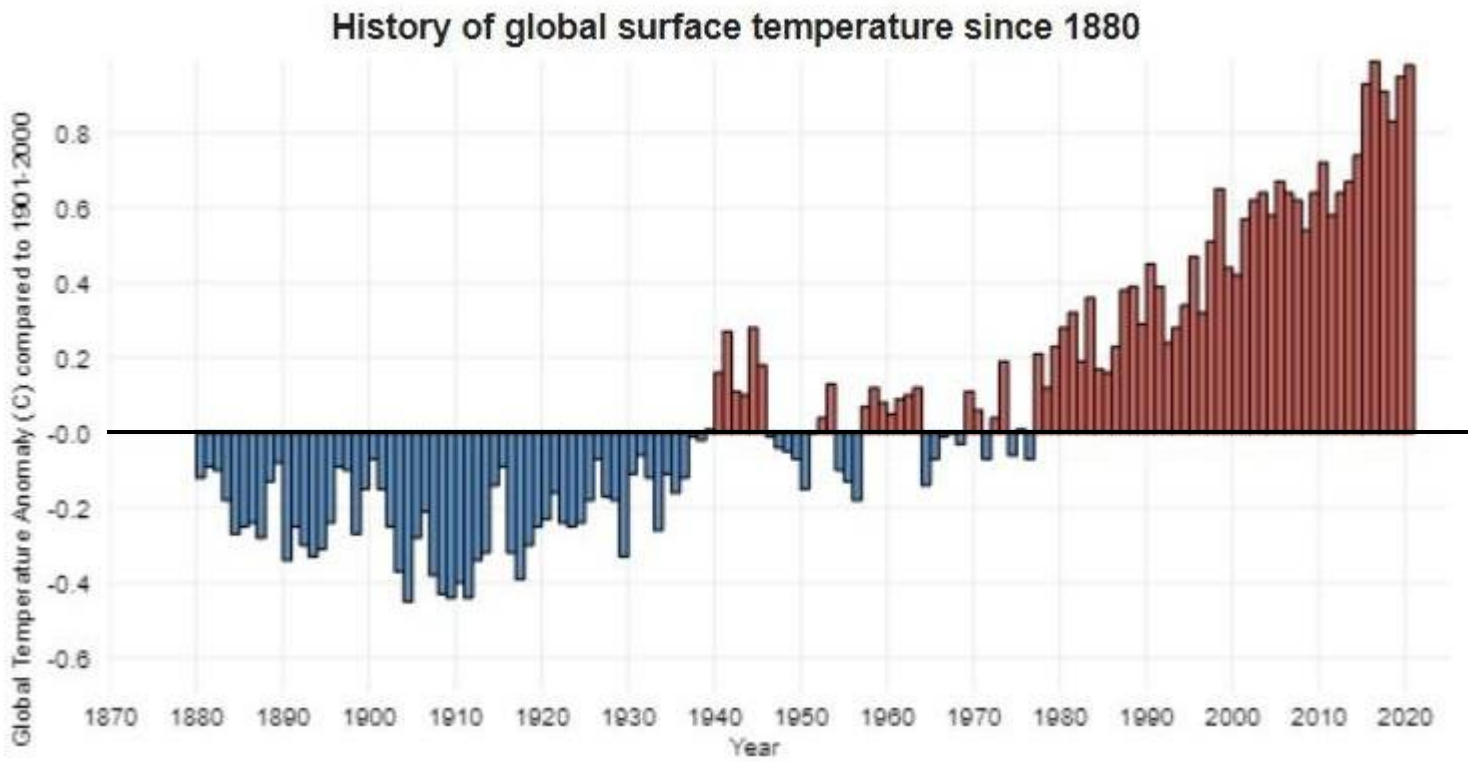
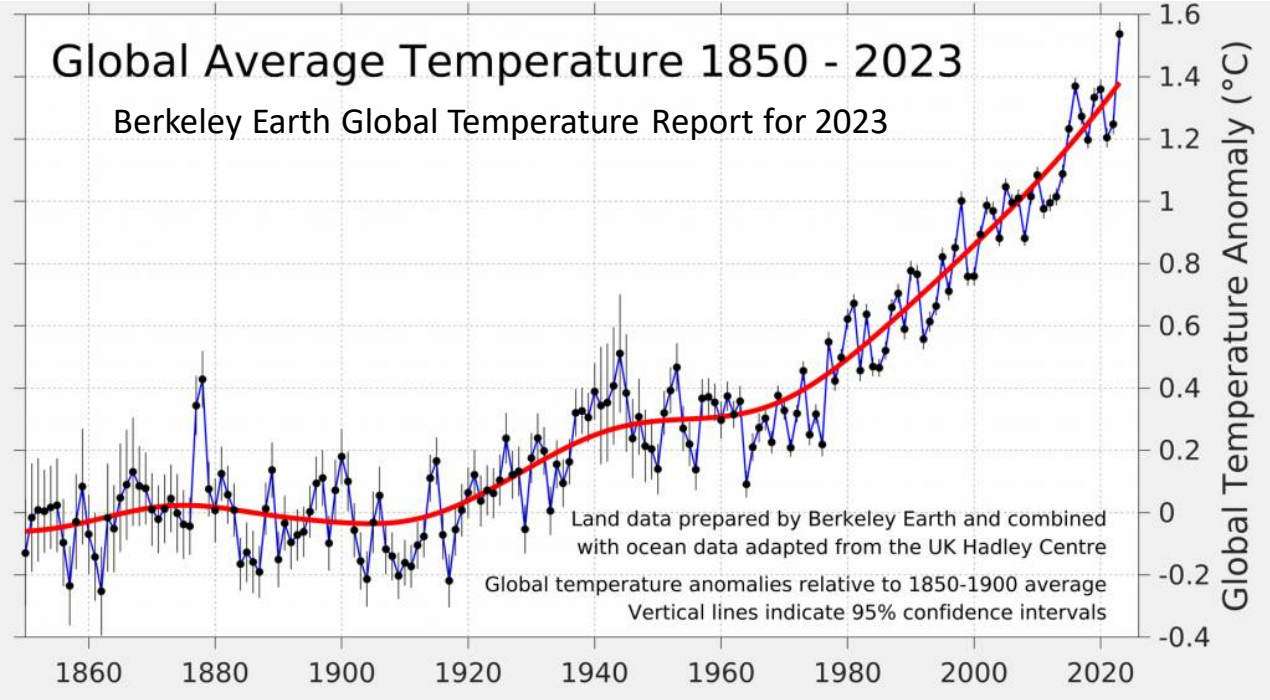


График среднегодовых значений глобальной температуры поверхности Земли с 1880 г. по сравнению с базовым средним значением за период 1901–2000 гг. Нулевая линия соответствует базовой средней температуре *для всей планеты*; синие и красные столбцы показывают отклонение (выше или ниже среднего) для каждого года.

The graph shows average annual global temperatures since 1880 compared to the long-term average (1901-2000). The zero line represents the long-term average temperature for the whole planet; blue and red bars show the difference above or below average for each year.

https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature

https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series/globe/land_ocean/1/12/1850-2023



Согласно анализу Berkeley Earth, глобальная средняя температура в 2023 году оценивается на 1,54 ± 0,06 °C (2,77 ± 0,11 °F) выше средней температуры 1850–1900 годов, периода, который часто используется в качестве доиндустриальной базовой линии для глобальных целевых показателей температуры. Температура в 2023г. была выше на ~0,17°C, предыдущего рекордного максимума, наблюдавшегося в 2016 году.

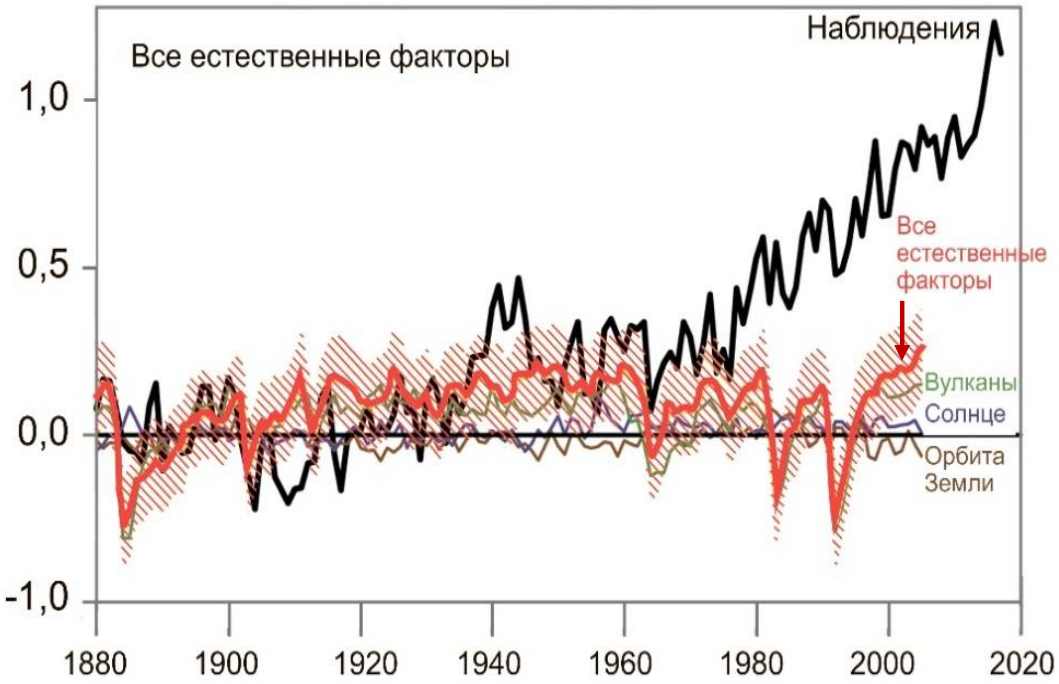
2023 год является самым теплым годом, который наблюдался непосредственно с помощью измерений, он значительно выделяется среди всех предыдущих лет. Это первый случай, когда среднегодовая температура превысила базовый доиндустриальный период более чем на 1,5 °C (2,7 °F).

В соответствии с Парижским соглашением многие страны поставили перед собой амбициозную цель ограничить долгосрочное глобальное потепление не более чем на 1,5 °C (2,7 °F). Эта цель основана на состоянии климата, усреднённом за многие годы, поэтому не считается автоматически, что она была нарушена, если за один год потепление превысило 1,5 °C. Тем не менее, единственный год, когда температура превышает 1,5 °C, является ярким предупредительным признаком того, насколько близка вся климатическая система подошла к превышению цели Парижского соглашения. Поскольку выбросы парниковых газов продолжают устанавливать рекордные уровни, вполне вероятно, что в следующем десятилетии температура климата будет регулярно превышать 1,5 °C. Последние девять лет считаются девятью самыми теплыми годами, когда-либо наблюдавшимися напрямую.

https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2023/

Наблюдаемый рост среднегодовой температуры (°C) и действие внешних естественных факторов

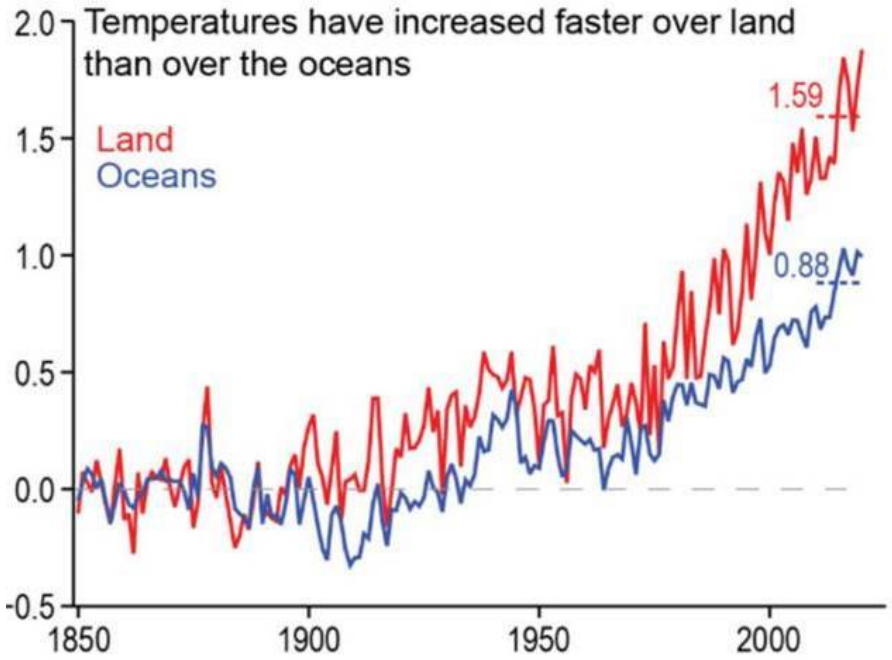
IPCC Sixth Assessment Report Climate Change 2021 (The Physical Science Basis)



Черная кривая – наблюдаемый рост среднегодовой температуры (°C).
Красная кривая – суммарное действие всех *естественных* внешних факторов, заштрихованная область – диапазон неопределенности. (Источник: USGCRP, 2017). На представленном сводном графике, кроме Солнца и вулканов, показано очень небольшое влияние орбитальных параметров Земли. Это вызвано тем, что в прошлые десятки и сотни тысяч лет огромное значение имели ледниковые периоды, инициируемые орбитальными вариациями, более того, если не анализировать весь спектр информации, то можно прийти к ложному выводу о значительном влиянии параметров орбиты на климат XX века.

https://science2017.globalchange.gov/ https://drive.google.com/file/d/0B6IY59CBXkftWjJOV0tJanlFQ2pvQ2RLWWpDN1JPWnJab1FV/view

IPCC Sixth Assessment Report on Climate Change – Findings of AR6 2021

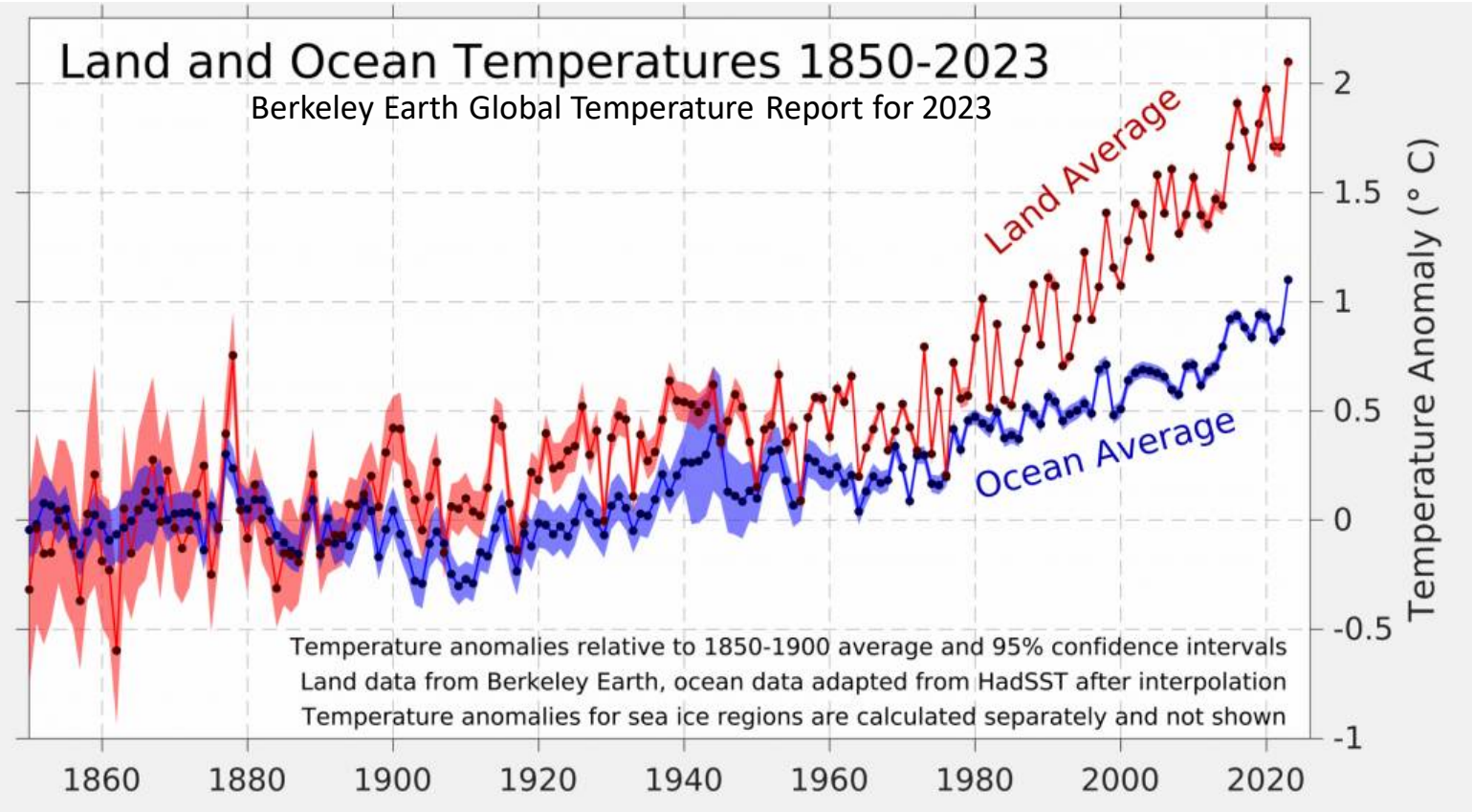


“Наблюдаемые изменения в атмосфере, океанах, криосфере и биосфере являются явными свидетельствами того, что мир потеплел. За последние несколько десятилетий ключевые показатели климатической системы все чаще достигают уровней, невиданных от столетий до тысячелетий и меняются с беспрецедентной скоростью, по крайней мере, за последние 2000 лет”.

Глобальная средняя приземная температура (СГПТ) увеличилась на 1,09 °C в сравнении с базовым периодом 1850–1900 годов. Последнее десятилетие 2011-20 гг. было, вероятнее всего, самым теплым за примерно 125 000 лет.

За этот период повышение температуры над сушей составило +1,59°C, над океаном +0,88°C.

https://mpcen.org/2021/09/07/ipcc-ar6-2021/



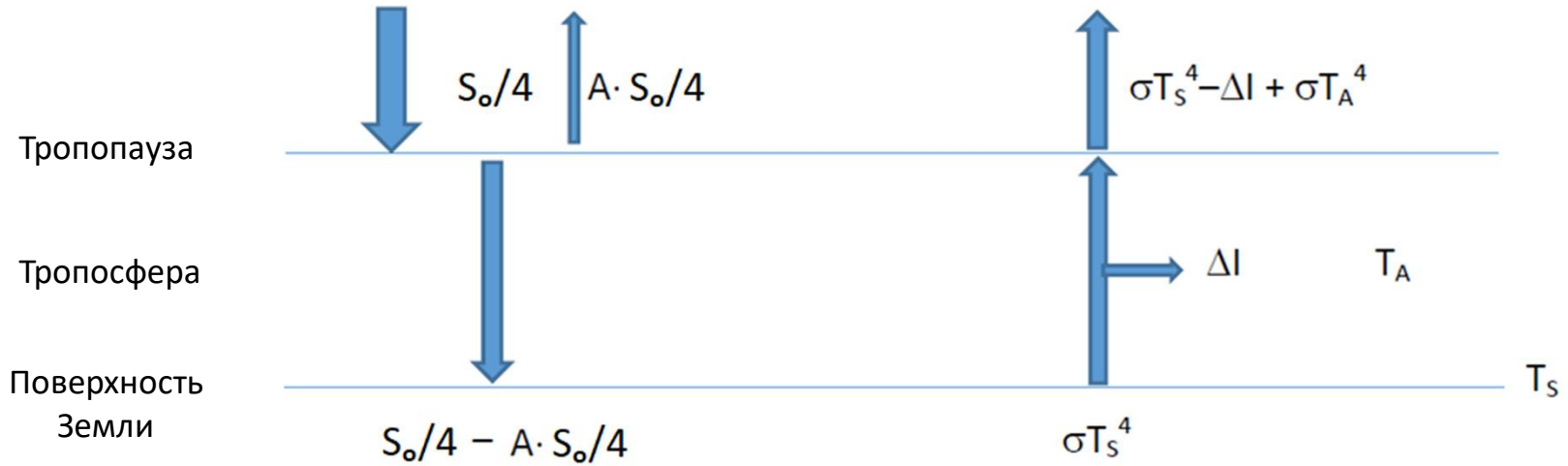
Обычно наблюдается примерно в два раза большее потепление суши, чем океана. По сравнению со средними показателями за 1850–1900 годы, средняя температура на суше в 2023 году увеличилась на 2,10 ± 0,07 °C, а температура поверхности океана, за исключением регионов морского льда, увеличилась на 1,10 ± 0,04 °C. Большая часть этого потепления произошла с 1970 года. Как суша, так и океан по отдельности установили новые рекорды наблюдений в 2023 году.

Land areas generally show about twice as much warming as the ocean. When compared to the 1850-1900 averages, **the land average in 2023 has increased 2.10 ± 0.07 °C** and the **ocean surface temperature, excluding sea ice regions, has increased 1.10 ± 0.04 °C** . Most of this warming has occurred since 1970. Both land and ocean individually set new observational records in 2023. **The figure shows land and ocean temperature changes relative to the average from 1850 to 1900.** The tendency for land averages to increase more quickly than ocean averages is clearly visible.

https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2023/

Радиационное усиление (Radiative forcing)

Э. Бринкман. Физические проблемы экологии. 2012



Радиационный баланс Вт/м^2 с точки зрения наблюдателя, находящегося во внешнем пространстве: $$\mathbf{S_o/4 = A\cdot S_o/4 + \sigma T_S^4 + \sigma T_A^4 - \Delta I},$$

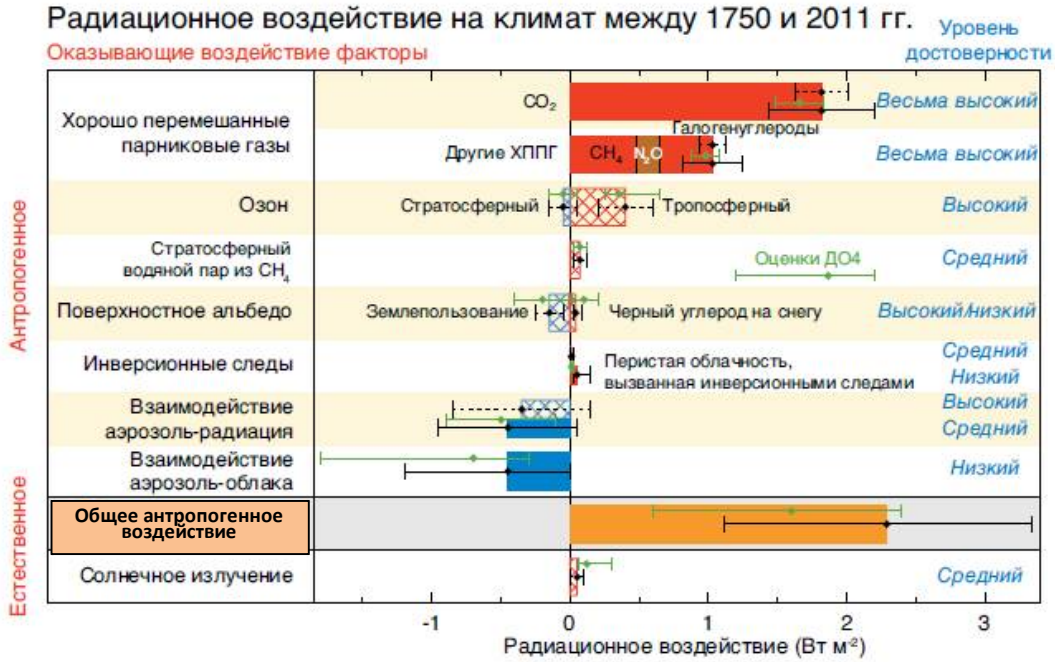
где S_o – солнечная постоянная; T_S – температура поверхности Земли; T_A – средняя температура атмосферы; ΔI – мощность излучения Вт/м^2, поглощенного атмосферой.

Пусть, вследствие возрастания содержания парниковых газов в атмосфере, возросла величина ΔI. Тогда, в силу уравнения радиационного баланса, должна увеличиться температура T_S поверхности Земли (за некоторое конечное время). Чем больше теплового излучения, идущего от поверхности Земли, поглощается атмосферой, тем выше должна становиться температура самой поверхности.

Это явление принято называть *радиационным усилением* (*Radiative forcing*).

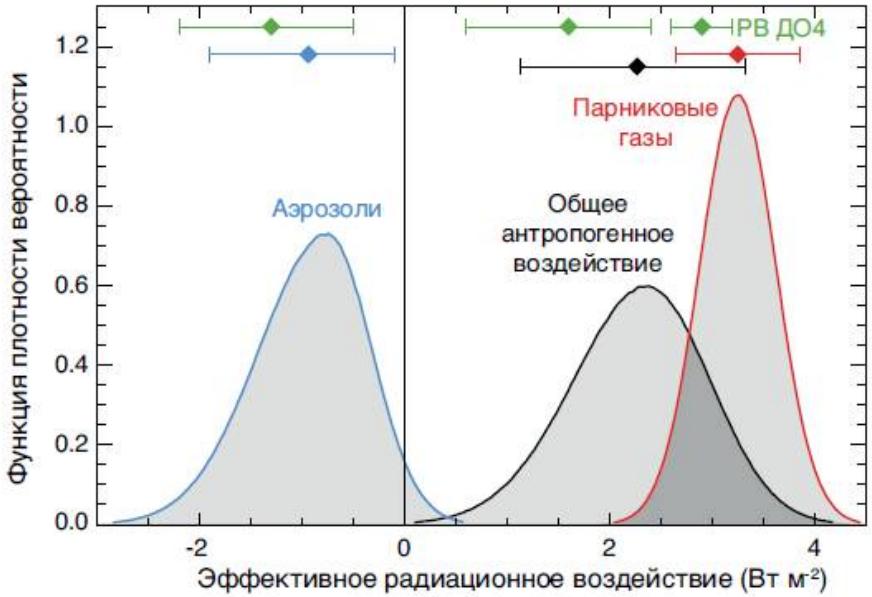
The words used by climate scientists - forcing and response. The term "forcing" refers to those factors that drive or cause changes; the responses are the resulting climatic shifts. The term radiative forcing refers to changes in the energy balance of the earth atmosphere system in response to a change in factors such as greenhouse gases, land-use change, or solar radiation.

Радиационное воздействие антропогенных и естественных факторов на изменения климата в индустриальную эру (Вт/м^2)



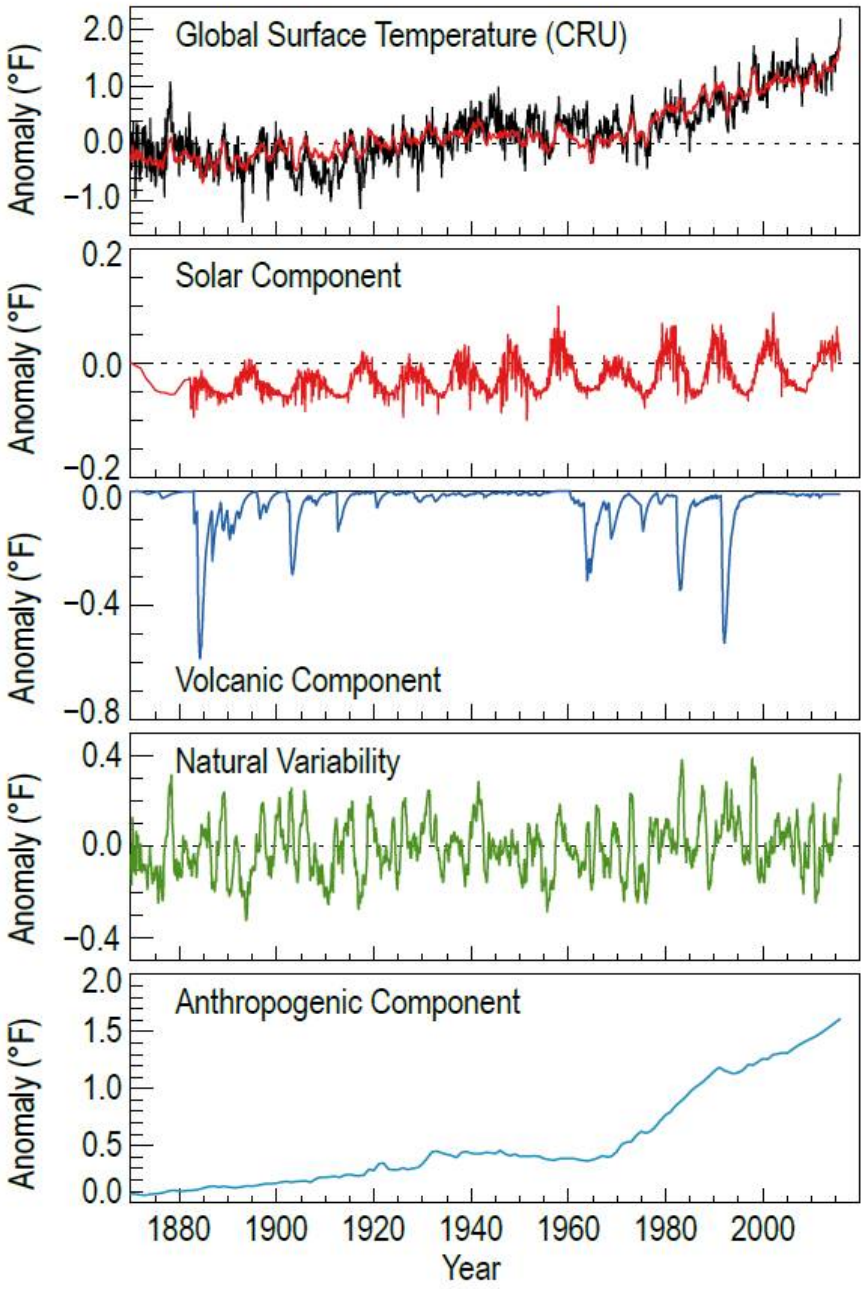
Радиационное усиление (Radiative forcing) выражается в Вт/м^2 и представляет собой изменение чистого потока излучения (нисходящий минус восходящий) *на единицу площади в тропопаузе* в результате изменения внешнего фактора, например, вследствие изменения концентрации CO_2 и других парниковых газов, альбедо или потока солнечной энергии.

(ХППГ хорошо перемешанные *парниковые* газы)



Значения вкладов различных факторов в суммарный баланс тепла планеты определяют с некоторой вероятностью. На графике показана роль аэрозолей (синяя линия), парниковых газов (красная линия) и результирующее соотношение между ними (черная линия). По вертикали – плотность вероятности, по горизонтали эффективное радиационное воздействие Вт/м^2.

https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf



(Figure source: adapted from Canty et al.16).

Estimates of the contributions of several forcing factors and internal variability to global mean temperature change since 1870, based on an empirical approach using multiple linear regression and energy balance models. (1901–1960 base period, Science, **2017**).

На верхнем графике показаны аномалии (отклонение от среднего за базовый период 1901–1960гг.) глобальной температуры (°F): черный график – результаты наблюдений и красный график – множественная линейная регрессия.

Нижние четыре панели показывают оценки вкладов в аномалии глобальной средней температуры в зависимости от четырех факторов: солнечной изменчивости (Solar Component); извержения вулканов (Volcanic Component); внутренней естественной изменчивости, (Natural Variability) связанной с Эль-Ниньо/Южным (ENSO) колебанием; антропогенным воздействием (Anthropogenic Component), вклад в который включает компоненту потепления от парниковых газов и охлаждающую компоненту, обусловленную антропогенными аэрозолями.

https://science2017.globalchange.gov/downloads/CSSR2017_FullReport.pdf

Замечание С ростом концентрации CO_2 нелинейно растет вызванное им радиационное усиление

Carbon dioxide becomes more potent as climate changes (**Science 2023**)

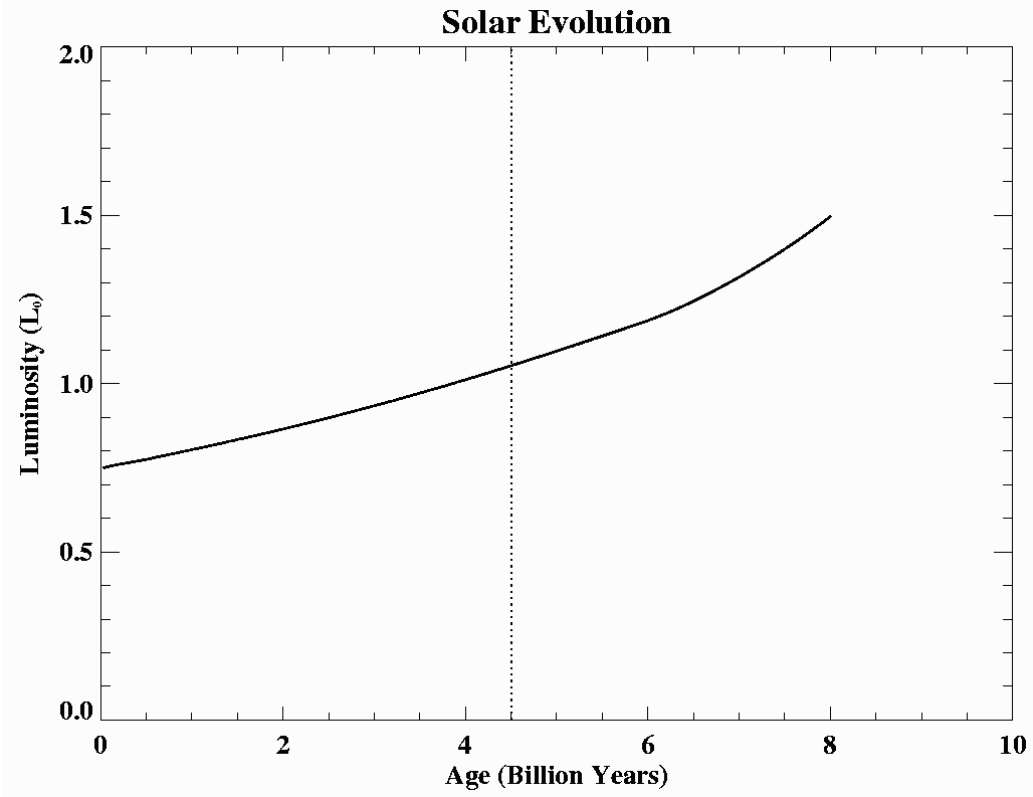
При оценке влияния изменений CO_2 на климат Земли считалось, что мгновенное радиационное воздействие (усиление), возникающее в результате удвоения концентрации CO_2 ($IRF_{2\times CO2}$ - *Instantaneous Radiative Forcing*), является постоянным. Показано, что величина $IRF_{2\times CO2}$ не является постоянной, она зависит от базового климатологического состояния, увеличиваясь примерно на 25% при каждом удвоении содержания CO_2. Величина $IRF_{2\times CO2}$ увеличилось примерно на 10% в сравнении с доиндустриальной эпохой, главным образом из-за похолодания в верхней стратосфере, что подразумевает пропорциональное увеличение чувствительности климата. Эта зависимость от базового состояния также объясняет около половины разброса величины $IRF_{2\times CO2}$ – проблема разброса, которая уже почти три десятилетия имеет место для множества различных климатических моделей. исследовательская группа также провела многочисленные автономные расчеты радиационного потока с помощью высокоточных моделей радиационного переноса, а также аналитических моделей.

State dependence of CO_2 forcing and its implications for climate sensitivity (**Science**, Nov **2023**)

When evaluating the effect of carbon dioxide (CO_2) changes on Earth's climate, it is widely assumed that *instantaneous radiative forcing* from a doubling of a given CO_2 concentration ($IRF_{2\times CO2}$) is constant and that variances in climate sensitivity arise from differences in radiative feedbacks or dependence of these feedbacks on the climatological base state. Here, we show that the IRF2×CO2 is not constant, but rather depends on the climatological base state, increasing by about 25% for every doubling of CO2, and has increased by about 10% since the preindustrial era primarily due to the cooling within the upper stratosphere, implying a proportionate increase in climate sensitivity. This base-state dependence also explains about half of the intermodel spread in IRF2×CO2, a problem that has persisted among climate models for nearly three decades. https://phys.org/news/2023-11-carbon-dioxide-potent-climate.html

Замечание: 4,5 млрд лет назад светимость Солнца составляла примерно 70% от сегодняшней величины

Solar Luminosity Increase



Светимость Солнца $L_\odot$= 3,85 × 10^{26} Вт. (⊙—символ Солнца) – полная мощность излучения звезды. (https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F1-4020-4520-4_374)

В настоящее время светимость Солнца примерно на 30% выше, чем 4,5 млрд лет назад.

Solar luminosity is increasing, but the amount of increase is inconsequential in relation to the current context of anthropogenic global warming simply because the amount of increase over time is so small in comparison to the more immediate natural cycle and imposed forcing variance.

http://spacegid.com/svetimost-zvezdyi.html http://ossfoundation.us/projects/environment/global-warming/natural-cycle/images/SolarEvolution.png/view

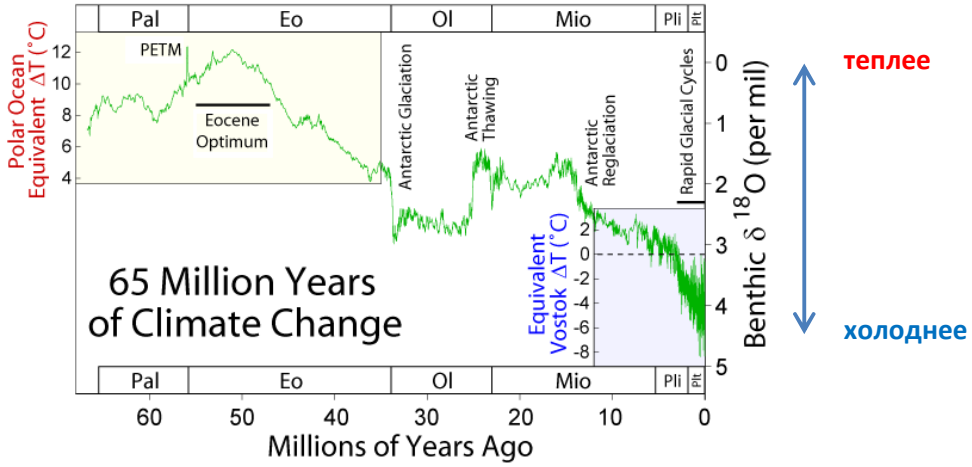
Эволюция климата Земли *в геологических временных масштабах* во многом обусловлена изменениями величины суммарного солнечного излучения (TSI - *total solar irradiation*) и изменениями содержания парниковых газов в атмосфере. Медленное неуклонное увеличение TSI за последние ~ 420 миллионов лет (увеличение радиационного воздействия на ~9 Вт/м^2), почти полностью было сведено на нет благодаря длительному постепенному снижению концентрации атмосферного CO_2. Это, вероятно, связано с выветриванием силикатов - отрицательной обратной связью и широким распространением наземных растений, которые вместе обеспечивали условия обитаемости Земли.

Использование человечеством ископаемого топлива, если его не ограничить, может привести к тому, что к середине XXI века будут достигнуты столь высокие значения концентрации CO_2 в атмосфере, которые не наблюдались с раннего эоцена (50 миллионов лет назад). Если в XXI веке содержание CO_2 в атмосфере продолжит расти, то связанное с этим значительное увеличение радиационного воздействия и вероятная реакция на него системы Земли может оказаться беспрецедентной за последние полмиллиарда лет.

Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years
(*Nature* 04 April **2017**)

https://www.nature.com/articles/ncomms14845

Палеоцен-эоценовый термический максимум



Paleocene-Eocene Thermal Maximum PETM Период называется палеоцен-эоценовым термальным максимумом. **Резкий пик температур на границе палеоцена и эоцена ~55 млн лет. Продолжительность PETM составила ~ 200 тыс лет.** Данные основаны на измерении содержания изотопов кислорода ($\delta^{18}O$) в бентосных фораминиферах (Zachos и др. 2001).

Палеоцен-эоценовый термальный максимум проявился как в резком повышении температуры на поверхности континентов и в верхних слоях океана, так и изменением изотопного состава атмосферного углерода, изменением седиментации в океане и вымиранием целого ряда видов.

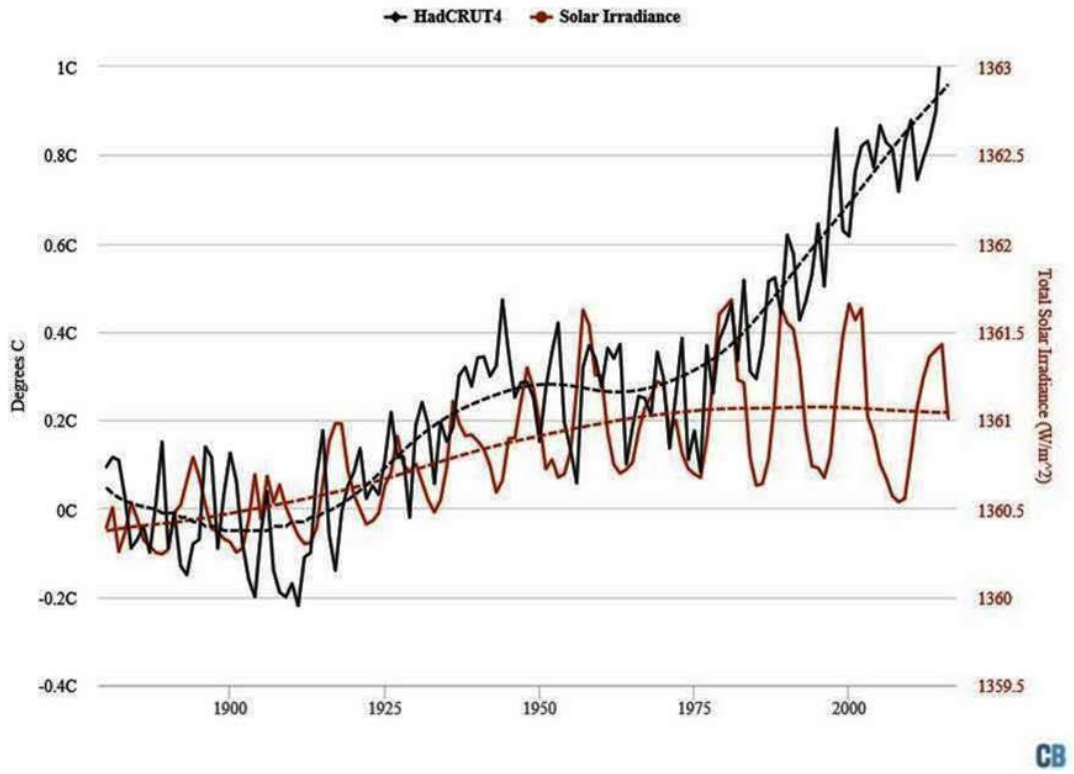
Согласно палеоклиматическим реконструкциям, температура на континентах во время этого события увеличилась на 8°C. Температура воды в тропическом поясе составила 20°C, что на 1,5°C больше современного значения, в арктических морях потепление было значительно масштабнее, а увеличение температуры поверхностных вод Северного Ледовитого океана могло составлять до 10°C.

Во время термального максимума содержание углекислого газа в атмосфере достигло 2–3 ‰, то есть в 5–8 раз больше, чем современное значение 400 ppm, причём большая его часть растворилась в океанической воде, что повысило её кислотность. В результате карбонатные раковины гибнущего планктона стали растворяться в воде, не достигая дна. Несмотря на массовое вымирание бентосных фораминифер, большинство групп организмов не подверглись массовому вымиранию. Географическое распространение большинства видов организмов было радикально изменено при потеплении на 5–8 °C, при этом тропические формы перемещались к полюсу как в океане, так и на суше.

http://pages.geo.wvu.edu/~kammer/g231/PETM.pdf https://en.wikipedia.org/wiki/Paleocene%E2%80%93Eocene_Thermal_Maximum

Солнечная активность не является определяющей в недавнем изменении климата

Temperature and solar irradiance



На графике ниже приведены данные вплоть до 18 августа 2017 года:

- **красная линия - реконструкция солнечной активности TSI** (Naval Research Laboratory Total Solar Irradiance_2)
- **черная линия - температура поверхности Земли** (the UK Met Office Hadley Centre and the Climatic Research Unit at the University of East Anglia) - черная линия
- пунктирные линии – сглаженные средние, полиномиальная регрессия

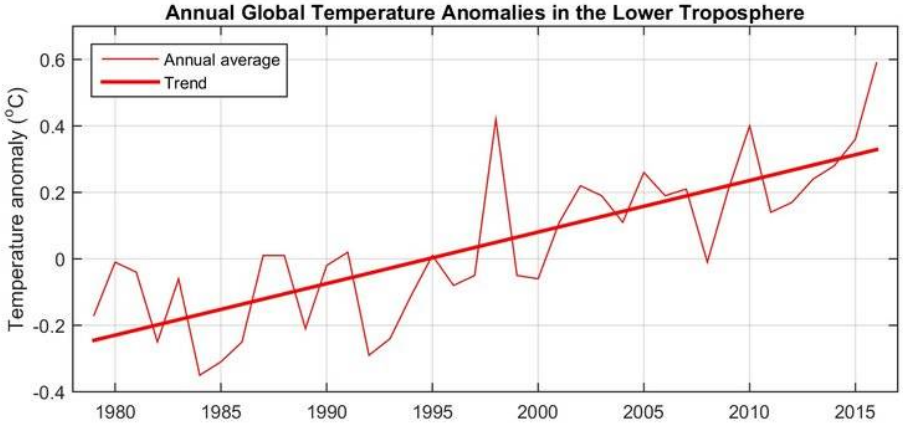
https://www.carbonbrief.org/why-the-sun-is-not-responsible-for-recent-climate-change

Спутниковые данные показывают тенденцию к похолоданию в верхних слоях атмосферы

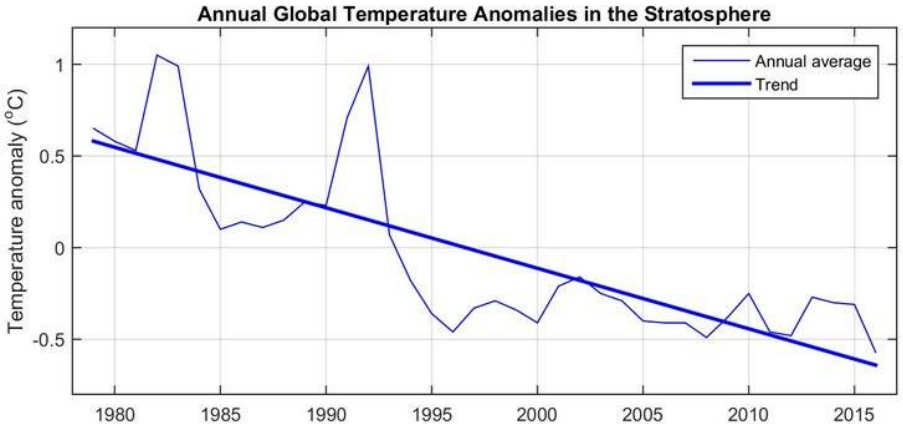
Satellite data show a cooling trend in the upper atmosphere.

(The science July 12, 2017)

Разогрев тропосферы



Охлаждение стратосферы



UAH temperature anomalies (with respect to 1981 - 2010) from NOAA polar orbiting satellites adjusted according to Fu et al. (2004).
Data obtained from UAH - University of Alabama in Huntsville satellite

Показано (модели и наблюдения), что увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере должно вызвать потепление в тропосфере, но охлаждение в стратосфере. Это связано с усилением парникового эффекта: в тропосфере удерживается больше тепла (инфракрасного излучения), при этом меньше тепла достигает стратосферы ("шуба" становится более эффективной). Если бы глобальное потепление было вызвано солнечной активностью, то ожидаемым было бы потепление как в тропосфере, так и в стратосфере.

Указанный эффект – еще одно свидетельство *антропогенного* влияния на климатическую систему (The human fingerprint in temperature trends)

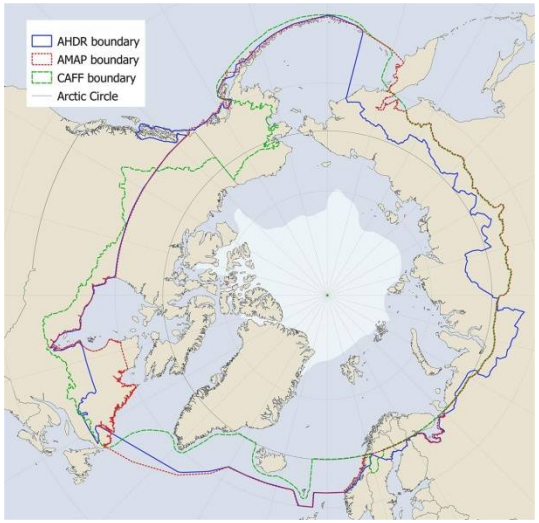
The amount of energy that enters our climate system has remained relatively constant. However, because of greenhouse gas emissions, the amount of energy that is allowed to escape to space is decreasing.

http://www.theclimateconsensus.com/content/satellite-data-show-a-cooling-trend-in-the-upper-atmosphere-so-much-for-global-warming-right

АРКТИКА - ИНДИКАТОР ТЕКУЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Источники климатических аномалий находятся в экваториальных областях Атлантического, Индийского и особенно Тихого океанов. В так называемых теплых бассейнах концентрируются огромные массы перегретой воды, вызывающие погодные возмущения на всем земном шаре.

Г. Алексеев, Арктический и Антарктический НИИ Росгидромета



Арктика является самой чувствительной зоной планеты, где все происходящие климатические изменения выражены в несколько раз заметнее.

Среди основных опасностей, вызовов и угроз, формирующих риски для развития Арктической зоны и обеспечения национальной безопасности, в стратегии называется интенсивное потепление климата в Арктике, происходящее в 2 – 2,5 раза быстрее, чем в целом на планете.

http://www.meteorf.ru/

Warming is transforming the Arctic, says NOAA's Arctic Report Card (December **2019**):

"The Arctic marine ecosystem and the communities that depend upon it continue to experience unprecedented changes"

https://www.arcticcentre.org/EN/arcticregion/Maps/definitions

Изменение климата в России

Тренд на повышение температуры поверхностного слоя воздуха очень нагляден – от второй половины XIX века теплее более чем на 1^0C, при этом
над сушей – около $1,5^0$C,
над океанами – $0,8^0$C,
<u>над территорией России – более 2,0 ^{0}C.</u>

Есть разные сравнения того, насколько в России или в Арктике потепление сильнее, чем в мире. Это не противоречия разных баз данных, они хорошо согласуются. Просто делаются сравнения разных значений, которые одинаково верны. По изменению температуры за 50 лет в России потепление идет в 2,5 раза быстрее, чем в мире в целом. Если же сравнить Россию только с сушей – континентами, то разница будет меньше.

Можно считать потепление за последние 40 или за 10 лет, тогда в Арктике потепление будет в 4 раза быстрее, чем в среднем.

А.О.Кокорин https://wwf.ru/what-we-do/climate-and-energy/lektsii-izmenenie-klimata/#1

Сопоставление данных спутниковых наблюдений с результатами анализа ледяных кернов, образцов пород вечной мерзлоты и годовых колец деревьев показывает, что объем арктических льдов продолжает убывать. Эти исследования показали, что льды Арктики достигли наименьшего объема за последние 1500 лет. Уменьшение объемов морского льда не приводит к росту уровня моря напрямую, однако у него есть множество других опасных последствий.

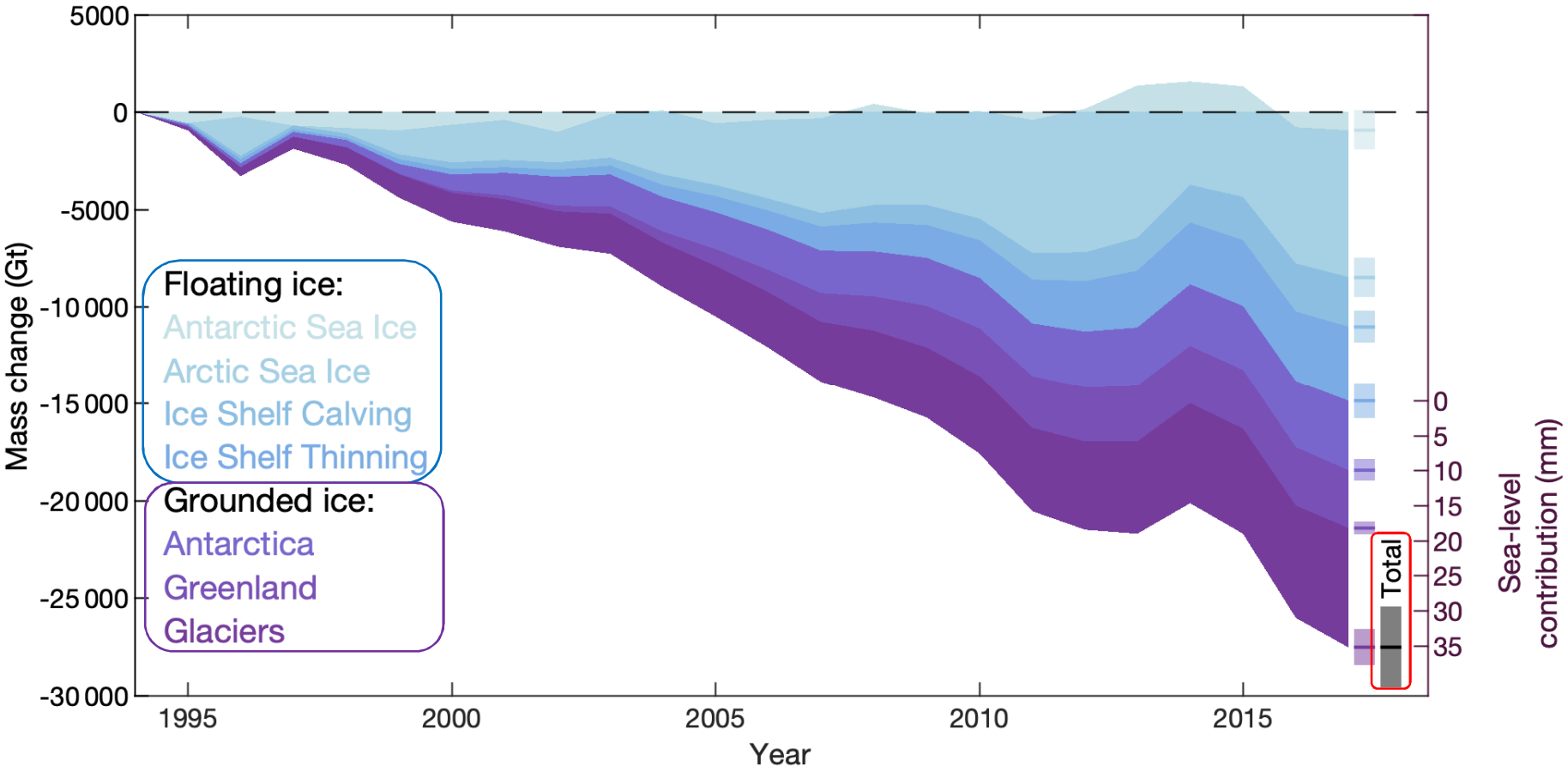
В частности, от количества льда зависит образ жизни полярных животных, а значит, стабильность пищевых цепей.

Заметим, что температуры в Арктике растут быстрее, чем в Антарктиде. Одним из возможных объяснений этого факта может быть разница в их высоте над уровнем моря.

https://www.arctic.noaa.gov/Report-Card

https://meteoinfo.ru/novosti/17471-samoe-teploe-leto-na-severnom-polusharii-v-istorii-meteonablyudenij

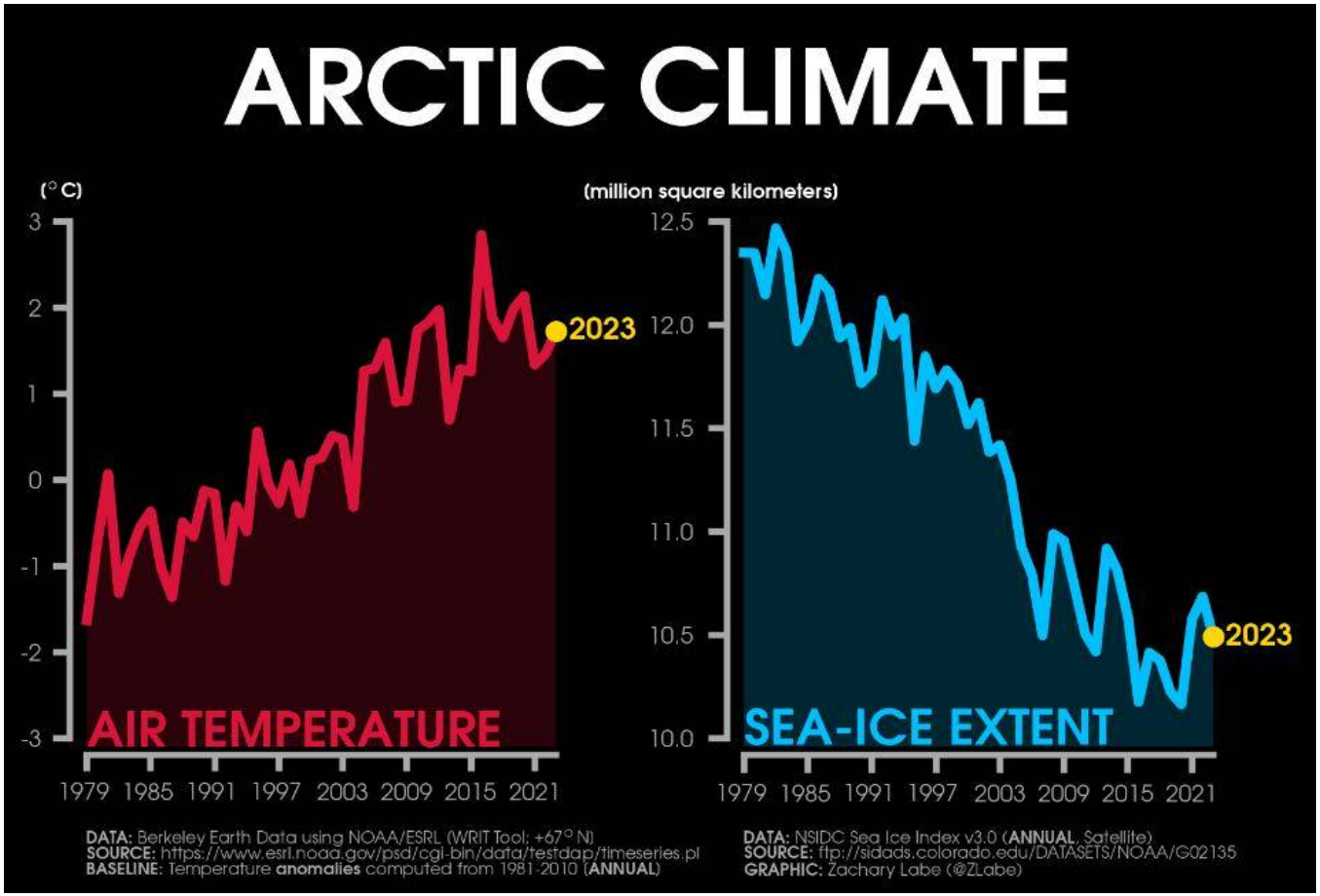
Global ice mass change between 1994 and 2017



Глобальное изменение массы льда в период с 1994 по 2017 год представлено раздельно плавучими льдами (голубой цвет) и материковыми льдами (фиолетовый цвет). Заштрихованные столбцы справа указывают кумулятивное изменение массы и оценку неопределенности для каждого отдельного компонента льда (синий, фиолетовый) и их сумму (черный, в красной рамке). Эквивалентный вклад в уровень моря (мм) из-за потери материкового льда Антарктиды, Гренландии и горных ледников показан на оси справа.

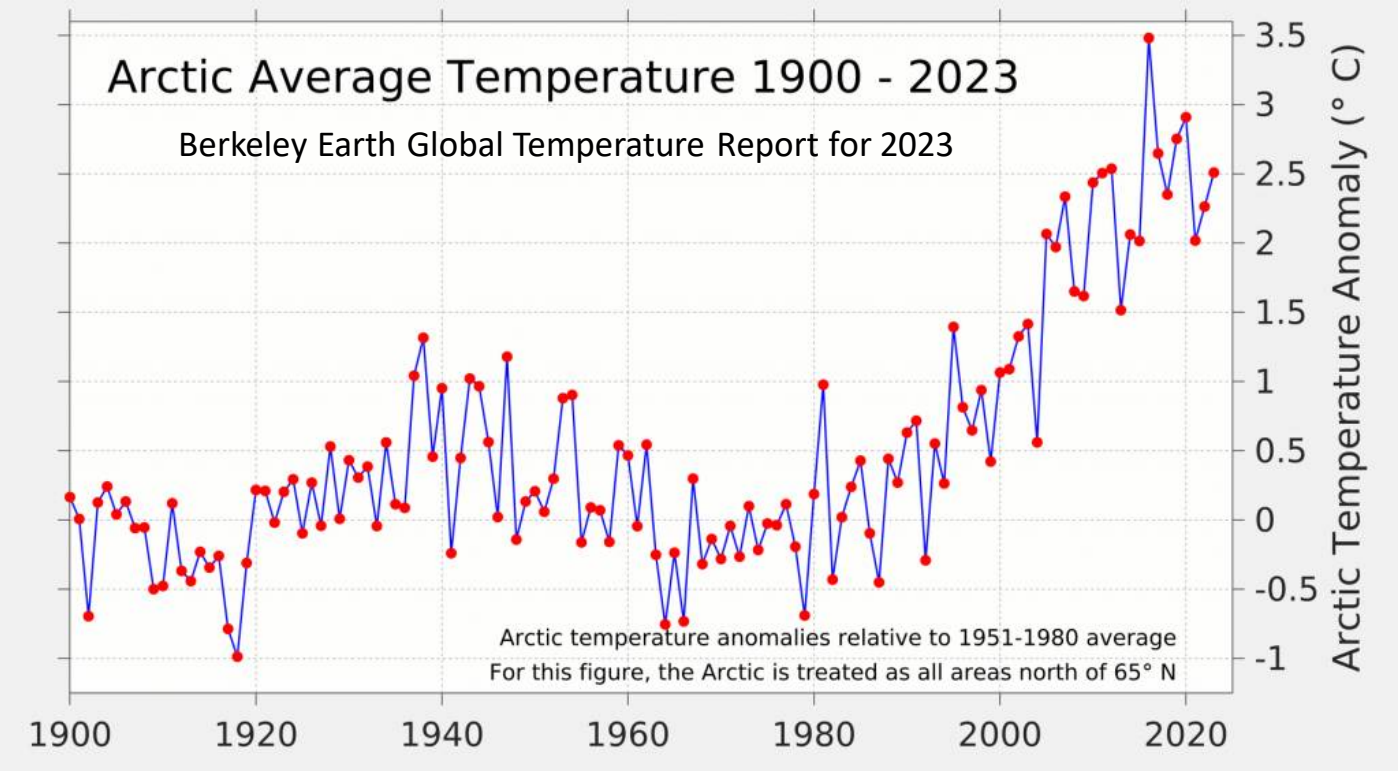
https://tc.copernicus.org/articles/15/233/2021/

Арктика: изменения температуры воздуха и среднегодовой площади арктического морского льда 1979 - 2023



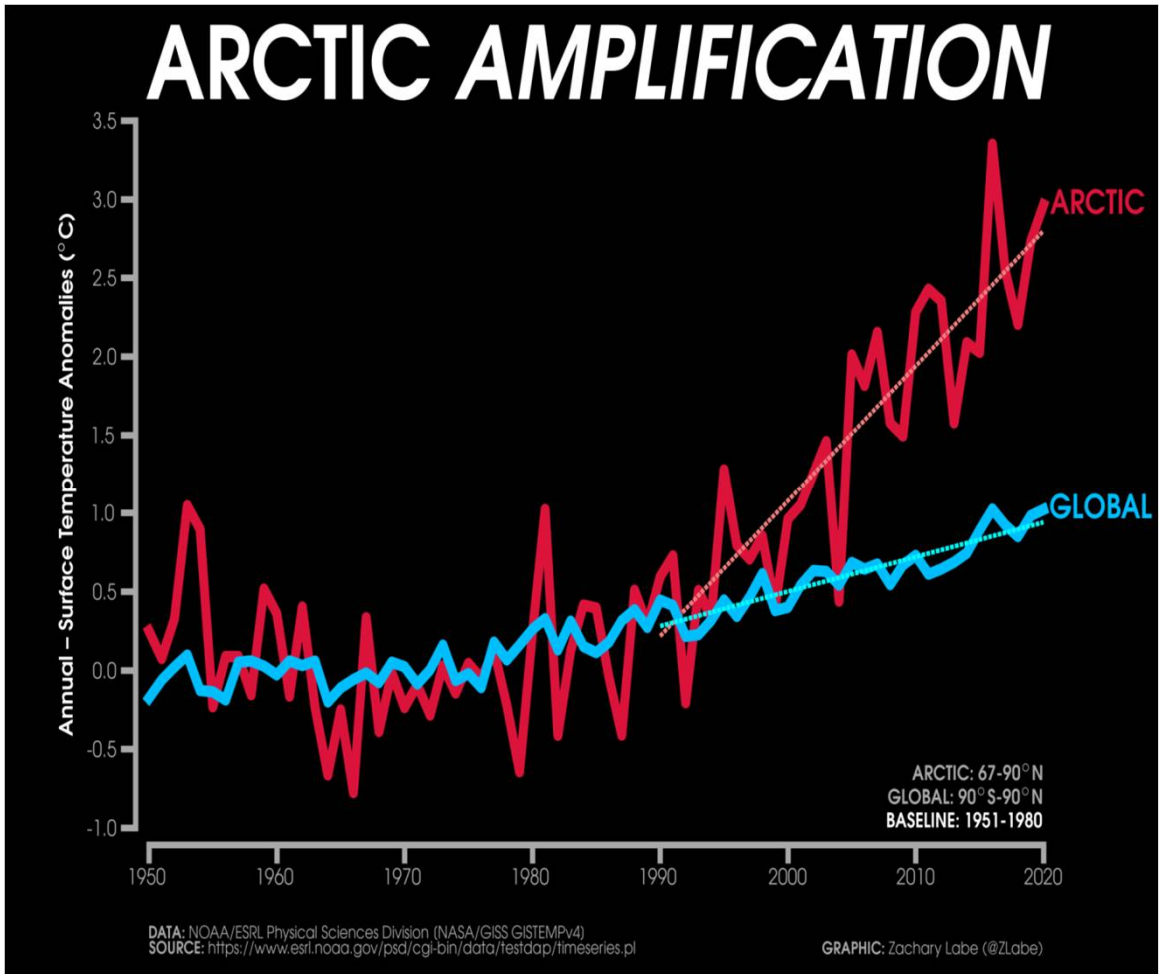
Baseline: Temperature anomalies computed from 1981-2010

Changes in annual mean Arctic sea ice extent (NSIDC, Sea Ice Index v3) and air temperature anomalies (Berkeley Earth Surface Temperature; BEST) over the satellite era. BEST is available from 1850 to 2023 at http://berkeleyearth.org/data/. Updated 1/19/2024.



As in other recent years, 2023 also shows strong warmth over the Arctic that exceeds the Earth's mean warming. **Over the last 40 years, the Arctic has warmed at ~4 times the average global rate.** This is consistent with the process known as *Arctic amplification*. By melting sea ice and decreasing snow cover, warming in the Arctic allows more sunlight to be absorbed, which in turn leads to additional local warming. **However, 2023 was not as warm as other recent years,** and is ranked only 7th overall in the Arctic, slightly ahead of 2022, but significantly cooler than 2020 or 2016**. Similarly, Arctic sea ice melt in 2023 was less extreme than other recent years, though still well ahead on what was typical 30 years ago.**

https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2023/



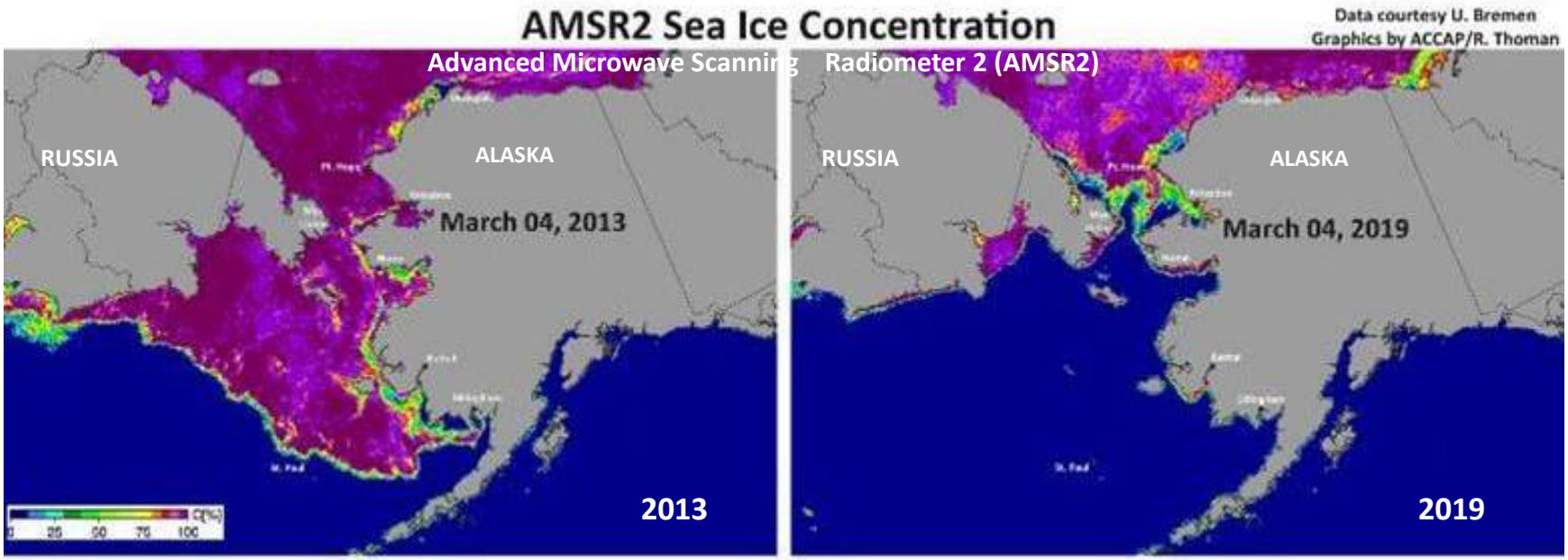
“Арктическое усиление” (*Arctic amplification*) - это рост температуры приповерхностного воздуха над Арктикой по сравнению с более низкими широтами. В основе этих изменений лежат как локальные обратные связи, так и изменений в переносе энергии к полюсу. Особенно важны обратные связи, связанные с морским льдом. Положительная обратная связь, влияющая на средние и экстремальные температуры в Арктике: альбедо (отражающая способность) покрытой льдом морской поверхности существенно превосходит альбедо свободной ото льда, поверхности открытой воды.

Changes in albedo from a frozen light sea surface to a free-of-ice and darker sea surface allow positive feedback affecting mean and extreme temperatures in the Arctic.

https://www.severe-weather.eu/global-weather/arctic-sea-ice-second-highest-18-years-end-2021-rrc/

По мере таяния арктических льдов в летний период становятся все более экстремально теплыми арктические моря

As sea ice disappears, Arctic seas are experiencing extreme summer warmth 2019



Purple/red = more sea ice. Green/blue = less sea ice.

В Арктике как воздух, так и вода нагреваются. Тепло летом может быть экстремальным, поскольку мелкие прибрежные участки, которые исторически были покрыты льдом и снегом, отражающим солнечное излучение, оказываются открытой водой, поглощающей излучение, что приводит к еще большему потеплению (петля положительной обратной связи).

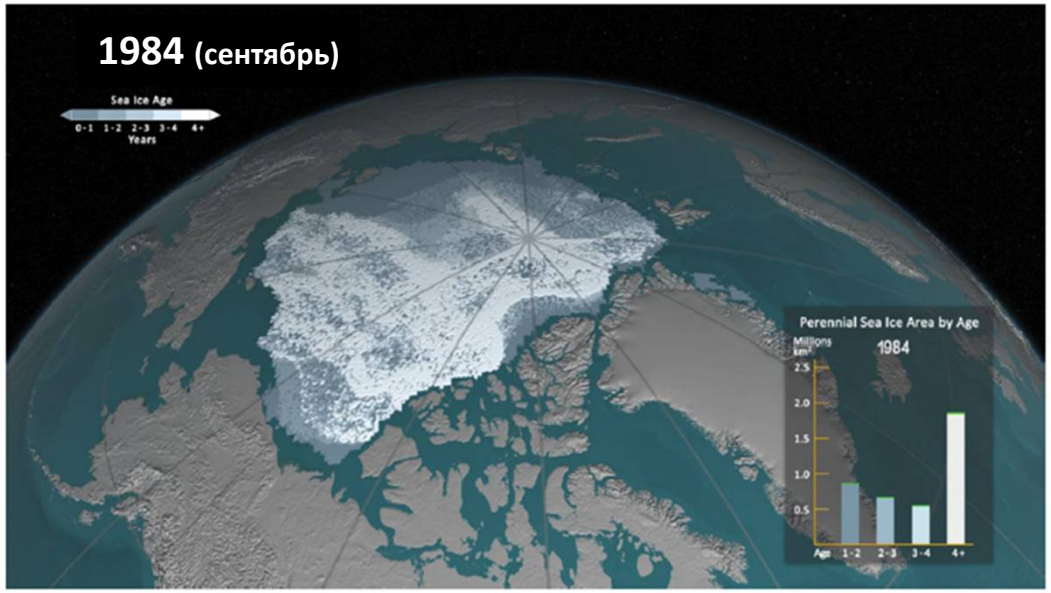
The Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR2) onboard the GCOM-W1 satellite is a remote sensing instrument for measuring weak microwave emission from the surface and the atmosphere of the Earth. From about 700 km above the Earth, AMSR2 provides us highly accurate measurements of the intensity of microwave emission and scattering. The antenna of AMSR2 rotates once per 1.5 seconds and obtains data over a 1450 km swath. This conical scan mechanism enables AMSR2 to acquire a set of daytime and nighttime data with more than 99% coverage of the Earth every 2 days. AMSR2 is a successor to AMSR on Japanese ADEOS-II and AMSR-E on Aqua, a NASA satellite.

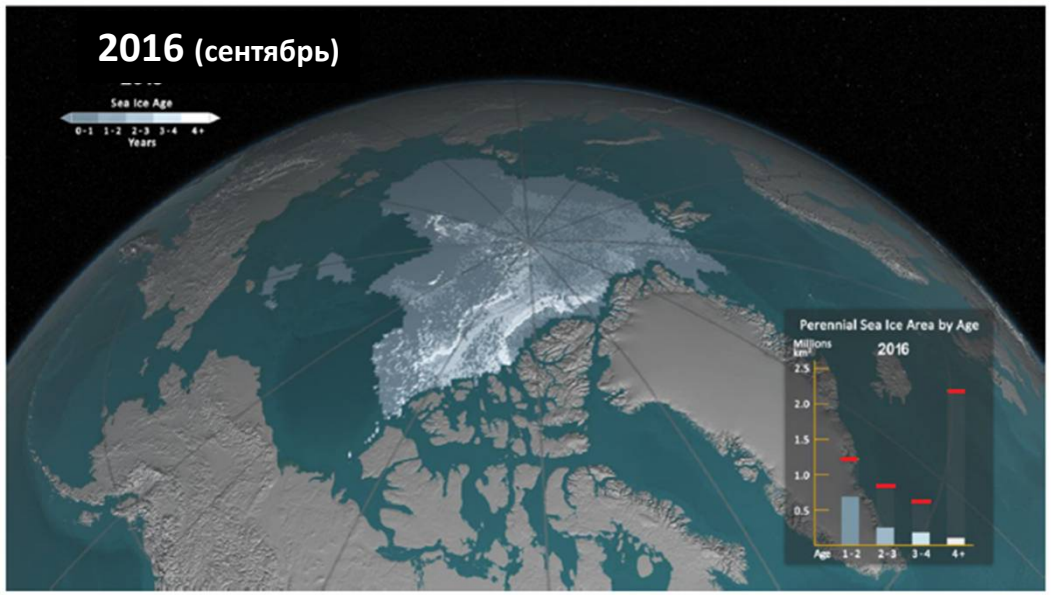
https://www.climate.gov/news-features/featured-images/2019-arctic-report-card-sea-ice-disappears-arctic-seas-are

https://www.ospo.noaa.gov/Products/atmosphere/gpds/about_amsr2.html https://edition.cnn.com/2019/06/28/us/alaska-sea-ice-wxc/index.html

Уменьшение площади и возраста (толщины) морского льда в Арктике

Multiyear Arctic Sea Ice Has Declined Dramatically





Значительное уменьшение площади и возраста (толщины) морского льда с сентября 1984 по сентябрь 2016 г.

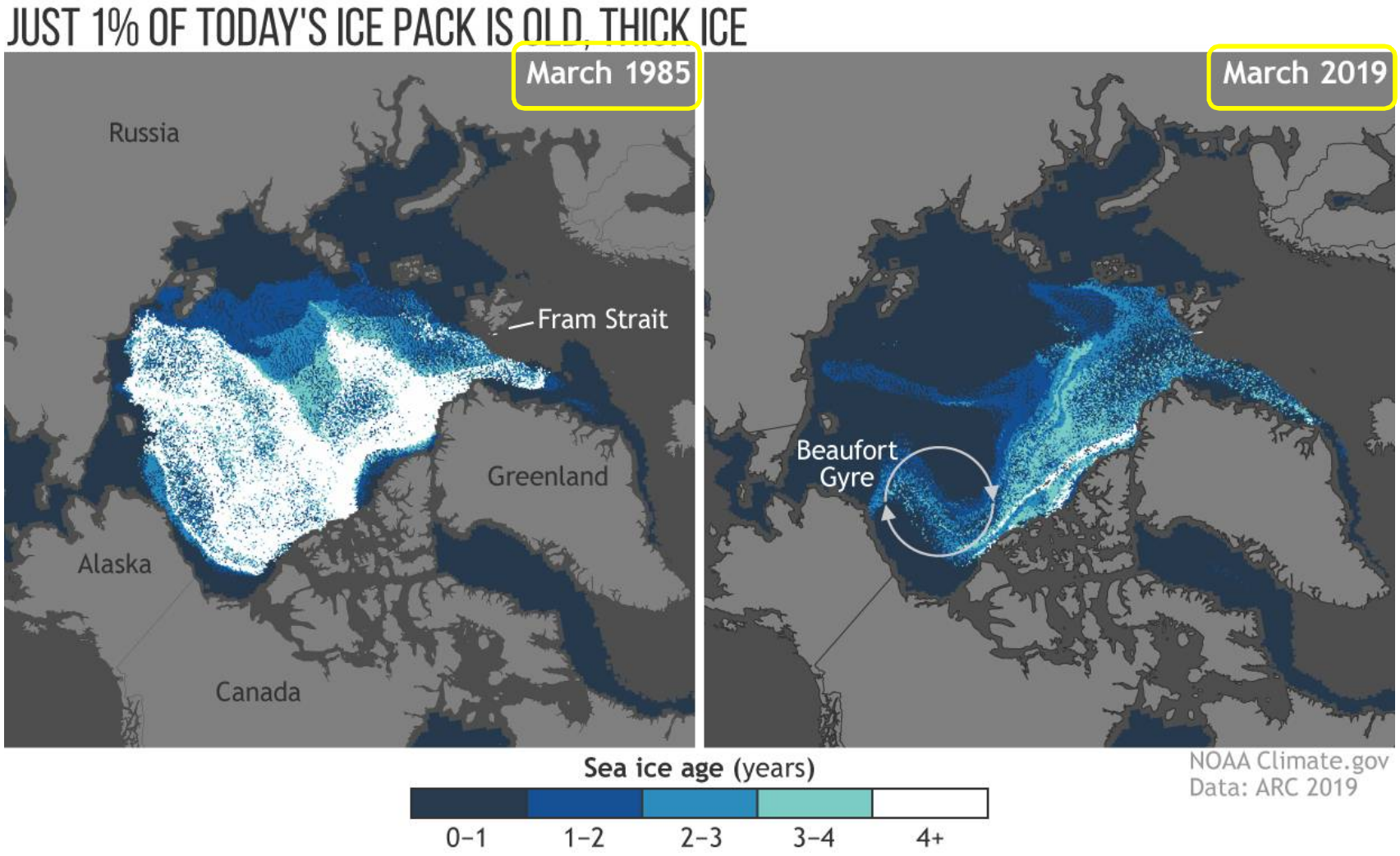
Столбчатые диаграммы в правом нижнем углу каждой панели: **площадь** морского льда (**млн км^2**), соответствующих возрастов **1-2; 2-3; 3-4, > 4 лет**.

Красные полоски в столбцах показывают максимальную площадь для каждой возрастной категории льдов, соответственно.

https://science2017.globalchange.gov/downloads/CSSR2017_FullReport.pdf

2019 Arctic Report Card: Old, thick ice barely survives in today's Arctic

December 10, 2019

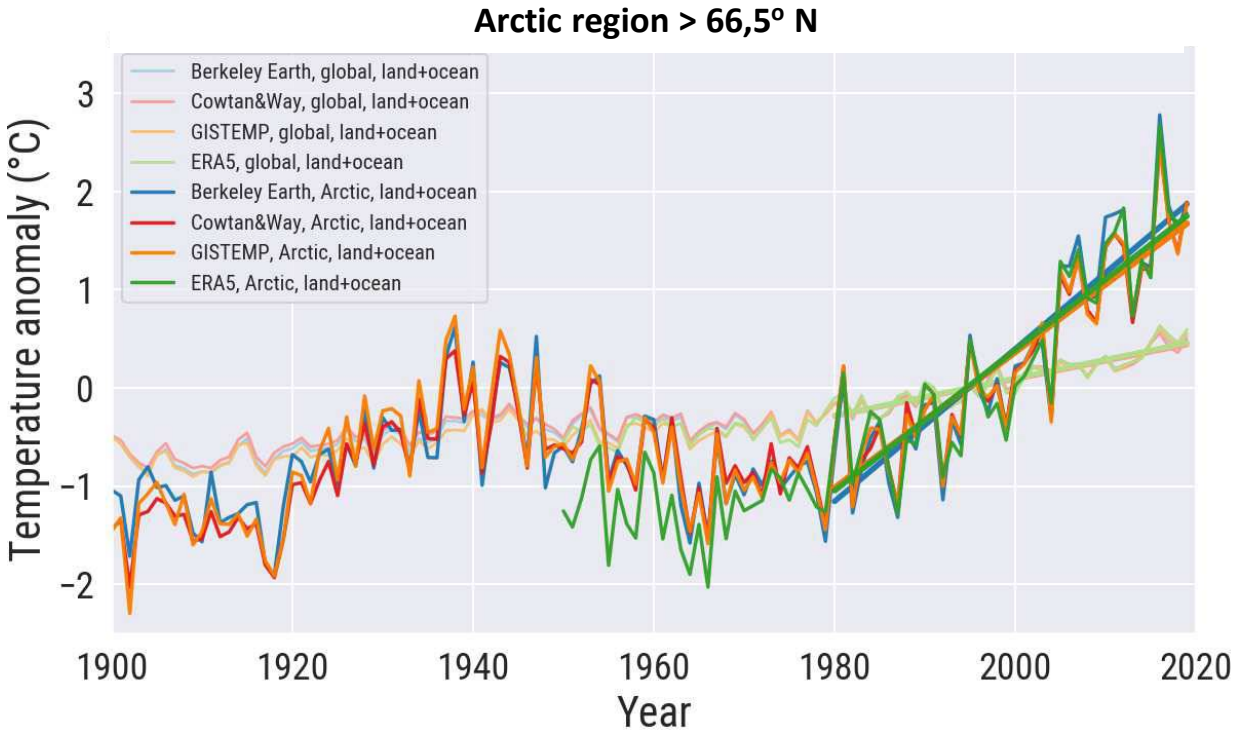


https://www.climate.gov/news-features/featured-images/2019-arctic-report-card-old-thick-ice-barely-survives-today's-arctic

С 1980 года Арктика нагревалась в четыре раза быстрее, чем земной шар

The Arctic has warmed four times faster than the globe since 1980

Среднегодовые аномалии температуры в Арктике и в мире за период с 1900 по 2019 гг. получены на основе различных наборов данных наблюдений (see the legend). Аномалии температуры рассчитаны относительно базового периода 1981-2010 гг. Показаны также линейные тренды температуры за 1980-2019 гг.



Annual mean temperature anomalies in the Arctic and globally during 1900 -2019 derived from the various observational datasets (see the legend). Temperature anomalies have been calculated relative to the 1981-2010 period. Shown are also the linear temperature trends for 1980-2019. Our results imply that the underestimated Arctic or polar amplification leads to biased projections of climate change both in the Arctic and midlatitudes.

https://assets.researchsquare.com/files/rs-654081/v1_covered.pdf?c=1631873458

Сибирские атмосферные реки

Poleward upgliding Siberian atmospheric rivers over sea ice heat up Arctic upper air

Kensuke K. Komatsu, Vladimir A. Alexeev, Irina A. Repina & Yoshihiro Tachibana Published: 13 February **2018**, *Nature*

В течение лета с помощью радиозондов проводились измерения в верхних слоях атмосферы над Северным Ледовитым океаном с ледокола, движущегося к полюсу из свободной от льда (незамерзающей области) в область толстых льдов. Быстрое потепление Арктики происходит во всей тропосфере, а не только вблизи поверхности. В дополнение к общепринятым механизмам, ответственным за усиление тропосферного потепления летом над Арктикой, на основе прямых наблюдений, численного моделирования и статистического анализа данных с использованием повторного анализа (reanalysis) долгосрочных данных, продемонстрировано существование нового процесса.

Этот процесс был назван ”Сибирские атмосферные реки” - “Siberian Atmospheric Rivers (SARs)”. Поднимающиеся к полюсу над куполами холодного воздуха над морским льдом SARs, обеспечивают верхние слои атмосферы притоком тепла за счет конденсации водяного пара, усиливая подъем и нагрев средней тропосферы. При взаимодействии SARs и морского льда в системе суша-океан-атмосфера происходит крупномасштабный перенос тепла и влаги из более низких широт, усиливая потепление арктической тропосферы летом.

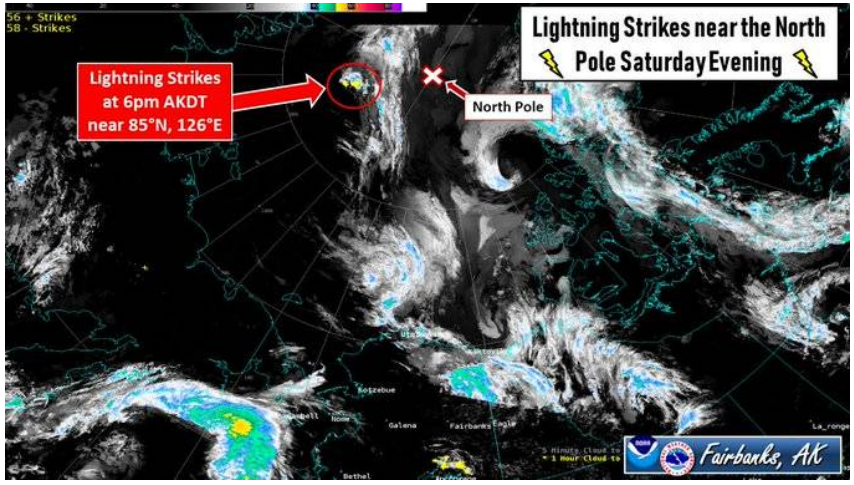
Climate **reanalyses** combine past observations with models to generate consistent time series of multiple climate variables. Reanalysis is very popular and is used for monitoring climate change, for research and education, and for commercial applications. Climate reanalyses combine past observations with models to generate consistent time series of multiple climate variables. Reanalyses are among the most-used datasets in the geophysical sciences. They provide a comprehensive description of the observed climate as it has evolved during recent decades, on 3D grids at sub-daily intervals.

https://www.nature.com/articles/s41598-018-21159-6 https://climate.copernicus.eu/climate-reanalysis

Грозы в Арктике

В 2019 году была зафиксирована самая дальняя за всю историю наблюдений молния на севере, всего в 52 км от Северного полюса





A number of lightning strikes were recorded Saturday evening (Aug. 10th, 2019) within 300 miles of the North Pole. The lightning strikes occurred near 85°N and 126°E. This lightning was detected by Vaisala's GLD lightning detection network. (NWS Fairbanks)

Температура в Арктике растет в три раза быстрее по сравнению со средним глобальным показателем. С исчезновением морского льда увеличивается испарение, в атмосферу добавляется влага. Более высокие температуры и нестабильность атмосферы создают идеальные условия для молний. Молнии в арктическом регионе являются индикатором изменения климата, поскольку они подтверждают проникновение в высокие широты теплого влажного воздуха. На большинстве широт Арктики количество молний оставалось примерно постоянным в течение последних 10 лет, однако наблюдается тенденция к их значительному увеличению к северу от 80° северной широты. В 2019 году была зафиксирована самая дальняя за всю историю наблюдений молния на севере – всего в 52 км от Северного полюса (Vaisala Global Lightning Dataset GLD360). Всемирная метеорологическая организация объявила, что молнии (их частота и пространственное распределение) являются важной климатической переменной, позволяющей судить об изменении климата.

Climate change is triggering more lightning strikes in the Arctic

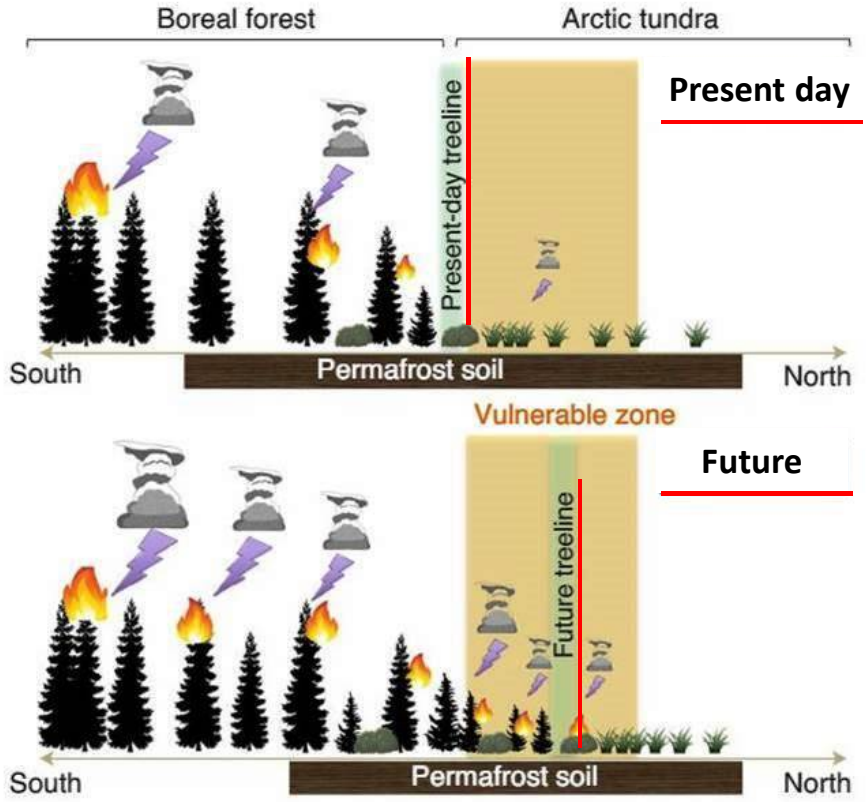
Nearly twice as much lightning was detected north of 80° N in 2021 than in the previous nine years combined

https://naked-science.ru/article/sci/nedaleko-ot-severnogo-polyusa-proshla

https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/WEA-MET-2021-Annual-Lightning-Report-B212465EN-A.pdf

Возросшая частота молний и пожаров в Арктике увеличивает риск высвобождения углерода из вечной мерзлоты

Увеличение числа арктических и бореальных пожаров может превратить эти биомы из стока в источник углерода, поступающего в атмосферу за счет прямых выбросов при пожарах и выбросов в результате "дыхания" почвы (выбросы почвенного углерода из относительно толстых и периодически пересыхающих почв).



При потеплении климата увеличение количества молний может вызвать больше пожаров и ускорить продвижение лесов к полюсу.

Экспансия деревьев на Север, в свою очередь, может способствовать дополнительному потеплению.

Спровоцированные молниями пожары могут обнажить в Арктике более 10 млн. км^2 вечной мерзлоты, ускорить скорость ее таяния, высвобождая огромные запасы "запертого" в ней углерода. Arctic permafrost stores nearly 1,7 Gt of frozen and thawing carbon. https://www.nature.com/articles/s43017-021-00230-3

https://www.nature.com/articles/s41558-021-01011-y#:~:text=We%20hypothesize%20that%20lightning%20increases,with%20permafrost%20soil%20carbon%20release.

https://www.nature.com/articles/s43017-021-00230-3

https://www.nationalgeographic.com/environment/article/once-rare-arctic-lighting-is-now-more-frequent-and-may-reshape-the-region

“Зомби-пожары“ в бореальных лесах (overwintering fires)

https://ria.ru/20220125/zombi-1769288869.html **25.01.2022**

Несколько лет назад ученые обнаружили, что лесные пожары в Арктике зимой не прекращаются, а уходят под землю, где тлеют в торфе до весны, чтобы потом разгореться с новой силой. Такие "зомби-очаги" зафиксировали даже в заполярном Оймяконе при минус 60°С. ("Зомби-пожар" — это термин из западных СМИ, ученые предпочитают называть эти пожары "перезимовавшими" - **overwintering fires**).

Исследователи Амстердамского свободного университета, проанализировав статистику лесных возгораний на Аляске за 2002-2018 годы, установили, что большинство зимних очагов совпадает с летними, а скорость распространения подземного огня очень низкая — от 100 до 250 метров за сезон.

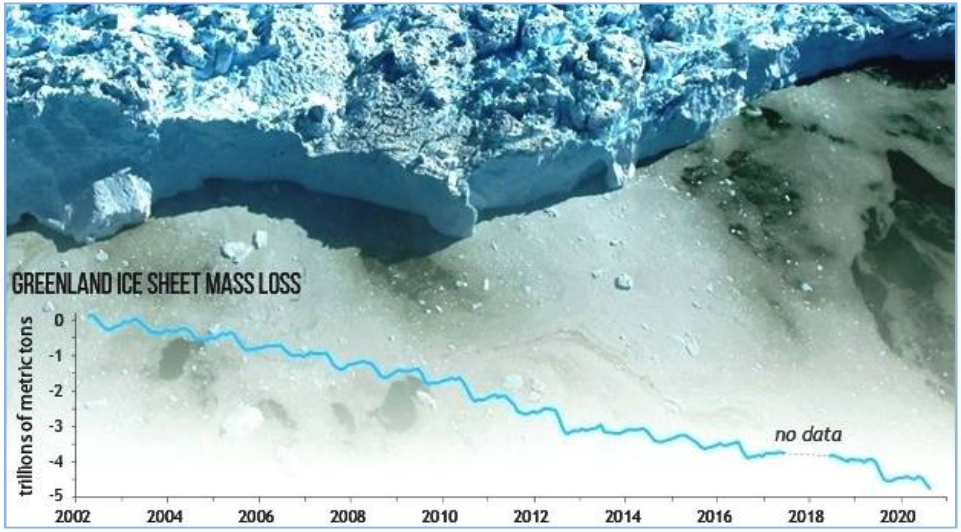
Весной, обычно через полтора-два месяца после схода снега, происходит вспышка. Зимний "зомби-пожар" часто выжигает корневую систему и почву под уцелевшими от летнего огня деревьями, которые погибают и ближе к лету падают. Работа, опубликованная в журнале Nature в 2021 г., показала, что "зомби-пожары", возможно, ответственны за треть общей площади выгорания лесов за полярным кругом.

Overwintering fires in boreal forests https://www.nature.com/articles/s41586-021-03437-y

Forest fires are usually viewed within the context of a single fire season, in which weather conditions and fuel supply can combine to create conditions favourable for fire ignition—usually by lightning or human activity—and spread. But some fires exhibit ‘overwintering’ behaviour, in which they smoulder through the non-fire season and flare up in the subsequent spring. In boreal (northern) forests, deep organic soils favourable for smouldering, along with accelerated climate warming, may present unusually favourable conditions for overwintering. Between 2002 and 2018, overwintering fires were responsible for 0.8 per cent of the total burned area; however, in one year this amounted to 38 per cent. The spatiotemporal predictability of overwintering fires could be used by fire management agencies to facilitate early detection, which may result in reduced carbon emissions and firefighting costs.

Greenland Ice Loss 2002-2020 (Published, **2020**)

The Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-on (GRACE-FO) measures changes in Earth's gravity field in order to track water movement and surface mass changes across the planet.



Average ice loss for Greenland over the full 18-year record was 268 ± 14 billion metric tons per year



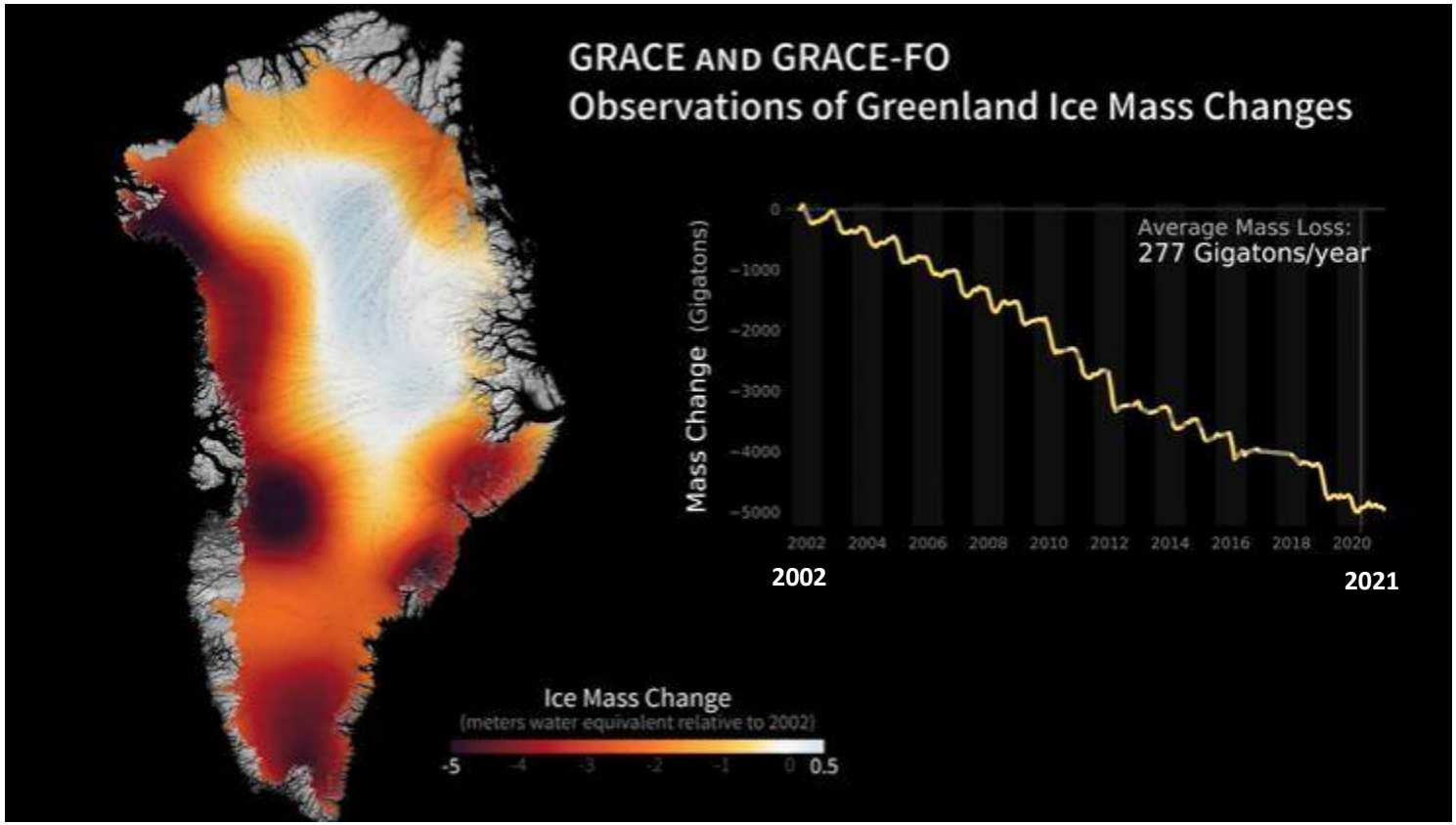
Surface meltwater flows off the Greenland Ice Sheet and into the ocean through channels, which form over several summers

С 2002 года состояние ледяного щита оценивается с помощью спутников (GRACE-FO, Jet Propulsion Laboratory – научно-исследовательский центр НАСА). **Полученные данные 2002-2020 показывают устойчивый спад массы льда**. **Если лед, покрывающий Гренландию, полностью растает, глобальный уровень моря поднимется более чем на 7 метров.** Гляциологи считают, что **в течение нескольких десятилетий до 1990 года Гренландский ледяной щит не набирал и не терял значительного количества льда.**

Гренландия получает лед в основном за счет снегопадов. Лед теряется в результате таяния снега и льда на поверхности при температуре выше 0 °C, большая часть талой воды стекает в океан (сток). В меньшей степени потери льда происходят в результате сублимации (превращение твердого льда в пар), испарения и эрозии снега в ветреную погоду. В отличие от Антарктиды, сток является гораздо более крупным компонентом поверхностного баланса массы Гренландии, которая находится дальше от полюсов и прогревается летом выше 0 °C.

https://www.climate.gov/news-features/featured-images/greenland-ice-loss-2020-was-below-record-above-average

https://www.antarcticglaciers.org/glaciers-and-climate/changing-greenland-ice-sheet/greenland-ice-sheet-mass-balance/



В период с 2002 по 2021 год Гренландия теряла около 280 гигатонн льда в год, в результате чего глобальный уровень моря поднимался на 0,8 миллиметра в год.

Эти изображения, созданные на основе данных GRACE и GRACE-FO, показывают изменения массы льда в Гренландии с 2002 года.

Between 2002 and 2021, Greenland shed approximately 280 gigatons of ice per year, causing global sea level to rise by 0.03 inches (0.8 millimeters) per year. These images, created from GRACE and GRACE-FO data, show changes in Greenland ice mass since 2002.

(GRACE - Gravity Recovery & Climate Experiment NASA Jet Propulsion laboratory)

https://grace.jpl.nasa.gov/resources/30/greenland-ice-loss-2002-2021/

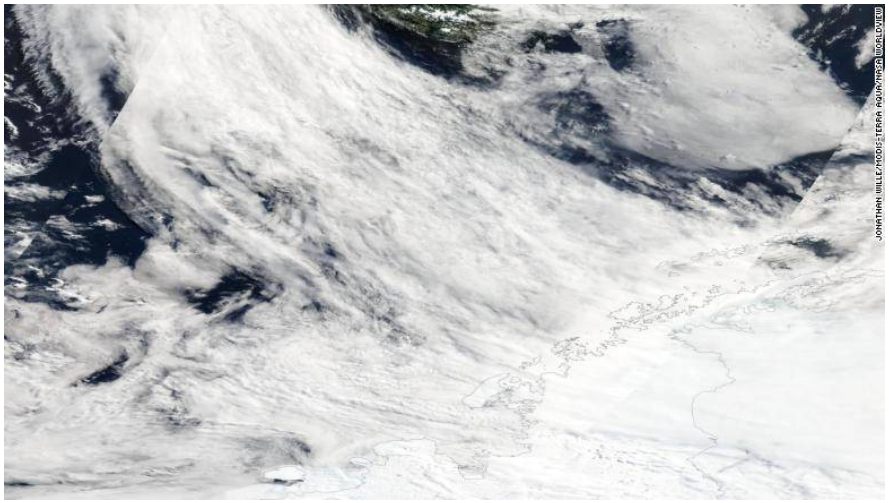
Разрушение шельфовых ледников в Антарктике

Атмосферные реки – см. п. 10.1.

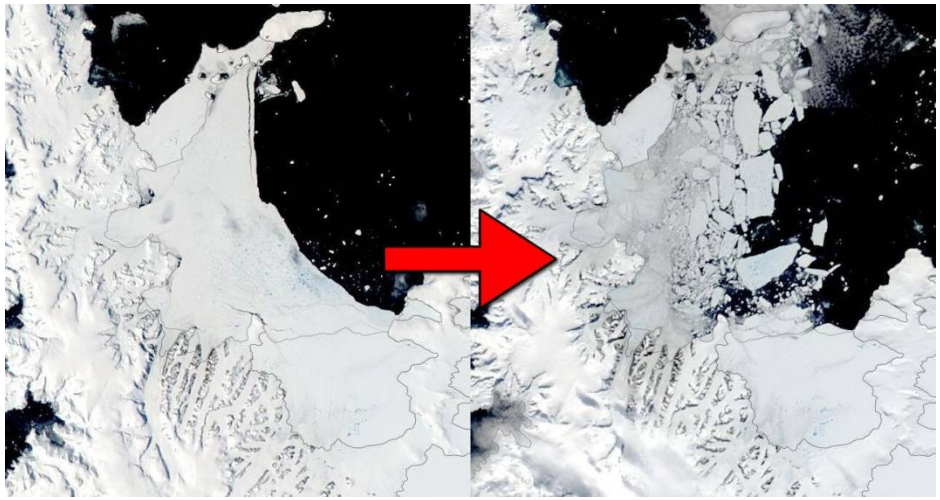
Intense atmospheric rivers can weaken ice shelf stability at the Antarctic Peninsula

https://www.nature.com/articles/s43247-022-00422-9

Наиболее интенсивные атмосферные реки вызывают экстремальные температуры, таяние и распад морского льда или большие волны, которые дестабилизируют шельфовые ледники. В целом 60% отрывов льдин и их разрушения в 2000–2020 гг. были вызваны атмосферными реками. Утрата поддерживающего эффекта этих шельфовых ледников приводит к дальнейшей потере континентального льда и последующему повышению уровня моря. Согласно прогнозам будущего потепления, шельфовый ледник Ларсена С будет подвергаться риску из-за тех же процессов.

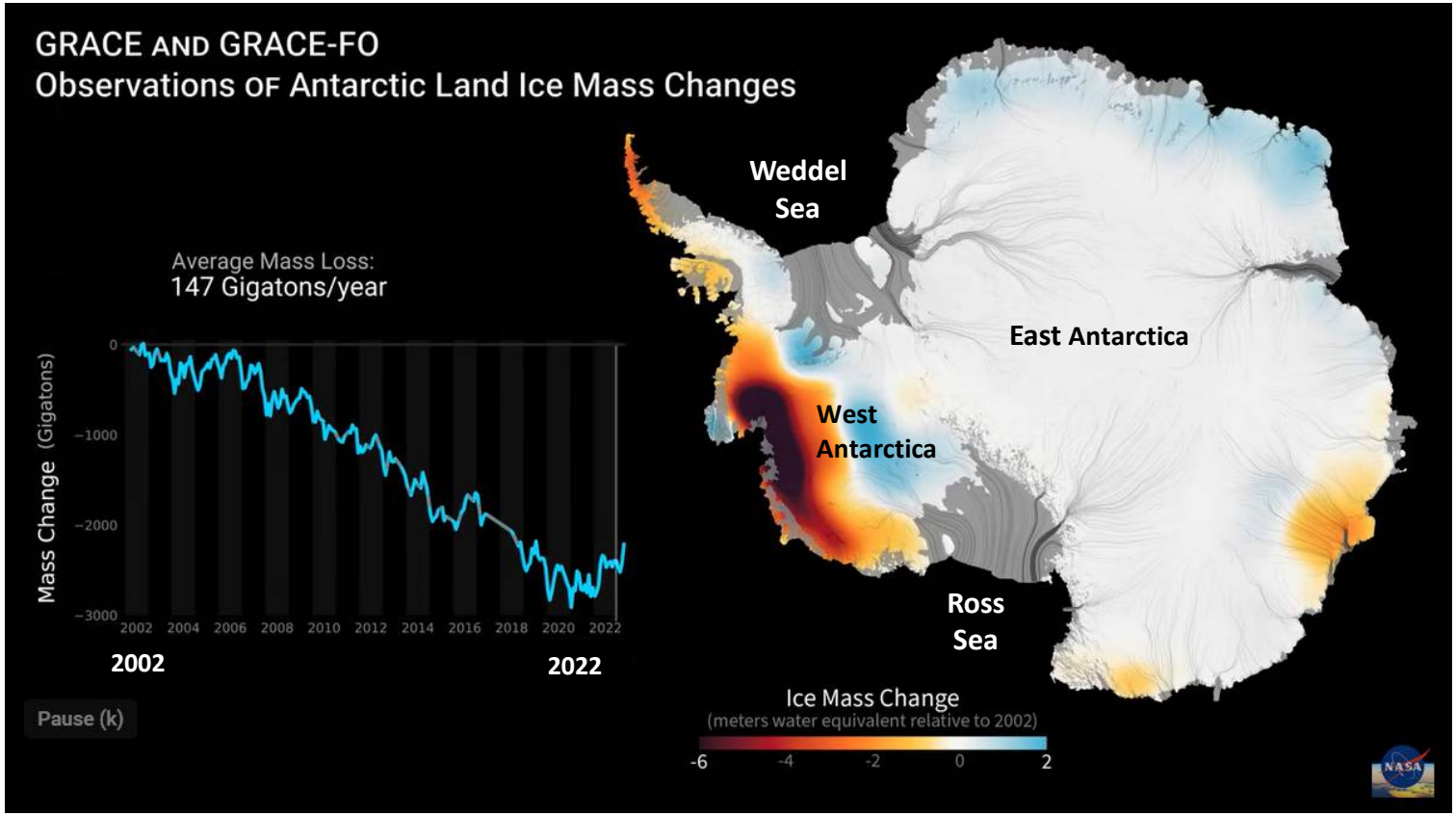


Satellite imagery from an atmospheric river over Antarctica on January 25, 2008, which scientists say triggered the disintegration of ice in the Larsen A and Larsen B shelves.



Two views of the same region of the Antarctic Peninsula from January of **2022**, before the collapse of the Larsen B landfast ice and after. *Credit: NASA*

https://www.theweathernetwork.com/en/news/climate/impacts/nasa-satellites-capture-rapid-disintegration-of-larsen-b-landfast-ice



Масса антарктического ледяного щита изменилась за последние десятилетия. Исследования, основанные на спутниковых данных, показывают, что в период с 2002 по 2020 г. Антарктида теряла в среднем 149 млрд тонн льда в год, что способствовало повышению уровня мирового океана. **Источник**: NASA Climate Change Информация с портала «Научная Россия» (https://scientificrussia.ru/)

August 23, 2023 The Antarctic ice sheet's mass has changed over the last decades. Research based on satellite data indicates that **between 2002 and 2023, Antarctica shed an average of 150 billion metric tons of ice per year, adding to global sea level rise.** These images, created from GRACE and GRACE-FO data, show changes in Antarctic ice mass since 2002. Orange and red shades indicate areas that lost ice mass, while light blue shades indicate areas that gained ice mass. White indicates areas where there has been very little or no change in ice mass since 2002. Areas in East Antarctica experienced modest amounts of mass gain due to increased snow accumulation. However, this gain is more than offset by significant ice mass loss on the West Antarctic Ice Sheet (dark red) over the 21-year period. Floating ice shelves whose mass change GRACE and GRACE-FO do not measure are colored gray. The average flow lines (gray; created from satellite radar interferometry) of Antarctica's ice converge into the locations of prominent outlet glaciers, and coincide with areas of highest mass loss (i.e., Pine Island and Thwaites glaciers in West-Antarctica). This supports other observations that warming ocean waters around Antarctica play a key role in contemporary ice mass loss.

https://climate.nasa.gov/climate_resources/264/video-greenland-ice-mass-loss-2002-2023/.

Scientists watch giant ‘doomsday’ glacier in Antarctica with concern

Cracks and fissures stoke fears of breakup that could lead to half-metre rise in global sea levels – or more



Satellite view of Antarctica with the **Thwaites glacier** marked in red. Photograph: UniversalImagesGroup/UIG/Getty Images



One of the largest glaciers in the world, **Thwaites Glacier**, is also the most affected by climate change. (Image credit: NASA/James Yungel)
https://www.space.com/agu-antarctica-thwaites-glacier-future

Antarctica's 'Doomsday Glacier' (Thwaites Glacier) could meet its doom within 3 years

According to scientists, an ice shelf holding a critical glacier in Antarctica could shatter within the next five years. They say a floating section at the front of Thwaites Glacier that until now has been relatively stable could "shatter like a car windscreen".

2021 Collapse of doomsday glacier in Antarctica could begin within a decade

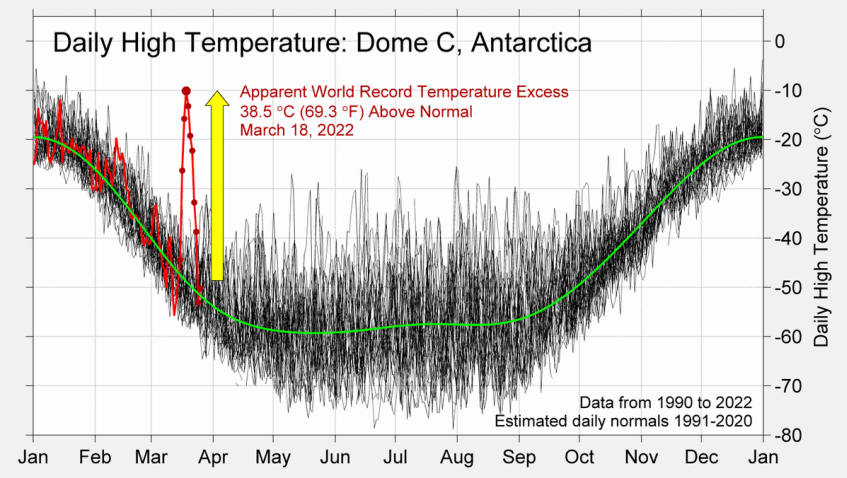
Antarctica's Thwaites glacier could lose its grip on its seamount within 10 years, which could lead to catastrophic sea level rise and potentially set off a domino effect in surrounding ice https://www.newscientist.com/article/2301503-collapse-of-doomsday-glacier-in-antarctica-could-begin-within-a-decade/

https://www.nature.com/articles/s41561-024-01375-8

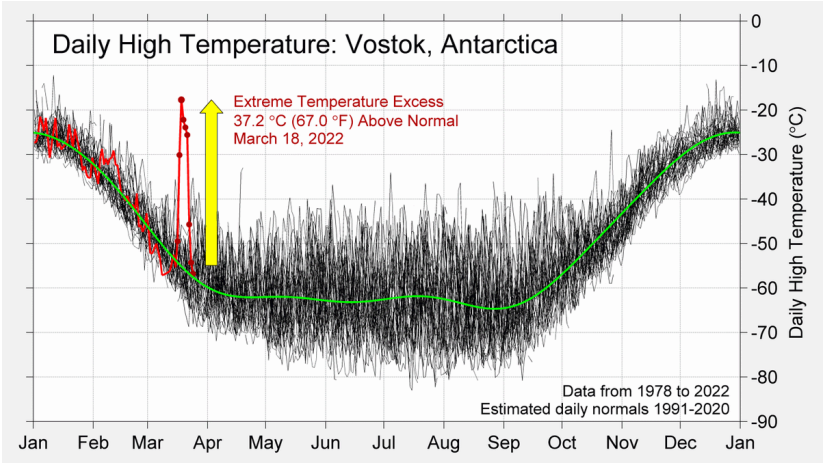
https://www.theguardian.com/world/2021/dec/18/scientists-watch-giant-doomsday-glacier-in-antarctica-with-concern?utm_term=61c464c30bde50e353431a1836aa2046&utm_campaign=GreenLight&utm_source=esp&utm_medium=Email&CMP=greenlight_email

Антарктика: волны тепла

Antarctic Heatwave: A Rapid Analysis of the Record-Setting March 2022 Antarctic Heatwave



The heat wave on the Antarctic plateau lasted ~8 days and peaked at nearly nearly 40 °C above average. This above measurement from near the manned research **station at Dome C** is supported by a wealth of corroborating evidence. It was widely predicted in weather forecasts and was seen at both manned and unmanned weather stations.



Most significantly, temperature measurements from the manned **station at Vostok, 560 km away from Dome C,** also registered an extraordinary heatwave at the same time as the observers on the ground at Dome C.

18 марта 2022 г. на Восточно-Антарктическом плато наблюдались рекордно высокие температуры – более чем на 38°C (69°F) выше нормальной средней температуры, что явилось мировым рекордом по превышению температуры над нормой.

Заметим, что обычно считается, что некоторые экстремальные погодные явления, такие как волны тепла, тесно связаны с глобальным потеплением. Взаимосвязь между любым отдельным экстремальным явлением и антропогенным потеплением требует дальнейшего изучения и анализа.

http://berkeleyearth.org/march-2022-temperature-update/#:~:text=Antarctic%20Record%20Heat%20Wave,for%20this%20time%20of%20year.

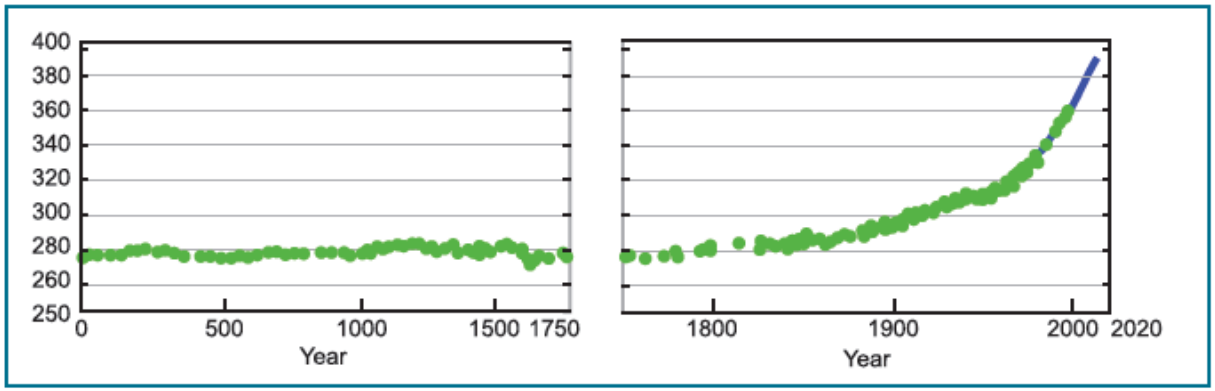
Приложение 1

«ЕСТЕСТВЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА: СОСТОЯНИЕ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ»

Выдержки из лекции А.О. Кокорина,
директора программы «Климат и энергетика»
Всемирного фонда дикой природы WWF

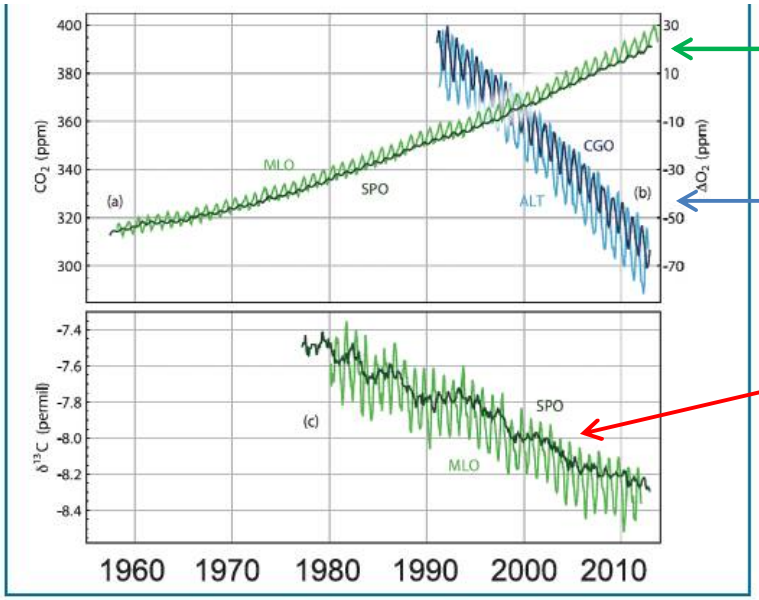
http://tube.sfu-kras.ru/video/2269

Первая особенность последних десятилетий – антропогенный рост концентрации CO_2 и ряда других газов (подтверждается изотопным анализом и др.)



Source: IPCC, 2013 AR5, vol.1 www.ipcc.ch page 493

0-1750 и 1750-2015 гг. лет Резкий антропогенный (!) рост концентраций CO_2, CH_4, N_2O, F-газов в атмосфере, загрязнение атмосферы пылью, сажей, …..



CO_2

O_2

$\delta^{13}C$

Внимание: значения $\delta^{13}C$ убывают!

Source: IPCC, 2013 AR5, vol.1 www.ipcc.ch page 493

Вторая особенность последних десятилетий – потепление всех океанов, которое не может быть объяснено Солнцем, вулканами, вариацией течений и т.п., но хорошо моделируется при «включении» больших концентраций CO_2 и других парниковых газов

Энергия климатической системы на >90% в Мировом океане. Если Мировой океан теплеет, то это глобальное потепление, даже если атмосфера (тропосфера) становится холоднее на части или даже на всей Земле

Третья особенность последних десятилетий – охлаждение стратосферы (верхней атмосферы), в то время как тропосфера (нижняя атмосфера) теплеет

Когда потепление вызвано солнцем, то повышается температура и тропосферы и стратосферы.

Когда потепление вызвано усилением парникового эффекта, то стратосфера охлаждается – «пленка толще» (увеличение “оптической толщины” атмосферы в инфракрасной области).

Причины «сомнений»

А.О. Кокорин Всемирный фонд дикой природы (WWF)

Сложно понять, что антропогенное влияние – главный фактор лишь в масштабе XXI-XXII веков, но не в масштабе десятилетий или отдельных лет; что главные особенности потепления нельзя «увидеть глазом»; что потепление это «разбаланс», который может выражаться и в холодах

Система образования в целом не знает и не использует климатическую «продукцию» Росгидромета

Политики, бизнесмены и ученые (но не климатологи, а математики, филологи, экономисты….) любят порассуждать "о погоде", часто это искажает и запутывает ситуацию

СМИ «любят» сенсации и мифы, путают временные масштабы (ледниковые периоды, XXI-XXII века, отдельные десятилетия),

Население имеет низкий уровень знаний, запутано мифами из СМИ, интернета и кинофильмов

Алексей Кокорин о климатическом скептицизме (2017)

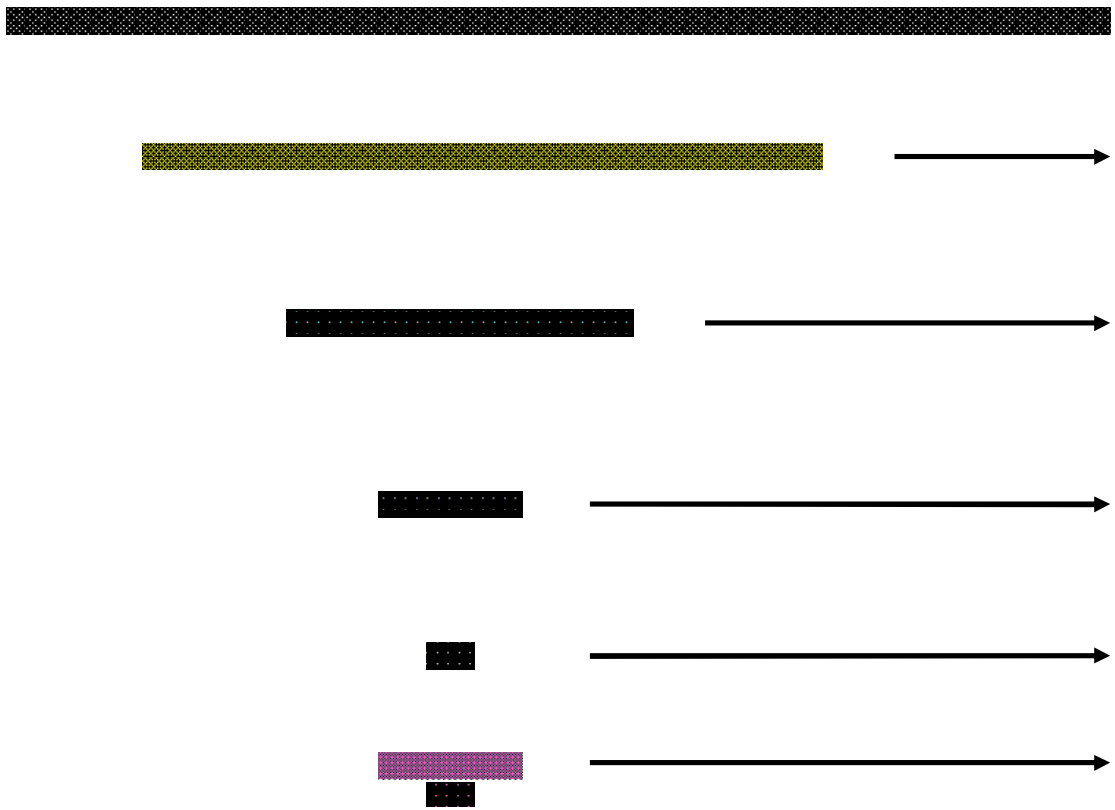
Психологические истоки климатического скептицизма.

Во-первых, логика самого познания (степень доверия к авторитетам, личный опыт «потепления» в последние годы). Вторая причина – нежелание осознать и признать вину. Третий аспект познания – нежелание изменить свои личные убеждения. В климатическом контексте в России скептически настроенным людям очень легко отбрасывать факты как «нерелевантные» по трем причинам: географическая удаленность, временной лаг, вероятностный характер климатических прогнозов. Эффекты мейнстрима, СМИ и социальных сетей.

https://cc.voeikovmgo.ru/ru/novosti/novosti-partnerov/203-aleksej-kokorin-o-klimaticheskom-skeptitsizme

Разные временные масштабы – разные главные факторы изменений

А.О. Кокорин. Лекции "Изменение климата в России". https://wwf.ru/



Главный фактор

500 млн лет. Дрейф (расположение) континентов – изменение альбедо

1 млн лет. Орбита Земли – приход и уход ледниковых периодов

Конец XX, XXI-XXII века. Антропогенное воздействие (вероятно, более длительно)

Отдельные десятилетия. Солнце (возможны более длительные явления)

Отдельные 1-3-5 лет. Вулканы

Отдельные 1-3-5 лет. Внутренняя изменчивость климатической системы. Вариации океанских течений (возможны более длительные явления)

Все естественные факторы действуют и в прошлом и в будущем. На них накладывается антропогенное воздействие, которое доминирует при осреднении эффектов за 50-100 и более лет

https://wwf.ru/what-we-do/climate-and-energy/lektsii-izmenenie-klimata/#1

Обоснование вывода о сильном антропогенном влиянии на изменение климата за последние 50 лет и в XXI веке в целом

Обзор под общей редакцией директора программы «Климат и энергетика» Всемирного фонда природы А.О. Кокорина https://wwf.ru/what-we-do/climate-and-energy

Заключение

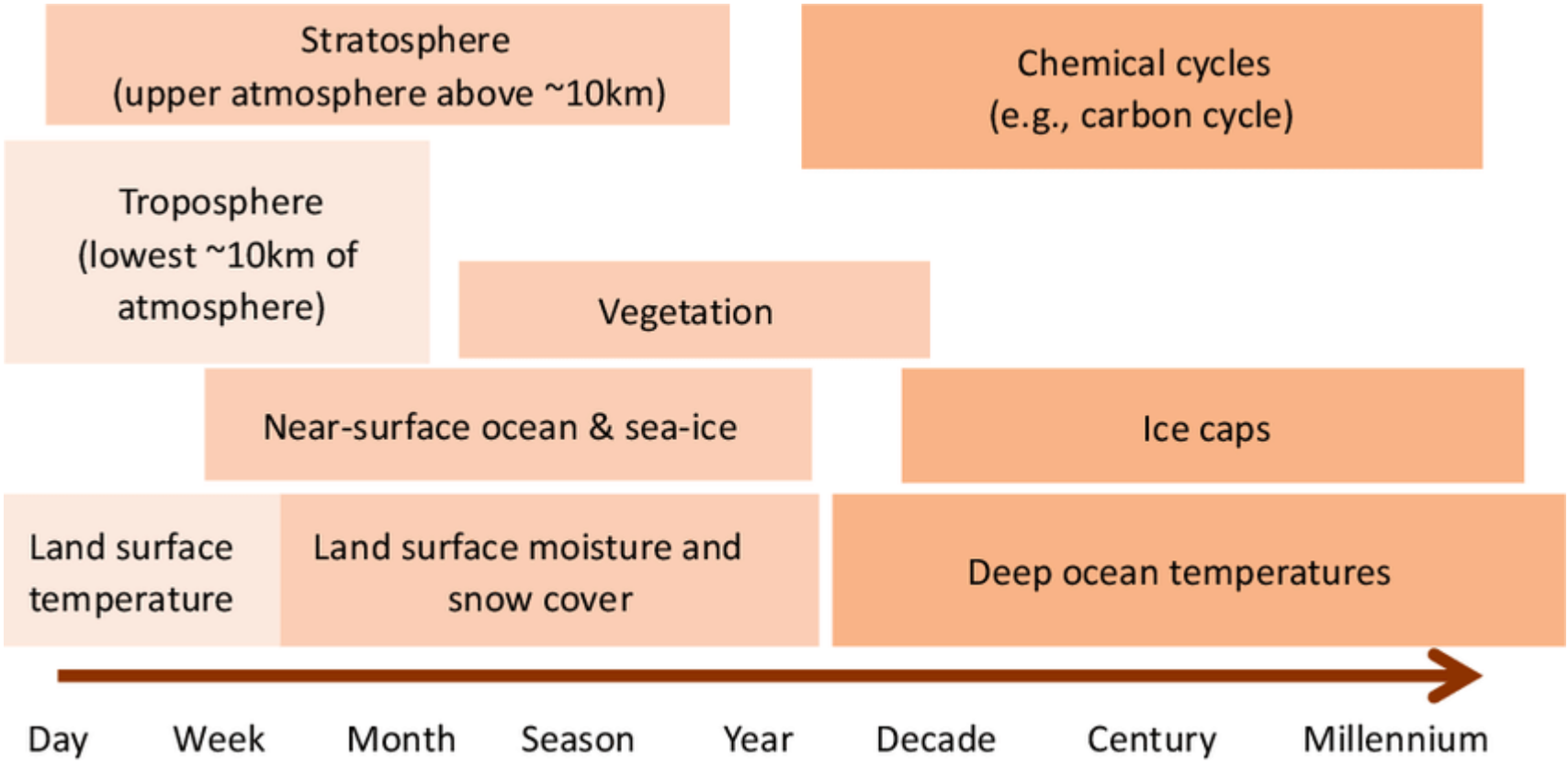
Можно совершенно определенно сказать, что:

- **глобальное потепление есть, проявляется во всех компонентах климатической системы Земли и усиливается;**
- **изменение климата в последние полвека не может быть объяснено только естественными причинами;**
- **оно успешно объясняется учетом антропогенных воздействий на фоне действия естественных факторов. Главный антропогенный эффект – усиление парникового эффекта выбросами в атмосферу CO_2, поступающими от сжигания угля, газа и нефтепродуктов;**
- **в XXI веке *антропогенное воздействие* продолжится и усилится;**
- **действие *естественных факторов* будет в целом определять изменчивость климата в отдельные годы и десятилетия с малым вкладом в температурные тренды для периодов около полувека и более.**

https://drive.google.com/file/d/0B6IY59CBXkftWjJOV0tJanlFQ2pvQ2RLWWpDN1JPWnJab1FV/view

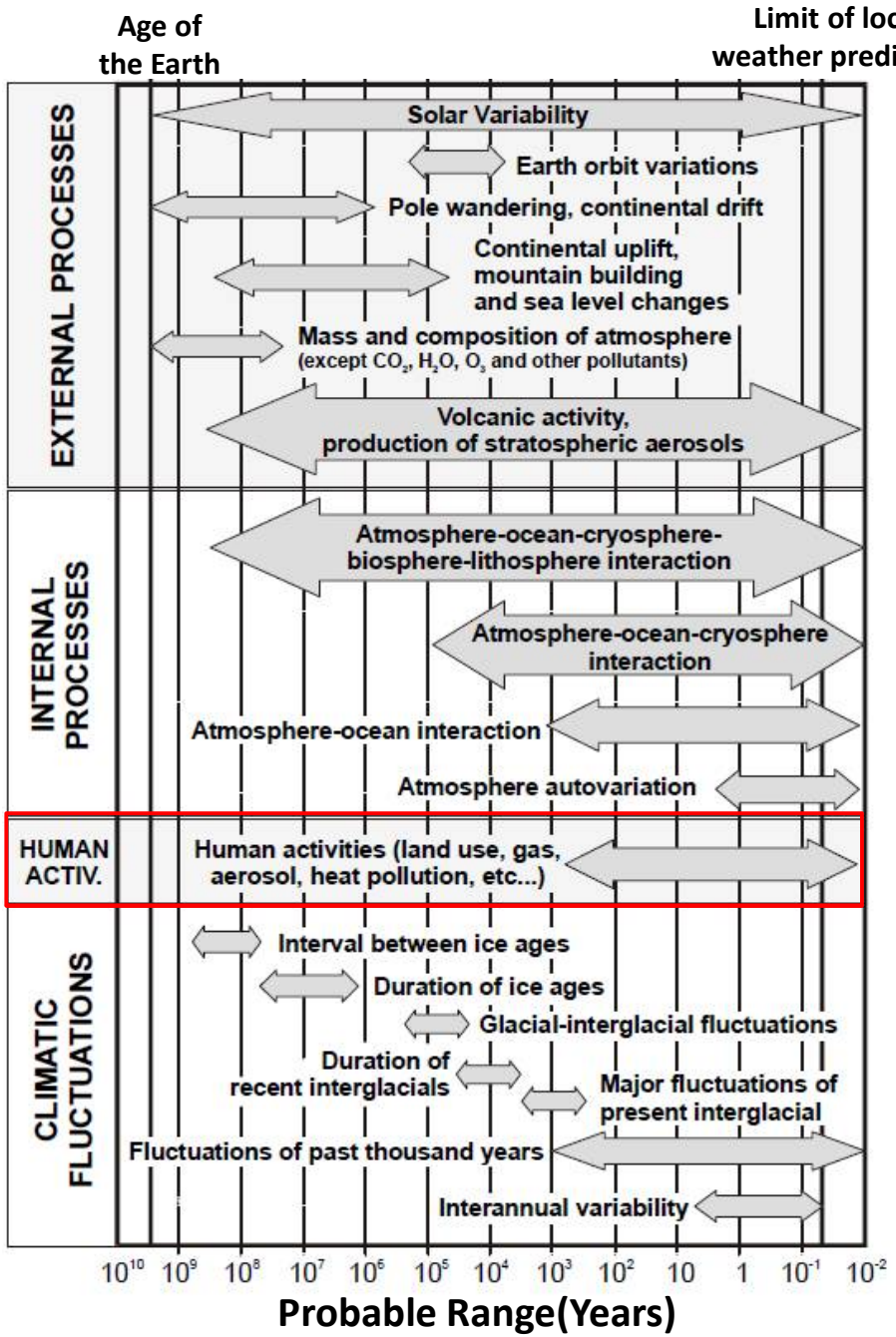
Приложение 2
Характерные времена изменения некоторых компонент климатической системы

Indicative timescales of selected components in the climate system



Weather, Climate and the Nature of Predictability. *David J. Brayshaw* 2017

https://www.researchgate.net/publication/322240673_Weather_Climate_and_the_Nature_of_Predictability



Характерные времена, присущие различным компонентам климатической системы и процессам их взаимодействия (внешним, внутренним, антропогенным), а также изменчивости, свойственной этой системе

Characteristic timescales for the climatic fluctuations and forcing factors (external, internal, human) of the climate system
Global Climate: Current Uncertainties in the Climate System 2023

https://www.researchgate.net/publication/275350874_Global_Climate

Приложение 3

БУДУЩЕЕ КЛИМАТИЧЕСКОЙ НИШИ ЧЕЛОВЕКА

Future of the human climate niche We show that for thousands of years, humans have concentrated in a surprisingly narrow subset of Earth's available climates, characterized by mean annual temperatures around ~13 °C. This distribution likely reflects a human temperature niche related to fundamental constraints. https://www.pnas.org/content/117/21/11350 **(2020)**

Условия невыносимой жары наступят в ближайшие 50 лет для миллиарда человек

One billion people will live in insufferable heat within 50 years – study

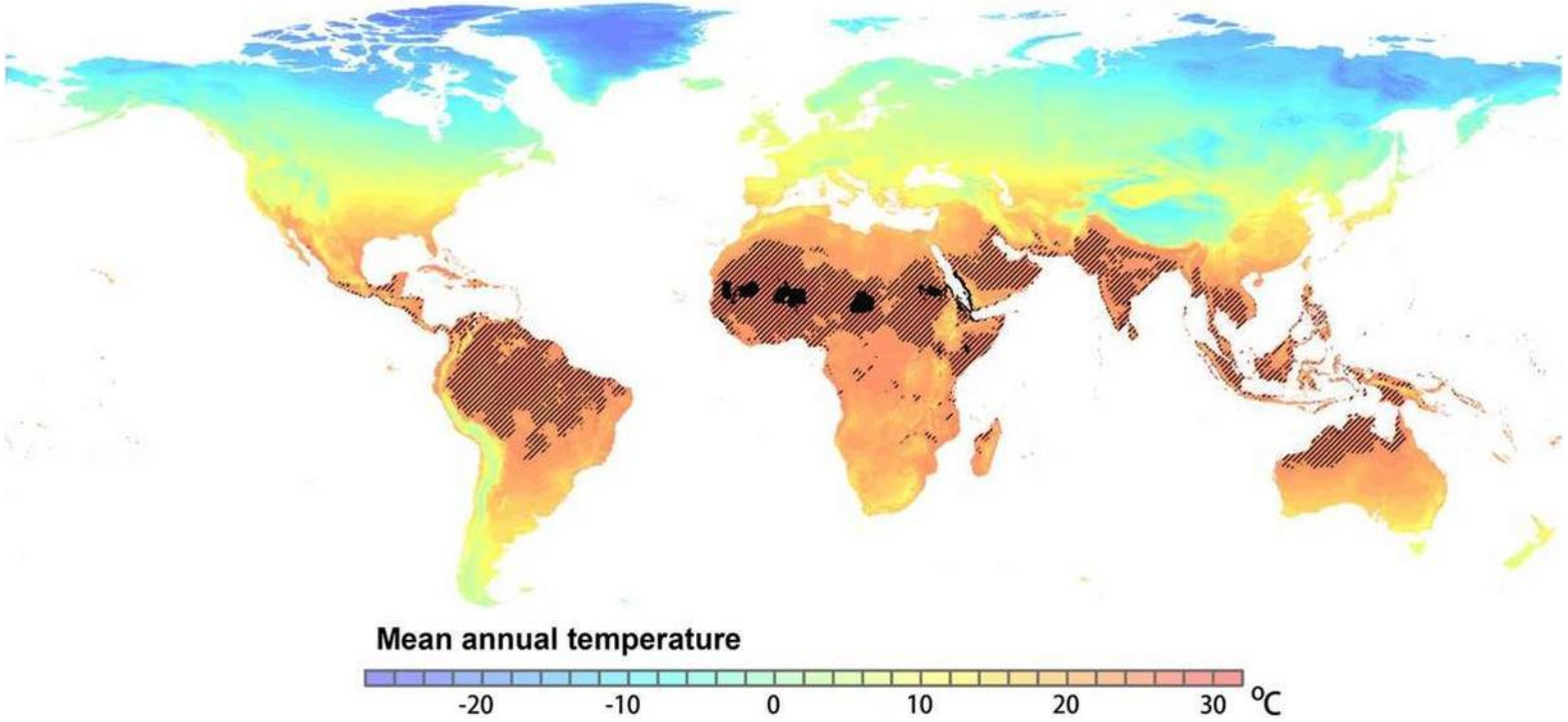


https://www.pnas.org/content/early/2020/04/28/1910114117

https://www.tes.com/lessons/UwCwuIYrvlwuyw/taking-a-look-at-the-polluted-subcontinent-by-michael-bear

Future of the human climate niche

PNAS May 26, 2020



Увеличение площади регионов с чрезвычайно жарким климатом при условии "инерционного сценария" (BAU-сценария, Business as usual). В условиях современного климата среднегодовые температуры > 29 ° C ограничены небольшими темными областями в регионе Сахара. Согласно прогнозам, в 2070 году такие условия возникнут для всей заштрихованной области (согласно сценарию RCP8.5), где в отсутствие миграции в 2070 году будет проживать 3,5 миллиарда человек (по сценарию демографического развития SSP3).

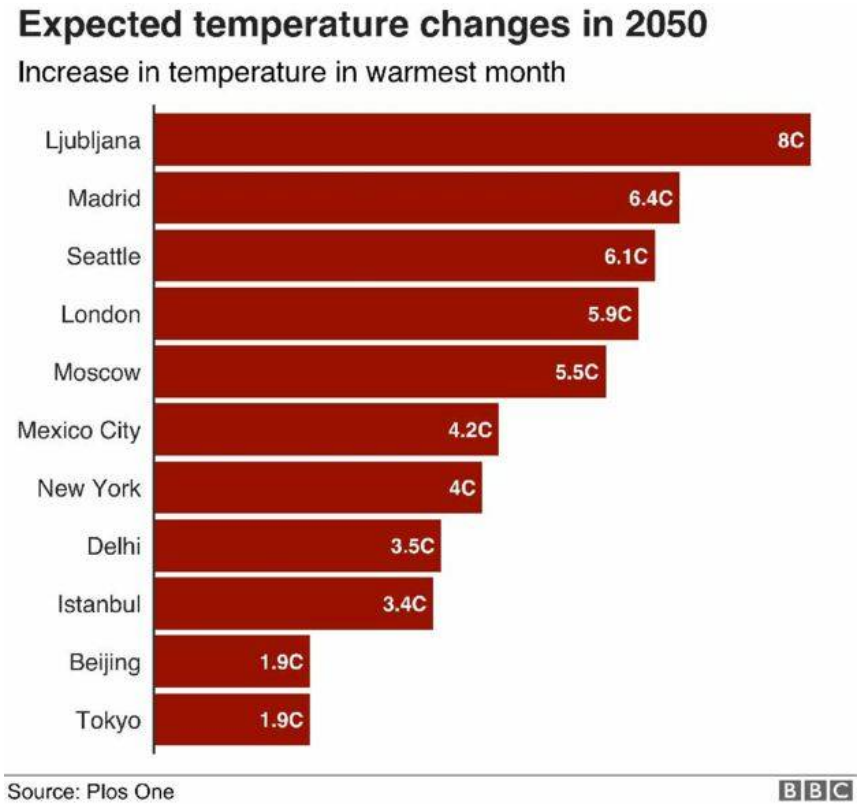
Документ RCP8. 5 сочетает в себе предположения о высокой численности населения и относительно медленном росте доходов с умеренными темпами технологических изменений и повышением энергоемкости, что в долгосрочной перспективе приводит к высокому спросу на энергию и выбросам парниковых газов в отсутствие политики в области изменения климата.

В сценарии SSP3 рост населения продолжается нынешними темпами и в 2050 году достигает 10 млрд.,

https://www.pnas.org/content/early/2020/04/28/1910114117

Оценки возможных изменений температуры в главных городах мира

Understanding climate change from a global analysis of city analogues



Город	Аналог к 2050 г.	Возможный рост температуры в самый жаркий месяц
Лондон	Барселона	5,9
Москва	Детройт	5,5
Санкт-Петербург	София	6,1
Киев	Канберра	6,7
Мадрид	Марракеш	5,9
Гвадалахара	Лахор	4,6

История многократно показывает нам, что одни только данные и факты не вдохновляют людей менять свои убеждения или действия

https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0217592

Selection of major cities

We selected these “major” cities of the world from the “LandScan (2016) High Resolution global Population Data Set” created by the Oak Ridge National Laboratory . By “major” cities, we considered cities that are an administrative capital or that account more than 1,000,000 inhabitants. In total, 520 cities were selected.

Изменение климата: в мире теперь в два раза больше дней, когда зашкаливает за 50°C. Глобальный анализ показал, что количество чрезвычайно жарких дней в году, когда температура достигает 50°C, с 1980-х годов удвоилось.
(14 сентября 2021)

Общее количество дней, когда температура превышала 50°C, росло в каждом десятилетии, начиная с 1980 года. В среднем между 1980 и 2009 годами температура превышала 50°C примерно 14 дней в году.
В период с 2010 по 2019 год это число выросло до 26 дней в году.
В тот же период температура 45°C и выше ежегодно наблюдалась в среднем на две недели больше.
Чрезвычайно жаркие дни случаются в большем количестве регионов мира, чем раньше, создавая беспрецедентные проблемы для здоровья и образа жизни людей.

Над проектом работали:
Методология разработана при поддержке ученых Сихана Ли из Школы географии и окружающей среды Оксфордского университета и Зика Хаусфатера из Berkeley Earth and Carbon Brief. Рецензия - Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды. Би-би-си выражает благодарность профессору Эду Хокинсу из Университета Рединга, а также профессору Ричарду Беттсу и Джону Цезарю из Метеорологического бюро Великобритании.
Анализ данных - Нассос Стилиану и Бекки Дейл. Дизайн - Прина Шах, Сана Джасеми и Джой Роксас. Разработчики - Катриона Моррисон, Бекки Раш и Скотт Джарвис. Разработка данных - Элисон Бенджамин. Исследовательская работа - Намака Хошнау. Дополнительное исследование Стефани Стаффорд. Интервью с Фридерике Отто - Моника Гарнси.
Визуализация климатических данных любезно предоставлена профессором Эдом Хокинсом и Университетом Рединга.

https://www.bbc.com/russian/features-58562017

Приложение 4

Ученые о чрезвычайной климатической ситуации – данные 2021 г.

Pandemic update to the world scientists' warning of a climate emergency 2021

Scientists have a moral obligation to clearly warn humanity of any catastrophic threat and "to tell it like it is." ." On the basis of this obligation and the graphical indicators presented below, we declare, with more than 11,000 scientist signatories from around the world, clearly and unequivocally that planet Earth is facing a climate emergency.

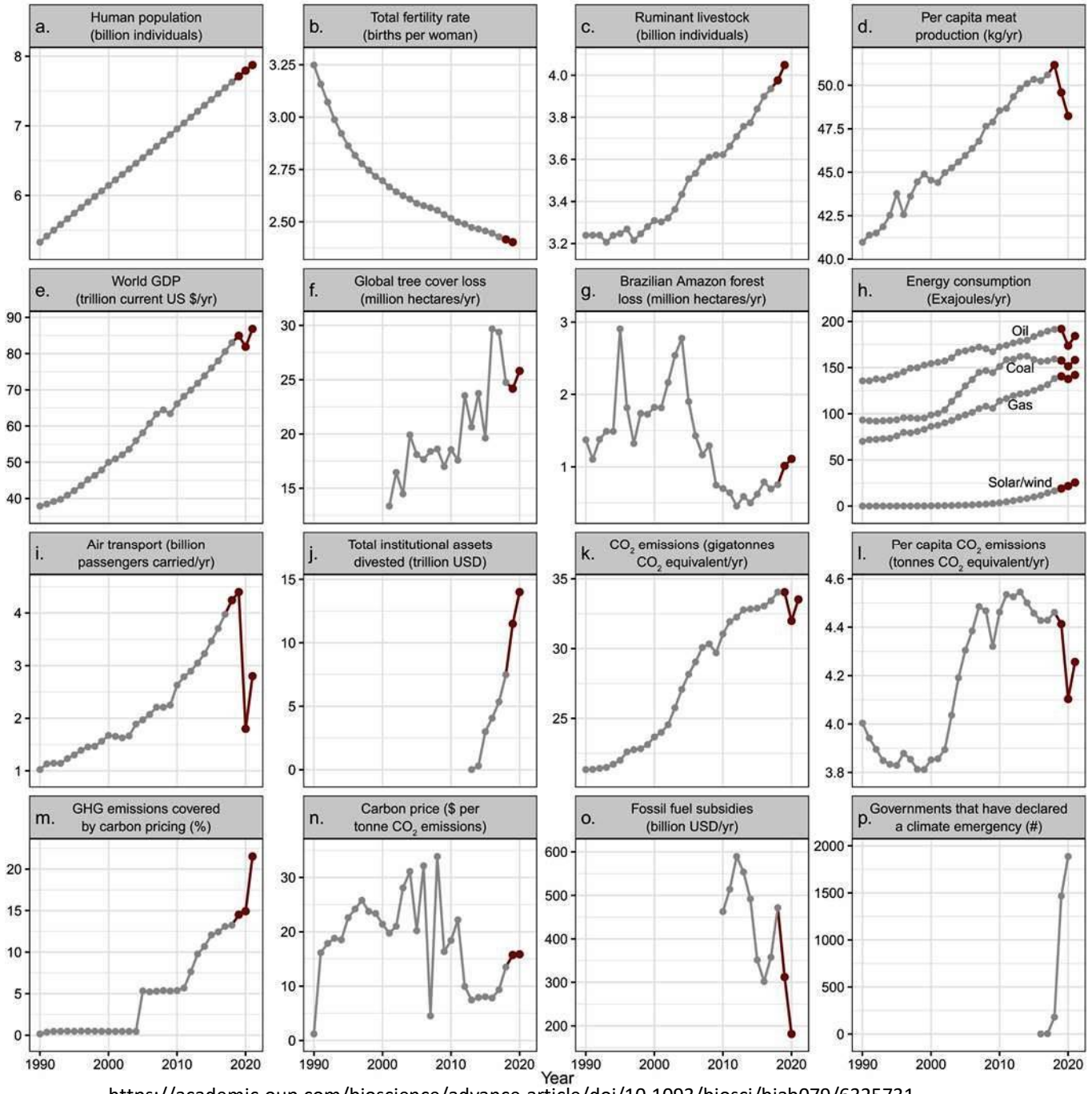
Ученые несут моральное обязательство предупреждать человечество о любой катастрофической угрозе и говорить все, как есть на самом деле. На основании этого обязательства и индикаторов, представленных на графиках ниже, мы ясно и недвусмысленно заявляем, что планета Земля сталкивается с климатической чрезвычайной ситуацией. Подписали более чем 11 000 ученых всего мира. С момента публикации статьи (World Scientists' Warning of a Climate Emergency, 05 November 2019) более 2800 ученых дополнительно подписали эту декларацию о чрезвычайной климатической ситуации, кроме того, 1990 юрисдикций в 34 странах официально объявили или признали чрезвычайной климатическую ситуацию.

С 2019 года наблюдается беспрецедентный всплеск связанных с климатом бедствий, включая разрушительные наводнения в Южной Америке и Юго-Восточной Азии, рекордную жару и лесные пожары в Австралии и на западе США, необычайный сезон ураганов в Атлантике и разрушительные циклоны в Африке, Южной Азии и западной части Тихого. Также появляется все больше свидетельств того, что мы приближаемся или уже прошли переломные моменты, связанные с критическими частями земной системы, включая ледяные щиты Западной Антарктики и Гренландии, тепловодные коралловые рифы и тропические леса Амазонки. Учитывая эти тревожные события, нужны краткие, частые и доступные обновления информации о чрезвычайной климатической ситуации.

https://academic.oup.com/bioscience/advance-article/doi/10.1093/biosci/biz088/5610806 https://www.eurekalert.org/news-releases/846201

Time series of climate-related global human activities

Figure 1.



https://academic.oup.com/bioscience/advance-article/doi/10.1093/biosci/biab079/6325731

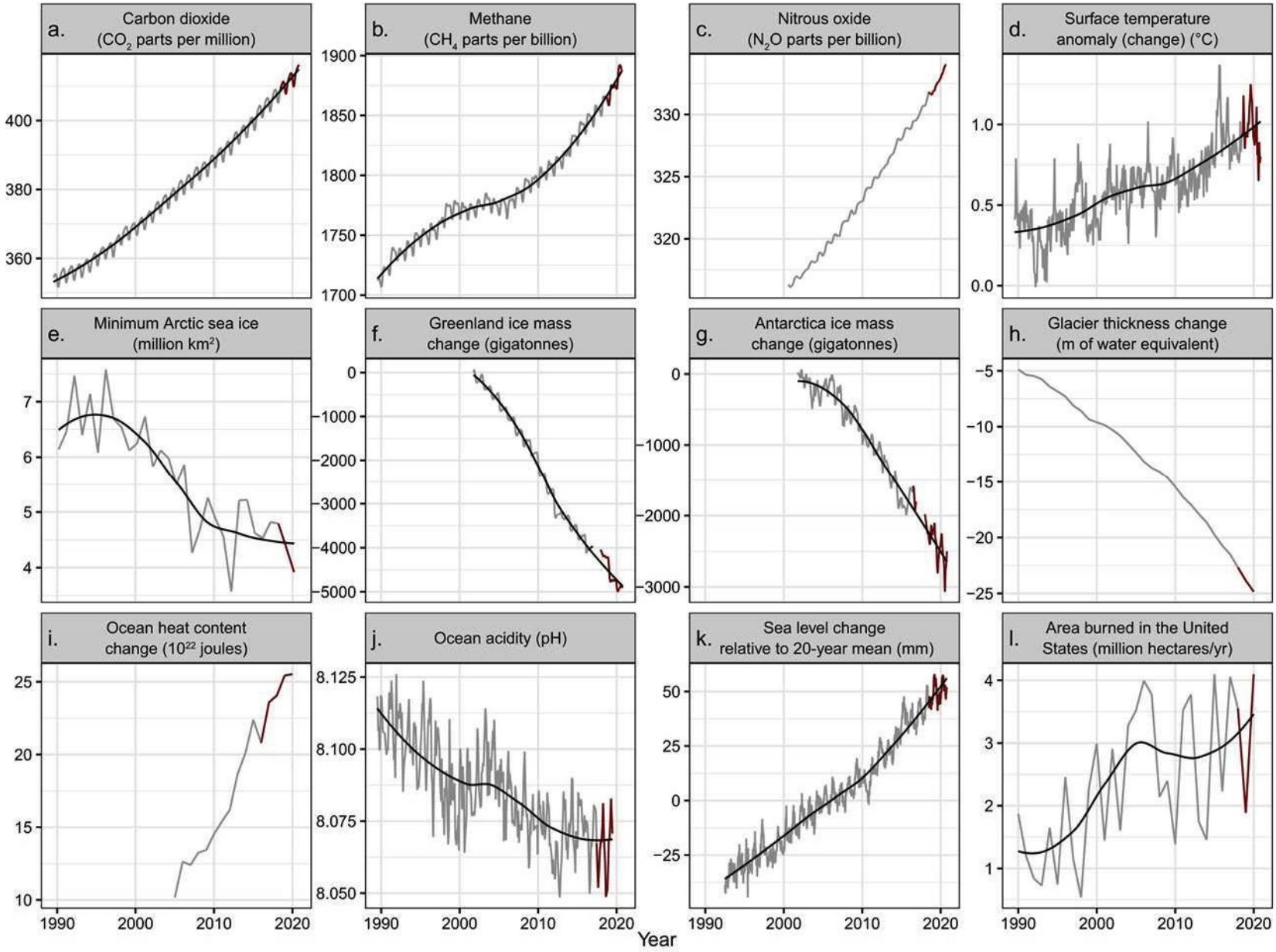
Figure 2.

Time series of climate-related responses

Data obtained before and after the publication of Ripple and and colleagues (2020)

OXFORD UNIVERSITY PRESS

2021



https://academic.oup.com/bioscience/advance-article/doi/10.1093/biosci/biab079/6325731

Regional summaries for 24 countries and The European Union

("CO_2" - total CO_2 emissions associated with fossil fuel consumption in megatonnes CO_2)

	CO_2	Population	CO_2/capita	Share	GDP/capita
China	9894	1471	6.7	30.9%	$10,007
United States	4432	331	13.4	13.9%	$63,252
The European Union	2858	513	5.6	8.9%	$34,884
India	2298	1380	1.7	7.2%	$1,901
Russia	1432	146	9.8	4.5%	$10,166
Japan	1027	126	8.1	3.2%	$40,046
Iran	650	84	7.7	2.0%	$2,283
South Korea	578	51	11.3	1.8%	$31,803
Saudi Arabia	565	35	16.2	1.8%	$20,110
Indonesia	541	274	2.0	1.7%	$3,870
Canada	515	38	13.6	1.6%	$43,543
South Africa	434	59	7.3	1.4%	$5,091
Brazil	415	213	2.0	1.3%	$6,797
Australia	370	25	14.5	1.2%	$52,192
Turkey	369	84	4.4	1.2%	$8,538
Mexico	360	129	2.8	1.1%	$8,347
Vietnam	283	97	2.9	0.9%	$2,786
Thailand	276	70	4.0	0.9%	$7,189
Malaysia	251	32	7.7	0.8%	$10,402
United Arab Emirates	244	10	24.6	0.8%	$42,581
Kazakhstan	238	19	12.7	0.7%	$9,045
Singapore	211	6	36.1	0.7%	$58,116
Egypt	199	102	1.9	0.6%	$3,548
Pakistan	195	221	0.9	0.6%	$1,194
Ukraine	177	44	4.1	0.6%	$3,557
Top 25	**28813**	**5561**	**5.2**	**90.1%**	**$13,605**
World	**31984**	**7795**	**4.1**	**100.0%**	**$10,504**

OXFORD UNIVERSITY PRESS

2021

https://academic.oup.com/bioscience/advance-article/doi/10.1093/biosci/biab079/6325731

Конференция ООН об изменении климата 2023

COP28 (*Conference of the Parties*) UAE 30 ноября - 12 декабря 2023, Дубай, ОАЭ

Когда в ноябре 2023 представители 197 стран прибудут в Дубай на последний раунд переговоров по климату, им придется столкнуться с основным вопросом: достигают ли страны поставленной ими цели по ограничению глобального потепления на 1,5°C выше доиндустриального уровня?

Это будет первый раз, когда человечество официально оценит свой прогресс в рамках Парижского климатического соглашения 2015 года. Цель этого обязательного «глобального подведения итогов» состоит в том, чтобы каждые пять лет политические лидеры сталкивались с фактами в надежде, что они затем активизируют свои усилия по ограничению выбросов парниковых газов. Страны должны выполнить новые климатические обязательства в 2025 году.

Положительным моментом является то, что многие правительства предпринимают конкретные шаги по смягчению последствий изменения климата. Инвестиции в климат растут как в государственном, так и в частном секторах, а возобновляемые источники энергии вытесняют ископаемое топливо историческими темпами во многих странах.

Но процесс идет слишком медленно, и практически по всем показателям мир еще далек от цели по снижению температуры в 1,5 °C. Выбросы парниковых газов находятся на рекордно высоком уровне, тропические леса вырубаются почти рекордными темпами, субсидии на ископаемое топливо растут, а угольные электростанции все еще строятся.

https://www.nature.com/immersive/d41586-023-03601-6/index.html?WT.ec_id=NATURE-202311&sap-outbound-id=EB0215F286068CD0A1FCB98CA8A756E4D592008F

28-я конференция сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата

Конференция ООН об изменении климата 2023. COP28 UAE 30 ноября - 12 декабря 2023, Дубай, ОАЭ



BRINGING THE INTERNATIONAL COMMUNITY TOGETHER AT THE CROSSROADS OF THE WORLD

https://www.cop28.com/en/about-cop28

“I am factual and I respect the science, and there is no science out there, or no scenario out there, that says that the phase-out of fossil fuels is what's going to achieve 1.5 (degrees)”

H.E. Dr. Sultan Ahmed Al Jaber, President for COP28 UAE

https://www.france24.com/en/middle-east/20231130-cop28-nations-urged-to-take-great-leaps-at-un-climate-conference-in-dubai

После завершения 28-й Конференции у многих участников остались смешанные впечатления, обусловленные следующими причинами:

- **Хотя в итоговом соглашении и был обозначен переход от ископаемого топлива, но использованные формулировки имеют возможность широкого толкования.**
- **Начал работу Фонд возмещения потерь и ущерба, однако остались туманными перспективы по его наполнению.**
- **Несмотря на требования развивающихся стран получить помощь по адаптации к изменению климата, прогресс в этом направлении остается медленным.**

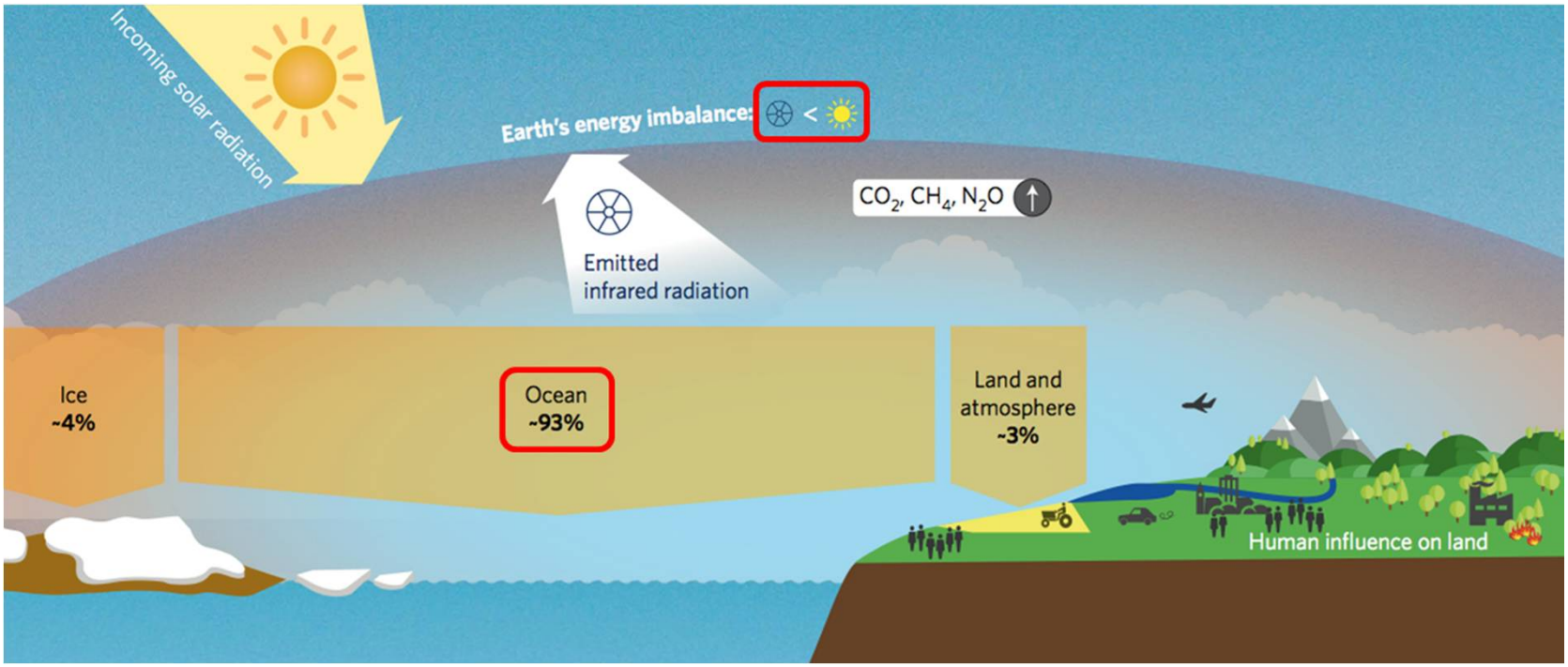
https://journal.ecostandard.ru/reports/esg/28-ya-konferentsiya-oon-po-klimatu-glavnye-itogi-i-dogovorennosti-/

https://www.resfoundation.org/cop28-days-8-and-9/ https://restor.eco/?lat=26&lng=14.23&zoom=3 https://www.cop28.com/en/about-cop28

6.2. Изменения в мировом океане: потепление, уменьшение содержания кислорода, “закисление ” океана, изменение океанической циркуляции

Энергетический дисбаланс Земли

Earth's energy imbalance

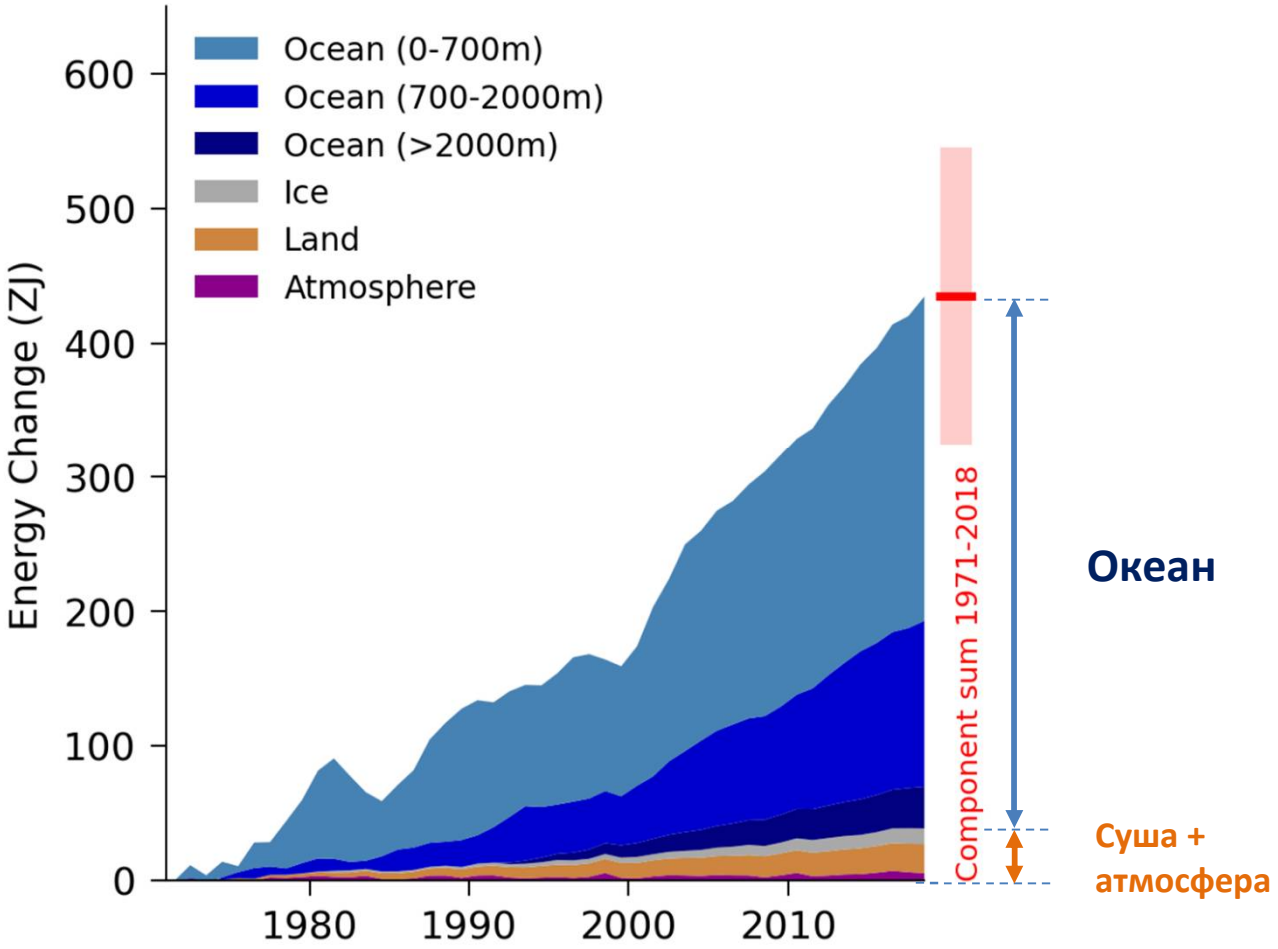


Энергетический дисбаланс Земли (*Earth's energy imbalance*) **возникает из-за усиление парникового эффекта в результате увеличения концентрации парниковых газов. Более 90% этого дисбаланса идет на нагревание океана, остальное - на нагревание суши и атмосферы и таяние ледников. Воздух, земля и вода поглощают и выделяют тепло с различной скоростью и за существенно разные интервалы времени.**

Более глубокие слои океана поглощают и высвобождают накопленное тепло медленнее, чем поверхностные слои; для существенного проникновения тепла в более глубокие слои океана требуется несколько десятилетий. Поверхностное потепление может замедлиться, но при этом тепло будет продолжать накапливаться, что и имело место в 2000-х годах ("*missing heat*"-потерянное тепло).

http://www.climate-lab-book.ac.uk/2016/earths-energy-imbalance/ http://www.nature.com/nclimate/journal/v6/n2/full/nclimate2876.html

Изменение общего количества тепла на Земле 1971- 2018

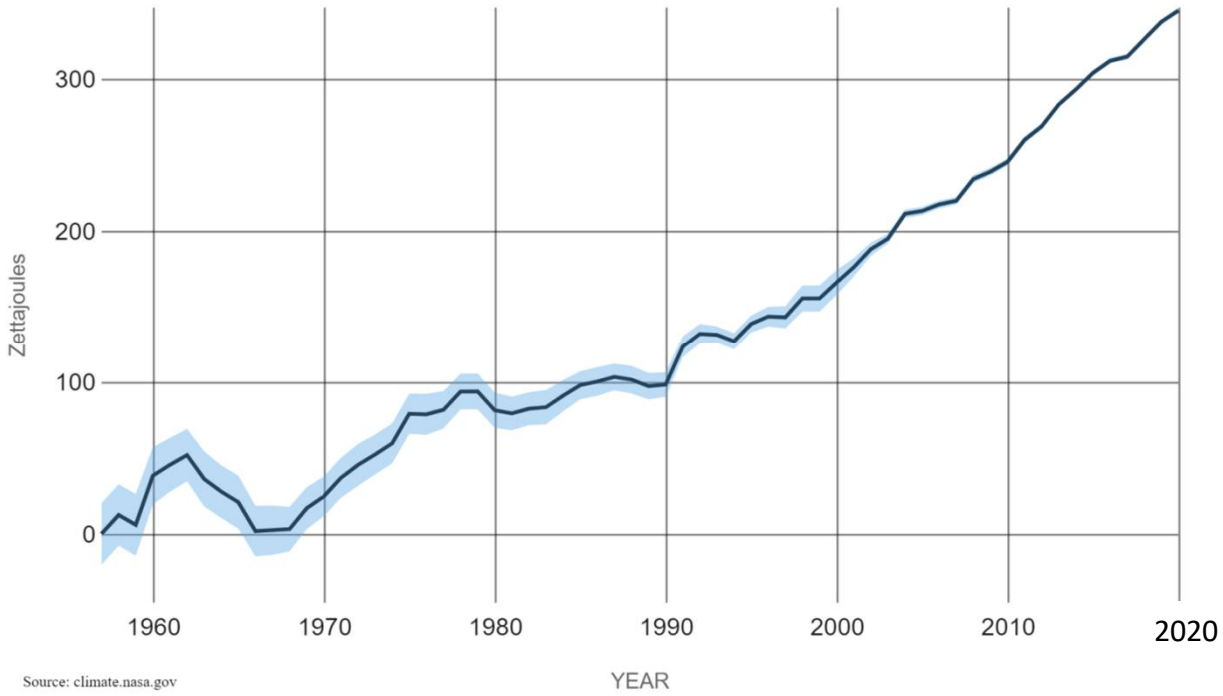


The contributions to the accumulation of energy in the climate system during the period 1971-2018.

Since at least the 1970s, less energy is flowing out than is flowing in, which leads to excess energy being absorbed by the ocean, land, ice and atmosphere, with the ocean absorbing 91%

https://www.metoffice.gov.uk/weather/climate-change/organisations-and-reports/earths-energy-budget-and-climate-sensitivity

Ocean heat content changes since 1955 (NOAA)



Data source: **Observations from various ocean measurement devices, including conductivity-temperature-depth instruments (CTDs), Argo profiling floats, and eXpendable BathyThermographs (XBTs).** Credit: NOAA/NCEI World Ocean Database

Conductivity, Temperature, Depth (CTD) Sensors

What is it and why do we use it?

A CTD — an acronym for Conductivity, Temperature, and Depth — is the primary tool for determining essential physical properties of sea water. It gives scientists a precise and comprehensive charting of the distribution and variation of water temperature, salinity, and density that helps to understand how the oceans affect life.

How does it work?

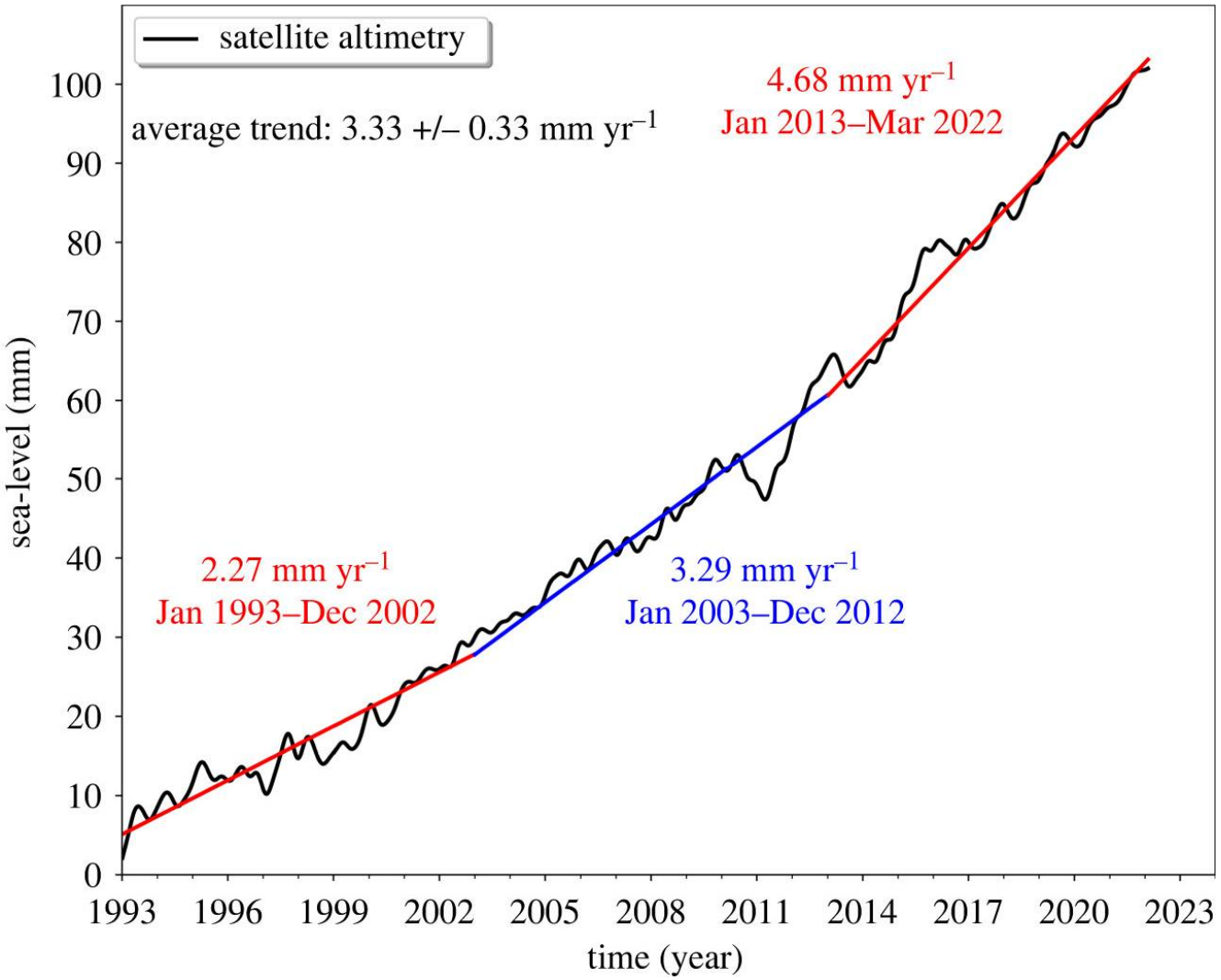
The shipboard CTD is made up of a set of small probes attached to a large metal rosette wheel. The rosette is lowered on a cable down to the seafloor, and scientists observe the water properties in real time via a conducting cable connecting the CTD to a computer on the ship. A remotely operated device allows the water bottles to be closed selectively as the instrument ascends.

https://www.whoi.edu/what-we-do/explore/instruments/instruments-sensors-samplers/conductivity-temperature-depth-ctd-sensors/

https://climate.nasa.gov/vital-signs/ocean-warming/#:~:text=The%20last%2010%20years%20were,the%20highest%20global%20sea%20level

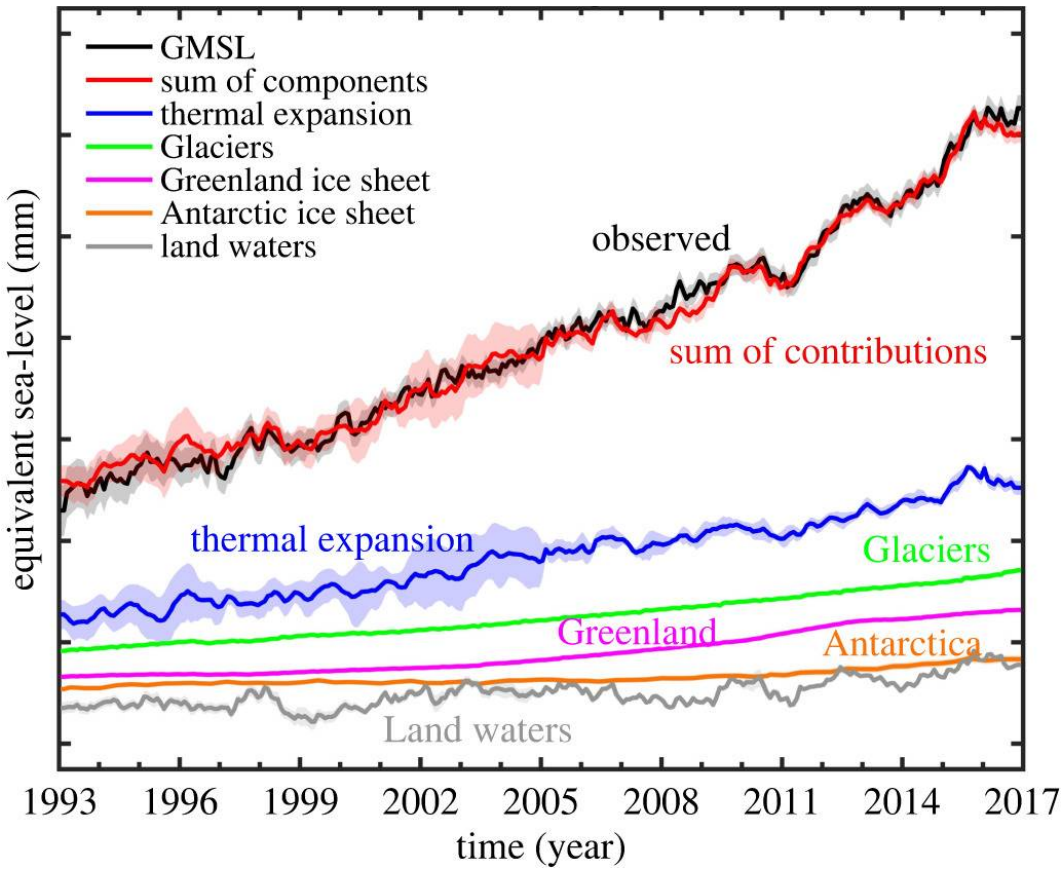
Повышение уровня мирового океана 1993 - 2023

Global Mean Sea Level



https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2022.0049

Global mean sea-level (GMSL) budget over 1993–2016

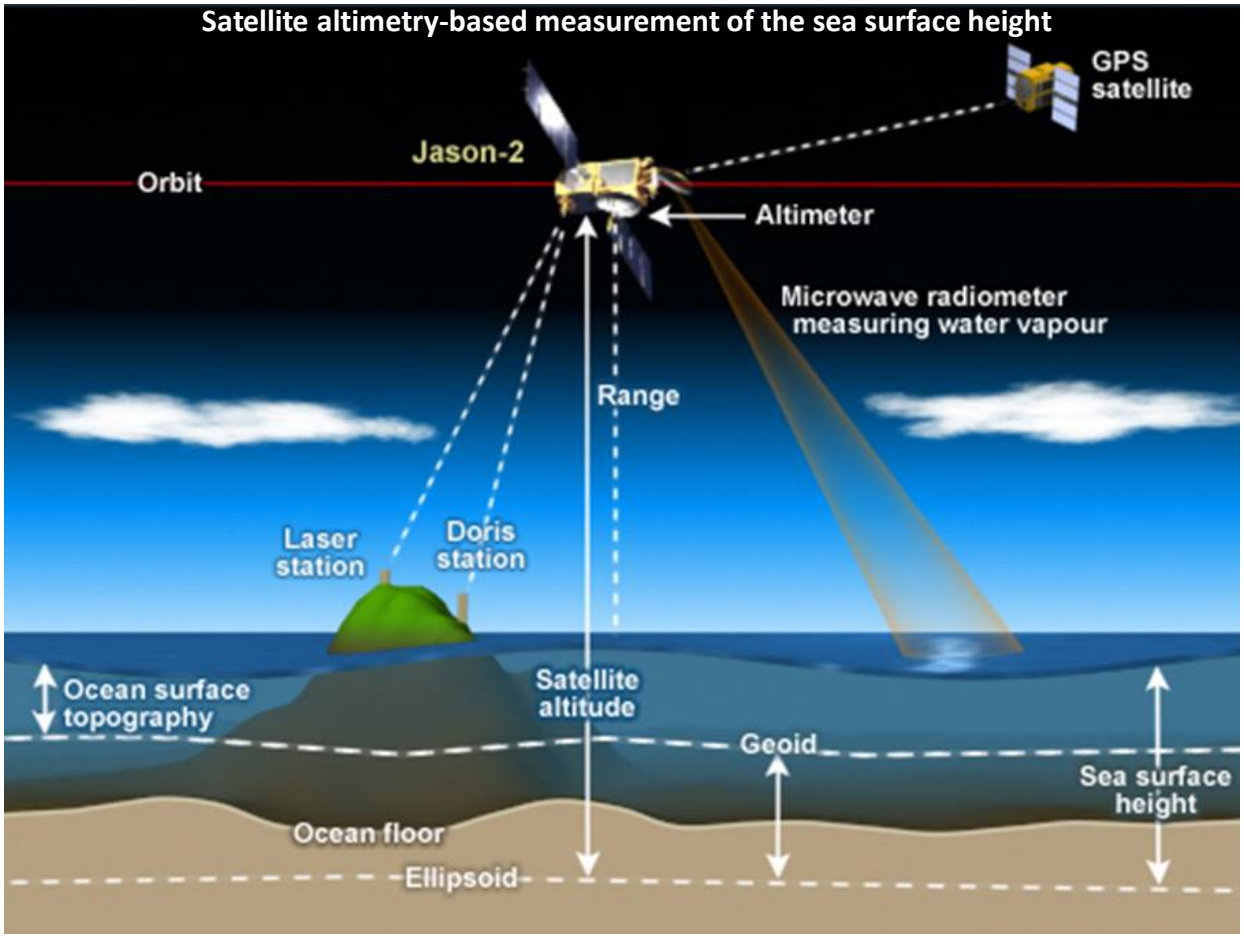


Глобальный средний уровень мирового океана за 1993 – 2016 гг. Нижние кривые относятся к отдельным компонентам. Черные и красные кривые представляют основанные на альтиметрии временные ряды глобального среднего уровня моря GMSL, основанные на альтиметрии, и сумму вкладов, соответственно. Заштрихованные области – доверительный интервал ± 1 сигма.

Global mean sea-level budget over 1993–2016. The bottom curves refer to individual components. The black and red curves represent the altimetry-based global mean sea level GMSL time series and the sum of contributions, respectively. Shaded areas represent 1-sigma errors.

https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2022.0049

Замечание Спутниковая альтиметрия - измерение уровня океана



Спутниковая альтиметрия: высоту морской поверхности можно измерить по времени, которое требуется радарным импульсам, чтобы достичь поверхности океана и вернуться обратно. С высоты 1336 километров над Землей американские/европейские спутники-высотомеры измеряют высоту поверхности океана непосредственно под спутником с точностью 4-5 сантиметров. Смещаясь по орбите на расстояние более 7 километров в секунду, спутник “покрывает” мировые океаны каждые 10 дней ("repeat period" орбиты). Точное определение уровня океана осуществляется путем определения точной высоты космического корабля над центром Земли. Это достигается с помощью метода под названием "precise orbit determination" (POD), наиболее важным компонентом которого является информация спутникового слежения.

https://sealevel.jpl.nasa.gov/missions/technology/

https://www.researchgate.net/publication/280253939_Sputnikovaa_altimetria_v_naukah_o_Zemle https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2022.0049

“Потерянное тепло Земли” найдено?

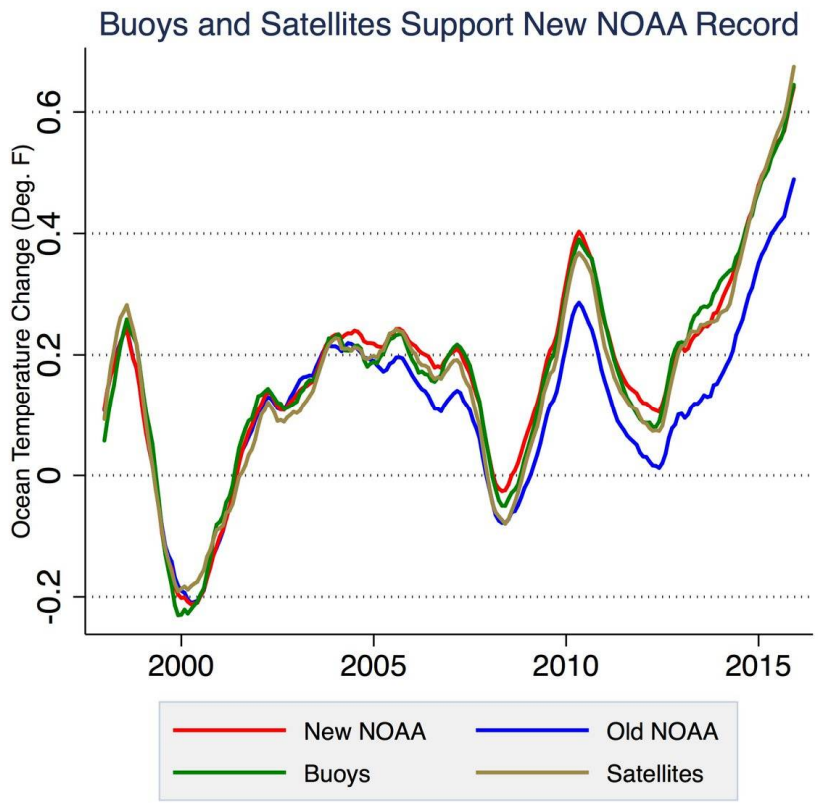
Lost and found: Earth's missing heat ***Science*** **2015**

В 2013 году Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC) отметила странное явление: данные о температуре атмосферы, собранные за последние несколько десятилетий, свидетельствуют о том, что, начиная примерно с 1998 года, глобальное потепление замедлилось. Предпринятый тщательный анализ показал, что настоящими виновниками “потерянного тепла” являются проблемы согласования данных, получаемых разными методами в разных исследовательских центрах (NOAA – измерение температуры поверхности океана и суши, Argo program – температура океана до 2 км. глубины, NASA Satellite measurements – спутниковые измерения потоков излучения на верхней границе тропосферы). Утверждается, что введение соответствующих поправок позволяет сделать вывод, что глобальное потепление не только не замедлилось или даже остановилось, но на самом деле могло ускориться.

Исследование, опубликованное в журнале Science (2015), показывает, что дополнительное тепло было поглощено Тихим и Индийским океанами в течение последнего десятилетия. Анализируя прямые измерения температуры океана, включая группу из более 3500 датчиков температуры ARGO, команда лаборатории NASA (JPL) обнаружила, что слой океана глубиной между 100 и 300 метров накапливает больше тепла, чем считалось ранее.

http://science.sciencemag.org/content/348/6239/1066

Глобальное потепление не замедлялось – данные UC Berkeley 2017 года



Анализ данных, полученных с океанических буев (зеленая кривая) и данных со спутников (оранжевая кривая), проведенный в Университете Беркли (The *University of California, Berkeley,* January 4, 2017**), свидетельствует, что температура океана постоянно повышалась с 1999 года и это было показано NOAA в 2015 году после корректировки измерений температуры с помощью буев (красная кривая). Более ранние результаты NOAA (синяя кривая) недооценивали изменения температуры поверхности океана, что и привело к предположению о "перерыве в глобальном потеплении".**

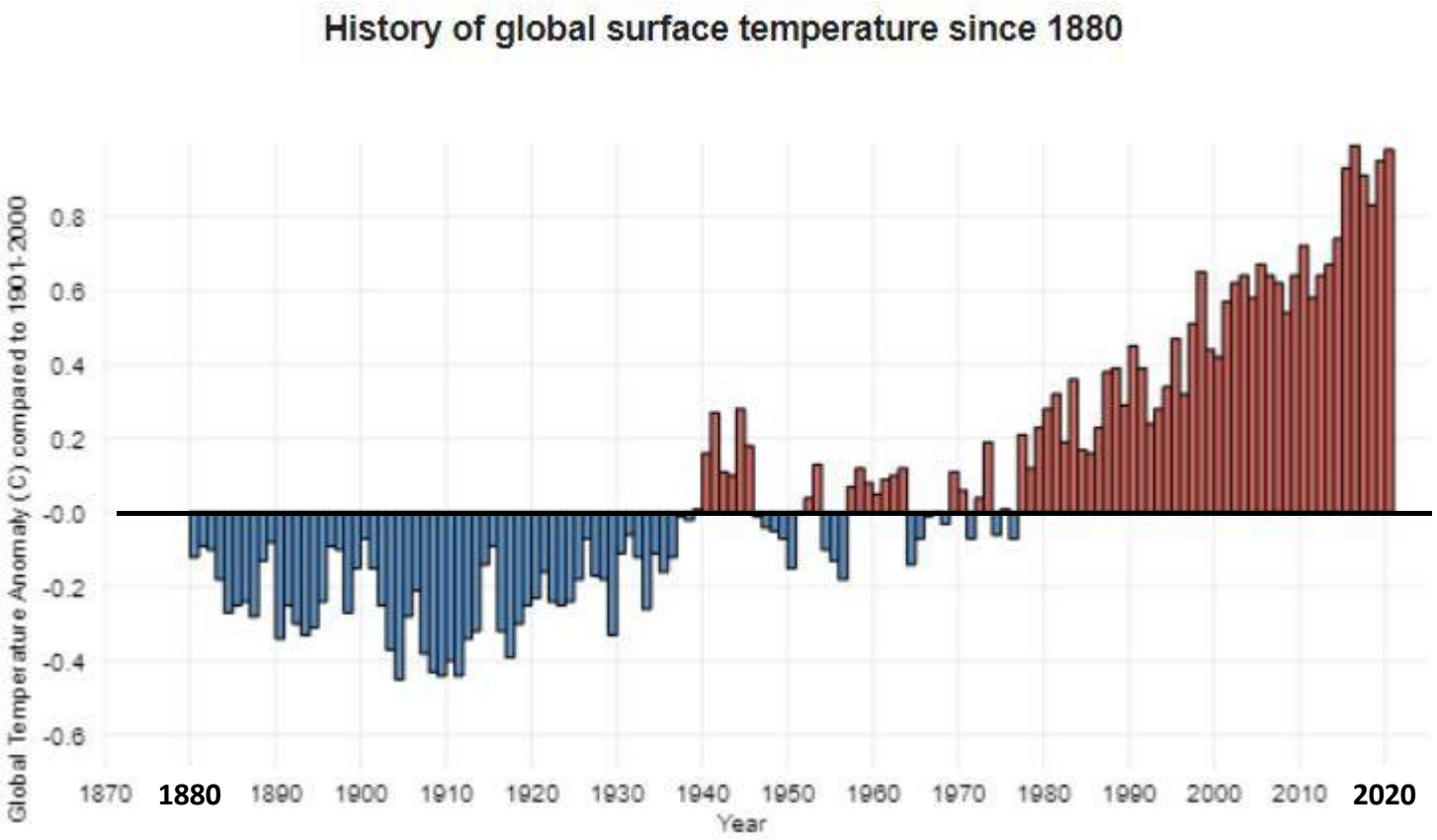
<u>Все кривые на графике показывают общий восходящий тренд температуры океана</u>.

(Zeke Hausfather graphic)

http://news.berkeley.edu/2017/01/04/global-warming-hiatus-disproved-again/

Climate Change: Global Temperature

March 15, 2021



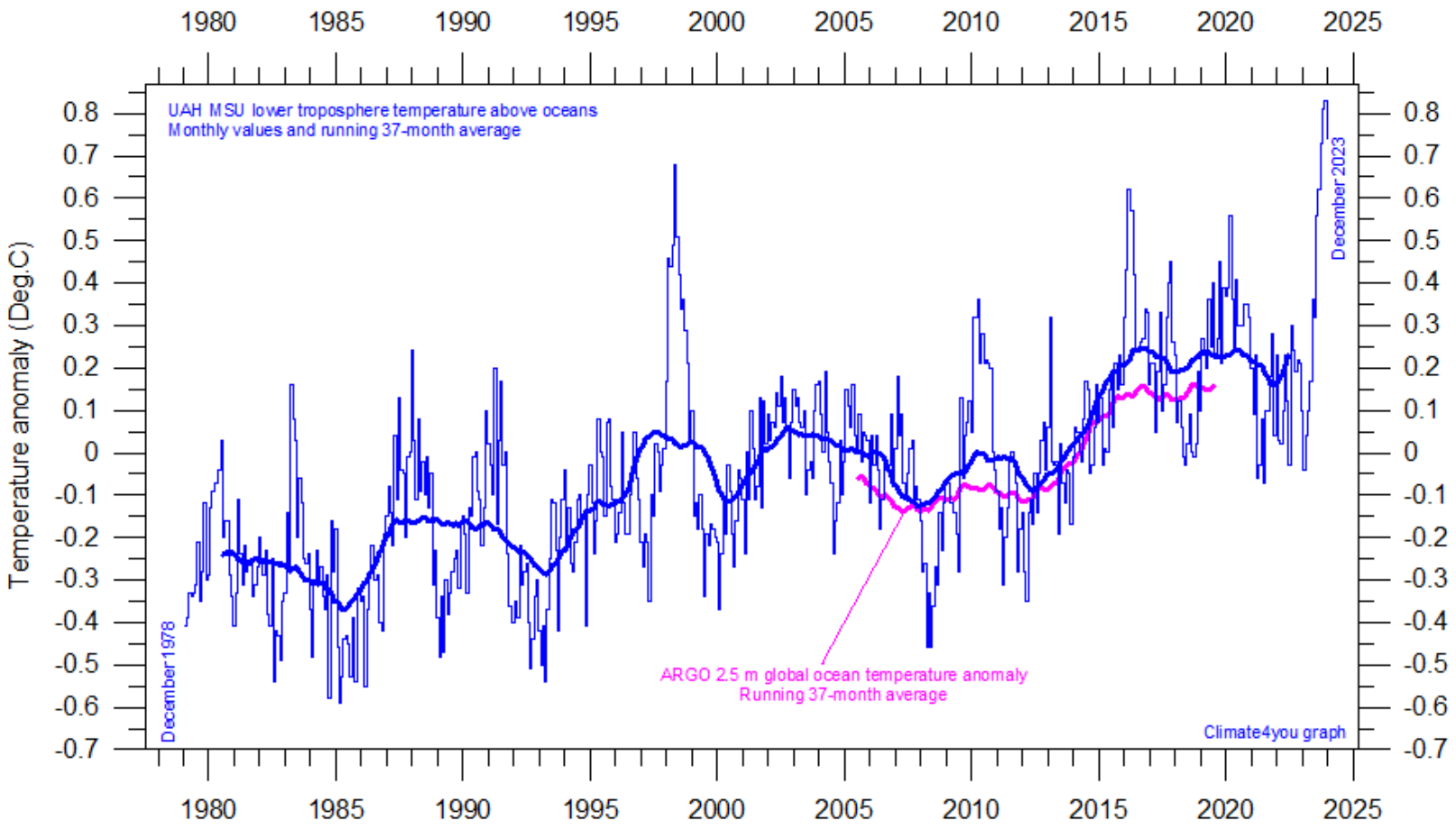
The graph shows average annual global temperatures since 1880 compared to the long-term average (1901-2000). The zero line represents the long-term average temperature for the whole planet; blue and red bars show the difference above or below average for each year.

Таким образом, опровергается предположение о том, что в последние годы имело место замедление темпов глобального потепления или даже его остановка (hiatus).

https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature

Среднемесячная температура нижней тропосферы над океаном с 1979 года

Sea surface temperatures *University of Alabama at Huntsville, USA.*

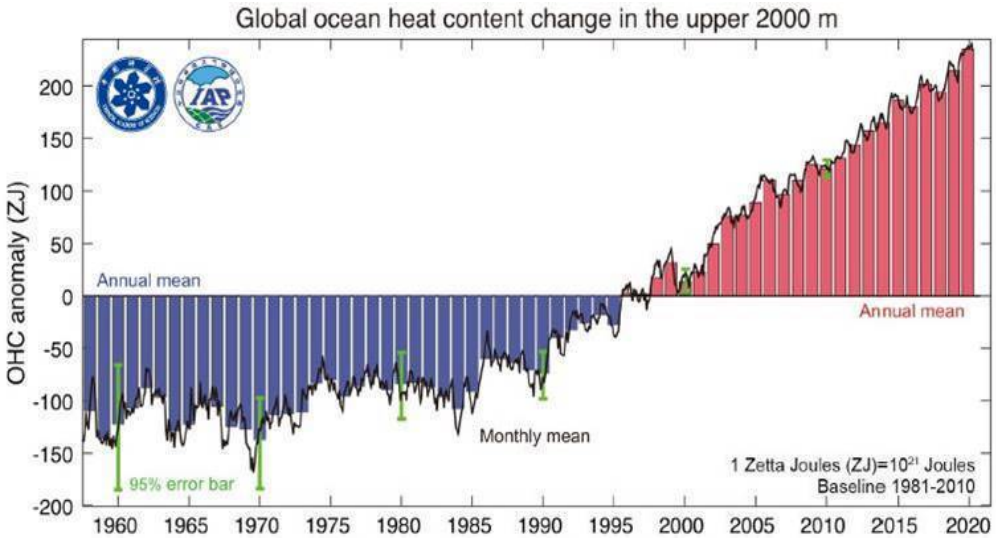


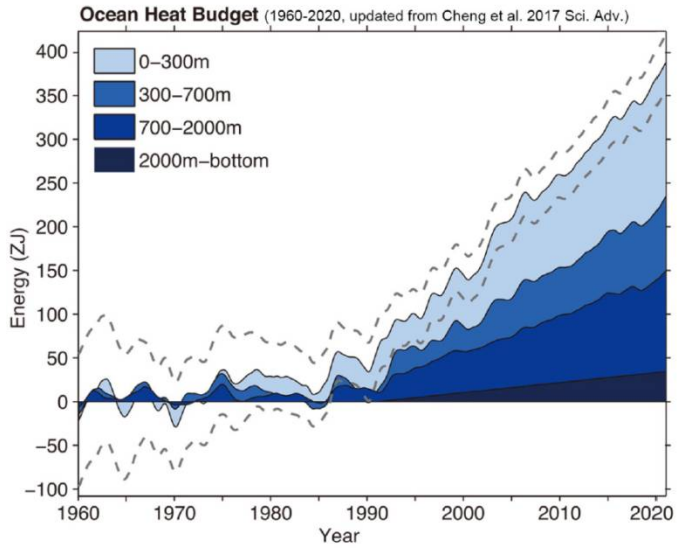
Отклонение среднемесячной глобальной температуры (temperature anomaly) нижней тропосферы над уровнем океана с 1979 года от среднего значения за период 1981-2010 гг. (данные University of Alabama at Huntsville, USA). Сглаженная толстая линия - 37 месячное скользящее среднее с 1979 года. Пурпурная линия (magenta line) - это 37-месячное скользящее среднее значение, полученное системой буев Argo (сравнение со средним за период 1991-2020).

Last month shown: December 2023. Last diagram update: 12 January 2024.

http://www.climate4you.com/SeaTemperatures.htm#Recent%20sea%20surface%20temperature

Динамика изменения теплосодержания (Ocean Heat Content) океана за период с 1955 по 2020 год





Годовые аномалии теплосодержания верхнего слоя до 2000 м относительно базового уровня 1981-2010 годов: положительные аномалии – красные столбики, отрицательные – синие.

(ЗетаДжоуль, $1ZJ=10^{21}$Joules).

Global upper 2000 m OHC from 1958 through 2020. The histogram presents annual anomalies relative to a 1981–2010 baseline, with positive anomalies shown as red bars and negative anomalies as blue.

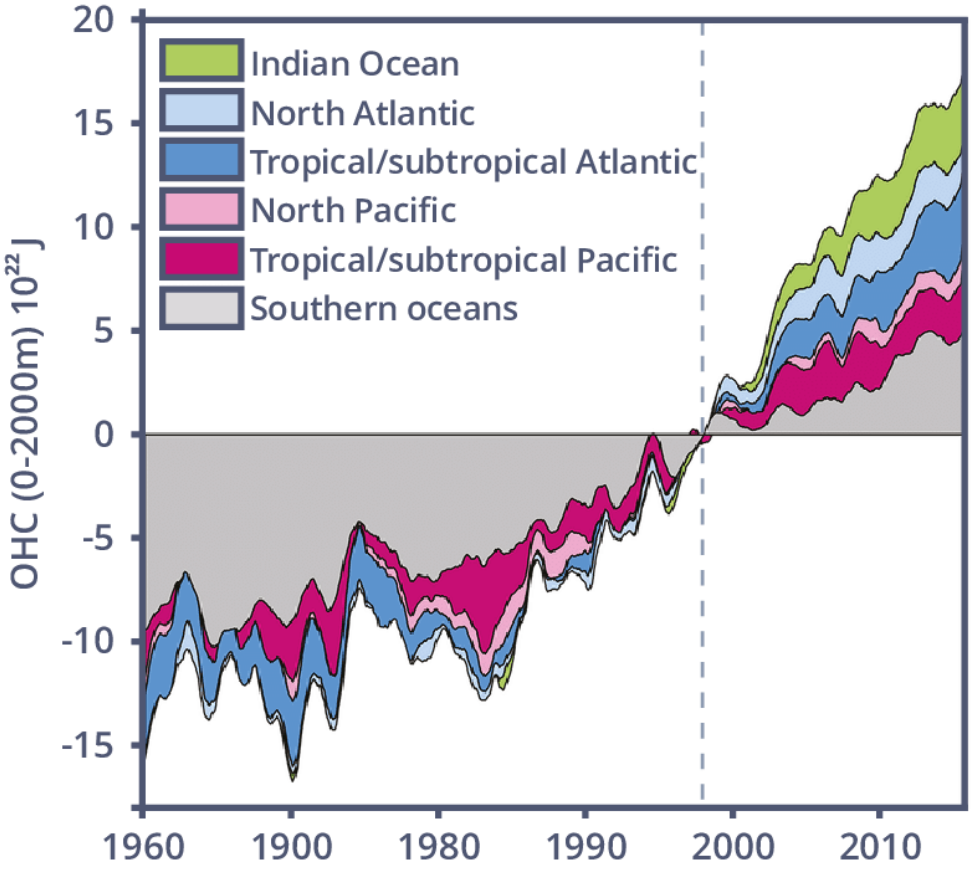
(**Published: 13 January 2021** ADVANCES IN ATMOSPHERIC SCIENCES, VOL. 38, APRIL **2021**, 523–53)

Глубокие слои океана с 1990 года вовлекаются в увеличение теплосодержания. Рост накопленной тепловой энергии (ocean heat content, OHC) по слоям: глубина 0–300м; 300–700м; 700–2000м и более 2000м за период 1960 – 2020 гг.

Аномалии относятся к базовому уровню 1958–1962 гг. Серые пунктирные линии представляют собой 95% доверительный интервал общего теплового баланса океана (диапазон сглаживания временных рядов 24 месяца).

https://link.springer.com/article/10.1007/s00376-021-0447-x

Ocean connections



Ocean heat content (OHC) changes from 1960 to 2015 for different ocean basins for 0 – 2,000 m depths. The curves are additive, and the ocean heat content changes in different ocean basins are shaded in different colours.

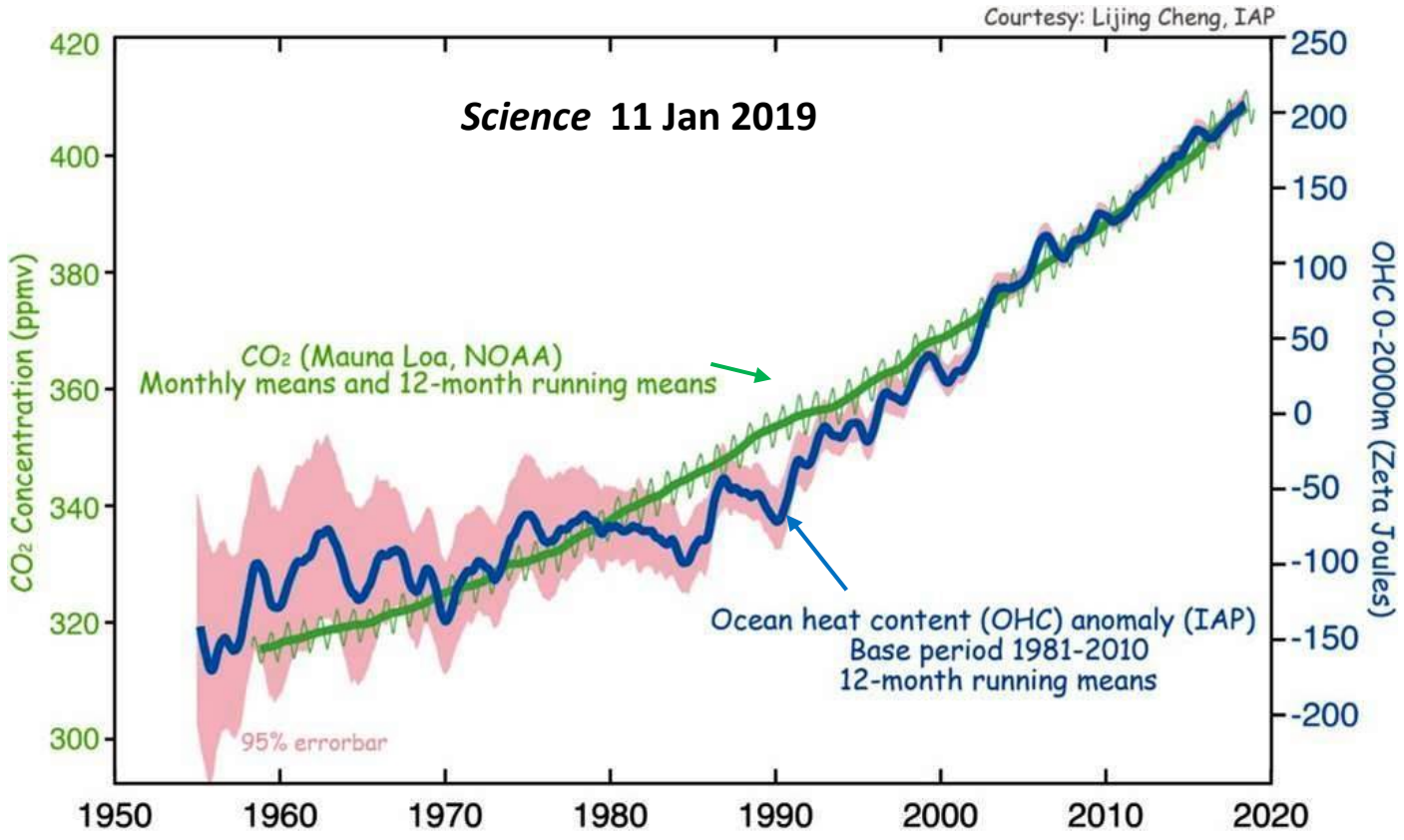
(From: Cheng et al., 2017)

https://www.researchgate.net/publication/325408846_Ocean_connections_an_introduction_to_rising_risks_from_a_warming_changing_ocean

Потепление Мирового океана происходит на 40% быстрее, чем предполагалось ранее

World's Oceans Warming 40% Faster Than Previously Thought

Около 90% избыточного тепла, формирующегося на Земле в результате выбросов парниковых газов (парникового эффекта), накапливается в океанах.



Ocean heat content in zetajoules (10^{21} joules) compared to atmospheric CO_2 concentrations in parts per million.

https://phys.org/news/2017-03-ocean.html https://www.carbonbrief.org/guest-post-observations-and-models-agree-that-the-oceans-are-warming-faster

Потепление океана: прошлое и будущее

Past and future ocean warming (2022)

Изменения теплосодержания тепла в океане (ocean heat content, OHC) – мера потепления океана и его воздействия на систему Земля. В обзоре *Nature Reviews Earth & Environment* volume 3, pages 776–794 (2022) обобщены оценки прошлых и будущих изменений OHC с использованием наблюдений и моделей.

С 1950-х годов верхние 2000 м мирового океана значительно нагрелись: увеличение с 1958 по 2019 год составило 351 ± 59,8 ZJ (1 ZJ = 10^{21} Дж).

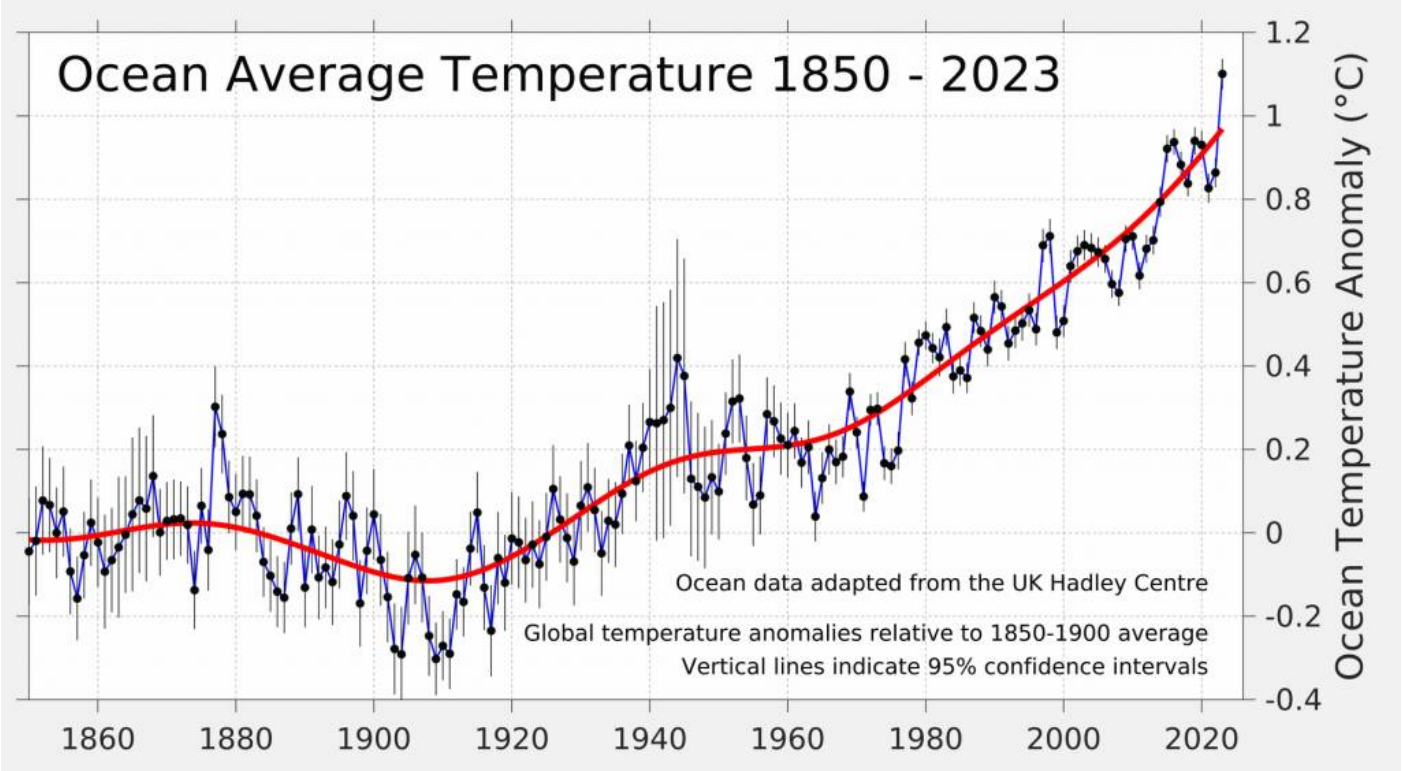
Согласно прогнозам, потепление океана в этом столетии будет необратимым, а чистое потепление зависит от сценария выбросов.

К 2100 г. прогнозируемое потепление на верхних 2000 м будет в 2–6 раз выше наблюдаемого до сих пор.

Прогнозируется, что Тихий океан станет крупнейшим резервуаром тепла из-за его размера, но усредненное по площади потепление остается самым сильным в Атлантическом и Южном океанах.

Changes in ocean heat content (OHC) provide a measure of ocean warming, with impacts on the Earth system. This Review synthesizes estimates of past and future OHC changes using observations and models. Ocean warming has extensive impacts that pose risks to marine ecosystems and society. The projected changes necessitate a continuation and improvement of observations and models, along with better uncertainty estimation.

http://science.sciencemag.org/content/363/6423/128



On the ocean's surface, 2023 was also the warmest year directly observed, reaching 1.10 °C / 1.98 °F. This is the first year with a ocean-average above 1.0 °C, and beats the previous record set in 2020

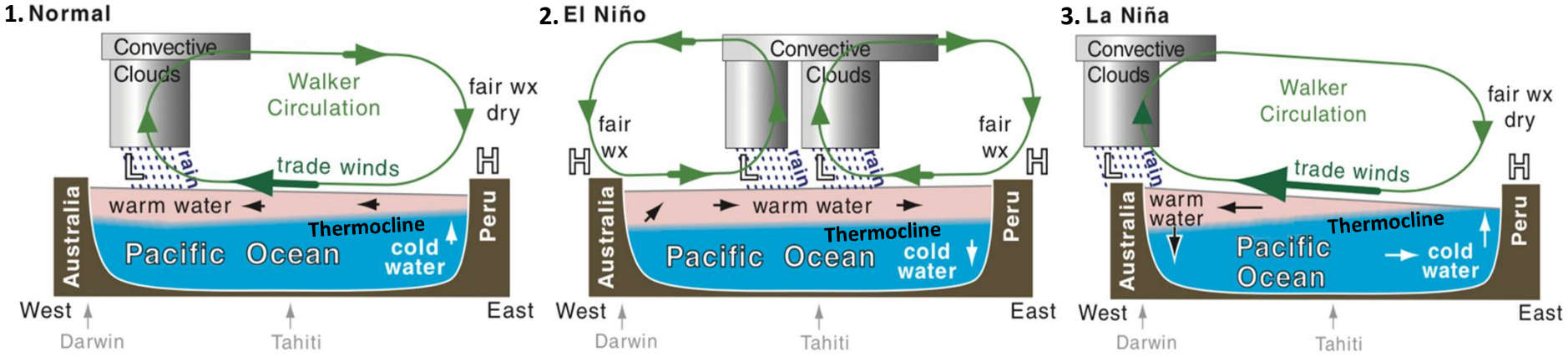
С середины 2020 года до 2023 года в экваториальной части Тихого океана сохранялись условия Ла-Нинья. Это способствовало тому, что 2021 и 2022 годы стали относительно прохладнее, чем в другие предыдущие годы. Напротив, быстрый переход от Ла-Нинья в начале 2023 года к сильному Эль-Ниньо к концу 2023 года способствовал установлению температурных рекордов, наблюдавшихся в 2023 году. Ожидается, что Эль-Ниньо скоро достигнет своего пика и исчезнет к середине 2024 года. Считается, что влияние Эль-Ниньо носит отложенный эффект. Поэтому наибольших последствий следует ожидать на второй год развития — то есть в 2024 году. Согласно прогнозам, теплая вода на большей части мировых океанов приведет к повышению температуры атмосферы и повлияет на структуру осадков.

https://wmo.int/media/news/el-nino-weakens-impacts-continue

https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2023/

The Walker Cell and ENSO

Эль-Ниньо/Южное колебание - явление, связанное с колебаниями температуры поверхности океана в экваториальной части Тихого океана в сочетании с изменениями в циркуляции атмосферы



<u>1. Normal</u>. Постоянно дующие восточные ветры (пассаты) сгоняют воду от берегов Южной Америки к западу, к Индонезии и Австралии, где накапливается огромная масса теплой воды, часть которой, испаряясь, поднимается вверх, образует мощную облачность в нижней и верхней тропосфере. В верхней тропосфере ветер имеет обратное направление, с запада на восток, где воздух охлаждается, опускается и пассатами переносится в обратном направлении – возникает "циркуляция Уолкера". У берегов Перу происходит подъем холодных промежуточных вод (апвеллинг).

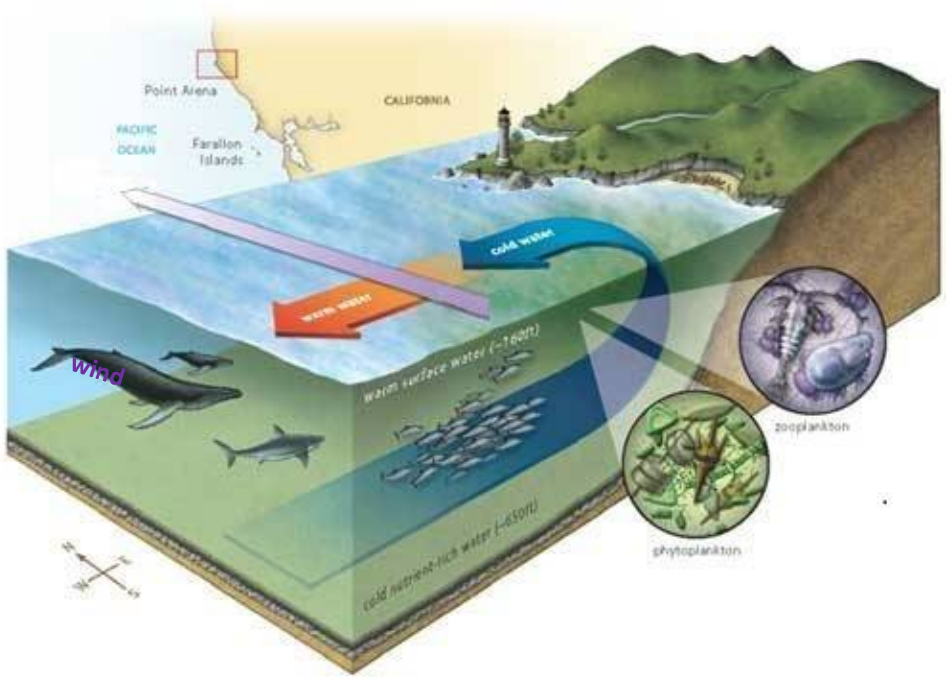
<u>2. El Niño</u>. На западе уровень океана повышается, масса теплой воды нарастает, пассаты резко ослабевают, ветер даже меняет направление. Теплые воды устремляются с запада на восток к берегам Южной Америки, перекрывают холодные воды апвеллинга, формируют положительные (до 4–5 °C) аномалии температуры относительно среднего – возникает Эль-Ниньо.

<u>3. La Niña</u>. После того как Эль-Ниньо прекращает свое действие, развивается противоположная фаза Ла-Нинья, когда температура воды на поверхности восточной части Тихого океана становится ниже нормы на 5 °C.

https://reefresilience.org/stressors/climate-and-ocean-change/el-nino-southern-oscillation/
https://charlie.weathertogether.net/library/earths-climate-system/el-nino-southern-oscillation/

https://izvestiya.tinro-center.ru/jour/article/viewFile/479/453 https://www.eoas.ubc.ca/courses/atsc113/sailing/met_concepts/09-met-winds/9c-walker-cell-enso/

Перуанский апвеллинг The Peruvian Coastal Upwelling System

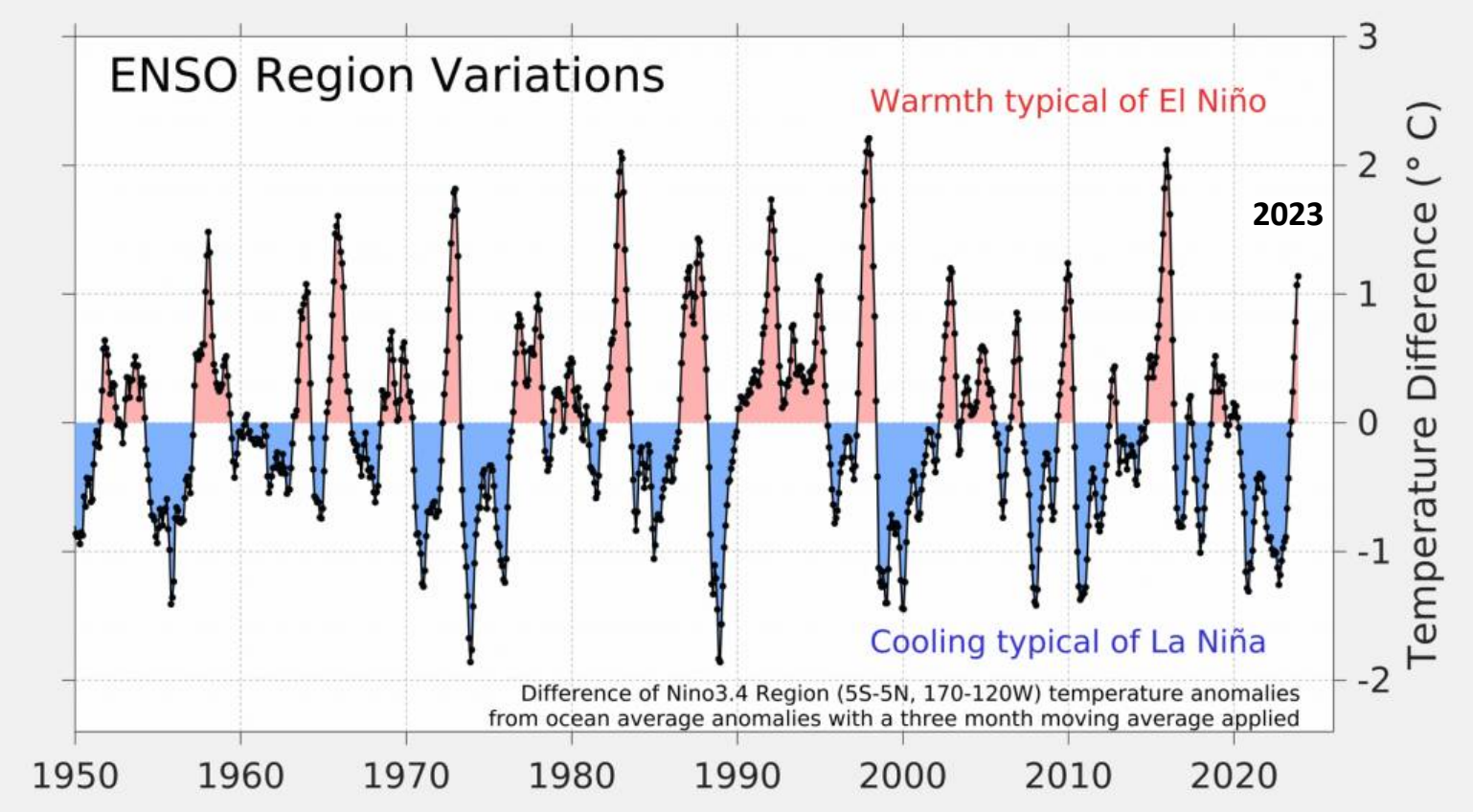


Ветры, дующие вдоль берега, перемещают поверхностные воды в направлении от берега (эффект Кориолиса – теория Экмана). По мере того как теплые воды перемещаются в западном направлении, богатые питательными веществами более холодные воды поднимаются к поверхности. Подъем водных масс – апвеллинг (upwelling) обычно происходит около западных берегов континентов. Самый известный апвеллинг – Перуанский.

Перекрывание апвеллинга теплыми водами Тихого океана (Эль-Ниньо) оказывает влияние на распределение осадков и температурный режим в глобальном масштабе. Из-за ослабления Южного пассата возникает возвратный перенос теплой воды из западной части Тихого океана в его восточную часть. В результате теплые воды на поверхности у берегов Южной Америки оказываются обеднёнными не только биогенными элементами, но и растворенным в них кислородом, что резко снижает биологическую продуктивность района Перуанского апвеллинга.

https://acoustics.phys.msu.ru/sites/default/files/docs/courses/physics-of-ocean/1-6.pdf

www.earth.northwestern.edu https://baynature.org/wp-content/uploads/2012/07/v06n03_297.jpg https://concernusa.org/news/el-nino-and-la-nina/



Эль-Ниньо 2023 года описывают как «сильное» и приближающееся к «очень сильному», поскольку температура в центральной части Тихого океана почти на 2,0 °C превышает норму. Однако, если скорректировать средний уровень потепления океана в 2023 году, текущее Эль-Ниньо можно считать скорее «умеренным». Крупномасштабные изменения погоды, связанные с Эль-Ниньо, вызваны контрастом между регионом Эль-Ниньо и другими регионами, поэтому прямые погодные воздействия этого Эль-Ниньо могут быть несколько менее экстремальными, чем в 2016 или 1998 годах.

Roughly speaking, we expect each 1 °C (2 °F) temperature shift in the main El Niño / La Niña region to drive a corresponding ~0.1 °C variation in the global mean temperature, with a lag of 3-6 months. For example, we expect the effect of La Niña in 2022 was roughly to make the annual average ~0.1 °C colder than it might otherwise have been. By contrast, rapidly transitioning into El Niño from an La Niña may have contributed ~0.2 °C to the global average.

https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2023/

Волны тепла в океане подобны лесным пожарам

Heatwaves sweeping oceans 'like wildfires' 2019

Concurrent with long-term persistent warming, discrete periods of extreme regional ocean warming (marine heatwaves, MHW) have increased in frequency

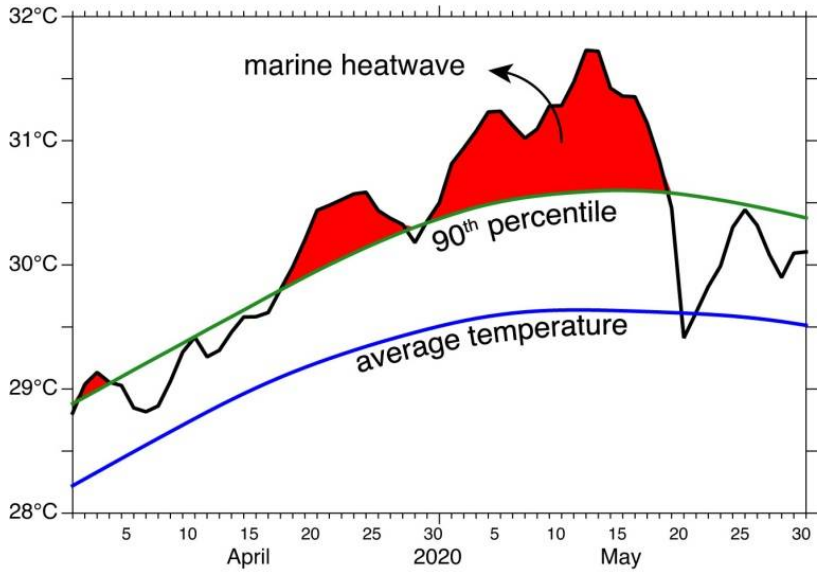
Мировой океан существенно нагрелся за последнее столетие, что имеет далеко идущие последствия для морских экосистем. Одновременно с длительным устойчивым потеплением участились дискретные периоды экстремального регионального потепления океана (морские волны тепла, MHW). Многие регионы Тихого, Атлантического и Индийского океанов особенно уязвимы по отношению к все более интенсивным волнам тепла. Исследование (*Nature Climate Change* Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services 2019) является первым систематическим глобальным анализом океанских тепловых волн (discrete periods of extreme regional ocean warming - marine heatwaves) - периодов, когда температура достигает экстремальных значений в течение пяти и более дней. Исследование показало, что тепловые волны становятся более частыми, продолжительными и сильными, а количество дней с высокой температурой утроилось за последние пару лет. Число дней с высокой температурой возросло более чем на 50% за 30 лет 1987 - 2016г. по сравнению с периодом с 1925 по 1954 год. По мере усиления морских волн тепла, значительный ущерб наносится водорослям и коралловым рифам и всей биоте океана, гибнут беспозвоночные, рыбы, морские птицы и млекопитающие. Физические характеристики особо интенсивных MHW значительно различались, но все они оказывали пагубное воздействие на морскую биоту, включая критически важные основные виды (кораллы, зеленые и бурые водоросли).

https://www.nature.com/articles/s41558-019-0412-1

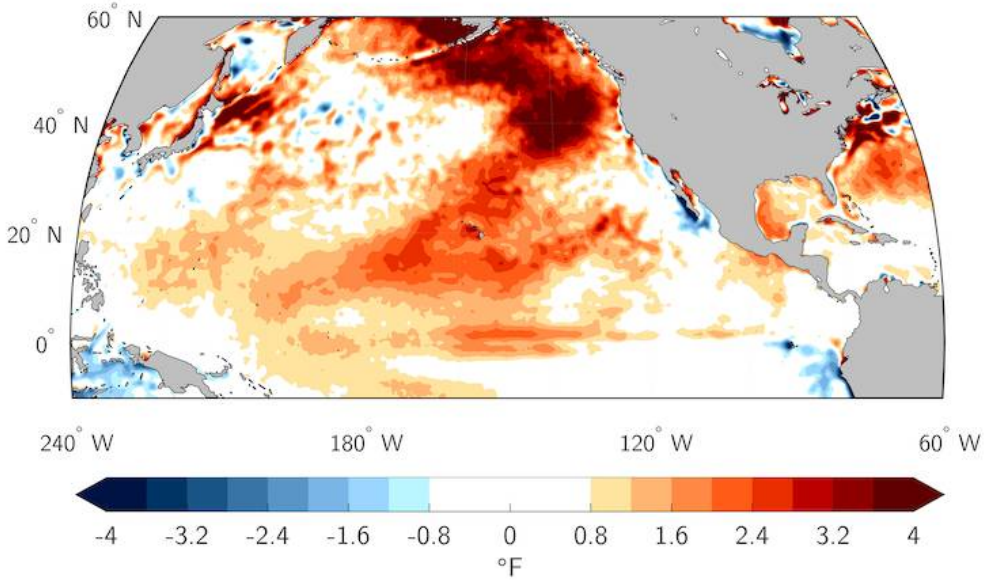
https://eco-cosm.com/articles/globalno/teplovyie-volnyi-unichtozhayut-ekosistemyi-i-sokrashhayut-bioraznoobrazie-v-mirovom-okeane

The problem with marine heat waves

Морские волны тепла — периоды устойчивых аномально высоких температур океана, могут оказывать значительное воздействие на морские экосистемы, а также на прибрежные сообщества и экономику. Морская волна тепла (marine heat wave) — подобна тепловой волне атмосферной экстремальной жары на суше.



Явление аномального тепла в океане рассматривают как “морскую волну тепла” (marine heatwave, MHW), если оно длится пять или более дней с температурой <u>выше 90-го процентиля относительно 30-летнего базового уровня</u>



Пример морской волны тепла у тихоокеанского побережья Северной Америки, когда в 2019 году температура была выше нормы примерно на 2–3°C

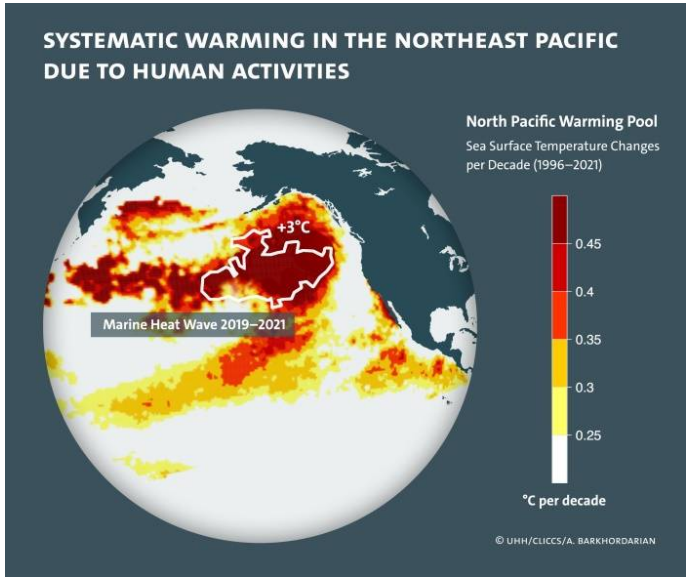
https://psl.noaa.gov/marine-heatwaves/

https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/looking-back-blob-record-warming-drives-unprecedented-ocean-change

https://www.climate.rocksea.org/research/marine-heatwaves-indian-ocean-monsoon/ https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079661116000057

Source of The Deadly Pacific Ocean 'Blob'

Systematic warming pool discovered in the Pacific due to human activities (June 21, **2022**)



Обнаружен все более нагревающийся бассейн площадью три миллиона квадратных километров в северо-восточной части Тихого океана. Этот бассейн способствует экстремальным волнам тепла в этой части Тихого океана, он является результатом роста антропогенных выбросов парниковых газов. На изображении показан рост температуры воды в северо-восточной части Тихого океана с 1996 по 2021 год (Тихоокеанский теплый бассейн). Приведены результаты измерения роста температуры за десятилетие в ^{o}C. Белый контур – морская волна тепла 2019-2021 гг., локализованная в этом бассейне.

Одно из этих явлений получило известность как смертоносная **Тихоокеанская капля/сгусток** (**Deadly Pacific Ocean 'Blob'**), имевшая разрушительные последствия в период с 2014 по 2015 год: продуктивность морской среды упала, образовалось цветение токсичных водорослей, морские птицы и морские млекопитающие массово гибли. Имела место сильная засуха на западном побережье США. **Последняя морская волна тепла продолжалась в течение трех лет, с 2019 по 2021 год, в результате температура воды была на 6 ^{o}C выше средней. Вероятность возникновения такой волны тепла без участия человека составляет менее 1%, при этом существует 99% вероятность того, что увеличение выбросов парниковых газов в атмосферу было причиной ее образования. Температура воды над теплым бассейном в северо-восточной части Тихого океана за последние 25 лет повышалась в среднем на 0,05 ^{o}C в год. В целом регион меньше охлаждался зимой, а лето было в среднем на 37 дней длиннее. В результате за последние 20 лет только в этом регионе была зафиксирована 31 морская волна тепла. Заметим, что в период с 1982 по 1999 год в этом же регионе было зарегистрировано 9 морских волн тепла.**

https://www.cliccs.uni-hamburg.de/about-cliccs/news/2022-news/2022-06-21-pm-marine-heat-waves.html https://www.nature.com/articles/s43247-022-00461-2

Придонные морские волны тепла вдоль континентального шельфа Северной Америки
Bottom marine heatwaves along the continental shelves of North America

Nature Communications Published: 13 March **2023**

В последнее время активно проводятся исследования фундаментальных характеристик экстремальных температур океана, известных как морские волны тепла (MHW). Исследования в основном были сосредоточены на проявлениях этих событий близко к поверхности океана. В то время как поверхностные волны тепла (SMHW) могут серьезно воздействовать на морские экосистемы, экстремальное потепление в слоях близких к морскому дну также может иметь значительные биологические последствия. В этом исследовании используется "реанализ" (reanalysis)* океана с высоким разрешением (~8 км) для оценки донных морских тепловых волн (BMHW) вдоль континентального шельфа Северной Америки. Обнаружено, что интенсивность и продолжительность BMHW сильно варьируют в зависимости от глубины дна, с типичными значениями интенсивности в диапазоне ~ 0,5 °C – 3 °C. Кроме того, BMHW могут быть более интенсивными и продолжаться дольше, чем SMHW. Хотя BMHW и SMHW часто встречаются одновременно, BMHW также могут существовать без SMHW. В глубоких частях океана придонные и поверхностные волны тепла (BMHW и SMHW) демонстрируют меньшую синхронность.

*** reanalysis "реанализ" — сочетание использования любых доступных данных наблюдений с применением компьютерного моделирования**

Abstract

Recently, there has been substantial effort to understand the fundamental characteristics of warm ocean temperature extremes—known as marine heatwaves (MHWs). However, MHW research has primarily focused on the surface signature of these events. While surface MHWs (SMHW) can have dramatic impacts on marine ecosystems, extreme warming along the seafloor can also have significant biological outcomes. In this study, we use a high-resolution (~8 km) ocean reanalysis to broadly assess bottom marine heatwaves (BMHW) along the continental shelves of North America. We find that BMHW intensity and duration varies strongly with bottom depth, with typical intensities ranging from ~ 0.5 °C–3 °C. Further, BMHWs can be more intense and persist longer than SMHWs. While BMHWs and SMHWs often co-occur, BMHWs can also exist without a SMHW. Deeper regions in which the mixed layer does not typically reach the seafloor exhibit less synchronicity between BMHWs and SMHWs.

https://www.nature.com/articles/s41467-023-36567-0

Замечание

На морскую флору и фауну влияет не только потепление океана – новое исследование показывает, что экстремально холодные явления нарастают и вызывают массовую смертность. “Климатический кризис работает в обоих направлениях.”

Climate change-driven cooling can kill marine megafauna at their distributional limits
(15 April 2024, Nature Climate Change)

По мере того, как температура океана повышается, экстремально холодные события апвеллинга, когда сильные ветры и океанские течения поднимают на поверхность холодную воду, также становятся все более частыми и интенсивными, угрожая морской жизни.

Новое исследование предупреждает, что хладнокровные морские существа, ищущие убежища от потепления океанских вод, могут оказаться под угрозой смертельного холода из-за изменений океанских течений. Изменение климата вынуждает виды перемещаться в более высокие широты, пытаясь остаться в пределах комфортного диапазона температур, но эта миграция может привести к непредвиденным последствиям. Новое исследование документирует событие массовой смертности в марте 2021 года, когда к берегам Южной Африки выбросило по меньшей мере 260 мертвых морских существ, таких как акулы, скаты и кальмары. Сезонные апвеллинги являются обычным явлением в этом районе, когда температура воды быстро падает. Но вымирание в марте 2021 года было экстремальным событием – температура в течение 24 часов упала на 11 градусов.

Climate change ‘bait and switch’ threatens sharks and rays

https://www.nature.com/articles/s41558-024-01966-8 https://www.carbonbrief.org/climate-change-bait-and-switch-threatens-sharks-and-rays/

УМЕНЬШЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА В ОКЕАНЕ, ВЫЗВАННОЕ ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

(*oxygen loss in the oceans*)

Растворимость газов в воде уменьшается с ростом температуры, однако океан представляет собой сложную систему, в которой океанские течения, надводные ветры и термохалинная циркуляция определяют параметры процесса деоксигенирования (уменьшения содержания кислорода) в океане.

Имитационное моделирование показало, что деоксигенация, вызванная изменением климата, может происходить быстрее, чем предполагалось ранее, и уже может быть обнаружена в южной части Индийского океана и в восточных тропических частях Тихоокеанских и Атлантических бассейнов. Также показано, что в период между 2030 и 2040 годами возможно более заметное проявление деоксигенации. Однако для некоторых частей океана, включая районы у восточных побережий Африки, Австралии и Юго-Восточной Азии, моделирование показало отсутствие ее очевидных проявлений даже к 2100 году.

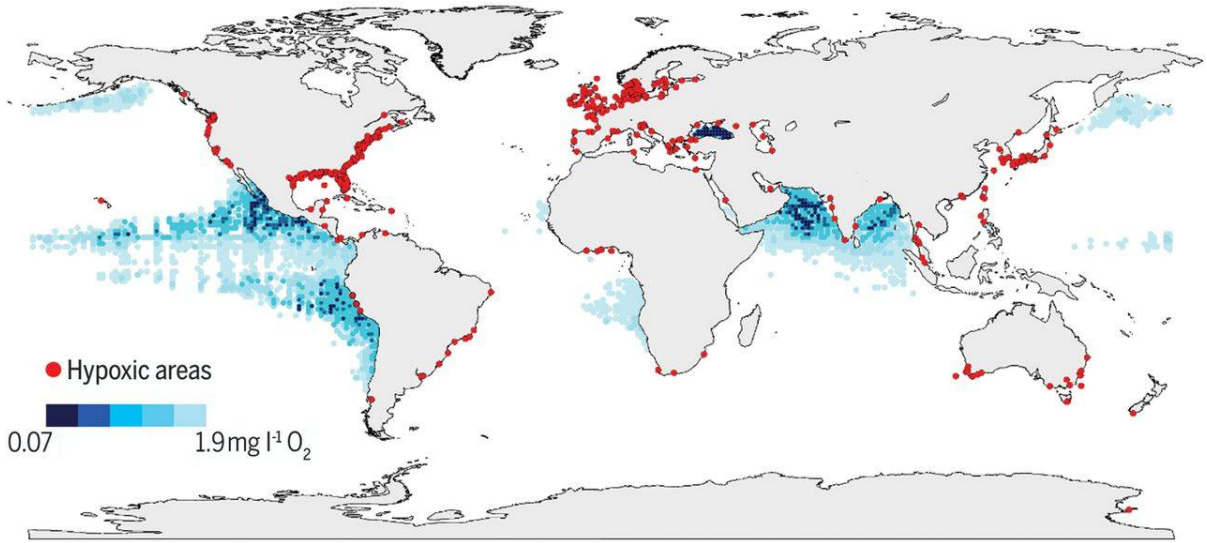
Утверждается, что на каждый градус потепления океана концентрация кислорода снижается на 2%.

В краткосрочной перспективе более высокие температуры замедляют скорость циркуляции океана. Повышение температуры приводит к стратификации океанской воды, затрудняющей перемешивание обогащенных кислородом поверхностных слоев воды с более глубокими слоями океана, обедненными кислородом. В то же время повышение температуры может приводить к ускорению метаболизма морской биоты и, соответственно, увеличению потребности в кислороде. Таким образом, получается "эффект, сжимающий с обеих сторон".

Планируется более широкое использование буев-роботов Арго для исследования уровня кислорода и кислотности в водах океана.

https://www2.ucar.edu/atmosnews/news/20721/widespread-loss-of-ocean-oxygen-become-noticeable-in-2030s

Уменьшение концентрации кислорода (деоксигенация, deoxygenation) в мировом океане



В Мировом океане нарастает площадь участков с пониженным содержанием кислорода. С начала 1960 по 2019 годы уровень кислорода в Мировом океане снизился на ~2%. Это явление (deoxygenation –"деоксигенация"), связано с последствиями глобального потепления, а также с деятельностью человека (азотно-фосфорные удобрения, попадающие в воду).

Красные точки обозначают *прибрежные* зоны, в которых кислород снизился до 2 миллиграммов на литр или меньше, а синие области (oxygen-minimum zones) **- зоны с низким уровнем содержания кислорода *в открытом океане* (на глубине 300 м).** (*Science* 05 Jan **2018**)

Анализ глобальных данных показал, что концентрация растворенного кислорода (важная мера здоровья океана) снижается на протяжении более 20 лет. **Исследование NCAR** (National Center for Atmospheric Research, **2016**) **показывает, что это явление, вероятно, станет широко распространенным между 2030 и 2040 годами. Прогнозируемое заметное снижение уровня кислорода в мировом океане (deoxygenation) - угроза для морской биоты.**

https://www2.ucar.edu/atmosnews/news/20721/widespread-loss-of-ocean-oxygen-become-noticeable-in-2030s
https://phys.org/news/2017-05-decades-world-oceans-reveal-oxygen.html https://science.sciencemag.org/content/359/6371/eaam7240

ЗАКИСЛЕНИЕ ОКЕАНА (OCEAN ACIDIFICATION)

pH1= – $\lg[H^+_1]$ = 8,25 – исходное значение (до “промышленной революции”)

pH2= – $\lg[H^+_2]$ = 8,14 – современное (измеренное) значение pH океана

pH1 – pH2 = 0,11

$\lg([H^+_2]/[H^+_1]) = 0{,}11 \Rightarrow [H^+_2]/[H^+_1] = 10^{0{,}11} \approx 1{,}29$

Таким образом “ щелочность“ океана уменьшилась на ≈ 30%.

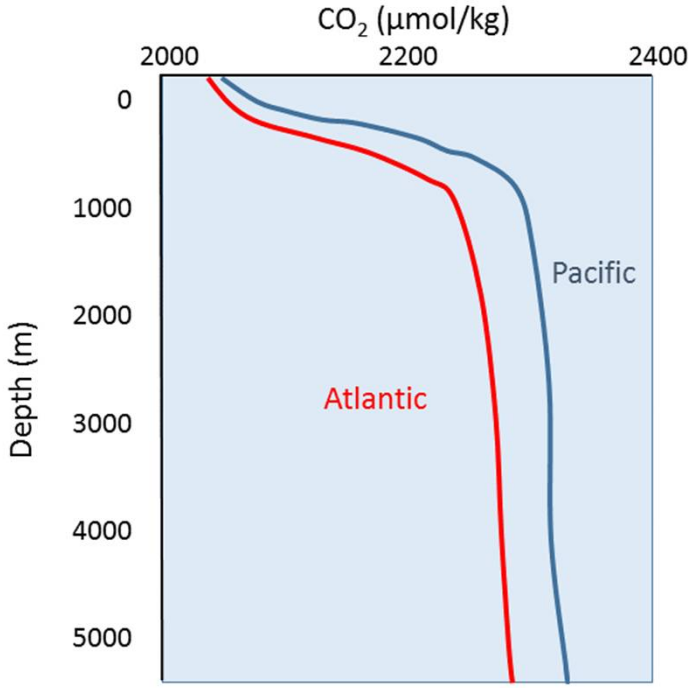
Именно это изменение называют современным “закислением” Мирового океана (*ocean acidification*). Такое увеличение кислотности произошло в течение примерно 250 лет- это в 100 раз быстрее, чем происходило в океане за десятки миллионов лет.

При сохранении существующих темпов сжигания ископаемого топлива и наблюдаемом росте концентрации атмосферного CO_2, закисление океана будет усиливаться. Уменьшение pH океана до значения 7,85 соответствует возрастанию концентрация ионов H^+ в 2,5 раза по отношению к сегодняшним значениям.

Ocean acidification is likely to impact calcification rates in many pelagic organisms, which may in turn cause significant changes in marine ecosystem structure.

http://www.whoi.edu/ocean-acidification/

Carbon dioxide profiles for the Pacific and Atlantic oceans



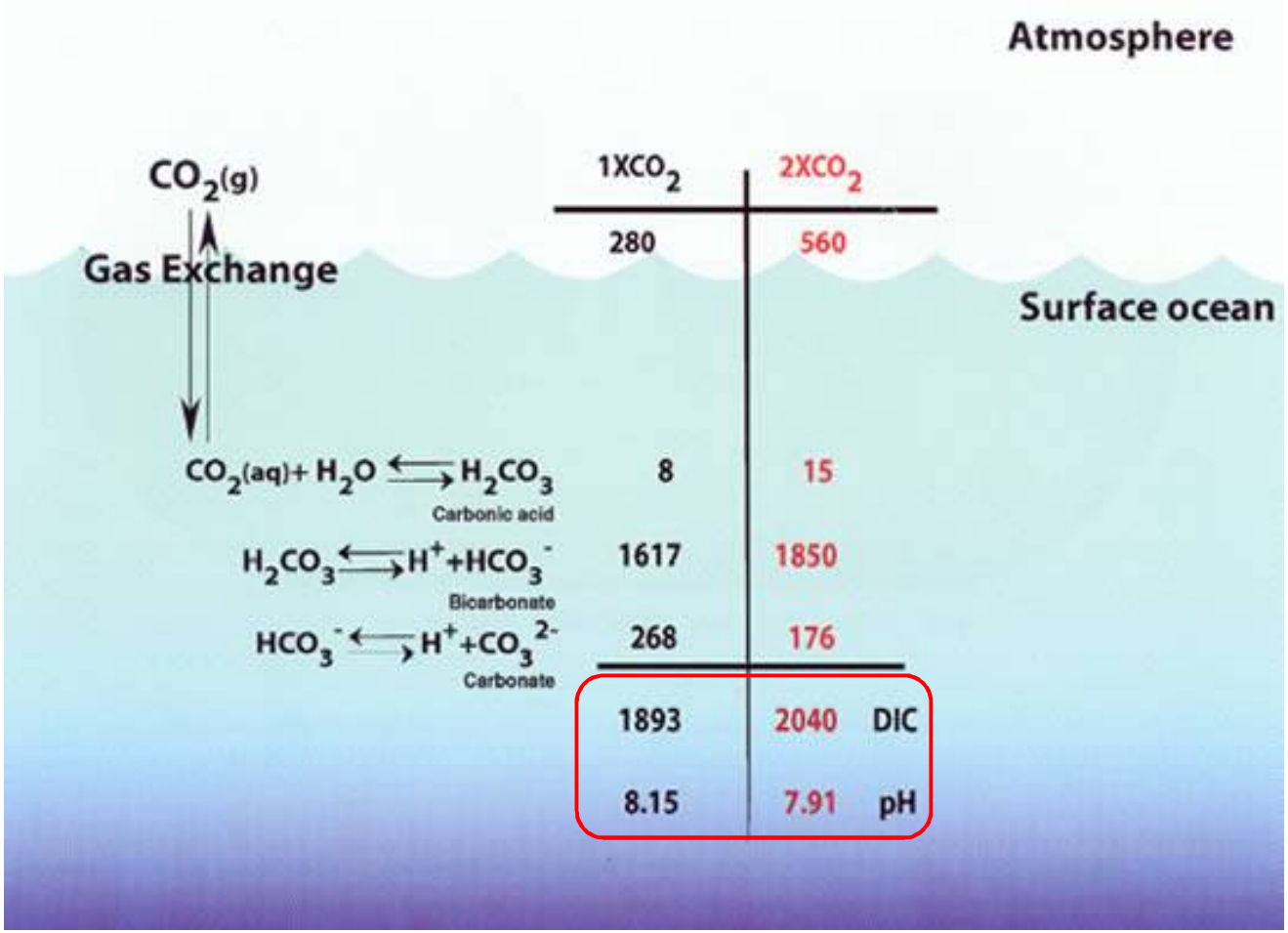
В поверхностном слое океана уровень CO_2 относительно низок, поскольку в освещенном слое CO_2 потребляется в процессе фотосинтеза. Кроме того, вблизи поверхности обитают организмы, использующие карбонаты в своих скелетах и панцирях, что также снижает количество растворенного CO_2. В более глубоких водах концентрация CO_2 увеличивается по мере того, как дыхание превышает фотосинтез и при разложении органического вещества в воду поступает CO_2.

Как и в случае с кислородом, на глубине больше CO_2, потому что холодная придонная вода содержит больше растворенных газов, а высокое давление увеличивает растворимость. Глубокие воды в Тихом океане содержат больше CO_2, чем в Атлантике, поскольку тихоокеанские воды старше и накопили больше CO_2 в результате дыхания донных организмов.

At the surface, photosynthesis consumes CO_2 so CO_2 levels remain relatively low. In addition, organisms that utilize carbonate in their shells are common near the surface, further reducing the amount of dissolved CO_2. In deeper water, CO_2 concentration increases as respiration exceeds photosynthesis, and decomposition of organic matter adds additional CO_2 to the water. As with oxygen, there is often more CO_2 at depth because cold bottom water holds more dissolved gases, and high pressures increase solubility. Deep water in the Pacific contains more CO_2 than the Atlantic as the Pacific water is older and has accumulated more CO_2 from the respiration of benthic organisms.

https://rwu.pressbooks.pub/webboceanography/chapter/5-5-dissolved-gases-carbon-dioxide-ph-and-ocean-acidification/

В морской воде CO_2 присутствует в трех основных формах: растворенного $[CO_2]_{aq}$ и двух видов ионов - бикарбоната $[HCO_3^-]$ и карбоната $[CO_3^{2-}]$

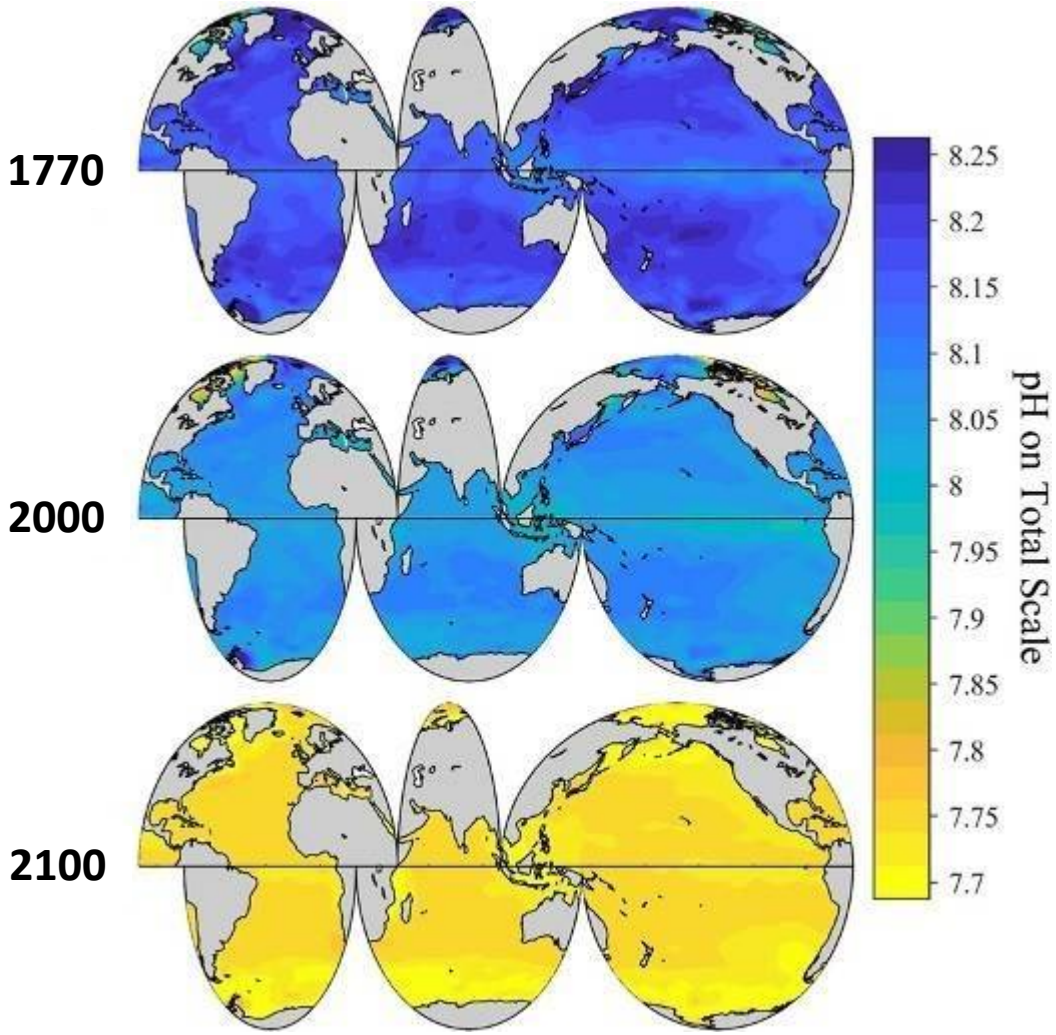


Общий растворенный неорганический углерод (dissolved inorganic carbon DIC) в морской воде определяется как сумма $[CO_{2(aq)}] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] = DIC$

http://www.pmel.noaa.gov/pubs/outstand/feel2331/exchange.shtml

Величина pH поверхностных вод мирового океана в 1770, 2000 г. и прогноз на 2100

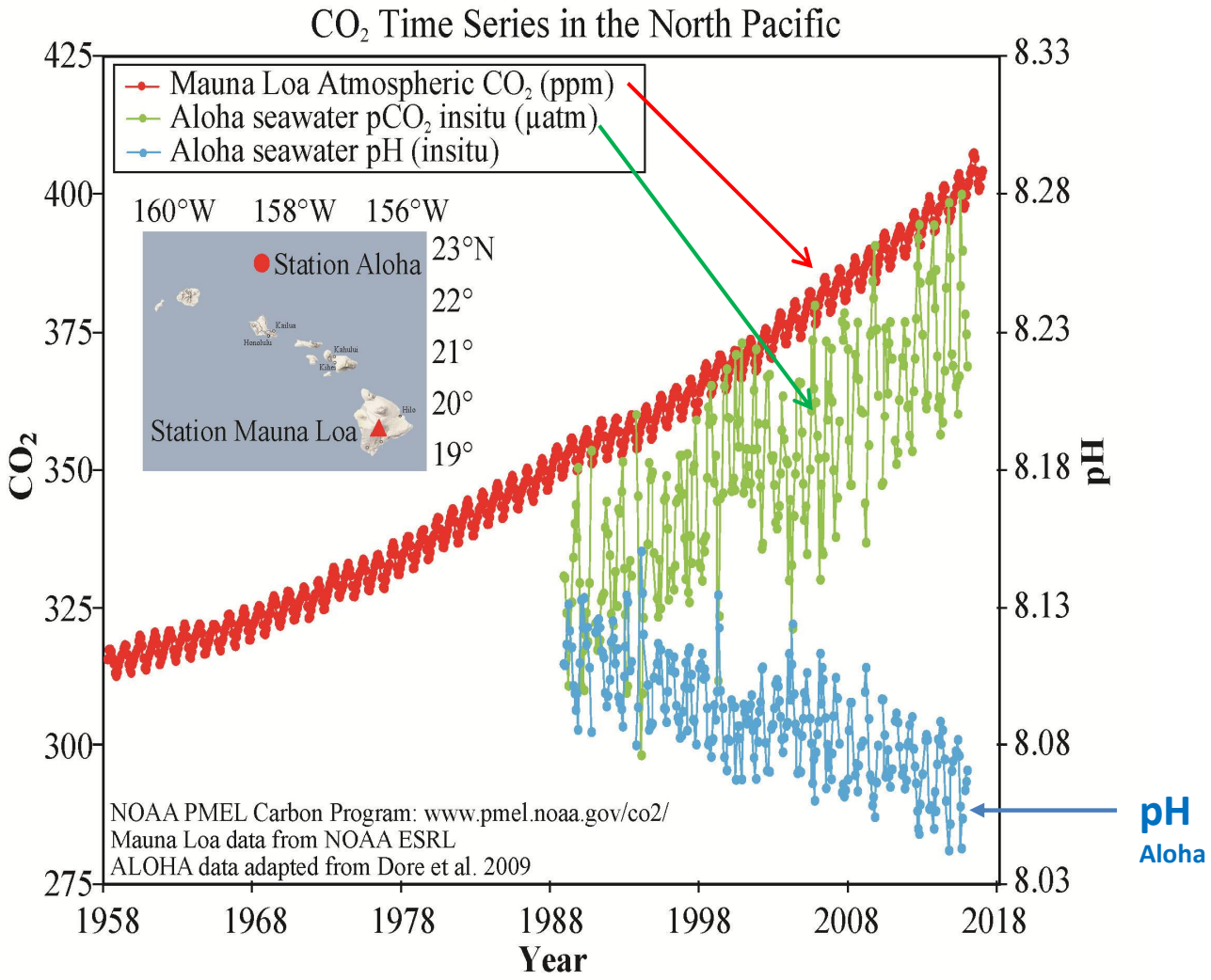
The Future of Ocean Acidification



Spatial distribution of global surface ocean pH_T (total hydrogen scale, annually averaged) in past (1770), present (2000) and future (2100) under the IPCC RCP8.5 scenario.

https://www.nature.com/articles/s41598-019-55039-4#Fig6

Временные ряды: рост концентрации CO_2 в атмосфере и в северной части Тихого океана и уменьшение pH – “закисление” океана



Data: Mauna Loa (ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_mm_mlo.txt) ALOHA (http://hahana.soest.hawaii.edu/hot/products/HOT_surface_CO2.txt)

Ref: J.E. Dore et al, 2009. Physical and biogeochemical modulation of ocean acidification in the central North Pacific. *Proc Natl Acad Sci USA* **106**:12235-12240.

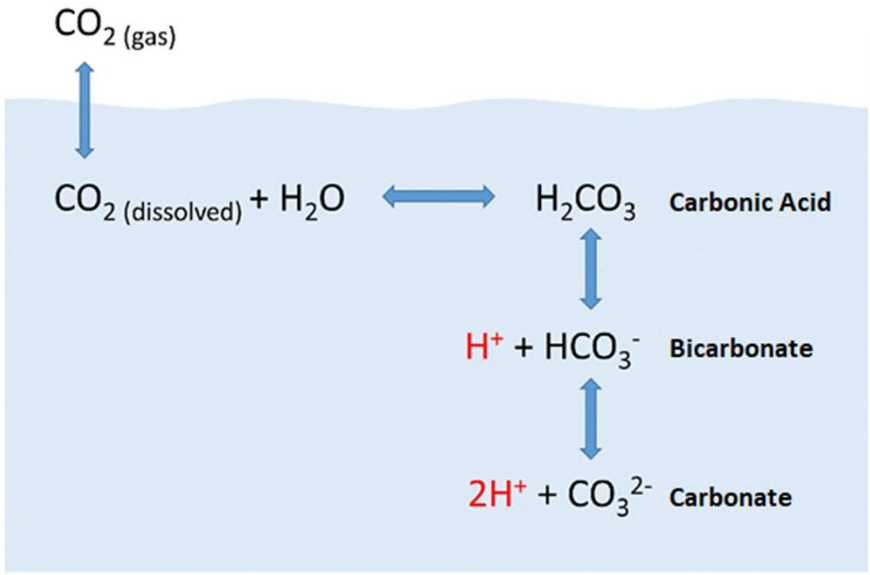
В апреле 2014 года уровень CO_2 к северу от экватора превысил 400 ppmv (частей на миллион)

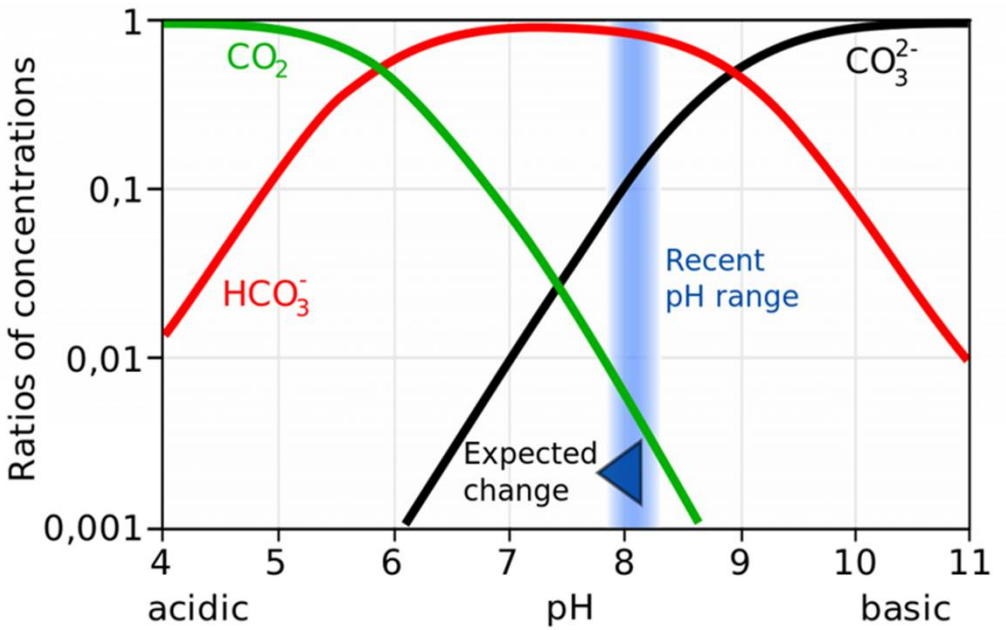
https://science2017.globalchange.gov/chapter/13/

Замечание

Carbon Dioxide, pH, and Ocean Acidification

Proportions of carbon compounds in the ocean at various pH levels





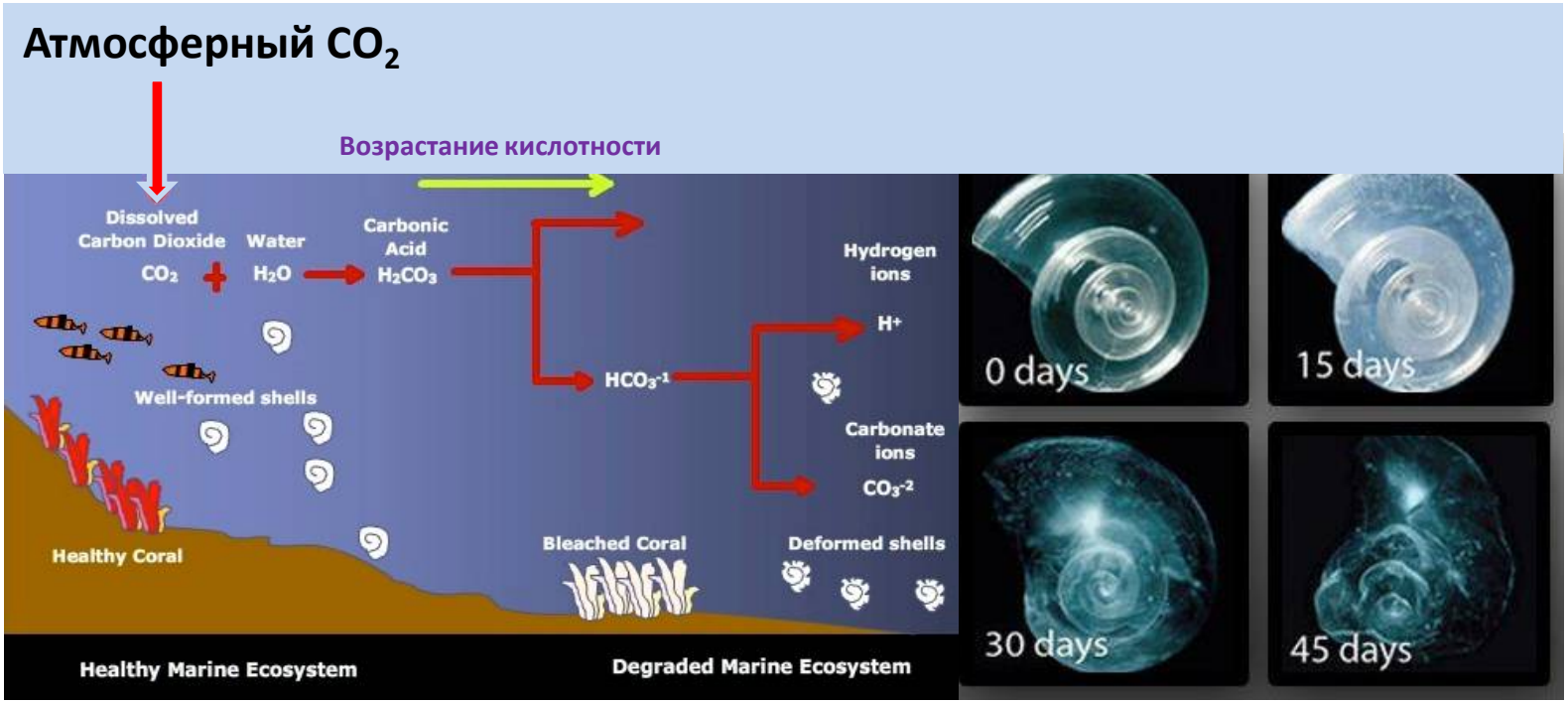
HCO_3^- : CO_3^{2-} : (CO_2 + H_2CO_3) ≈ 91% : 8% : 1%

Снижение pH не только приводит к увеличению скорости растворения карбоната кальция, но также уменьшает количество свободных ионов карбоната в воде. **Относительные пропорции различных соединений углерода в морской воде зависят от pH. При снижении уровня pH количество карбоната CO_3^{2-} снижается, что затрудняет формирование раковин и скелетов морских организмов, а также приводит к растворению уже существующих,.**

Not only does a declining pH lead to increased rates of dissolution of calcium carbonate, it also diminishes the amount of free carbonate ions in the water. The relative proportions of the different carbon compounds in seawater is dependent on pH. As pH declines, the amount of carbonate **CO_3^{2-}** declines, so there is less available for organisms to incorporate into their shells and skeletons. So ocean acidification both dissolves existing shells and makes it harder for shell formation to occur.

https://rwu.pressbooks.pub/webboceanography/chapter/5-5-dissolved-gases-carbon-dioxide-ph-and-ocean-acidification/

Возможные последствия закисления океана при повышении атмосферной концентрации CO_2



Здоровая экосистема Деградирующая экосистема

Закисление океана может затронуть многие морские организмы, особенно те, которые строят свои раковины и скелеты из карбоната кальция - кораллы, устрицы, моллюски, мидии, улитки, фитопланктон и зоопланктон - мелкие растения и животные, составляющие основу морской пищевой сети.

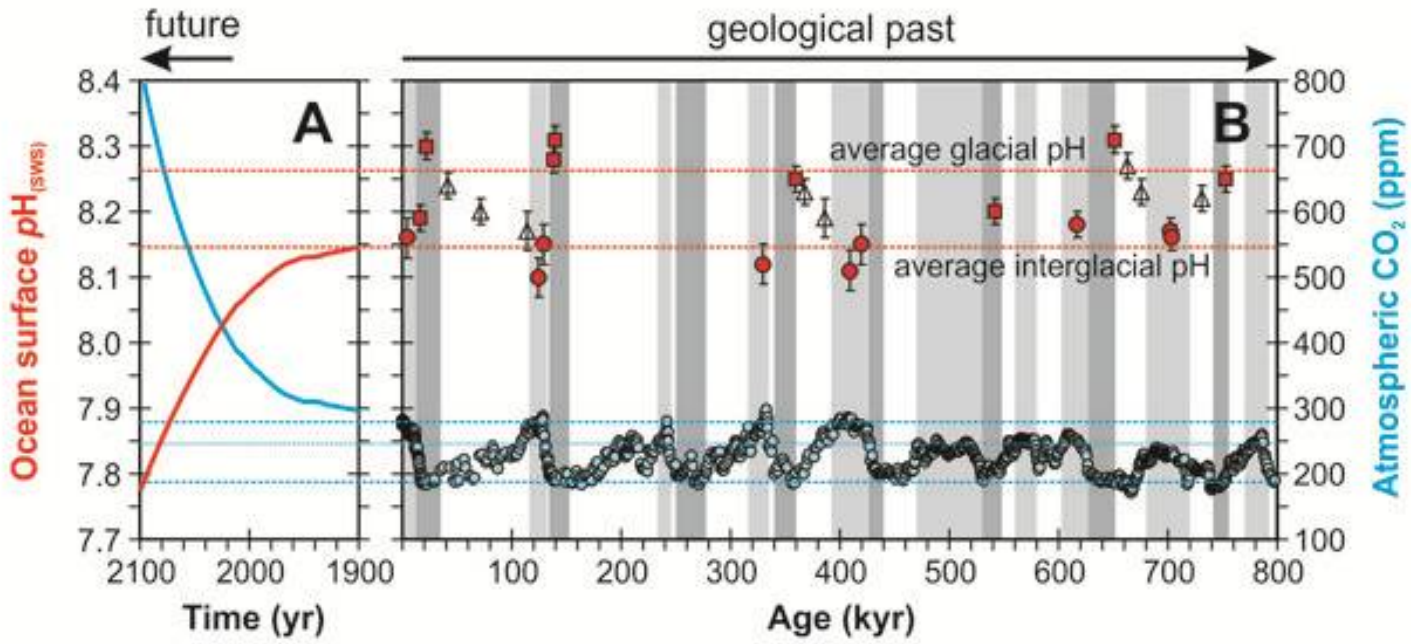
Ocean acidification is likely to impact calcification rates in many pelagic organisms, which may in turn cause significant changes in marine ecosystem structure.

The results of an experiment placing the calcium carbonate shells of pterapods in seawater with a pH of 7.8, the projected ocean pH for the year 2100 under current rates of acidification. The top row shows the shells before the experiment, and the bottom row shows the dissolution of the shells after 45 days of exposure (NOAA).

http://www.whoi.edu/ocean-acidification/ http://ocean.si.edu/ocean-acidification

https://rwu.pressbooks.pub/webboceanography/chapter/5-5-dissolved-gases-carbon-dioxide-ph-and-ocean-acidification/

Геологическое прошлое и прогнозируемое будущее изменения CO_2 атмосферы и pH океана

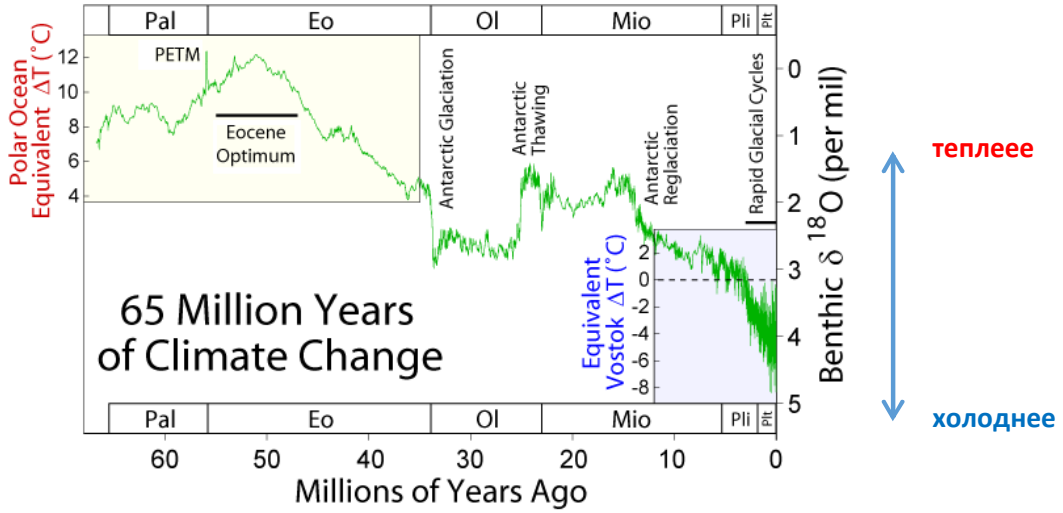


A – изменения для CO_2 и pH с 1900г и прогноз изменений до 2100 года (результаты моделирования, Turley *et al.* 2010, с соответствующим изменением масштаба оси времени).
B – геологическое прошлое: показана реконструкция pH поверхностного слоя океана на основе анализа соотношения изотопов бора ^{10}B и ^{11}B в карбонатных раковинах фораминифер (красные символы и левая ось). Красные горизонтальные пунктирные линии отмечают средние значения pH для ледниковых и межледниковых интервалов. Также представлена составная запись атмосферного CO_2 (синие символы и ось) за последние 800 тыс. лет, полученные из измерений в антарктических ледяных кернах.

http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/ocean-acidification-25822734

Палеоцен-эоценовый термический максимум

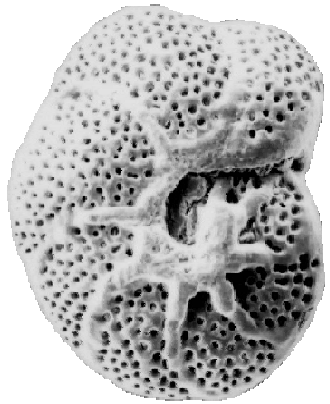
Early Eocene Climate Optimum, EECO



Изменения климата за последние 65 млн лет. Виден резкий пик температур на границе палеоцена и эоцена, 55 млн лет. Период называется палеоцен-эоценовым термальным максимумом (PETM). Данные основаны на компиляции измерений содержания изотопов кислорода ($\delta^{18}O$) в бентосных фораминиферах (Zachos и др. 2001)

Палеоцен-эоценовый термальный максимум проявился как в резком повышении температуры на поверхности континентов, в верхних слоях океана, так и изменением изотопного состава атмосферного углерода, изменением седиментации в океане и вымиранием целого ряда видов. Согласно палеоклиматическим реконструкциям, температура на континентах во время этого события увеличилась на 8°C. Температура воды в тропическом поясе составила 20°C, что на 1,5°C больше современного значения, в арктических морях потепление было значительно масштабнее, и увеличение температуры поверхностных вод Северного Ледовитого океана могло составлять до 10°C. Во время термального максимума содержание углекислого газа в атмосфере достигло 2–3 ‰, то есть в 5–8 раз больше, чем 400 ppm (современное значение), причём большая его часть растворилась в океанической воде, что повысило её кислотность. В результате карбонатные раковины гибнущего планктона стали растворяться в воде, не достигая дна.

https://en.wikipedia.org/wiki/Paleocene%E2%80%93Eocene_Thermal_Maximum



Изотопный анализ раковин ископаемых фораминифер (*Tanzania Drilling Project*) **позволил уточнить оценки содержания CO_2 в атмосфере 53–51 млн лет назад - во время раннеэоценового климатического оптимума (EECO). Анализ соотношения стабильных изотопов бора ($\delta^{11}B$) в морских карбонатах показал, что концентрация CO_2 в атмосфере составляла 1400 ± 470 ppm, что выше большинства прежних, менее точных оценок: это в пять раз больше, чем 280 ppm в доиндустриальную эпоху, и примерно в три с половиной раза больше, современного значения 404 ppm. (данные опубликованы в 2016 году)**

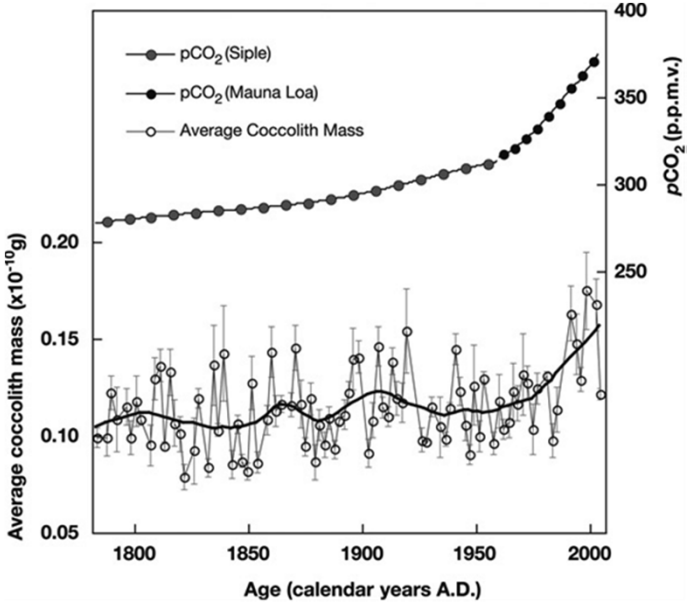
Начавшееся затем похолодание шло параллельно со снижением концентрации CO_2, которая уменьшилась более чем вдвое к 33–34 млн лет назад (начало олигоцена), когда произошло оледенение Антарктиды. Оценена равновесная климатическая чувствительность, относящаяся к доиндустриальному периоду: удвоение атмосферного CO_2 вызывает повышение температуры от 2,1 до 4,6 °C (доверительная вероятность 0,66), что соответствует общепринятому диапазону от 1,5 до 4,5°C. Имеющиеся на сегодняшний день оценки эоценового уровня CO_2 заведомо приблизительны и варьируют в широких пределах: от 500 до 3000 ppm, что затрудняет проверку гипотезы о роли CO_2 в колебаниях кайнозойского климата. Тем не менее, происходившие однонаправленно похолодание и значительное снижение уровня CO_2 в указанном временном интервале является аргументом в пользу того, что колебания концентрации углекислого газа в атмосфере являются одной из важнейших причин климатических изменений.

http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/foram.html

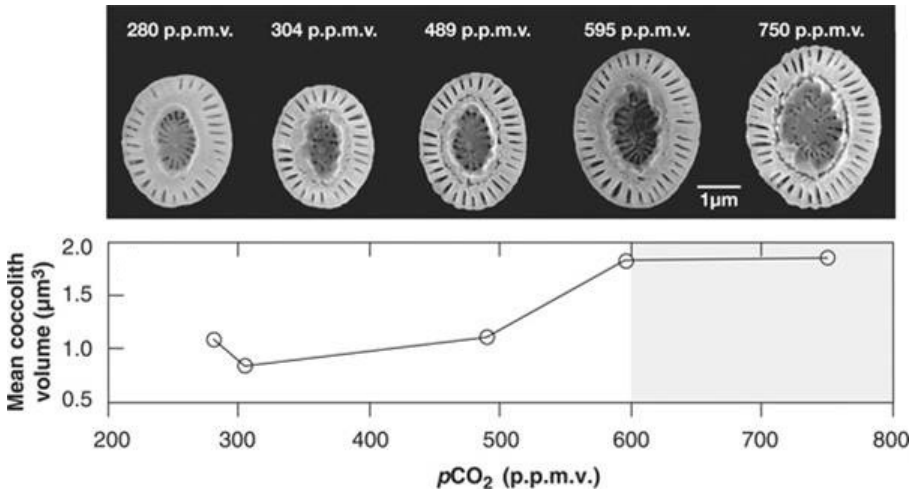
http://elementy.ru/novosti_nauki/432747/Rost_kontsentratsii_CO_2_v_atmosfere_sposobstvuet_uvelicheniyu_rastitelnogo_pokrova

Фитопланктон реагирует на рост концентрации CO_2 не так, как ожидалось?

Science, 2008



Рост концентрации CO_2 в атмосфере (*верхняя кривая*) и средней массы кокколитов (*нижняя кривая*) в донных отложениях Северной Атлантики



Рост среднего объема кокколита (*вертикальная ось*) по мере роста концентрации растворенного CO_2 (*горизонтальная ось*). В верхней части рисунка показаны фотографии типичных кокколитов из соответствующих культур, полученные на сканирующем электронном микроскопе.

Кокколитофорида *Emiliania huxleyi* - самый многочисленный и продуктивный из всех морских организмов с известковым скелетом. Во время массового «цветения» плотность популяции этого вида водорослей может достигать 10 тыс. клеток на 1 мл морской воды, при площади района цветения до сотен тысяч кв. км.

Эксперименты показали, что эти главные производители карбоната кальция в мировом океане реагируют на рост концентрации CO_2 в атмосфере не снижением, как ожидалось, а значительным увеличением продукции. Данные подтверждаются результатами послойного изучения кокколитофорид в донных морских отложениях, показавшими, что за последние 220 лет скелеты кокколитофорид стали массивнее в среднем на 40%. То есть, рост концентрации углекислого газа не угнетает, но наоборот, стимулирует образование кальцитовых скелетов по крайней мере у *некоторых* видов кокколитофорид в *некоторых* районах океана. **В то же время остается неясным, как влияет рост CO_2 на других кокколитофорид в других районах океана.**

www.co2.ulg.ac.be http://elementy.ru/news/430712 http://science.sciencemag.org/content/320/5874/336

M. Debora Iglesias-Rodriguez et al. Phytoplankton Calcification in a High-CO_2 World // *Science*. 2008. V. 320. P. 336–340.

Исследование воздействия закисления океана на фитопланктон в лабораторных и полевых условиях 2015

Exploring Ocean Change BIOACID – Biological Impacts of Ocean Acidification

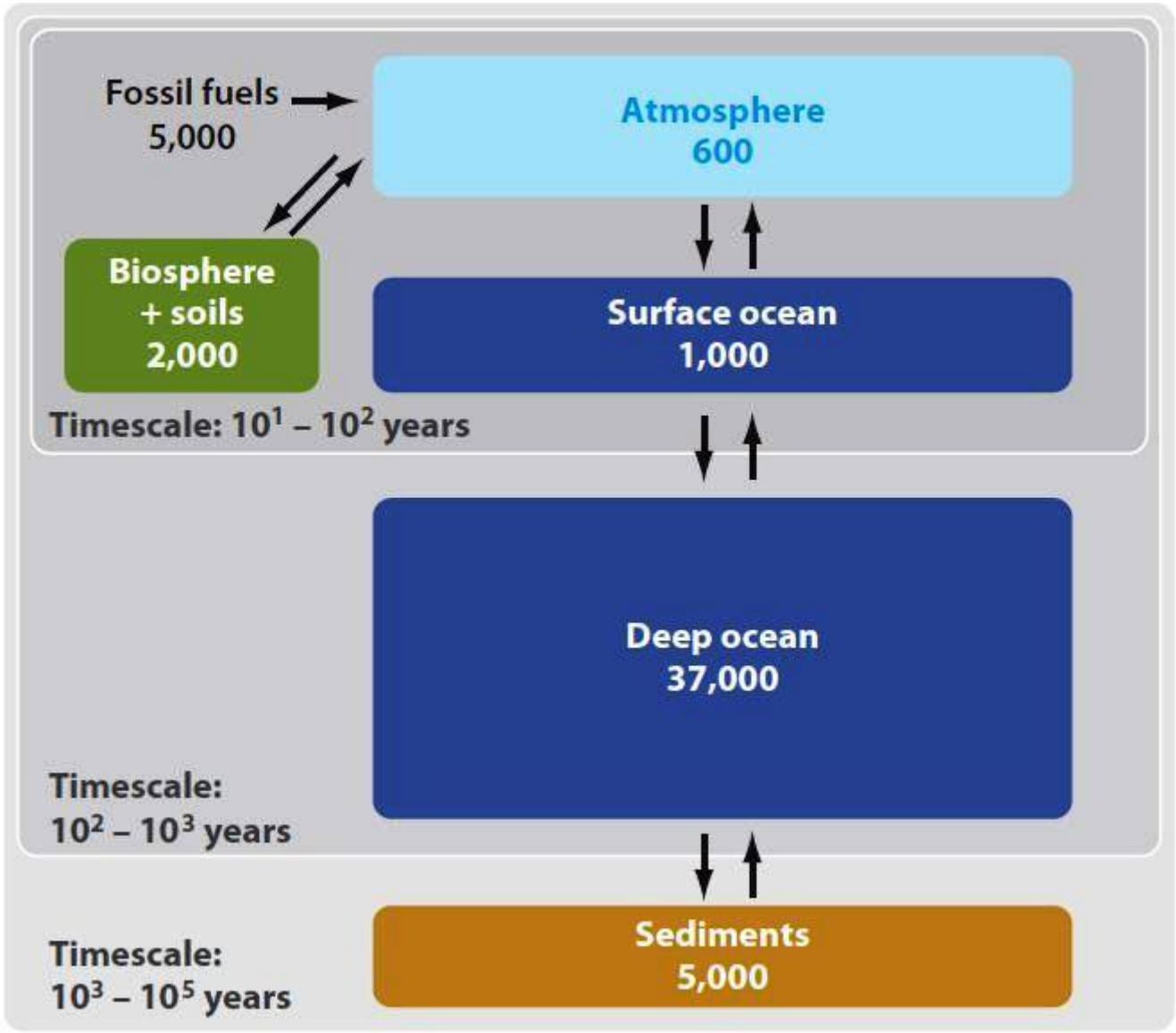
Case study 2015. Самый многочисленный и продуктивный одноклеточный кальцифицирующий вид фитопланктона Emiliania huxleyi (вид кокколитофорид) производит значительное количество биомассы и карбоната кальция в океане, поддерживает поглощение двуокиси углерода на поверхности океана и выделяет газ диметилсульфид (ДМС), "охлаждающий климат". В контролируемых лабораторных экспериментах воздействие подкисления лишь немного снижало скорость роста и кальцификации планктонных водорослей. В какой-то степени даже наблюдалось противодействие негативным последствиям закисления океана за счет эволюционной адаптации. Но в полевом эксперименте (KOSMOS mesocosm – исследование реакции фитопланктона Emiliania huxleyi на закисление океана в естественной среде), организм не смог поддерживать свою численность популяции: сокращение роста клеток, начавшееся задолго до периода цветения из-за подкисления океана, казалось бы, столь же незначительное, как ранее наблюдалось в лаборатории, привело к постепенному сокращению размера популяции во время фазы перед цветением. В итоге сообществу не удалось перейти к обширному цветению, которое обычно происходит по всему мировому океану.

As one of the largest national research programmes on ocean acidification, BIOACID has contributed to quantifying the effects of ocean acidification on marine organisms and their habitats, unravelling the mechanisms underlying the observed responses, assessing the potential for evolutionary adaptation, and determining how these responses are modulated by other environmental drivers. In its third phase that started on October 1, 2015, BIOACID aimed to synthesize the information gained on ocean acidification impacts in an integrated assessment of sensitivities and uncertainties in order to identify the potential thresholds associated with ocean acidification, evaluated possible socio-economic consequences, identified management options and communicated its knowledge towards a wide audience, ranging from the scientific community, stakeholders and decision makers to the general public.

The Federal Ministry of Education and Research (BMBF) supported the project that was coordinated by GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel. READ MORE: A changing ocean

https://www.bioacid.de/whats-next-emiliania-huxleyi/?lang=en

Современные изменения происходят слишком быстро по сравнению с характерными временами основных процессов в океане
The Problem is Time

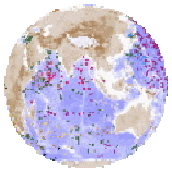


https://elementy.ru/novosti_nauki/433366/okeany_s_trudom_spravlyayutsya_s_pogloshcheniem_antropogennogo_uglekislogo_gaza_iz_atmosfery

https://timescavengers.blog/climate-change/ocean-circulation-stratification/ https://pdfs.semanticscholar.org/6bca/0c256f397e6060f9731068e2ea052e92562b.pdf

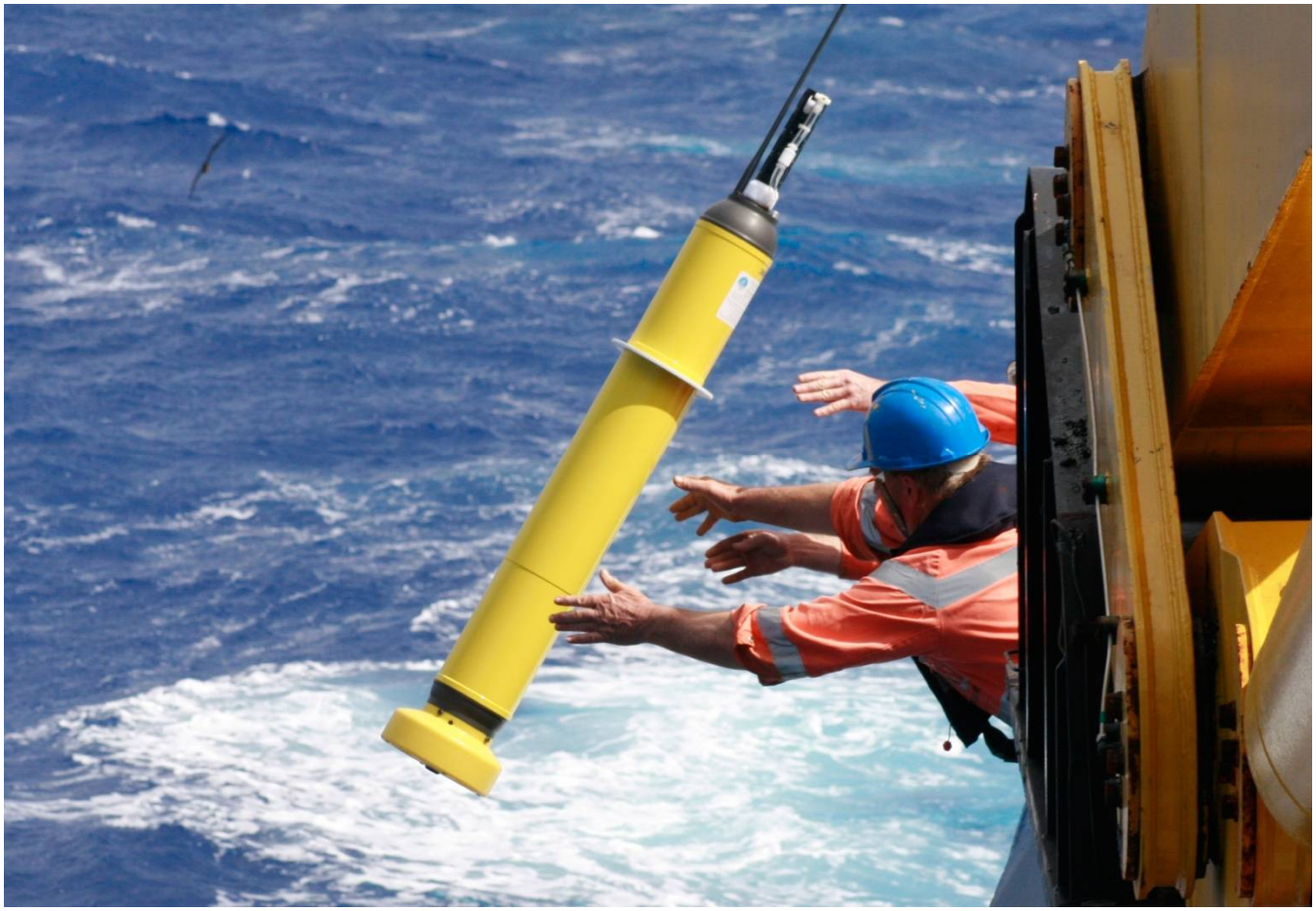
СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА
Международный проект Арго

Argo Program
(oceanography)



- **Программа Argo действует с начала 2000-х годов - это партнерство более чем 30 стран со всех континентов.**
- **Арго - это система наблюдения температуры, солености и течений в океанах, от поверхности до глубины 2000 м.**
- **Это глобальный массив из более 3500 роботов - поплавков (буев), распределенных по свободной от ледяного покрова площади Мирового океана с плотностью покрытия примерно 3х3 градуса.**
- **Предоставляемые в режиме реального времени данные используются в климатических и океанографических исследованиях.**
- **Вместе со спутниковыми наблюдениями система Арго позволяет создать глобальную оперативную океанографическую систему аналогичную глобальной системе наблюдений за атмосферой.**
- **Особый исследовательский интерес заключается в оценке изменения теплосодержания океана (важнейшего фактора изменения климата).**

https://www.aoml.noaa.gov/phod/argo/ https://argo.ucsd.edu/





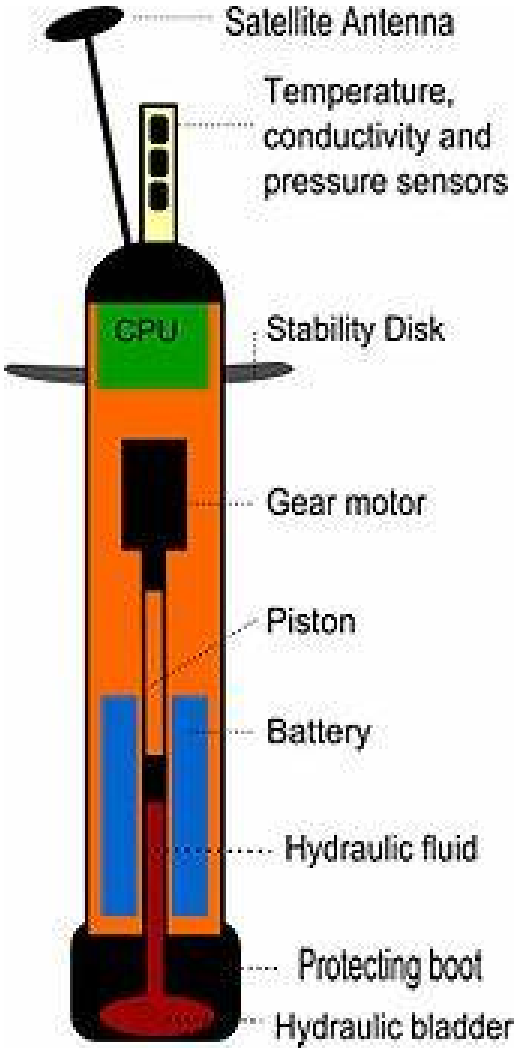


Спущенный на воду буй дрейфует на поверхности в течение промежутка времени, достаточного для передачи данных на проходящие спутники. После опускания на заданный горизонт буй дрейфует, после чего поднимается на поверхность с постоянной скоростью, проводя измерения давления, температуры и электропроводности.

Цикл повторяется до тех пор, пока не истощатся батареи (или буй не будет выловлен рыбаками, хотя поймать буй специально довольно сложно).

http://rus.ferhri.ru/argo/Tech_doc/rus_bas_char.htm

Устройство буев Арго (Argo floats)

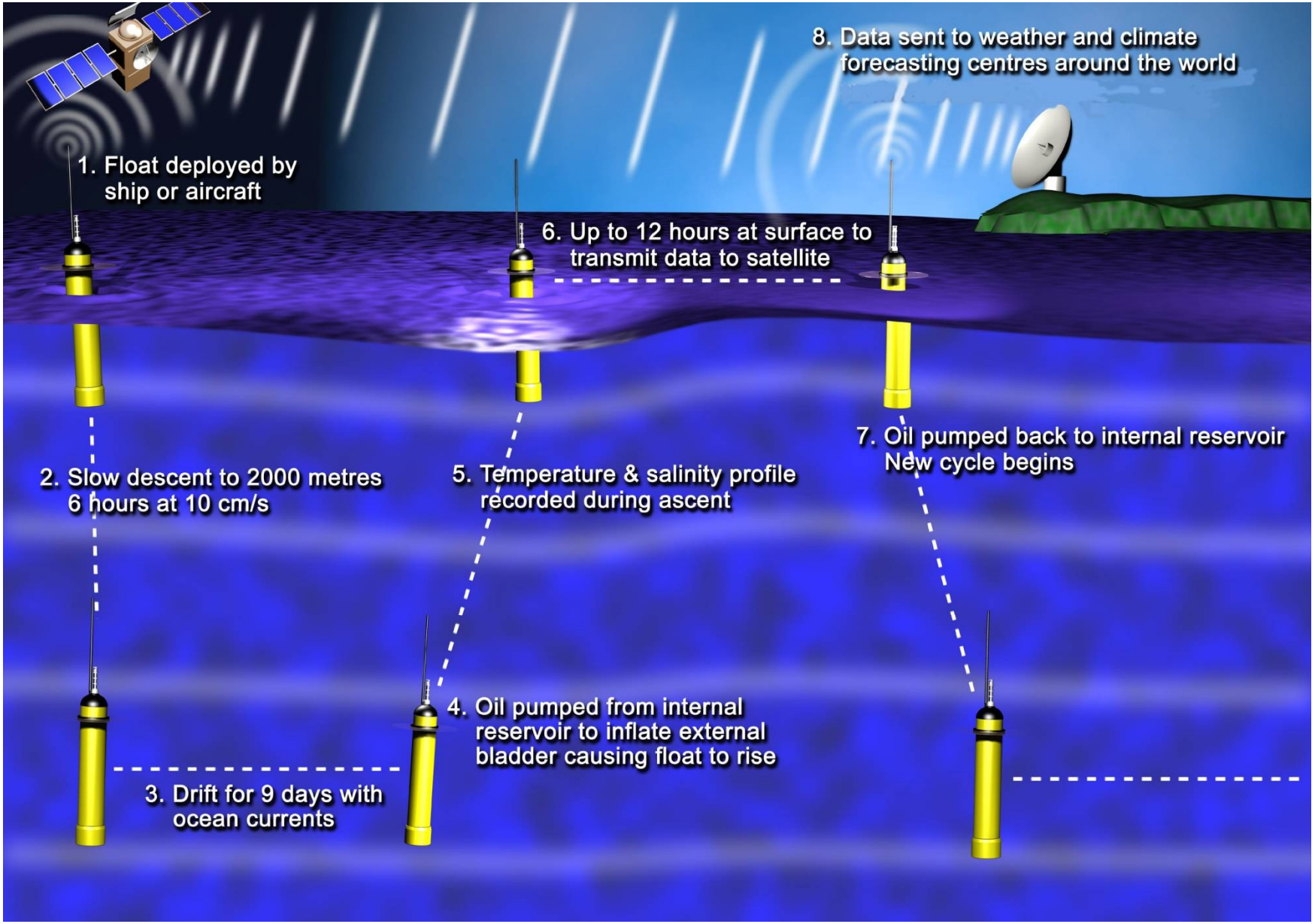


Буи Арго в океане поднимаются и опускаются по запрограммированному графику, изменяя свою эффективную плотность. Буй сохраняет свою массу постоянной, но, изменяя объем, он изменяет свою плотность. Для этого минеральное масло выталкивается в резиновый пузырь на нижнем конце буя. Когда пузырь расширяется, буй становится менее плотным, чем морская вода и он поднимается на поверхность. По завершении своих задач на поверхности масло возвращается в специальный бокс и буй снова опускается.

К моменту подъема буя результаты серии из примерно 200 измерений давления, температуры, солености накоплены и хранятся на его борту; результаты передаются на спутники, когда буй находится на поверхности. Для буев, использующих высокоскоростную связь с большей пропускной способностью, измерения проводятся чаще, в результате получается несколько сотен измерений на серию.

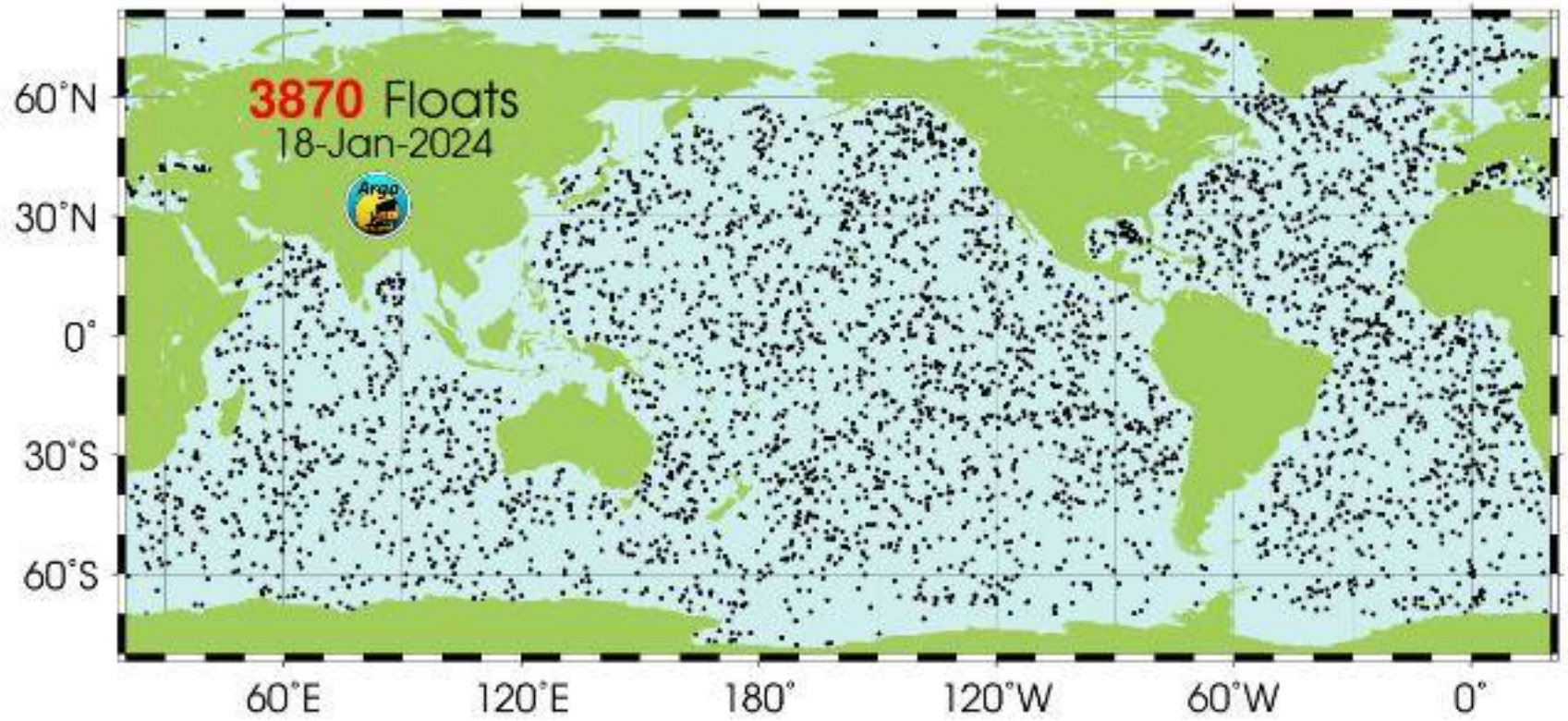
Средняя продолжительность жизни буев Argo значительно возросла с начала программы, превысив 4-летний средний срок службы для буев, развернутых в 2005 году. Постоянное совершенствование должно привести к дальнейшему продлению срока службы до 6 лет и более.

http://www.argo.ucsd.edu/How_Argo_floats.html



https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/a/argo

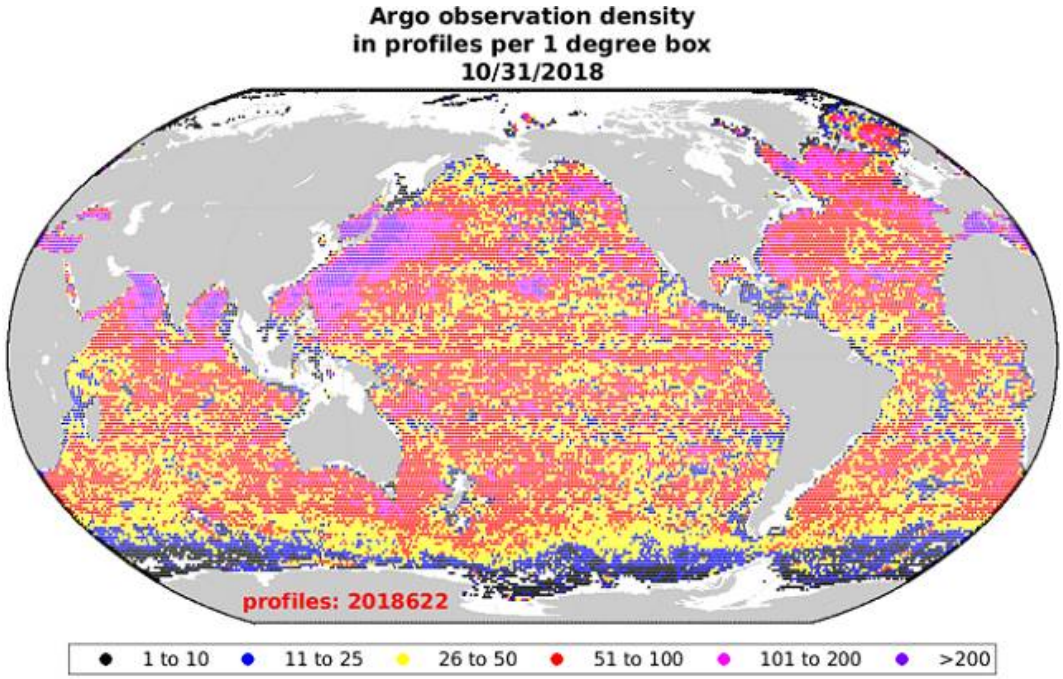
Позиции буев Argo, январь 2024



В настоящее время буи Argo используются для сбора данных о течениях, температуре и солености, а также (Biogeochemical–Argo) концентрации кислорода, нитратов, величины pH, концентрации хлорофилла, взвешенных частиц.

https://biogeochemical-argo.org/measured-variables-oxygen.php
https://www.aoml.noaa.gov/phod/gdp/index.php https://argo.ucsd.edu/about/status/

Арго дополняет спутниковые и другие источники наблюдений, предоставляя данные из отдаленных районов океана, где океанографические морские и метеорологические наблюдения посредством других приборов редки или вовсе отсутствуют. С момента запуска первого буя в 1999 году программа «Арго» произвела почти в четыре раза больше профилей, чем любые другие системы для наблюдения за океаном, вместе взятые.



Количество измеренных профилей Арго в квадрате 1x1°, 31 октября 2018 г.

В настоящее время ведутся крупномасштабные проекты по испытанию буев-роботов, которые смогут достигать глубин до 6000 метров, в том числе, в сезонно-покрытых льдом морях.

https://meteoinfo.ru/novosti/99-pogoda-v-mire/15755-mezhdunarodnyj-proekt-argo-otmechaet-20-letie

ИЗМЕНЕНИЕ ОКЕАНИЧЕСКОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC)

Antarctic Circumpolar Current (ACC): Southern Ocean overturning circulation

Замечание

Традиционно объёмный расход океанских течений измеряется в "Свердрупах" (Sv):

1 Sv = 10^6 кубических метров в секунду = 0,001 км³/с =

= (1 км × 1 км × 1 м) /с

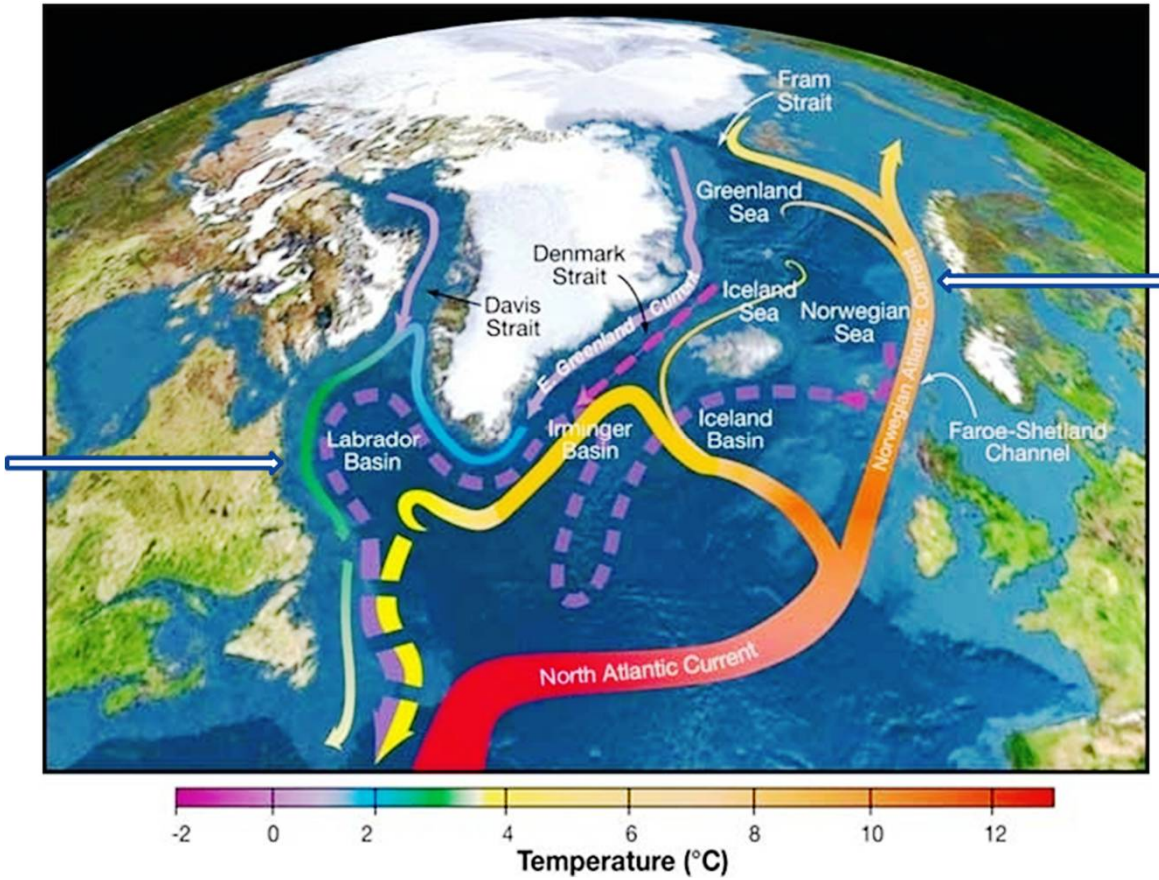
Эта внесистемная единица названа в честь одного из основателей океанологии норвежского ученого Харальда Свердрупа (Sverdrup, Harald Ulrik).

Один свердруп (1 Sv) примерно в пять раз превышает поток воды, переносимой крупнейшей в мире рекой Амазонкой, а весь мировой речной сток в океан равен примерно 1,2 Sv.

Sverdrup, Harald Ulrik (1888-1957). Sverdrup was born in Sogndal, Norway, and participated on Roald Amundsen's expedition with the polar ship *Maud* between 1918 and 1925. Sverdrup was head of the scientific work during the whole Maud Expedition that lasted for seven years. During this period, he stayed half a year with the Chukchi people in Siberia, wrote articles about their way of living and learnt their language fluently. Sverdrup was first of all an oceanographer and a meteorologist who made a number of important theoretical discoveries.
The Sverdrup, a unit of volume flux, bears his name. One Sverdrup = 1 000 000 m³ water per second.

https://frammuseum.no/polar-history/explorers/harald-ulrik-sverdrup-1888-1957/

Атлантическая меридиональная опрокидывающая циркуляция AMOC



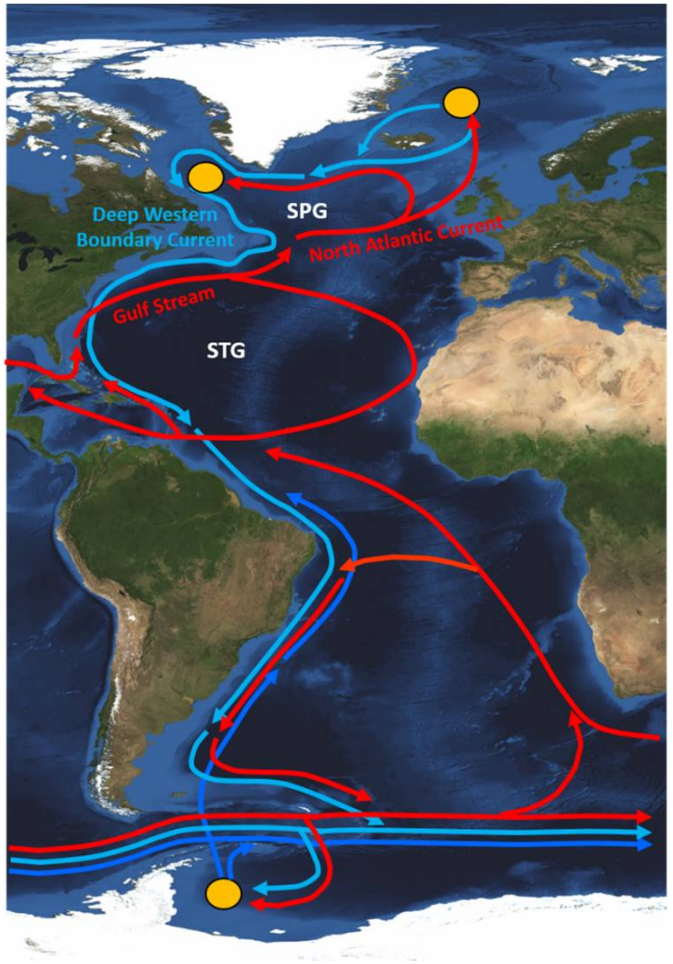
Поверхностные течения (сплошные кривые) и глубинные течения (штриховые кривые), составляющие часть атлантической меридиональной опрокидывающей циркуляции. Цвета кривых обозначают приблизительные температуры.

Атлантическая меридиональная опрокидывающая циркуляция (AMOC - Atlantic Meridional Overturning Circulation) - система течений в Атлантическом океане, которую приводит в движение разница в температуре, солености и плотности вод на разных его участках (термохалинный эффект), а также сильные ветры у поверхности океана. Поверхностная вода остывает (тепло выделяется в атмосферу), становится плотнее и опускается в более глубокие слои Атлантики. В холодных водах на севере Атлантики растворяется большое количество углекислого газа, который перемещается в глубокие слои воды и на столетия выводится из атмосферы.

https://blogs.ei.columbia.edu/2018/04/24/cooling-ocean-europe-heat-drought/ Image: R. Curry, Woods Hole Oceanographic Institution/Science/USGCRP

Атлантическая меридиональная опрокидывающая циркуляция AMOC

The Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC)

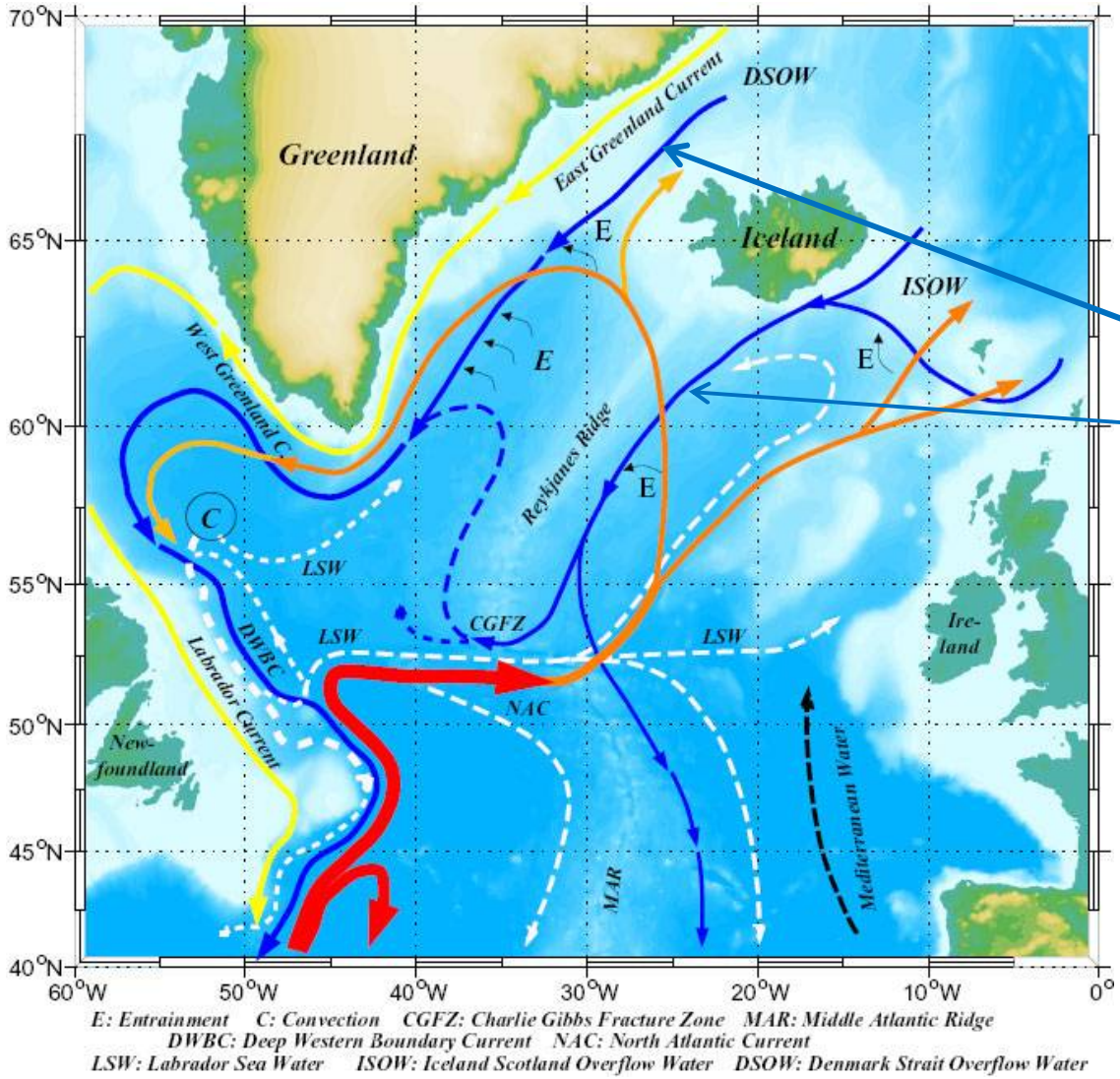


Simplified illustration of the Atlantic Meridional Overturning Circulation. Red: warm near-surface currents, blue: cold deep currents, yellow circles: deep water formation areas in the Labrador Sea, Norwegian-Greenland Sea.
SPG: Subpolar Gyre,
STG: Subtropical Gyre.

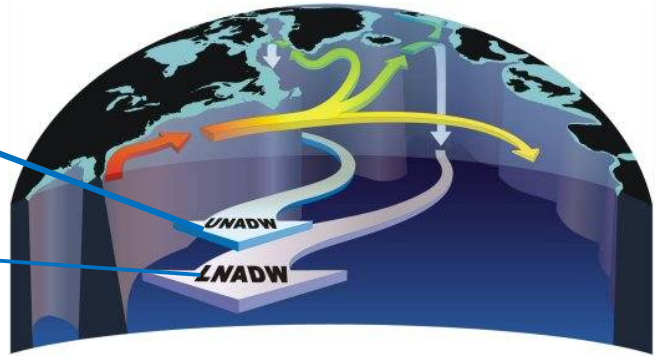
(1 Свердруп, Sv=10^6 м^3/с)

Атлантическая меридиональная опрокидывающая циркуляция является одной из самых мощных **систем течений** в мире: по мере продвижения на север поток Гольфстрима увеличивается с 32 Sv до примерно 150 Sv в той части, которая известна как Гольфстрим (The Gulf Stream). Это более чем в 100 раз превосходит речной сток всех рек Земли вместе взятых. На стыке субтропического круговорота (STG) и субполярного круговорота (SPG) примерно 30 Sv потока продолжаются в субполярный круговорот Североатлантическим течением, а остальная часть рециркулирует внутри субтропического круговорота. В Северной Атлантике течение разделяется, и около трети стока уходит в Норвежско-Гренландское море и Северный Ледовитый океан.

https://race-synthese.de/the-atlantic-meridional-overturning-circulation



The formation of North Atlantic Deep Water



Due to its higher temperature deep water from the Labrador Sea is a little less dense, and flows southwards above the colder water from the GIN Sea. This creates two distinct layers of North Atlantic Deep Water - an upper layer (UNADW) that forms in the Labrador Sea, and a lower layer (LNADW) that forms in the GIN Sea (between **G**reenland, **I**celand and **N**orway)

https://www.rapid.ac.uk/sis/popups/thc_nadw.php

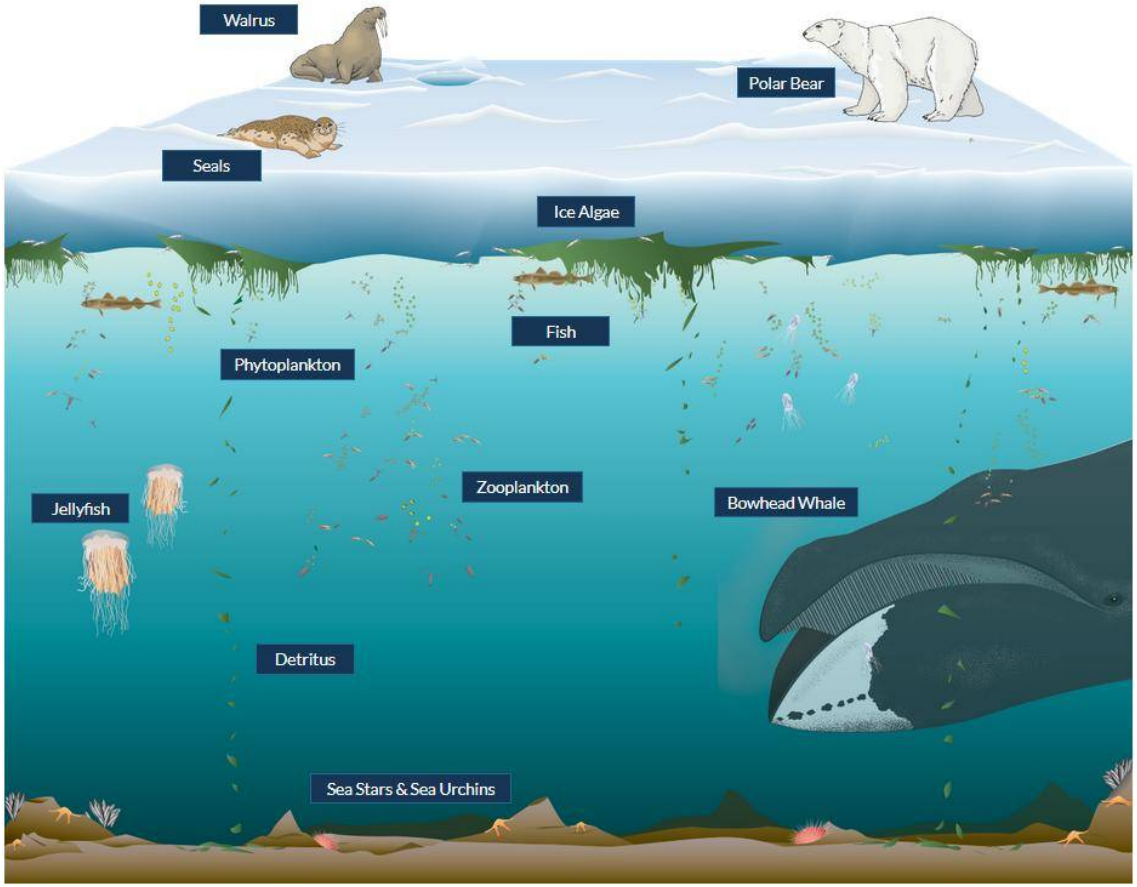
Система течений в Северной Атлантике. *Красным* показана теплая соленая вода, движущаяся с юга Атлантики. Затем она поднимается к самой поверхности — два основных течения выделены коричневым цветом. Места, где вода активно опускается вниз, «тонет», показаны небольшими *черными стрелками* (E, Entrainment). Обратное движение глубинной североатлантической воды показано *синими стрелками* (*слой глубже – линия тоньше*). *C* — это зона интенсивной конвекции, *MAR* — Срединно-Атлантический хребет, тянущийся по дну Атлантического океана. Часть глубинной воды с востока на запад проходит через «пролом» в хребте — «провал Гиббса» (Gibbs Fracture Zone, *GFZ*).

https://www.geomar.de/en/research/fb1/fb1-po/projects/race-en/

Гиляров А.М. https://elementy.ru/novosti_nauki/430533

Экосистемы Арктики The Arctic Ocean Ecosystem

Despite the harsh weather and the ice cover, the Arctic Ocean is teeming with life. It has a complex but abundance ecosystem that supports large predators such as walruses, polar bears and whales. **The Arctic Ecosystem: Seasonal Cycles**



Покрытый мощным слоем льда и снега, погруженный зимой в полную тьму, обдуваемый снежными ветрами и чрезвычайно холодный, Северный Ледовитый океан является одним из самых недоступных, но в то же время красивых мест на Земле. Жизнь здесь выдерживает одни из самых экстремальных перепадов освещенности и температуры, известных нашей планете. Однако, несмотря на эти суровые условия, Северный Ледовитый океан изобилует жизнью.

https://divediscover.whoi.edu/polar-regions/arctic-ecosystem/

Течение Атлантической меридиональной циркуляции AMOC ослабело до минимального за последние 1600 лет

AMOC — один из главных регуляторов климата Земли, который обеспечивает теплообмен между водами в тропических, умеренных и приполярных широтах.
В холодных водах на севере Атлантики растворяется большое количество углекислого газа, который AMOC перемещает в более глубокие слои воды и на столетия выводит из атмосферы. Исследование (Nature Geoscience, 2021), показало, что активность AMOC в настоящее время упала до исторического минимума за последнее тысячелетие в ответ на антропогенное изменение климата. Сопоставлялись палеоклиматические индикаторы температуры и солености воды: данные анализа $\delta^{18}O$ в скелетах фораминифер в донных отложениях, анализ $\delta^{15}N$ в скелетах кораллов, данные реконструкции климата по годичным кольцам и кернам льда в Гренландии, реконструкция температуры океана на разной глубине.

Максимальный перенос тепла Гольфстримом составляет примерно 1 200 000 гигаватт. Для сравнения, электрическая мощность атомной электростанции обычно составляет один гигаватт. Модельные расчеты предсказывают изменения в опрокидывающей циркуляции в высоких северных широтах вследствие антропогенных изменений климата во временном интервале от десятилетий до нескольких столетий. Похолодание, вызванное более слабой опрокидывающей циркуляцией, может немного смягчить тенденцию глобального потепления в некоторых районах Северного полушария. Однако более слабая опрокидывающая циркуляция может иметь множество последствий, которые влекут за собой высокие риски.

Current Atlantic Meridional Overturning Circulation weakest in last millennium

Caesar, L., McCarthy, G.D., Thornalley, D.J.R. *et al. Nat. Geosci.* **14**, 118–120 (**2021**).

The Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC)—one of Earth's major ocean circulation systems—redistributes heat on our planet and has a major impact on climate. Here, we compare a variety of published proxy records to reconstruct the evolution of the AMOC since about AD 400. A fairly consistent picture of the AMOC emerges: after a long and relatively stable period, there was an initial weakening starting in the nineteenth century, followed by a second, more rapid, decline in the mid-twentieth century, leading to the weakest state of the AMOC occurring in recent decades.

https://www.nature.com/articles/s41561-021-00699-z https://nplus1.ru/news/2021/02/27/amoc-weakening
https://race-synthese.de/the-atlantic-meridional-overturning-circulation https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-023-06957-7
https://www.copernicus.eu/en/media/image-day-gallery/atlantic-meridional-overturning-circulation-weakest-point-millennium

Антарктическое циркумполярное течение: опрокидывающая циркуляция в Южном океане

Antarctic Circumpolar Current (ACC): Southern Ocean overturning circulation

Антарктическое циркумполярное течение (АЦТ) – течение Южного океана – опоясывает Антарктиду непрерывным кольцом, отделяющим холодную воду вблизи Антарктиды от более теплой субтропической воды. Глубина собственно АЦТ – от поверхности до примерно 2 км. Это крупнейшее океанское течение в системе глобальной циркуляции океана соединяет бассейны Атлантического, Тихого и Индийского океанов. Течение Западных ветров (другое название АЦТ) в основном обусловлено сильными ветрами (зону течения называют Roaring Forties "ревущими сороковыми" широтами). Структура этого течения – сложная сеть переплетающихся вихревых потоков и струй. Южный океан — наиболее бурный район Мирового океана, здесь отмечены волны высотой 10—15 м, максимальные — до 23 м; высота приливов 1—2 м, максимальные — 3,25 м. АЦТ – самое мощное океаническое течение, равное примерно 120 - 150 Sv (по некоторым данным до 170 Sv). Заметим, западные ветры в атмосфере переносят до 500 Sv воздуха.

Antarctica is surrounded by the Southern Ocean, an unbroken body of water with a rushing current that both isolates Antarctica's coastal ocean and provides essential chemical nutrients for the Antarctic ecosystem. The **Antarctic Circumpolar Current (ACC)** is the largest wind-driven current on Earth. It is the only current that goes all the way around our planet and connects the Atlantic, Pacific, and Indian Oceans. It is driven by strong westerly winds and creates some of the roughest seas in the world that are notorious to sailors. The ACC is a massive flow of water that acts as a barrier separating the Southern Ocean from more northern oceans. The current extends from the sea surface to depths of 4000 m (more than 2.5 miles) and can be more than 120 miles wide. It is a very cold current with temperatures ranging from –1 to 5°C depending on the time of the year, and with speeds up to 3.7 km per hour (2 knots).

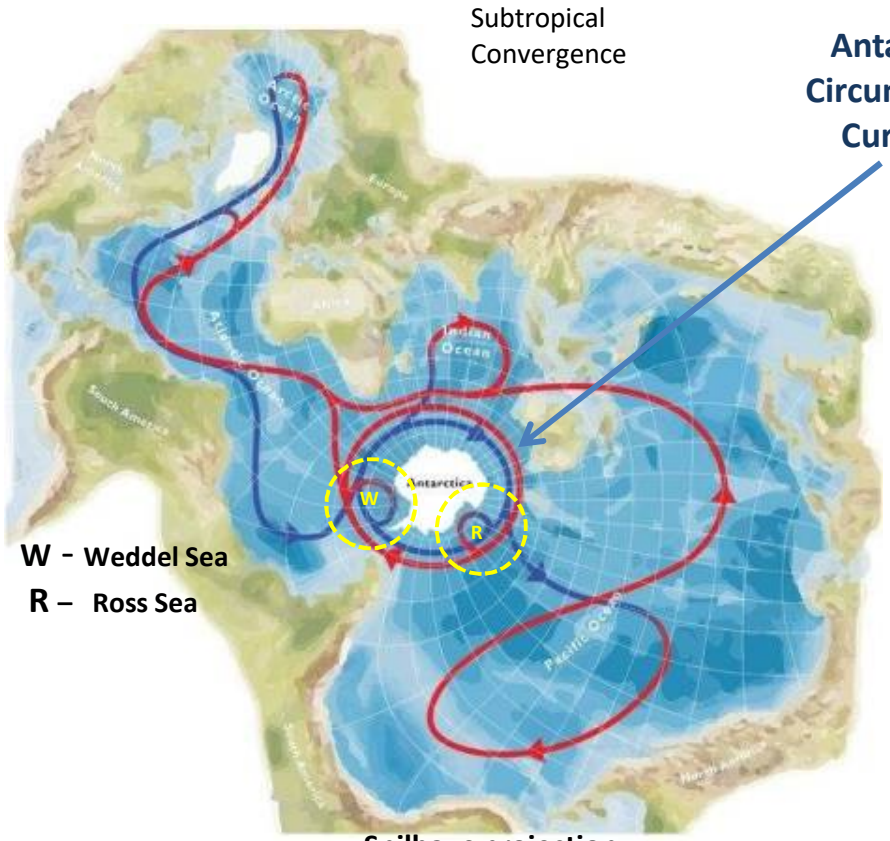
https://divediscover.whoi.edu/polar-regions/antarctic-ocean-circulation/

https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/061/221.htm https://nplus1.ru/material/2021/03/26/gulfstream-and-freezing-europe

Антарктическое циркумполярное течение

The Antarctic Circumpolar Current, at approximately 125 - 150 Sv, is the largest ocean current.

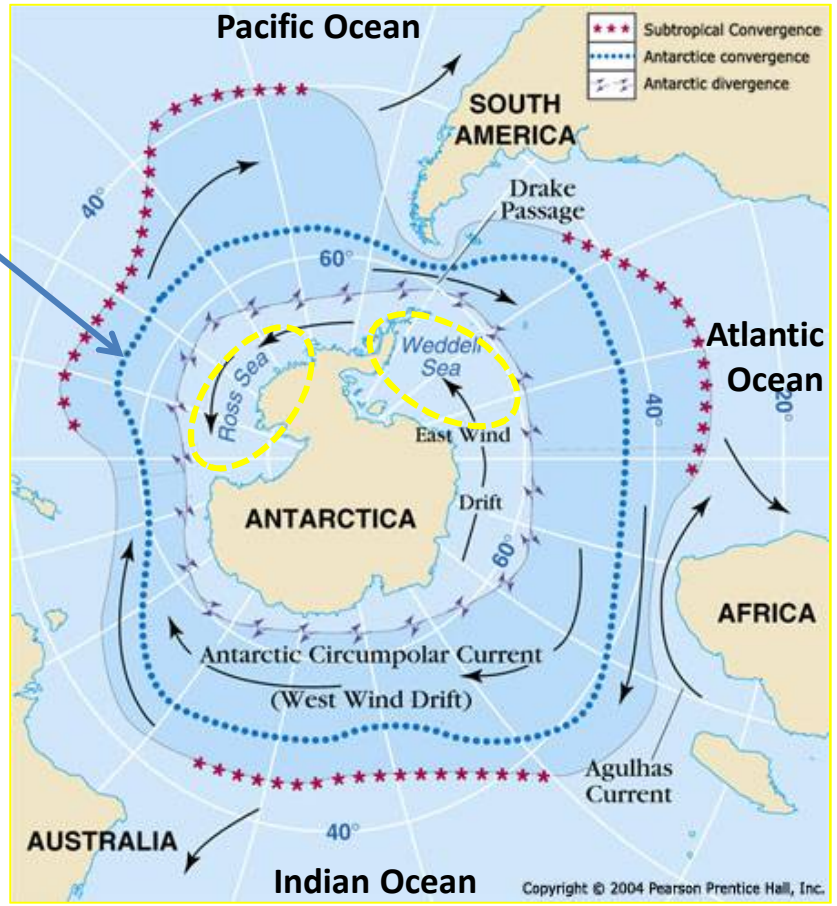
The Antarctic Circumpolar Current (ACC) is the largest wind-driven current on Earth. It is the only current that goes all the way around our planet and connects the Atlantic, Pacific, and Indian Oceans. It is driven by strong westerly winds and creates some of the roughest seas in the world that are notorious to sailors.



Spilhouse projection - alternate depiction of the global thermohaline circulation system, from an Antarctic perspective.

The global thermohaline circulation is shown with upper-layer flow (surface current) in red and lower-layer flow in blue (deep water formation).

https://www.researchgate.net/publication/339500454_Diversity_and_phylogeography_of_Southern_Ocean_sea_stars_Asteroidea

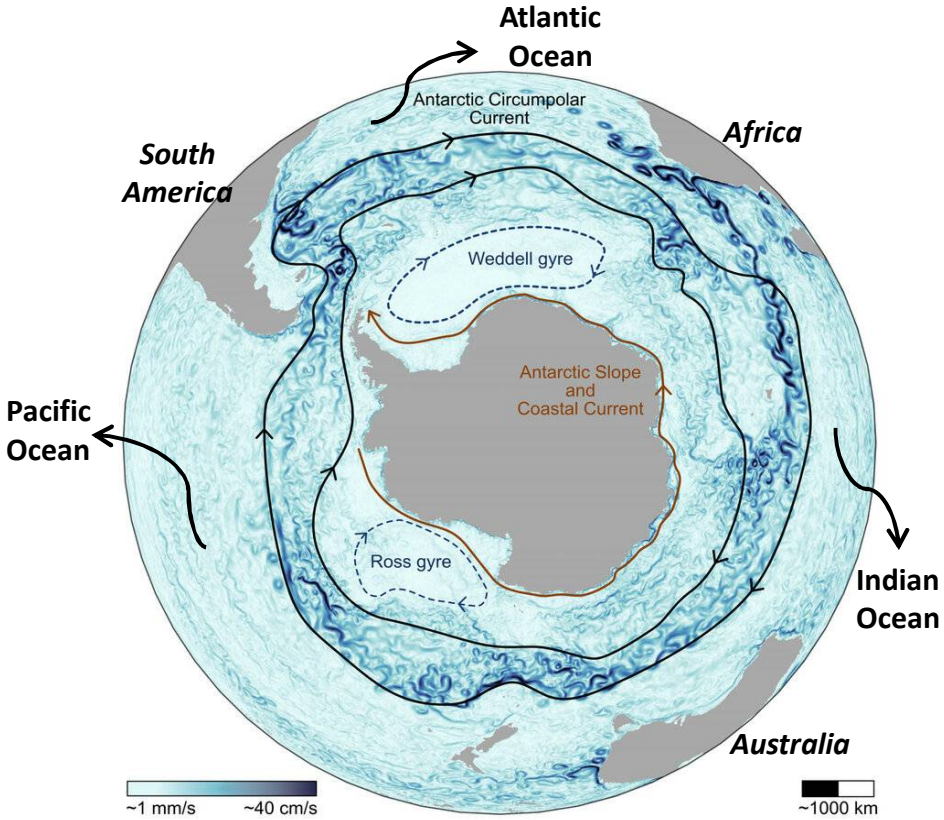


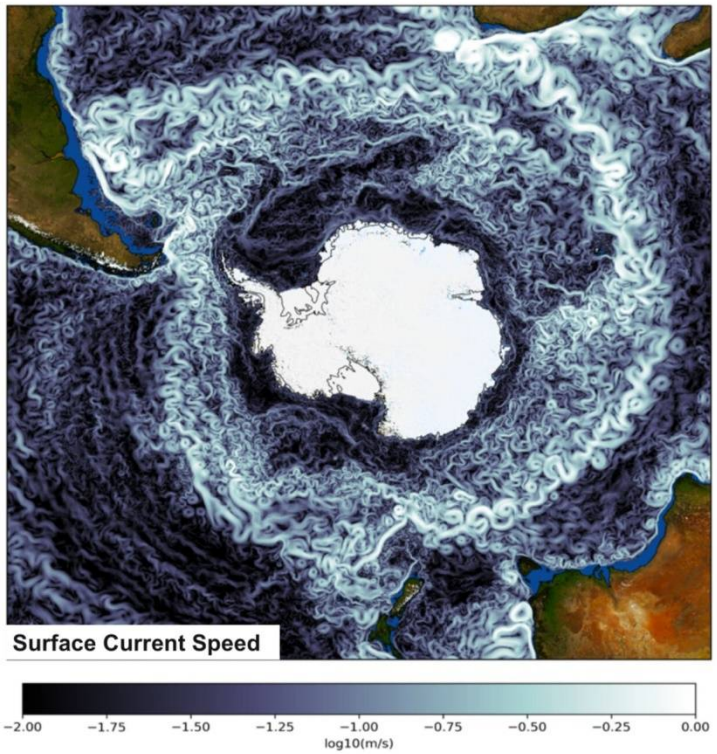
The path of the Antarctic Circumpolar Current (also called the West Wind Drift) that flows around Antarctica (dark blue). The Subtropical Convergence marks the boundary (red dotted line) between the cold waters to the south and the warm waters to the north.

https://divediscover.whoi.edu/polar-regions/antarctic-ocean-circulation/

Карта скоростей Антарктического циркумполярного течения

European Copernicus Marine Service





Антарктическое циркумполярное течение Antarctic Circumpolar Current - ACC, (его границы изображены черными контурами); круговороты Уэдделла и Росса (обозначены синими точками) и Антарктическое прибрежное течение Antarctic Slope Current - ASC, расположенное ближе к континенту и направленное противоположно ACC (коричневая линия). Это течение разрывается в западной части Антарктического полуострова, там, где ACC протекает очень близко к континентальному шельфу.

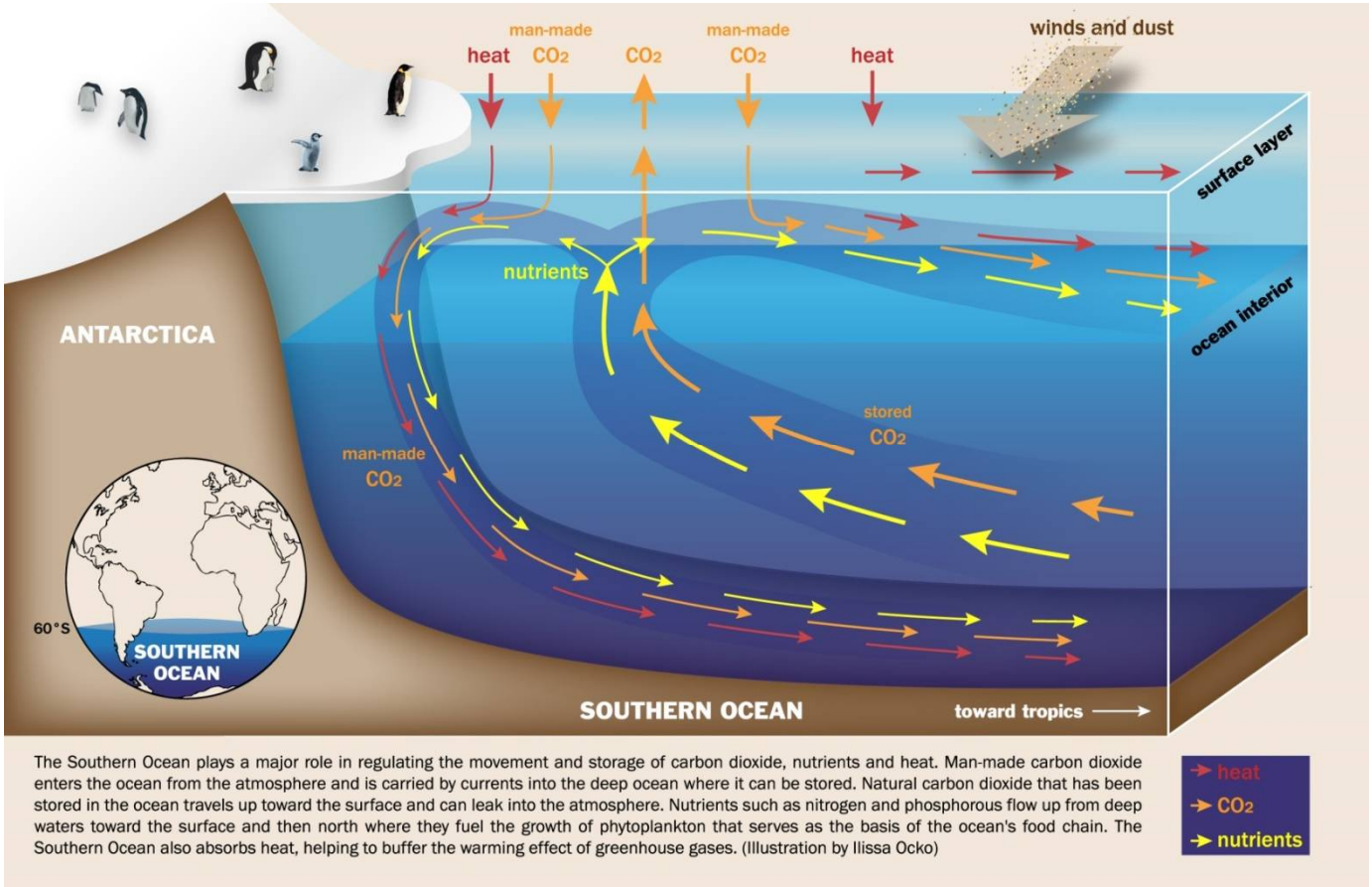
Скорость Антарктического циркумполярного течения колеблется примерно от 10 см/сек (0,2 узла) до 100 см/сек (2 узла); в среднем 50 см/сек (1 узел). https://phys.org/news/2021-06-antarctic-circumpolar-current-rapidly-phases.html

https://www.researchgate.net/publication/372218027_Closing_the_loops_on_Southern_Ocean_dynamics_From_the_circumpolar_current_to_ice_shelves_and_from_bottom_mixing_to_surface_waves

https://divediscover.whoi.edu/polar-regions/antarctic-ocean-circulation/

Secrets of the Southern Ocean

Крупномасштабная циркуляция в Южном океане и потоки CO_2 между океаном и атмосферой



The Southern Ocean plays a major role in regulating the movement and storage of carbon dioxide, nutrients and heat. Man-made carbon dioxide enters the ocean from the atmosphere and is carried by currents into the deep ocean where it can be stored. Natural carbon dioxide that has been stored in the ocean travels up toward the surface and can leak into the atmosphere. Nutrients such as nitrogen and phosphorous flow up from deep waters toward the surface and then north where they fuel the growth of phytoplankton that serves as the basis of the ocean's food chain. The Southern Ocean also absorbs heat, helping to buffer the warming effect of greenhouse gases. (Illustration by Ilissa Ocko)

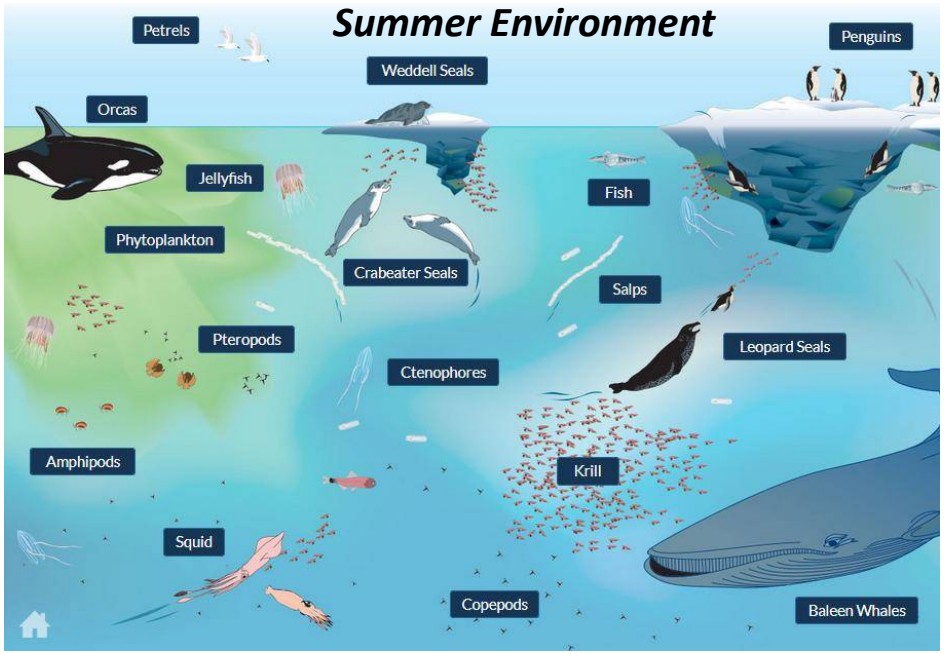
Помимо поглощения углекислого газа и тепла, Южный океан регулирует движение питательных веществ, таких как азот и фосфор. Система циркуляции океана переносит богатую питательными веществами воду из глубин океана к поверхности, откуда течения переносят их на север. Эти питательные вещества обеспечивают три четверти биологической продуктивности океана, стимулируя производство фитопланктона, который служит основой водной пищевой цепи.

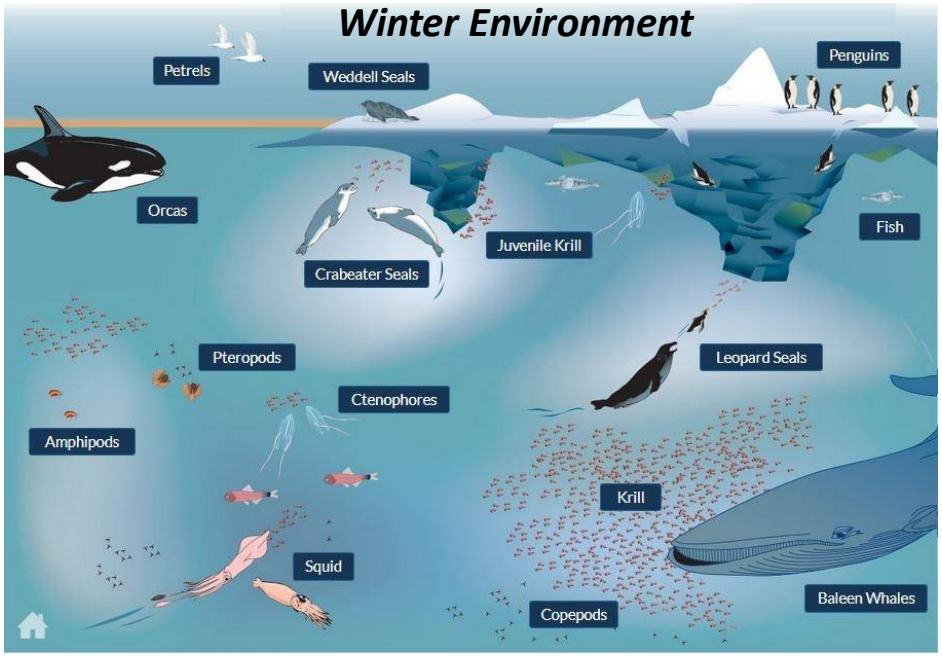
https://discovery.princeton.edu/2013/11/03/secrets-of-the-southern-ocean/

https://www.researchgate.net/publication/272481451_Quantifying_Anthropogenic_Carbon_Inventory_Changes_in_the_Pacific_Sector_of_the_Southern_Ocean

Экосистемы Антарктики Antarctic Ecosystem

Antarctic animals all make their living in the ocean, because the land is too cold, dry, and dark for plants and animals. Antarctica's coastal seas are especially important because they shelter an abundant ecosystem, supporting large predators such as penguins, seals and whales. Many big sea creatures depend on tiny plant cells to keep the system working.





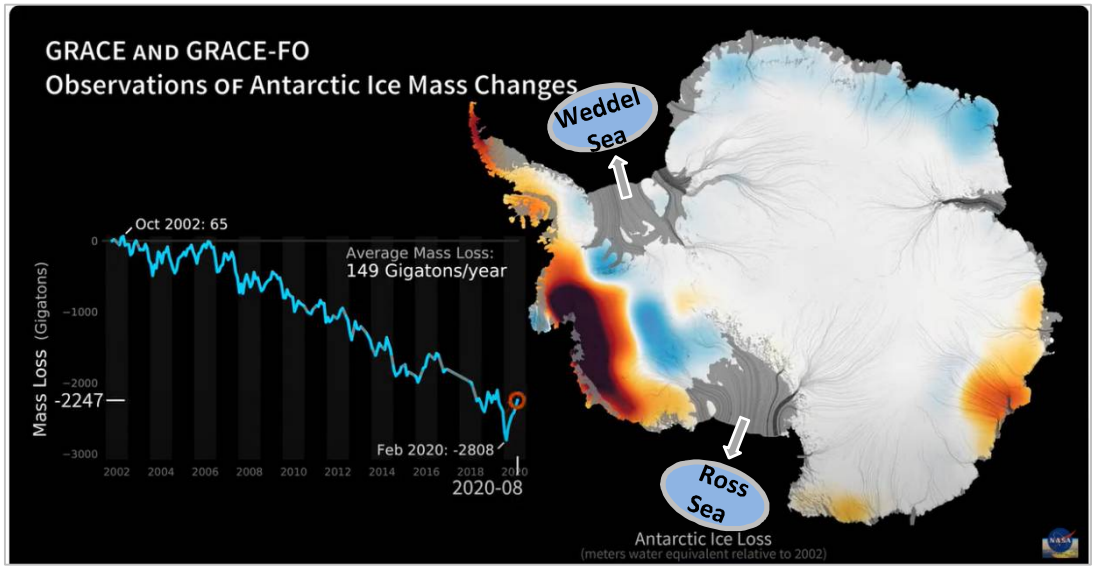
Antarctic Ecosystems: Abundance of Life

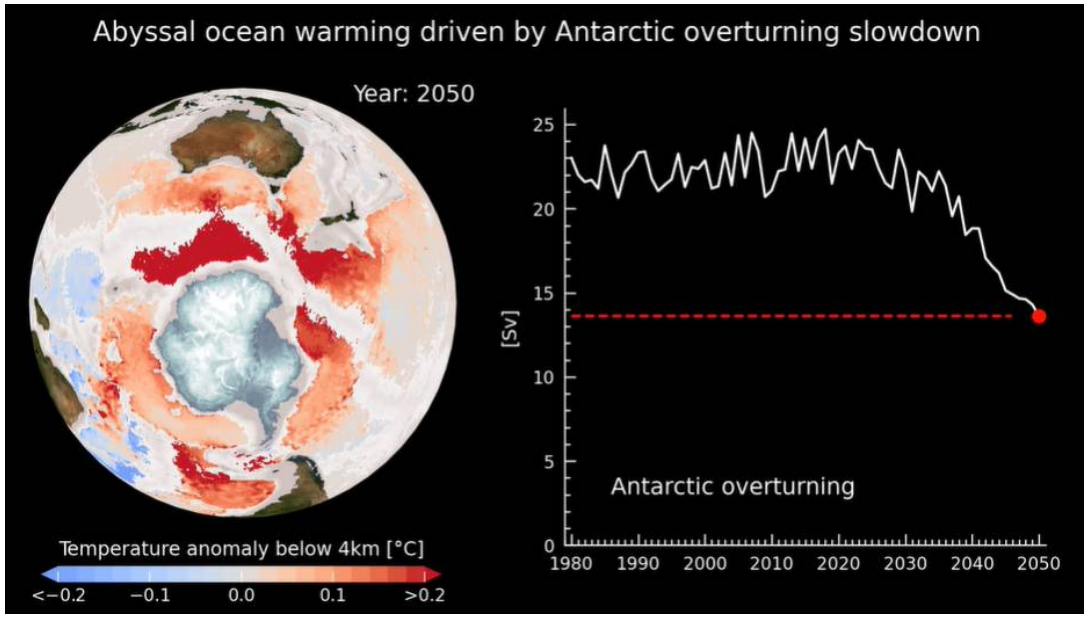
Большая часть океана вокруг Антарктиды покрыта льдом в течение полугода, а температура круглый год близка к нулю. Тем не менее, океан здесь полон жизни: от микроскопических водорослей до криля и крупных хищников, которые от них зависят. Это один из самых продуктивных океанов на Земле. (Криль – это обобщенное название морских планктонных ракообразных.)

https://divediscover.whoi.edu/polar-regions/antarctic-ecosystem/

Замечание Таяние Антарктических льдов угрожает коллапсом опрокидывающей циркуляции в Южном океане

Antarctic meltwater threatens collapse of ocean's overturning , 2023





https://earthsky.org/earth/antarctic-meltwater-threatens-collapse-oceans-overturning-circulation/

Приложение

Холодный эпизод около 8200 лет назад в Северной Европе: анализ эмпирических данных и возможных причин

(И.И. Борзенкова и др. Журнал “Лёд и Снег” 2017 г.)

В результате таяния Лаврентийского ледникового щита в Северную Атлантику в течение многих сотен лет поступала пресная вода, приток которой оценивается в пределах 0,3 ± 0,03 Sv (1 Sv = 10^6 $м^3/с$). Этот постоянный приток пресной воды также мог приводить к изменениям термохалинной циркуляции в Северной Атлантике: когда изменения солёности достигали некоторого порогового значения, происходило замедление или даже кратковременный коллапс термохалинной циркуляции. Последствие этих процессов – снижение температуры поверхности воды и воздуха на несколько столетий, которое наиболее отчётливо проявлялось в прилегающих к Северной Атлантике регионах.

Результаты моделирования подтверждают, что приток пресной воды в океан может привести к климатическим изменениям в том случае, если его интенсивность будет не менее чем 0,1 Sv в год в течение нескольких столетий.

Похолодание около 8200 лет назад в Северной Европе продолжалось около 160 лет, температуры воздуха снижались на 1–2 °С, а в отдельных районах – более чем на 3 °С. Предполагается, что снижение температур воздуха было связано с поступлением больших объёмов пресной воды в Северную Атлантику в результате распада и таяния ледников. Подобный механизм имеет прямое отношение к оценкам будущего климата при развитии современного глобального потепления. Поскольку таяние горных ледников и морских льдов в Полярном бассейне способствует опреснению верхнего слоя океана, при развитии потепления в районах, непосредственно прилегающих к Северной Атлантике, можно ожидать некоторого снижения температуры воздуха в высоких широтах.

Журнал “Лёд и Снег” – профессиональное академическое периодическое издание в области гляциологии и криологии Земли.
Главный редактор академик Владимир Михайлович Котляков

https://ice-snow.igras.ru/jour/article/view/363/207

The timing, duration and magnitude of the 8.2 ka event in global speleothem records

Scientific Reports, volume 12, Nature , **2022**

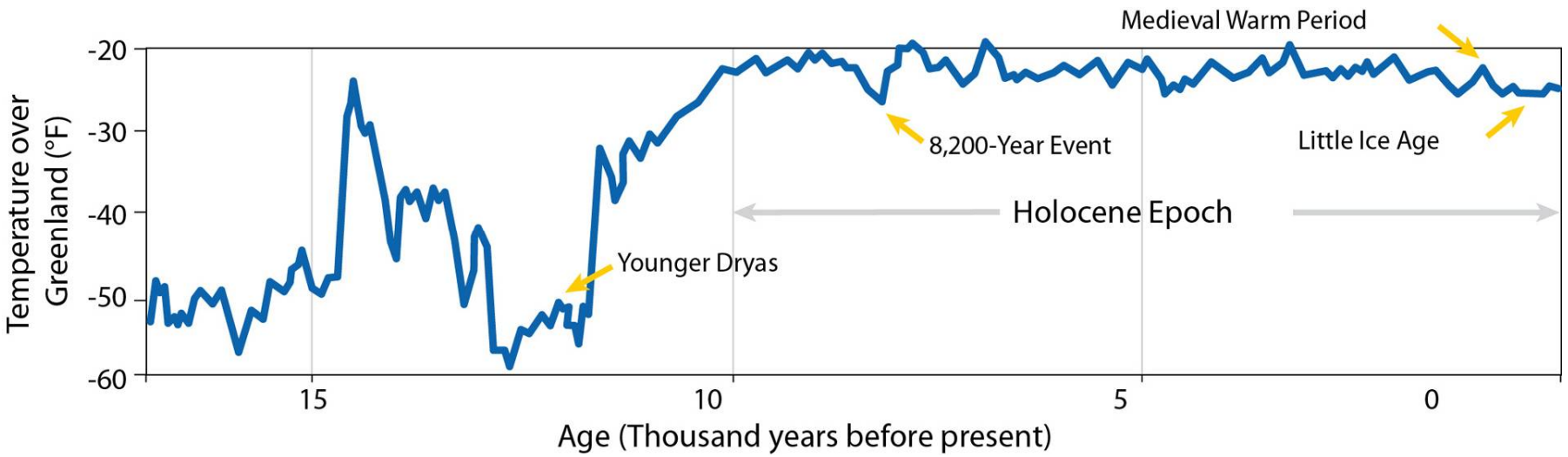
“8,2 ka событие”, произошедшее 8,2 тыс. лет назад, было вызвано выбросом талой воды в море Лабрадор, что привело к ослаблению переноса тепла в сторону полюса в Северной Атлантике. Использовался объективный метод выявления быстрых климатических явлений в глобально распределенных записях изотопов кислорода в натечных образований, таких как сталактиты и сталагмиты (спелеотемах). Показано, что 8,2 ka событие находит отражение в >70% спелеотем, что является явным сигналом резкого изменения климата. Исследование подтверждает быструю и глобальную реакцию климата на выброс пресной воды в Северную Атлантику 8,2 тыс. лет назад. Изотопные индикаторы в ледяных кернах показывают, что голоцен, наша нынешняя межледниковая эпоха, начался около 11 000 тыс. лет назад; он принес период стабильных температур, прерванный похолоданием 8,2 тыс. лет назад, а затем средневековым теплым периодом и малым ледниковым периодом (см. следующий слайд).

Abstract

Abrupt events are a feature of many palaeoclimate records during the Holocene. The best example is the 8.2 ka event, which was triggered by a release of meltwater into the Labrador Sea and resulted in a weakening of poleward heat transport in the North Atlantic. We use an objective method to identify rapid climate events in globally distributed speleothem oxygen isotope records during the Holocene. We show that the 8.2 ka event can be identified in >70% of the speleothem records and is the most coherent signal of abrupt climate change during the last 12,000 years. The isotopic changes during the event are regionally homogenous: positive oxygen isotope anomalies are observed across Asia and negative anomalies are seen across Europe, the Mediterranean, South America and southern Africa. The magnitude of the isotopic excursions in Europe and Asia are statistically indistinguishable. There is no significant difference in the duration and timing of the 8.2 ka event between regions, or between the speleothem records and Greenland ice core records. Our study supports a rapid and global climate response to the 8.2 ka freshwater pulse into the North Atlantic, likely transmitted globally via atmospheric teleconnections.

https://www.nature.com/articles/s41598-022-14684-y

8.2 ka event



Ice core indicators show that the Holocene, our current interglacial epoch, began some 11,000 years ago and brought a time of stable temperatures, interrupted by a cool-down 8,200 years ago and later by the Medieval Warm Period and the Little Ice Age. Graph adapted from Richard B. Alley, The Two-Mile Time Machine.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0277379106002393

https://www.climate.gov/news-features/features/day-yesterday-when-abrupt-climate-change-came-chesapeake-bay

7.2. Проблема распределения и потребления воды в мире

Забудьте о нефти. Справедливое распределение пресной воды ставит такую же взрывную и далеко идущую головоломку, как глобальное изменение климата

“Forget Peak Oil, the Real Crisis is Peak Water” (*Sandra Postel, Global Water Policy Project*)

соленая вода ~97%

пресная вода ~ 3% →
- ***~70% ледники***
- ***~30% подземные источники***
- ***~1% реки, озера, болота***



https://www.wwf.org.uk/where-we-work/habitats/rivers-and-wetlands



http://wwf.panda.org/what_we_do/how_we_work/our_global_goals/water/

В 20 веке водопотребление увеличилось в шесть раз - более чем вдвое превысило темпы роста населения

Энергетическая безопасность в современном понимании,

в ориентации на углеводородное сырье – проблема среднесрочная.

Водная безопасность – проблема на все будущие времена

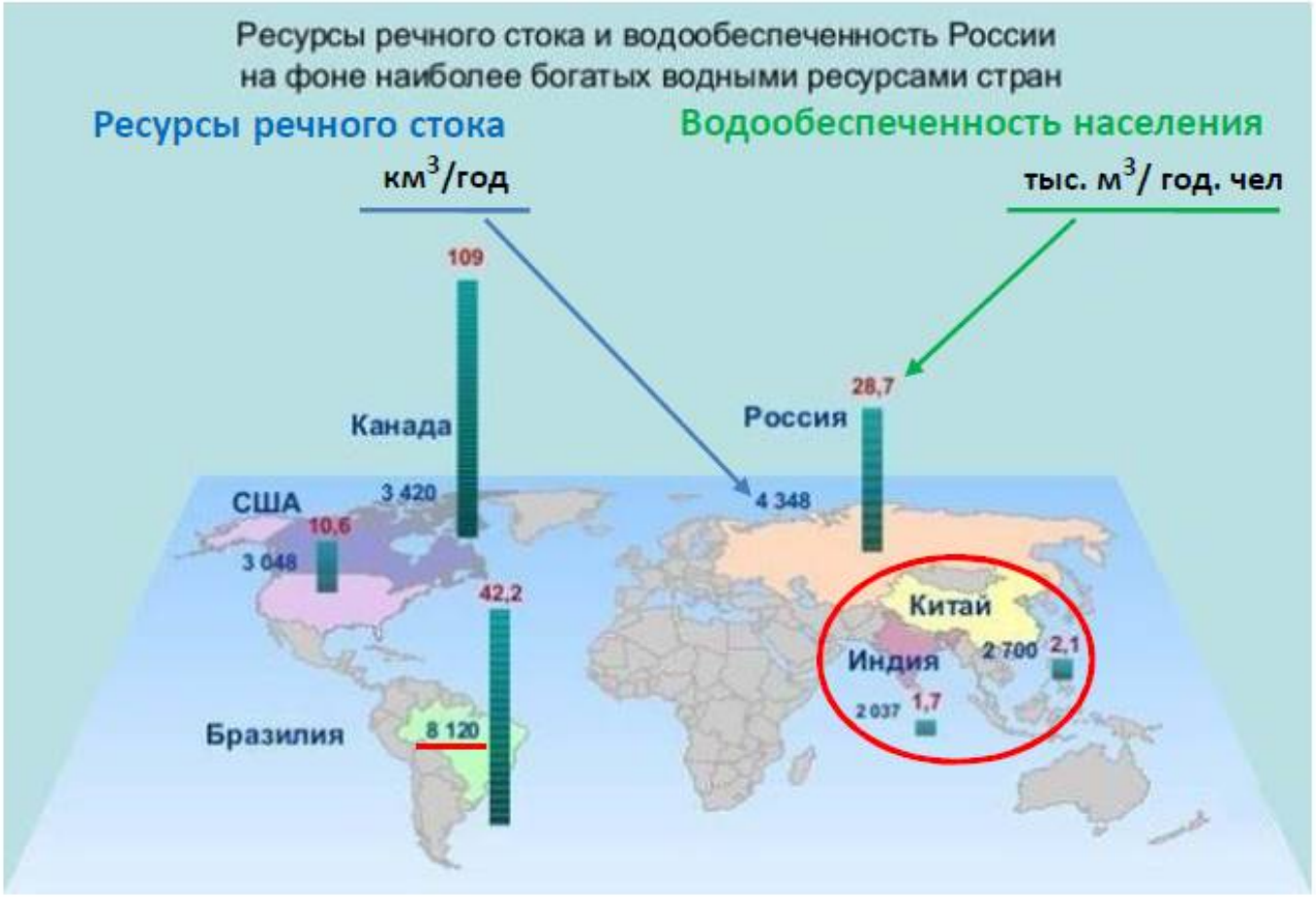
Лекция директора Института водных проблем РАН В.И. Данилова-Данильяна для аспирантов 2015

- **За последние 50 лет потребление пресной воды утроилось.**
- **Население мира ежегодно растет примерно на 80 миллионов человек.**
- **Изменения в образе жизни и привычках в еде в последние годы требуют большего потребления воды на душу населения.**
- **Спрос на энергию также ускоряется с соответствующими последствиями для спроса на воду.**
- **По оценкам, к 2025 году *двое из каждых трех человек* будут жить на территориях, испытывающих нехватку воды.**
- **В Африке к 2025 году 25 стран будут испытывать водный стресс (ниже 1 700 м^3 на душу населения в год).**
- **Сегодня 450 миллионов человек в 29 странах страдают от нехватки воды**
- **Около 500 миллионов человек живут в районах, где потребление воды превышает местные возобновляемые водные ресурсы <u>в два раза</u>** (*Hoekstra and Mekonnen,* 2016). **Сюда входят части Индии, Китая, Средиземноморского региона и Ближнего Востока, Центральной Азии, аридных частей Африки к югу от Сахары, Австралии, Центральной и Западной Южной Америки, Центральной и Западной Северной Америки.**
- **Территории, в которых невозобновляемые водные ресурсы (т.е. ископаемые грунтовые воды) продолжают убывать, стали весьма уязвимыми и зависят от поступлений воды извне.**

http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247553e.pdf http://www.worldometers.info/water/ http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article186.html

Водоемкость продукции

- **Теплоэлектростанция мощностью 1 млн кВт потребляет более 1 км^3 воды в год.**
- **АЭС той же мощности – не менее 1,6 км^3 воды в год.**
- **Средний расход воды на производство:**
  - **1 т стали – не менее 20 м^3 ,**
  - **1 т бумаги – не менее 200 м^3 ,**
  - **1 т химического волокна – более 4000 м^3 .**
- **Импорт 1 т зерна эквивалентен импорту 1000 м^3 воды. Для стран, испытывающих водный голод, наиболее эффективным способом импорта воды становится импорт зерна (при его нынешних ценах).**



Лекция директора Института водных проблем РАН В.И. Данилова-Данильяна для аспирантов, 2015

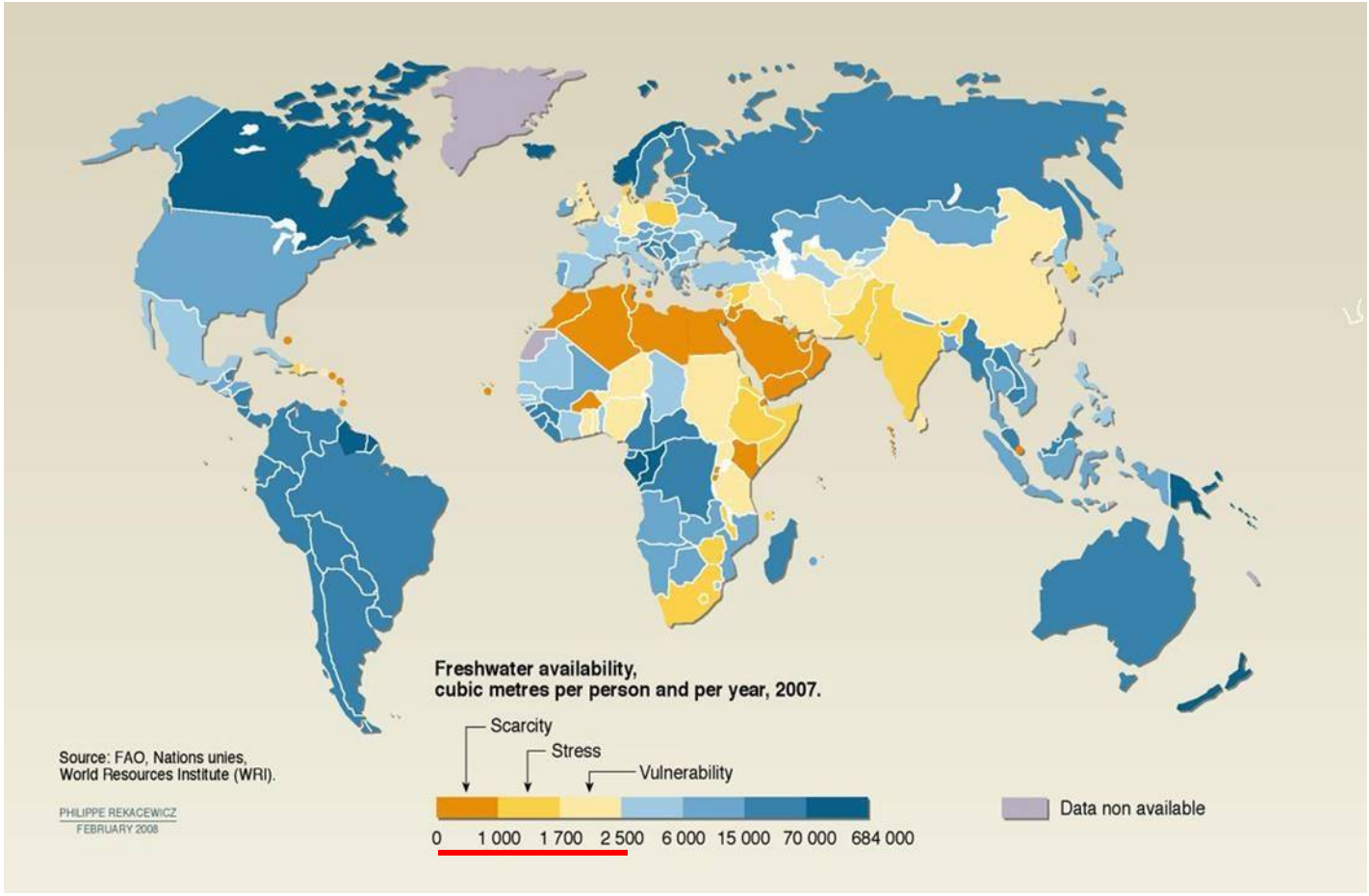
Важное замечание:

Транспортоёмкость – важнейший фактор формирования рынка воды. Затраты на транспортировку воды в масштабах её промышленного, хозяйственно-питьевого и сельскохозяйственного применения (в км^3) претерпевают резкий скачок при пересечении границ бассейна. Поэтому водой нельзя торговать так, как торгуют нефтью. Рынки воды всегда будут не более чем региональными, так что смягчение дефицита воды в странах, где он уже имеет место и будет все больше усиливаться, возможно либо за счёт водосберегающих и водоохранных технологий, либо благодаря отказу от производства водоёмкой продукции и замещению её импортом. Объем добычи нефти в России составляет немного более 500 млн т в год, забор пресной воды из природных источников – около 60 000 млн м^3 , т.е. по весу в 120 раз превосходит добычу нефти

Глобальный водный стресс, нехватка, уязвимость

(м^3 на душу населения /год)

World Resources Institute 2007



Scarcity (нехватка, дефицит) ..... 0 - 1000
Stress (стресс)..... 1000 - 1700
Vulnerability (уязвимость)..... 1700 - 2500

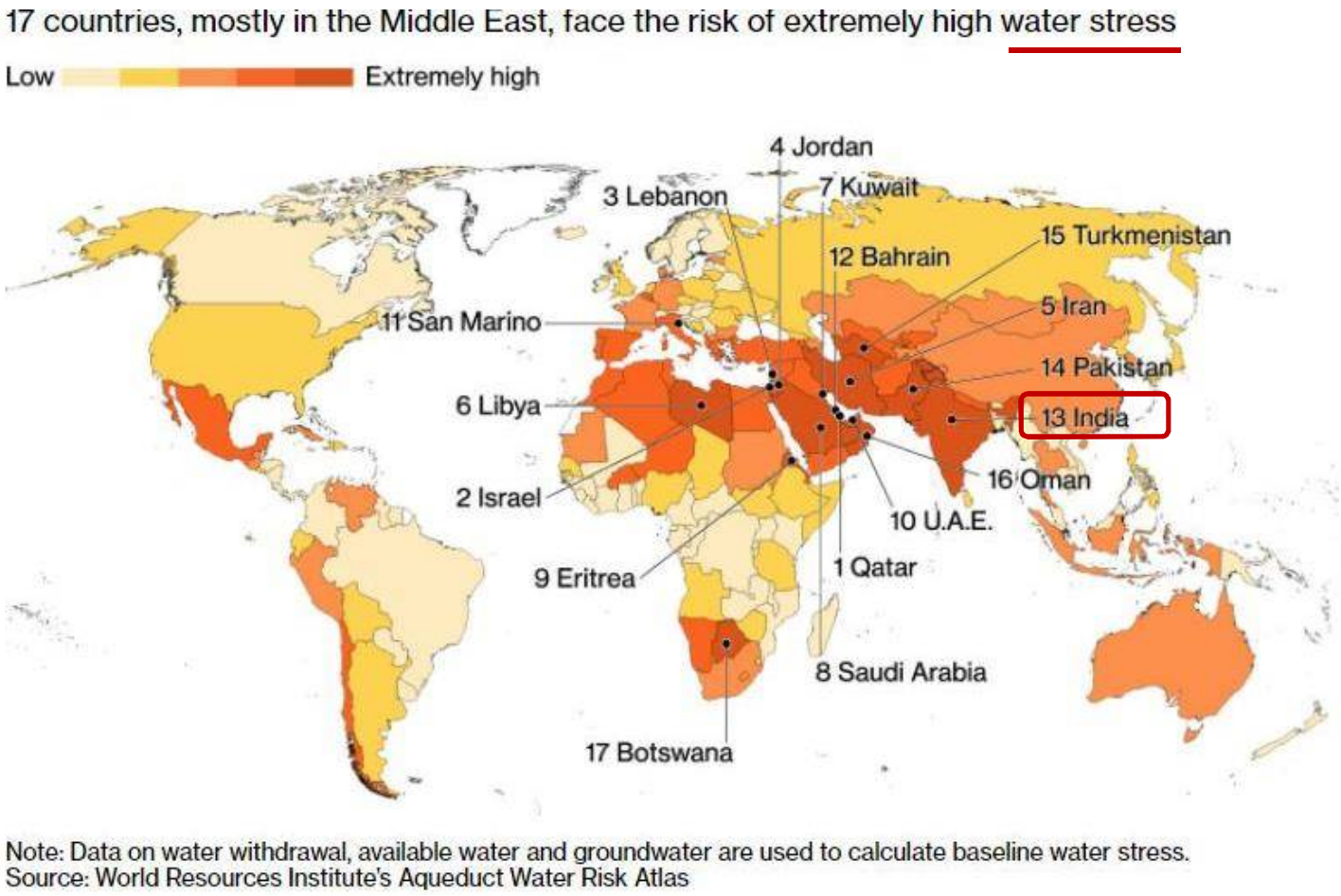
м^3 на душу населения /год

Эти страны больше всего подвержены риску водного кризиса

2019

These Countries Are the Most at Risk From a Water Crisis

Из этих 17 стран 12 находятся на Ближнем Востоке и в Северной Африке. Две страны – Индия и Пакистан – в Азии. Остальными горячими точками являются Сан-Марино в Европе, Ботсвана в Африке и Туркменистан в Центральной Азии.



Страны, испытывающие чрезвычайно высокий водный стресс, используют до 80% имеющихся запасов поверхностных и грунтовых вод в среднем за год, и даже небольшие шоки засухи, которые могут усилиться из-за изменения климата, могут иметь тяжелые последствия.

Индия, занимающая 13-е место в списке стран с чрезвычайно высоким водным риском, имеет населения, превосходящее более чем в три раза остальные 16 стран в этой категории вместе взятые.

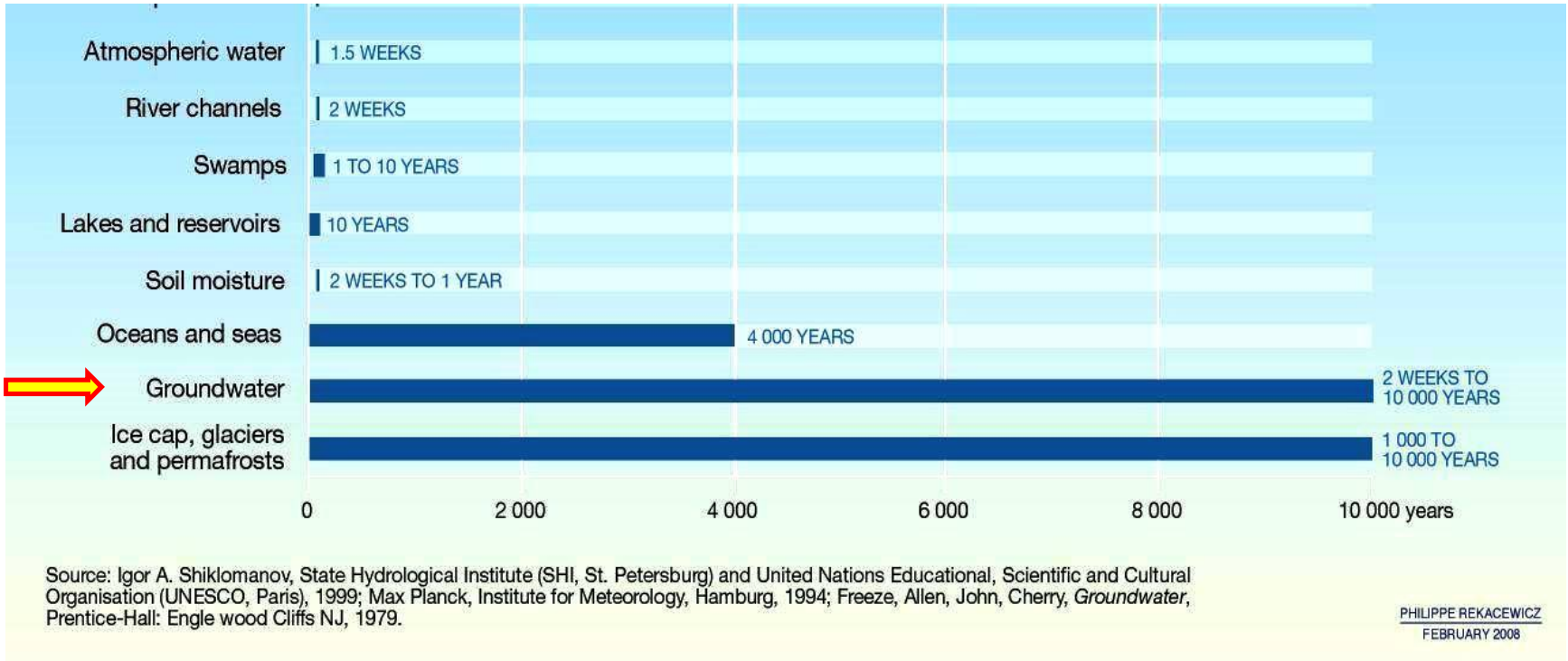
https://www.bloomberg.com/graphics/2019-countries-facing-water-crisis/

ДЕФИЦИТ ВОДЫ ⟹ ДЕФИЦИТ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

- **Каждый из нас выпивает в среднем около 4 литров воды в день в той или иной форме, в то время как вода, необходимая для производства питания ежедневно, составляет не менее 2000 литров - в 500 раз больше.**
- **70% всей воды используется для орошения, 20% используются промышленностью, 10% - бытовое использование (70% : 20% : 10%).**
- **С ростом спроса на воду во всех трех категориях усиливается конкуренция между секторами, а сельское хозяйство почти всегда проигрывает. В индустриально развитых странах промышленность потребляет более половины воды, доступной для использования человеком. Например, в Бельгии промышленность использует 80% доступной воды.**
- **В то время как большинство людей признает, что мир сталкивается с проблемой нехватки воды, не все осознают, что это также означает будущие проблемы обеспечения продовольствием.**
- **Изменение структуры потребления, в том числе переключение на "водозатратные" продукты питания, такие как мясо (например, 15 000 литров воды, необходимы для производства 1 кг говядины), ухудшит ситуацию.**
- **В Европе при производстве пищевых продуктов потребляется в среднем около 5 м^3 воды на человека в день (*Förster,* 2014).**
- **В то же время, ежегодно в мире выбрасывается 1,3 миллиарда тонн продуктов питания, за счет чего ~250 км^3 воды теряется ежегодно (FAO).**

http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247553e.pdf *2008 Earth Policy Institute*

Типичное время пребывания воды в различных резервуарах



Время пребывания, (время обновления, время оборота, время удерживания, residence time, removal time): ***среднее время пребывания частицы жидкости (газа) от момента ее появления в резервуаре до момента, когда эта частица покинет резервуар*** (будет вынесена потоком). Разумеется, поток предполагается непрерывным.

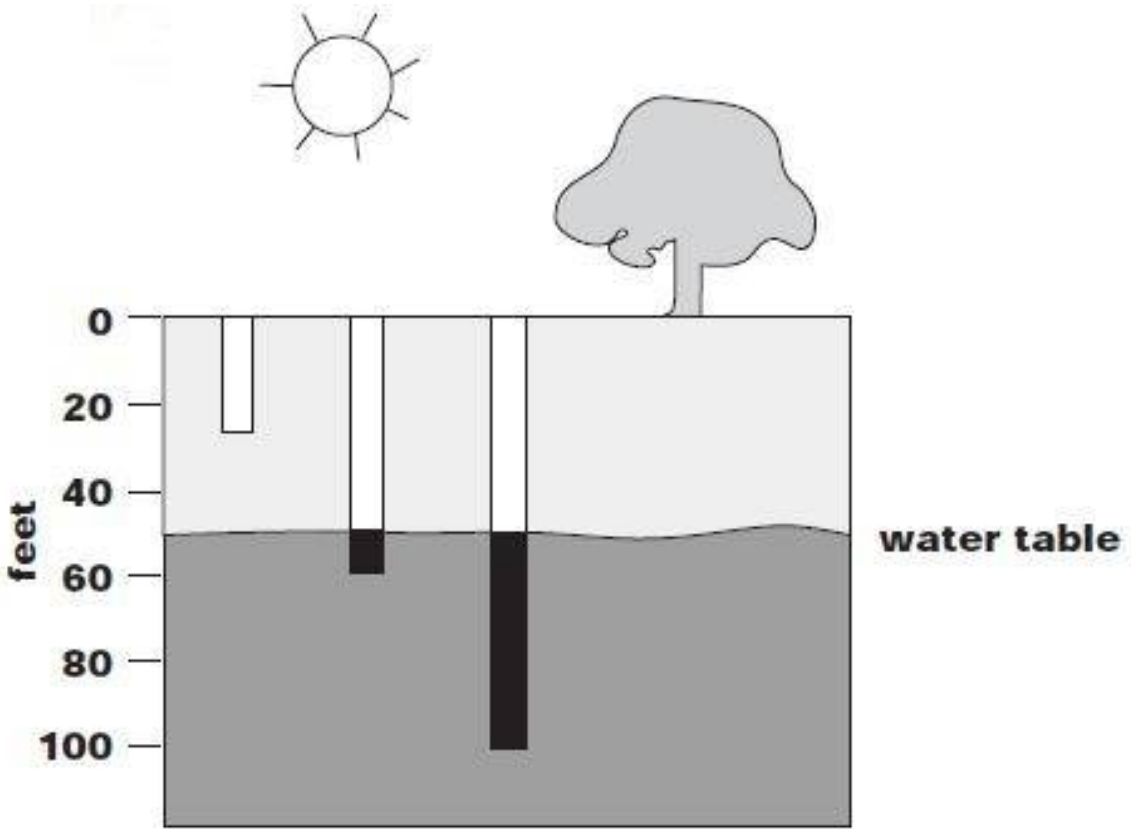
Распространенным является следующее определение: $\tau = m / f$,

где τ – время пребывания, m – масса воды в резервуаре, f – поток (массовый расход).

Заметим, что подземные воды зачастую используются людьми в темпах, которые превышают их время пребывания: неглубокие подземные воды τ = 100-200 лет, глубокие τ до 10 000 лет. Такое использования ресурса делает этот тип вод практически невозобновляемым.

Падение уровня грунтовых вод

Для производства 1 тонны зерна требуется 1000 тонн воды



В настоящее время уровень грунтовых вод (water table) падает в странах, в которых проживает более половины населения мира, включая трех крупных производителей зерна - Китай, Индию и Соединенные Штаты

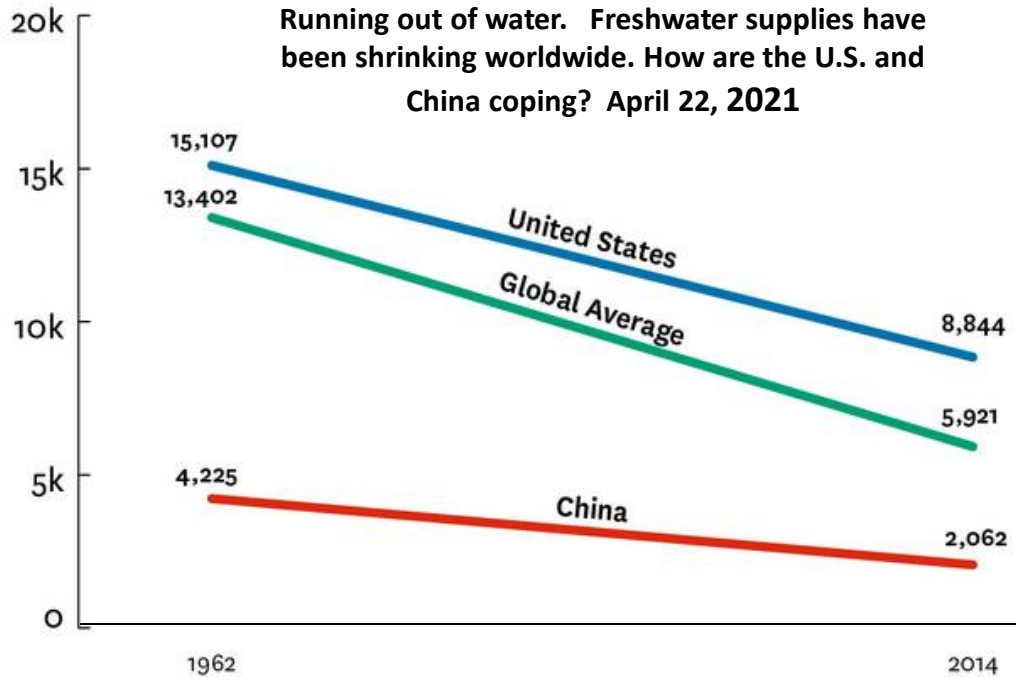
2008 Earth Policy Institute

Китай 2009

- Северо-Китайская равнина: средний уровень глубокого водоносного горизонта опускался почти на 3 метра в год. Вокруг некоторых городов в провинции он падал вдвое быстрее
- Доклад Всемирного Банка: «По неофициальным данным, глубокие скважины, пробуренные вокруг Пекина, теперь должны достигать 1000 метров, чтобы использовать пресную воду, что резко увеличивает стоимость ее поставок». В докладе в необычно жестком для Банка стиле высказаны предположения о «катастрофических последствиях для будущих поколений", если водопользование и снабжение водой не будут быстро восстановлены.
- Посольство США в Пекине сообщает, что фермеры - производители пшеницы в некоторых районах выкачивают воду с глубины 300 метров. Перекачивание воды с таких больших глубин приводит к столь высоким издержкам, что фермеры часто вынуждены отказываться от орошения.

http://www.earth-policy.org/mobile/books/pb4

RENEWABLE FRESHWATER RESOURCES M^3 PER CAPITA



В Китае 14 % воды расходуется на нужды санитарии, гигиены и приготовления пищи. В сельском хозяйстве Китая используется 62% воды и 22% используется в промышленности и производстве электроэнергии. Население Китая увеличилось более чем вдвое с 1962 года. Этот рост в сочетании с промышленным ростом страны, а также более интенсивным использованием удобрений и пестицидов привел к повсеместному загрязнению воды. В 2014 году Китай располагал возобновляемыми ресурсами пресной воды на человека в четыре раза меньше, чем имеют американцы, и в три раза меньше среднемирового показателя. США используют больше воды на душу населения, чем любая другая страна.

https://china.usc.edu/running-out-water

Опреснение воды и поворот рек в Китае

ШАНХАЙ, 3 июня 2021 (Рейтер) – **Потребление воды в Китае на душу населения составляет около 2000 кубических метров в год, что составляет менее четверти среднемирового показателя и является одним из самых низких показателей в мире. Нехватка особенно остро ощущается на севере, где чрезмерные темпы добычи поставили под угрозу уровень грунтовых вод.**

Опреснение воды. Китай инвестирует в новые *опреснительные установки* в период с 2021 по 2025 год и увеличит мощность до 2,9 млн. тонн в день, сообщило государственное агентство по планированию страны в новом пятилетнем плане для отрасли. В течение этого периода будет вводиться до 1,25 млн тонн новых мощностей в сутки, в том числе 1,05 млн. тонн в прибрежных городах и 200 000 тонн в «островных регионах», сообщила Национальная комиссия по развитию и реформам (National Development and Reform Commission). Демонстрационные проекты по опреснению морской воды будут построены в провинциях Ляонин, Хэбэй, Шаньдун и Чжэцзян, а также в городе Тяньцзинь. В результате реализации проектов опресненная вода станет основным резервным источником муниципального водоснабжения в регионах, страдающих от нехватки воды.

Поворот рек. Проект переброски воды соединил притоки двух крупнейших рек Китая (Агентство Синьхуа 17.07.**2023**) В Китае проложены туннели под горным хребтом, чтобы осуществить переброску воды из притока самой длинной реки страны Янцзы для обеспечения водными ресурсами засушливых районов провинции Шэньси на северо-западе страны. Этот проект предполагает строительство туннелей общей протяженностью 98,3 км под горами Циньлин, которые являются естественной границей между северными и южными регионами Китая. К настоящему моменту уже завершена первая очередь проекта, строительство объектов второй и третьей очереди для дальнейшей переброски воды в центральные районы провинции Шэньси продолжается.

http://russian.people.com.cn/n3/2023/0717/c31516-20044955.html

https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/671570 https://www.reuters.com/world/china/china-makes-desalination-push-ease-water-scarcity-2021-06-02/

Индия

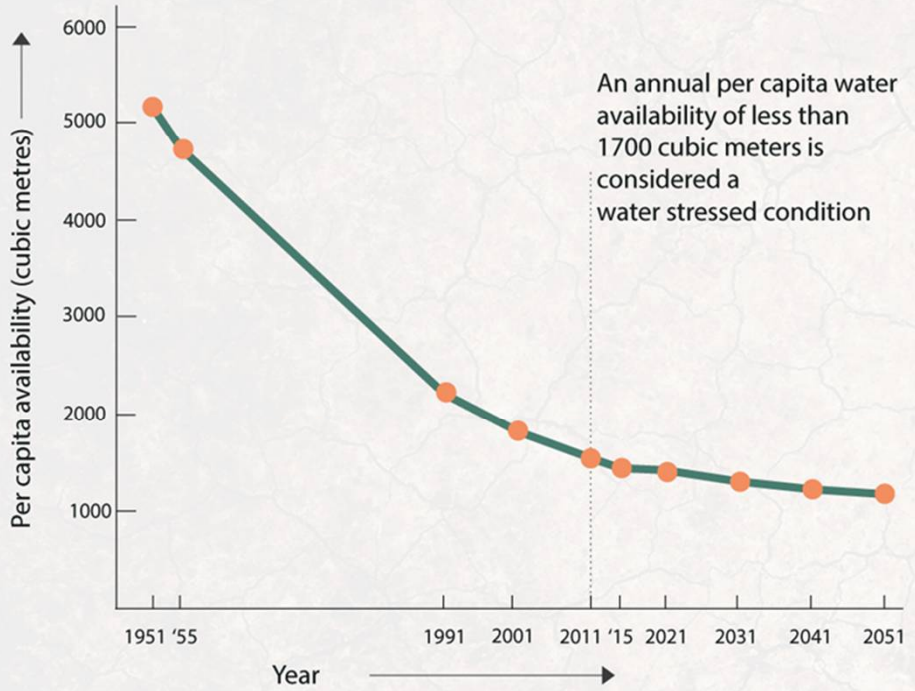
- Нехватка воды в Индии еще более серьезна. На сегодняшний день 100 миллионов фермеров Индии пробурили 21 миллион скважин, вложив в скважины и насосы около 12 миллиардов долларов.
- В исследовании водной ситуации в Индии (*New Scientist*) сообщается, что «половина традиционных колодцев, выкопанных в Индии вручную, и миллионы более мелких трубных колодцев уже высохли, в результате чего среди тех, кто на них полагался, происходит серия самоубийств.
- Отключение электричества достигает масштабов эпидемии в тех штатах, где половина электроэнергии используется для перекачивания воды с глубин до километра.

2008 Earth Policy Institute

By 2030 the demand for water in India will be twice as much as the supply



India's per capita availability of water has dropped massively and will continue to fall



https://www.researchgate.net/publication/321500430_Development_of_a_regional_groundwater_model_for_the_Indus_Basin_irrigation_system_of_Pakistan_Status_report

https://scroll.in/article/919991/the-election-fix-what-have-indias-politicians-promised-to-do-about-the-water-crisis

США

В Соединенных Штатах Министерство сельского хозяйства США (USDA) сообщает, что в некоторых штатах Техас, Оклахома и Канзас - трех ведущих зернопроизводящих штатах, уровень подземных вод упал более чем на 30 метров. В результате, колодцы высохли на тысячах ферм в южных Великих равнинах, вынудив фермеров вернуться к более низкоурожайному “засушливому” земледелию.

Хотя добыча подземных вод в США сказывается на производстве зерна, орошаемые земли обеспечивают лишь 20% урожая зерна в США, по сравнению с почти 60% урожая в Индии и 80% в Китае.

2008 Earth Policy Institute

И другие …

- Пакистан - страна с населением 164 миллионами человек, которое растет на 3 миллиона в год, также добывает свои подземные воды. Наблюдательные скважины вблизи городов-побратимов Исламабада и Равалпинди показывают падение уровня грунтовых вод в период между 1982 и 2000 годами, которое колеблется от 1 до почти 2 метров в год
- Иран, страна с населением в 71 миллион человек, истощает свои водоносные слои; уровень грунтовых вод в конце 1990-х годов снижался на 2,8 метра в год. Деревни в восточном Иране заброшены, а колодцы иссякают, создавая поток «водных беженцев».
- Саудовская Аравия, страна с населением в 25 миллионов человек, так же бедна водой, как богата нефтью. Урожай пшеницы снизился на 34% с 4,1 млн. тонн в 1992 году до 2,7 млн. тонн в 2007 году. Некоторые саудовские фермеры сейчас закачивают воду из колодцев глубиной 1,2 км.
- Йемен, население которого составляет 22 миллиона человек, уровень грунтовых вод в большинстве районов страны сокращается примерно на 2 метра в год.
- Мексика: уровень грунтовых вод падает на 2 метра и более в год.

2008 Earth Policy Institute

- **“Многие из самых густонаселенных стран мира - Китай, Индия, Пакистан, Мексика и почти все страны Ближнего Востока и Северной Африки буквально “прокатились, как безбилетники” в последние два-три десятилетия, свободно истощая свои подземные водные ресурсы. Расплата теперь наступает, и не будет преувеличением сказать, что результаты могут быть катастрофическими как для этих стран, так и для всего мира.”**

  International Water Management Institute

- **С водой для орошения многие страны находятся в классическом режиме спада вследствие превышения установленного предела (overshoot and decline, overshoot and collapse). Если страны с чрезмерным водозабором быстро не примут меры, направленные на повышение эффективности водопользования и стабилизацию уровня грунтовых вод, то падение производства продовольствия может оказаться неизбежным.**

“Many of the most populous countries of the **world—China, India, Pakistan, Mexico, and nearly all the countries of the Middle East and North Africa** — **have literally been having a free ride over the past two or three decades by depleting their groundwater resources.** The penalty for mismanagement of this valuable resource is now coming due and it is no exaggeration to say that the results could be catastrophic for these countries and, given their importance, for the world as a whole.” David Seckler, International Water Management Institute

В борьбе за воду фермеры проигрывают городам (промышленности)

- **Водная напряженность в отношениях между странами, скорее всего, станет одним из главных пунктов, но еще больше обострится соревнование за воду между городами и сельскохозяйственными фермами внутри стран – проблема для местных политических лидеров.**
- **Экономика использования воды не благоприятствует фермерам в этом соревновании просто потому, что для производства продуктов питания требуется очень много воды. Например, для производства 1 тонны стали стоимостью $560 всего требуется 14 тонн воды, для выращивания 1 тонны пшеницы стоимостью $200 требуется 1000 тонн воды. В странах, озабоченных ростом экономики и созданием рабочих мест, сельское хозяйство становится остаточным претендентом на воду.**

2008 Earth Policy Institute

ВИРТУАЛЬНАЯ ВОДА

1 тонна зерна ~ 1 000 тонн воды

Виртуальная вода – это объём (масса) воды, необходимый для полного производственного цикла единицы продукции.

Определяется как для продуктов питания, так и для потребительских товаров, промышленного производства, а также для услуг. Концепция виртуальной воды была разработана в 1993 году профессором Королевского колледжа Лондона Джоном Энтони Алланом (*John Anthony Allan)* для представления косвенного потребления воды.

Например, в одной чашке кофе в среднем содержится около 140 литров виртуальной воды, в одном бокале вина – 200 литров, в килограмме пшеницы – 1300 литров, для производства мяса необходимо примерно в 5-10 раз больше воды, в хлопковой рубашке – 2500 литров, в джинсах – 10 800 литров, а в легковом автомобиле – до 378 500 литров виртуальной воды. Количество виртуальной воды зависит не только от продукта, но и от страны, и даже региона производства.

Потребление виртуальной воды на одного человека, содержащейся в рационе питания, зависит от типа рациона и варьирует от 1м^3/день для рациона, необходимого для выживания, до 2,6м^3/день для вегетарианского рациона и более 5м^3/день для американского рациона с потреблением большого количества мяса.

Одним из наиболее интересных фактов является то, что 20% водного следа человечества "путешествует" через национальные границы в форме «виртуальной воды» - то есть воды, содержащейся в продуктах, которые страны продают друг другу. Египет, Израиль, Иран, Иордания, Саудовская Аравия и другие страны отчасти удовлетворяют свои потребности в воде за счет импорта пшеницы и других водоемких зерновых культур. Это позволяет им экономить дефицитную воду для промышленного производства и других видов использования.

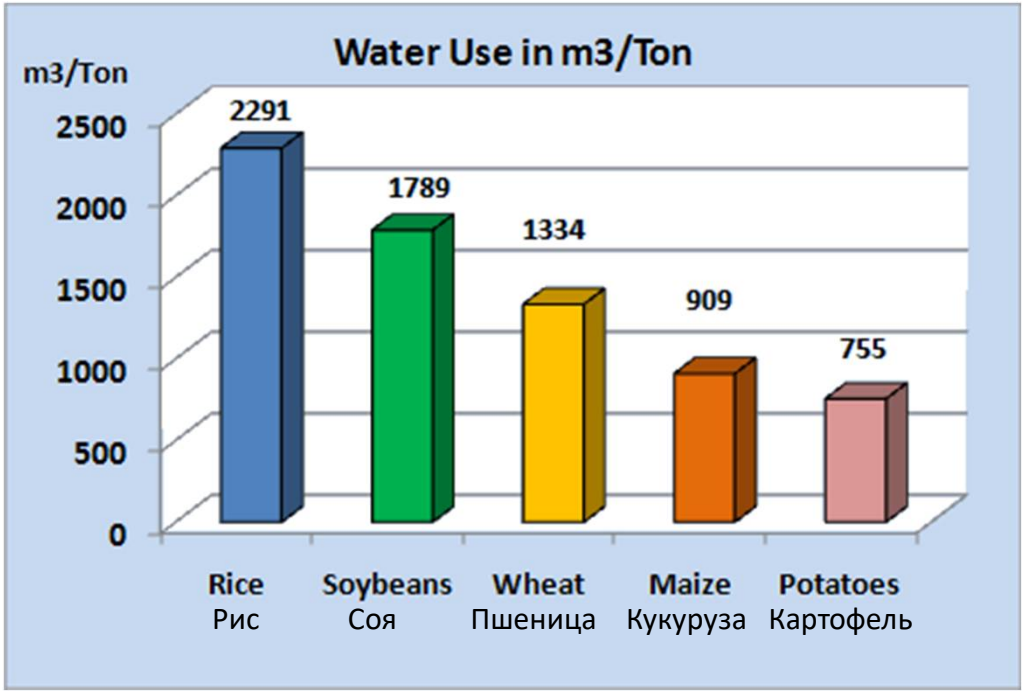
http://www.cawater-info.net/int_org/wwc/program4.htm

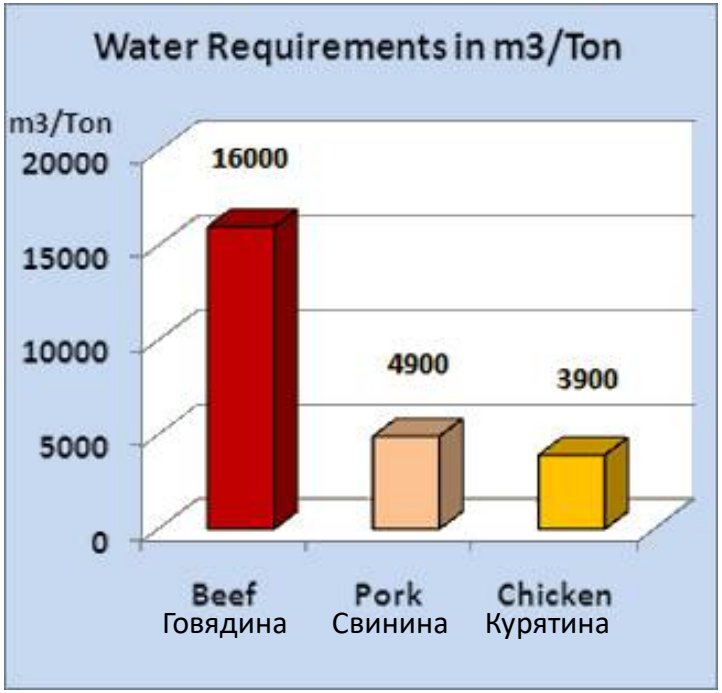
Виртуальная вода



http://planetativo.com/2010/2015/01/6014/?lang=en

На графиках ниже показаны примеры того, сколько воды необходимо для производства основных растениеводческих культур (в частности, зерновых) и мяса. Отметим большие различия в потребностях в воде между разными культурами. Производство мяса гораздо более водоемкое, чем производство зерновых, причем говядина является наиболее водоемкой продукцией.





http://ubclfs-wmc.landfood.ubc.ca/webapp/VWM/course/food-export-virtual-water-3/virtual-water-calculation-9/

Водный след человечества

The water footprint of humanity - WF

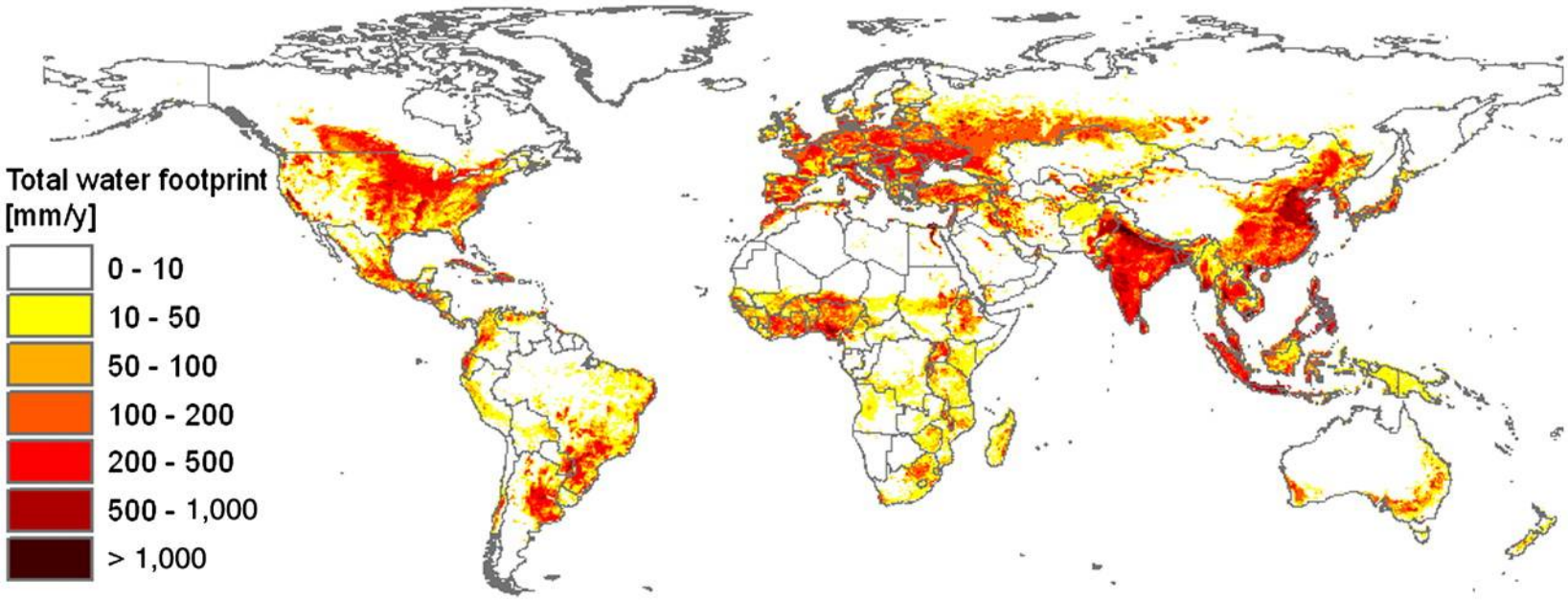
Водный след (Water Footprint) – специальный показатель, который отражает объемы воды, прямо или косвенно используемой при производстве продукции и услуг.

В период с 1996 по 2005 гг. средняя величина мирового водного следа превышала 9000 млрд м³/год (= **9 ·10³ Gt/yr = 9 · 10³ км³ /год**), **причем ~ 90% этого объема приходилось на сельское хозяйство.**

- **«Зеленый» водный след (74%):** объем дождевой воды, которая испаряется в процессе производства продукции; при выращивании сельскохозяйственных культур эта составляющая водного следа представлена содержащейся в почве ***дождевой водой*** (consumptive use of rainwater - ***green*** **WF**).
- **«Серый» водный след (15%):** объем воды, необходимой ***для разбавления загрязняющих*** веществ, сбрасываемых в процессе производства, до такого состояния, при котором качество воды отвечает согласованным нормативам (volumes of water polluted - ***gray*** **WF**).
- **«Голубой» водный след (11%):** объем пресной воды, безвозвратно забираемой из поверхностных или подземных источников. При производстве сельскохозяйственной продукции, основной объем «голубой» воды приходится на воду, используемую ***для орошения*** (ground and surface water - ***blue*** **WF**).

Хотя дождевая вода, содержащаяся в почве («зеленый» водный след), часто остается незамеченной, именно она является крупнейшей составляющей водного следа (74%), на «голубые» водные ресурсы приходится 11%, а на «серые» – 15%. (*Hoekstra and Mekonnen, 2012*).

Распределение водного следа человечества (9000 млрд м^3/год) за период 1996 – 2005гг.



Разрешение в миллиметрах в год на сетке 5 × 5 '

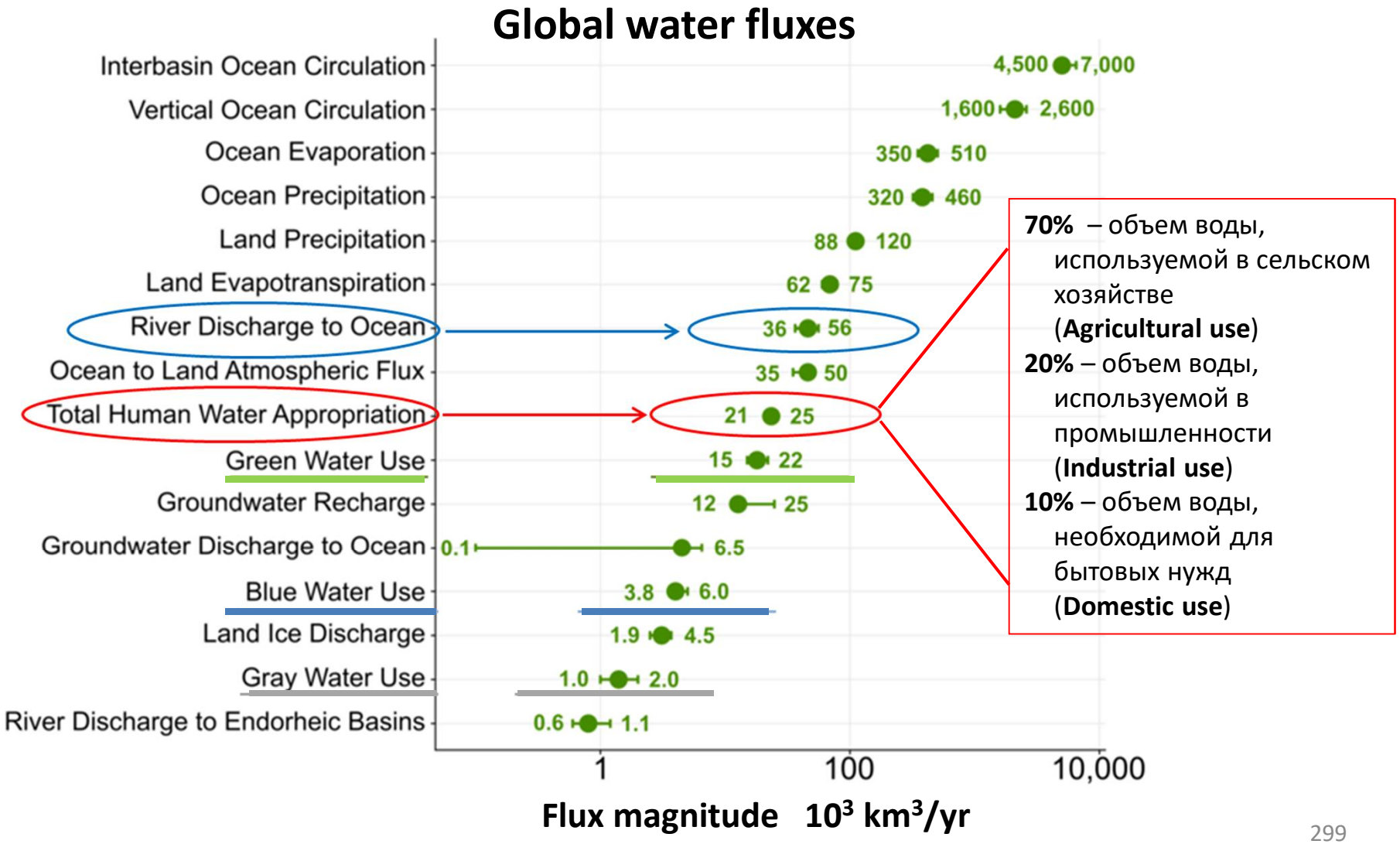
Около 38% глобального водного следа приходится на три страны:
Китай - 1207 ; Индия - 1182; США – 1053 млрд м^3/год.
Следующей страной в рейтинге является Бразилия: 482 млрд м^3/год.

The global annual average WF in the period 1996 – 2005 was 9,087 Gm^3/y (74% green, 11% blue, 15% gray).
Arjen Y. Hoekstra, and Mesfin M. Mekonnen PNAS 2012;109:3232-3237

https://www.pnas.org/content/109/9/3232

Human freshwater appropriation now equals half of global river discharge

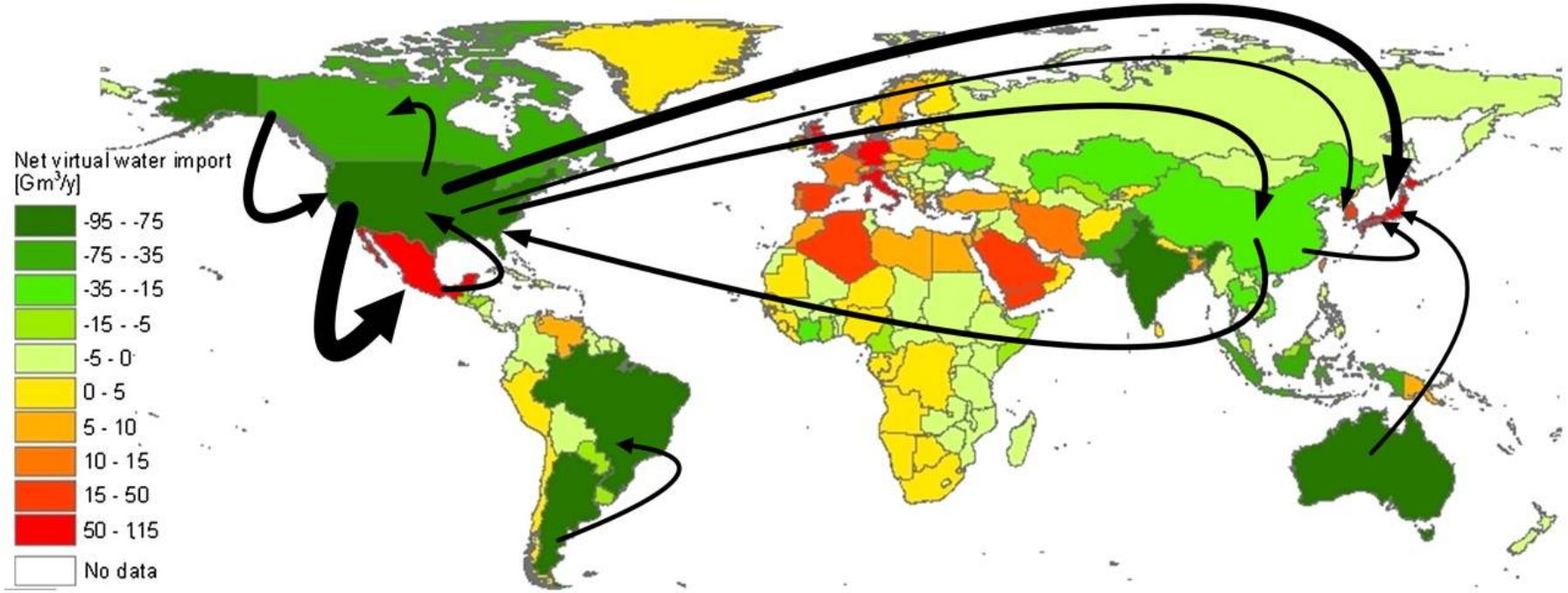
(Nature Geoscience 12(7):1 · July **2019**)



https://www.researchgate.net/publication/333678347_Human_domination_of_the_global_water_cycle_absent_from_depiction_and_perceptions

Виртуальный водный баланс для разных стран и направление валовых виртуальных потоков воды ($10^9 м^3$/год), связанных с торговлей сельскохозяйственными и промышленными товарами за период 1996-2005 гг.

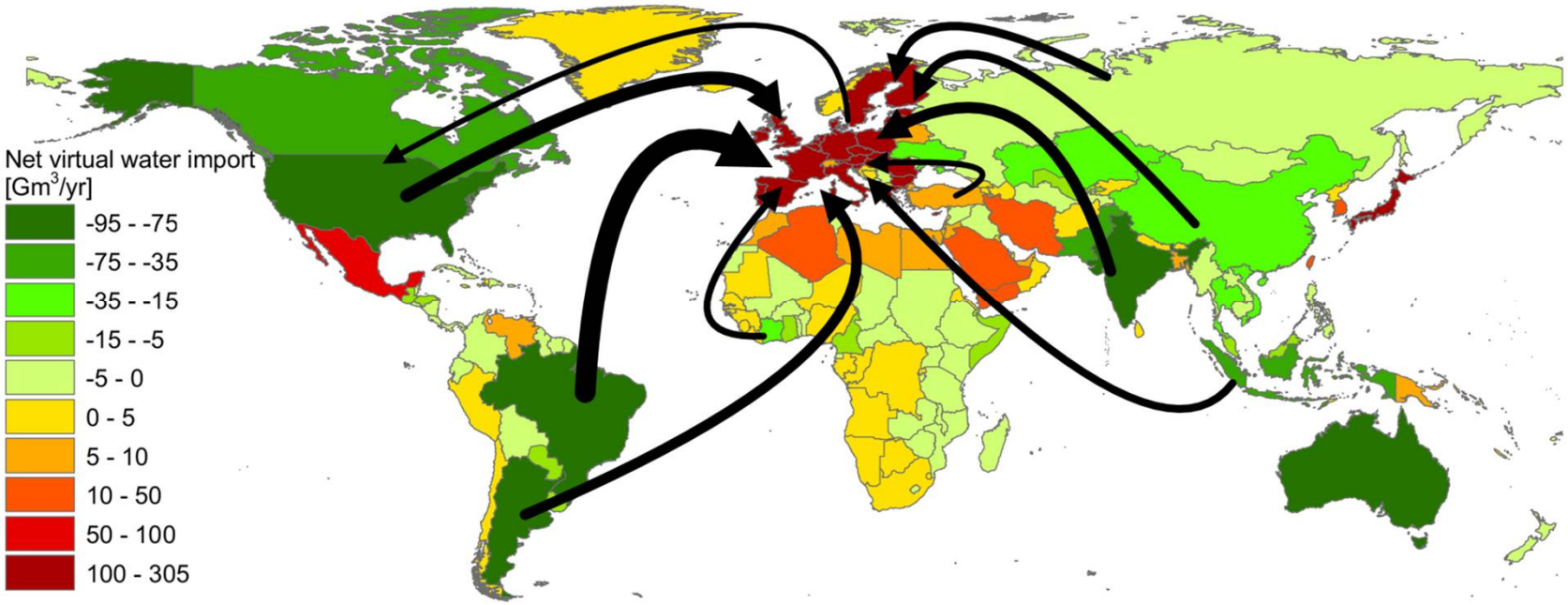
Only the biggest gross flows (> 15 Gm3/y) are shown



– import = export

Hoekstra A Y , and Mekonnen M M PNAS 2012;109:3232-3237

Чистый импорт виртуальной воды в Европу



– import = export

Водный след (Water Footprint) – специальный показатель, который отражает объемы воды, прямо или косвенно используемой при производстве продукции и услуг. Для Европы в целом 40% ее суммарного водного следа лежит за ее границами.

Legend: Virtual water imports into Europe. Source: Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2011) National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No.50, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands.

http://waterfootprint.org/en/water-footprint/national-water-footprint/virtual-water-trade/

Оседание почвы (subsidence), вызванное извлечением подземных вод

What is subsidence? Land subsidence is a gradual settling or sudden sinking of the Earth's surface.

When humans over-exploit underground water supplies, the ground collapses like a huge empty water bottle. It's called subsidence, and it could affect 1.6 billion people by 2040. https://www.wired.com/story/the-ongoing-collapse-of-the-worlds-aquifers/

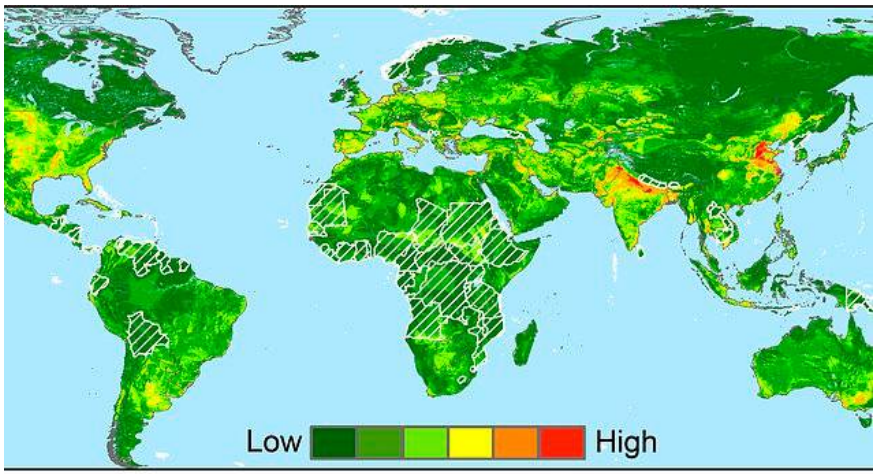
В водоносном слое вода содержится в песчанике, гравии и глине, заполняя пространство между частицами. Если вода извлекается, то уплотнение водоносного слоя приводит к проседанию грунта. Если закачать воду обратно, произойдет лишь небольшое расширение водоносного слоя и почва очень незначительно поднимется. Рост численности населения, более интенсивные засухи вследствие климатических изменений порождают возрастающую нагрузку на водные ресурсы. Засухи приводят к ускоренному истощению водоносных слоев, а из-за подъема уровня моря оседающая почва становится все менее защищенной от наводнений. **Согласно результатам проведенного недавно исследования, (Science, 2021), в предстоящие 20 лет от проседания грунта во всем мире может пострадать 1,6 миллиарда человек, а ущерб составит триллионы долларов.**

https://inosmi.ru/social/20210121/248959738.html https://info.igme.es/visor/?Configuracion=globalsubsidence&idioma=en

На карте мира представлены зоны оседания почвы, вызванные добычей грунтовых вод

Mapping the global threat of land subsidence 2021

Анализ показывает, что к 2040 году на 19% населения мира будет оказывать влияние оседание поверхности земли – явление, вызываемое откачкой грунтовых вод. В течение прошлого века проседание грунта из-за истощения грунтовых вод имело место в 200 населенных пунктах в 34 странах. В течение следующих десятилетий глобальный рост населения и экономический рост, усугубленные засухами, вероятно, увеличат масштаб указанного явления.



Global Subsidence Potential

Slow subsidence happens naturally in river deltas, and it can be accelerated by the extraction of groundwater, oil or gas which causes the soil to consolidate and the surface to lose elevation. Subsidence leads to relative sea level rise (sea level rise plus land sinking). It turns croplands salty, damages buildings, causes widespread flooding and can even mean the loss of entire coastal areas. Subsidence can threaten flooding in low-lying coastal areas, much more so than rising sea levels, yet scientists are only just realising the global implications of the threat with respect to coastal cities. Parts of Tokyo for instance sank by 4 metres during the 20th century, with 2 metres or more of sinking reported in Shanghai, Bangkok, and New Orleans. **A combination of rising seas and sinking lands will increasingly leave coastal cities at risk.**

https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-12/aaft-mpg122820.php https://theconversation.com/sea-levels-are-rising-fastest-in-big-cities-heres-why-157077

Приложение

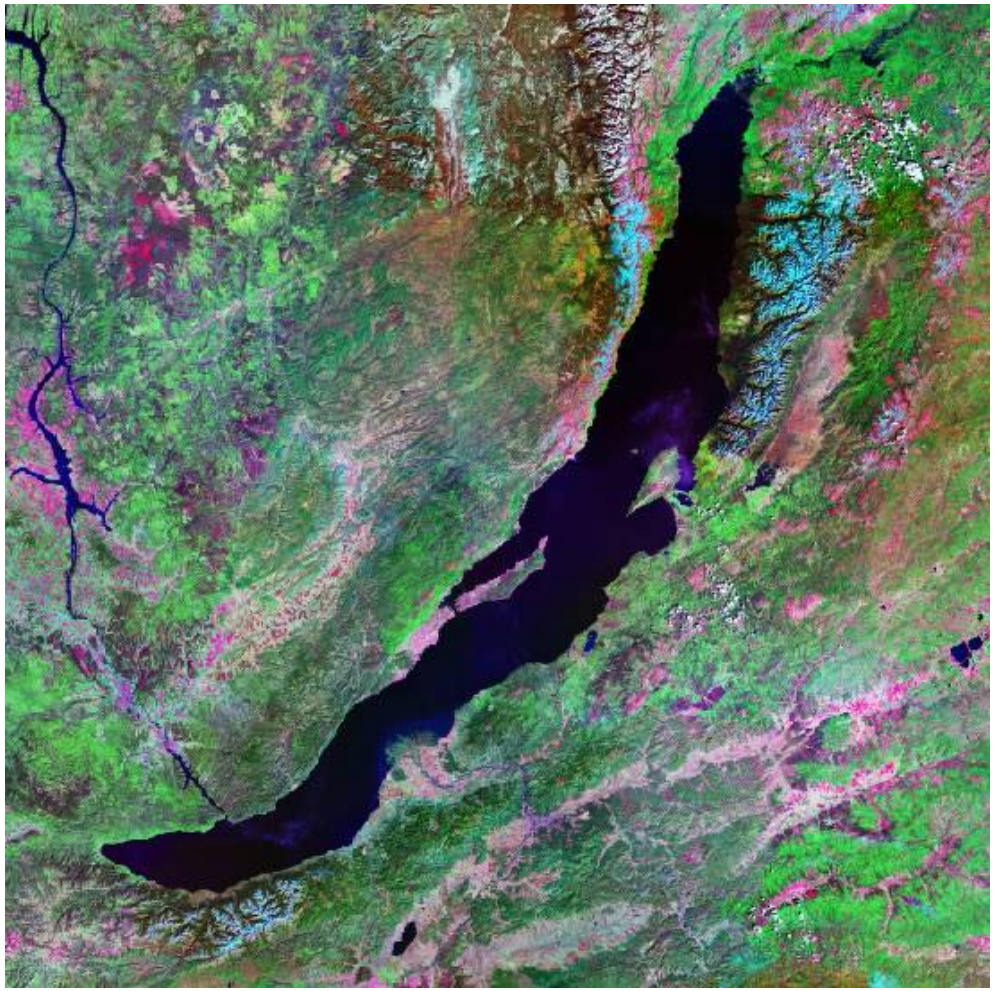
Озеро Байкал

Озеро Байкал

включено в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО в 1996 г.



Спутниковый снимок озера Байкал



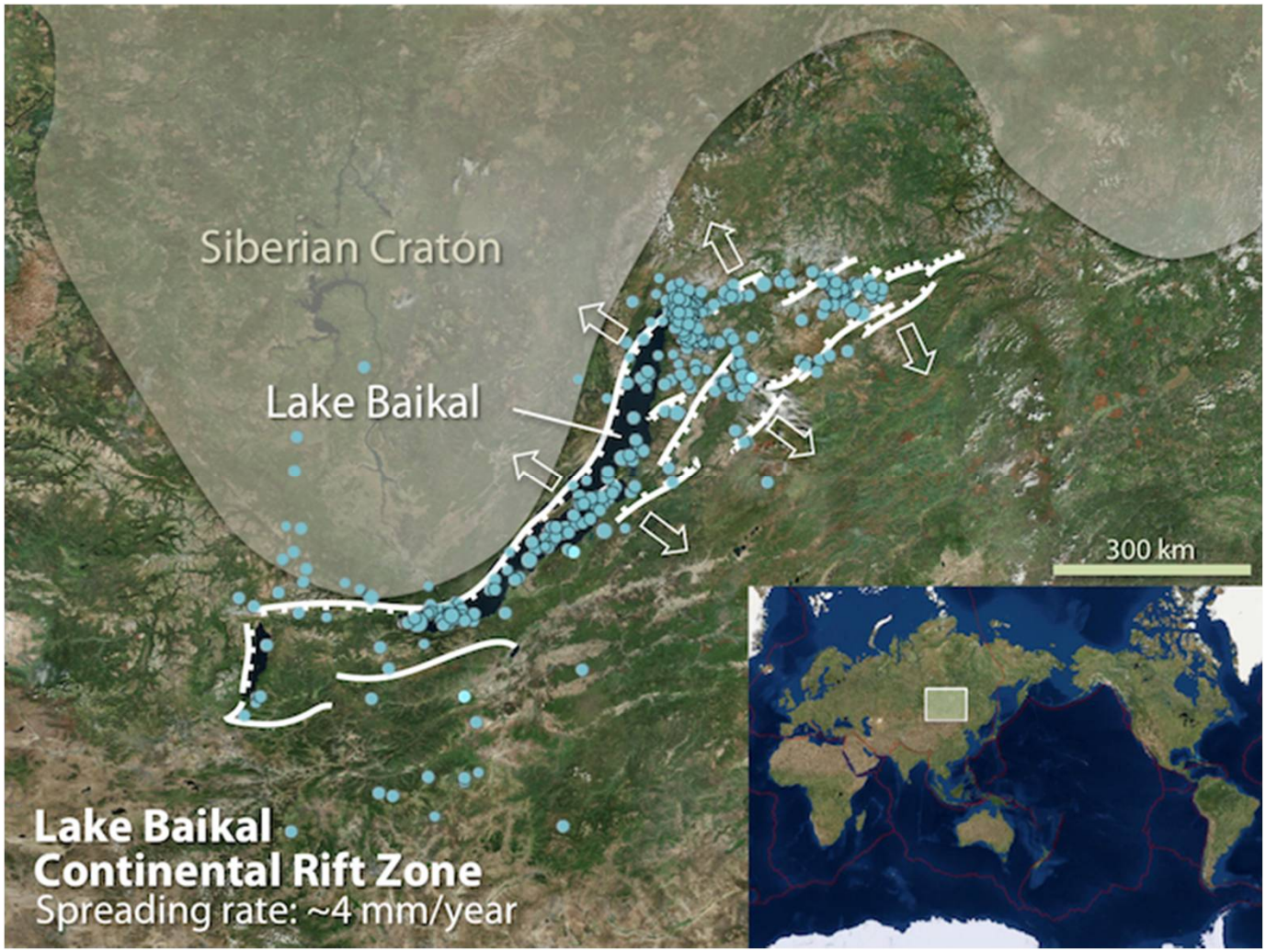
Озеро очень глубокое (1637 метров), находится в активной зоне континентального рифта (сейсмическая активность). Эта зона расширяется со скоростью около 2,5 см в год, рифт также становится глубже.. В будущем озеро Байкал может стать шире и глубже.

Рифт — крупная линейная впадина в земной коре, образующаяся в месте разрыва коры в результате её растяжения или продольного движения.

http://geology.com/records/deepest-lake.shtml

Байкал

- Байкал - озеро тектонического происхождения (рифт), расположено в южной части Восточной Сибири на границе Иркутской области и Республики Бурятии.
- Возраст озера, по разным оценкам, составляет 25-35 млн лет (?). Однако, есть предположение, что глубоководной части 150 тыс. лет, а береговой – только 8 тыс. лет.
- Площадь - 31,7 тыс. кв. км (занимает 7-е место среди крупнейших озер мира). Средняя глубина Байкала - 744 м, максимальная - 1 тыс. 642 м (самое глубокое озеро в мире). Ширина - от 25 до 79 км, длина - 636 км, общая длина береговой линии - около 2 тыс. 100 км.
- **Крупнейшее озеро Земли по объему пресной воды: около 23 тыс. куб. км (около 20% мировых и более 80% российских запасов пресной воды;** для сравнения - в Балтийском море 21 тысяча куб. км**).**
- В Байкал впадает примерно 544 временных и постоянных водотоков. Самые крупные - Селенга, Верхняя Ангара, Баргузин, Турка, Снежная и Сарма), а вытекает только Ангара. Реки ежегодно приносят в Байкал 60 куб. км воды низкой степени минерализации: площадь водосборного бассейна Байкала сложена преимущественно горными породами, состоящими из труднорастворимых минералов.
- В озере обитает около 2 тыс. 600 видов и подвидов водных животных, причем более половины из них эндемики - нигде в мире больше не встречаются, среди них байкальский омуль, байкальский осетр и байкальский тюлень (нерпа).

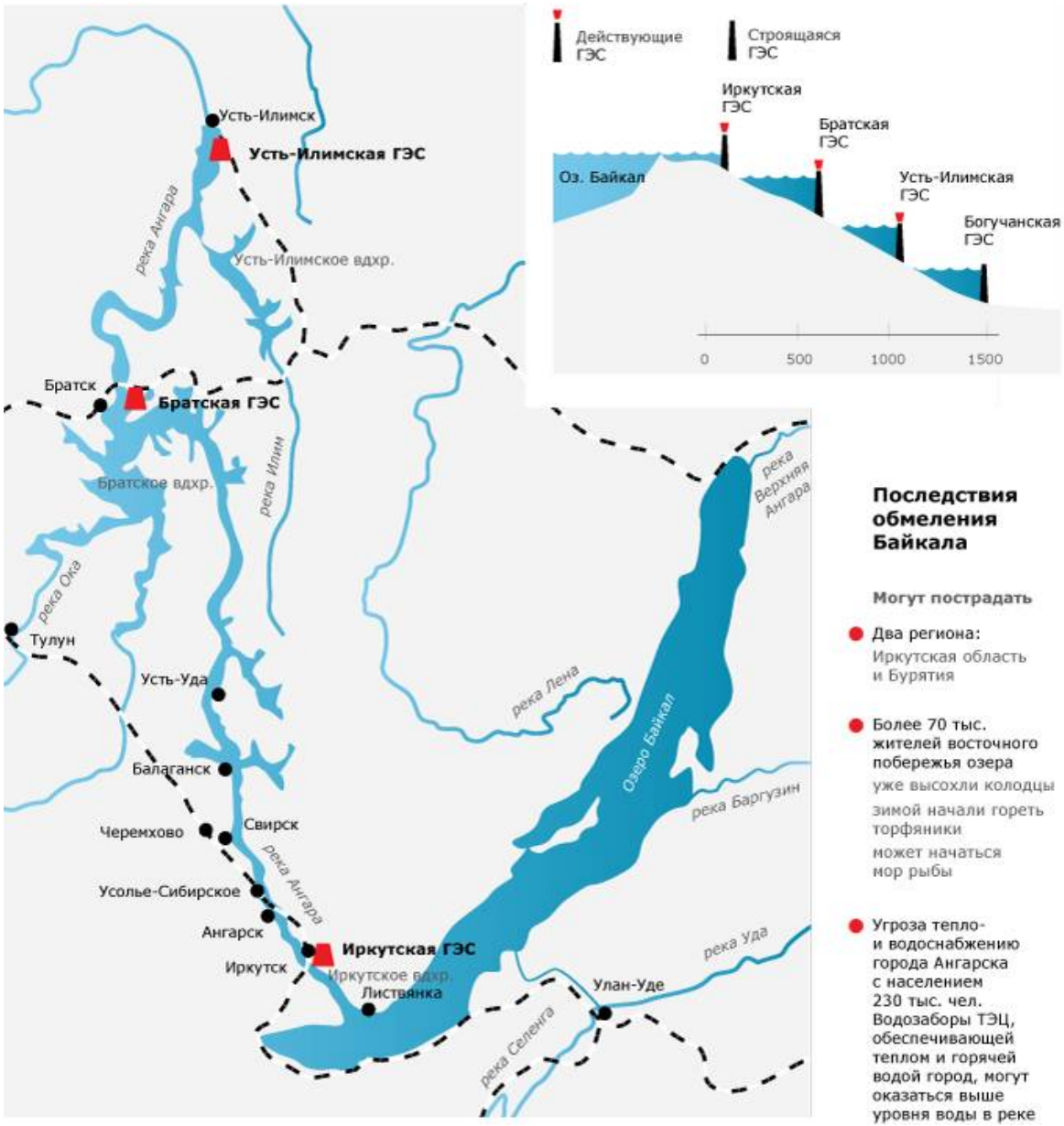


Синими кружками отмечены места землетрясений магнитудой M4 и выше с 1990 по 2010 гг. вдоль рифтовой зоны озера Байкал. Белыми линиями показаны некоторые разломы в регионе. Белые линии со штрихами - это нормальные разломы, связанные с расхождением плит (спрединг spreading) . Стрелки показывают направление спрединга. Белые линии без отметок – трансформационные разломы. Сибирский кратон (заштрихованная область) - это мощная кора возрастом 2 миллиарда лет. .

Источник: Карла Панчук (2017) CC BY 4.0. Разломы по данным Геологической службы США (см. Ссылки). Базовые карты (врезка и виды разломов) с эпицентрами, созданные с использованием веб-сайта последних землетрясений Геологической службы США. *Visit Latest Earthquakes*

https://openpress.usask.ca/physicalgeology/chapter/12-3-earthquakes-and-plate-tectonics-2/

Байкал питает гидроэлектростанции



Ангара: Среднемноголетний расход воды ниже Иркутской ГЭС 1830 м^3/год (**объём стока 57,757 км^3/год**), в устье – 5250 м^3/с (165,695 км^3/год). В питании Ангары основная роль принадлежит талым и дождевым водам.

http://water-rf.ru/

Колебания уровня воды в Байкале



Причина критического уровня воды в Байкале – деятельность энергетиков и засушливый 2014 год. Из Селенги, которая дает 50% всей воды, в озеро в прошлом году поступило чуть более 60% от многолетней нормы. Понижение уровня воды может привести к экологическим проблемам, так как байкальская экосистема только начала адаптироваться к тем условиям, в которых оказалась в 1959 году, когда уровень воды в Байкале поднялся на 1,3 метра после запуска Иркутской ГЭС. **Январь 16, 2018** Уровень воды в озере Байкал понизился на шесть сантиметров ниже критической отметки, сообщает ТАСС со ссылкой на главу Гидрометцентра России Романа Вильфанда. По словам Вильфанда, пороговое значение уровня воды – 456 метров по Тихоокеанской шкале отметок.

С 2014 года по начало 2018 года на Байкале фиксировалось затяжное природное маловодье. Снега и дождей было 50−70% от нормы, приток составлял 30−50% нормы .

“Ключевой регулятор уровня воды в озере – Иркутская ГЭС. Слишком низкий расход байкальской воды через плотину приводит к обнажению критически важных водозаборов на Ангаре, слишком высокий расход — к подтоплению застроенных участков ангарской поймы. Эти проблемы с водозаборами и застройкой надо было решать ещё вчера, но по факту никто не занимается их решением сегодня и не планирует решать их завтра. А значит, любое маловодье и многоводье на Байкале гарантированно становится опасным явлением”.

А. Колотов, член Ангаро-Байкальского бассейнового совета, российский координатор коалиции «Реки без границ».

https://regnum.ru/news/2474219.html

Чистота вод Байкала

Вода Байкала – практически дистиллированная. Минеральный состав воды на глубинах свыше 100 метров не превышает 100 миллиграмм на литр, насыщенность воды кислородом достигает 80-90%, ниже уровня 100 метров температура составляет 3,4°С до самого дна. Растворяющие свойства воды очень высоки, а вследствие низких температур и большой плотности воды загрязнители, которые не растворяются, выпадают на дно. Содержание кислорода, близкое к пределу максимального насыщения воды, способствует быстрому окислению органических веществ, попадающих в озеро.

Однако, **в первую очередь чистота воды в Байкале определяется биологическим разнообразием уникальной экосистемы Байкала**. В озере обитает более 2,5 тысяч видов животных: губки-фильтраторы, пелагические мельчайшие рачки копеподы, донные рачки амфиподы, способные быстро утилизировать органическое вещество. Состояние этой очень сложной системы "самоочистки" подвержено влиянию как антропогенных, так и глобальных климатических факторов.

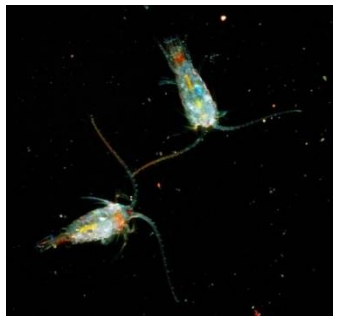
Угрозы для мелководного Байкала. Наиболее критическая ситуация сложилась в районе города Северобайкальска. **Сброс** в заливы и бухты тонн отходов, содержащих синтетические моющие средства, **приводит к массовому развитию нитчатой водоросли спирогиры, заполнившей все побережье и вызывающей гибель рыб, рачков и других обитателей литорали.**

Угрозы для глубоководного Байкала. В районах открытого, нетронутого Байкала влияние локального загрязнения мало. Даже масштабы загрязнения, источником которого является река Селенга, несопоставимы с огромными запасами воды в самом озере и эффективностью системы самоочистки Байкала**. Наиболее значимым фактором угрозы является повышение средней температуры воды. Так, за 70 лет наблюдений средние поверхностные температуры выросли более чем на градус** - существенный сдвиг, влияющий на динамику мельчайших рачков и водорослей, пищевой основы всей экосистемы Байкала.

https://nplus1.ru/material/2019/06/27/baikals-water

Байкальская эпишура (***Epischura baicalensis***) **- один из наиболее известных эндемиков озера Байкал. Вид планктонных ракообразных из подкласса веслоногих (*Copepoda*). Размер взрослого рачка составляет около 1,5 мм. Эпишура играет важнейшую роль в экосистеме, населяя толщу вод и формируя ~90 % биомассы мезозоопланктона. При этом эпишура служит пищей для следующих трофических уровней. Этот основной потребитель планктонных водорослей, простейших и бактерий является биологическим фильтром, обеспечивающим чистоту байкальских вод. Один рачок в год очищает 15 куб. метров воды. Объем воды, равный объему всего озера, профильтровывается ~ за полгода, а слой 0 - 50 м. ~ 30 раз за год.**







Байкальские губки населяют каменистые грунты открытого Байкала и являются фильтраторами прибрежных вод. Байкальская эндемичная губка размером 5 - 7 см. за сутки очищает от бактерий и минеральных веществ до 20 литров воды. Массовые поселения губок на дне водоема играют ведущую роль в процессе биофильтрации природной воды. При этом средняя скорость роста этих животных составляет всего около 1 сантиметр в год.





https://nplus1.ru/material/2019/06/27/baikals-water http://posibiri.ru/ozero-bajkal-zhemchuzhina-sibiri/

Эпишура и БЦБК



С 1966 года работал **Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (БЦБК)**, расположенный в городе Байкальск (Слюдянский район, Иркутская область), что сказалось на экосистеме Байкала. Эпишура гибла в очищенных и разбавленных в отношении 1:100 стоках Байкальского ЦБК. Отравленная акватория простиралась более чем на полсотни квадратных километров, с воздушными выбросами площадь загрязнения расширилась еще до двух тысяч. И это при том, что стоимость очистных сооружений составила уже половину стоимости всего комбината.

По данным исследований, в результате гибели эпишуры от загрязнения годовая производительность Байкала как “фабрики чистой воды” уменьшилась на 7,5%, то есть на 4,5км^3.

Недавно, 27 февраля 2013 г. принято решение постепенно закрыть БЦБК и перенести производство на другие предприятия. На закрытие БЦБК потребуется порядка двух лет, **ещё несколько лет - на ликвидацию отходов предприятия. На утилизацию более 6 млн тонн отходов комбината из федерального бюджета будет выделено 3 млрд рублей.**

В составе отходов самым сложным является шлам-лигнин - полимер, который, по словам ученых, почти не вступает в реакцию с другими веществами. По уточненным данным, в картах-накопителях БЦБК находятся 4,948 млн куб. м твердых веществ (шлам-лигнина, золы) и 729 тысяч куб. м воды.

https://www.interfax.ru/russia/904833 https://ria.ru/organization_Bajjkalskijj_celljulozno_bumazhnyjj_kombinat/

Байкальский ЦБК РИА Новости

Путин: Россия будет развивать чистые технологии, снижать вредные выбросы в атмосферу
17 июня 2022 - РИА Новости
Ликвидацию отходов Байкальского комбината отложили до 2023 года
22 марта 2022, 17:44
Вложения в курорт на Байкале будут частными на 80%, заявили в "дочке" ВЭБ
14 сентября 2021, 19:47
СМИ: от компаний могут потребовать предоплату за наносимый экоущерб
24 февраля 2021, 12:18
Глава Минприроды рассказал о сложностях при ликвидации отходов БЦБК
20 декабря 2019, 14:39
Путин поручил выбрать лучшие способы утилизации отходов Байкальского ЦБК
13 сентября 2019, 17:26
Ливни не повредили хранилища отходов Байкальского ЦБК
31 июля 2019, 17:38
Разрушенный паводком мост повредил насосную установку на Байкальском ЦБК
29 июля 2019, 14:58
Отходы Байкальского ЦБК будут ликвидировать после доработки документации
30 ноября 2018, 10:26
"Росгеология" предлагает снести здания Байкальского ЦБК
27 ноября 2018, 13:18
Ученый: с берега Байкала нужно убрать около 6,5 миллиона тонн отходов БЦБК
27 октября 2017, 14:58
МПР: скоро начнутся работы по ликвидации отходов Байкальского ЦБК
29 мая 2015, 14:04
Кабмин изменил список видов деятельности, запрещенных около Байкала
7 марта 2015, 08:24
Минприроды может смягчить закон об охране Байкала
9 декабря 2014, 16:32
Байкал загрязняется из-за работы теплоэнергетических объектов
9 декабря 2014, 16:17
Титов: КНР изучает возможность строительства ЦБК в Иркутской области
1 декабря 2014, 11:45
Работы по ликвидации отходов Байкальского ЦБК могут начаться уже летом
8 мая 2014, 18:39
СК РФ обыскал Байкальский комбинат по делу о сбросе химикатов
7 мая 2014, 11:28
Суд удовлетворил иск Росприроднадзора о взыскании с БЦБК 18,4 млн руб
21 апреля 2014, 07:30
Инфоцентр "Заповедная Россия" создадут на территории Байкальского ЦБК
14 марта 2014, 18:56
Иркутские власти за год хотят трудоустроить половину работников БЦБК
4 февраля 2014, 12:25

https://ria.ru/organization_Bajjkalskijj_celljulozno_bumazhnyjj_kombinat/ https://ria.ru/20220617/vybrosy-1796255805.html

Изменения в экосистеме Байкала

Специалисты Лимнологического института Сибирского отделения РАН обнаружили цветение вод озера. Дно прибрежной зоны стало покрываться нитчатыми водорослями *спирогира* еще в 2011 году, сообщает «РИА Новости».





Тогда все дно по периметру озера позеленело — начало покрываться порослью несвойственных для Байкала макроводорослей рода *спирогира*. За четыре года ситуация не только не улучшилась, но и приобрела масштабы катастрофы. Французские ученые указали своим российским коллегам на два единственно верных пути избавления от спирогиры. Это **запрет на использование туристами *фосфорсодержащих* моющих средств и жесткий контроль за сточными водами индустриальных предприятий, сливающих в Байкал отходы**.

https://ocean.ru/index.php/novosti-left/smi-o-deyatelnosti-instituta/item/596-vodorosl-spirogira-ugrozhaet-razrushit-ekosistemu-bajkala

Проект строительства *монгольских* ГЭС на реке Селенга несет риски для Байкала

05.02.**2016**

Несмотря на протесты экологов, ученых и Минприроды России, Монголия продолжает реализацию трех масштабных проектов строительства ГЭС на крупнейшем притоке Байкала. Страна рассчитывает получить финансирование Китая и Всемирного банка. В России опасаются, что строительство негативно отразится на уровне Байкала. Между тем сейчас новые мощности Монголии могут быть просто не нужны. Речь идет о трех проектах ГЭС в Монголии — на реке Селенге, впадающей в Байкал, и реках Эгийн-гол и Орхон, являющихся притоками Селенги. В Минприроды «Газете.Ru» уточнили, что монгольская сторона в конце прошлого года дала сигнал о приостановке проекта. Однако, похоже, разработка проекта активно продолжается. Работы по ГЭС «Шурэн» мощностью 350 МВт продолжают вестись, свидетельствуют данные управляющей группы проекта, располагающейся в Улан-Баторе: недавно на ее сайте появились материалы по общественным слушаниям, связанным с ГЭС. Группа должна отчитываться перед Всемирным банком, финансирующим проект. Поскольку озеро Байкал признано уникальным объектом всемирного природного наследия, проект строительства монгольской ГЭС находится под контролем ЮНЕСКО. Как ранее писала «Газета. Ru»,Россия неоднократно выражала обеспокоенность планами правительства Монголии. Реализация проектов строительства ГЭС на реке Селенге и ее притоках в Монголии приведет к катастрофическим последствиям для экосистемы озера Байкал, заявлял глава Минприроды Сергей Донской.

Монголия вновь планирует реализовать проекты ГЭС, потенциально опасные для Байкала

Правовой Портал Республики Бурятия 16 авг **2023**

Власти Монголии снова заявляют о намерениях создать энергетические сооружения, несмотря на то, что последствия такого шага, в том числе и для Байкала до конца не изучены.

На недавней встрече с генеральным секретарем ООН Антониу Гутерриша, премьер-министр Монголии попросил активной поддержки со стороны ООН в решении вопроса о строительстве гидроэлектростанции на реке Эгийн-гол.

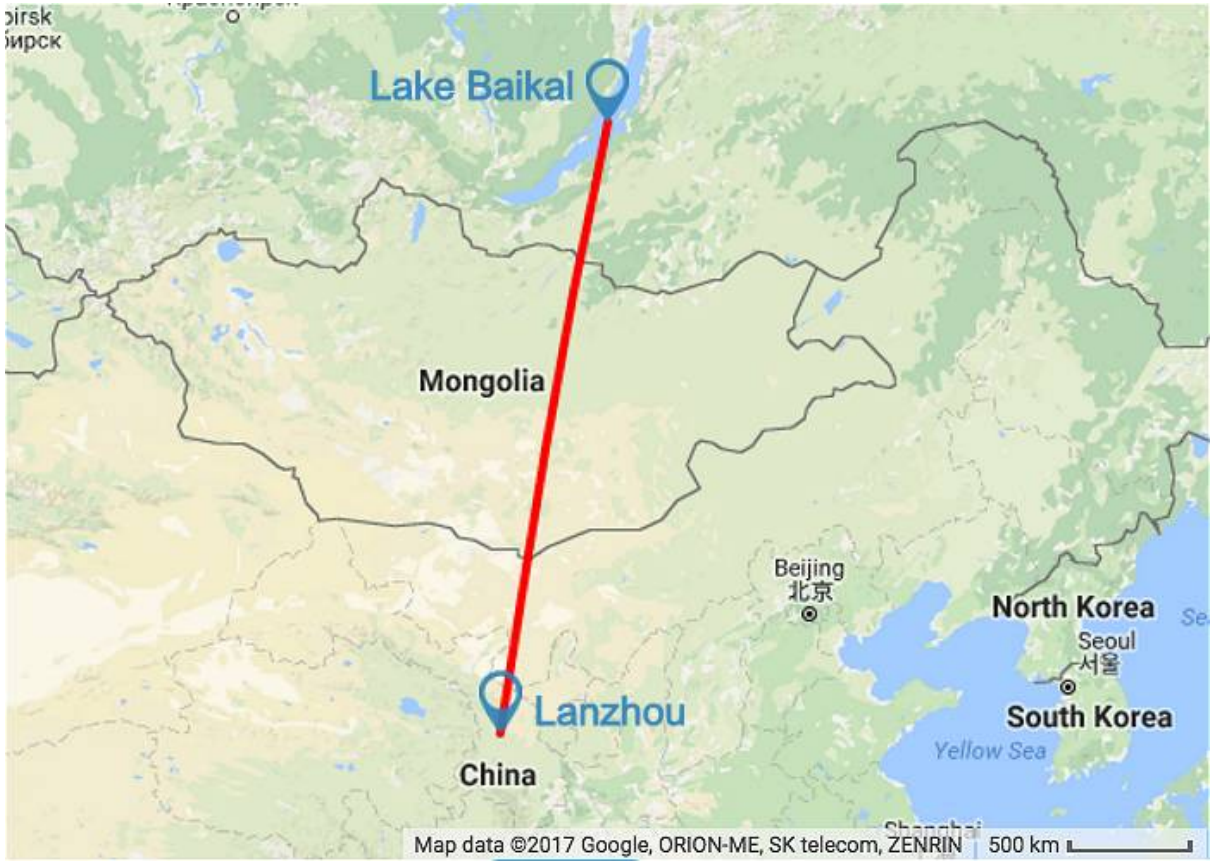
В марте этого года Монголия представила оценку влияния строительства гидроэлектростанции на р. Эгийн-Гол на биоразнообразие. Однако российские ученые и эксперты не обнаружили в этом документе исчерпывающей информации о влиянии на реку Селенга и озеро Байкал.

В Минприроды России и в Минприроды Бурятии обоснованно утверждают, что влияние ГЭС на реку Селенга и озеро Байкал изучено недостаточно. В частности, не рассчитано влияние на гидрохимический и температурный режимы, а оценки воздействия на водные и околоводные виды по большей части не имеют под собой должного обоснования.

https://burunen.ru/news/society/100570-mongoliya-vnov-planiruet-realizovat-proekty-ges-potentsialno-opasnye-dlya-baykala/

Ученые поставили под сомнение целесообразность строительства водопровода из Байкала в КНР

Проект, о котором пока сообщается только в прессе, не оправдает затрат, считают они https://tass.ru/sibir-news/4084318



Chinese city plans to pump water from Russian lake via 1,000km pipeline

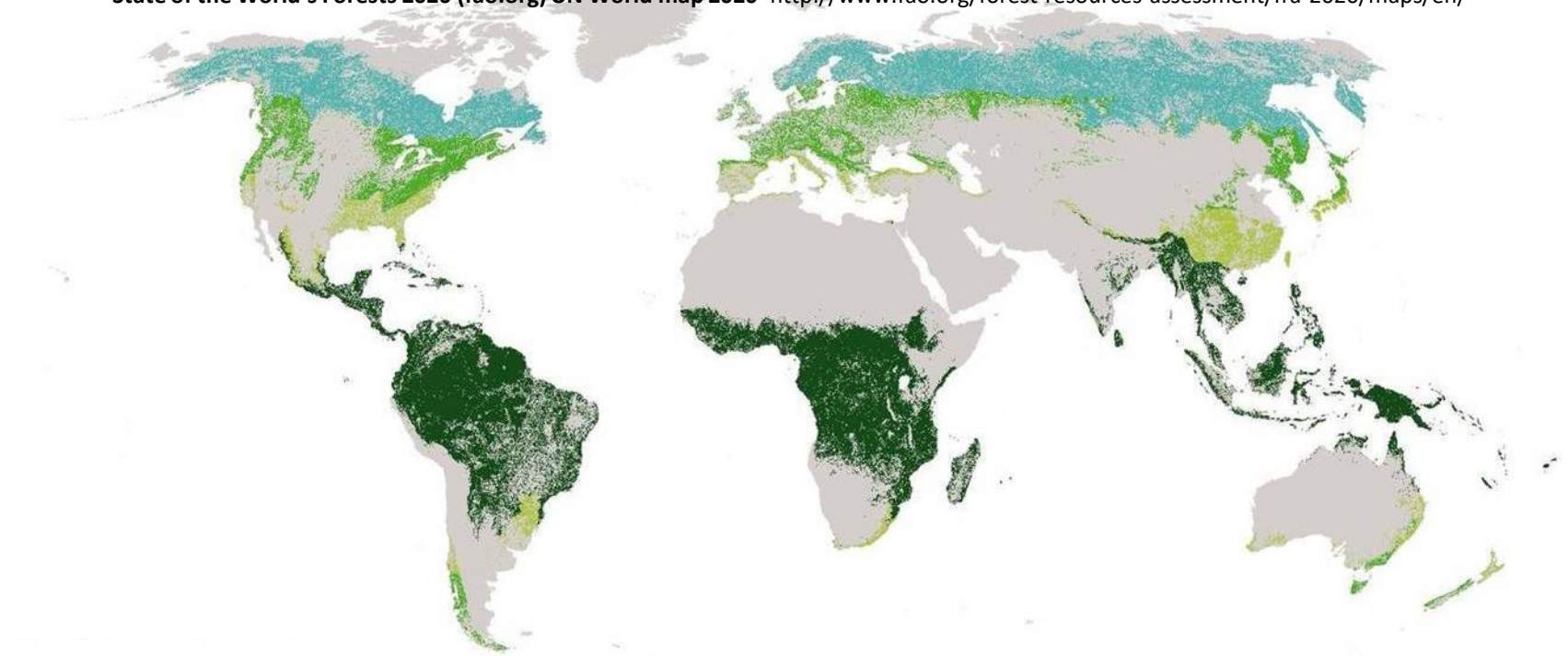
https://www.theguardian.com/world/2017/mar/07/parched-chinese-city-plans-to-pump-water-from-russian-lake-via-1000km-pipeline

8.2. Состояние лесов мира

Регулирование лесами осадков на суше - см. п.10.1.
Депонирование лесами углерода - см. п.11.1.

The global distribution of forests, by climatic domain

State of the World's Forests 2020 (fao.org) UN World map 2020 http://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/maps/en/



ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ЛЕСОВ

Бореальные



Boreal

Умеренные



Temperate

Тропические



Tropical

Тип леса = Тип биогеоценоза – это совокупная, сложенная из геномов составляющих биоценоз видов, программа его формирования, функционирования в стационарном режиме и восстановления после разрушений.

Определение леса

FAO Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций
(1 га = площади квадрата со стороной 100 м = 0,01 км²)

<u>Лес - определение:</u> участок земли площадью более 0,5 га с деревьями, размеры которых превышают 5 м в высоту, и с сомкнутостью древесного полога более 10%, или с деревьями, которые могут достичь этих пороговых уровней in-situ. В этот термин не включена территория, являющаяся главным образом объектом сельскохозяйственного или городского землепользования.

Сомкнутость полога древостоя - отношение суммы площадей горизонтальных проекций крон деревьев в древостое (без учета площади их перекрытия) к общей площади участка покрытых лесной растительностью земель, на котором произрастает этот древостой. Выражается в десятых долях единицы, соответствующей полной сомкнутости.

<u>Другие участки земли, покрытые лесной растительностью - определение:</u> земли, не подпадающие под категорию лесов, площадью более 0,5 га с деревьями, высота которых превышает 5 м, и с сомкнутостью древесного полога 5–10%, или с деревьями, которые могут достичь этих пороговых уровней in-situ, или со смешанным покровом из кустов, кустарников и деревьев, превышающим 10%. Данный термин не включает земли, являющиеся главным образом объектом сельскохозяйственного или городского землепользования. (Определения FAO, используются в программе Глобальная оценка лесных ресурсов – 2020. FRA - Global Forest Resources Assessment).

С середины двадцатого века определения леса, цели и задачи управления лесным хозяйством диверсифицировались, новые добавлялись к ранее укоренившимся и закрепленным юридически. Политика лесопользования расширила свои цели, фокусируясь не только на устойчивом производстве древесины. Постепенно включались такие аспекты, как недревесные лесные продукты, сохранение биоразнообразия, противодействие изменению климата, предоставление экосистемных услуг, благосостояние людей, ландшафтные подходы, адаптивное управление и способность к восстановлению.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4980317/

http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/ru/c/285655/

How Many Trees Are in The World? Last updated: 13 June **2023**

Study Reveals There are Many More Trees Than Previously Believed

Во всем мире насчитывается 3,04 триллиона (3,04x10^{12}) деревьев (согласно оценкам, опубликованным в Nature, 2015) – примерно 400 деревьев на каждого человека на Земле. Примерно 1,39 триллиона (42.8%) деревьев произрастают в тропических и субтропических лесах, 0,74 триллиона (24.2%) — в бореальных лесах и 0,61 триллиона (21.8%) — в регионах с умеренным климатом.

Подсчитано, что ежегодно вырубается более 15 миллиардов (15x10^{9}) деревьев (соответствующая площадь ~ 192,000 km^{2}). Плотность деревьев резко падала по мере увеличения численности населения, а общее количество деревьев сократилось примерно на 46% с момента зарождения человеческой цивилизации.

Terrestrial biome (number of ground-sourced density estimates)	Total trees (billions) ± 95% CI
Boreal forests (*n* = 8,688)	749.3 (± 50.1)
Deserts (*n* = 14,637)	53.0 (± 2.9)
Flooded grasslands (*n* = 271)	64.6 (± 14.2)
Mangroves (*n* = 21)	8.2 (± 0.3)
Mediterranean forests (*n* = 16,727)	53.4 (± 1.2)
Montane grasslands (*n* = 138)	60.3 (± 24.0)
Temperate broadleaf (*n* = 278,395)	362.6 (± 2.9)
Temperate conifer (*n* = 85,144)	150.6 (± 1.3)
Temperate grasslands (*n* = 17,051)	148.3 (± 4.9)
Tropical coniferous (*n* = 0)	22.2 (± 0.4)
Tropical dry (*n* = 115)	156.4 (± 63.4)
Tropical grasslands (*n* = 999)	318.0 (± 35.5)
Tropical moist (*n* = 5,321)	799.4 (± 24.0)
Tundra (*n* = 2,268)	94.9 (± 6.3)
***n* = 429,775**	**3,041.2 (± 96.1)**

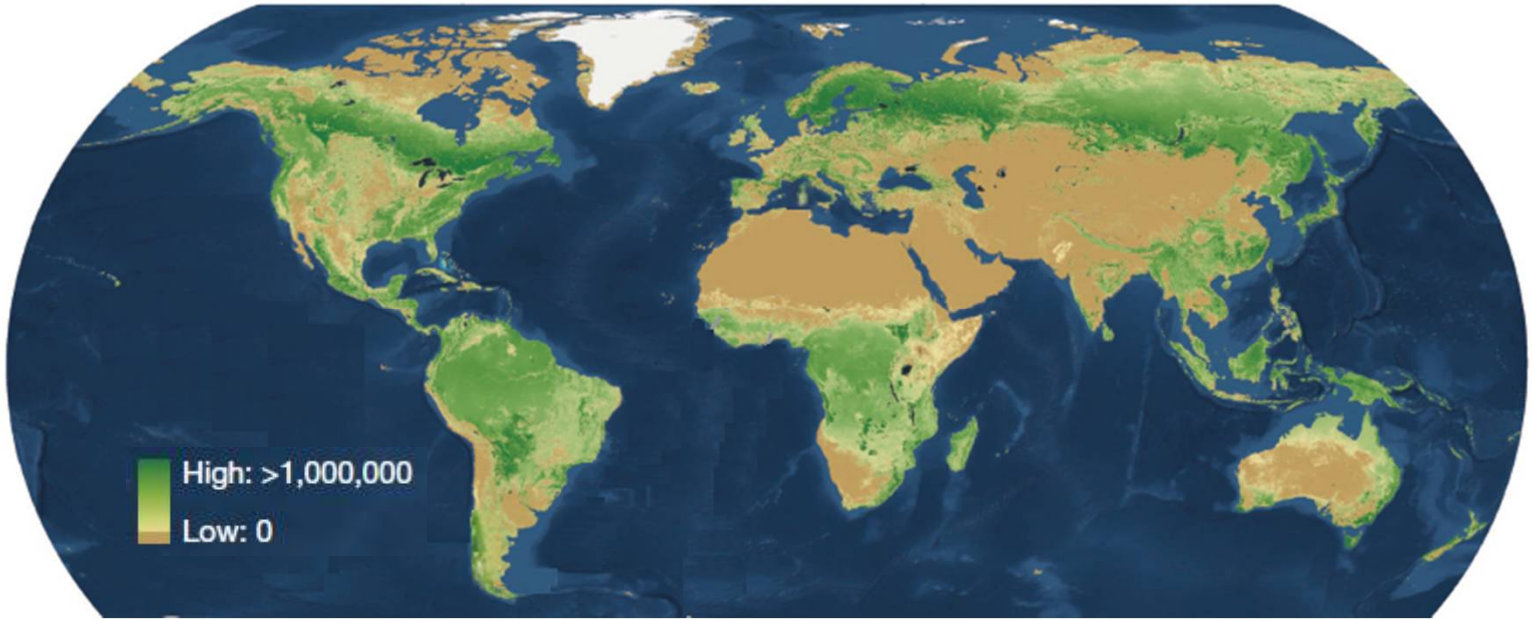
https://www.gotreequotes.com/how-many-trees-in-world/

https://www.nature.com/articles/nature14967

Глобальная карта распределения плотности деревьев

Mapping tree density at a global scale (Nature 2015)

Новое исследование выявило, что существует **3,04 триллиона деревьев — примерно 422 дерева на человека**. Используя комбинацию спутниковых снимков, лесной инвентаризации и суперкомпьютерных технологий, исследователи смогли создать глобальную карту плотности деревьев (масштаб: 1 пиксель = 1 км^2). Оценки плотности включали только деревья, отвечающие критерию: диаметр не меньше 10 см на высоте груди (DBH - diameter at breast height).



The global map of tree density at the 1-km^2 pixel (30 arc-seconds) scale.
The scale refers to the number of trees in each pixel.

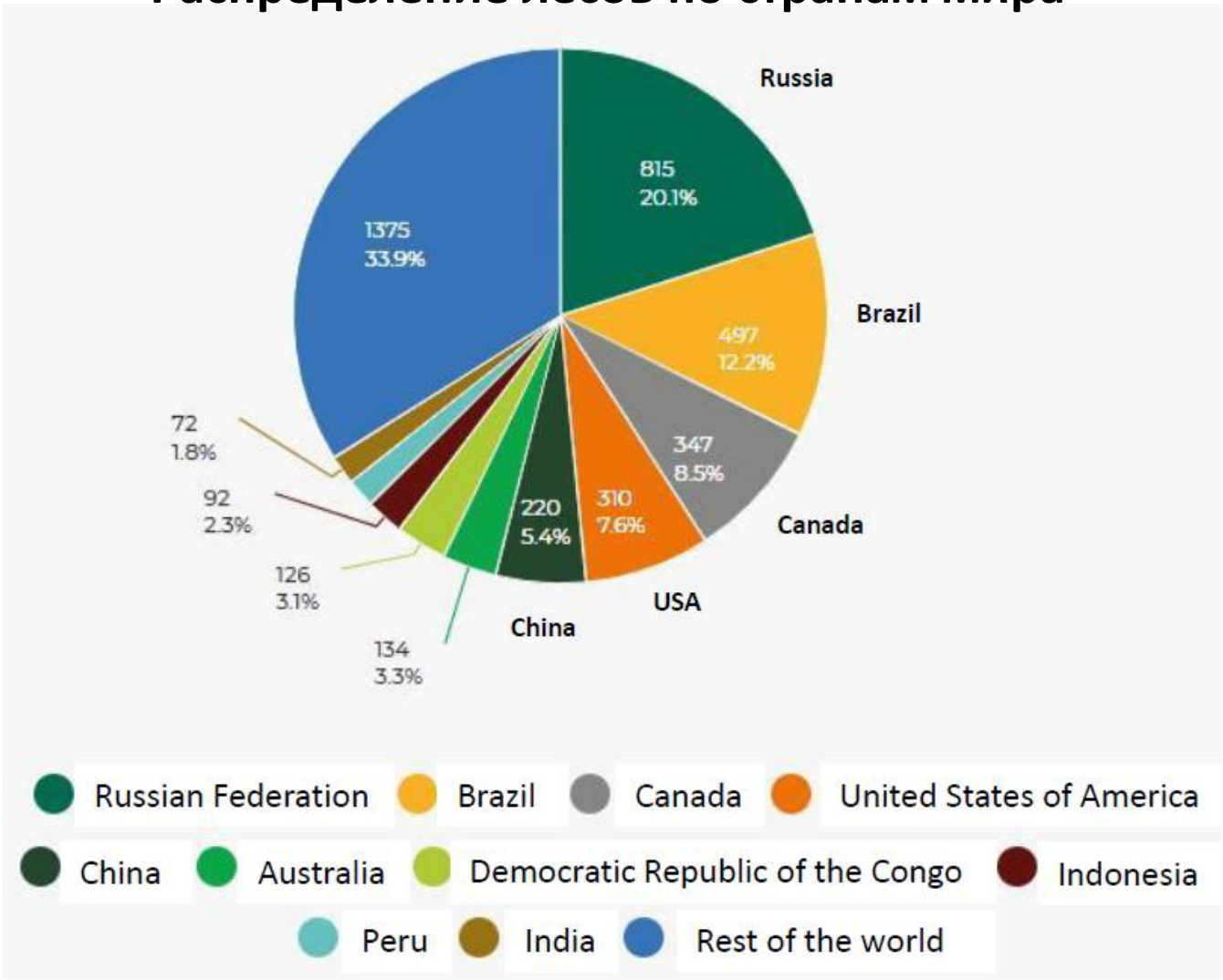
Самая высокая плотность деревьев обнаружена в бореальных лесах субарктических регионов России, Скандинавии и Северной Америки.

Заметим при этом, что в тропиках произрастает около 43% деревьев мира, в бореальных зонах растут 24% деревьев, а еще 22 % — в умеренных зонах.

https://cdanfort.w3.uvm.edu/csc-reading-group/crowther-nature-2015.pdf

https://www.nature.com/articles/nature14967 https://environment.yale.edu/news/article/Yale-study-reveals-there-are-3-trillion-trees-on-earth

Распределение лесов по странам мира

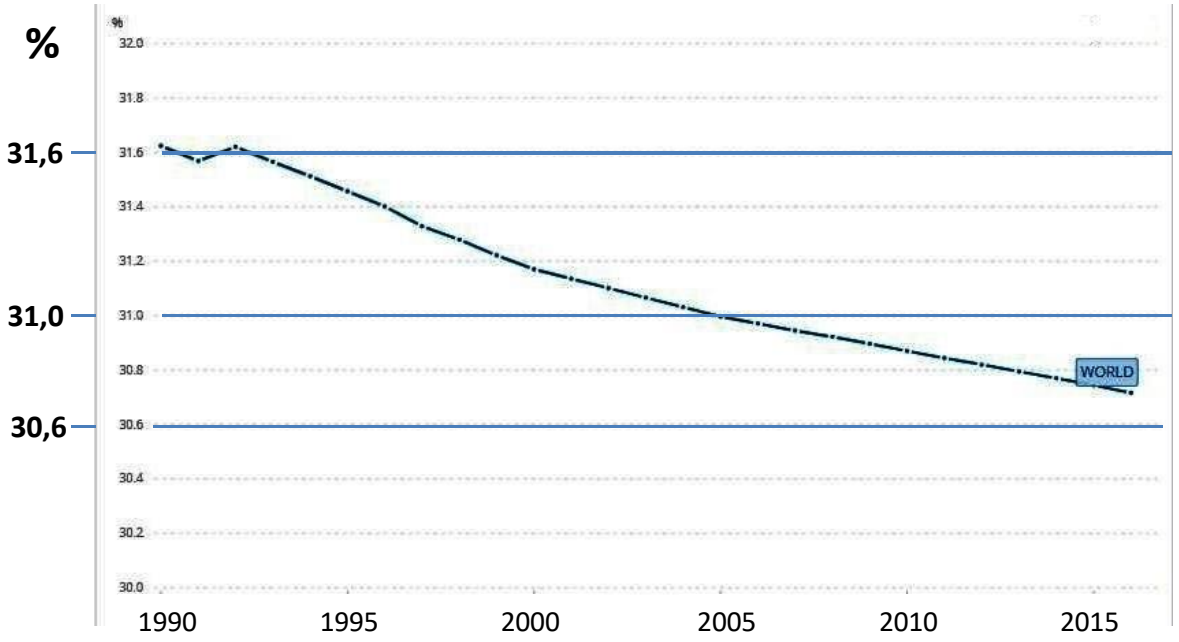


- **Более половины (53,8%) мировых лесов находятся только в пяти странах: Россия, Бразилия, Канада, США и Китай.**
- **Две трети (66%) лесов находятся в первых десяти странах.**
- **В 54 странах леса занимают менее 10% их общей площади.**
- **В 10 странах или регионах нет лесов вообще.**

State of the World's Forests 2020 (fao.org) http://www.fao.org/state-of-forests/en/

Forest area (% of land area) 1990 - 2016

Food and Agriculture Organization, electronic files and web site



- **В 1990 году леса покрывали до 31,6% территории суши или примерно 4 128 млн. га, в 2016 г. этот показатель составил 30,716%.**
- **В мире в 2016г на душу населения приходилось ≈ 0,6 га. леса.**
- **Чистые годовые темпы лесных потерь сократились практически вдвое в период с 2010 по 2015 гг.: с 0,18% в начале 1990-х гг. до 0,08% .**
- **Чистая потеря лесов происходила в основном в тропиках; площадь лесов умеренного пояса несколько возросла.**
- **Показатели потерь лесов являются самыми высокими в странах с низким доходом.**

http://www.fao.org/forestry/28808/en/ https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS http://www.ecolife.ru/zhurnal/articles/40838/ http://search.worldbank.org/

Видовое и генетическое разнообразие лесных древесных пород

Forest species and genetic diversity
The State of the World's Forests 2020
Author: FAO and UNEP
Serial Title: The State of the World's Forests (SOFO)
Series number: 2020
Publisher: FAO and UNEP

- **Оценки 2010 г. общего числа видов на Земле: от 3 до 100 миллионов**
- **Разнообразие лесных пород: всемирная база данных о растениях древесных пород GlobalTreeSearch сообщает о существовании 60 082 видов деревьев.**
- **45% – почти половина всех древесных пород, являются членами всего лишь десяти семейств.**
- **Почти 58% всех древесных пород являются эндемиками одной страны.**

По состоянию на декабрь 2019 года **в Красный список видов, находящихся под угрозой исчезновения** Международного Союза Охраны Природы, МСОП, 2019 (The International Union for Conservation of Nature Red List of Threatened Species, IUCN, 2019), были **включены в общей сложности 20 334 видов деревьев**, **из которых 8 056 были оценены как глобально находящиеся под угрозой исчезновения** ("Threatened Species": "Critically Endangered - Находящиеся на грани полного исчезновения", "Endangered - Исчезающие", "Vulnerable - Уязвимые)").
Более 1 400 видов деревьев находятся под угрозой исчезновения и требуют срочных мер по сохранению.

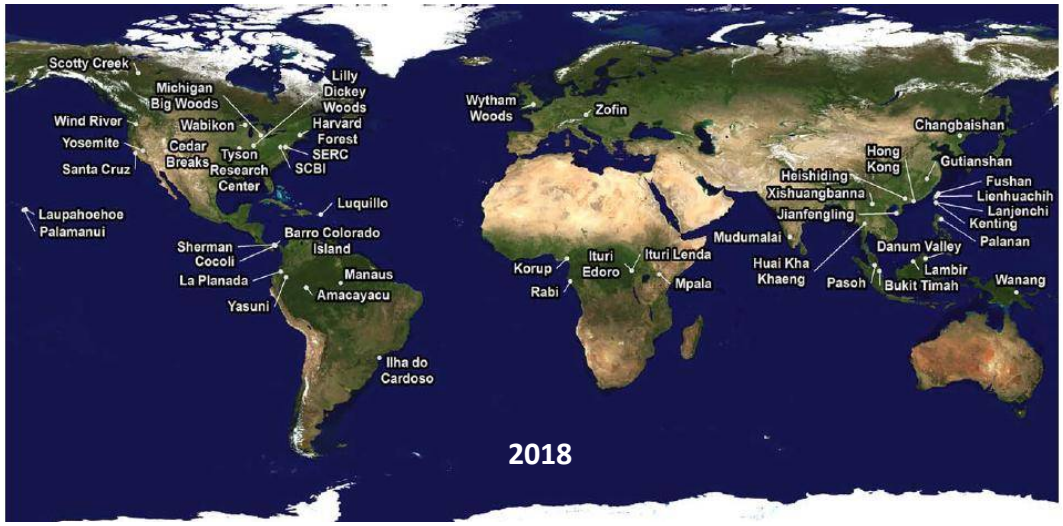
http://www.fao.org/state-of-forests/en/

Лесная биомасса: важнейшая роль крупных деревьев

Global importance of large-diameter trees (published: 2018 Global Ecology and Biogeography))

Половина лесной биомассы содержится в самых крупных деревьях (таких, диаметр которых на уровне груди человека превышает 60 сантиметров). Число таких деревьев составляет 1% - один процент - от общего числа.

Полученные результаты подчеркивают важность крупных деревьев для всех без исключения лесных экосистем. Несмотря на то, что общее число больших деревьев в лесах значительно меньше, чем остальных деревьев, кустарников и небольших растений, именно они представляют наиболее распространенные виды и определяют структуру лесных экосистем, контролируя количество углерода, влаги и солнечного света в разных участках леса.



Международный коллектив из 98 ученых под руководством Джеймса Лутца (James A. Lutz) из Университета штата Юта исследовал 48 крупных лесов по всей планете площадью от 2 до 60 гектаров и оценил распределение биомассы леса между деревьями разного размера. Всего исследовано более 5,6 миллиона деревьев. Эти деревья представляли почти 9,3 тысячи различных видов из 210 семейств.

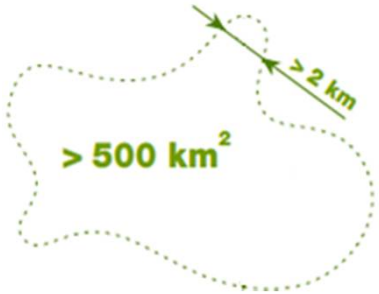
We examined the contribution of large trees to forest density, richness and biomass using a global network of 48 large (from 2 to 60 ha) forest plots representing 5,601,473 stems across 9,298 species and 210 plant families. This contribution was assessed using three metrics: the largest 1% of trees ≥ 1 cm diameter at breast height (DBH), all trees ≥ 60 cm DBH, and those rank-ordered largest trees that cumulatively comprise 50% of forest biomass. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/geb.12747

Размер самых больших деревьев и их общее число в лесу коррелирует с общей биомассой, то есть лес не может запасти большое количество углерода только за счет небольших деревьев. При этом, чем больше живая биомасса леса, тем меньше в нем видовое разнообразие. (**см. сукцессия, п. 13.1**)

https://nplus1.ru/news/2018/05/09/big-trees https://www.fs.fed.us/rm/pubs_journals/2018/rmrs_2018_lutz_j001.pdf

Малонарушенные (нетронутые) лесные территории (МЛТ)

Intact Forest Landscapes (intactforests.org)



Малонарушенная лесная территория (*Intact Forest Landscape* IFL) определяется как целостная территория в пределах лесной зоны не менее 500 км² (50 000 га), при минимальной ширине 10 км (измеряется как диаметр круга, полностью вписанного в границы территории), не имеющие внутри постоянных поселений, действующих транспортных коммуникаций и не затронутые интенсивной хозяйственной деятельностью. МЛТ могут быть образованы самыми разными типами ландшафтов, в том числе нелесными, включая водно-болотные угодья или горные экосистемы.



COMPONENTS OF FOREST LANDSCAPE

МЛТ – это эталоны невозмущенной ("дикой") природы. Составляющие их экосистемы развиваются и сменяются по естественным законам, создавая условия для существования видов флоры и фауны в естественной среде обитания (даже таких требовательных, как крупные хищные животные). Благодаря большим размерам и сложной внутренней организации МЛТ способны существовать неограниченно долго при условии отсутствия катастрофических нарушений. Они вносят неоценимый вклад в обеспечение устойчивости климата на глобальном и региональном уровнях, в частности, обеспечивают континентальный круговорот воды. Площадь МЛТ в 2000 году составила 12,8 млн. км² или 22% площади лесной зоны.

В России 2000-2013 происходило наибольшее сокращение площади МЛТ, в основном в связи с расширением добычи нефти и газа, а также обширными пожарами, вызванными человеком. В Бразилии расширение сельского хозяйства и пастбищ привело к фрагментации МЛТ. В Канаде пожары были ведущей движущей силой, но, в отличие от России, как считают ученые, они случались чаще по естественным причинам (?).

http://advances.sciencemag.org/content/3/1/e1600821.full http://www.intactforests.org/concept.html
http://www.wri.org/blog/2017/01/world%E2%80%99s-last-intact-forests-are-becoming-increasingly-fragmented

В 2020г. не затронутыми влиянием человеческой деятельности остается только около 40 % мирового леса

Индекс целостности лесного ландшафта Forest Landscape Integrity Index (FLII)

На основе объединения данных трех типов антропогенного воздействия 1. наблюдаемом, 2. моделируемом, 3. уровне потери связности лесов, предложен глобальный индекс состояния лесов, определяющий степень антропогенной модификации лесов - "индекс целостности лесного ландшафта" ***Forest Landscape Integrity Index*****.** Ставшие в последние годы доступными спутниковые снимки и новые аналитические подходы способствовали созданию более совершенных карт и развитию мониторинга состояние лесов во всем мире. Данные, полученных с зондов, спутников и современные облачные технологии позволили создать онлайн-карту ***Forest Landscape Integrity Index*****.**

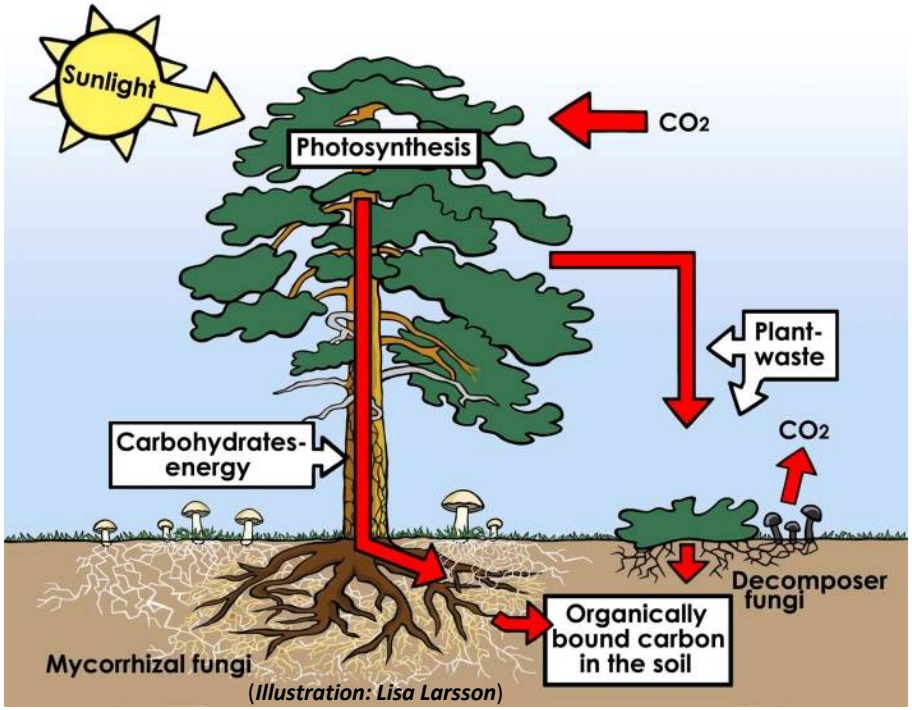


Установлено, что во всем мире только 17,4 млн км^2 лесов (40,5%) имеют высокий уровень целостности лесного ландшафта (в основном в Канаде, России, Амазонии, Центральной Африке и Новой Гвинее), из них только 27% площади находится в национальных охраняемых территориях. При этом на охраняемых территориях только 56% лесов имеют высокую целостность лесного ландшафта.

Nature Communications **2020**

https://www.nature.com/articles/s41467-020-19493-3 https://www.gismeteo.ru/news/nature/lish-40-lesov-v-mire-ne-zatronuto-ljudmi/

Мутуализм растений и грибов — микориза



(*Illustration: Lisa Larsson*)

Корни большинства высших растений по существу представляют собой микоризу, симбиоз мицелия грибов и корней высших растений (микори́за греч. μύκης — гриб и ρίζα — корень, *грибокорень*). Такие взаимоотношения с грибами (микотрофия) свойственны большинству видов наземных сосудистых растений (цветковых, голосеменных, папоротников, хвощей, плаунов)). У древнейших наземных растений еще не было корневых волосков или даже корней, поэтому связь с грибами-мутуалистами существенно облегчила заселение суши растениями.

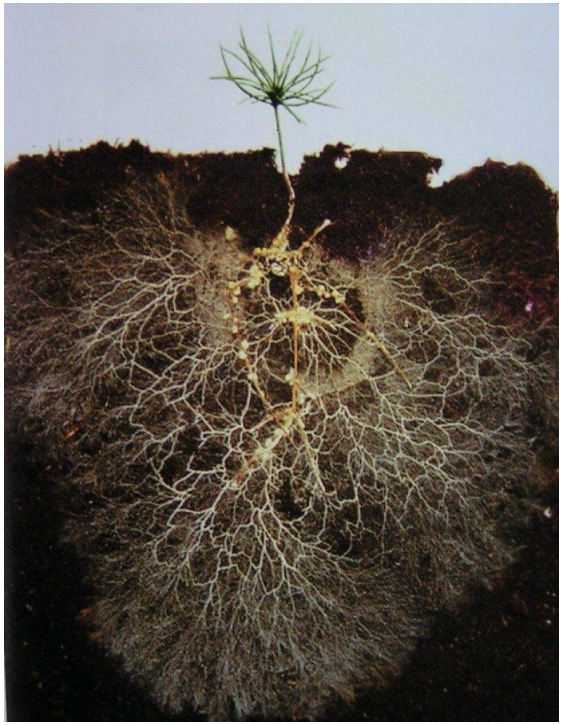
Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова Основы общей экологии. Учебное пособие. М.: Университетская книга**, 2005.**

Грибы получают из корней растений органические вещества (грибы не способны к фотосинтезу), а у растений за счет разветвленных грибных нитей в сотни и тысячи раз увеличивается всасывающая поверхность корней. Некоторые микоризные грибы не просто пассивно всасывают элементы питания из почвы, но одновременно выступают в роли редуцентов и разрушают сложные вещества до более простых, включающихся в круговорот. Кроме того, микоризные грибы, выделяя антибиотики, защищают корни растений от патогенов.

Замечание **Использование растениями микоризных грибов в качестве “посредников” для обеспечения элементами питания и водой сопряжено со значительными затратами продуктов фотосинтеза (1/3 или даже 1/2 валовой первичной продукции).**

Микоризные грибы - природный ключ к выживанию и успеху растений

Mycorrhizal Fungi, Nature's Key to Plant Survival and Success



Большинство наземных растений не могут жить без симбиотических грибов, которые снабжают их необходимыми питательными веществами, в первую очередь фосфатами. На снимке: крошечная лиственница с самого начала своей жизни имеет мощную микоризу. Суммарная длина грибных нитей может на 5 порядков превосходить суммарную длину корней.

https://elementy.ru/genbio/synopsis/202/Rastitelno_mikrobnye_simbiozy_kak_evolyutsionnyy_kontinuum?story=58

https://www.pacifichorticulture.org/articles/mycorrhizal-fungi-natures-key-to-plant-survival-and-success/



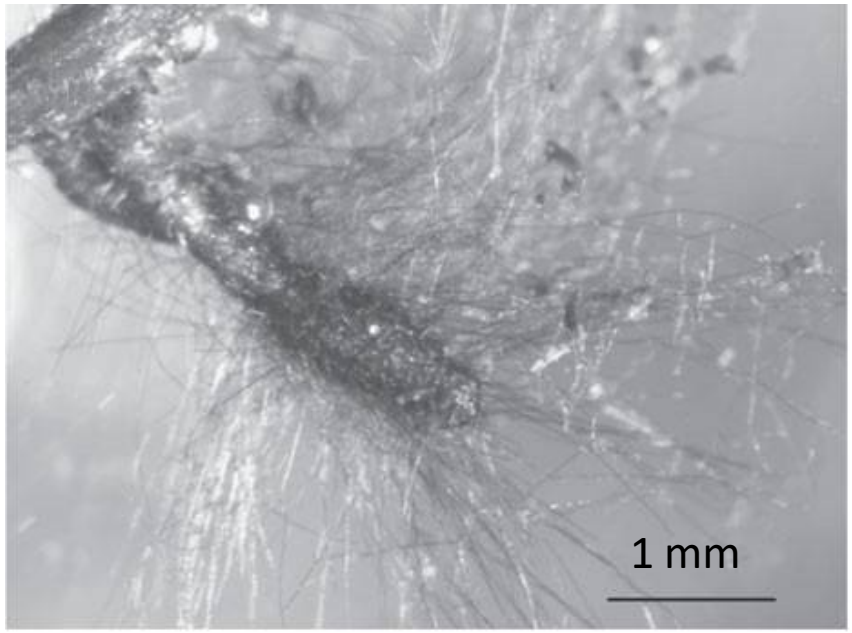
Существует несколько сотен видов микоризных грибов, и все они прекрасно эволюционировали, увеличивая поглотительную способность корневой системы дерева. Небольшой размер, ветвящаяся структура и способность быстро расти, реагируя на конкретные потребности отдельных деревьев, делают эти крошечные грибы невероятными в поиске воды и транспортировке ее к корневой зоне. Они также используют кислотоподобные ферменты для высвобождения необходимых питательных веществ, таких как азот, фосфор и железо, которые связаны в почве.

https://www.cmtrees.com/roots-love-myccorhizae-myccorhizae-love-roots/

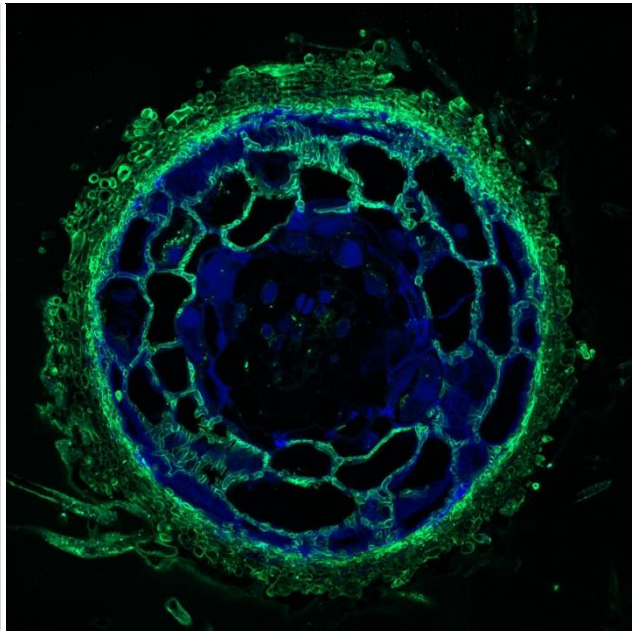
https://www.sciencemag.org/news/2019/05/wood-wide-web-underground-network-microbes-connects-trees-mapped-first-time

Пример: грибы помогают деревьям переносить засуху

Ectomycorrhizal ecology is imprinted in the genome of the dominant symbiotic fungus Cenococcum geophilum (Nature, 2016)



An ectomycorrhizal (ECM) root tip of *C. geophilum-Pinus sylvestris* showing darkly melanized hyphae emanating from the black mantle

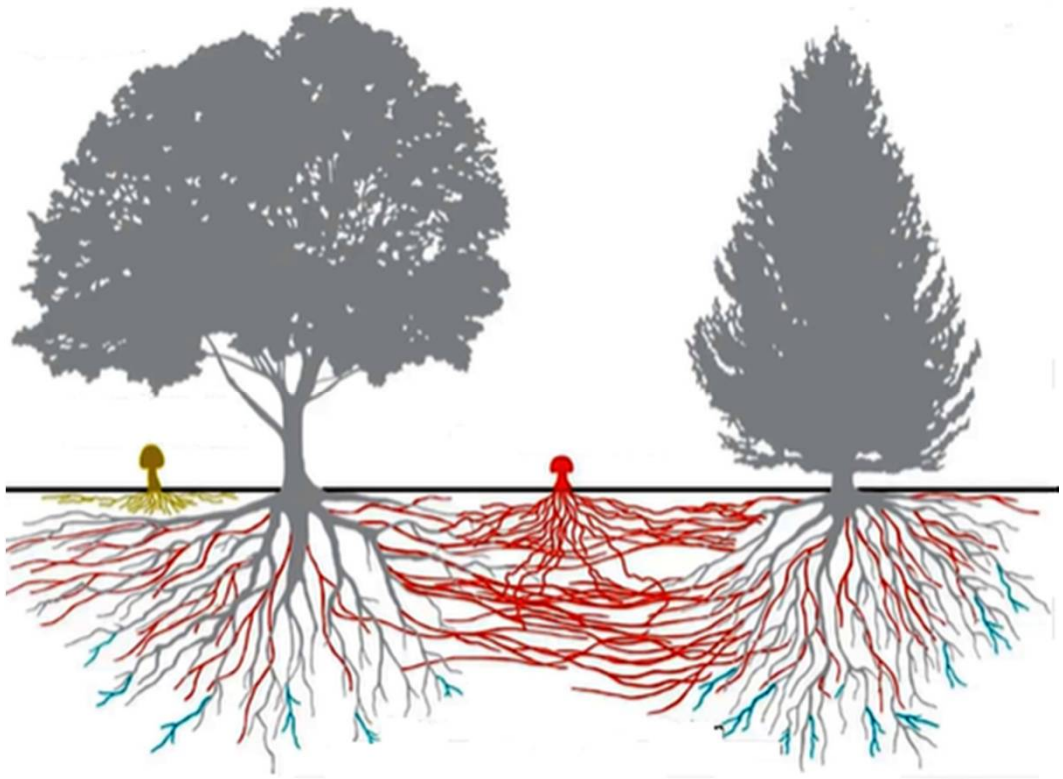


Грибной мицелий (зелёный), окутывающий кончик корня сосны и проникающий в промежутки между корневыми клетками.

Один из самых распространённых микоризных грибов – *Cenococcum geophilum* можно найти в разных географических зонах, от Арктики до субтропиков, но особенно часто он встречается в микоризе у тех растений, которым приходится выживать в экстремальных условиях. У этого гриба чрезвычайно активны гены, кодирующие белки, которые встраиваются в клеточную мембрану и помогают перекачивать в клетку воду, что особенно важно в условиях засухи.

https://www.nature.com/articles/ncomms12662#Sec28 https://www.nkj.ru/news/29526/

Всемирная лесная паутина



The Wood Wide Web

A vital partnership: Most land plants team with mycorrhizal fungi to survive

This ancient partnership has helped both plants and fungi thrive over much of Earth. Fungi receive carbon that plants fix through photosynthesis, while plants gain access to nutrients and water. Mycorrhizal fungi give plants up to 80% of the phosphorus they need. In return, the fungi get up to 20% of the carbon that plants fix into the soil.

https://www.science.org/content/article/myconauts-aim-reveal-often-hidden-soil-fungi-shape-ecosystems

Под каждым деревом в лесу и лесом в целом находится сложная подземная сеть, соединяющая деревья друг с другом. Эту подземную сеть, возраст которой почти 500 миллионов лет, можно назвать "wood wide web" - по аналогии с world wide web. Миллионы видов грибов и бактерий обмениваются питательными веществами с корнями деревьев, образуя обширную, взаимосвязанную сеть организмов по всему лесу.

В настоящее время впервые создана карта этой “Всемирной лесной паутины” в глобальном масштабе, использующая базу данных о более чем 28 000 видов деревьев, обитающих в более чем 70 странах.

https://www.pacifichorticulture.org/articles/insights-into-the-wood-wide-web https://www.bbc.com/news/science-environment-48257315
https://www.sciencemag.org/news/2019/05/wood-wide-web-underground-network-microbes-connects-trees-mapped-first-time http://www.swissbiofarmer.com/blog/2016/6/20/thewoodwideweb https://www.nature.com/articles/s41586-019-1128-0

Две основные группы микоризных грибов

Существуют две основные группы микоризных грибов: эктомикоризные грибы (ЭМ), которые окружают корни дерева, не проникая внутрь клетки корня, и арбускулярные грибы (АМ), которые проникают в клетки корня растений-хозяев.

ЭМ грибы в основном присутствуют в умеренных и бореальных зонах, они активно способствуют связыванию углерода из атмосферы и при этом более уязвимы к изменению климата.

АМ грибы, преобладающие в тропиках, способствуют более быстрому обороту углерода. *Nature* **volume 569**, pages404–408 (**2019**)

Показано, что в целом 60% деревьев связаны с ЭМ грибами, однако с потеплением климата эти грибы - и связанные с ними виды деревьев - будут сокращаться и заменяться грибами АМ. Таким образом типы грибов, которые поддерживают огромные запасы углерода в почве, заменяются теми, которые "выбрасывают" углерод в атмосферу. Эта обратная связь потенциально может ускорить изменение климата.

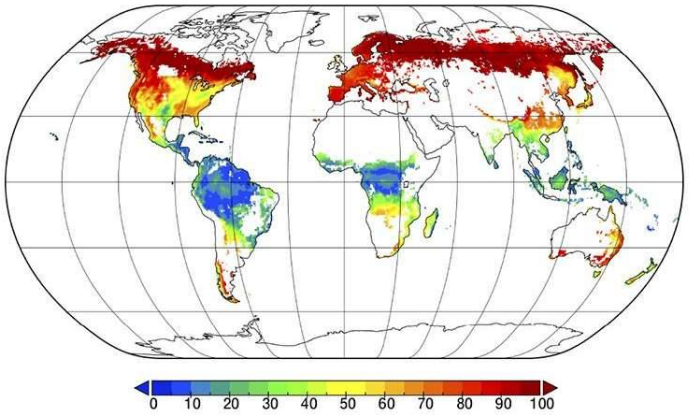
Mycorrhizal fungi are those that form a symbiotic relationship with plants.
There are two main groups of mycorrhizal fungi: arbuscular fungi (AM) that penetrate the hosts's roots, and ectomycorrhizal fungi (EM) which surround the tree's roots without penetrating them.
EM fungi, mostly present in temperate and boreal systems, help lock up more carbon from the atmosphere. They are more vulnerable to climate change.
AM fungi, more dominant in the tropics, promote fast carbon cycling. According to the research, 60% of trees are connected to EM fungi, but, as temperatures rise, these fungi - and their associated tree species - will decline and be replaced by AM fungi. "The types of fungi that support huge carbon stores in the soil are being lost and are being replaced by the ones that spew out carbon in to the atmosphere." This could potentially accelerate climate change.

https://www.nature.com/articles/s41586-019-1128-0 https://phys.org/news/2019-05-symbiotic-relationships-trees-microbes-worldwide.html

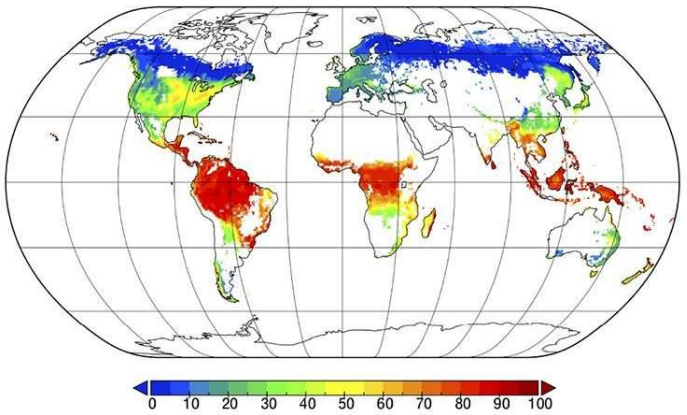
The underground network that connects trees — mapped for first time

В переплетенных корнях деревьев и вокруг них обитают симбионты деревьев – грибы и бактерии. Составлена карта наиболее распространенных из этих симбиотических связей, охватывающих более 1,1 миллиона лесных участков и 28 000 видов деревьев. Исследование помогает понять, как симбиотические партнерства структурируют леса мира и как они могут пострадать от изменения климата.

Stanford University researchers worked alongside a team of over 200 scientists to generate these maps, published May 16, 2019 in *Nature*. From the work, they revealed a new biological rule, which the team named Read's Rule after pioneer in symbiosis research Sir David Read:



Percent biomass of trees associated with ectomycorrhizal fungi



Percent biomass of trees associated with arbuscular mycorrhizal fungi

Эктомикоризный симбиоз (ЭМ) преобладает в лесах, где сезонно холодный и сухой климат препятствует разложению органики, он является преобладающей формой симбиоза в высоких широтах и на возвышенностях. Арбускулярные микоризные (АМ) деревья преобладают в постоянно теплых тропических лесах и встречаются наряду с эктомикоризными деревьями в умеренных биомах, в которых сезонно теплый и влажный климат усиливает разложение. С эктомикоризными грибами (ЭМ) связаны 60% деревьев. По мере повышения температуры эти грибы - и связанные с ними виды деревьев - будут сокращаться и заменяться арбускулярными (АМ) микоризными грибами. ЭМ-грибы поддерживают огромные запасы углерода, переход к АМ-грибам может увеличить выброс углерода в атмосферу. *Nature* **volume 569**, pages404–408 (**2019**)

https://phys.org/news/2019-05-symbiotic-relationships-trees-microbes-worldwide.html

https://ru.wikibrief.org/wiki/Thomas_Crowther_(ecologist)

Биогенные летучие органические соединения

Biogenic volatile organic compounds (BVOCs) Published29 July **2019**

Биогенные летучие органические соединения в лесах выполняют множество функций в различных масштабах, и очевидно, что из-за огромного разнообразия первичных BVOCs и продуктов их реакций мы понимаем лишь незначительную часть их роли в функционировании лесных экосистем. Растения сталкиваются с разнообразными метаболическими и физиологическими проблемами, которые могут накапливаться при быстром изменении климата. Было показано, что терпеноидные вторичные соединения играют важную защитную роль в выживании деревьев и в различных экосистемных взаимодействиях, включая крупномасштабные экосистемные и биосферно-атмосферные обратные связи, такие как роль BVOCs в контроле атмосферных осадков. Известно, как травоядные насекомые и их естественные враги воспринимают молекулярные сигналы BVOC, однако не до конца исследовано, как другие растения воспринимают сигналы “крик о помощи”, испускаемые атакованными растениями. Предполагается, что когда молекулярная основа передачи сигналов между растениями будет раскрыта, это откроет возможности для контроля стресса деревьев, вызванного экстремальными погодными условиями, связанными с изменением климата, атаками травоядных и патогенов и лесохозяйственной деятельностью.

https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-019-01213-2#Fig1

A large source of low-volatility secondary organic aerosol 2014

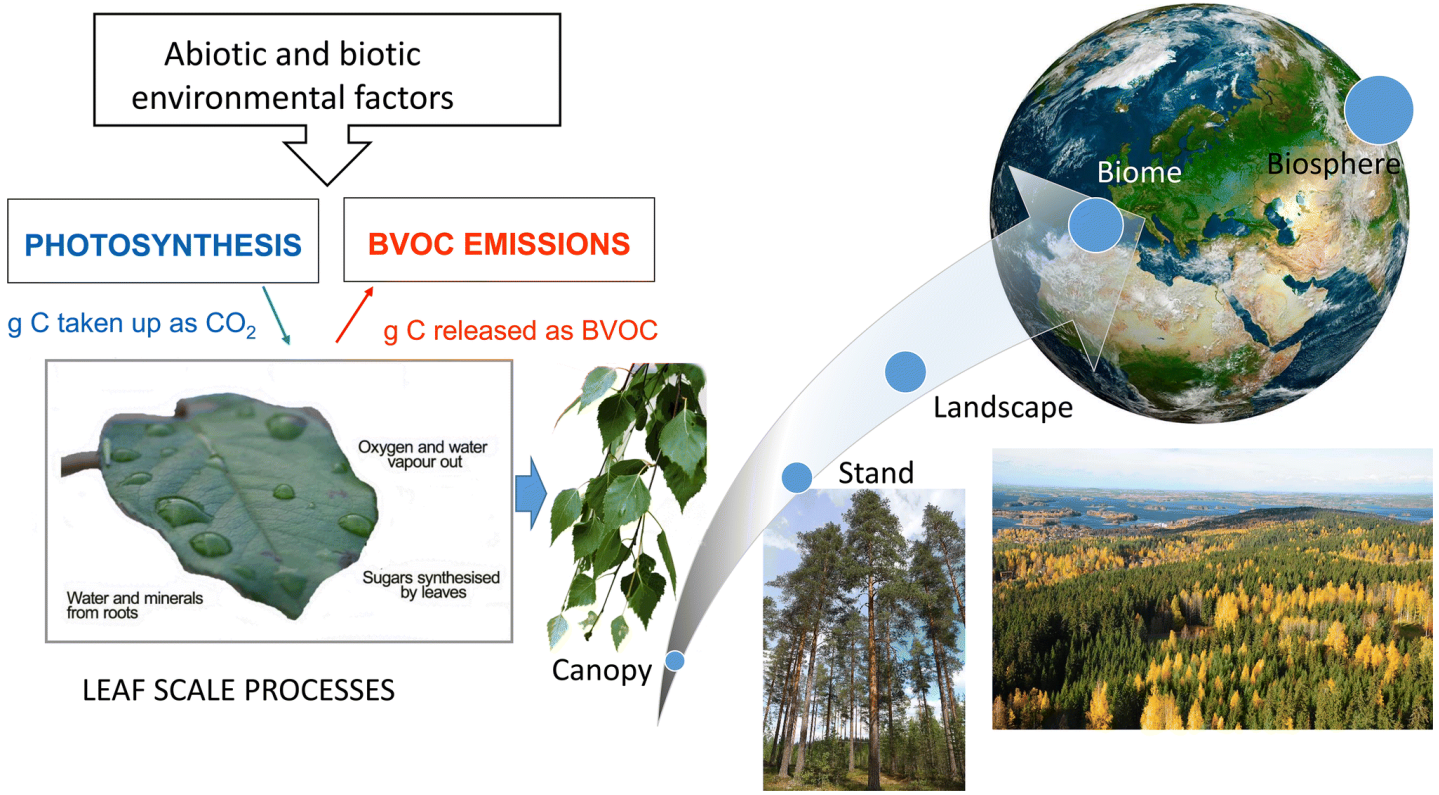
Forests emit large quantities of volatile organic compounds (VOCs) to the atmosphere. Their condensable oxidation products can form ***secondary organic aerosol***, a significant and ubiquitous component of atmospheric aerosol, which is known to affect the Earth’s radiation balance by scattering solar radiation and by acting as cloud condensation nuclei. The quantitative assessment of such climate effects remains hampered by a number of factors, including an incomplete understanding of how biogenic VOCs contribute to the formation of atmospheric secondary organic aerosol. The growth of newly formed particles from sizes of less than three nanometres up to the sizes of cloud condensation nuclei (about one hundred nanometres) in many continental ecosystems requires abundant, essentially nonvolatile organic vapours , but the sources and compositions of such vapours remain unknown.

https://www.researchgate.net/requests/r110921054 https://www.nature.com/articles/d41586-022-00934-6

Исследование функций биогенных летучих органических соединений в умеренных и бореальных лесах

Biogenic volatile organic compounds (BVOCs)

Unravelling the functions of biogenic volatiles in boreal and temperate forest ecosystems



BVOCs в экосистемах умеренных и бореальных лесов, от листьев до полога леса и от древостоя, лесной почвы до уровня ландшафта и атмосферы

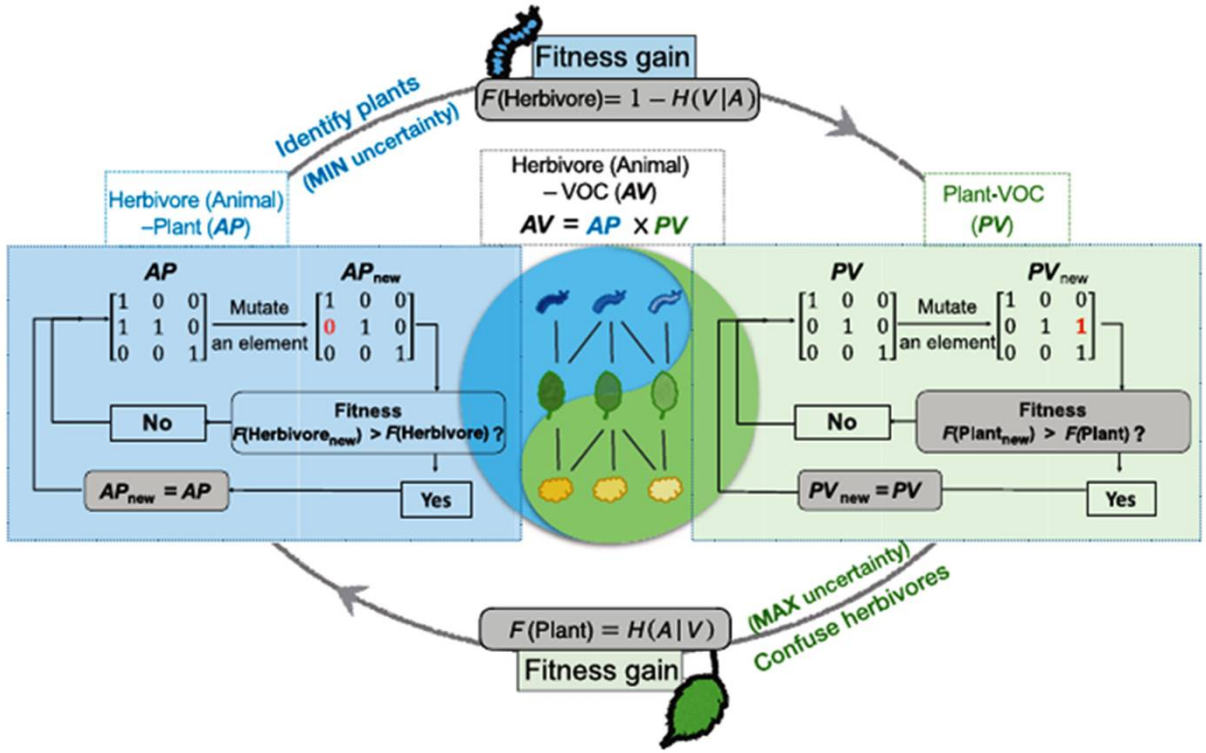
Деревья используют эмиссии BVOC для внутренней коммуникации – передачи сигнала внутри одного дерева, связей в популяции деревьев и коммуникации на уровне всего сообщества.

https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-019-01213-2#Fig1

Пример

Теория информации объяснила “гонку вооружений” насекомых и растений

Information arms race explains plant-herbivore chemical communication in ecological communities



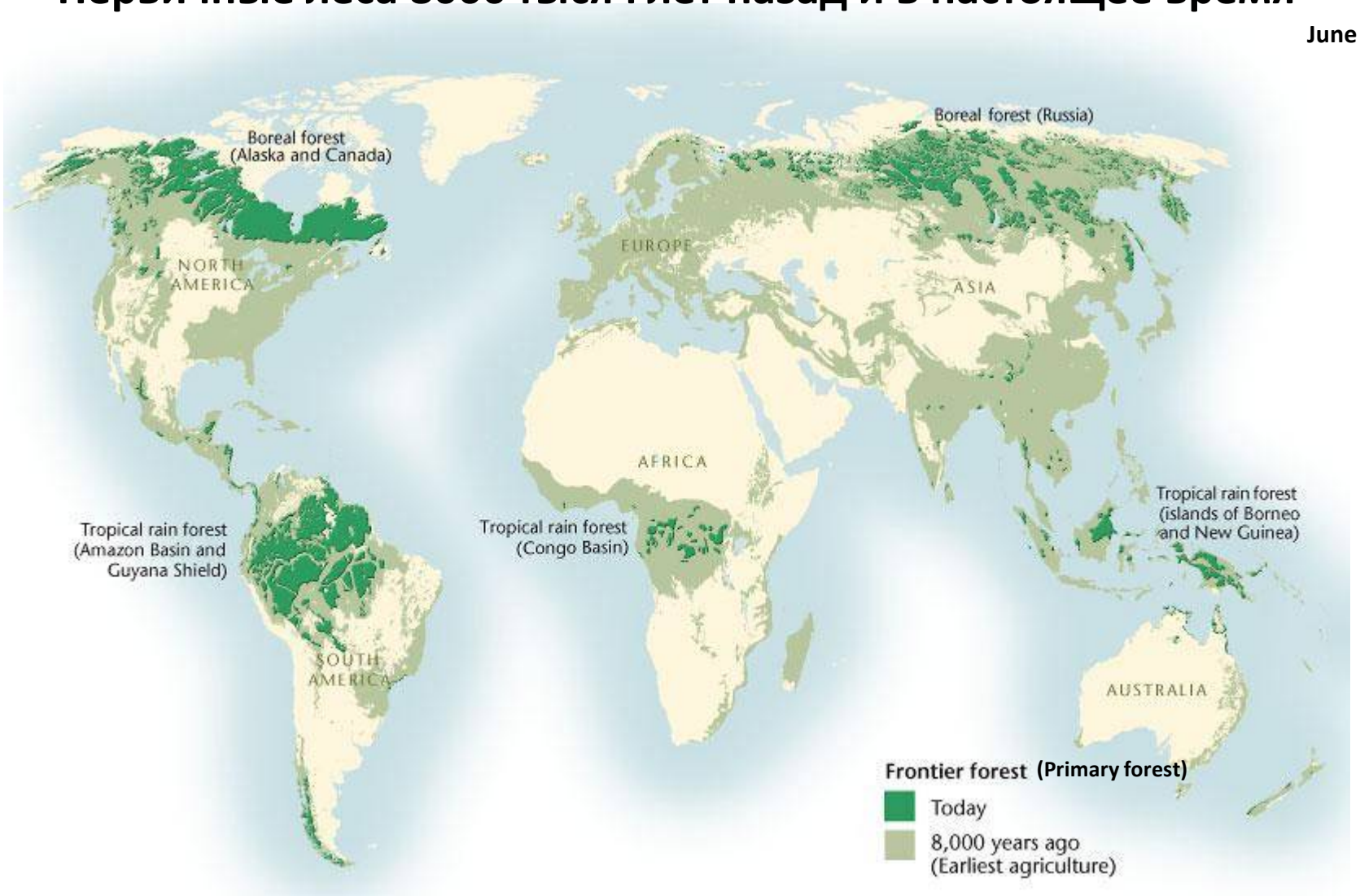
Взаимодействия растений и гусениц с точки зрения теории информации.

Мутации закрепляются у растений, если они повышают неоднозначность сигналов, которые те посылают насекомым с помощью ЛОС (летучих органическихсоединений), а у насекомых закрепление мутаций происходит, если те позволяют им снизить неоднозначность данных, воспринимаемых от растений. AP — матрицы взаимодействия гусениц с растениями, PV — матрицы связи растений и их летучих органических веществ. Pengjuan Zu et al. / Science, 2020

https://www.science.org/doi/10.1126/science.aba2965

Первичные леса 8000 тысяч лет назад и в настоящее время

June 2, 2008



Map created from observations of the Dutch-Finnish OMI Instrument on NASA’s EOS-Aura satellite

Девственные леса (коренные, первобытные, малонарушенные леса) – обширные первичные леса, практически нетронутые лесные экосистемы. Они должны быть достаточно велики для того, чтобы поддерживать жизнеспособность популяций всех видов, связанных с этими лесами, даже в случае значительных стихийных бедствий (редких событий, какие могут случаться примерно раз в столетие).

https://www.canadiangeographic.ca/article/last-stands-mapping-worlds-shrinking-forests

До промышленной революции уничтожено ≈ 50% лесов; еще ≈ 10% - за последние 200 –300 лет; по разным оценкам темп сокращения лесов составляет ≈ 0,2-1% в год. Чистые потери с вычетом лесовосстановления на ранее вырубленных территориях: 1990 – 2000 ~ 15 га мин$^{-1}$ 2000 – 2010 ~ 10 га мин$^{-1}$ (FAO, 2011)



Скорость сведения лесов ≈ скорости опустынивания



В 2020 г. леса покрывали ~31% площади суши, общая площадь лесов составляла 4,06 миллиарда гектаров, или примерно 5000 м^2 (50 х 100 м) на человека (The State of the World's Forest 2020).

Анализ свидетельствует о постоянно высоких потерях лесов в 2021 году: тропики потеряли 11,1 млн. га древесного покрова, в том числе 3,75 млн. га в первичных тропических лесах (темп потерь — площадь 10 футбольных полей в минуту).

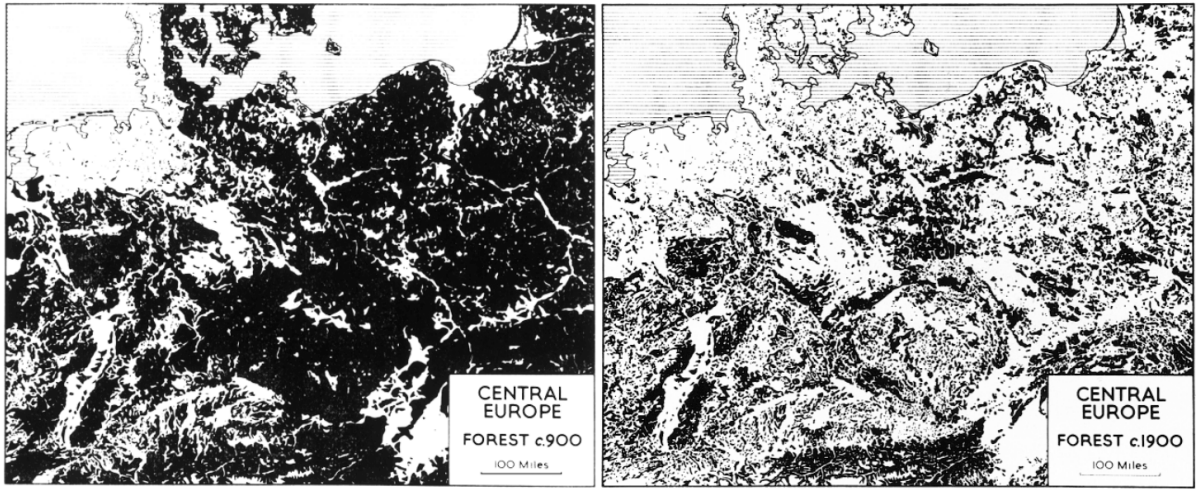
В 2021 году бореальные леса, в основном в России, испытали беспрецедентную потери, главным образом, из-за пожаров. (Global Forest Watch).

https://www.globalforestwatch.org

http://rainforests.mongabay.com/general_tables.htm http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca8642en http://www.ijsrp.org/research-paper-0321.php?rp=P11111055

История лесов Европы

В средние века началось уничтожение лесных массивов Европы, которые образовывали почти непрерывную зону. Это было связано с быстрым распространением технологий хлебопашества и скотоводства с юга континента на север и восток. Карл Великий (742-814) издал указ, который жаловал участок леса под распашку каждому, кто выкорчует на этом участке лес и начнет выращивать сельскохозяйственную продукцию. В период его правления 40% всей территории Франции были распаханы. Время с X по XIII век называют в Европе *Великим корчеванием* или *Великой распашкой*. Уже в XVI веке стала ощущаться нехватка древесины, особенно с развитием металлургии и кузнечного дела, где широко использовался древесный уголь, а также в связи с кораблестроением. Сельскохозяйственные технологии за 2000 лет превратили Европу (за пределами России) в зону преимущественно распаханных земель, пастбищ, осушенных болот, живых изгородей и рощ с кое-где сохранившимися (преимущественно в горах) участками леса.

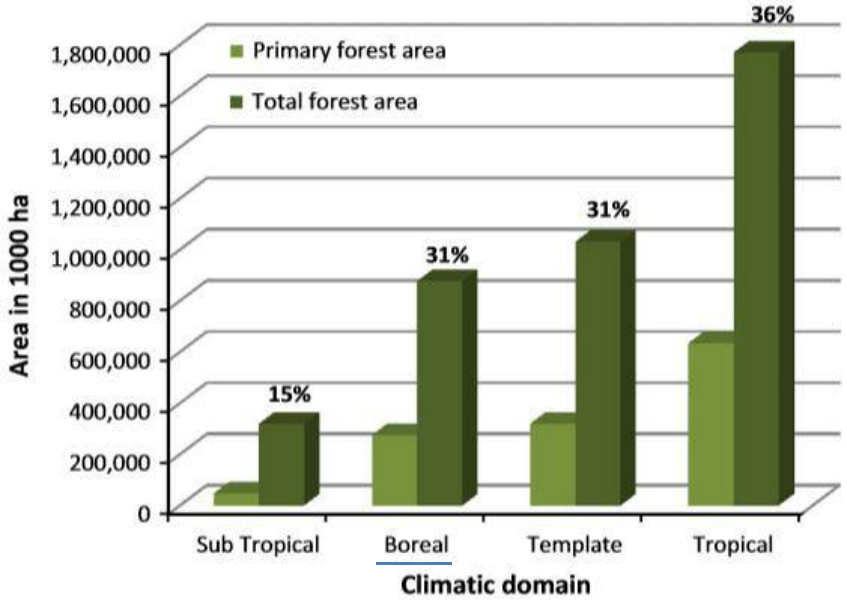


В Европе в доземледельческий период лесами было покрыто 80–90% территории. Сейчас ≈30%. В настоящее время площадь лесов в Европе даже растет (пример - Германия), однако площадь пораженных болезнями лесов ≈ 38% от всех лесов Европы.

http://www.nkj.ru/archive/articles/1680/

Соотношение общей площади лесов и площади первичных лесов по климатическим зонам мира в 2015 году

Forest Resources Assessment FRA



общая площадь лесов

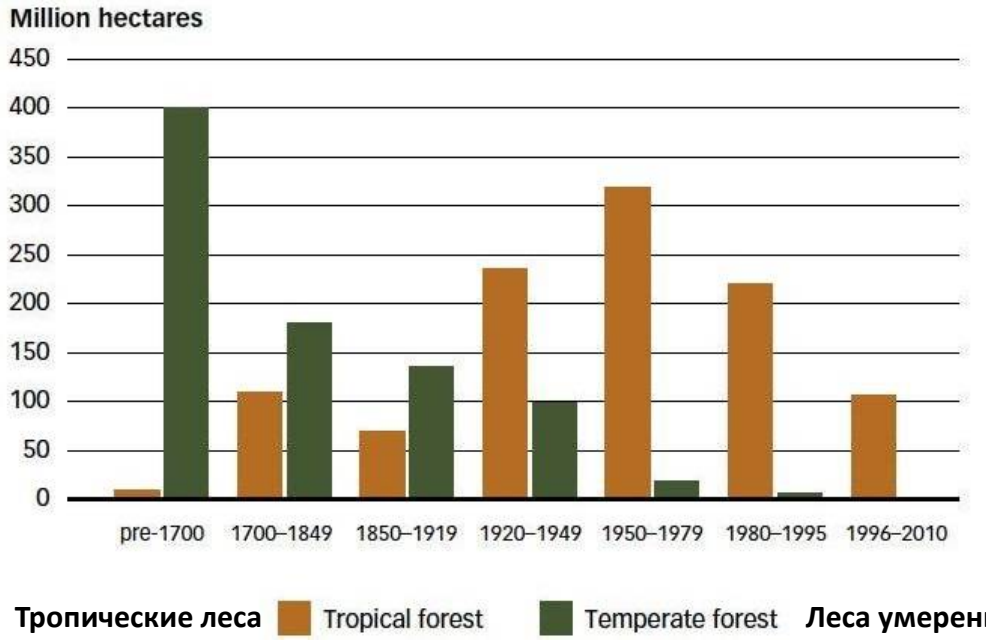
площадь первичных лесов

Total and primary forest area and percentage of primary forest by climatic domain reported for all countries in year 2015 to FRA.

Первичный лес **(первобытный лес, реликтовый лес, пуща) — тип древнего девственного леса, не затронутого человеческой деятельностью и сохраняющегося на протяжении длительного времени. Характеризуется наличием крупных как живых, так и отмерших деревьев, повышенной затенённостью, разными возрастными уровнями растительности и несколькими горизонтальными уровнями вегетации.**
Вторичный лес **— лес, заново появившийся на месте первичного леса, уничтоженного сильным стихийным бедствием или деятельностью человека.**
В зависимости от состава лес может восстановить характеристики первичного через одно-два поколения деревьев, что может составить 150—500 лет.
Крупнейшим первичным лесом в Европе являются девственные леса площадью 32600 км², расположенные на территории России (Республика Коми).

http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/669813 www.fao.org/forestry/fra http://www.journals.elsevier.com/forest-ecology-and-management

Динамика сведения лесов (обезлесение): леса умеренного пояса и тропические леса



До начала двадцатого века самые высокие темпы обезлесения были в умеренных лесах в Азии, Европе и Северной Америке. Расширение сельскохозяйственного производства стало причиной большей части вырубки лесов, однако одним из факторов, способствовавших этому, стало экономическое развитие и связанное с этим использование лесов (зачастую невосстановимое) в качестве сырья и топлива.

Эта картина изменилась в течение двадцатого века (в Европе - даже раньше), и к середине столетия обезлесение по существу остановилось в умеренных лесах мира. По мере того как обезлесение замедлилось в умеренной зоне, оно резко увеличилось в тропических лесах мира и остается высоким, в основном из-за хозяйственной деятельности.

Причины (факторы) обезлесения: коммерческие лесозаготовки, расчистка территорий для сельского хозяйства, дорог и железных дорог, лесные пожары, добыча полезных ископаемых и бурение, заготовки древесины на топливо и формирование жилого пространства тесно связаны с обезлесением.

http://rainforests.mongabay.com/general_tables.htm

We Lost a Football Pitch of Primary Rainforest Every 6 Seconds in 2019 for the entire year

Mikaela Weisse and Elizabeth Dow Goldman - June 02, **2020**

В 2019 году тропики потеряли 11,9 млн. гектаров древесного покрова (University of Maryland, Global Forest Watch). Почти треть, 3,8 млн. гектаров, пришлась на девственные влажные тропические леса – зрелые тропические леса, которые особенно важны с точки зрения биоразнообразия и депонирования углерода.



Tropical Primary Forest Loss, 2002 – 2019 (million hectares)

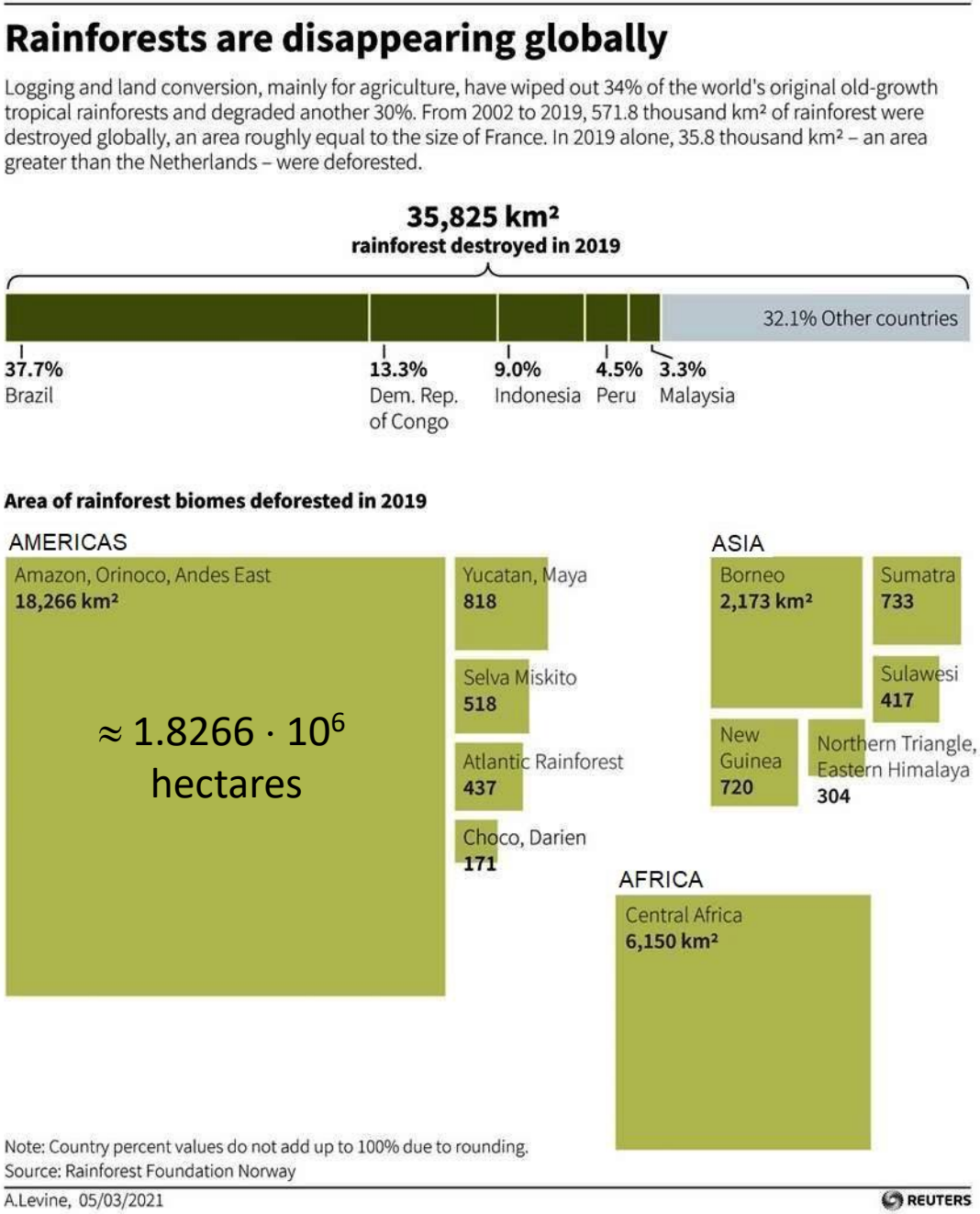
Most of the 2018 loss (1.3m hectares) is clearcutting in the Amazon



$1km^2 = 10^2$ ha

https://www.wri.org/blog/2020/06/global-tree-cover-loss-data-2019

Two-thirds of tropical rainforest destroyed or degraded globally, NGO says



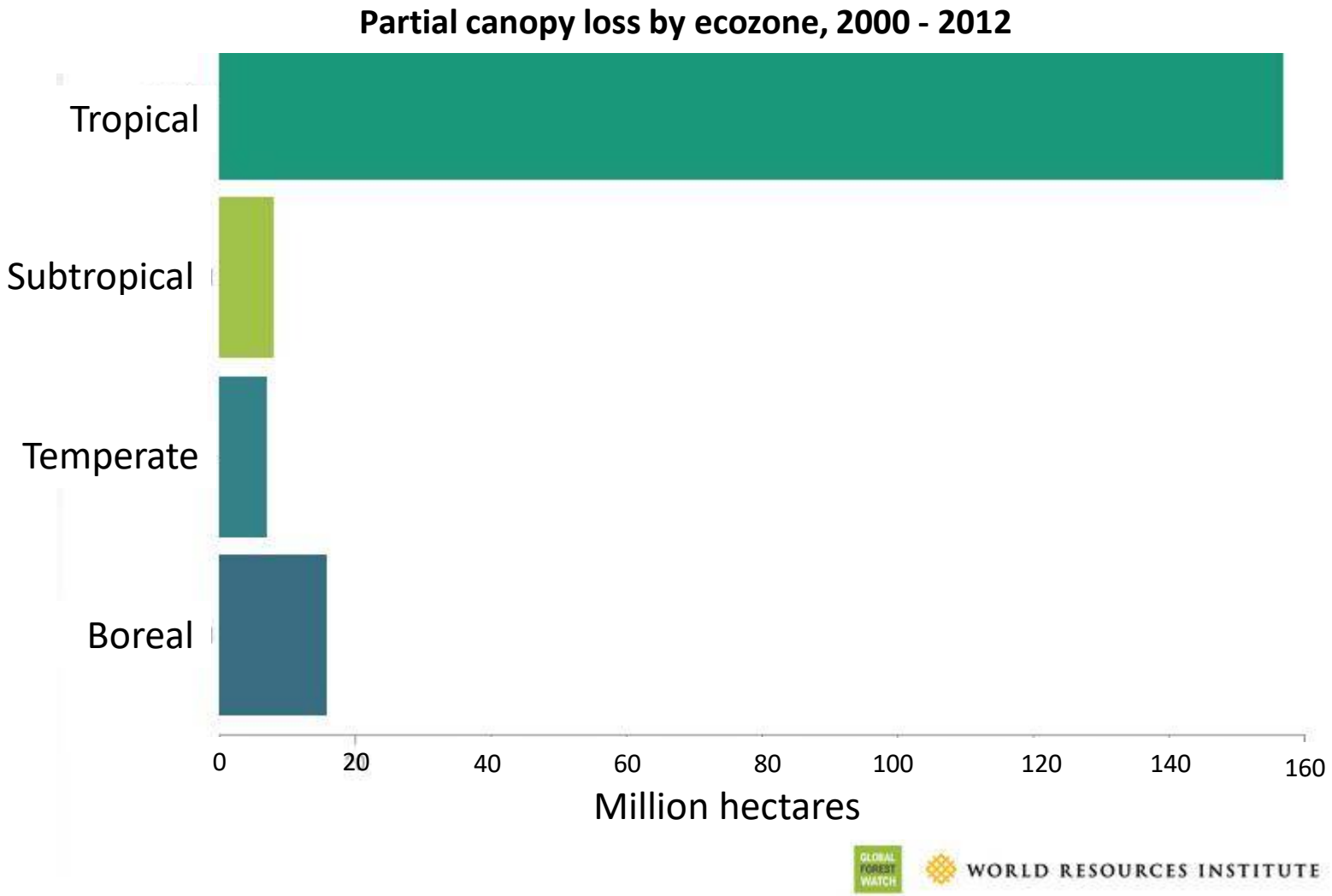
БРАЗИЛИЯ (Рейтер) Примерно две трети первоначального покрова тропических лесов в мире было уничтожено или деградировало в результате человеческой деятельности. Это вызывает тревогу, поскольку ключевой естественный буфер против изменения климата быстро исчезает.

Согласно анализу, проведенному некоммерческой организацией Rainforest Foundation Norway, лесозаготовки и переустройство земель, в основном для нужд сельского хозяйства, уничтожили 34% первоначальных старовозрастных тропических лесов мира и привели к деградации еще 30%, сделав их более уязвимыми для пожаров и будущих разрушений. Более половины таких разрушительных явлений с 2002 года приходится на бассейн Амазонки и граничащие с ним тропические леса в Южной Америке.

Environment, March 8, 2021

https://www.reuters.com/article/us-climate-change-forests-idUSKBN2B00U2

Распределение потерь лесов по климатическим зонам 2000 – 2012 годы



https://research.wri.org/gfr/forest-extent-indicators/forest-loss#how-much-tree-cover-is-lost-in-tropical-versus-temperate-and-boreal-forests

New data show <u>10% increase in primary tropical forest loss in 2022</u>



Globally, the tropics lost 4.1 million hectares of primary forest in 2022, 10% more than in 2021.

These losses occurred despite the pledges of 145 countries at COP26 in 2021 to increase efforts to reduce deforestation and halt it by 2030; the new data, from the University of Maryland, puts the world far off track for meeting the goal of zero deforestation.

COP stands for Conference of the Parties, and the summit was attended by the countries that signed the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) – a treaty that came into force in 1994. This was the 26th COP summit and was hosted in partnership between the UK and Italy.

https://news.mongabay.com/2023/06/new-data-show-10-increase-in-primary-tropical-forest-loss-in-2022/

В 2022 году потеря девственных тропических лесов усилилась, несмотря на международные обязательства положить конец вырубке лесов

Rainforest destruction soared in 2022 despite global pledges to halt deforestation, new report finds (Forest Pulse: The Latest on the World's Forests). The Forest Pulse draws on the most recent data and analysis to reveal the latest trends in global forest loss and deforestation.

https://edition.cnn.com/2023/06/27/world/rainforest-deforestation-brazil-climate-intl/index.html

Brazilian Amazon sees highest rate of non-fire-related loss since 2005

В Бразилии темпы исчезновения девственных лесов увеличились на 15% с 2021 по 2022 год, при этом подавляющее большинство потерь девственных лесов происходит в бассейне Амазонки. Потери, не связанные с пожарами, которые в бразильской Амазонии чаще всего происходят из-за сплошной вырубки лесов, достигли самого высокого уровня с 2005 года.

Бразилия остается страной с наибольшей потерей девственных тропических лесов — в 2022 году на ее долю пришлось 43% общемирового показателя. Потеря лесов в Амазонии влияет на количество осадков в регионе и может в конечном итоге привести к «переломному моменту», после которого большая часть экосистемы превратится в саванну.

Потеря 1,8 миллиона гектаров первичных лесов привела к выбросам углекислого газа в размере 1,2 Гт, что в 2,5 раза превышает ежегодные выбросы Бразилии от ископаемого топлива. В Бразилии исчезновение первичных лесов ускорилось в Западной Амазонии. В штатах Амазонас и Акри в 2022 году наблюдался один из самых высоких уровней исчезновения девственных лесов за всю историю наблюдений. В штате Амазонас, где находится более половины нетронутых лесов Бразилии, всего за три года темпы исчезновения девственных лесов почти удвоились. Главные потери лесов в этой части бразильской Амазонки — это в основном крупномасштабные вырубки под пастбища для скота вдоль существующих автомагистралей.

https://research.wri.org/gfr/latest-analysis-deforestation-trends

https://research.wri.org/gfr/latest-analysis-deforestation-trends?utm_campaign=treecoverloss2022&utm_medium=bitly&utm_source=PressKit

Систематизация основных причин потерь лесов в мире

Classifying drivers of global forest loss

Пять главных факторов, которые в наибольшей степени обусловили валовые глобальные *потери* древесного покрова в 2001 - 2015 годы

Five drivers most dominantly associated with gross global tree cover loss between 2001-2015

~27% – (***commodity-driven deforestation*)** вырубка лесов для расширения производства товаров, таких как пальмовое масло, соя, говядина, минералов, нефти и газа; на таких территориях леса вряд ли будут восстановлены;

~26% – (***forestry***) лесоводство, лесное хозяйство с целью производства древесин; на таких территориях леса, как ожидается, восстановятся после прекращения лесозаготовок ;

~24% – (***shifting agriculture***) сменная обработка земли в сельском хозяйстве (подсечно-огневое земледелие) - деревья сжигаются для кратковременного выращивания на их месте натуральных культур (в основном в тропических регионах); на таких территориях леса могут восстановиться;

~23% – (***wildfires***) лесные пожары, после которых деревья могут постепенно восстанавливаться с течением времени (потери от пожаров в указанный период были сосредоточены в основном в северных лесах Канады и России);

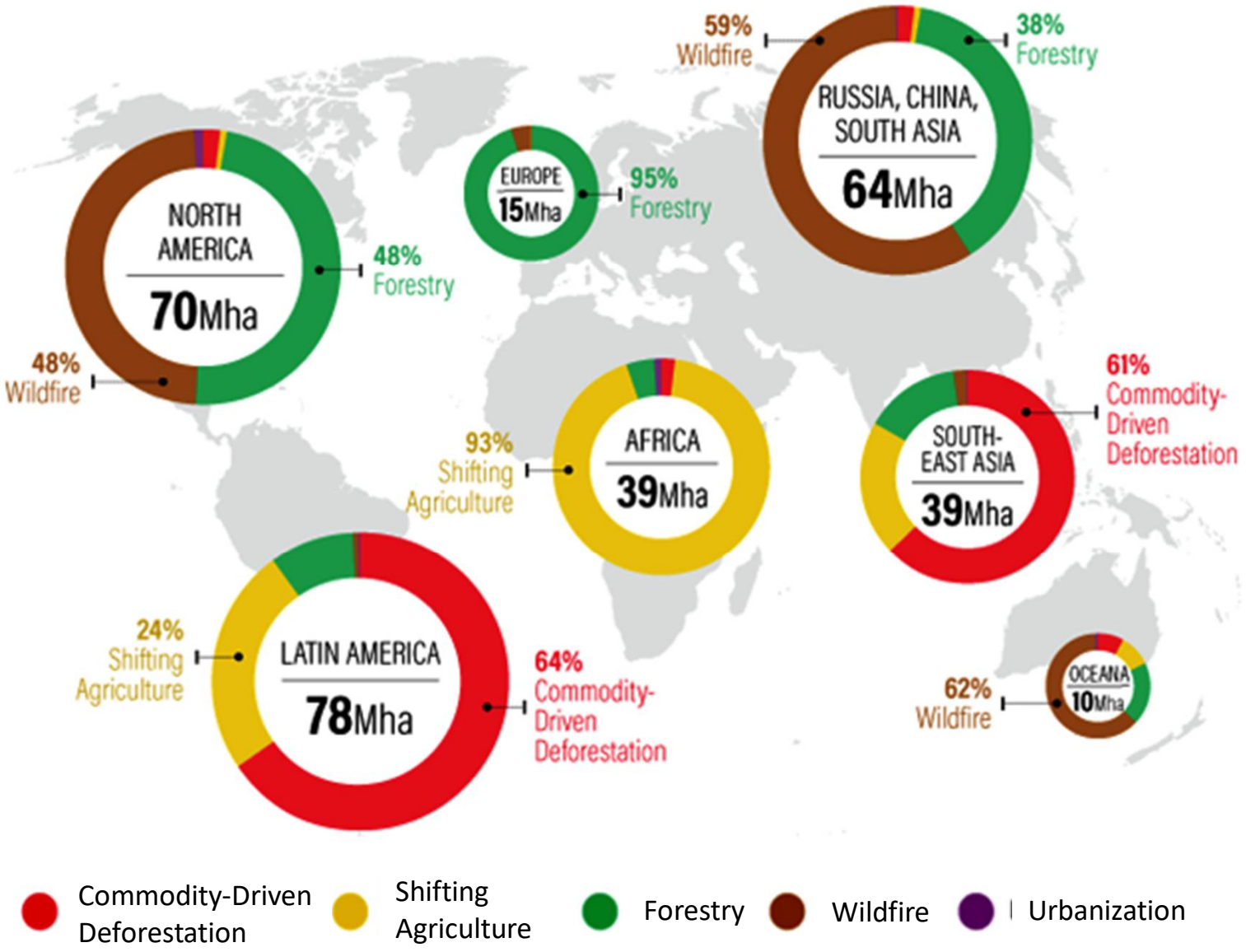
~0,6 % – (***urbanization***) урбанизация.

https://www.wri.org/news/2018/09/release-new-study-finds-more-quarter-global-tree-cover-loss-commodity-driven

http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?t=22723 http://science.sciencemag.org/content/361/6407/1108

Главные факторы региональных потерь лесов в 2001 - 2015 годы

Regional Tree Cover Loss for the Period 2001 - 2015

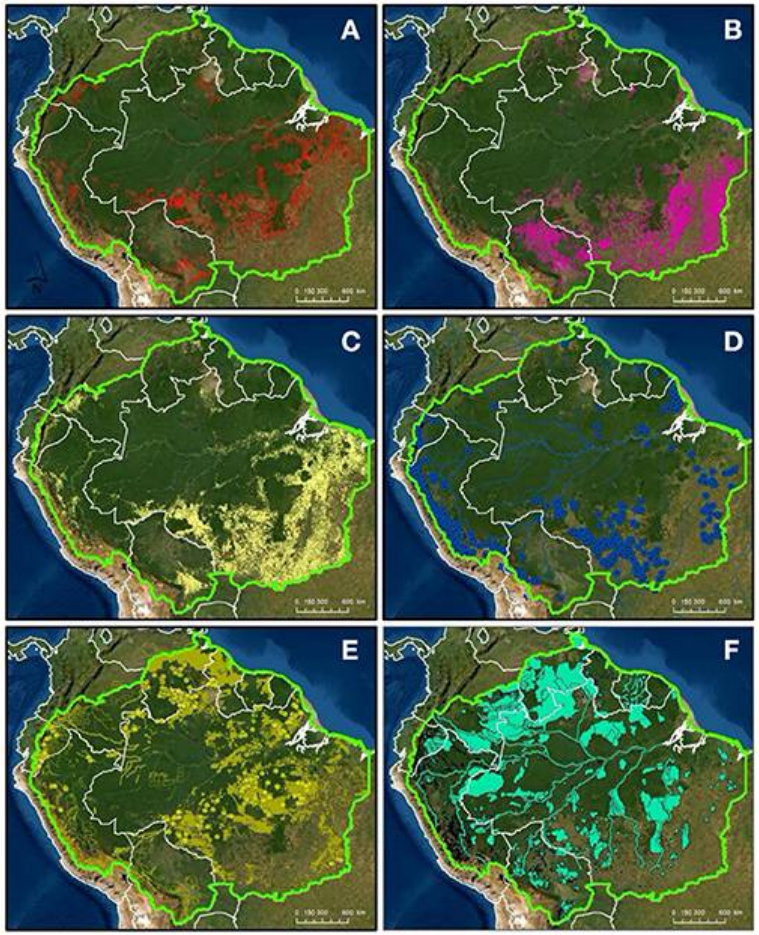


World Resources Institute

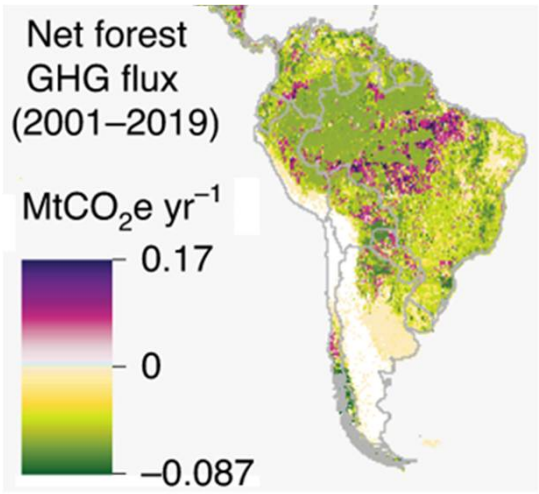
https://science.sciencemag.org/content/361/6407/1108

https://blog.globalforestwatch.org/data-and-research/when-a-tree-falls-is-it-deforestation

Carbon and Beyond: The Biogeochemistry of Climate in a Rapidly Changing Amazon



Начиная с 2007 года тропические леса бассейна Амазонки стали выделять больше CO_2, чем способны поглотить: некомпенсированные выбросы CO_2 в регионе составляют ежегодно 480±180 миллионов тонн. Кроме того, каждый год эти леса выделяют от 1 до 4,2 миллиардов тонн метана в эквиваленте CO_2. (published: March 2021)



Thanks to human disturbance, the Amazon rainforest appears now to be releasing more climate-warming gases than it stores

Социально-экономические факторы землепользования в Амазонии:

(A) потеря лесов в 2001–2019 годах (Hansen et al., 2013) (выделено красным),
(B) пожары 2001–2019 годов (RAISG, 2020) (выделено розовым),
(C) сельскохозяйственные и животноводческие территории (MAPBIOMAS, 2020 г.) (выделено желтым),
(D) гидроэнергетика и водохранилища (RAISG, 2020 г.) (выделено синим),
(E) территории нефтедобычи и шахт(RAISG, 2020 г.) (выделено желтым),
(F) рыболовные и охотничьи территории (RAISG, 2020) (выделено аквамарином).

https://nplus1.ru/news/2021/03/17/rapidly-changing-amazon
https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2021.618401/full https://www.nature.com/articles/s41558-020-00976-6

Умеренные и бореальные леса оказались главными поглотителями углерода на планете.

Раньше такая роль отводилась тропическим лесам

В прошедшем десятилетии умеренные и бореальные леса северного полушария связали больше атмосферного углерода, чем влажные тропические леса. Углеродный баланс тропиков оказался смещен от депонирования в сторону выбросов из-за вырубок и неустойчивого землепользования. Существующие динамические глобальные модели растительного покрова суши, которые используются в прогнозах климатических изменений, переоценивают возможность тропических лесов к поглощению углерода. В исследовании, опубликованное в 2021г в журнале *Nature Geoscience*, впервые использованы данные спутниковых микроволновых наблюдений растительного покрова (L-band vegetation optical depth as an indicator of plant water potential in a temperate deciduous forest stand) для оценки углеродного баланса умеренных и бореальных лесов в северном полушарии. Интерпретация таких данных затруднена из-за радиочастотных помех, которые искажали сигнал вокруг городов в северном полушарии и невозможности учесть влияние водного стресса на динамику фитомассы. Решение этой проблемы основано на разработанном методе фильтрации для удаления помех. **Установлено, что с 2010 по 2019 годы растительный покров суши ассимилировал углерод со скоростью 0,5±0,2 миллиарда тонн в год, причем большую его часть поглотили молодые (моложе 50 лет) и средневозрастные (до 140 лет) умеренные и бореальные леса в северном полушарии**. В то же время **старовозрастные влажные тропические леса (> 140 лет) почти углеродно-нейтральны** в результате вырубки лесов и нарушений, связанных с сельским хозяйством.

https://nplus1.ru/news/2023/10/05/northern-forests https://www.nature.com/articles/s41561-023-01274-4 https://bg.copernicus.org/articles/18/739/2021/

Тропические леса выдержат потепление не более, чем на четыре градуса Цельсия

Тропические лесе находятся в зоне стабильного теплого климата со слабо выраженными межсезонными колебаниями температур, оптимальных для фотосинтеза, поэтому тропические леса имеют высокую продуктивность и способны депонировать большое количество атмосферного углерода. К изменениям таких стабильных условий местные виды растений адаптированы слабо, поэтому даже незначительное повышение температуры воздуха ставит устойчивость тропических экосистем под угрозу. Тропические леса Земли смогут выдержать повышение температуры воздуха не более чем на 3,9±0,5 градуса Цельсия. При нынешних темпах потепления это означает их коллапс примерно через 132 года, но с учетом вырубок, пожаров и почвенной эрозии в тропических регионах критический порог может быть пройден и раньше. Такие прогнозы содержит исследование, опубликованное в журнале Nature.

Tropical forests are approaching critical temperature thresholds (Published: August 2023)

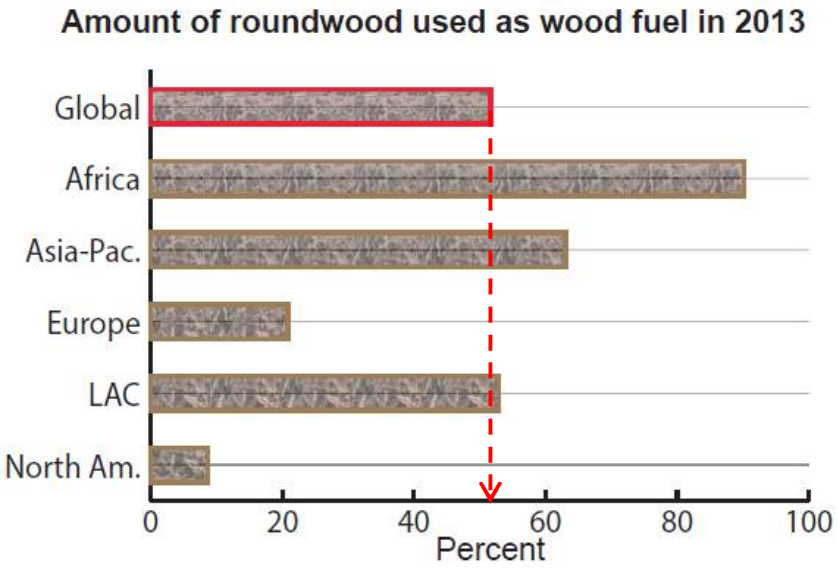
Abstract

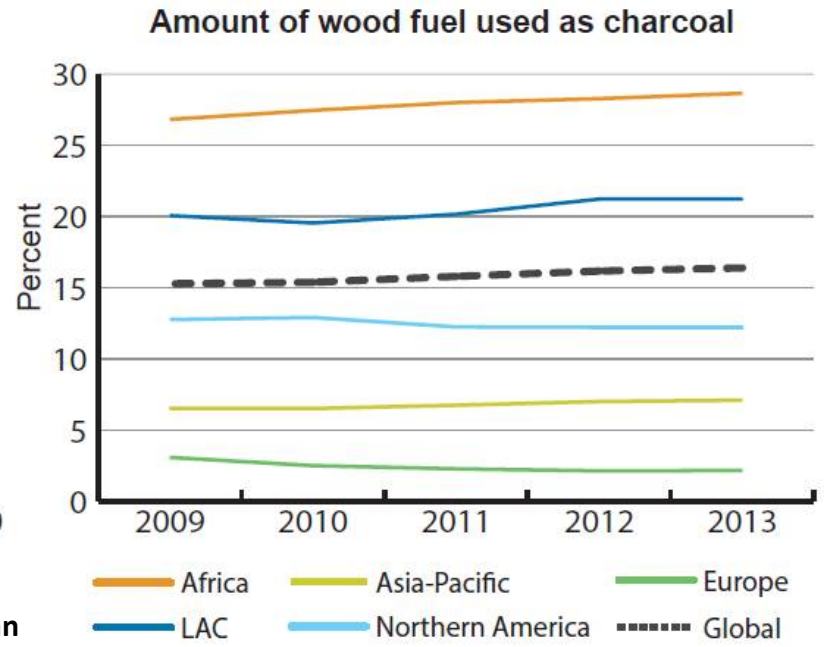
The critical temperature beyond which photosynthetic machinery in tropical trees begins to fail averages approximately 46.7 °C (T_{crit})[1]. However, it remains unclear whether leaf temperatures experienced by tropical vegetation approach this threshold or soon will under climate change. Here we found that pantropical canopy temperatures independently triangulated from individual leaf thermocouples, pyrgeometers and remote sensing (ECOSTRESS) have midday peak temperatures of approximately 34 °C during dry periods, with a long high-temperature tail that can exceed 40 °C. Leaf thermocouple data from multiple sites across the tropics suggest that even within pixels of moderate temperatures, upper canopy leaves exceed T_{crit} 0.01% of the time. Furthermore, upper canopy leaf warming experiments (+2, 3 and 4 °C in Brazil, Puerto Rico and Australia, respectively) increased leaf temperatures non-linearly, with peak leaf temperatures exceeding T_{crit} 1.3% of the time (11% for more than 43.5 °C, and 0.3% for more than 49.9 °C). Using an empirical model incorporating these dynamics (validated with warming experiment data), we found that tropical forests can withstand up to a 3.9 ± 0.5 °C increase in air temperatures before a potential tipping point in metabolic function, but remaining uncertainty in the plasticity and range of T_{crit} in tropical trees and the effect of leaf death on tree death could drastically change this prediction. The 4.0 °C estimate is within the 'worst-case scenario' (representative concentration pathway (RCP) 8.5) of climate change predictions[2] for tropical forests and therefore it is still within our power to decide (for example, by not taking the RCP 6.0 or 8.5 route) the fate of these critical realms of carbon, water and biodiversity[3,4].

https://nplus1.ru/news/2023/08/23/too-hot-for-photosynthesis

https://www.nature.com/articles/s41586-023-06391-z

Использование древесины *круглого* леса на топливо непосредственно (used as wood fuel) и в виде древесного угля (used as charcoal) в мире в целом и по континентам





LAC - Latin America and the **Caribbean**

2012 Global Forest Products Facts and Figures FAO

Замечание об использовании древесины в мире и в России

Древесина = 1/2 на промышленные нужды, в частности, производство бумаги и картона + 1/2 на бытовые нужды (топливо + приготовление пищи)

На топливо: Россия 25%; США 20%; Китай 70%; Индия 89% древесины

1 куб м древесины ~ 200 кг целлюлозы (бумага, картон, газеты, книги, упаковка)

В мире ≈ 50% бумаги и картона – из макулатуры, в России ≈ 23% (2007г.)

В России >1/3 промышленной древесины идет на экспорт в виде круглого леса и бумажной продукции (2007). Произошёл быстрый рост доступности электронных носителей информации, однако внутреннее потребление бумажной продукции за это же время выросло очень значительно.

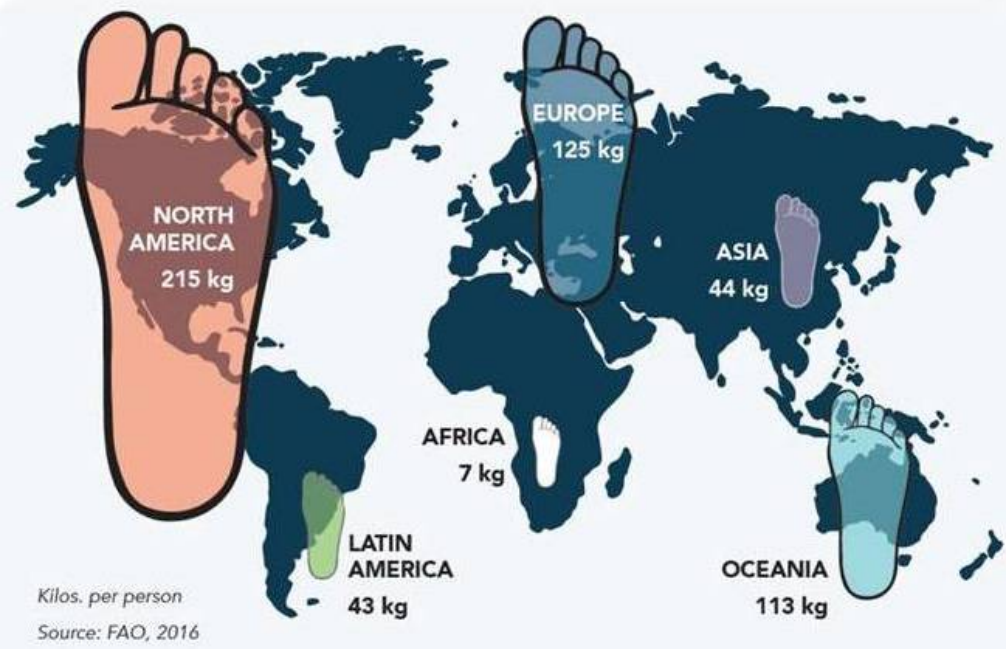
Доля лесопромышленной отрасли в российском ВВП за 2014 год составила 1,12% . Минпромторг РФ намерен до 2030 года добиться увеличения вклада лесной отрасли в ВВП страны на 50%. Об этом сообщил министр промышленности и торговли Денис Мантуров в своей статье, опубликованной в газете "Известия". МОСКВА, 27 февраля 2017 /ТАСС/.

Лесопромышленная отрасль дает незначительный вклад в ВВП России (менее 3%), поэтому радикальное сокращения скорости сведения естественных лесов является для России абсолютно реальным!

Данные FAO по использованию древесины, А. Макарьева

http://tass.ru/ekonomika/4052307 http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/

Потребление бумаги на душу населения в мире 2015



A snapshot comparison of *per capita* paper consumption around the world 2018. The global average is ~55kg.

China is the world's largest paper and paperboard consumer in the world. China uses more than 103 million metric tons annually. Japan, as another powerful country in the region, consumed approximately 14.4 million metric tons in 2016, slightly down from 14.6 million tons in 2015.
North America has the world's highest per capita consumption of paper of any region, consuming 221 kilograms per capita

What is the environmental impact of deforestation for paper production?
14% of deforestation is done to satisfy our huge appetite for paper goods. This amounts to the destruction of around 4.1 million hectares of forest each year.

https://www.statista.com/statistics/240565/consumption-volume-of-paper-and-paperboard-in-selected-countries/ https://www.papertr.com/global-paper-consumption/

Основные методы лесозаготовок - сплошная и выборочная рубка

Logging methods: *Clear-cutting and Selective cutting*



Сплошная рубка (***Clear-cutting***) - это процесс вырубки всех деревьев в лесной зоне одновременно. Например, в настоящее время почти две трети древесины, заготавливаемой в США каждый год, поступает в результате сплошных рубок. Сплошная рубка может иметь разрушительные последствия для окружающей среды. Это подвергает верхний слой почвы ветровой и дождевой эрозии. Эрозия верхнего слоя почвы может привести к удалению многих важных питательных веществ из почвы, что препятствует росту новых деревьев. Уплотнение почвы тяжелой лесозаготовительной техникой также затрудняет восстановлению леса. Кроме того, эрозия стока в результате сплошных рубок, особенно на крутых горных склонах, может переносить большое количество загрязнений в ручьи, убивая рыбу и другие организмы. Например, в Швеции зарегистрировано закисление водотоков и их загрязнение ртутью. *Показано (Bormann, Likens, 1979), что в течение первых 6 лет после рубки происходит интенсивный вынос калия, кальция, фосфора и минеральных частиц, то есть происходит интенсивное загрязнение окружающей среды, источником которого являются разрушенные сообщества. В тех случаях, когда частота нарушений превышает восстановительную способность сообществ, происходит их деградация.* (В.В. Горшков)



Выборочная рубка (***Selective cutting***). При выборочной вырубке за один раз вырубаются только некоторые деревья в лесной зоне. В следующий раз в лесу вырубают другую возрастную группу или виды деревьев. В результате лес никогда не вырубается полностью и всегда содержит множество деревьев разных размеров, возрастов и видов. Выборочная рубка занимает больше времени, стоит дороже и может быть более опасной для лесозаготовителей, работающих в стесненных условиях. Тем не менее, выборочная рубка сохраняет верхний слой почвы и не подвергает почву эрозии, обеспечивая тем самым более здоровую среду обитания для сотен тысяч организмов, живущих в лесных экосистемах.

www.CraigMarlatt.com/school https://fl-pda.org/independent/courses/elementary/science/section2/2j9.htm

Скандинавский опыт “интенсивного лесоводства” - *сплошная* рубка (*clear cutting*)
















CAT
CAT



Подсечно-огневое лесоводство в Финляндии

Call to increase controlled burning of Finnish forests (2017)



Система подсечно-огневого лесоводства в Финляндии была обычным явлением с 1700-х по 1900-е годы. Совсем недавно, в 1950-х годах, Финляндия все еще практиковала управляемые палы на территориях, составляющих до 20% лесных угодий, но с 1990-х годов это число сократилось до менее одного процента. Часть экологов и исследователей теперь призывают вернуться к старому методу омоложения леса во имя улучшения биоразнообразия. Несколько международных систем сертификации разработали правила в отношении управляемого сжигания.

Законодательство Финляндии требует, чтобы компании, специализирующиеся в лесном хозяйстве, контролировали управляемые палы. Этот контроль требует больших затрат, так как по техническим причинам и по соображениям безопасности требуется присутствие большого количества людей, в том числе добровольных пожарных частей. Это одна из причин, по которой практика подсечно-огневого лесоводства сократилась. Кроме того, управляемый пал – операция повышенной опасности, которую необходимо страховать, однако страховые компании прекратили страхование управляемых палов для частных лесовладельцев еще в конце 1960-х годов.

https://yle.fi/uutiset/osasto/news/call_to_increase_controlled_burning_of_finnish_forests/9568213

Сплошная рубка – не только в Скандинавии…



Forest clearcut near Port Renfrew, British Columbia.



A clear-cut on Vancouver Island, British Columbia, Canada

Канада

With increasingly privatized forests and a dangerous reliance on industry paid professionals, British Collumbia, Canada is facing a crash in harvest volumes, the closure of mills and the loss of old-growth forests

2018

Vancouver Island has lost 30 per cent of its original forests over the past 25 years, leaving less than 7% of the island's most productive and endangered old growth.

https://thenarwhal.ca/wp-content/uploads/2018/05/clearcut-logging-road-port-renfrew.jpg

Россия, водосборный бассейн реки Москвы



В Смоленской области у самой границы с Московской, в бассейне реки Иночь (одного из притоков верхнего течения реки Москвы), сотрудники российского Greenpeace в сентябре 2018 года обнаружили огромную ничем не обоснованную сплошную рубку, не вписывающуюся в действующее законодательство.

https://greenpeace.ru/expert-opinions/2018/10/08/ob-ogromnoj-neobosnovannoj-sploshnoj-rubke-v-bassejne-r-moskvy-v-smolenskoj-oblasti/



Поскольку обнаруженная сплошная рубка имеет признаки незаконной и в какой-то степени затрагивает (в том числе через систему водоснабжения города Москвы) интересы огромного количества российских граждан, Greenpeace направил материалы по этой рубки в Прокуратуру Смоленской области.

Удивительно, рубки заповедного леса в Приангарье оказались законными

ИРКУТСК, 15 мая 2019



По данным СУ СК РФ по Иркутской области, вместо того, чтобы охранять особо ценный лес и уникальную природу регионального заказника «Туколонь», чиновники из министерства лесного комплекса Иркутской области, филиала ФБУ «Рослесозащита» — «ЦЗЛ Иркутской области» и ОГАУ «Казачинско-Ленский лесхоз» позволили вырубить сплошным способом под видом санитарных (оздоровительных) рубок116 гектаров особо ценного реликтового леса, расположенного вдоль реки Киренга.

https://regnum.ru/news/accidents/2628824.html

ИРКУТСК, 13 мая, 2021 ФедералПресс. Иркутская область заняла второе место в антирейтинге России по незаконным рубкам. Отчет составлен Федеральным агентством лесного хозяйства на основе данных за первый квартал этого года.

«Средний объем нелегальных лесозаготовок составил 1,2 тысячи кубических метров на миллион гектаров. Ущерб составляет 346 миллионов рублей», – такие данные о состоянии дел с незаконной рубкой леса в Приангарье приводит Федеральное агентство лесного хозяйства.

По данным ведомства, на Иркутскую область приходится 80 % всех нелегальных заготовок древесины. При этом Приангарье занимает все же второе место по количеству «черных вырубок». Лидирует Красноярский край, в нем при меньшей площади лесосеки и ущербе, рубят «кучнее», в регионе на 1 миллион гектаров приходится 1,4 тысячи кубометров нелегальной древесины. Третью строчку рейтинга занимает республика Бурятия. Там за последний год объем нелегальных вырубок возрос втрое.

Борьба с «черными лесорубами» была одним из пунктов предвыборной программы нынешнего губернатора Иркутской области Игоря Кобзева. Еще в ранге врио, за неделю до выборов, глава региона даже лично принимал участие в задержании нелегальных заготовщиков. При этом часть ответственности за состояние дел в отрасли регулярно возлагалась на предыдущего губернатора, ушедшего в отставку 1,5 года назад.

Беспилотники выявили 123 незаконные рубки леса в Красноярском крае и Иркутской области (2021)

При этом, по данным Рослесинфорга, по сравнению с 2020 годом объем незаконной рубки в Красноярском крае и Иркутской области в первом полугодии снизился на 52%.

https://roslesinforg.ru/ https://www.kommersant.ru/doc/4901258 https://fedpress.ru/news/38/economy/2737956

Лесные пожары, “Природные пожары”,

Wildfire, Bushfire

Лесные пожары в России и в других странах

Наиболее распространенная причина пожаров — сельскохозяйственные палы и ”невнимательное” обращение людей с огнем.

- **Власти России пытаются бороться с этим явлением и планируют ввести полный запрет на *весенний сельскохозяйственный пал* (поджог!) сухой травы. Помимо запрета, в Кодексе об административных правонарушениях появится ответственность за травяные палы.**
- **Почти 85% лесных пожаров в Соединенных Штатах вызваны людьми. Техногенные пожары возникают в результате оставления без присмотра костров, сжигания мусора, использования неисправного оборудования, небрежно выброшенных сигарет и преднамеренных поджогов.** (Humans and Wildfire Source: 2000-2017 data based on Wildland Fire Management Information (WFMI) and U.S. Forest Service Research Data Archive)

Молнии и пожары

- **Анализ данных со спутников НАСА (NASA's Terra and Aqua satellites), а также наземных наблюдений показал, что грозы были основной причиной недавних массовых пожаров на Аляске и в северной Канаде, и что эти грозы, вероятно, переместятся дальше на север по мере потепления климата, потенциально изменяя северные ландшафты. Изучались причины пожаров, число которых в последние годы увеличилось, причем количество пожаров, вызванных молнией, росло на 2%-5% в год с 1975 года. В 2014 году на Северо-Западных территориях Канады и на Аляске в 2015 году произошло рекордное количество пожаров, вызванных молнией.** Lightning sparking more boreal forest fires (NASA June 26, 2017).

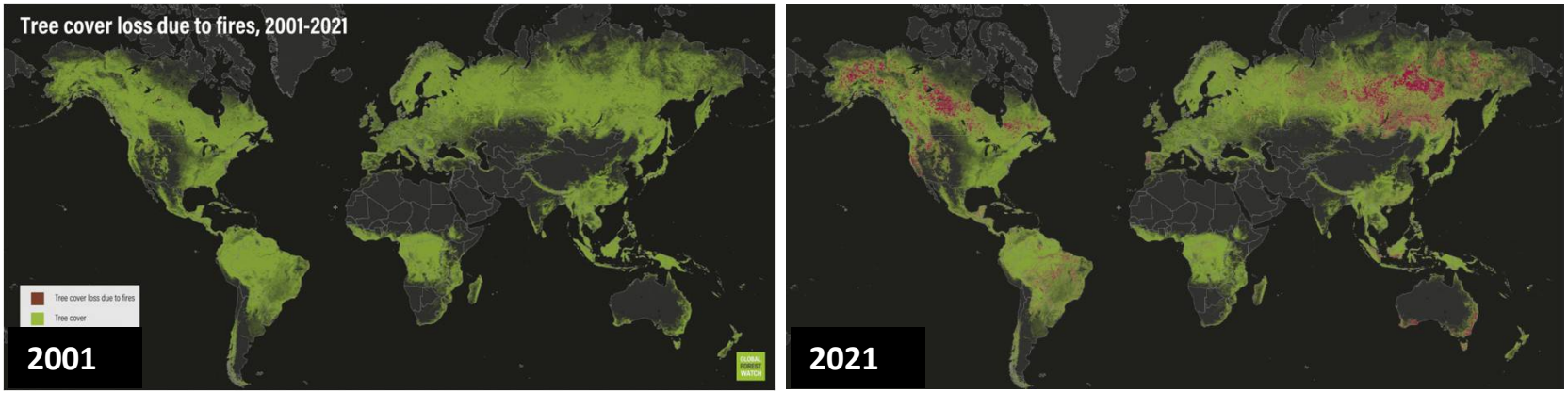
https://climate.nasa.gov/news/2602/lightning-sparking-more-boreal-forest-fires/

https://www.nps.gov/articles/wildfire-causes-and-evaluation.htm

https://www.nasa.gov/feature/jpl/lightning-sparking-more-boreal-forest-fires

Потери лесного покрова, вызванные пожарами 2001- 2021

Two Decades of Fire-Driven Loss Global Forest Watch, 2022



Russia 2.51Mha; Canada 1.27Mha; United States 530kha; Brazil 453kha; Australia 298kha

В 2021 году Россия, Канада и США вместе потеряли 7,8 млн. га (суммарно 84% мировых потерь, вызванных пожарами).

Причиной 82% потерь лесного покрова России в 2021 году являются пожары. В приведенных данных эти потери определяются как естественные или вызванные деятельностью человека пожары, которые приводят к прямой потере древесного покрова. Это могут быть лесные пожары, устроенные людьми в целях, связанных с сельским хозяйством, охотой, отдыхом или … прямыми поджогами (случаи, когда деревья были вырублены, а затем сожжены, не учитывались).

Looking at the list, Russia, Canada and the United States clearly had the most tree cover loss due to fires in 2021. After analyzing the downloaded data, we can see that these three countries combined lost 7.8 million hectares or 84% of all fire-related loss in 2021. We can then view how fire activity has changed over time for these areas. For example, in 2021, Russia experienced the largest area of tree cover loss the country has seen in 21 years, 82% of which was due to fires. For this data, loss due to fires is defined as natural or human-ignited fires that result in direct loss of tree canopy cover. This could include wildfires, and intentionally set fires (including escaped fires started by humans for purposes related to agriculture, hunting, recreation or arson). Instances where trees are felled and later burned are not included since the initial driver of loss in that case is mechanical removal.

https://www.globalforestwatch.org/blog/data-and-research/trends-tree-loss-from-fires-unprecedented-detail/?utm_campaign=treecoverlossfires2022&utm_medium=bitly&utm_source=EmailBlast

Пожары и гари сибирской тайги «НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК» №2, 2020

В лесах средних широт причиной более 80% возгораний является «человеческий фактор». Но чем дальше на север и меньше плотность населения (в Эвенкии, например, она составляет 0,03 чел./км^2), тем ниже вероятность пожаров из-за неосторожности обращения с огнем. Немаловажно, что сами северяне издавна бережно относятся к лесам.

В высоких широтах основной источник возгораний (до 90% случаев) — это разряды молний, особенно во время «сухих гроз» с минимальным количеством осадков, возникающих при высокой температуре и низкой относительной влажности воздуха. Заметим, что **потепление климата влечет за собой возрастание частоты молний на 10–12% на каждый градус** (Romps et al., 2014).

Наибольшее воздействие на леса оказывают крупные пожары, площади которых достигают от 100 до 200 тыс. га. И хотя доля таких пожаров не превышает 8–10 % от всех случаев, их площадь составляет 90 % от всей охваченной огнем территории.

Спасаем лес от пожаров… пожарами! Наука и жизнь (nkj.ru), №05, май 2022

Для защиты лесов от пожаров необходимо их поджигать – идея, на первый взгляд, абсолютно парадоксальная.

Пожары, как правило, начинаются снизу – от земли, где накапливается горючая масса: сухая трава, листья, хвоя, шишки, валежник, кора и мох. Низовой пожар перерастает в верховой, что приводит к массовой гибели деревьев. Считают, что стихию можно упреждать управляемыми низовыми пожарами, в ходе которых под строгим контролем специалистов будет уничтожен весь накопившийся вблизи грунта горючий материал. В центральной части Красноярского края средний межпожарный возраст составляет 12-14 лет. Если посредством низового огня выжигать подстилку раз в 5-6 лет, что практически *безвредно* для деревьев, то вероятность возникновения мощного разрушительного пожара будет снижена многократно.

Замечание: Безвредно для леса? Лес = биогеоценоз ≠ древесина, предназначенная для рубки!

https://www.nkj.ru/news/21075/?sphrase_id=4977574

https://scfh.ru/papers/pozhary-i-gari-sibirskoy-taygi/ https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/435345/Pozhary_i_gari_sibirskoy_taygi

Рекордные выбросы CO_2 от бореальных пожаров 2021 года

Record-high CO_2 emissions from boreal fires in 2021 SCIENCE 2023

The world's most northerly forests could be a "time bomb" of planet-warming pollution as expanding wildfires have released record high levels of planet-heating pollution into the atmosphere, according to a new study.



Smoke from a forest fire in the republic of Sakha in Siberia, Russia, In July 2021.



Unseasonably hot temperatures combined with dry conditions have transformed the boreal forest in much of Alberta into a tinder box on May 4, 2016.

Экстремальные лесные пожары становятся все более распространенными и все больше влияют на климат Земли. Лесные пожары в бореальных лесах привлекают гораздо меньше внимания, чем пожары в тропических лесах, хотя бореальные леса – один из самых обширных биомов на Земле – переживают самое быстрое потепление. Использование спутниковой системы мониторинга выбросов CO_2 от пожаров показало, что бореальные пожары, на долю которых обычно приходилось 10% глобальных выбросов углекислого газа от пожаров, в 2021 году составили 23% (0,48 миллиарда метрических тонн углерода). На сегодняшний день это самая высокая доля с 2000 года. В 2021 году бореальные леса Северной Америки и Евразии синхронно испытали наибольший дефицит влаги. Увеличение количества экстремальных бореальных пожаров и более сильная обратная связь между климатом и пожарами бросают вызов усилиям по смягчению последствий изменения климата.

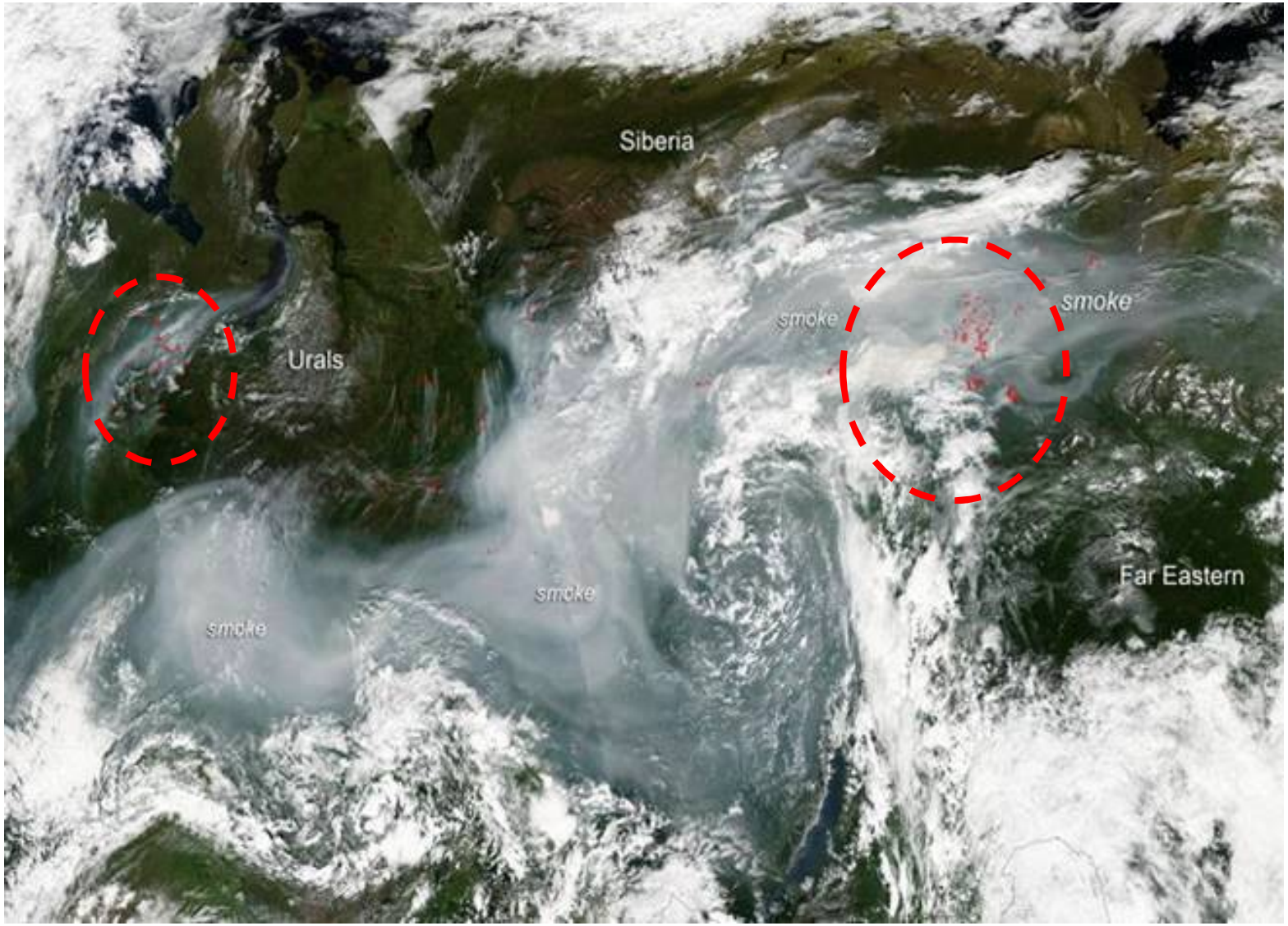
https://www.science.org/doi/10.1126/science.ade0805

https://www.wral.com/boreal-forests-could-be-a-planet-warming-time-bomb-as-wildfires-expand-says-new-study/20744378/


GREENPEACE



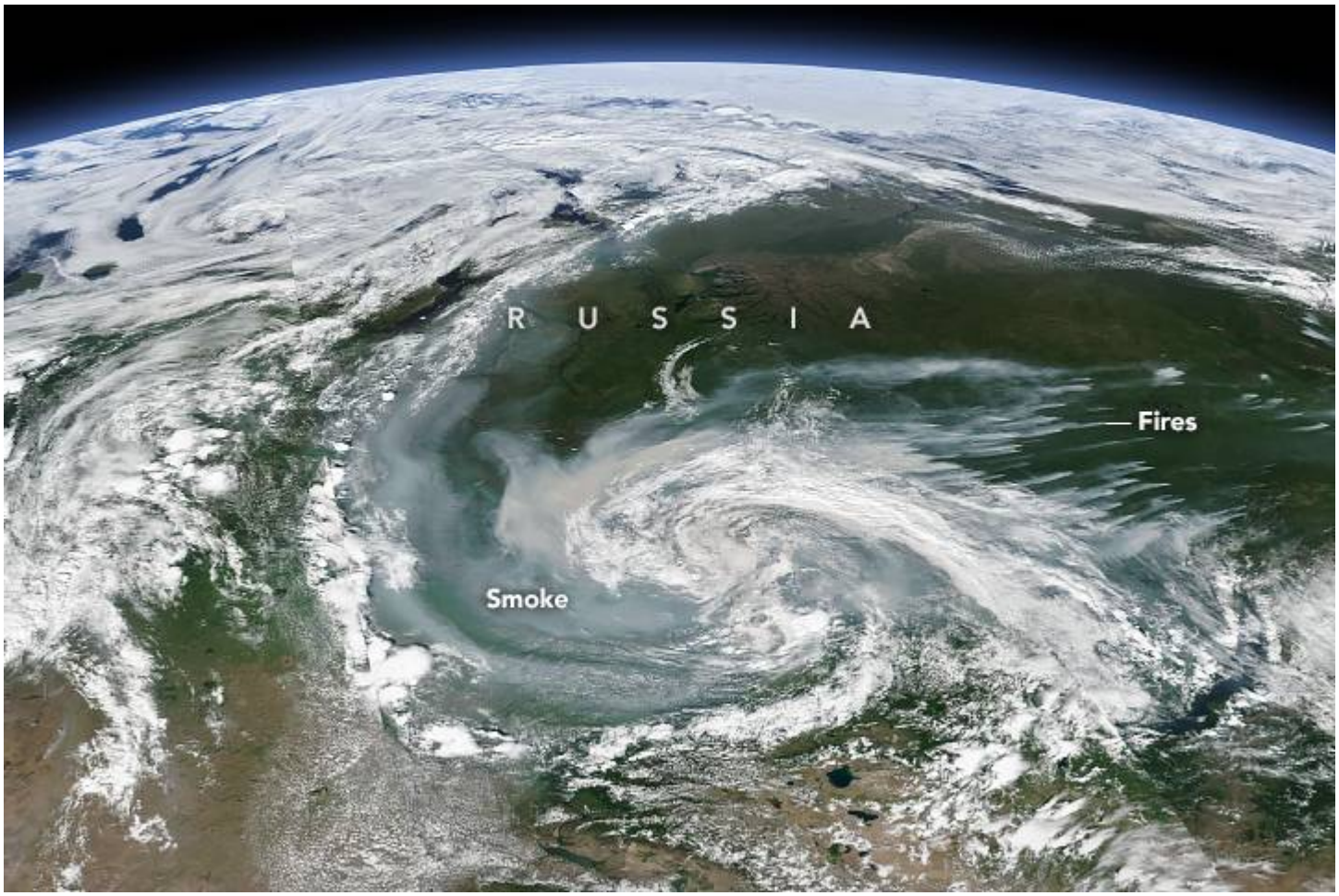
“*Управляемый* пал” полей для подготовки пастбищ и пашни в 2013 году. Пожары на снимке видны как красные точки, над которыми поднимаются облака дыма. Искусственные пожары становятся *<u>неуправляемыми</u>* и захватывают значительные площади бореальных лесов.



EOSDIS MODIS Rapid Response Team, GSFC | NASA 17.08.2013

Wildfire Smoke Swirls Over Russia

July 21, 2019

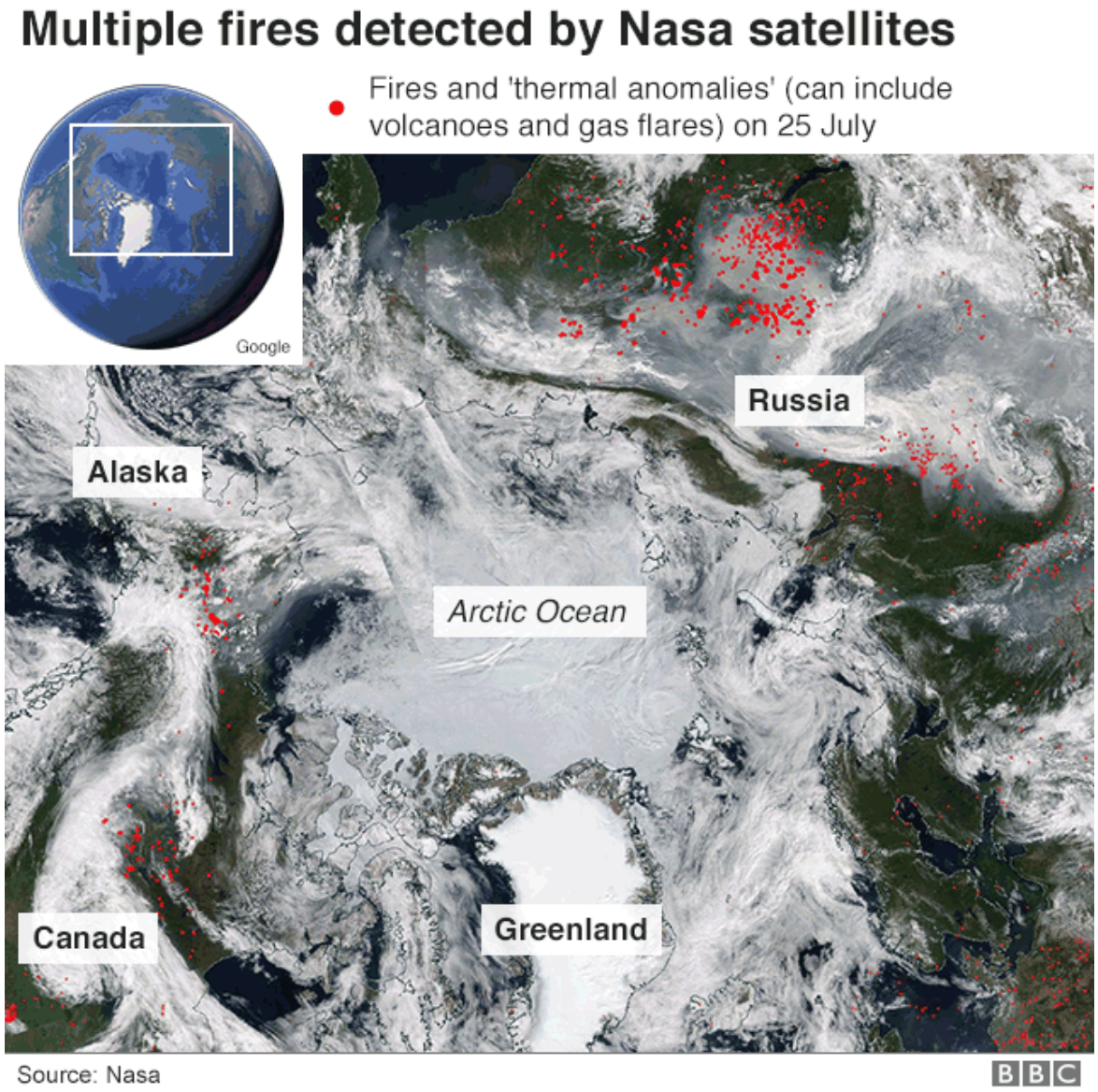


Wildfires are burning across 11 regions of Russia amid a hot, dry summer. Even regions free from fire are feeling its effects, as air masses have spread the smoke plumes across a wide area.The Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) on the Suomi NPP satellite acquired this natural-color image on **July 21, 2019**. Note the distinct plumes stemming from fires on the right side of the image. Winds carried the smoke toward the southwest where you can see it mixing with a storm system.

The largest fires—thought to be triggered by lightning—were located in the regions of Irkutsk, Krasnoyarsk, and Buryatia. As of July 22, the blazes had burned 89,076 hectares (320 square miles), 38,930 hectares (150 square miles), and 10,600 hectares (41 square miles) in these regions, respectively.News reports show Krasnoyark under a blanket of haze. No fires were reported to be burning in the vicinity of Novosibirsk, Siberia's largest city, but winds carried in enough smoke to cause the city's air quality to plummet.

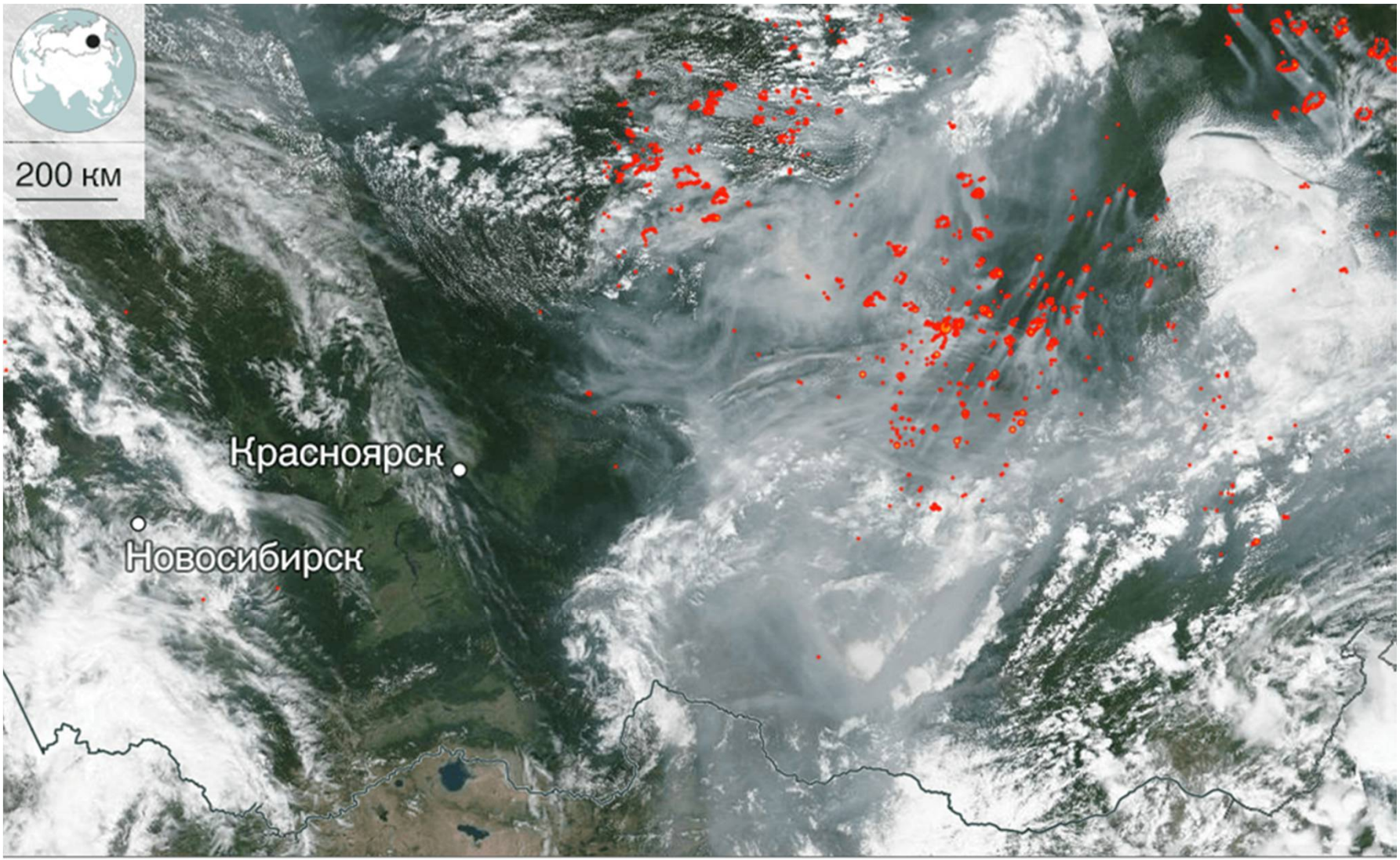
https://earthobservatory.nasa.gov/images/145355/wildfire-smoke-swirls-over-russia

There are hundreds of fires covering mostly uninhabited regions across eastern Russia, northern Scandinavia, Greenland and Alaska. 2019



"The amount of CO_2 emitted from Arctic circle fires in June 2019 is larger than all of the CO_2 released from Arctic circle fires in the same month from 2010 through to 2018 put together."

Очаги пожаров и дым в Сибири 31 июля 2019



https://www.bbc.com/russian/news-49175753

"Посмотреть, как красиво горит”

28 апреля 2017 под Нижнеудинском Иркутской области задержали предполагаемых поджигателей травы, из-за которых начался пожар - двоих местных жителей. "Семейная пара не смогла объяснить свой поступок. При опросе 43-летний мужчина заявил, что он часто здесь гуляет и **решил проверить, что будет, если поджечь сухостой"**, - сообщили в пресс-службе местного МЧС.

“Практически все пожары сейчас происходят по вине человека. А мы можем скорректировать поведение людей, в отличие от природных явлений", рассказал руководитель волонтерского отдела "Гринпис России" Григорий Куксин. По его словам, от традиции жечь весной траву пока не получается избавиться. "Убеждение, что это зачем-то полезно, что без этого нельзя косить и пахать, у многих людей до сих пор сохраняется, хотя экономической целесообразности в этом давно нет. Здесь есть и **хулиганские причины - просто *посмотреть, как красиво горит***. Другая очень печальная причина - люди видят, что постоянно все вокруг горит, и уверены, что, если они не подожгут вокруг своей деревни, когда ветер будет в сторону соседей, то соседи подожгут первыми, когда ветер будет в их сторону. И начинают наперегонки поджигать".





Хакасия апрель 2015

The devastating mudslides that follow forest fires

A fire burns hillsides in Glenwood Canyon in August 2020. Credit:HelenH. Richardson/MediaNews Group/The Denver Post via Getty



Intense rain triggered mudslides in Glenwood Canyon, Colorado, during June and July last year — one year after a fire scorched the area.
Credit: AP/Shutterstock



https://www.nature.com/articles/d41586-022-00028-3?WT.ec_id=NATURE-20220113&utm_source=nature_etoc&utm_medium=email&utm_campaign=20220113&sap-outbound-id=93F5CECC6CA4B303A35CF72E4AA789A01615871E

Лесные пожары в Австралии (Australia: wildfires, bushfires)

Как лесные пожары генерируют сами себя

It's well known that weather conditions can increase the risk of bushfires and make them harder to fight. But the relationship between fire and weather goes further—bushfires can create their own weather, generating 'pyrocumulonimbus' clouds and storms.

Температура в зоне пожара может достигать 1200 градусов Цельсия. Воздух расширяется, возникает область низкого давления и конвективный поток горячего воздуха (более низкой плотности) поднимается над лесным пожаром. Более холодный и плотный воздух из окружающих районов перетекает в область очага пожара (скорость ветра может достигать 100 км/ч), что приводит к раздуванию пламени и распространению пожара. По мере подъема горячий воздух охлаждается, его относительная влажность увеличивается, влага конденсируется в облака и осадки. Возникают грозовые облака (пирокумулятивные облака 'pyrocumulonimbus' clouds). Нижняя граница такого облака располагается на высоте нескольких километров. Из-за жары и сухости в зоне пожара выпадающие из него осадки испаряются, не долетев до поверхности земли. Тепло, затраченное на испарение, понижает температуру воздуха. Став более плотным и тяжелым, воздух устремляется вниз. Сильный нисходящий поток холодного воздуха закручивается в шквал. Таким образом, выпадающие осадки дополнительно раздувают огонь сильным ветром. Кроме того, возникающие молнии могут стать источником нового возгорания (сухая гроза). Необходимым условием для возникновения такого эффекта является установившаяся сухая и жаркая погода (не менее +30^{o}C).

https://www.abc.net.au/news/2018-11-28/bushfire-storms-can-spark-fire-tornadoes-dry-lightning-and-more/10561832

When bushfires make their own weather

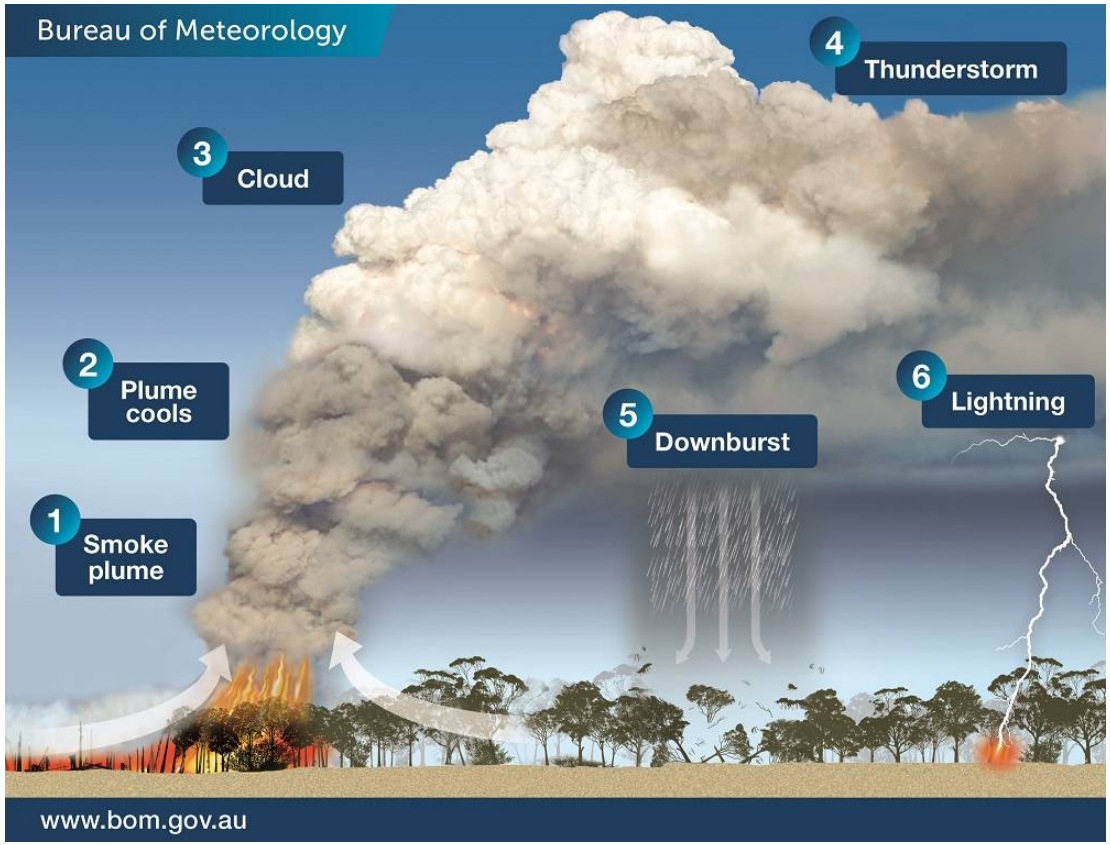


Image: Pyrocumulonimbus cloud development

1. **A plume of hot, turbulent air and smoke rises.**
2. **Turbulence mixes cooler air into the plume, causing it to broaden and cool as it rises.**
3. **When the plume rises high enough, low atmospheric pressure causes its air to cool and cloud to form.**
4. **In an unstable atmosphere a thunderstorm can develop: pyrocumulonimbus cloud**
5. **Rain in the cloud evaporates and cools when it comes into contact with dry air, producing a downburst.**
6. **Lightning may be produced and can ignite new fires.**

http://media.bom.gov.au/social/blog/1618/when-bushfires-make-their-own-weather/



Fire tornadoes and dry lightning are just the start of the nightmare when a bushfire creates its own storm

A pyrocumulonimbus cloud hovers over bushfires in the Grampians in Victoria in 2014

Lightning can spark fires far from the main blaze



https://www.abc.net.au/news/2018-11-28/bushfire-storms-can-spark-fire-tornadoes-dry-lightning-and-more/10561832

Глобальное обезлесение и международная торговля

Article Published: 29 March 2021 Nfture

Mapping the deforestation footprint of nations reveals growing threat to tropical forests

Количественно оценены (и представлены на карте с разрешением 30 метров) пространственно-временные изменения глобальных следов обезлесения за 15 лет (2001–2015 гг.).

Установлено, что, хотя многие развитые страны, а также Китай и Индия имели чистый прирост лесов внутри страны, они также увеличили обезлесение за счет импорта продуктов и товаров, связанных с тропическими лесами. Модели потребления в странах G7 приводят к потере в среднем 3,9 деревьев на человека в год. Некоторые из “горячих точек обезлесения” – следствия международной торговли, также являются точками потерь биоразнообразия, например, в Юго-Восточной Азии, Мадагаскаре, Либерии, Центральной Америке и тропических лесах Амазонки.

Это весьма непростая ситуация — страны осуществили чистое лесонасаждение у себя дома, но их глобальный след обезлесения на самом деле увеличился из-за аутсорсинга… тот факт, что ущерб окружающей среде наносится в другом месте, затрудняет — как морально, так и материально — мотивировать политические перемены дома. Полученные результаты подчеркивают необходимость реформирования политики вырубки лесов посредством активных транснациональных усилий и повышения прозрачности цепочки поставок, участия государственного и частного секторов и финансовой поддержки тропиков. Результаты исследования подтвердили предположения о том, что страны большой семерки и некоторые другие (например, Сингапур), ответственны за обезлесение, которое происходит преимущественно в развивающихся странах.

продолжение на следующей странице

https://www.carbonbrief.org/scientists-calculate-trade-related-deforestation-footprint-of-rich-countries https://www.nature.com/articles/s41559-021-01417-z

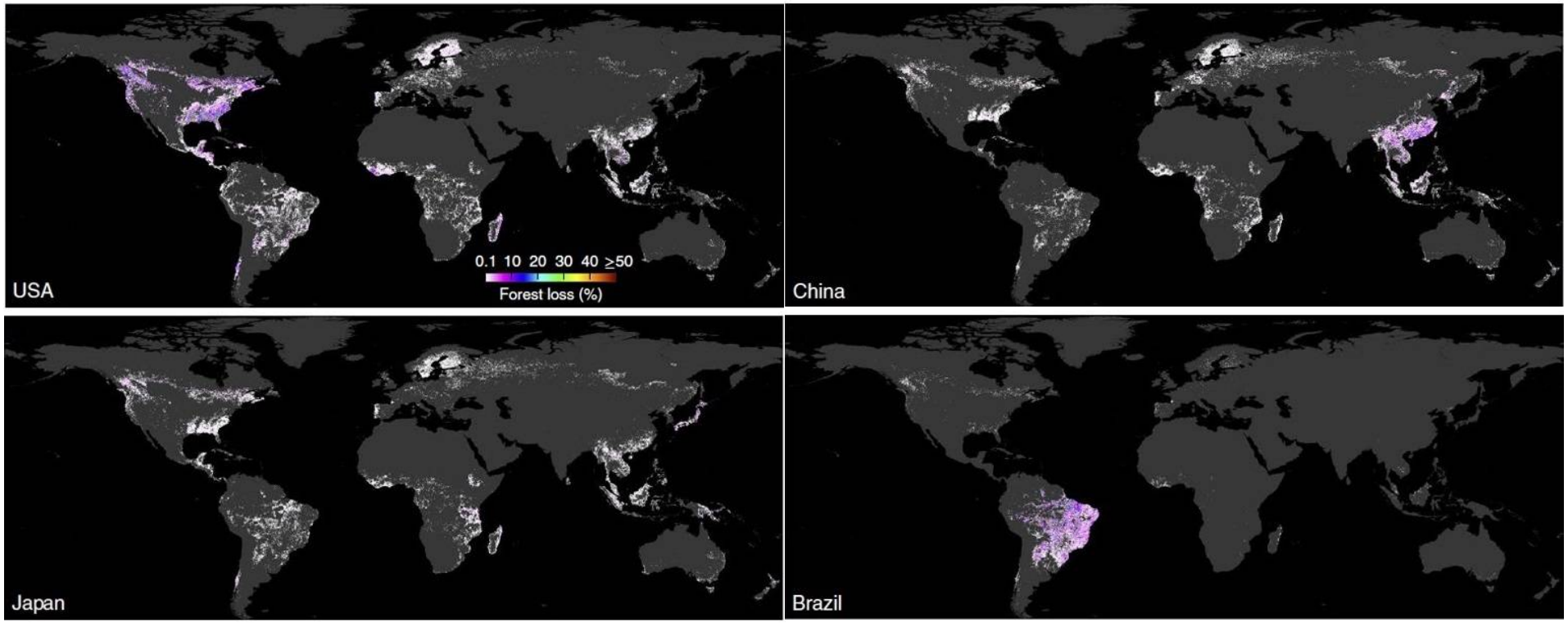
продолжение

На каждого жителя стран G7 ежегодно тратится в среднем четыре дерева или 58 квадратных метров леса, при этом на жителя Швеции уходит 22 дерева, а на жителей Канады и Норвегии — по 16 деревьев. Наибольший ущерб за 15 лет международная торговля нанесла лесам в Бразилии, Мадагаскаре, Аргентине, Индонезии, Вьетнаме и Кот-д'Ивуаре. Эти страны экспортируют мясо крупного рогатого скота, сою, кофе, какао, пальмовое масло и древесину.

Анализ выявил неожиданные следы, которые оставляют страны-потребители на мировой карте обезлесения. К примеру, в небольшую по площади страну Сингапур товары, связанные с лесным хозяйством, поступают не только из Юго-Восточной Азии, но и с востока Мадагаскара, а также из бассейна реки Петен в Гватемале. В то же время потребление хлопка и кунжута жителями Японии в начале XXI века привело к вырубке прибрежных лесов в Танзании. От 46% до 57% следов обезлесения, которые оставили Япония, Германия, Франция, Великобритания и Италия, пришлись на биом тропических лесов. При этом в большинстве стран-крупных потребителей из G7 и G20 за 15 лет произошел прирост площади местных лесов — даже на территориях Индии и Китая. Это весьма непростая ситуация — страны осуществили чистое лесонасаждение у себя дома, но их глобальный след обезлесения на самом деле увеличился из-за аутсорсинга… тот факт, что ущерб окружающей среде наносится в другом месте, затрудняет — как морально, так и материально — мотивирование политических перемен дома.

https://nplus1.ru/news/2021/03/31/deforestation-footprint

Многие развитые страны поощряют вырубку лесов в более бедных странах - через международную торговлю, 2001–2015 гг.



Cumulative “deforestation footprints” – imported deforestation plus deforestation associated with domestically consumed product. The pixel value is the percentage of embodied deforestation by the target consumer country within the pixel area.

Сельское хозяйство ответственно за 90% вырубки лесов во всем мире. В основном это обусловлено спросом на товары, включая кофе, шоколад, продукцию крупного рогатого скота, сою, пальмовое масло и древесину, которые затем часто продаются и потребляются в странах по всему миру. Новое исследование, опубликованное в журнале Nature Ecology and Evolution в 2021 году, рассчитывает «следы вырубки лесов» отдельных стран, сравнивая их внутреннюю вырубку лесов с той, которую они «импортируют» из-за границы посредством потребления продукции иностранного производства. Исследование показывает, что Великобритания, Германия, Франция, Италия и Япония «импортировали» более 90% своих национальных следов вырубки лесов из-за границы в период с 2001 по 2015 год, из которых от 46% до 57% приходилось на тропические леса.

https://www.nature.com/articles/s41559-021-01417-z
https://www.carbonbrief.org/scientists-calculate-trade-related-deforestation-footprint-of-rich-countries

Норвегия официально объявила о реализации политики “нулевой вырубки лесов”

Norway Becomes World’s First Country to Zero Deforestation

23 июня **2016** | 09:42 Центр ФОБОС

Для того, чтобы сохранить леса, страна отказалась пользоваться пальмовым маслом и другой продукцией, для изготовления которой необходимо уничтожать лесные массивы. На протяжении многих лет Норвегия ведет последовательную политику по защите леса. В 2015 году она направила $1 млрд в Бразилию, на территории которой растет около 60% дождевых лесов Амазонки. Инвестиции помогли сохранить более 85 000 кв. километров тропических лесов. Два года назад Норвегия договорилась с Великобританией и Германией объединить усилия, нацеленные на уменьшение объемов вырубки лесов по всему миру, а теперь страна официально объявила о «нулевой терпимости» к этой сфере экономики. В частности, здесь больше не будет закупаться продукция «лесного происхождения». Как поясняют экологи, бумага уже давно может производиться путем переработки отходов, для получения топлива и строительных материалов существует множество других источников, а необходимость пальмового масла весьма сомнительна. Кроме того, государственный пенсионный фонд изъял из своего портфеля акции целлюлозно-бумажных, угольных и других компаний, наносящих вред лесным массивам.

https://www.nathab.com/blog/norway-is-the-worlds-first-nation-to-ban-deforestation/

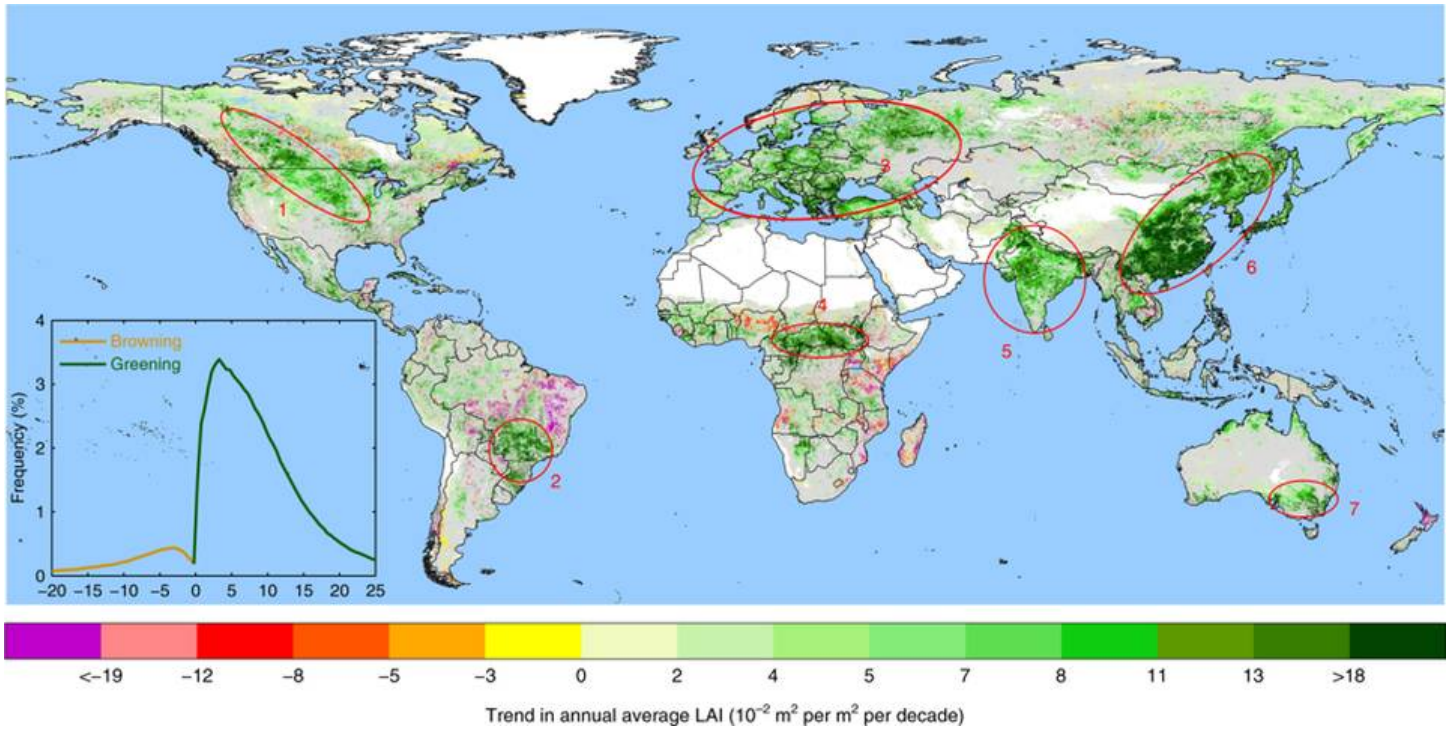
https://www.meteovesti.ru/news/63602357799-pervaya-v-mire-strana-otkazavshayasya-ot-vyrubki-lesa

https://www.conserve-energy-future.com/norway-becomes-worlds-first-country-zero-deforestation.php

“Глобальное озеленение” Greening of Earth

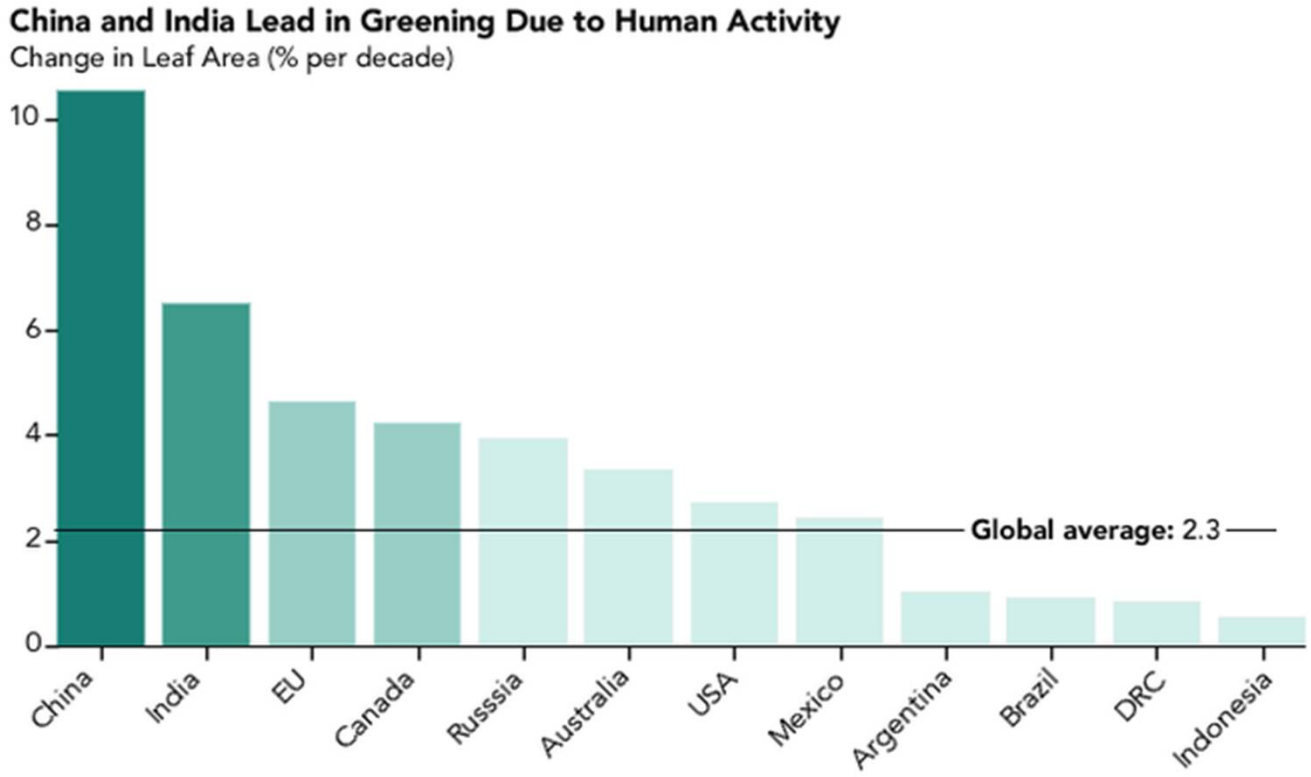
Мир “стал более зеленым”, чем 20 лет назад; на карте темно-зеленым цветом обозначены области с наибольшим увеличением листвы. Данные НАСА, зарегистрированные приборами двух спутников, показывают, что в этом озеленении планеты доминирует Китай и Индия.

Credits: NASA Earth Observatory This research was published online, Feb. 11, **2019**, in the journal Nature Sustainability.



NASA Says Earth Is Greener Today Than 20 Years Ago
Human Activity in China and India Dominates the Greening of Earth

https://www.nature.com/articles/s41893-019-0220-7
https://www.nasa.gov/feature/ames/human-activity-in-china-and-india-dominates-the-greening-of-earth-nasa-study-shows
https://www.forbes.com/sites/trevornace/2019/02/28/nasa-says-earth-is-greener-today-than-20-years-ago-thanks-to-china-india/?sh=595b4c2d6e13



В Китае и Индии реализуется крупнейшая в истории человечества программа по насаждению деревьев. Общая площадь *лесов* (?) в Китае только в 2000 –2015 годах выросла на 32%. В 2018 году деревья были посажены на площади, примерно равной площади Ирландии.

В Индии ситуация сходная: экономический и демографический рост заставил местных фермеров расширять посевные площади, в том числе в ранее засушливых районах (с помощью ирригации), **82% озеленения Индии приходится именно на пашню.**

В России за 2000-2017 годы площадь листьев выросла на 6,62% (это более чем 0,7 миллиона квадратных километров, площадь двух Германий). Значительная часть российского роста обеспечена за счет зарастания пашни лесом после коллапса планового хозяйства в 1991 году.

За те же годы площадь листьев в Австралии выросла на 5,62%, в США — на 4,55%.

https://nplus1.ru/material/**2019**/04/19/greening-earth

https://www.nasa.gov/feature/ames/human-activity-in-china-and-india-dominates-the-greening-of-earth-nasa-study-shows

Озеленение планеты:
мы должны восстанавливать леса, а не просто сажать деревья

Greening the planet: we can't just plant trees, we have to restore forests

Cost of trees vs value of forests May 19, **2021**

Количество посаженных деревьев часто рассматривается как показатель успеха проектов по лесовосстановлению. Мы все видели рекламу, в которой говорилось, что если мы купим продукт, компания посадит дерево, чтобы компенсировать затраты на его производство. Деревья относительно легко сосчитать, и, если они посажены в правильном месте, это может свидетельствовать об успешном восстановлении. Но восстановление лесов происходит в течение сотен лет и плохо управляемые проекты, в ходе которых высаживаются миллионы деревьев, иногда могут закончиться гибелью большинства из них.

Most of 11m trees planted in Turkish project 'may be dead'

30 Jan 2020 **Agriculture and forestry union says up to 90% of saplings they have looked at so far have died**

https://www.theguardian.com/world/2020/jan/30/most-of-11m-trees-planted-in-turkish-project-may-be-dead

Вот почему успешные проекты восстановления лесов используют долговременный подход, сравнивая прогресс с существующими лесами, делая снимки «до и после» и измеряя социальные издержки и выгоды. Но ничего этого нельзя зафиксировать, только подсчитывая деревья: перепись деревьев не расскажет о состоянии экосистемы, почвы, популяций насекомых, птиц или млекопитающих. Она также не расскажет о потере или приобретении экономических возможностей местных сообществ, их здоровье или благополучии.

В отличие от простой переписи деревьев, необходимо развитие новых подходов оценки проектов. В частности, для отчетности перед финансовыми донорами проекта, в проекте Regrow Borneo планируется измерять успешность с точки зрения ***площади восстановленных лесов*** — показатель, который можно независимо проверять с помощью видеозаписей с беспилотников или с помощью передовых спутниковых и бортовых технологий, которые могут ***измерять, как функционирует восстановленная экосистема.***

https://theconversation.com/greening-the-planet-we-cant-just-plant-trees-we-have-to-restore-forests-156910

Эколог, призывавший людей посадить триллион деревьев, теперь просит всех прекратить высаживать так много

Исследования эколога Томаса Кроутера (Thomas Crowther) спровоцировали глобальное увлечение посадкой деревьев для компенсации выбросов углекислого газа. Теперь Кроутер обратился к мировым лидерам с просьбой остановить одержимость восстановлением лесов, утверждая, что эта практика может принести больше вреда, чем пользы. https://www.techinsider.ru/news/news-1625849-ekolog-prizyvavshii-lyudei-posadit-trillion-derevev-teper-prosit-vseh-prekratit-eto-delat/

“Существует вероятность сокращения выбросов углерода на 61% просто за счет сохранения существующих экосистем. … остального можно достичь за счет справедливого развития, расширения прав и возможностей местных сообществ… путем расширения возможностей социально и экологически ответственной революции для оздоровления деградированных экосистем.

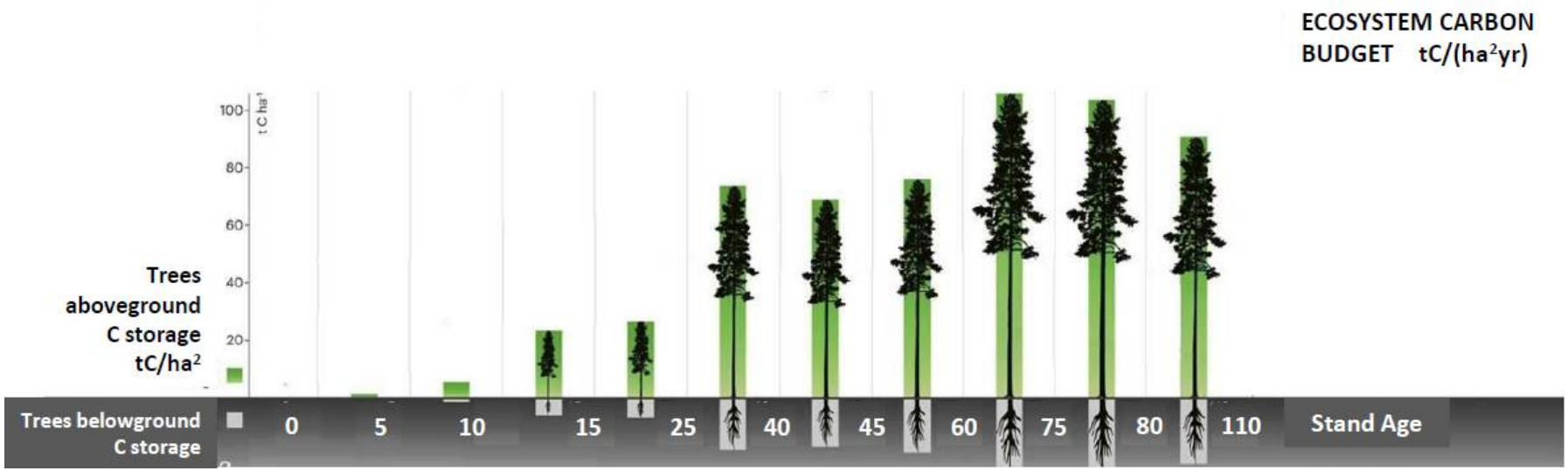
Но этого невозможно достичь с помощью массовых монокультур, потому что сила природы, как известно всем в этом зале, заключается в ее сложности. Это означает, что если бы мы заменили эти экосистемы монокультурами, мы потеряли бы от 50 до 70 % потенциала хранения углерода. Этого невозможно достичь, если мы также не сократим наши выбросы”. (COP28,days 8 and 9**)**

Thomas Crowther, a professor from ETH who founded Restor, an application that maps biodiversity data in to the whole world: “**If we conserve the ecosystems that we still have, there’s the potential for 61% of carbon drawdown potential simply by conserving ecosystems that we still have. … But the remainder can be achieved by equitable development, empowering local communities … about empowering a socially and ecologically responsible revolution to revise and revitalize the degraded ecosystems that we have into healthy ones. Now this cannot be achieved through these mass monocultures because the power of nature as everybody in this room knows is in its complexity. … That means that if we were to replace those ecosystems with monocultures, we would lose about 50 to 70 percent of that carbon storage potential. … This cannot be achieved if we don’t also cut our emissions.”**

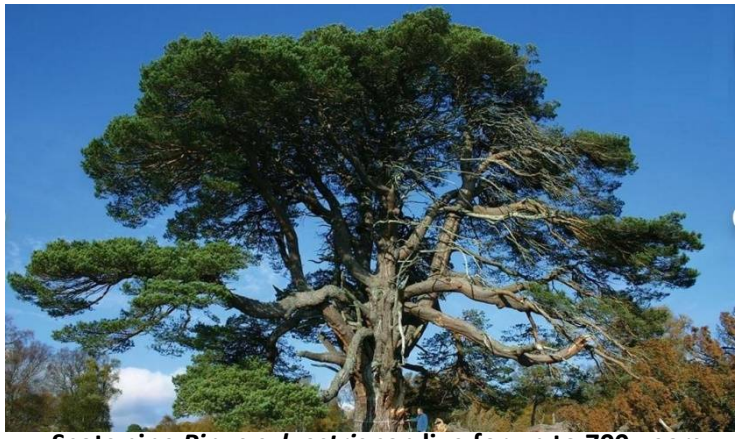
An extremely interesting project: Restor | Global hub for nature restoration and conservation

https://www.resfoundation.org/cop28-days-8-and-9/

THE DYNAMICS OF THE CARBON STORAGE AND FLUXES IN SCOTS PINE CHRONOSEQUENCE



Сосна обыкновенная (Scots pine) от стадии сплошной рубки (возраст 0) до 110 лет. Возрастной тренд чистой первичной продукции (ЧПП) показал эффективное накопление углерода в молодых и средневозрастных насаждениях с последующим его снижением.



Scots pine *Pinus sylvestris* can live for up to 700 years

To evaluate the impact of stand age on the ecosystem's C budget, as well as the post-harvest recovery of the C storages and fluxes, a chronosequence of Scots pine stands from the clear-cut stage up to the age of 110 years was studied. An age-related trend of net primary production (NPP) demonstrated effective C accumulation in the young and middle-aged stands and their levelling out thereafter. 390

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722000626

9.2. Последовательность экологических ниш человечества. Антропоцен

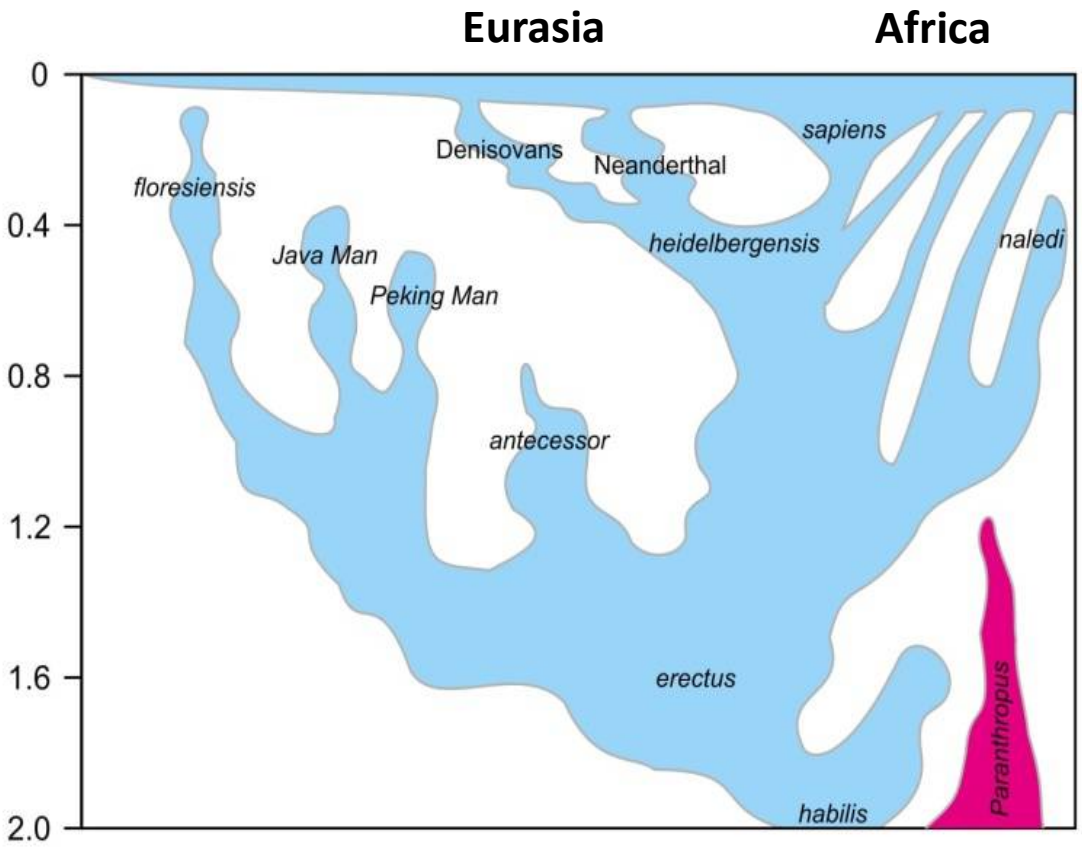




“The Thinker” ~ 5000 BCE

Has humanity reached peak intelligence?

Видообразование рода Homo за последние два миллиона лет



Верхняя часть диаграммы: быстрое распространение Homo sapiens из Африки и его гибридизация с неандертальцами, денисовцами и неопределёнными архаичными африканскими гомининами.

Ветвь австралопитеков (парантропов), существовавших до 1,2 млн лет назад параллельно с Homo, обозначена фиолетовым цветом.

Гоминины — подсемейство семейства гоминид, человекообразных приматов, к которому относят человека разумного (*Homo sapiens*), шимпанзе (*Pan*), горилл (*Gorilla*), а также ряд вымерших групп.

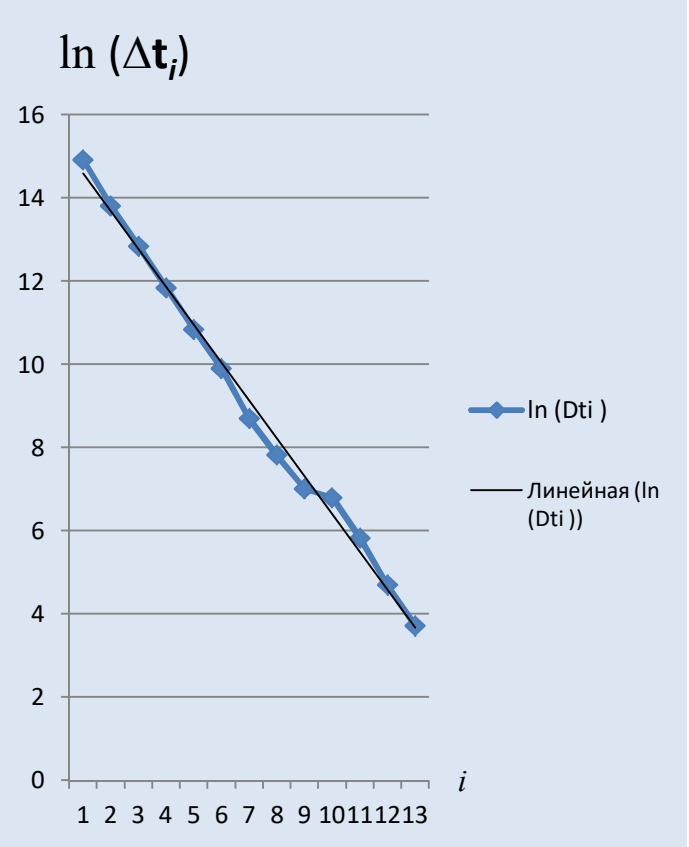
https://opengeology.org/historicalgeology/case-studies/human-evolution/

https://www.iflscience.com/mysterious-ancient-teeth-belonged-to-an-unknown-human-lineage-52060

“Экологические ниши” человечества

Номер “революции” i	Год (от Р. Х.) t_i	“ Революция”	Время пребывания в “нише” $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$
0	$-4{,}4\times10^6$	Четвертичный период (первые гоминиды)	
1	$-1{,}6\times10^6$	Олдувай. Очень грубые орудия. Палеолитическая революция.	3 000 000
2	$-0{,}6\times10^6$	Шелль. Огонь. Рубила, топоровидные орудия.	1 000 000
3	$-0{,}22\times10^6$	Ашель. Симметричные рубила, топоровидные орудия с прямым лезвием.	380 000
4	-80000	Мустье. Культура неандертальцев. Остроконечники, сверла, ножи.	140 000
5	-29000	Верхнепалеолитическая революция. “Охотничья автоматика”. Вымирание неандертальцев, Homo Sapiens - лидер эволюции	51 000
6	-9000	Неолитическая революция. Земледелие, скотоводство	20 000
7	-3000	Городская революция, письменность, начало древнего мира	6 000
8	-500	Железный век, Осевая революция (Сократ, Будда, Конфуций)	2500
9	600	Начало средневековья, мировые религии	1100
10	1500	Промышленная революция	900
11	1840	Механизированное производство (пар)	340
12	1950	Информационная революция, конец мировых войн, холодная война	110
13	1991	Крах социалистической системы, конец холодной войны, мировая компьютерная сеть(?)	41

http://ss.xsp.ru/st/005/index.php



С.П. Капица 1996, А.Д. Панов 2005
Кризис планетарного цикла Универсальной истории. Глобальная сингулярность эволюции.

$$t_n = t^* - T / a^n \quad (a > 1)$$

$$\lg(t^* - t_n) = \lg T - n\lg a$$

$$\Delta t_i = T/\alpha^i \quad \Delta t_i = \Delta t_{i-1}/\alpha$$

$$\alpha = 2{,}67 \qquad t^* = 2027$$

(режим с обострением)

Основные этапы развития “экономики”:

(экономика от древне-греческого οικοζ «дом, хозяйство; хозяйствование» + νομοζ « ном, территория под управлением; правило, закон», οἰκονομία, буквально — “искусство ведения домашнего хозяйства”)

- **человек открыл возможность использования огня ~ 1 млн лет до н.э. (найдены свидетельства разведения огня умелым человеком *Homo habilis* более одного млн. лет до н.э.),**
- **научился изготавливать и использовать орудия труда “инструменты ” более 100 тысяч лет до н.э.,**
- **массовое распространение метательных орудий, лук, копье (“охотничья автоматика”) ~ 30 000 лет до н.э. - “великий загонщик” крупных травоядных,**
- **стал вести примитивное сельское хозяйство 12 000 – 10 000 лет назад, после отступления ледников и вымирания (истребления?) мамонтов,**
- **развил сельское хозяйство, научился одомашнивать животных, сеять пшеницу, основал первые города 8000 – 3000 лет назад (локальная сельскохозяйственная революция),**
- **развил современные промышленность и сельское хозяйство, основанные на ископаемом топливе – в 19 веке.**

Замечание: см предыдущий слайд Осевое время (Карл Ясперс). Логос против мифа. Около 500 до н.э. (800 – 200 до н.э.). Сознание осознавало сознание, мышление делало своим объектом мышление.

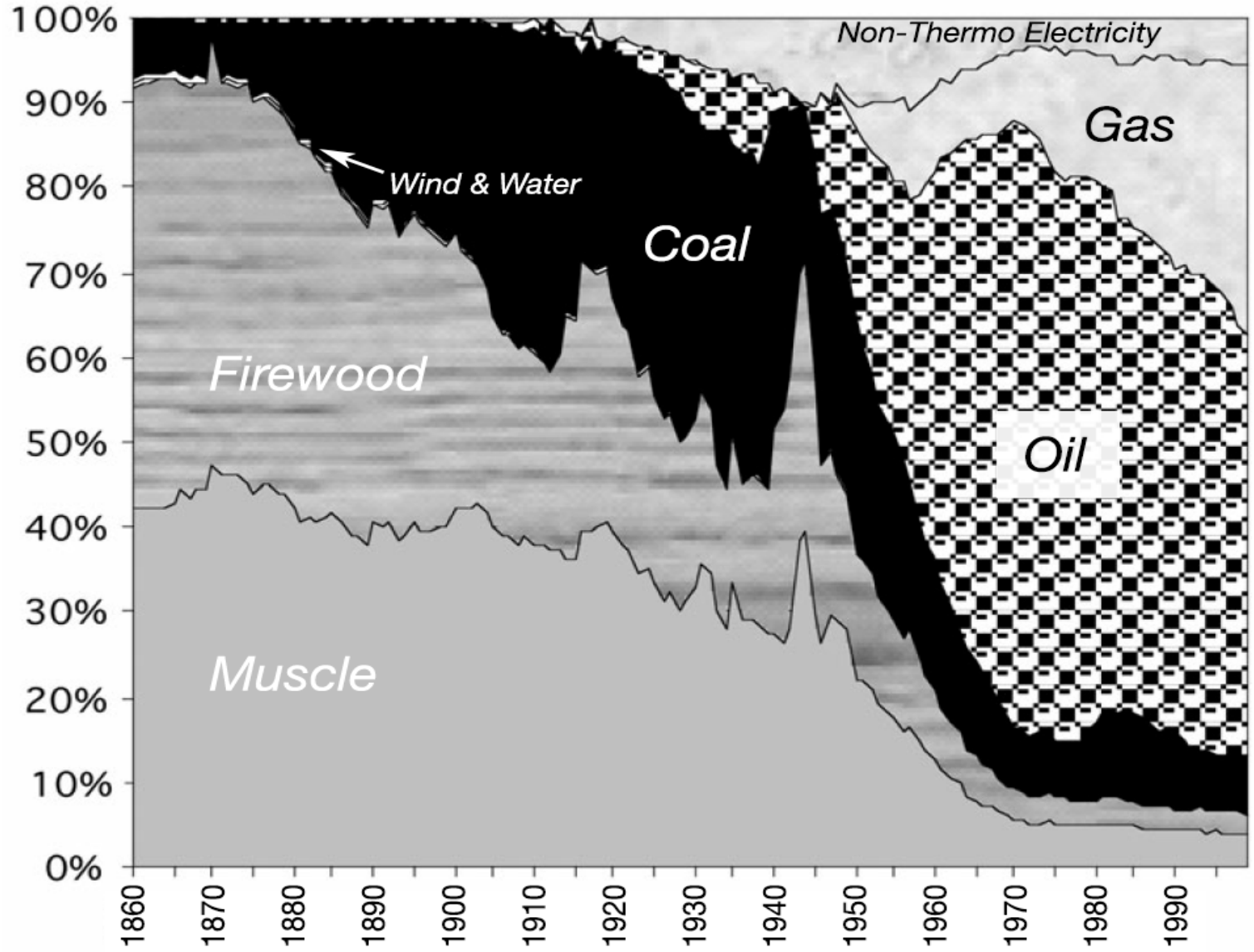
Основные характеристики последовательности “экологических ниш” человечества

НИША	Потребляемая мощность Вт (кВт)/чел	Площадь потребления га/чел	Время пребывания лет (порядок)
1. Собиратель-охотник	134 Вт пища	500	~ 100 000
2. Подсечно-огневое земледелие	300 Вт = = 134 + 170 огонь	8,3	~ 10 000
3. Традиционное с/х плуг, лошадь	540 Вт = = 134 + 200 огонь + + 210 лошадь	0,83	~ 1000
4. Современное потребление на основе ископаемого топлива	2,5 – 3,4 кВт (~ 1/3 – транспорт)	0,28	~100

Горшков В.Г. 1995

Пример: энергетический переход в Италии, 1861-2000

The Italian energy transition



Taken from Gales, Kander, Malanima and Rubio (2007) – North versus South: Energy transition and energy intensity in Europe over 200 years.
Changes by Max Roser – www.OurWorldinData.org

Современное сельское хозяйство

- **доля используемой человеком суши – более 60% в разной степени “нарушенные территории”**

  Оценка “*под прямым воздействием человека*” ~ 83% суши основана на учете распределения плотности населения, поселений, дорог, сельскохозяйственных территорий и т.п. (*Sanderson et al.,* 2002). Согласно другой, более ранней оценке, “человек *полностью доминирует* на ~ 40% суши (*Hannah et al*., 1994)

- **в целом ≈ 35% суши используется человеком на с/х нужды (площадь пашни 1,4 х 10^9 га ≈ 11% площади суши + 24% пастбища);**

- **≈ ½ всей пашни необходима для производства зерна на корм скота, в мире в целом ≈ 40% зерна идет на корм скота, в США ≈ 70%;**

  Потребление зерновых в мире в сезоне 2022–2023 годов прогнозируется на уровне 2,779 млн тонн, что соответствует ≈ 350 кг/год чел зерновых культур. Основные зерновые культуры: пшеница, ячмень, овес, рожь, тритикале, кукуруза, просо, полба

- **в 2022 г. численность населения в мире ≈ 8 млрд, поголовье крупного рогатого скота ≈1 млрд.**

  По данным ФАО в мире в 2020 г. поголовье крупного рогатого скота (КРС) составляло около 1 млрд голов. Первое место по численности КРС занимает Индия – 305,4 млн голов; 2 место – Бразилия – 252,3 млн голов; 3 место – Китай – 95,7 млн голов. В 2020 г РФ занимает 9 место в мире по поголовью КРС.

https://bigenc.ru/c/krupnyi-rogatyi-skot-ed36e6

https://www.statista.com/statistics/263979/global-cattle-population-since-1990/#:~:text=How%20many%20cattle%20are%20in,approximately%20989%20million%20in%202019.

Для развития сельского хозяйства и организации сложных обществ необходима стабильность климата:

требуется временной интервал порядка 2000 лет, свободный от значительных климатических вариаций на временных промежутках порядка века (нескольких столетий)

- **Подобные (анатомически) современным люди жили в Африке уже около 130 000 лет назад**
- **Миграция из Африки происходила, возможно, еще 120 000 лет назад, но стала значительной около 55 000 лет назад**
- **Искусство и культура были развиты уже около 30 000 лет назад**
- **Но не было сельского хозяйства и сложных обществ – до примерно 10 000 лет назад**
- **Таким образом, более 120 000 лет человеческой истории - без сельского хозяйства и сложных обществ. Почему?**
- **Ответ, возможно, в следующем: климатические условия стали существенно более стабильными с тех пор, как закончился последний ледниковый период 11 570 (+/-200) лет назад**

Age of the oldest known *Homo sapiens* from eastern Africa (*Nature* 2022)

Shifting the age of the oldest known *Homo sapiens* fossils in eastern Africa to before around **200 thousand years ago** is consistent with independent evidence for greater antiquity of the modern human lineage.

https://www.nature.com/articles/s41586-021-04275-8?WT.ec_id=NATURE-202201&sap-outbound-id=93F5CECC6CA4B303A35CF72E4AA789A01615871E

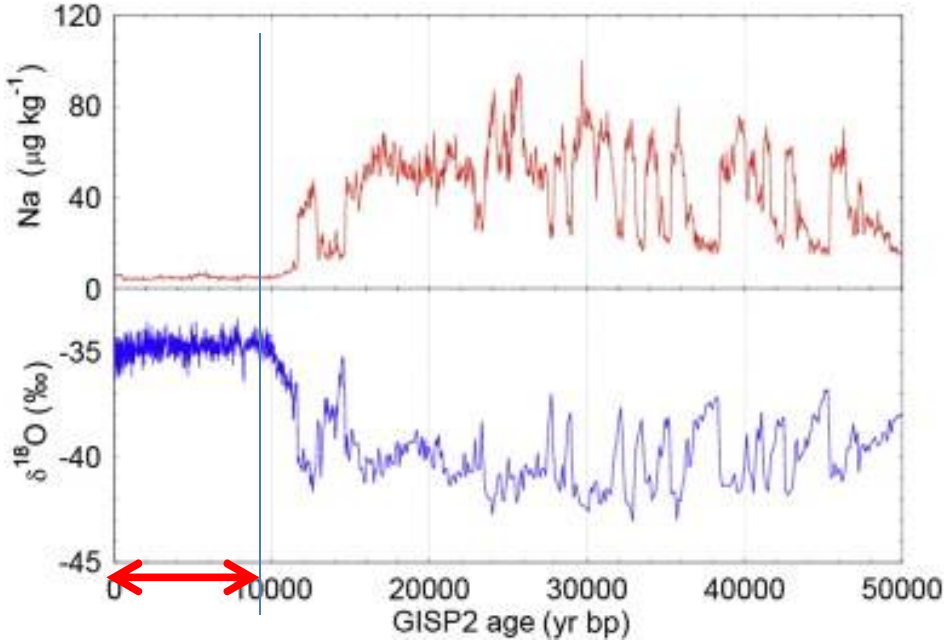
The Holocene Epoch

To observe a Holocene environment, simply look around you! The Holocene is the name given to the last 11,700 years* of the Earth's history — the time since the end of the last major glacial epoch, or "ice age." Since then, there have been small-scale climate shifts — notably the "Little Ice Age" between about 1200 and 1700 A.D. — but in general, the Holocene has been a relatively warm period in between ice ages.

* Date from the International Commission on Stratigraphy's International Stratigraphic Chart, 2009.

https://ucmp.berkeley.edu/quaternary/holocene.php (Hughen, et al., Science 2000) *Climate Stability is a Key Factor In Development of Agriculture and Complex Societies*

~ 11 600 лет назад
климат стал гораздо более стабильным



Анализ нестационарных временных рядов (климатических прокси-данных) показал, что между 50 000 лет назад и ~ 11 600 лет назад - окончанием позднего (младшего Дриаса, *Younger Dryas,* YD) - не нашлось промежутка времени длиной порядка 2000 лет, на котором не происходили бы относительно большие климатические вариации длительностью около века.

Более того, **~ 11 600 лет назад на временных промежутках масштаба века стали относительно малыми климатические изменения**.

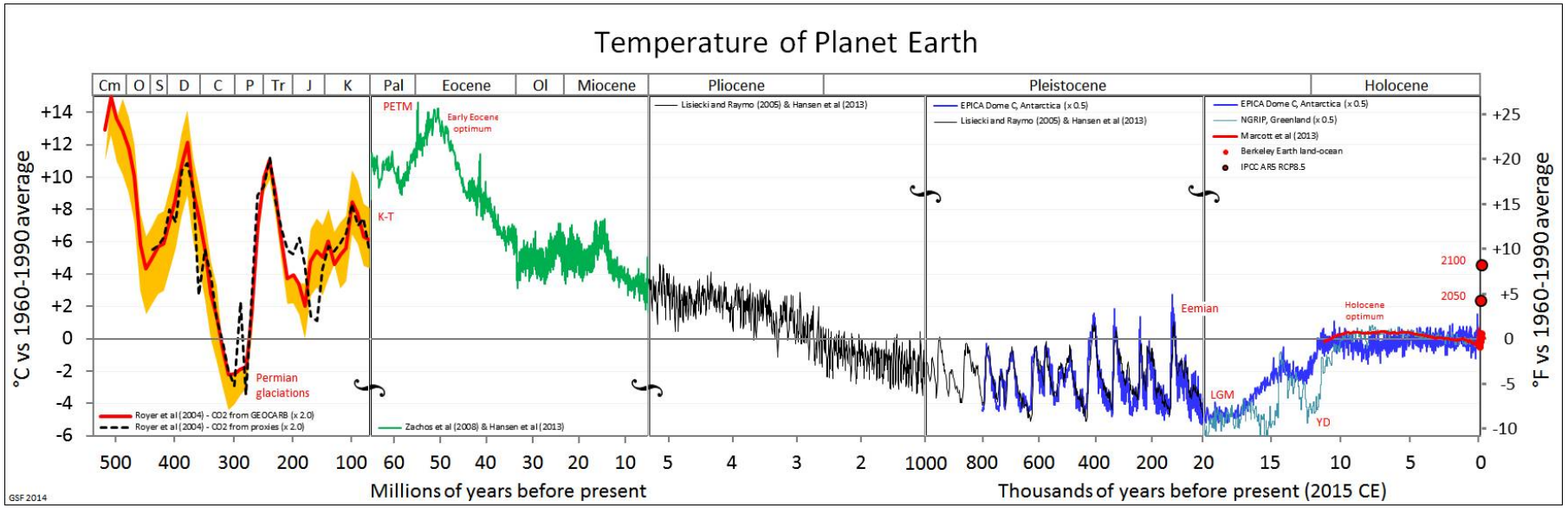
Детальные исследования показывают, что в указанном интервале происходили климатические изменения (длительные засухи, увлажнения и т.д.), связанные с процессами циркуляции океана в приполярной и экваториальной областях и взаимодействиями океан-атмосфера, которые управляют и современным климатом. (Peter B. deMenocal *Science* 27 Apr 2001). Однако размах этих изменений стал существенно меньше.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277379113000206

https://www.researchgate.net/publication/225451917_Climate_Stability_and_the_Development_of_Agricultural_Societies

Средняя глобальная приземная температура за ~540 млн лет

(Фанерозой)



Global temperature estimates over the ~12,000 years of the Holocene from the multi-proxy collection and interpretation of Marcott et al (2013).[1] Instrumental (not proxy) data since 1850 from the Berkeley Earth project land-ocean dataset (2014), plotted as decadal means. Projected temperatures for 2050 and 2100 from the IPCC Fifth Assessment Report's WG1 Summary for Policy Makers (2013) for the RCP8.5 scenario.

This shows estimates of global average surface air temperature over the ~540 My of the Phanerozoic Eon, since the first major proliferation of complex life forms on our planet.
A substantial achievement of the last 30 years of climate science has been the production of a large set of actual measurements of temperature history (from physical proxies), replacing much of the earlier geological induction (i.e. informed guesses). The graph shows selected proxy temperature estimates, which are detailed below.

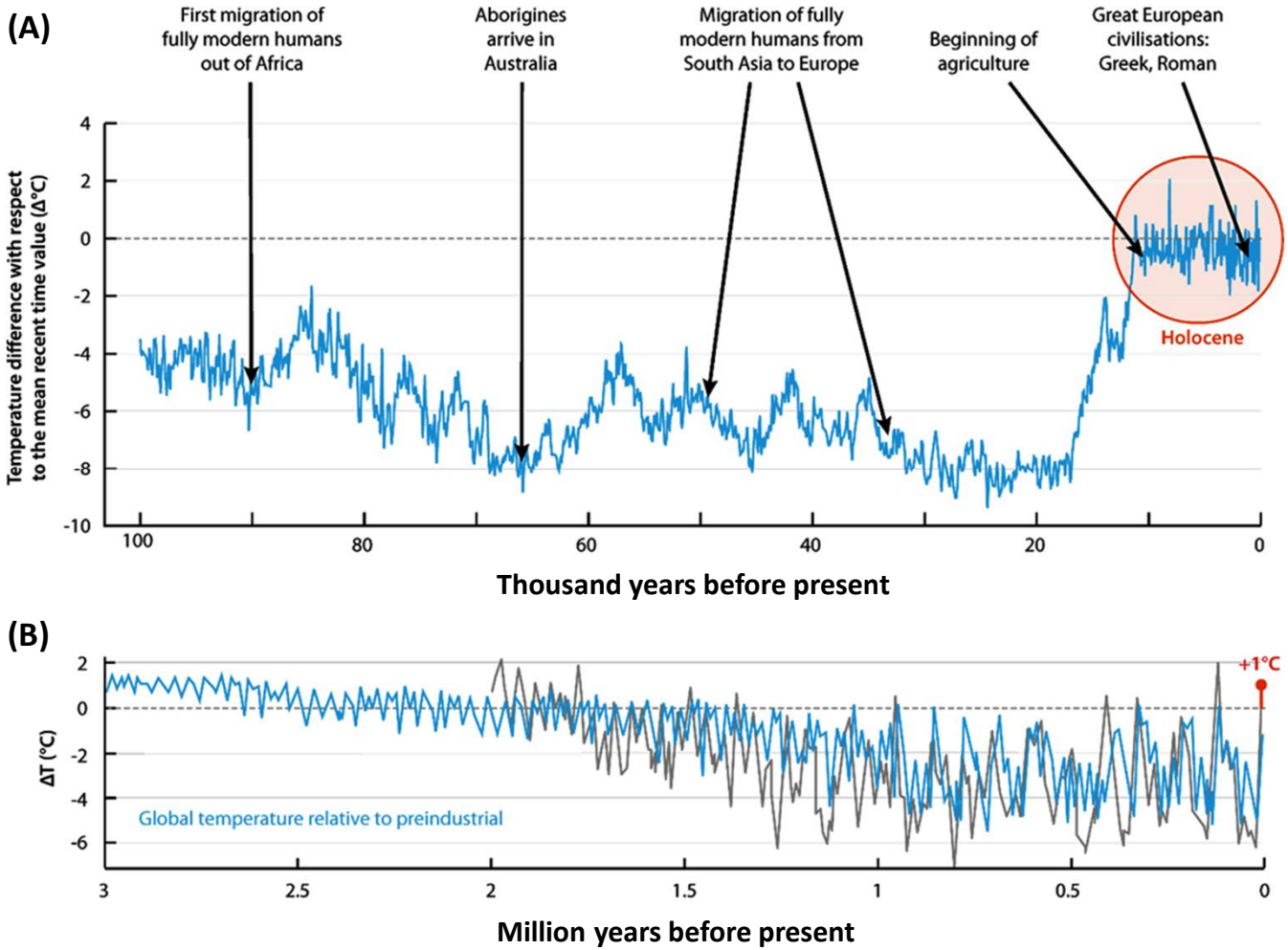
Because many proxy temperature reconstructions indicate local, not global, temperature -- or ocean, not air, temperature -- substantial approximation may be involved in deriving these global temperature estimates. As a result, the *relativities* of some of the plotted estimates are approximate, particularly the early ones. (Present – 2015)

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=File%3AAll_palaeotemps.png

https://courses.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/EPS281r/Sources/Gaia/Gaia-hypothesis-wikipedia.pdf

Эпоха голоцена

Начало голоцена совпадает с окончанием последнего материкового оледенения на Севере Европы (около 10 000 лет назад).



(A) Данные ледяных кернов (станция Восток, Антарктида) за последние 100 000 лет. Показаны периоды важных миграционных процессов и образования греческой и римской цивилизаций. Красным кругом отмечены последние 11 000 лет эпохи голоцена. (B) Глобальная температура за последние 3 миллиона лет колеблется в пределах +2 °C и -6 °C относительно доиндустриальной температуры (линия 0). Черным цветом выделены данные полученные из ледяных кернов и годичных кольцах деревьев, а результаты моделирования выделены синим цветом. Данные свидетельствуют о том, что нынешние уровни антропогенного потепления "вытеснили земную систему из климатических условий голоцена в антропоцен". Потепление более чем на 2 °C по сравнению с доиндустриальным уровнем – угроза для современных обществ и цивилизации в целом.

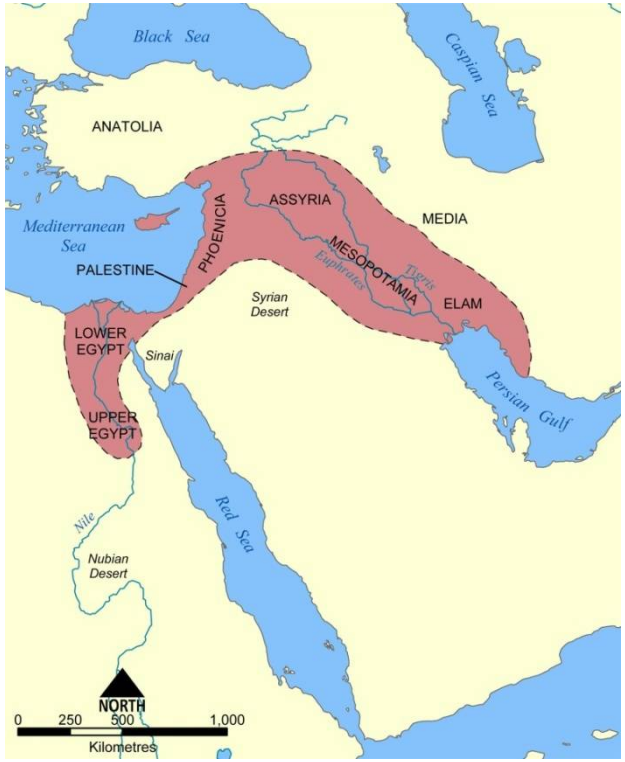
(Our future in the Anthropocene biosphere. 2021)

https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-021-01544-8

Плодородный полумесяц —The Fertile Crescent

Становление земледелия происходило независимо в разных районах Плодородного полумесяца 10 500–10 000 лет тому назад.





Плодородный полумесяц (The Fertile Crescent) условное название региона на Ближнем Востоке, в котором в зимние месяцы наблюдается повышенное количество осадков. Занимает современные территории Ливана, Израиля, Сирии, Ирака, юго-востока Турции и северо-запада Иордании. Иногда в его состав включают также долину нижнего течения Нила (Египет). Плодородный полумесяц считается первым из центров, где зародились земледелие и скотоводство, появившиеся в каменном веке. Также он является местом древнейших известных городских культур мира (Иерихон - первые следы жизни людей здесь относятся к 8 тыс. лет до н. э., Чатал-Гуюк – неолит - 7500 лет до нашей эры).

http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/55001 http://earlyworldhistory.blogspot.ru/2012/03/fertile-crescent.html

Цивилизация древней Месопотамии

Около 8000 лет до нашей эры люди пришли к концепции сельского хозяйства и постепенно начали приручать животных как для целей питания, так и для помощи в сельском хозяйстве. До этого люди уже создавали произведения искусства, но все это было частью человеческой культуры, но не цивилизации. Цивилизация от лат. *civilis* — гражданский, государственный. Месопотамия считается первым местом, где около 3300 г. до н.э. - 750 г. до н.э. действительно начала складываться самая ранняя цивилизация.

Приведем пример одного из определений цивилизации (Гордон Чайлд, Vere Gordon Childe). Развитие цивилизации рассматривается как следствие двух событий, названных революциями (по аналогии с промышленной революцией). Первая, неолитическая, сделала возможным производящее хозяйство (приручение и разведение домашних животных, земледелие) и распространение оседлых сельских общин. Вторая, урбанистическая революция, непосредственно связана с возникновением городов и государственных институтов как таковых.

10 критериев, отличающих городскую цивилизацию от предшествовавших обществ:

- **увеличение размеров и плотности поселений, превращение их в города;**
- **социальная стратификация (классовое расслоение), предусматривающая существование привилегированного правящего класса, использующего государственную машину для сохранения своего превосходства;**
- **механизмы извлечения «социальных излишков» для поддержания государственного аппарата, включая налоги или дань;**
- **политическая организация, построенная по территориальному, а не только родственному признаку - государство; концентрация власти;**
- **общественное разделение труда, позволяющее выделение категорий ремесленников и специалистов в непроизводственных сферах;**
- **интенсивная экономика, предусматривающая внешнюю торговлю;**
- **письменность или её заменители;**
- **возникновение зачатков точных наук;**
- **развитое изобразительное искусство;**
- **монументальные общественные постройки**

http://www.ancienthistorylists.com/ancient-civilizations/10-oldest-ancient-civilizations-ever-existed/ https://ru.wikipedia.org/wiki http://www.ancient.eu/civilization/

Одомашнивание растений и животных

Регион	Одомашненные		Наиболее ранняя достоверная дата одомашнивания
	растения	животные	
Случаи самостоятельного локального одомашнивания			
1. Юго-Западная Азия	Пшеница, горох, оливковое дерево	Овцы, козы	8500 г. до н. э.
2. Китай	Рис, просо	Свинья, тутовый шелкопряд	до 7500 г. до н. э.
3. Мезоамерика	Кукуруза, бобы, тыквы	Индейка	до 3500 г. до н. э.
4. Анды и Амазония	Картофель, маниок	Лама, морская свинка	до 3500 г. до н. э.
5. Восток Соединенных Штатов	Подсолнечник, марь	—	2500 г. до н. э.
? 6. Сахель	Сорго, африканский рис	Цесарка	до 5000 г. до н. э.
? 7. Тропическая Западная Африка	Африканский ямс, масличная пальма	—	до 3000 г. до н. э.
? 8. Эфиопия	Кофе, тэфф	—	?
? 9. Новая Гвинея	Сахарный тростник, банан	—	7000 г. до н. э.?
Случаи локального одомашнивания под влиянием заимствования первых основных культур			
10. Западная Европа	Мак, овес	—	6000 — 3500 г. до н. э.
11. Долина Инда	Кунжут, баклажан	Горбатый скот	7000 г. до н. э.
12. Египет	Сикомор, чуфа (земляной миндаль)	Осел, кошка	6000 г. до н. э.

Главная пятерка животных (распространены по всему миру):

1. ***Овца.***
2. ***Коза.***
3. ***Корова.***
4. ***Свинья.***
5. ***Лошадь.***

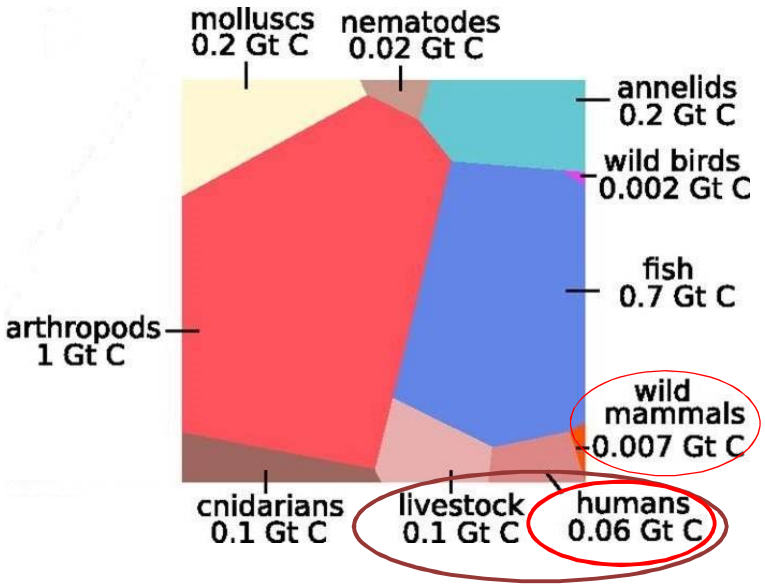
Младшая девятка:

6. *Одногорбый верблюд (дромадер).*
7. *Двугорбый верблюд (бактриан).*
8. *Лама и альпака.*
9. *Осел.*
10. *Северный олень*.
11. *Азиатский буйвол.*
12. *Як*.
13. *Балийский скот.*
14. *Гаял.*

Джаред Даймонд. *Ружья, микробы и сталь. Судьбы человеческих обществ*
(Jared Diamond *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*)

Биомасса человечества на сегодняшний день составляет около 0,06 Гт, или ~ 3% биомассы всех животных на Земле

- Биомасса людей больше, чем биомасса всех диких млекопитающих на Земле примерно в 10 раз,
- биомасса домашних животных превосходит биомассу диких млекопитающих примерно в 14 раз.



В настоящее время масса тел людей достигает одной трети от общей биомассы наземных позвоночных. При этом две других трети, за исключением нескольких процентов, — это, по сути, то, что мы едим.

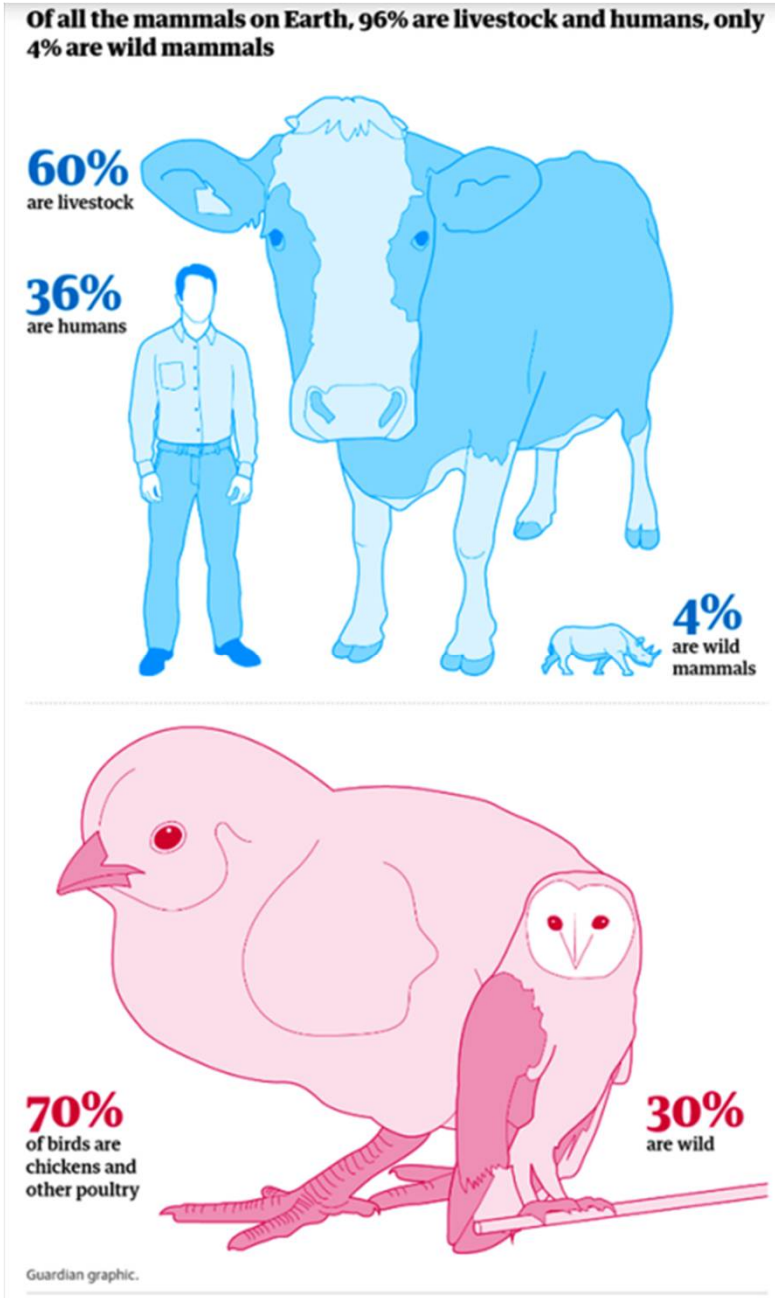
https://nplus1.ru/news/2018/05/21/biomass

Глобальная биомасса домашних и диких млекопитающих и птиц



Бройлер





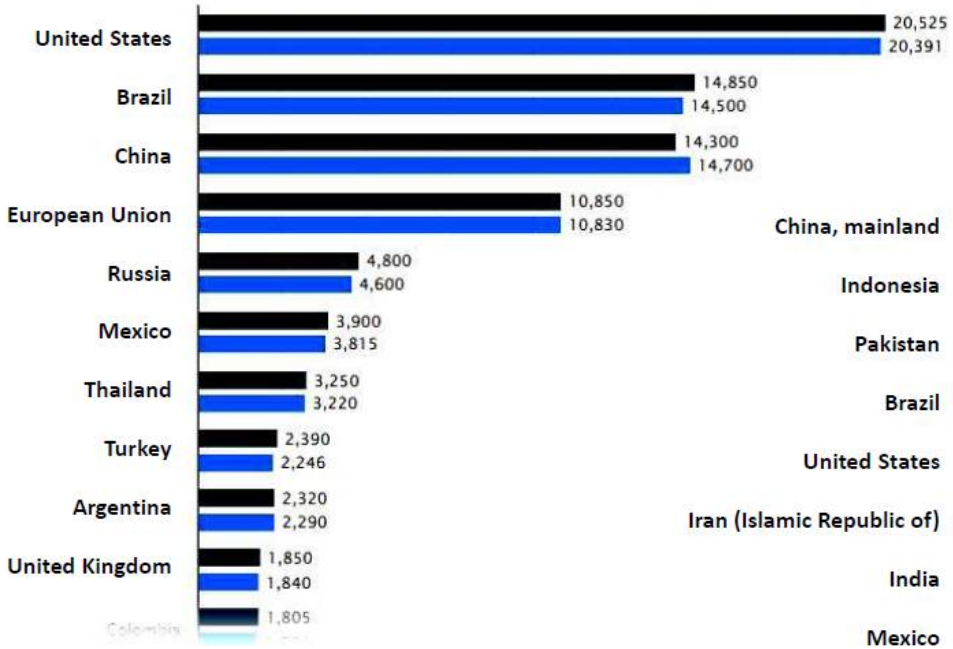


Банкивская* джунглевая *курица

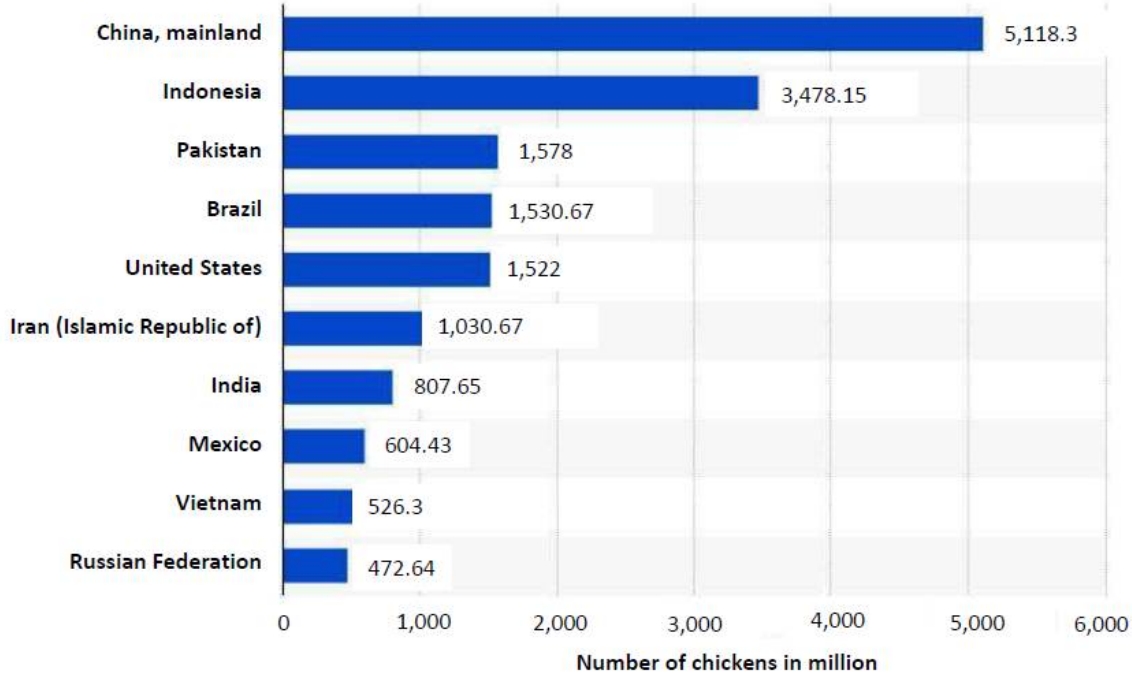
(Gallus gallus;; Gallus bankiva) Одомашнивание в Китае и Юго-Восточной Азии около 6000 лет до н. э., в Индии — около 3000 лет до н. э.

https://www.reddit.com/r/Infographics/comments/cj0sdm/mammalian_and_avian_global_biomass_livestock_vs/

Chicken meat production worldwide in 2021 and 2022, by country (in 1,000 metric tons) *) Statista 2023*



Number of chickens worldwide in 2021, by country (in million animals) *Statista 2023*



In 2021, about 20.4 million metric tons of broiler meat was estimated to be produced in the United States, the top producer of chicken meat in the world. China was estimated to be the runner up at 14.7 million metric tons of chicken meat in that year.

https://www.statista.com/statistics/237597/leading-10-countries-worldwide-in-poultry-meat-production-in-2007/

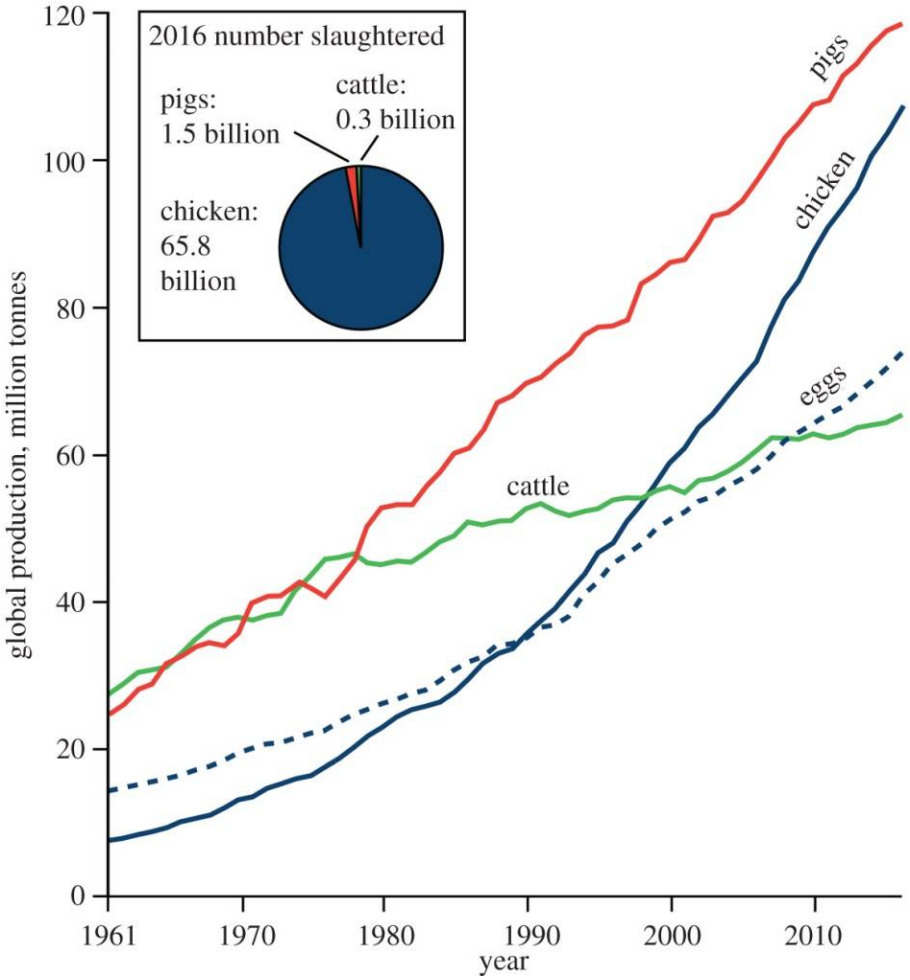


Бройлеров выращивают в огромных птичниках по замкнутому циклу (CAFO - Confined Animal Feeding Operations). Тысячи птиц содержат в тесноте и в полутьме (освещение эквивалентно лунной ночи), где их откармливают приблизительно 7 недель, а затем отправляют на бойню. В настоящее время масса съедобной части бройлера составляет в среднем 1 килограмм. Наиболее консервативная оценка энергозатрат на откорм и выращивание птицы – это эквивалент 200 мл дизельного топлива на килограмм мяса; максимальная величина может достигать 1 литра. (Vaclav Smil. HOW THE WORLD REALLY WORKS. A Scientist Guide to Our Past, Present and Future. 2022)

The feed conversion ratio (FCR) is the amount of feed ingested by an animal which can be converted into one kilo of live weight. A standard broiler chicken reared in an enclosed house will have an FCR between 1.4 to 1.9.

https://www.groupe-techna.com/en/feedia/advice/feed-conversion-ratio-fcr-feed-cost-broiler-turkey
https://www.thepoultrysite.com/articles/cafos-uncovered-the-untold-costs-of-confined-animal-feeding-operations
https://www.nature.com/articles/541289b https://www.clubofrome.org/2017/10/25/new-report-to-the-club-of-rome-come-on/

The broiler chicken as a signal of a human reconfigured biosphere



На Земле одомашненных кур как минимум в 10 раз больше, чем любой другой птицы. Стационарная численность этой популяция составляет 22,7 миллиарда особей – самая большая популяция одного вида птиц в истории Земли, при этом ежегодно потребляется ~65 миллиардов кур (~8 кур/чел год).
Это - визитная карточка современной эпохи и свидетельство преобразования биосферы человеком.
С геологической точки зрения, это может быть названо “эпоха курицы”.
Ископаемыми остатками этой эпохи будут, в частности, куриные кости, которые оставляет после себя современное человечество.

Конечно, археологи будущего не просто найдут куриные кости. Будет и пластик, и бетон, и другие “ископаемые”, в породах будут радиоактивные следы ядерных испытаний. Все это будет маркером эпохи *антропоцена*.

https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.180325

Рост численности населения мира

Год (оценка/прогноз)	**Численность** (млрд)	**Число лет на один миллиард**
1800 (1804)	**1**	**-**
1930 (1927)	**2**	**130** (123)
1960	**3**	**33**
1974	**4**	**14**
1987	**5**	**13**
1999	**6**	**12**
2012 (2011)	**7**	**13**
2024 (2022)	**8**	**12** (10)
2040	**9**	**16**
2062	**10**	**22**

8 миллиардов, 2022 год

World population has reached 8 billion people on November 15, 2022 according to the United Nations



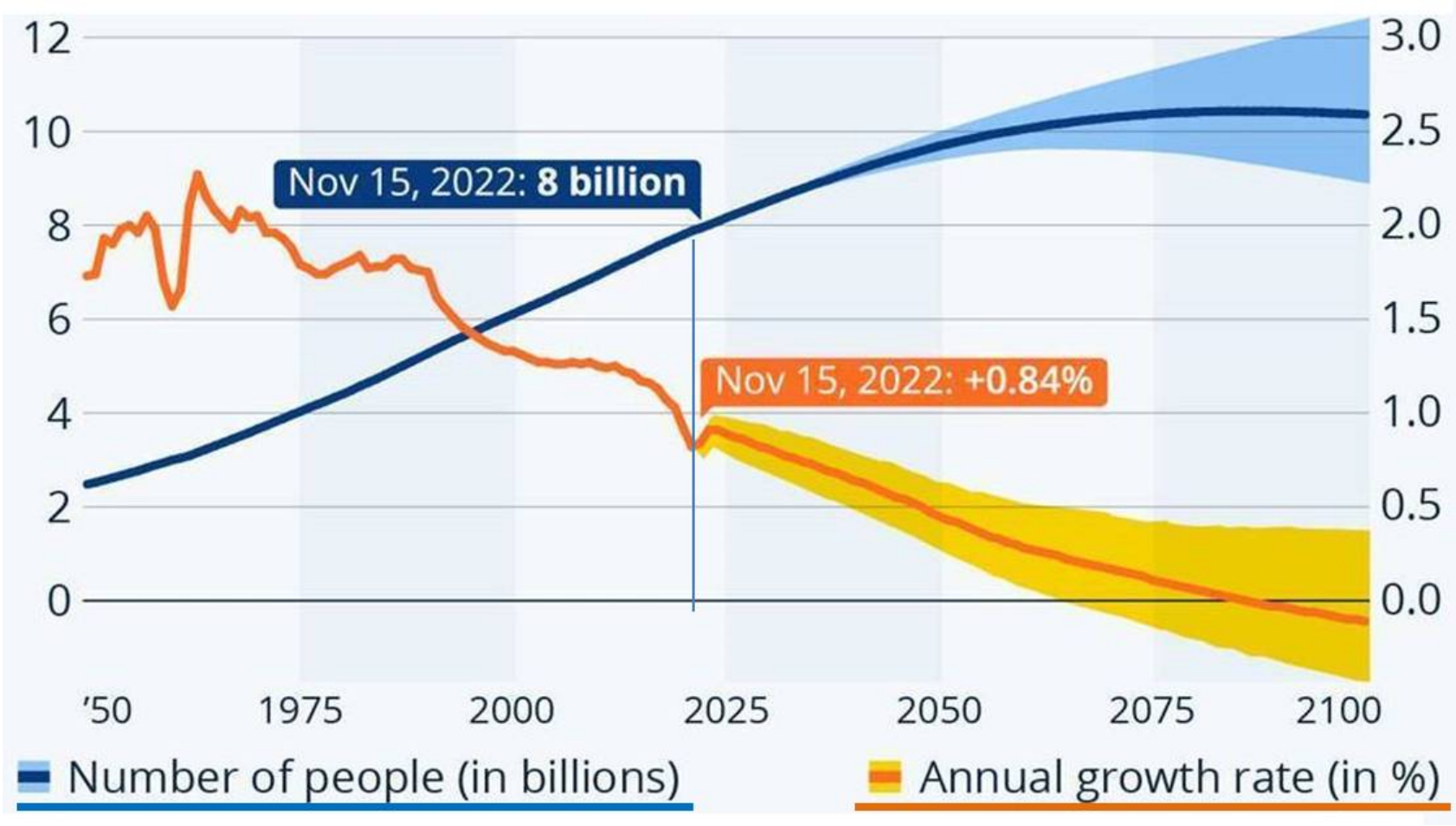
UN, Dept. of Economic and Social Affairs, Population Division (2013). World Population Prospects: The 2012 Revision. projected populations based on the medium-fertility variant.

https://www.worldometers.info/world-population/#:~:text=World%20population%20has%20reached%208,according%20to%20the%20United%20Nations

World Population Reaches 8 Billions

New United Nations Population Estimates and Projections

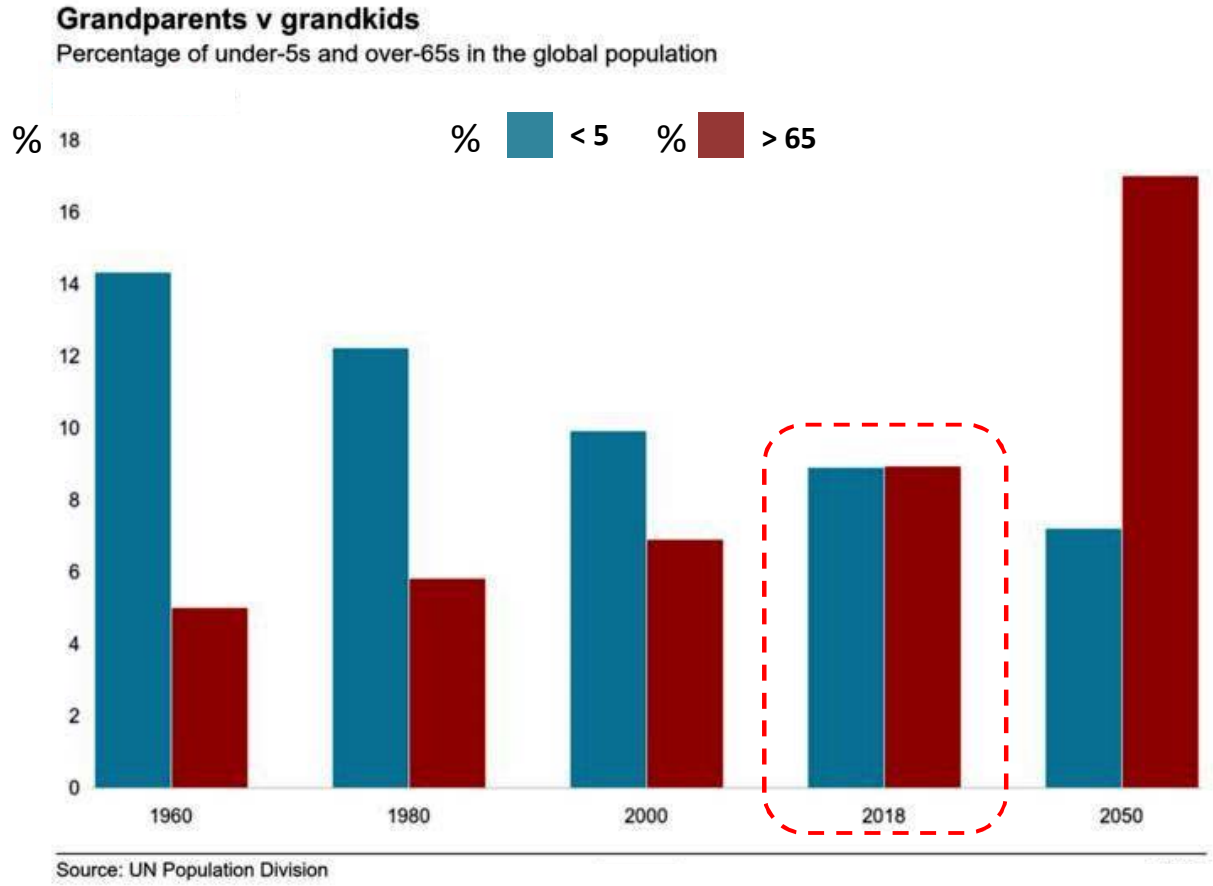
Global population size: medium scenario with 95 percent prediction interval (2022-2100)



Forecast from 2022 according to the medium scenario with moderate fertility
Source: UN Population Division

https://www.statista.com/chart/28744/world-population-growth-timeline-and-forecast/
https://population.un.org/wpp/ https://populationconnection.org/article/new-united-nations-population-estimates-and-projections/

По данным ООН, впервые в истории пожилых людей в мире стало больше, чем маленьких детей: в конце 2018 года число людей старше 65 лет превысило число детей в возрасте до пяти лет. В настоящее время на планете насчитывается около 705 миллионов человек старше 65 лет, а в возрасте от 0 до 4 лет – около 680 миллионов.

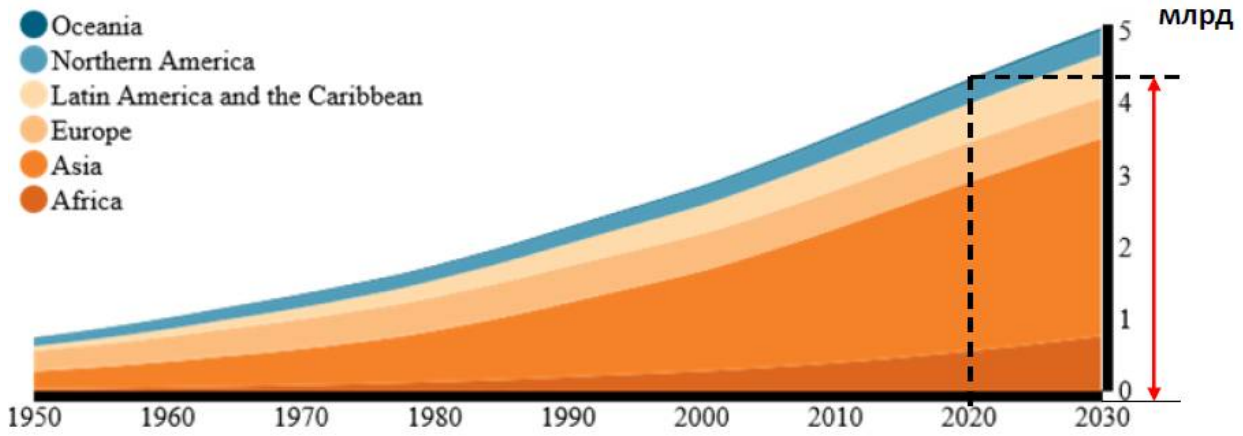


For the first time in history, there are more elderly people in the world than young children, according to the United Nations.

http://www.bbc.com/capital/story/20190405-why-the-world-now-has-more-grandparents-than-grandchildren

Динамика городского населения

Urbanization by region: 1950 – 2030



Урбанизация - процесс роста городов, повышение удельного веса городского населения, а также возникновение все более сложных сетей и систем городов. («городов-миллионеров» уже более 200, «расползание» городов, расширение их территории). Для современной урбанизации характерен переход от города к городским агломерациям (территориальным группировкам городских и сельских поселений) и мегалополисам — наиболее крупным формам поселения, образующимся в результате срастания городских агломераций. Крупнейшие городские агломерации мира: Токио-Иокагама (37 млн), Джакарта (27), Сеул-Инчхон (23), Дели (23), Шанхай (22), Манила (21), Карачи (21), Нью-Йорк (20), Сан-Паулу (20), Мехико (20). Города занимают всего 1% площади земной суши, при этом в них концентрируется более половины населения мира и основная часть производств.

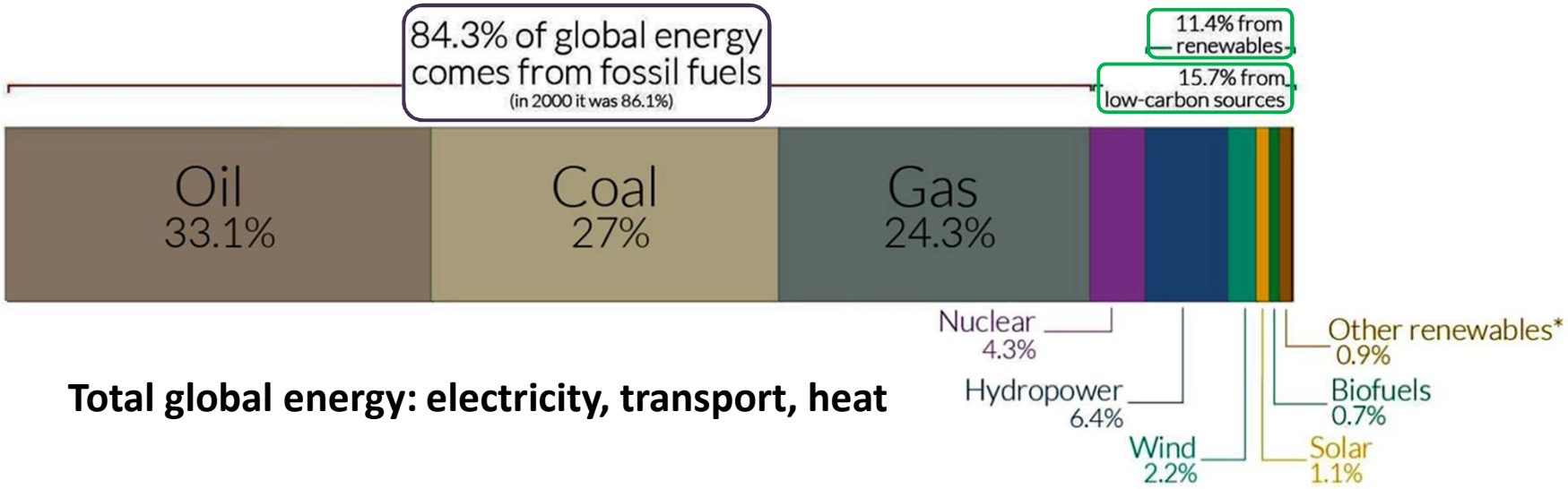
По состоянию на 2021 год во всем мире городское население составляет 4,46 миллиарда человек, 3,42 миллиарда - сельское. Городское население мира быстро росло с 751 миллиона человек в 1950 году до 4,46 миллиарда человек в 2021 году. Прогнозируется дальнейший рост примерно на 2,22 миллиарда человек к 2050 году (до 6,68 миллиарда), причем 90% роста городского населения мира в период с 2021 по 2050 год придется на Азию и Африку. Сельское население мира медленно росло с 1950 года и, как ожидается, достигнув своего пика в 2021 году, затем сократится до 3,1 миллиарда человек к 2050 году.

World urban population 2021 - StatisticsTimes.com

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geo/298/%D0%A3%D0%A0%D0%91%D0%90%D0%9D%D0%98%D0%97%D0%90%D0%A6%D0%98%D0%AF

http://www.sciencemag.org/news/2016/05/use-our-infographics-explore-rise-urban-planet

Whilst we continue to add more renewables, the majority of the world's energy still comes from fossil fuels. In 2019, 84% of it.



Since three-quarters of global greenhouse gases come from energy – the burning of coal, oil and gas – we need to rapidly transition away from them to low-carbon sources.

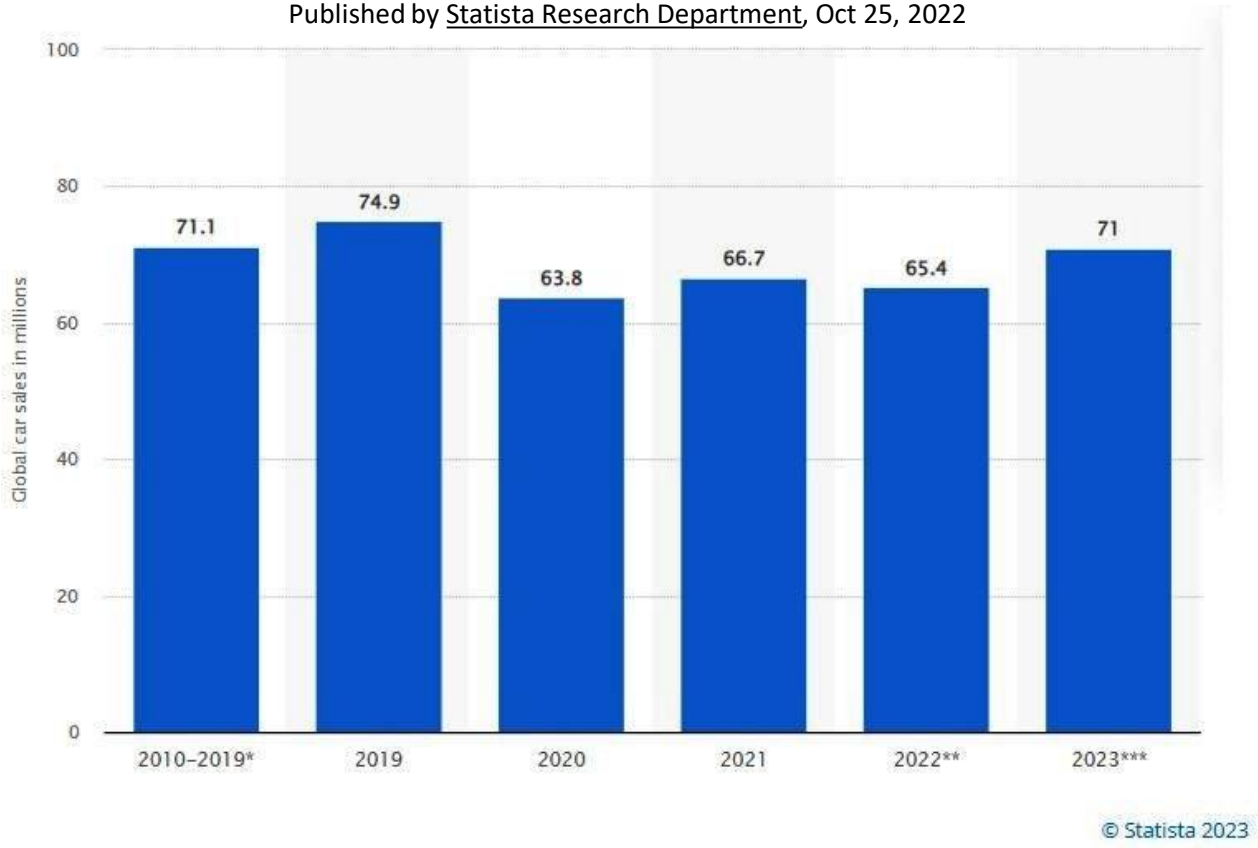
Whilst we continue to add more renewables, the majority of the world's energy still comes from fossil fuels. In 2019, 84% of it.

This is shown in the chart which gives a breakdown of the global energy mix by source. Low-carbon energy accounted for only 16% – around 11% from renewables and just over 4% from nuclear energy.

https://ourworldindata.org/energy-overview

Замечание Annual car sales worldwide 2010-2022, with a forecast for 2023

Published by Statista Research Department, Oct 25, 2022



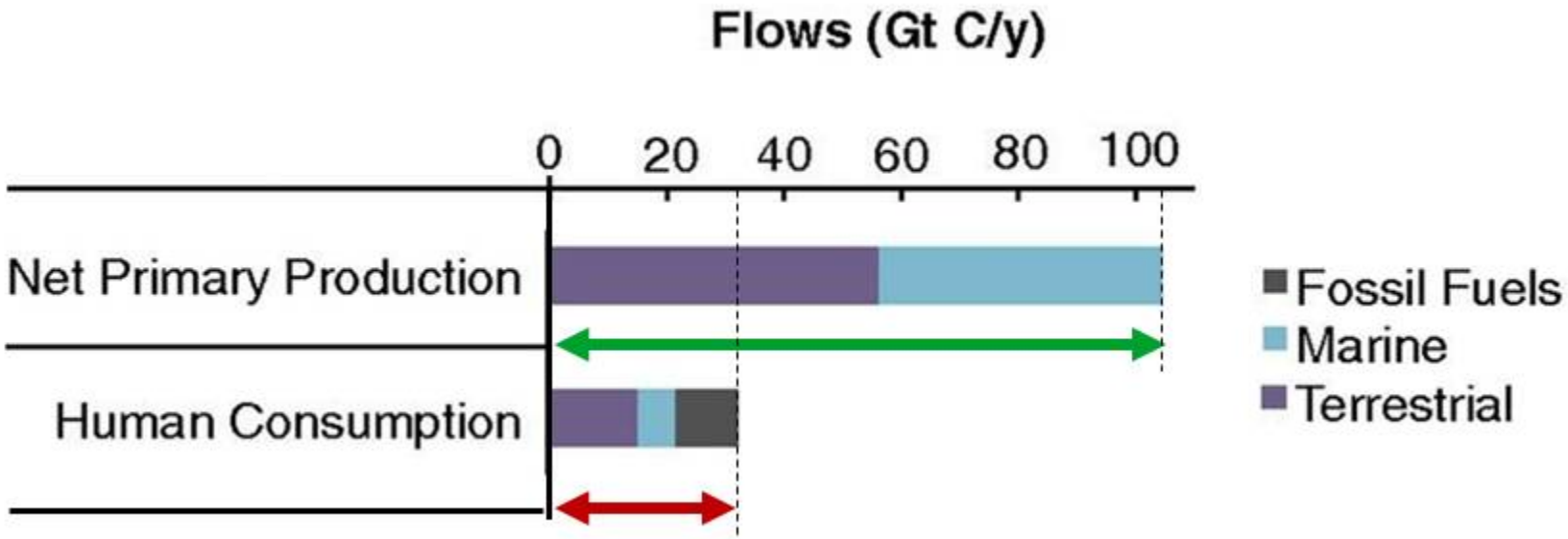
Worldwide car sales grew to around 66.7 million automobiles in 2021, up from around 63.8 million units in 2020. The sector experienced a downward trend on the back of a slowing global economy and the advent of the coronavirus pandemic in all key economies.

https://www.statista.com/statistics/200002/international-car-sales-since-1990/

Биосферные и антропогенные потоки углерода

Comparing scales of anthropogenic carbon stocks and flows to those of the biosphere

PNAS, **2018**



Мощность продукции/деструкции биоты ~100 ТВт,
мощность потребления человечества ~30 ТВт –
– антропогенное возмущение углеродного цикла

https://www.pnas.org/content/115/25/6328 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092180091300030X?via%3Dihub

АНТРОПОЦЕН – НОВАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭПОХА?

Неформальный термин антропоцен был введен в 2000г Полом Крутценом и Юджином Стормером для обозначения геологической эпохи, в которой причиной биогеофизических изменений планетарного масштаба стала деятельность человечества.

Geology of mankind (Paul J. Crutzen, Nature, 2002)

За последние почти три столетия воздействие человека на глобальную окружающую среду заметно усилилось. Из-за антропогенных выбросов углекислого газа глобальный климат может значительно отклониться от естественного поведения на многие тысячелетия вперед. Представляется целесообразным отнести термин *антропоцен*, относящийся к нынешней, во многом антропогенной, геологической эпохе, дополняющей голоцен — теплый период последних 10–12 тысячелетий. Рост глобальной концентрации углекислого газа и метана в атмосфере начался во второй половине восемнадцатого века – это показывает анализ полярных льдов. Заметим, что паровой двигатель Джеймса Уатта был спроектирован и запатентован в 1784 году. Если не произойдет глобальная катастрофа — падение метеорита, мировая война или пандемия – человечество останется главной экологической силой на многие тысячелетия. Теория антропоцена основана на предположении, что из-за воздействия роста населения и экономического развития на глобальную окружающую среду человечество следует считать основным геологическим и геобиологическим фактором на Земле. Вместе с другими учеными лауреат Нобелевской премии Пол Крутцен, предложивший термин *антропоцен*, утверждал, что антропогенные изменения в земной системе имели такое глубокое воздействие и длительность, что можно говорить о новой эпохе в истории Земли.

The theory of the *Anthropocene* is based on the assumption that, due to the effects of increased population and economic development on the global environment, humanity should be considered a major geological and geobiological factor on Earth. Along with other scientists, Nobel Laureate Paul Crutzen, who coined the term, argued human-induced changes in the earth system were of such deep impact and long duration that one could speak of a new epoch in Earth's history.

https://www.environmentandsociety.org/tools/keywords/paul-crutzen-popularizes-concept-anthropocene https://www.nature.com/articles/415023a



Black and white footage of the Castle Bravo hydrogen bomb test, conducted at **Bikini Atoll** in the Marshall Islands on **March 1, 1954**. The explosion yielded **15 megatons**, more than two and a half times what scientists had expected, making it **the largest bomb** ever exploded by the United States.

https://ahf.nuclearmuseum.org/ahf/history/castle-bravo/

Выдержки из лекции профессора палеобиологии из Лестерского университета в Англии и председателя международной рабочей группы по антропоцену Яна Заласевича (*Jan Zalasiewicz*).

Что такое антропоцен? Одиннадцать тысяч лет назад мир изменился, ледники отступили, температура поднялась и стабилизировалась. Теперь мы живем в самых устойчивых условиях окружающей среды за последние 300 тысяч лет, что позволило нашей цивилизации успешно развиваться. Примерно 200 лет назад начали происходить изменения, воздействие которых уже невозможно было не заметить. Их эффект по большей части продолжал быть незначительным, пока не началась индустриальная революция.

С точки зрения стратиграфии антропоцен мог начаться около 1950 года — именно с этой точки ход история Земли изменился: многие геологически значимые условия и процессы на Земле глубоко трансформируются деятельностью человека.

Приведем некоторые примеры.

- Люди выделили в *чистом виде* такие металлы как алюминий, титан, молибден и произвели их в огромных количествах — сотнями тысяч тонн. Например, с середины XX века было произведено столько алюминия, что его бы хватило, чтобы покрыть кухонной фольгой всю территорию США и еще немного Канады.
- Существует множество других искусственных веществ и материалов: нитрид бора, почти не уступающий по твердости алмазу; карбид вольфрама, использующийся при производстве шариковых ручек (одних только ручек BIC Crystal было произведено около 100 миллиардов); углеродное волокно; графен; керамические материалы; стекло; полимеры; пластик.
- По примерным подсчетам бетона производится 2-8 млрд. $м^3$ ежегодно. Кирпичи — примерно 10^{12} (триллион) каждый год. Этого достаточно, чтобы создать ощутимое количество пород, которые не существовали в течение миллиардов лет.

http://quaternary.stratigraphy.org/workinggroups/anthropocene/ https://ru.unesco.org/courier/2018-2/antropocen-nauchnye-spory-realnye-ugrozy

https://special.theoryandpractice.ru/anthropocene https://www.popmech.ru/science/374152-vremya-lyudey-ili-antropocen-kogda-nachalas-novaya-geologicheskaya-epoha/

Продолжение

- Изменения в содержании углекислого газа происходят синхронно с изменениями температуры. Начинает подниматься уровень моря - на 30 сантиметров за столетие. С точки зрения геологии, это незначительное изменение. К концу XXI века море поднимется на один метр, что по-прежнему незначительно для геологии, но представляет опасность для нас самих, ведь большая часть нашей инфраструктуры в течение голоцена строилась на уровне моря.
- Другой химический признак антропоцена связан с увеличением содержания фосфатов в почве и воде. Удобрения, используемые в сельском хозяйстве, в конечном итоге оказываются выброшенными в море, где ими кормится планктон. В неглубоких местах с неподвижной водой с приходом лета вымирают все обитающие на дне организмы — это тысячи километров побережий в Балтийском море, Мексиканском заливе и других местах (появление «мертвых зон»).
- Наконец, мы можем измерить человечество не только с точки зрения экономики или социологии, но и по чистому весу: в данный момент масса наших тел достигает трети от общей биомассы наземных позвоночных. С точки зрения геологии подобное доминирование одного вида беспрецедентно.
- Само существование современного человека является важным геологическим феноменом, который мы все еще пытаемся понять. В 2011 году нобелевские лауреаты пришли к выводу, что термин *антропоцен* может стать полезным для описания той ситуации, в которой мы оказались. Журнал «Nature» также предложил его в качестве удобного средства, с помощью которого можно объединять и осмыслять сведения о происходящем на нашей планете
- Признание ***антропоцена*** в науке еще далеко не завершено. На данный момент существует лишь положительная рекомендация *Рабочей группы по антропоцену*, работа над которой будет проводиться стратиграфической комиссией при Международном союзе геологических наук (IUGS).

http://quaternary.stratigraphy.org/workinggroups/anthropocene/

https://special.theoryandpractice.ru/anthropocene https://www.popmech.ru/science/374152-vremya-lyudey-ili-antropocen-kogda-nachalas-novaya-geologicheskaya-epoha/

Многие геологически значимые условия и процессы на Земле глубоко трансформируются деятельностью человека



https://curiousmatic.com/will-humans-leave-behind-plastic-stones-cities-lots-lots-trash/

Подсчитано, что с 1950 года в океан было выброшено около миллиарда тонн пластика.





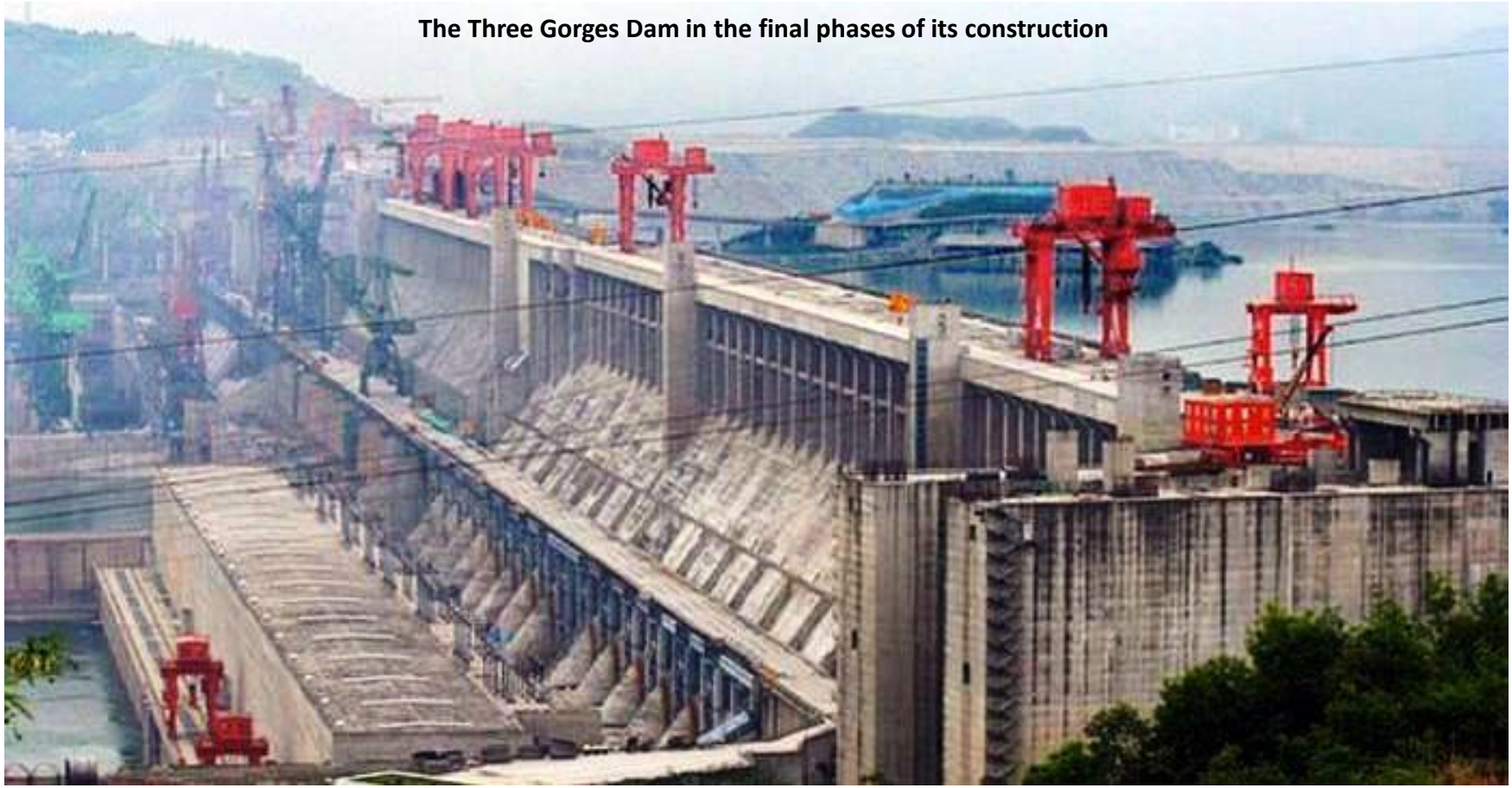
Researchers have collected samples of plastiglomerate rock material from the polluted Kamilo Beach in Hawaii.
CreditCreditPatricia Corcoran *University of Western Ontario*

Сплав пластика с песком, кораллами и ракушками при воздействии на материалы высоких температур (извержение вулкана), способен навсегда сохраниться в геологической истории, обладает положительной плавучестью. В комьях спекшегося пластика можно встретить орудия лова, всевозможную упаковку, широкий спектр останков обитателей дна. Подсчитано, что с 1950 года в океан было выброшено около миллиарда тонн пластика.

https://www.nytimes.com/2014/06/10/science/earth/future-fossils-plastic-stone.html?_r=0

https://www.meteovesti.ru/news/63541831254-plastiglomerat-eto-strannoe-strashnoe

ГЭС «Три ущелья» в провинции Хубэй – самое тяжелое сооружение планеты: вес плотины составляет около 65,5 млн тонн. Строительство велось почти 18 лет - с 1994 по 2012 годы



The Three Gorges Dam in the final phases of its construction

При всей своей грандиозности в конструктивном плане ГЭС «Три ущелья» довольно проста: это - типичная гравитационная бетонная плотина с поверхностным водосбросом. Похожую конструкцию имеет, например, Красноярская ГЭС. На строительство плотины, высота которой составила 185 м, а длина – 2,3 км, понадобилось 27,2 миллиона кубометров бетона и свыше 450 тыс тонн стали. Для сравнения, на возведение самого высокого в мире небоскреба Burj Khalifa - 828 м - было затрачено в 85 раз меньше бетона и в 7,5 раз меньше стали. Водосброс расположен по центру плотины и рассчитан на пропуск 116 000 куб.м/с воды. Гигантский показатель: в секунду более чем со стометровой высоты обрушивается более чем 100 тысяч тонн воды.

https://gge.ru/press-center/news/ges-tri-ushchelya-samoe-tyazheloe-sooruzhenie-planety/ https://www.e-education.psu.edu/earth111/node/892

Основные компоненты физической техносферы: геологический взгляд

1 тератонна (Tt) = 10^{12} тонн

Компоненты	Площадь (10^6 km^2)	Толщина (cm)	Плотность (g/cm^3)	Масса (Tt)	Доля (%)
Городские территории	**3.70**	200	1.50	**11.10**	**36,9**
Сельские поселения	**4.20**	100	1.50	**6.30**	**20,9**
Пастбища	**33.50**	10	1.50	**5.03**	**16,7**
Пашня	**16.70**	15	1.50	**3.76**	**12,5**
Распаханное тралами морское дно	**15.00**	10	1.50	**2.25**	**7,5**
Использованная и эродированная земля	**5.30**	10	1.50	**0.80**	**2,7**
Загородные дороги	**0.50**	50	1.50	**0.38**	**1,3**
Лесопосадки	**2.70**	10	1.00	**0.27**	**0,9**
Водохранилища	**0.20**	100	1.00	**0.20**	**0,7**
Железные дороги	**0.03**	50	1.50	**0.02**	**0,1**
Всего:	**81.83**			**30.11**	100%

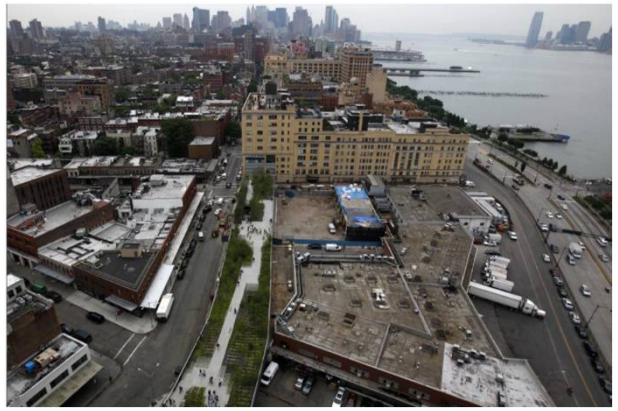
По предварительным оценкам, масса техносферы составляет около 30 триллионов тонн (Tt), что эквивалентно > 50 кг/м^2 поверхности Земли. На суше масса физической техносферы составляет около 27,73 тератонн. Средняя толщина искусственного слоя на суше — 26,6 см. Примерно половина всей суши на Земле трансформирована человеком. Заметим, вес техносферы ~$30 \cdot 10^{12}$ тонн, население ~$8 \cdot 10^9$, отсюда в расчете на 1 чел приходится ~ $3{,}75 \cdot 10^3$ тонн.

http://www.anthropocenemagazine.org/2016/12/weight-of-the-human-world-is-heavy-on-scientists-minds/

http://phys.org/news/2016-11-earth-technosphere-trillion-tons.html http://anr.sagepub.com/content/early/2016/11/25/2053019616677743

Имитация природной среды = повышение эмоционального комфорта жителей мегаполисов. The Inside Track On New York City's High Line

Хай-Лайн — парк в Нью Йорке, в Среднем и Нижнем Манхэттене, на высоте 10 метров от земли, разбитый на месте надземной железной дороги. Имеет общую длину 2,33 км., площадь 3,75 км²
Opened on June 4, 2019, as the final part of the park to open.

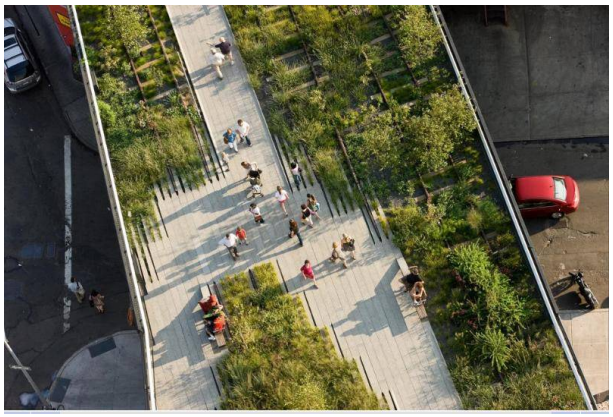
















https://www.npr.org/2011/09/03/140063103/the-inside-track-on-new-yorks-high-line https://www.thehighline.org/history/

Имитация природной среды = повышение эмоционального комфорта жителей мегаполисов. Four Seasons Melbourne - world's tallest vertical garden





Imagine a 5.5 kilometer garden path (3.51 miles), about twice the length of New York's High Line, sprawling up the twisted façades of two towers, one of which rises more than 300 meters into the sky. That's what will greet visitors to STH BNK by Beulah -- a new dual-tower "greenscraper" complex planned for Melbourne that's set to include the tallest building in Australia when complete in 2028.



The new skyscraper will feature 12,500 square meters of public green spaces



https://edition.cnn.com/travel/article/four-seasons-melbourne-australia-highest-skyscraper/index.html

“Дефаунизация” в антропоцене *Defaunation in the Anthropocene*

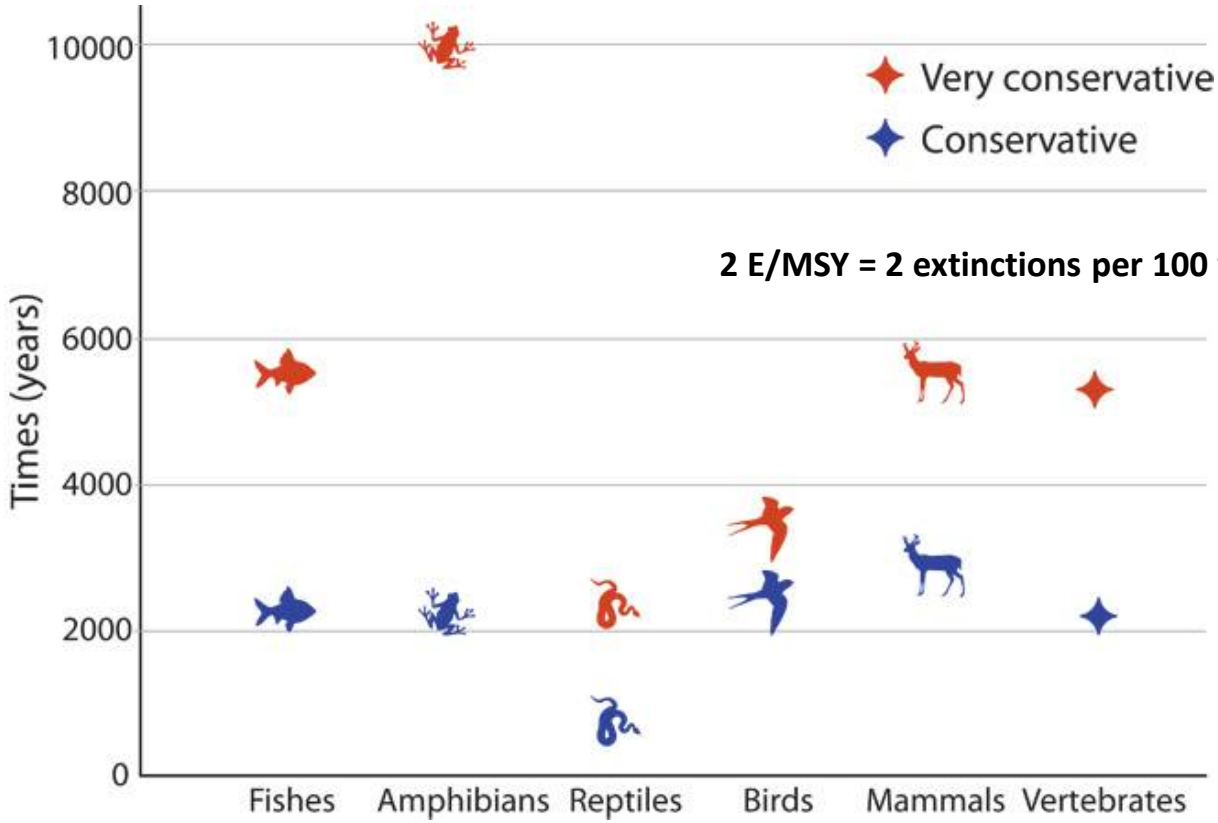
В настоящее время имеет место глобальная антропогенная волна потери биоразнообразия. Происходит исчезновение видов и популяций и локальное снижение численности видов. **Воздействие человека на биоразнообразие животных является недооцененной формой глобальных экологических изменений**.

Среди наземных позвоночных с 1500 года вымерли 322 вида, а популяции остальных видов показывают в среднем 25% спад численности. Спад численности беспозвоночных также велик: 67% исследованных популяций показывают в среднем 45% снижение численности. Такое снижение численности животных будет “каскадно” сказываться на функционировании экосистем и благосостоянии людей. Многое остается неизвестным об этой “антропоценовой дефаунизации”; эти пробелы в знаниях препятствуют способности прогнозировать и ограничивать ее воздействие. Ясно, что дефаунизация является составляющей шестого массового вымирания на планете, а также фактором глобальных экологических изменений.

В эпохи, предшествовавшие антропоцену каждые сто лет исчезало примерно по два вида млекопитающих на каждые десять тысяч существовавших в то время видов животных: 2 E/MSY = 2 extinctions per 100 years per 10,000 species. Сегодня, по словам знаменитого эколога Пола Эрлиха (Paul Ehrlich) из Стэнфордского университета, около 40% видов амфибий находится под угрозой вымирания, и примерно четверти млекопитающих угрожает исчезновение.

“Пока у человечества еще есть время для того, чтобы уменьшить масштабы вымираний, однако это временное окно стремительно закрывается”. (*Science Advances,* 19 Jun 2015)

http://science.sciencemag.org/content/345/6195/401



2 E/MSY = 2 extinctions per 100 years per 10,000 species

Число лет, которое потребовалось бы для вымирания видов *позвоночных* животных, вымирание которых за последние 114 лет изучалось в данном исследовании, если бы их вымирание происходило с постоянной фоновой стандартной частотой 2E/MSY. Красные маркеры – очень консервативный сценарий;
синие маркеры - консервативный сценарий.
Заметим, что **для всех наблюдаемых позвоночных потребовалось бы от 800 до 10000 лет до вымирания (исчезновения), если бы вымирание происходило с стандартной частотой 2E/MSY.** Заметим также, что разные классы позвоночных проявляют качественно сходные тенденции.

http://advances.sciencemag.org/content/1/5/e1400253

“Два градуса уничтожили популяцию насекомых в Пуэрто-Рико”
Two degrees decimated Puerto Rico's insect populations



С середины 1970-х годов средняя максимальная температура в тропических лесах северо-восточного Пуэрто-Рико поднялась на 2ºС, при этом биомасса членистоногих (arthropod) - беспозвоночных животных, таких как насекомые, многоножки и других снизилась ~ от 10 до 60 раз (данные, опубликованы в 2018г., PNAS -труды National Academy of Sciences).

Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web

Major findings include:

- Sticky traps used to sample arthropods on the ground and in the forest canopy were indicative of a collapse in forest arthropods, with biomass catch rates falling up to 60-fold between 1976 and 2013.
- The biomass of arthropods collected by ground-level sweep netting also declined as much as eight-fold from 1976 to 2013.
- As arthropods declined, simultaneous decreases occurred in Luquillo's insectivorous lizards, frogs, and birds.
- The authors also compared estimates of arthropod abundance they made in the 1980s in the Chamela-Cuixmala Biosphere Reserve in western Mexico with estimates from 2014. Over this time period mean temperature increased 2.4 Celsius and arthropod biomass declined eightfold.

https://www.pnas.org/content/115/44/E10397 https://phys.org/news/2018-10-degrees-decimated-puerto-rico-insect.html

Межправительственная группа экспертов по биоразнообразию и экосистемным услугам (IPBES) при ООН, 2019

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 7th session of the IPBES Plenary (**29 April – 4 May, 2019**), Paris. The Report finds that around 1 million animal and plant species are now threatened with extinction, many within decades, more than ever before in human history. **Media Release: Nature's Dangerous Decline 'Unprecedented'; Species Extinction Rates 'Accelerating'**

Степень воздействия человека на окружающую среду *беспрецедентна*, вымирание растений и животных ускоряется; под угрозой исчезновения сейчас находится до миллиона из примерно восьми миллионов видов.

З**начительным антропогенным изменениям подверглись 75% суши, 66% океана, утрачено более 85% площадей заболоченных территорий. Ключевые факторы, влияющие на биоразнообразие: изменения в землепользовании, прямое использование живых организмов (например, охота), изменение климата, загрязнение окружающей среды и *распространение инвазивных видов*.**

Под угрозой находятся более 40% амфибий, 33% рифовых кораллов и более 30% морских млекопитающих, по предварительным оценкам вымирание угрожает ~ 10% видов насекомых, с 16 века вымерло не менее 680 видов позвоночных; численность инвазивных видов с 1970 года выросла на 70% (в 21 стране, ведущей такой учет).

С 1990 года нетто-потери леса, за исключением управляемых лесов для вырубки, *снизились* на 50%, а общая площадь лесопосадок в 1990-2015 годах составила 110 миллионов гектаров.

При этом площадь нетронутых лесов в 2000-2013 годах сократилась на 7% (нетронутый лес – площадь леса более 500 км^2 без какого-либо влияния человека).

Доклад IPBES основан на систематическом обобщении около 15 тысяч научных публикаций и других источников. Доклад готовился в течение трёх лет более 450 экспертов и авторов из 50 стран. Отмечается, что негативные тенденции сохранятся, если не будут предприняты глобальные системные "трансформационные меры".

https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment

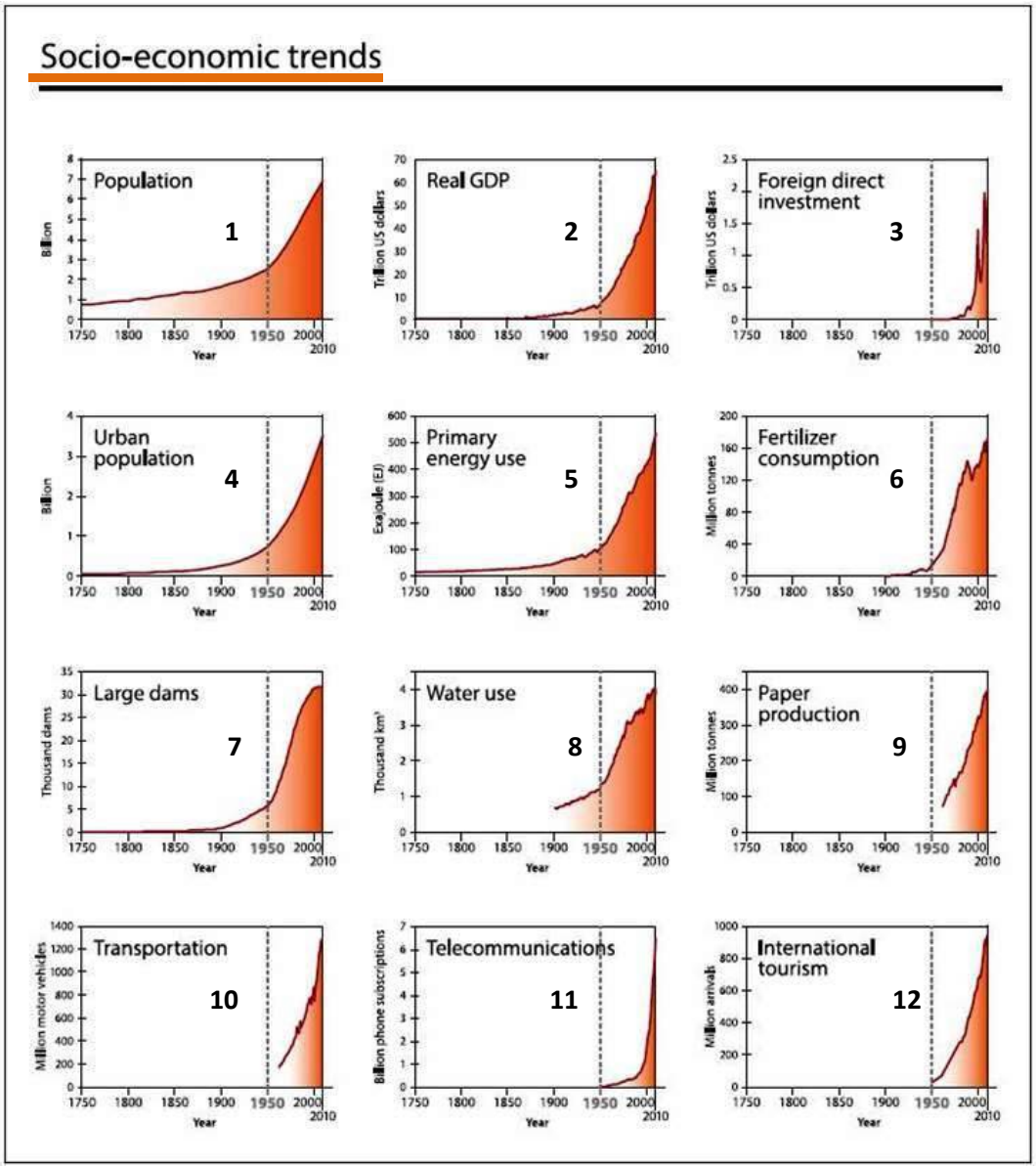
Траектории антропоцена: “Великое ускорение”

The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration

Trends from 1750 to 2010

First Published January 16, 2015 Review Article

Резкие изменения начались после 1950 года: скачок наблюдается как в экономическом развитии, так и во влиянии на биосферу планеты в целом.



1. **Население**
2. **Реальный ВВП**
3. **Иностранные инвестиции**
4. **Городское население**
5. **Потребление первичной энергии**
6. **Потребление удобрений**
7. **Большие плотины**
8. **Потребление воды**
9. **Производство бумаги**
10. **Транспорт**
11. **Телекоммуникации**
12. **Международный туризм**

https://www.researchgate.net/publication/272418379_The_Trajectory_of_the_Anthropocene_The_Great_Acceleration

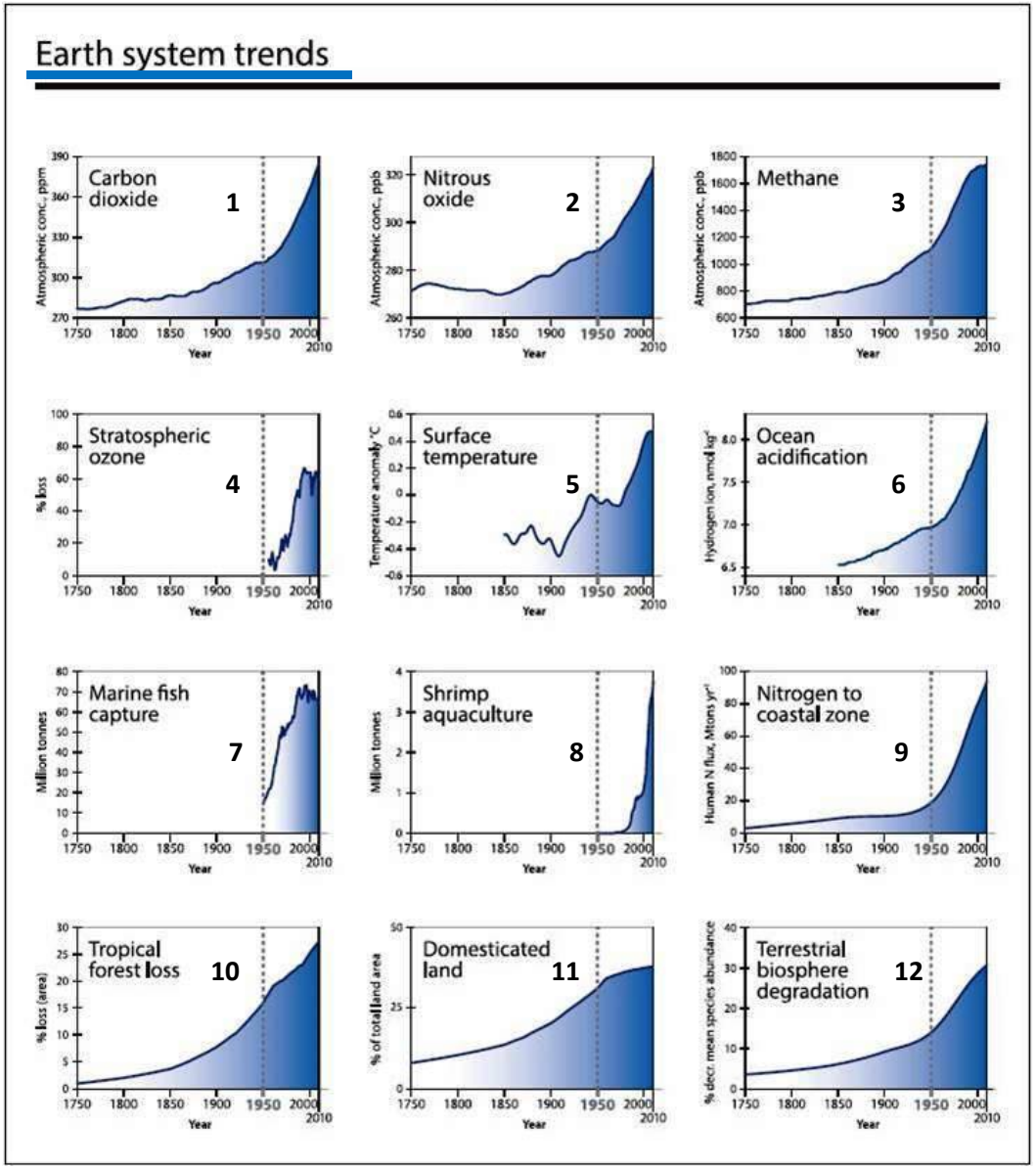
Траектории антропоцена: “Великое ускорение”

The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration

Trends from 1750 to 2010

First Published January 16, 2015 Review Article

Резкие изменения начались после 1950 года: скачок наблюдается как в экономическом развитии, так и во влиянии на биосферу планеты в целом.



1. CO_2
2. N_2O
3. CH_4
4. Стратосферный озон - убыль
5. Приземная температура
6. Закисление океана
7. Добыча морской рыбы
8. Аквакультура
9. Вынос азота в прибрежные зоны
10. Потери тропических лесов
11. Сельхоз земли
12. Деградация суши биосферы

https://www.researchgate.net/publication/272418379_The_Trajectory_of_the_Anthropocene_The_Great_Acceleration

Приложение 1
История освоения огня человеком

Освоение (“приручение”) огня людьми - долгий и сложный процесс

The discovery of fire by humans: a long and convoluted process

Многие виды животных реагируют на огонь - природное явление, но только люди научились управлять им и делать это по своему желанию. Птицы, такие как ястребы, и некоторые другие хищники, не упускают возможности ловить животных, в том числе беспозвоночных, которых беспокоят такие пожары. Подобные обстоятельства, вероятно, лежат в основе первых столкновений людей с пожарами. Ранние гоминины, несомненно, знали о таких пожарах, как и нынешние шимпанзе саванны. Открытие человеком использования огня можно рассматривать не как событие, а как долгосрочную последовательность процессов. Со временем огонь стал неотъемлемой частью человеческого поведения. Огонь также повлиял на биологию человека, помогая обеспечить высококачественную диету, которая в плейстоцене (2,5 млн. – 11,7 тыс. лет назад) способствовала увеличению размера мозга. Прямые ранние свидетельства использования огня в археологии остаются редкими, но начиная с 1,5 млн. лет назад удивительно большое количестве мест раскопок демонстрирует следы очагов. К среднему плейстоцену (400—200 тыс. лет назад) очевидные следы использования огня указывают на социальную и экономическую направленность многих стоянок древнего человека. Свидетельства археологических раскопок необходимо оценивать с учетом биологических представлений, таких как “гипотеза приготовления пищи” или “социальный мозг”, а также вопросов социального сотрудничества и происхождения языка. Хотя многое еще предстоит исследовать, очевидно, что управление огнем оказало большое влияние на ход человеческой эволюции.

https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2015.0164

Fire was presumed to be the domain of Homo sapiens but now we know that other ancient humans like Neanderthals could create it

Summary: **Study reveals Neanderthals were able to generate fire, disputing the common theory that Homo Sapiens were the original fire starters.** ***Source:*** *University of Connecticut* **2019**

Группа исследователей из Университета Коннектикута, вместе с коллегами из Армении, Великобритании и Испании, нашла убедительные доказательства того, что **неандертальцы не только контролировали (поддерживали) огонь, но и владели способностью его генерировать (разжигать)**. В работе, опубликованной в Scientific Reports (2019), исследуются свидетельства взаимодействия человека с огнем в сочетании с особенностями климата десятки тысяч лет назад.

В образцах геологических отложений определялось количество полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), которые выделяются при сжигании органического материала. Один тип ПАУ, называемый легкими ПАУ, широко рассеивается и указывает на лесные пожары, в то время как другие, называемые тяжелыми ПАУ, меньше рассеиваются и остаются намного ближе к источнику огня. Скопление костей съеденных животных и следов изготовления инструментов на местах стоянок людей коррелировали с увеличением частоты следов источников огня и увеличением частоты тяжелых ПАУ в таких местах. Сопоставив климатические данные с данными археологических раскопок, исследователи установили, что климатические условия, в которых разжигались костры внутри пещер, не были сухими, подверженными естественным лесным пожарам. В настоящее время исследуются свидетельства использования огня людьми в пещерах в Грузии, чтобы определить, возникло ли использование огня независимыми группами людей в разных географических районах.

Geochemical Evidence for the Control of Fire by Middle Palaeolithic Hominins (Nature 2019)

The use of fire played an important role in the social and technological development of the genus *Homo*. Most archaeologists agree that this was a multi-stage process, beginning with the exploitation of natural fires and ending with the ability to create fire from scratch.

The Middle Paleolithic, in Europe, comprises an archaeological period between 250,000/300,000 and 35,000 years BP. A human type is traditionally associated with the European Middle Paleolithic: Neanderthals.

https://www.nature.com/articles/s41598-019-51433-0 https://neurosciencenews.com/fire-acquisition-evolution-15129/

Когда древние люди начали использовать огонь? Чтобы найти ответ, ученые привлекли искусственный интеллект (2022)

Анализируя кремневые орудия, исследователи нашли новые доказательства использования огня людьми (пиротехнологии) на севере Израиля ~ 800-тысяч лет назад

When Did Early Humans Start Using Fire? To Find Answers, Scientists Enlist Artificial Intelligence

Hidden signatures of early fire at Evron Quarry (1.0 to 0.8 Mya)

By analyzing flint tools, researchers find new evidence of an 800,000-year-old fire in northern Israel.

While scientists have long hypothesized that early humans started using fire about one million years ago, evidence dating back that far is difficult to come by.

Now, artificial intelligence might be able to change that. In a study published this month in the Proceedings of the National Academy of Sciences (June 29, 2022), researchers from the Weizmann Institute of Science may have found the remnants of an 800,000-year-old fire in Israel.

The team's findings support the "cooking hypothesis", the widely accepted belief that harnessing fire was a crucial step in human evolution. Until recently, though, only scant evidence existed to support that theory. Most evidence of fire dates to just 200,000 years ago, and only five archaeological sites have been found with evidence older than 500,000 years, according to the statement.

https://www.smithsonianmag.com/smart-news/evidence-of--fire-artificial-intelligence-180980319/ https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2123439119

Приложение 2
Искусство в климатических условиях последнего Ледникового периода





В пещере *Шове́* (*The Chauvet-Pont d'Arc Cave, France*****) обнаружены наскальные рисунки, относящиеся к двум различным периодам: один 37 ÷ 33 500 лет назад, а другой – 31 ÷ 28 000 лет назад.**
Пещерные медведи также находили убежище в пещерах до 33 000 лет назад.
За последние 15 лет было был собран значительный объем данных (на основе изотопных методов ^{14}C, U-Th, и ^{36}Cl и термолюминесценции TL-dating), в том числе 259 радиоуглеродных датировок образцов, в основном связанных с наскальным искусством и человеческой деятельностью в пещере. (PNAS 2016)



http://www.pnas.org/content/early/2016/04/06/1523158113.abstract

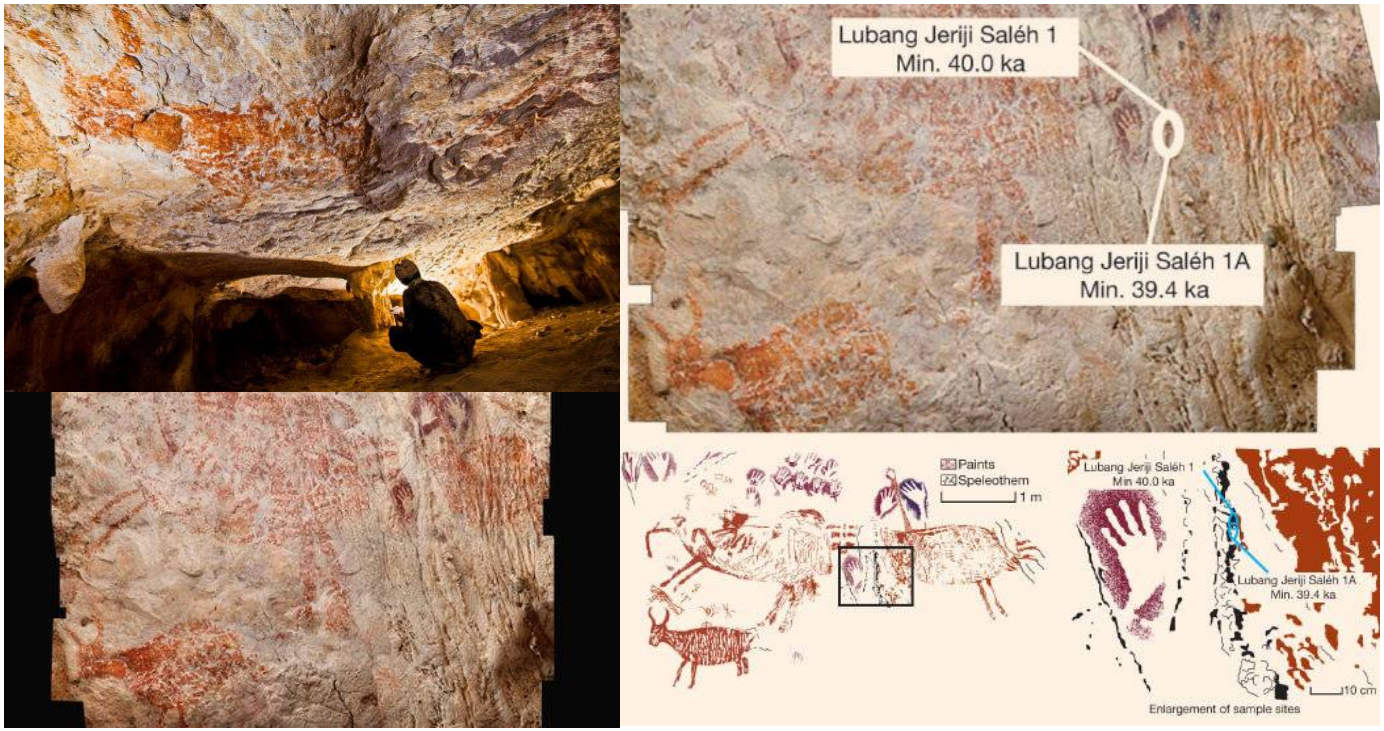


Согласно исследованиям древней наскальной живописи 2014г., один из самых старых в мире образцов находится в нескольких тысячах километров от Европы – в Индонезии (Марос, Южный Сулавеси), его минимальный возраст 39,9 тыс. лет.

(Nature 514, 223-227 ,09 октября 2014 г.)

http://www.sciencemag.org/news/2014/10/indonesian-cave-art-may-be-worlds-oldest

Наскальные рисунки в известняковой пещере Лубанг Джериджи Салех в Восточном Калимантане индонезийского острова Борнео, датируются по крайней мере 40 000 лет назад (Nature 564(7735) · November 2018**)**



Palaeolithic cave art in Borneo

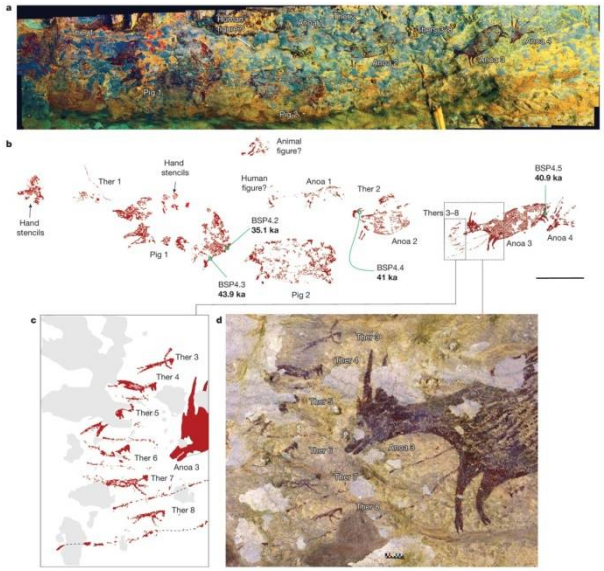
Uranium-series analysis of calcium carbonate deposits that overlie a large reddish-orange figurative painting of an animal at Lubang Jeriji Saléh—a limestone cave in East Kalimantan, Indonesian Borneo—yielded a ***minimum date of* 40 *ka***, which to our knowledge is currently the oldest date for figurative artwork from anywhere in the world.

Искусство наскальной живописи существовало уже ~ 40 тыс. лет назад в разных местах “плейстоценового евразийского мира” в климатических условиях *последнего Ледникового периода*). (Nature 514, 223-227 ,09 октября 2014 г.)

https://www.nature.com/articles/s41586-018-0679-9

В пещере на острове Сулавеси найдено древнейшее изображение сцены охоты

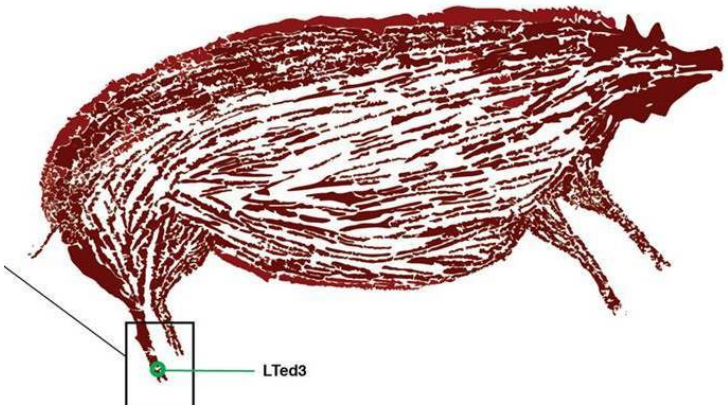
Nature. Published online 11 December **2019**



На острове Сулавеси найдены древние наскальные рисунки, изображающие териантропов (фантастических существ, сочетающих признаки людей и животных), охотящихся на местных целебесских свиней и мелких буйволов — аноа. Уран-ториевый изотопный анализ минеральных натеков, образовавшихся уже после создания рисунков, показал, что возраст изображений составляет как **минимум 43,9 тысяч лет. Открытие показало, что уже в то время на Сулавеси жили люди, способные сочинять истории о вымышленных существах**. Для сравнения, древнейший европейский териантроп — человеколев из германской пещеры Штадель — имеет возраст около 40 тысяч лет, а древнейшая сцена охоты из пещеры Ласко не старше 21 тысячи лет.

Обнаружены еще более древние образцы наскальной живописи

Oldest cave art found in Sulawesi *Science Advances* 13 Jan **2021**:



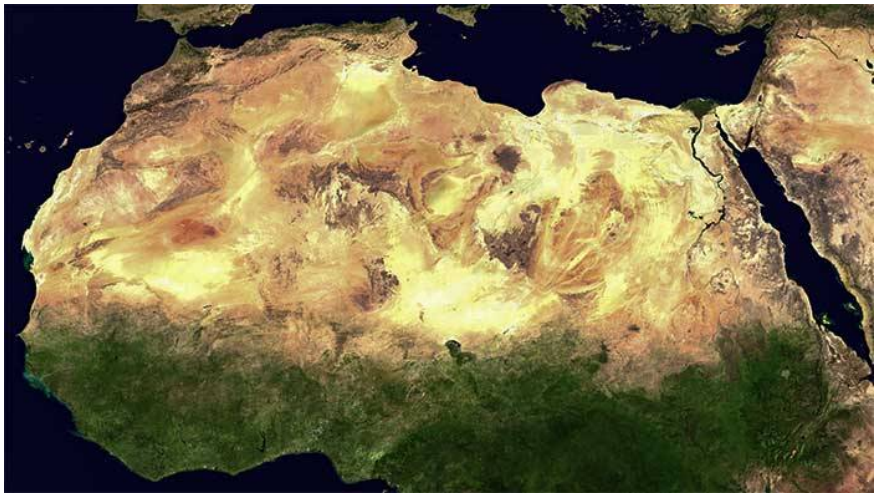
“Our results indicate a minimum U-series age of **45.5 ka** for this figurative image of a suid at Leang Tedongnge.”

https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abd4648 https://advances.sciencemag.org/content/7/3/eabd4648

https://elementy.ru/novosti_nauki/433581/V_peshchere_na_ostrove_Sulavesi_naydeno_drevneyshee_izobrazhenie_stseny_okhoty/t379113/Aleksandr_Markov

Приложение 3

История Сахары (8500 - 5300 - 3500 до н.э.)



Shot of Sahara Desert made possible by NASA's MODIS instrument (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Data collected from June through Sept 2001



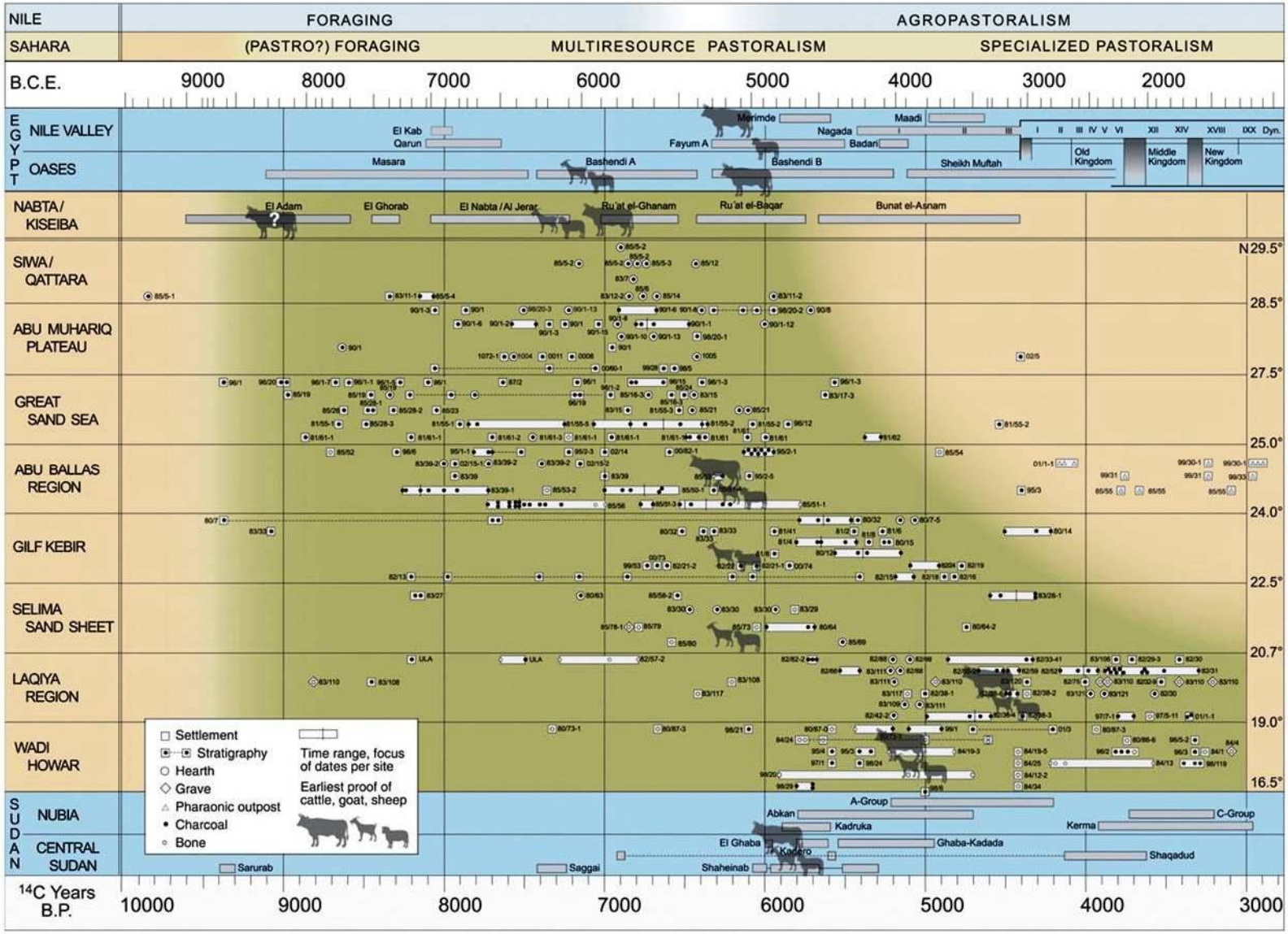
The Sahara Desert impacts almost all of the countries of northern Africa.

Сахара, которая теперь является одним из самых сухих мест на Земле, была такой не всегда - некоторое время назад Сахара была влажной и зеленой.

Радиоуглеродные данные по 150 археологическим раскопкам в ныне засушливой Восточной Сахаре в Египте, Судане, Ливии и Чаде показывают тесную взаимосвязь между климатическими вариациями и доисторической деятельностью людей за последние ~12 000 лет. Синоптические (сводные) данные, содержащие множество индикаторов для исследованных основных временных отрезков, демонстрируют переход от внезапно наступившего увлажнения климата на отметке 8500 до н.э. к исходу людей из Сахары, вызванному постепенным наступлением засух с 5300 г. до н.э.

http://www.desertusa.com/du_sahara.html http://science.sciencemag.org/content/313/5788/803.full

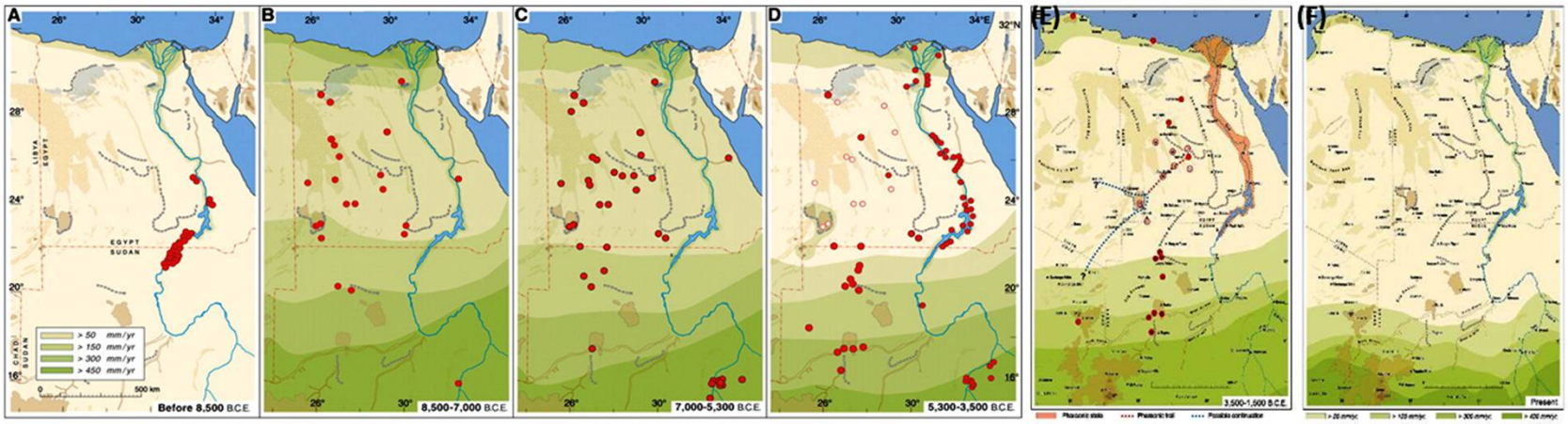
Радиоуглеродные данные, полученные в местах заселения восточной Сахары в раннем и среднем голоцене



На карте изображены результаты примерно 500 радиометрических измерений на раскопках доисторических участков (не оазисов). ***Голоцен – эпоха, длящаяся последние 12 тысяч лет.***

(***SCIENCE*** 2006 Vol 313, Issue 5788)
http://science.sciencemag.org/content/313/5788/803.full

Климат и население восточной Сахары в раннем и среднем голоцене (8500 - 5300 - 3500 до н.э.)



(A) 21 000-8500 до н.э. Во время последнего ледникового максимума и конца плейстоцена (21 000-8500 гг. до н.э.) пустыня Сахара была лишена каких-либо поселений за пределами долины Нила и простиралась примерно на 400 км южнее, чем сегодня.

(B) 8,500 -7,000 до н.э. С внезапным приходом муссонных дождей в 8500 годах до н.э. засушливая пустыня сменилась саванноподобными территориями, которые быстро стали использоваться доисторическими поселенцами. Влажность в начале этого периода в южной Сахаре и долине Нила, по-видимому, была даже слишком высокой для заметного заселения человеком.

(C) 7,000-5,300 После 7,000 до н.э. человеческие поселения распространились по всей Восточной Сахаре, при этом развивалось скотоводство (крупный рогатый скот).

(D) 5,300 – 3,500 до н.э. Постепенное отступление муссонных дождей вызвало пересыхание египетской Сахары в 5300 г. до н.э. Доисторические популяции людей искали "экологического убежища" в долине Нила или перемещались в Суданскую Сахару, где дожди и поверхностные воды все еще были достаточными. Возвращение полностью пустынных условий произошло по всему Египту примерно в 3,500 до н.э. и совпало с начальными этапами цивилизации фараонов долине Нила.

(E) 3,500-1,500 В течение следующего периода между 3500-1500 годами до н.э. деятельность человека за пределами долины Нила и оазисов свелась к переходам через пустыню, временным отдаленным поселениям и ограниченно осуществлялась в местах, где были доступными подземные источники воды.

(F) Засушливость достигла высшей точки в современной пустыне Восточной Сахары.

Red dots indicate major occupation areas; white dots indicate isolated settlements in ecological refuges and episodic transhumance. Rainfall zones are delimited by best estimate isohyets on the basis of geological, archaeozoological, and archaeobotanical data.

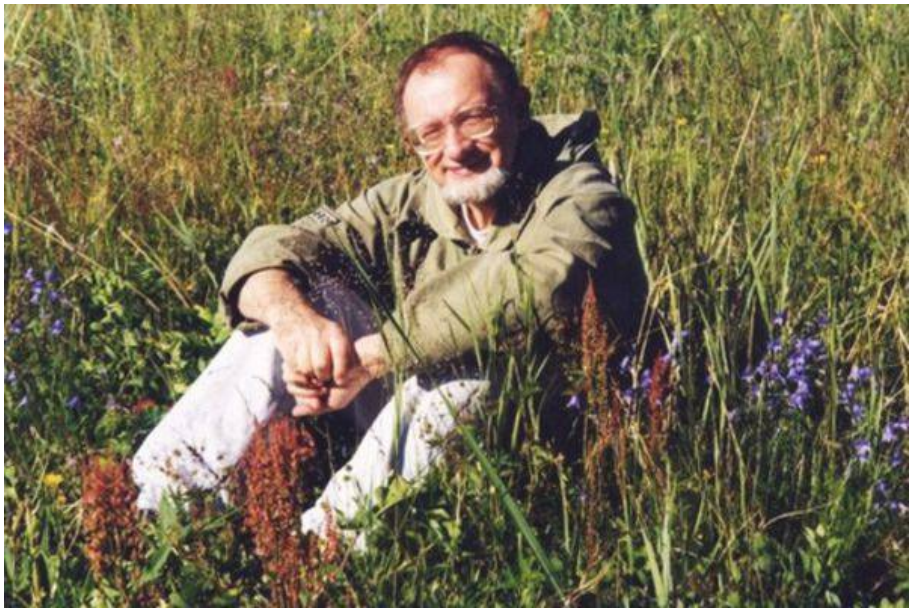
http://science.sciencemag.org/content/313/5788/803.full

Приложение 4

Кризис, из которого нет и не будет выхода

А. М. Гиляров // Природа. – 2013. – № 8. – С. 38-43 :

Выдержки из статьи



А.М. Гиляров (1943 – 2013)

…нет никаких надежд на то, что современное общество перестанет быть обществом потребления, в котором все, в том числе и живая природа, превращено в товар. И сегодня, читая студентам лекции о проблемах вымирания, мне приходится с грустью «пророчествовать»: в течение вашей жизни тигр в дикой природе исчезнет. И не только у нас в Приморском крае, но и во всех местах, где его еще можно встретить.

https://istina.msu.ru/publications/article/4495354/

По данным «Красной книги Международного союза охраны природы» (МСОП), общая численность тигров в дикой природе в 2012 г. не превышала 3 тыс., а в конце 1990-х годов оценивалась в 5—7 тыс. особей, т.е. была в два раза выше. Исторический ареал этого хищника простирался от территории современной Турции до Тихого океана, охватывая на юге Индостан, Индокитай, Малайский полуостров и крупные острова Юго-Восточной Азии. Теперь от него остались крошечные территории, разбросанные по разным местам Индии, Китая и стран Юго-Восточной Азии. Вымирание в обозримые сроки (50—100 лет) угрожает также многим другим крупным и малочисленным животным: исчезнут в дикой природе все человекообразные обезьяны и все носороги, некоторые птицы — в первую очередь крупные и совершающие дальние перелеты (например, такие, как стерх).



Эффективный размер популяции в природе амурских тигров составляет менее 35 особей.

По данным международной группы ученых, несмотря на то, что в природе осталось около 500 особей этого крупнейшего представителя семейства кошачьих, число животных, непосредственно участвующих в размножении и создании последующего поколения, во много раз ниже.

https://www.bbc.com/russian/science/2009/07/090702_tigers_amur

Все чаще можно встретить утверждение, что мы наблюдаем новое, шестое, массовое вымирание, сопоставимое, по крайней мере по скорости развития, с такими же известными событиями прошлого. Считается, что их было пять: первое еще в ордовике (закончилось 443 млн лет назад), затем в девоне (359 млн лет назад), в пермском периоде (291 млн лет назад), в триасе (200 млн лет назад), а последнее — уже в меловом периоде (65 млн лет назад). В каждом случае с лица земли исчезало огромное число организмов: от 35 до 50% всех родов, а видов — до 96% (в пермском периоде). Конечно, судить можно только о тех организмах, остатки которых сохраняются в отложениях. Палеонтологи все же полагают, что приравнивать наблюдаемый кризис биоразнообразия к известным пяти вымираниям прошлого некорректно.

Хотя, по данным «Красной книги МСОП», число вымерших за последнее время видов животных вовсе не так велико, следует иметь в виду, что достаточно полно в ней представлены только птицы и млекопитающие; земноводных и пресмыкающихся уже значительно меньше, а рыб — крайне мало. Что же касается беспозвоночных, в том числе самой богатой видами группы — насекомых, то их практически нет (за исключением некоторых крупных, бросающихся в глаза, стрекоз, бабочек и жуков). Но ведь подавляющее большинство видов животных на Земле — это как раз насекомые и другие наземные членистоногие. Крупномасштабное сведение тропических лесов сопровождается истреблением множества членистоногих, среди которых, вероятно, около 70% видов так и остаются неописанными, не получившими научных названий.

Отличие современного вымирания от предыдущих

- Все предыдущие вымирания были вызваны естественными причинами — мощнейшими извержениями вулканов, резким изменением климата, падением астероида и др.
- Причина современного вымирания — исключительно деятельность человека.
- Каждое из пяти прошлых вымираний сменялось длительным периодом восстановления природных экосистем (на самом деле появлялись новые экосистемы с другим составом фауны и флоры), но наблюдаемый сейчас кризис разнообразия никаким восстановлением не сменится при «жизни цивилизации». Очевидно, что современный кризис биоразнообразия не прекратится, а будет только усугубляться.
- Условно можно выделить три основные причины этого, на самом деле связанные между собой.

Первая — это хозяйственное освоение территории, превращение природных земель в пастбища (еще не худший вариант) и другие сельскохозяйственные угодья, в площадки для строительства зданий и дорог, а порой — просто в места для свалки.

«Для диких животных места нет» Б. Гржимек, начало 1950-х годов.

За 60 лет, прошедших с тех пор, места для диких животных стало куда меньше. Все начинается с уничтожения растительного покрова (нередко наиболее варварским способом — выжиганием) и разрушения почвенного слоя. Хотя земледелие имеет давнюю историю, отмеченную своими технологическими прорывами (например, изобретением плуга), ряд новшеств порожден индустриальной эпохой. Это мощная сельскохозяйственная техника, минеральные удобрения, пестициды, без которых получить урожай в тропиках просто невозможно (все съедят листогрызущие насекомые).

Растущее население развивающихся стран Африки, Азии и Центральной Америки должно как-то прокормиться. На Борнео и Суматре уничтожают тропические леса для разведения плантаций масличной пальмы, чтобы получать из нее растительное масло, которое используется для различных целей, в том числе как добавка в дизельное топливо.

Для многих бедных стран тропического пояса важнейший источник дохода — экспорт сельскохозяйственных продуктов (кофе, какао, кокосовых орехов). Каждая выпитая нами чашечка кофе вносит свой вклад в сведение тропических лесов, где обитают исчезающие виды.

Вторая причина заключается в том, что какие-либо действия, направленные на охрану природы или даже просто планы таких действий возможны лишь в богатых развитых странах с населением достаточно образованным и, конечно же, сытым.
Это страны Западной Европы, а также США, Канада и Австралия. Сравнение количества энергии, затрачиваемого на одного человека в разных странах: житель Австралии потребляет столько же энергии, сколько 50 кенийцев.
Только при материальном благополучии (и определенном уровне культуры) озабоченность людей сохранением окружающей их природы может быть реализована. В странах, где люди вынуждены думать о “хлебе насущном”, любые разговоры о необходимости охранять окружающую природу не найдут никакого отклика. Помимо сытости нужен и определенный уровень культуры.

Третья причина кроется в самом ”венце природы”. В подавляющем большинстве люди не готовы признать право животных на существование, если не видят какую-то возможную выгоду для себя. Человек, как полный хозяин на Земле, видимо, считает, что не только может, но и должен использовать окружающую природу для собственного блага. К сожалению, именно такая сугубо антропоцентрическая позиция была, есть и будет доминирующей в человеческом сознании, тем более что она соответствует установкам господствующих религий — ислама, христианства и иудаизма.
Все сказанное очевидно и известно, но говорить об этом как-то не принято.

(А.М. Гиляров, 1943-2013)

Приложение 5

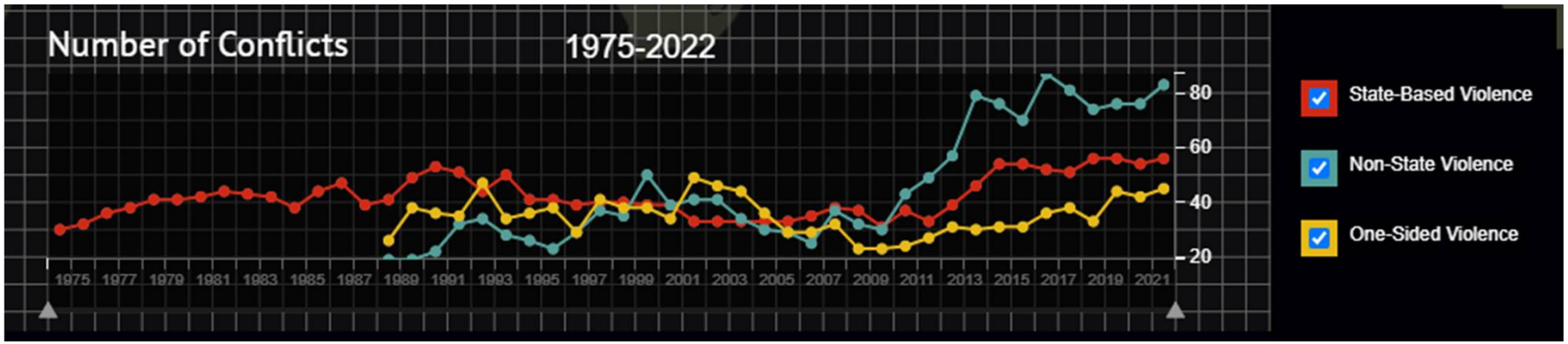
Сколько всего вооруженных конфликтов на сегодняшний день происходит в мире и каково число их жертв?

Plus-one.ru изучил статистику Уппсальского университета — одной из самых авторитетных исследовательских организаций, публикующих глобальные данные о вооруженных конфликтах.

Напомним, в 2015 году 193 государства ООН приняли 17 Целей устойчивого развития. Цель № 16 подразумевает «построение миролюбивого общества». Однако, как показывает статистика Уппсальского университета, с тех пор мир не стал более безопасным местом для жизни, учитывая новый рост числа смертей в вооруженных конфликтах в 2020-2021 годах. А это, в свою очередь, ставит под угрозу устойчивое развитие всего человечества.

Конфликты с участием государств. По данным Уппсальского университета, в 2021 году в мире насчитывалось 54 вооруженных конфликта с участием государств. Суммарно в них были вовлечены 33 страны, в боевых действиях погибли более 84 тыс. человек.

1. **Interstate conflict**: A conflict between states.
2. **Intrastate conflict**: A conflict between a state and a non-state armed group. Internationalized if a foreign state is involved, non-internationalized if not.
3. **Extrasystemic conflict**: A conflict between a state and a non-state armed group outside its territory.
4. **Non-state conflict**: A conflict between non-state armed groups.
5. **One-sided violence**: The use of armed force by a state or non-state armed group against civilians.



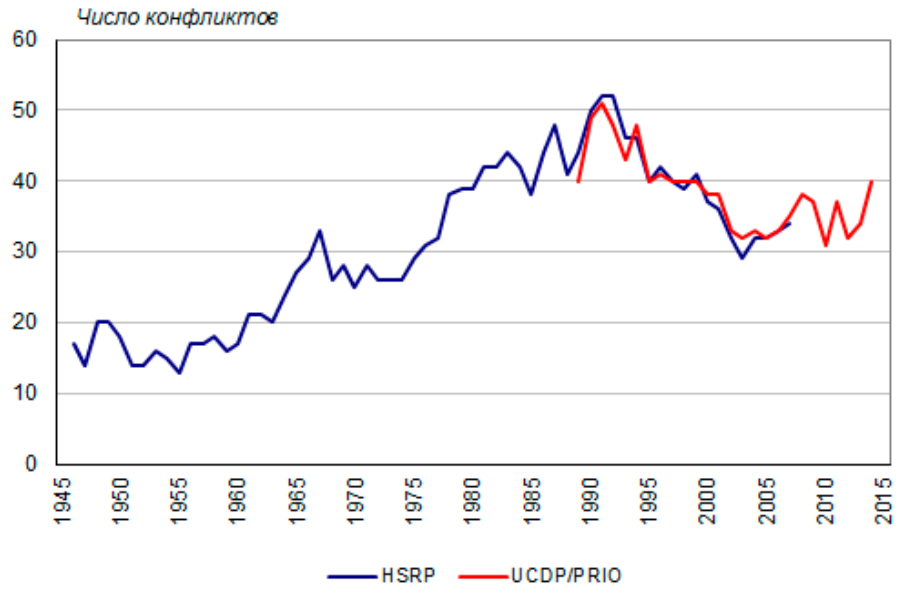
https://ourworldindata.org/war-and-peace
https://www.zmescience.com/science/armed-conflict-deaths-double/ https://plus-one.ru/society/2022/09/22/skolko-lyudey-gibnut-v-vooruzhennyh-konfliktah-po-vsemu-miru

Страны, участвовавшие в вооруженных конфликтах в 2021 году

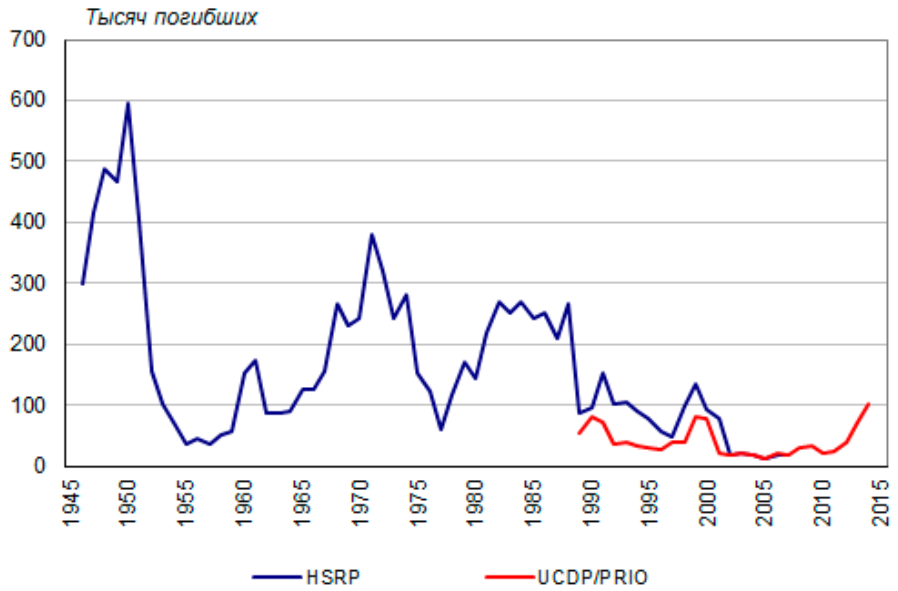


https://plus-one.ru/society/2022/09/22/skolko-lyudey-gibnut-v-vooruzhennyh-konfliktah-po-vsemu-miru

После II Мировой войны в вооруженных конфликтах с участием государства погибло более 10,5 миллиона человек



Число вооруженных конфликтов (1946-2014), в которых одной из противоборствующих сторон являлось государство



Число погибших в вооруженных конфликтах, в которых одной из противоборствующих сторон являлось государство (1946-2014)

Вооруженные конфликты с наибольшим числом погибших в боевых действиях

	Годы	Число погибших
Война во Вьетнаме	1955-1975	2 097 705
Война в Корее	1950-1953	1 254 811
Гражданская война в Китае	1946-1949	1 200 000
Ирано-Иракская война	1980-1988	644 500
Гражданская война в Афганистане	1978-2002	562 995

It would be wrong to believe that the past was peaceful

One reason why some people might have this impression is that many of the past conflicts feature less prominently in our memories; they are simply forgotten.

https://ourworldindata.org/war-and-peace https://www.demoscope.ru/weekly/2016/0689/barom01.php



“Мы встретили врага и оказалось, что он – это мы.”