

Глобальное потепление в нарушенной биосфере: саморегуляция или углубление кризиса?

В.С.Фридман, Г.С.Ерёмкин.

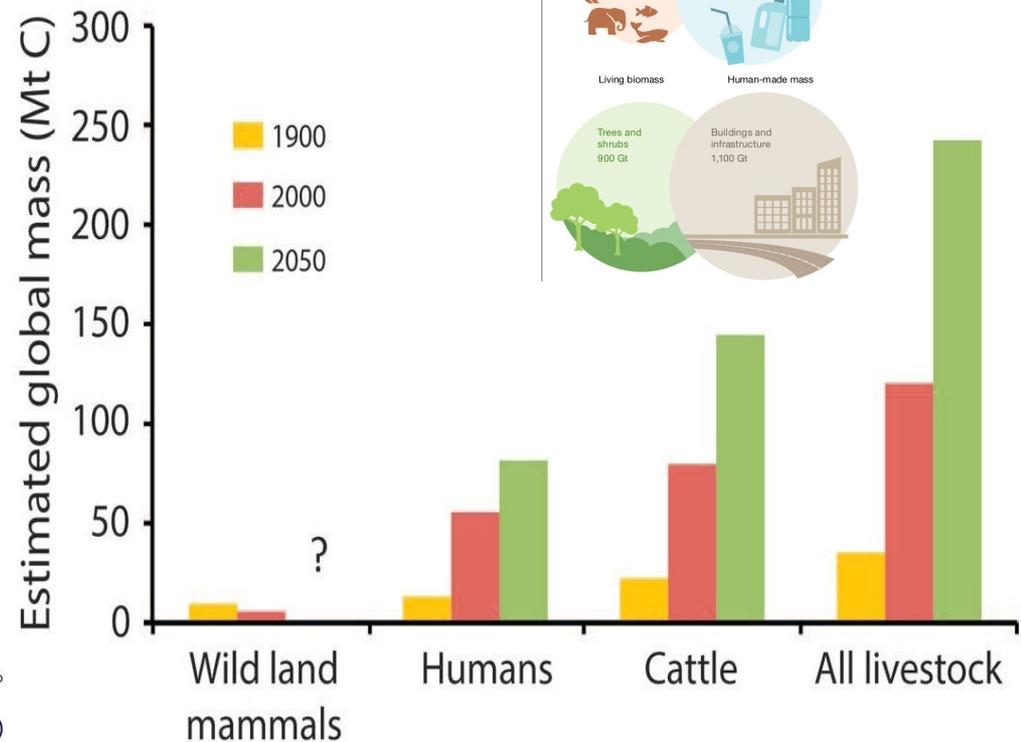
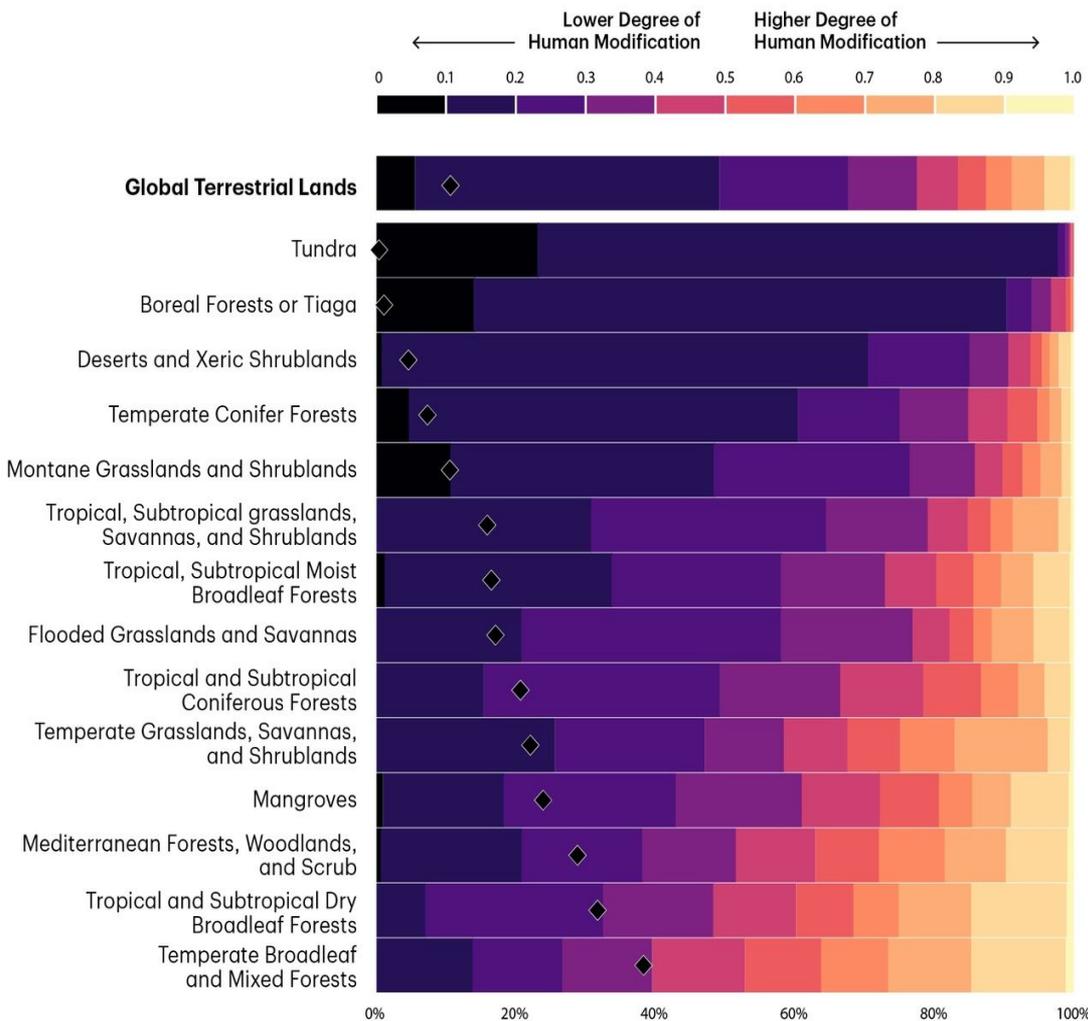
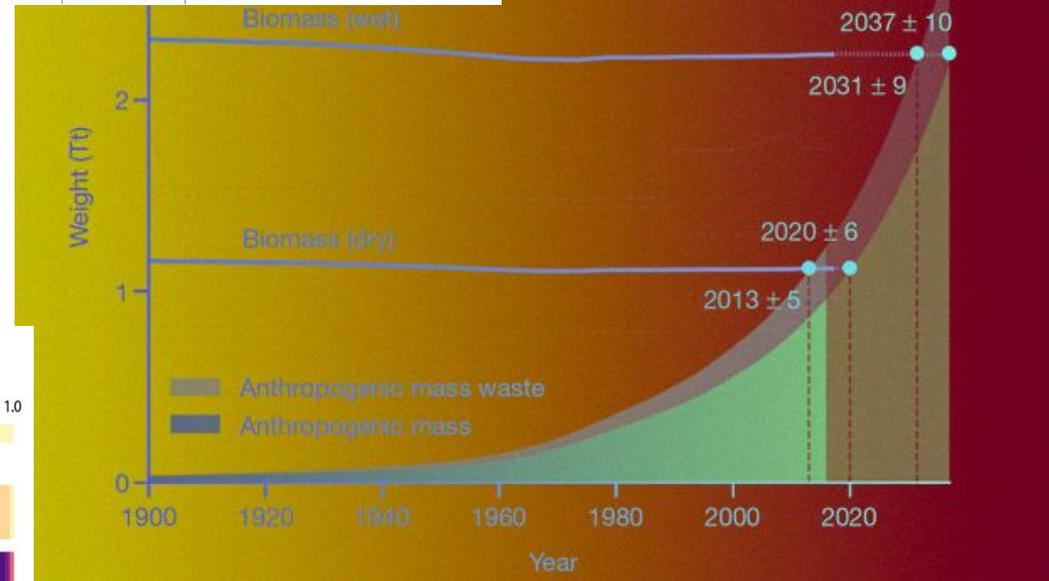
Article | Published: 09 December 2020

Global human-made mass exceeds all living biomass

Emily Elhacham, Liad Ben-Uri, Jonathan Grozovski, Yinon M. Bar-On & Ron Milo

Nature 588, 442-444(2020) | Cite this article

16k Accesses | 4 Citations | 5231 Altmetric | Metrics



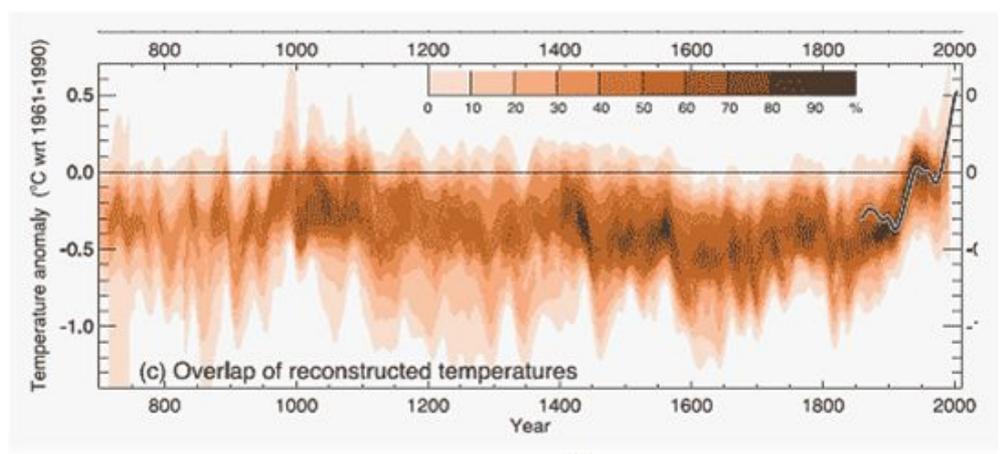
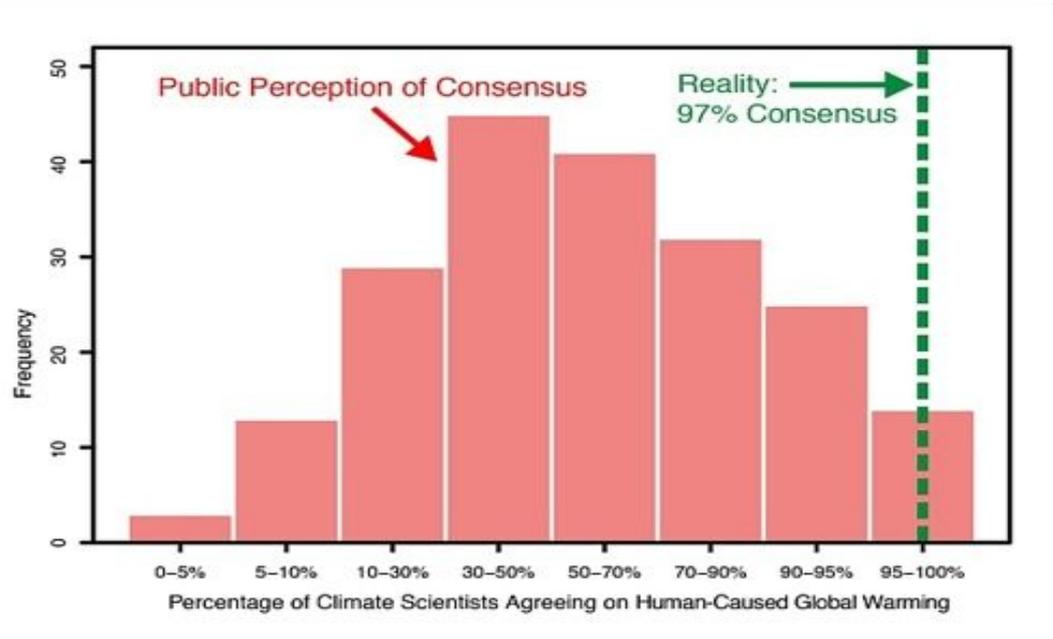
Source: The Nature Conservancy

visualcapitalist.com

Томас Гоббс: „Если бы геометрические аксиомы задевали интересы людей, они бы опровергались.“

Что и происходит с глобальным потеплением и его следствиями — опровергаются на 3-х уровнях, соответствующих обычной реакции принятия неприятной информации:

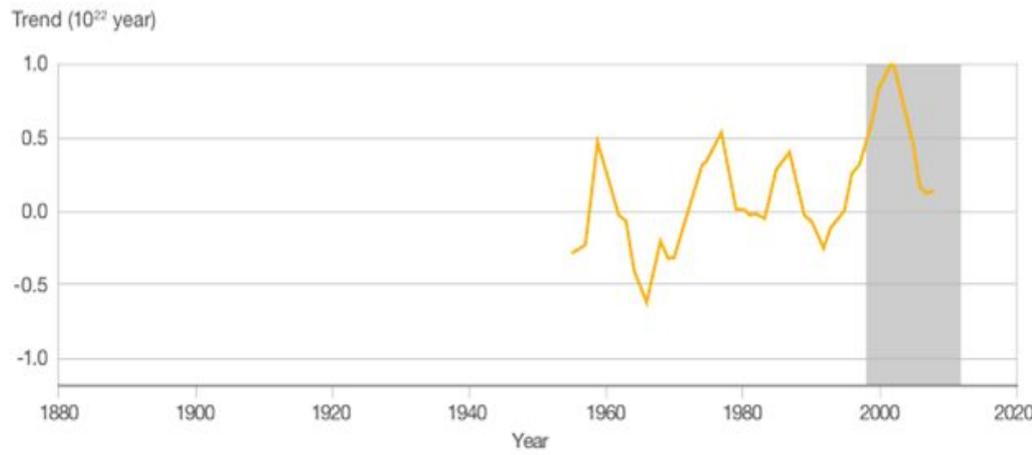
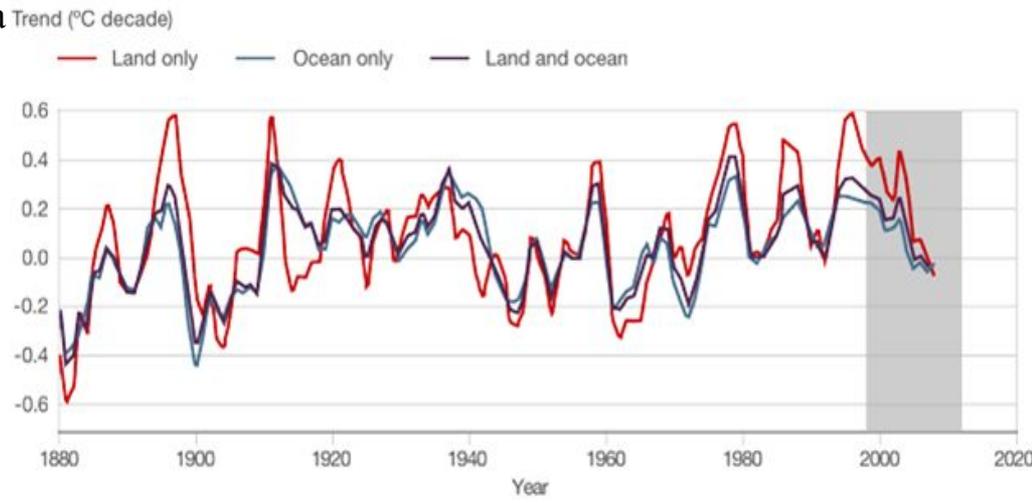
- а)** Никакого потепления нет, это одна из полуволн природных циклов тепла и влажности (Отрицание);
 - б)** Потепление происходит, но хозяйственная деятельность здесь ни причём, это природный процесс, а с природой не поспоришь — только приспособливаться (Производство сомнений + натуралистическая ошибка);
 - в)** Потепление происходит, и вызвано человеком, но будет от него только лучше — распространятся леса, в пустыне потекут реки, на Марсе будут яблони цвести (т. н. *global greening*). А значит, тем более ничего не надо менять ни в хозяйственной деятельности, ни тем более в управляющем её общественном устройстве (Адаптация реальности, устраняющая диссонанс).
- Как во всякой качественной лжи, свои 60%, 85% и 95% правды есть в каждом из этих утверждений, я в своём докладе добавлю оставшиеся %% до полной картины



Скандальная «хоккейная клюшка»

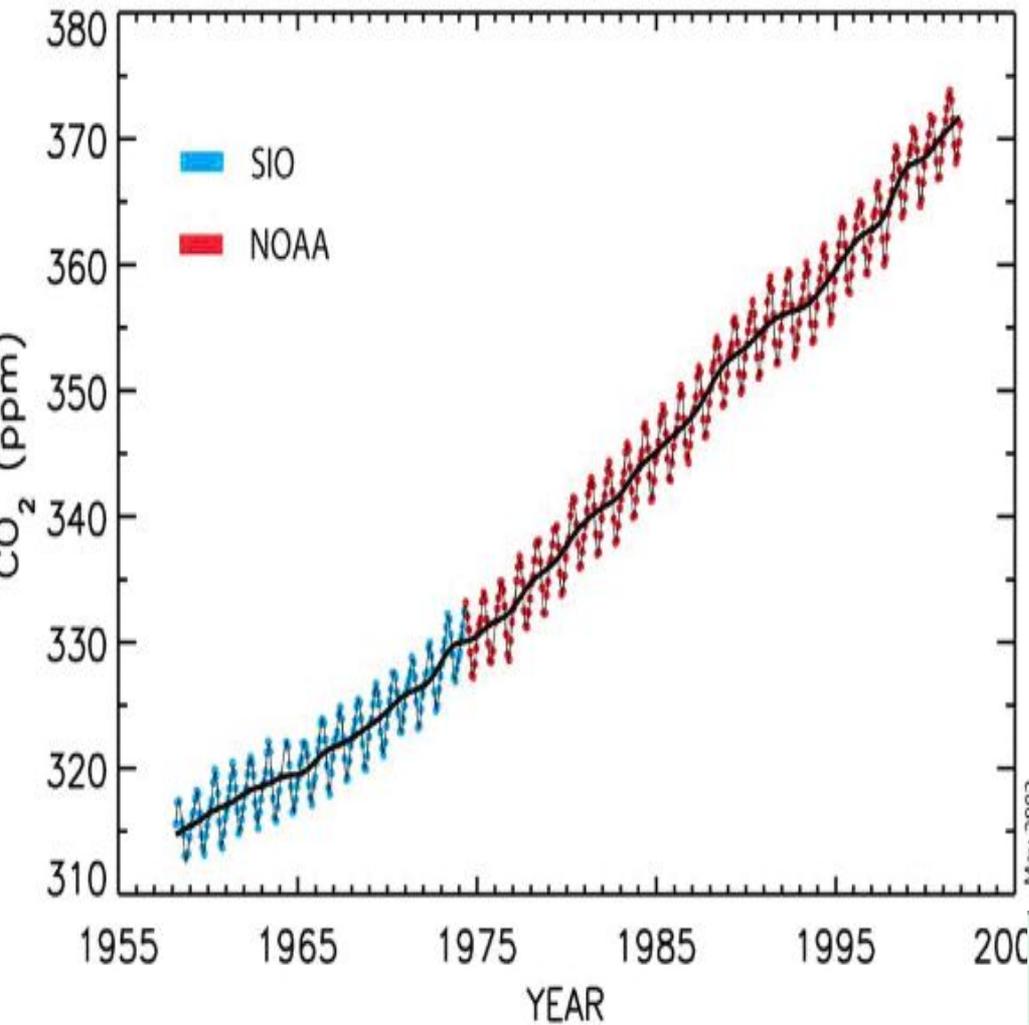
Pause in global warming

Running nine-year trends in surface warming and upper ocean heat uptake. The recent slowdown in global warming is highlighted by the grey shading.



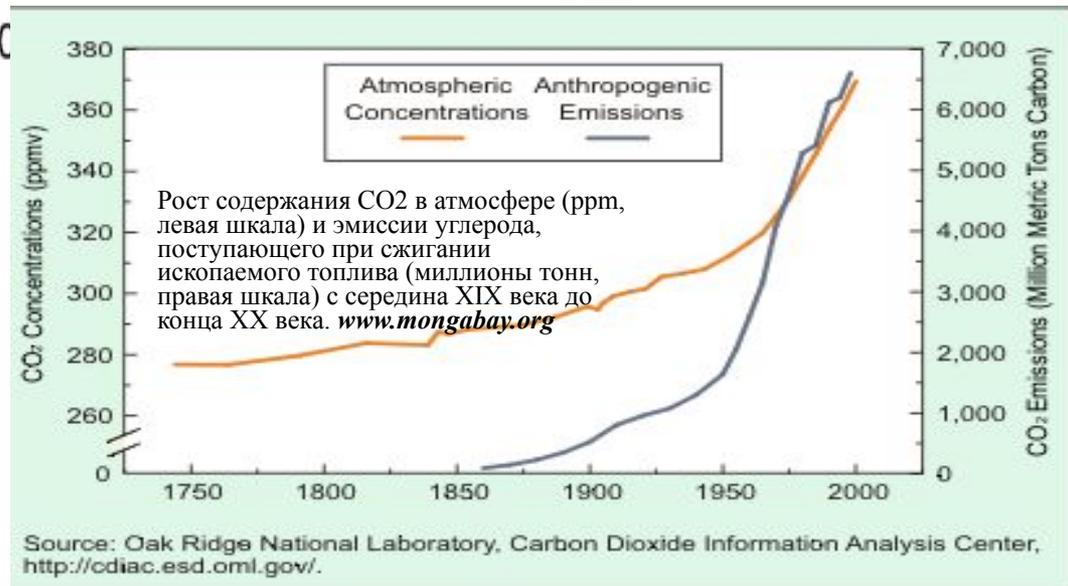
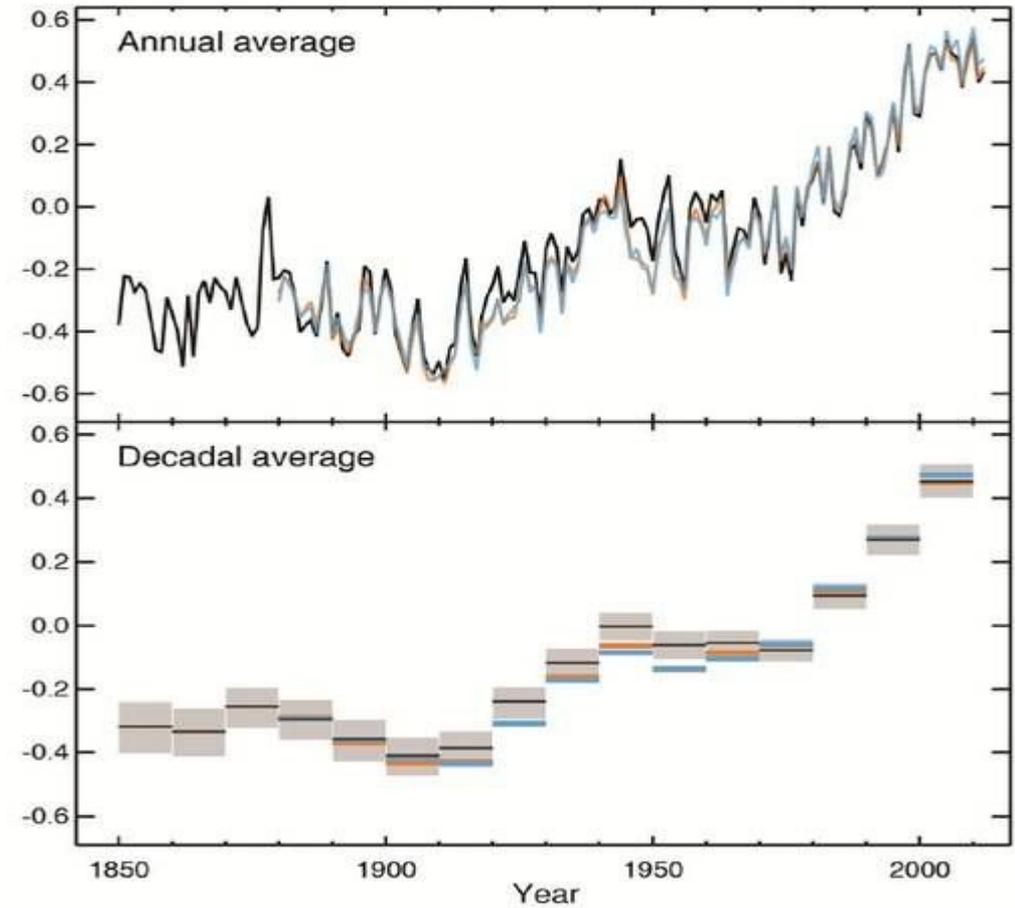
Source: Met Office

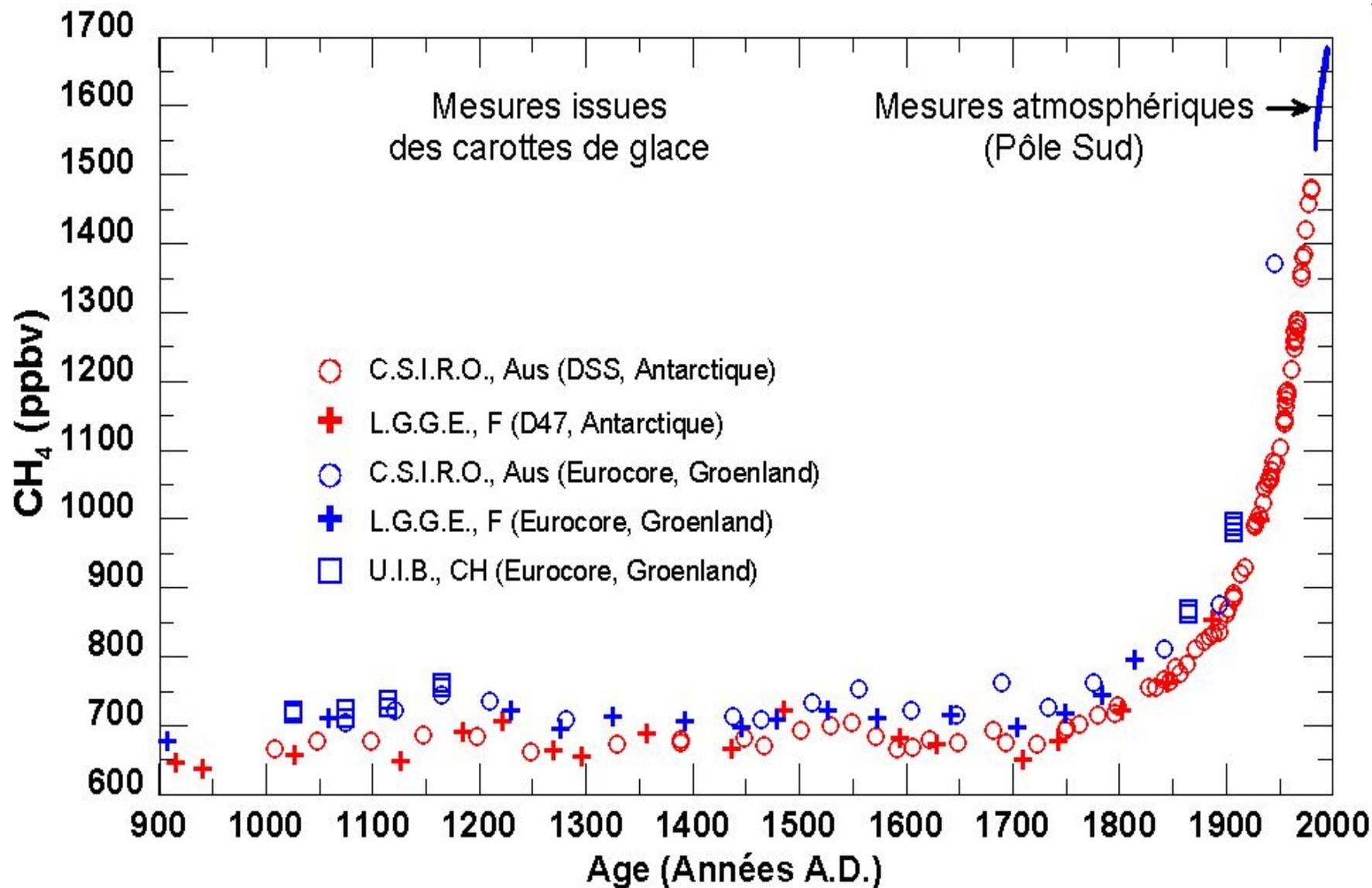
Mauna Loa Monthly Mean Carbon Dioxide



Рост содержания углекислого газа в атмосфере с конца 1950-х годов по 2002 год по данным Обсерватории Мауна-Лоа на Гавайях. Отдельные точки — среднемесячные значения. Хорошо видны ежегодные сезонные колебания, связанные с фотосинтезом наземной растительности Северного полушария (CO₂ накапливается в атмосфере за зимний сезон, а летом активно связывается). Четко прослеживается и общая тенденция неуклонного возрастания содержания CO₂. Синий цвет — данные Океанографического института Scripps (Scripps Institution of Oceanography, SIO), красный — Национальной администрации по океанам и атмосфере (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA). www.noaanews.noaa.gov

Observed globally averaged combined land and ocean surface temperature anomaly 1850–2012





- Изменения содержания метана в атмосфере с 900-го до 2000 г. нашей эры (по данным анализа пузырьков воздуха, запечатанного во льду Антарктиды и Гренландии). Синяя линия в правой, самой верхней части графика соответствует измерениям в атмосфере на Северном полюсе. Значения концентрации метана по оси Y — в миллионных частях (т.е. цифры на шкале соответствуют диапазону от 0,6 до 1,7 ppm). Разные значки соответствуют разным местам взятия колонок льда (красные значки — Антарктида, синие — Гренландия). www-lgge.ujf-grenoble.fr

Экология биосферы



учебное пособие

 Министерство
образования
Российской Федерации

Таблица 3. Количество углерода на Земле в различных средах и фа (по Falkowski et al., 2000)

Среда и форма	Масса углерода (в гига тонна)
Вся литосфера	> 75 000 000
Карбонаты кальция и магния (осадочные породы)	> 60 000 000
Кероген (осадочное органическое вещество)	15 000 000
Ископаемое топливо (уголь, торф, нефть, газ)	4130
Вся гидросфера (океаны)	38 400
Растворенные бикарбонаты и карбонаты (в целом)	37 400
Растворенные бикарбонаты и карбонаты (поверхностные воды)	670
Растворенные бикарбонаты и карбонаты (глубинные воды)	36 730
Органическое вещество (растворенное и взвешенное)	1000
Водная биота (масса живых организмов)	1–2
Атмосфера (CO₂)	720
Наземная биота (в целом)	1800 – 2200
Масса живых организмов	600 – 1000
Масса отмерших организмов	1200

Таблица 5. Соотношение источников поступления метана в атмосферу и процессов его потребления (по Lowe, 2006)*

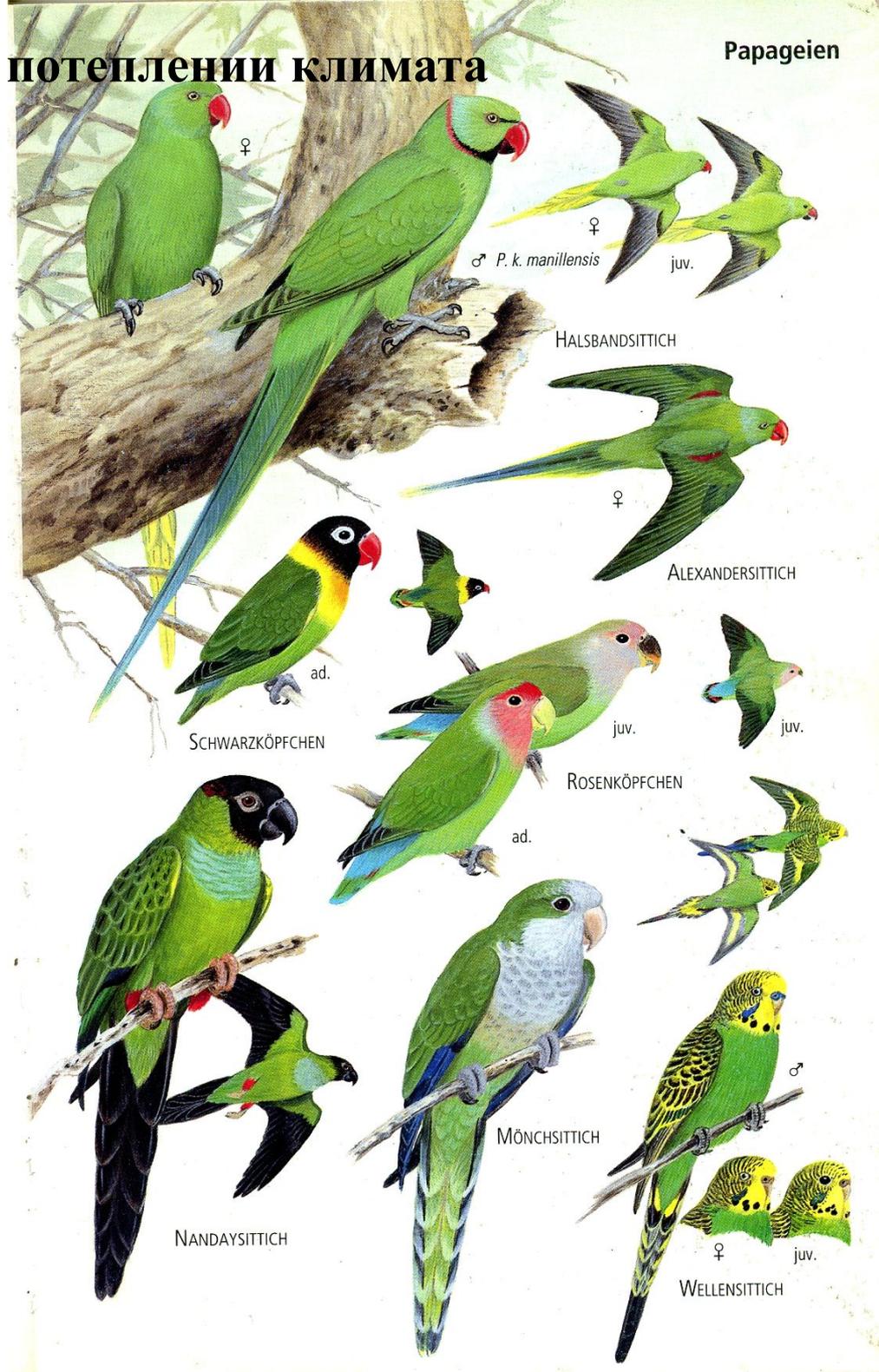
Источники поступления метана	Наиболее вероятная оценка	Разброс разных оценок
Болота и прочие увлажненные территории	145	92–237
Рисовые поля	60	40–100
Жвачные животные	93	80–115
Термиты	20	20–20
Сжигание биомассы (лесов в первую очередь)	52	23–55
Производство энергии человеком	95	75–110
Свалки	50	35–73
Океан	10	10–15
Гидраты (в море и на суше)	5	5–10
Суммарное выделение по всем источникам	530	500–600

Процессы и места «стока» метана	Наиболее вероятная оценка	Разброс разных оценок
Окисление в тропосфере	507	450–510
Потери в стратосфере	40	40–46
Связывание в почве	30	10–44
Суммарный «сток»	577	460–580

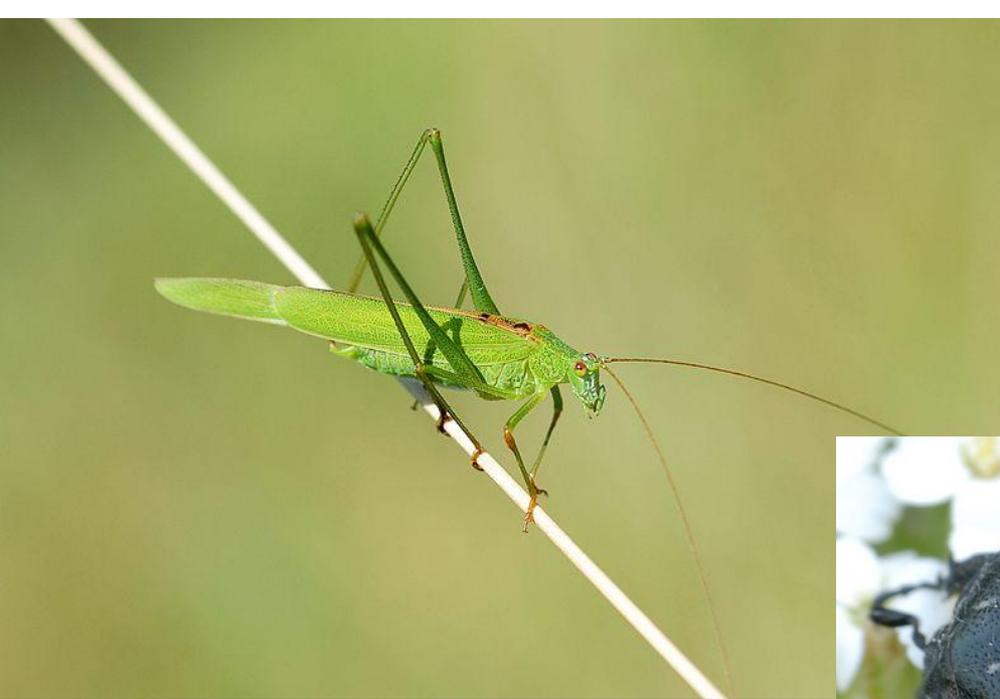
* Цифры в таблице — миллионы тонн метана в год. Приведены как наиболее вероятные оценки, так и разброс оценок по разным литературным источникам.

Неметеорологические данные о потеплении климата

- Движение «южных» видов птиц, насекомых, высших растений и т. д. на север (хотя не всё так однозначно)
- Сдвиг «вперёд» всех фенодат весны (с осенью не всё так однозначно)
- Прекращение циклов массового размножения сперва леммингов, потом и лесных полёвок
- «Разобщение» фенодат видов, тесно связанных в цепях питания (насекомоядные птицы и их жертвы, растительноядные звери и фитомасса и пр.)
- Подъём уровня мирового океана, с гибелью прибрежных лесов (т. н. леса-призраки)/с/х земель от засоления; учащение прихода тайфунов и их разрушительности, вообще гидрологических стизхийных бедствий.
- Рост переменчивости погоды



Parageien



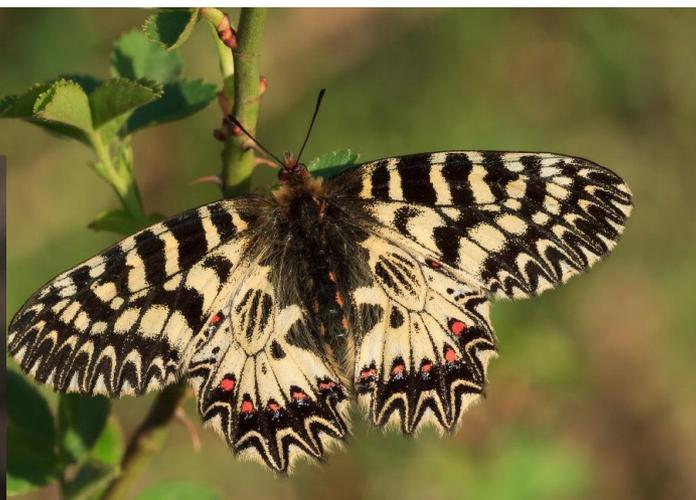
Пёстрая бронзовка - "прошла" регион с юга на север в 1970-х - 1980-х, пластинокрыл - в 1980-х - 1990-х, богомол и аргиопа Брюнниха - в 2000-х - 2010-х; в настоящее время - самые северные находки для всех них - уже севернее Подмосквья (Костромская, Ивановская, Кировская области, пёстрая бронзовка - "добралась" до Онежского озера в Вологодской области). Короткокрылый пестряк и степная сколия - появились в 2000-х, но пока встречаются только на юге Подмосквья (по границе лесной зоны). Гигантскую сколию ловили несколько раз в окрестностях Москвы и в Луховицком районе.

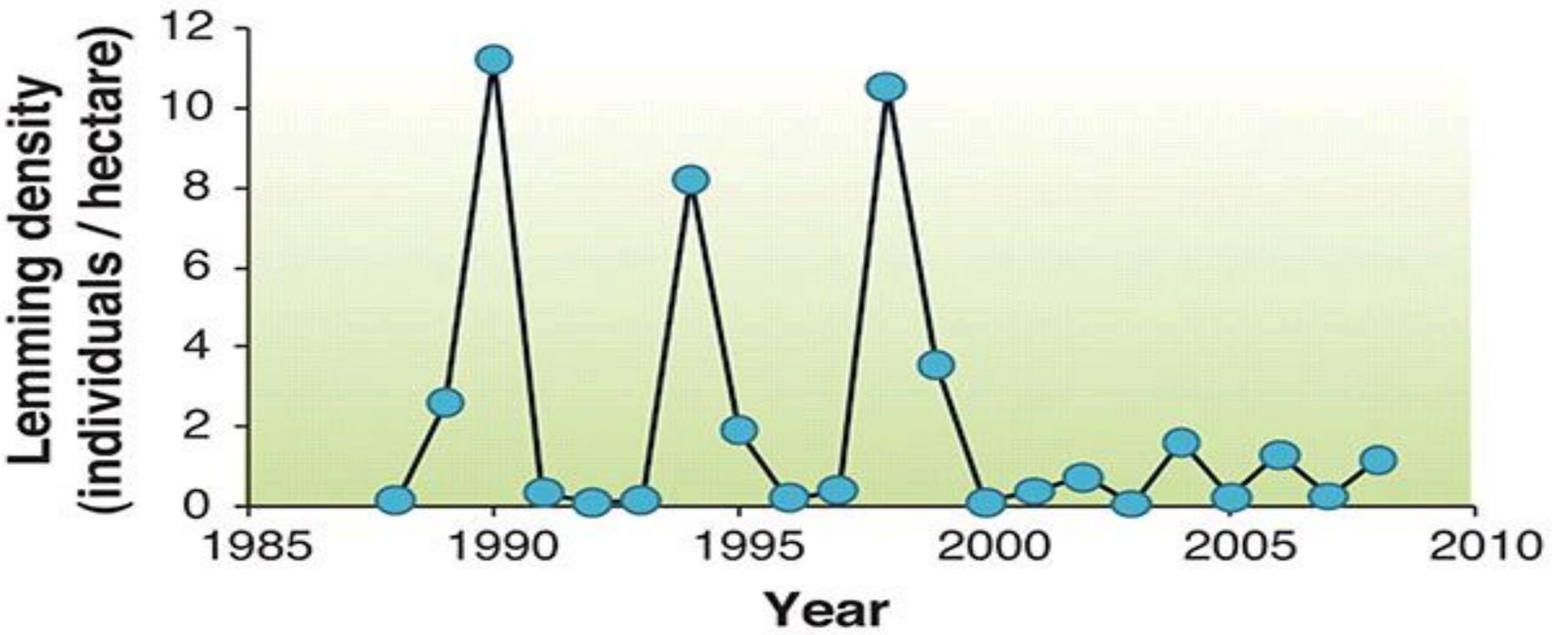
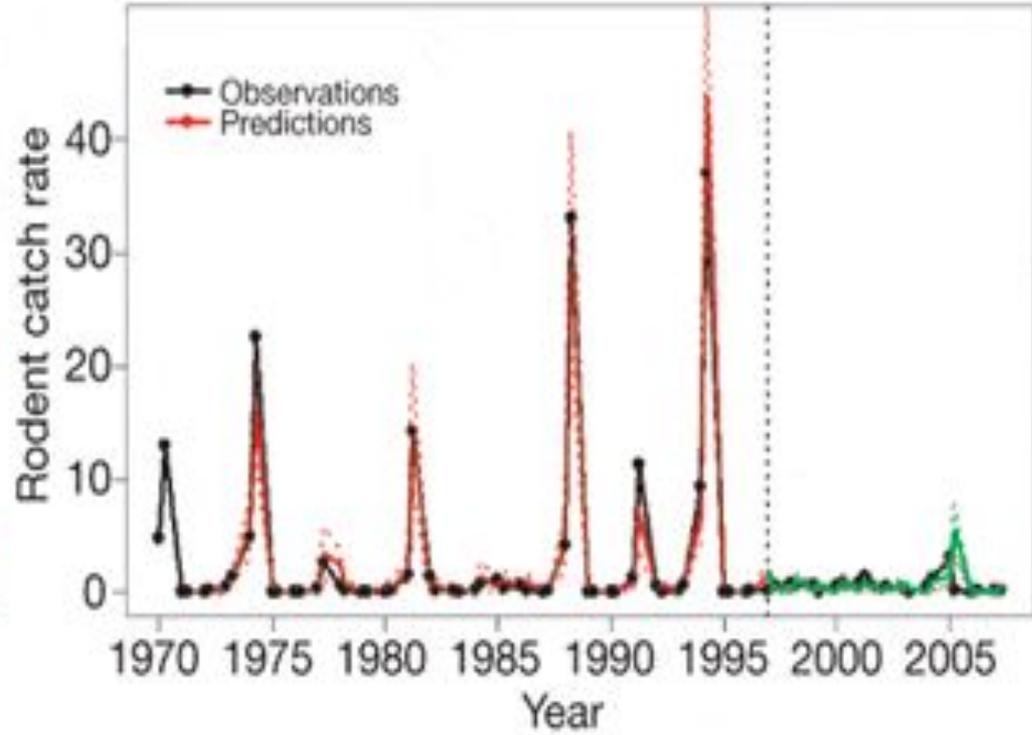
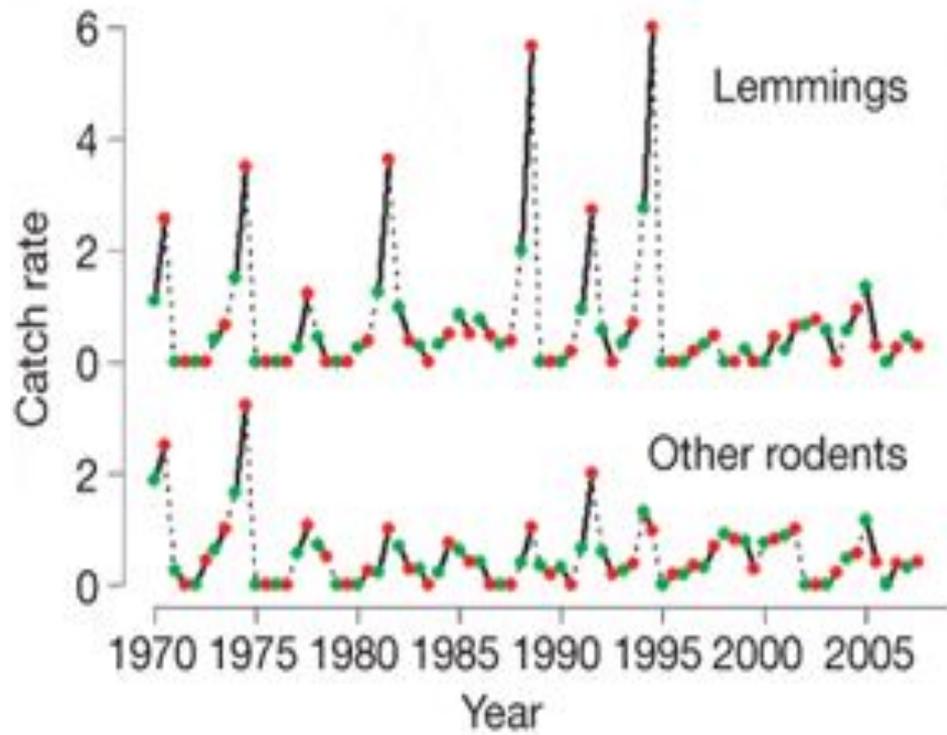
Фотографии некоторых расселяющихся южных бабочек.

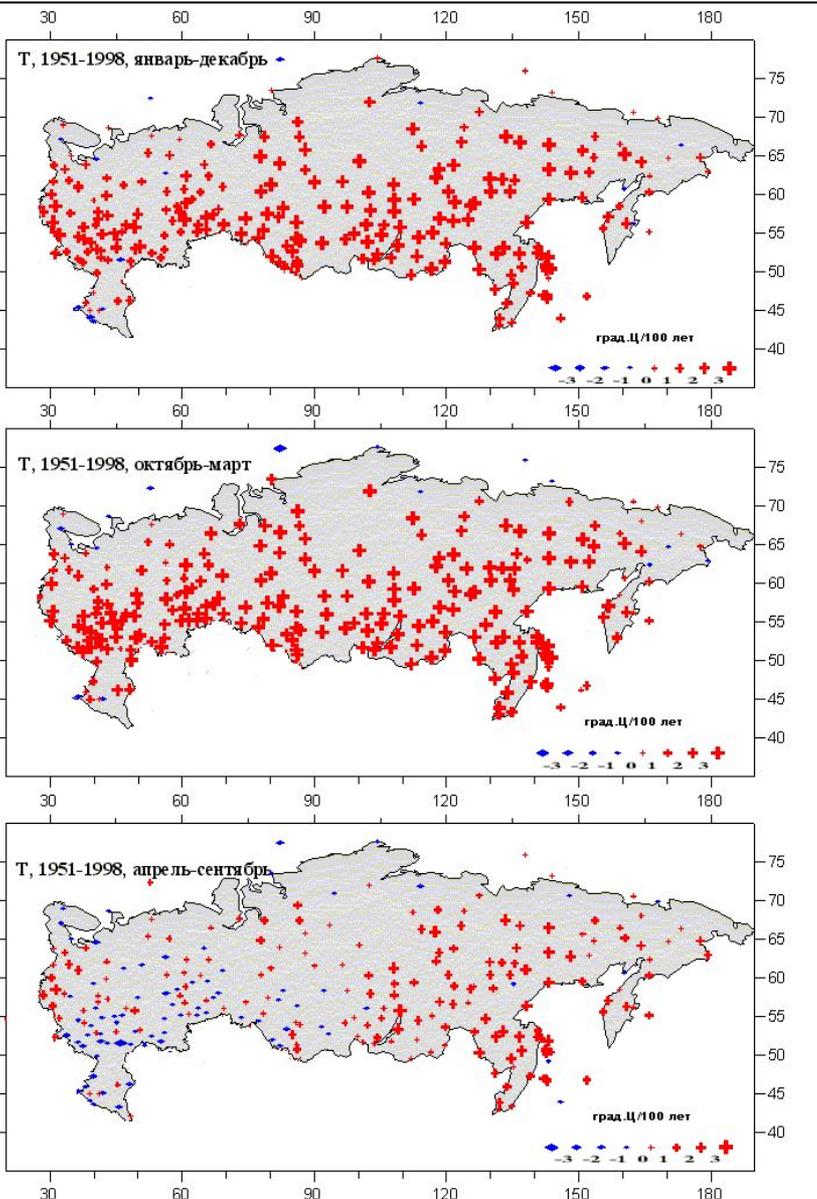
Перламутровка-дафна и голубянка-агестис - начали расселяться с середины 1970-х, суворовка - в конце 1980-х, поликсена - появилась на границе с Рязанской областью, видимо, в конце 1990-х (а в настоящее время заселила долину Оки в пределах всего Луховицкого района и стала появляться на границе с Коломенским).

Первую галатею встретили в долине реки Полосни, на границе с Тульской областью в середине 1990-х, а голубянка-терзит стала появляться там же, по наблюдениям А.С. Мазохина, только в самые последние годы.

В настоящее время суворовка надёжно заселила южные районы Подмосковья и долину Оки, севернее встречается единично, хотя залёты известны вплоть до юга Вологодской области. В отличие от неё, галатея до сих пор встречается единично, хотя вполне обычна в на юге Тульской, Рязанской и Нижегородской областей.







- Коэффициенты линейного тренда температуры приземного воздуха на территории РФ. Тренды оценены за период 1951-1998 гг. и выражены в $^{\circ}\text{C}/100$ лет. Знак "плюс" (красного цвета) соответствует положительному тренду, горизонтально вытянутый ромб (синего цвета) – отрицательному.
- Размер символа соответствует интенсивности тренда (более 1, 2 и 3 $^{\circ}\text{C}/100$ лет). Данные предварительно осреднены за указанные периоды. Источник: Третье национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 памочной

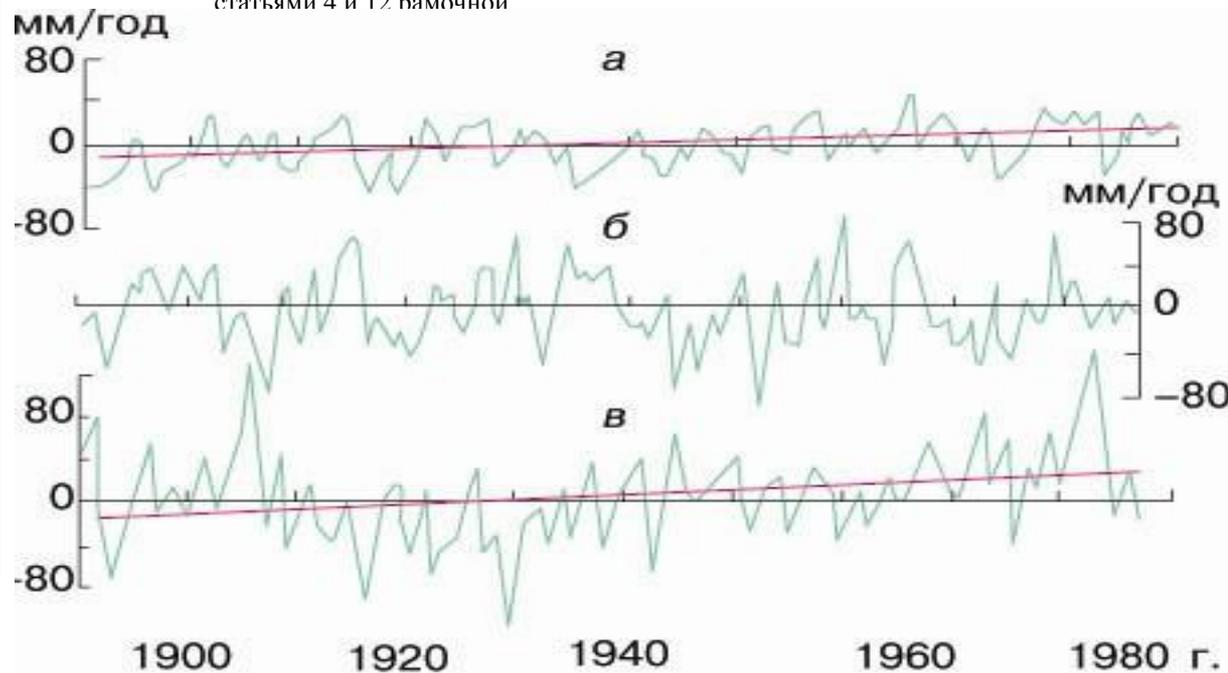
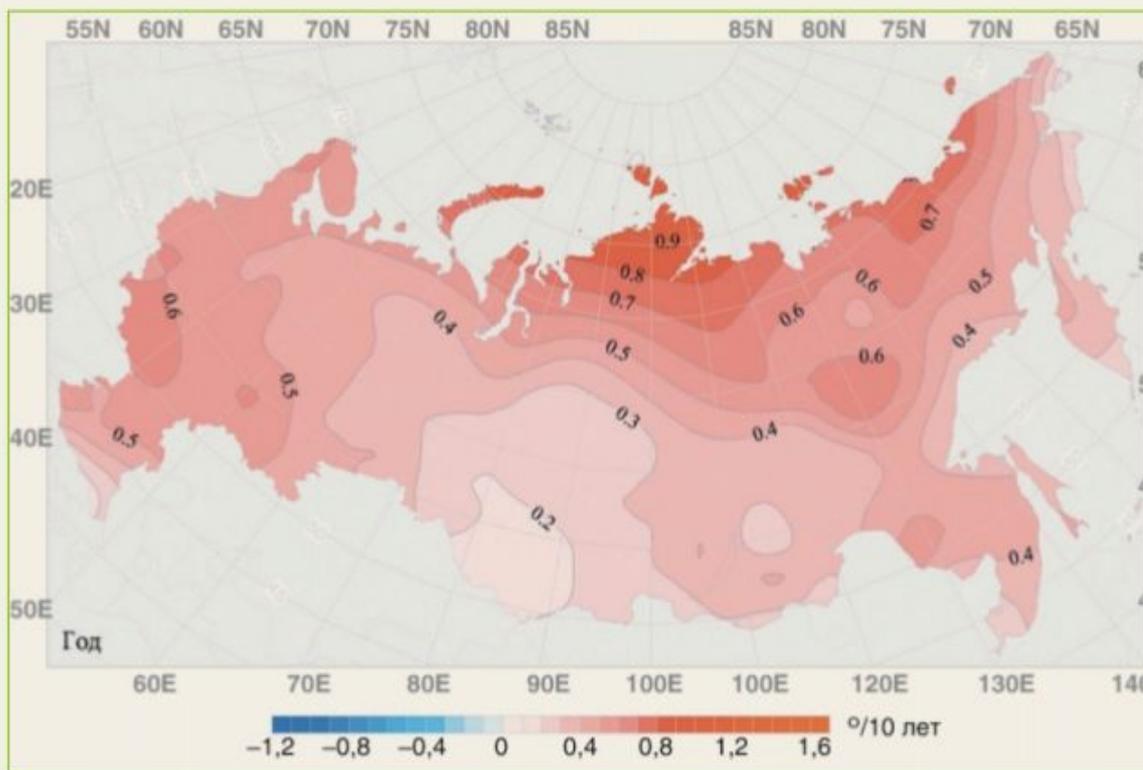
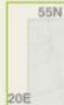


Рис. 2. Изменения среднего годового количества осадков над континентами северного полушария: а – территория СНГ, б – Западная Европа, в – Северная Америка.

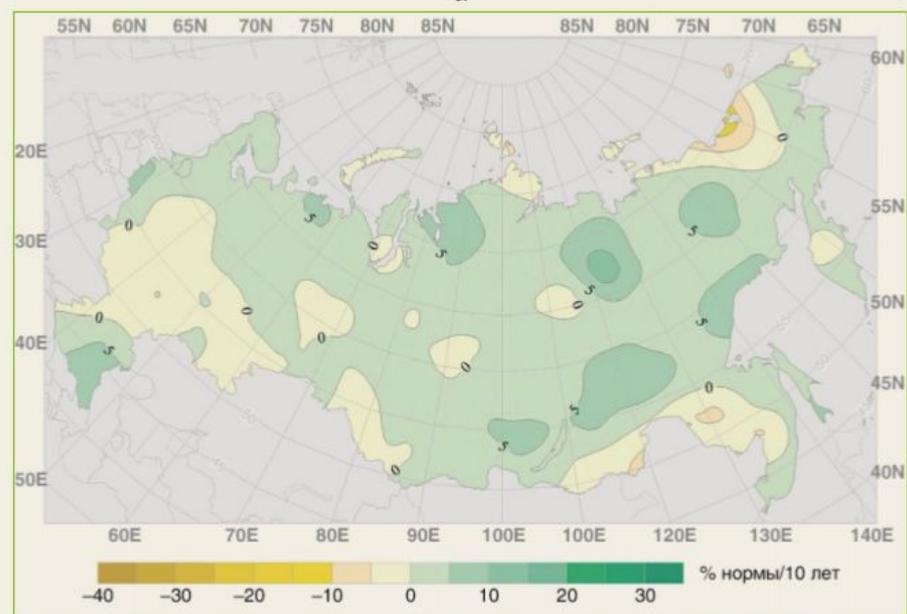
Источник: В.А.Семёнов. Ресурсы пресной воды и актуальные задачи гидрологии// Соросовский образовательный журнал. 1998. №1.

Влияние изменений климата на леса России: зафиксированные воздействия и прогнозные оценки

Д. Замолдчиков, д-р биол. наук,
МГУ имени М. В. Ломоносова;
Г. Краев, канд. геогр. наук, ЦЭПЛ РАН



а



б

Рис. 1. Наблюдаемые изменения климата на территории России за 1976–2012 годы:
а — линейный тренд температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет); б — линейный тренд годовых сумм осадков (% нормы за 10 лет) [3]

Изменения содержания в атмосфере CO₂ (вверху), средней температуры на поверхности Земли (в середине) и среднего уровня Мирового океана (внизу) с 1973 года по настоящее время. Отклонения от линии тренда в месте пересечения ею отметки 1990 года (принято за нуль).

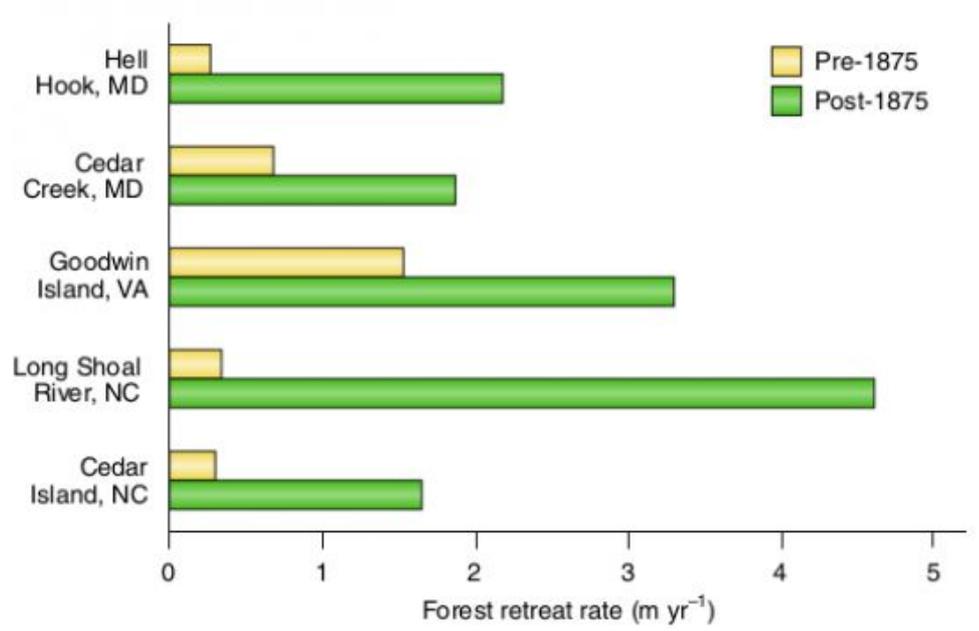
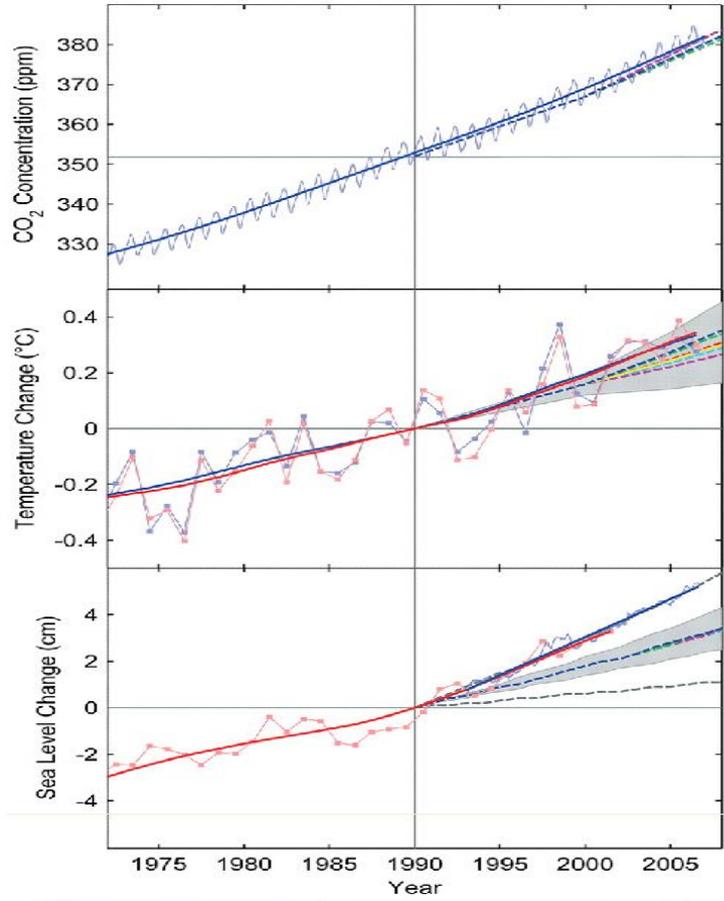


Fig. 2 | Accelerating forest retreat rates. Lateral forest retreat rates for five US mid-Atlantic sites, where gold bars represent late-Holocene rates (pre-1875) inferred from sediment cores and historical maps, and green bars represent modern rates (post-1875) inferred from historical maps and aerial photographs. 1875 was chosen to approximate the initiation of accelerated sea level rise on the Atlantic coast¹. Modern forest retreat rates

Science. 2007. V. 316. P. 709

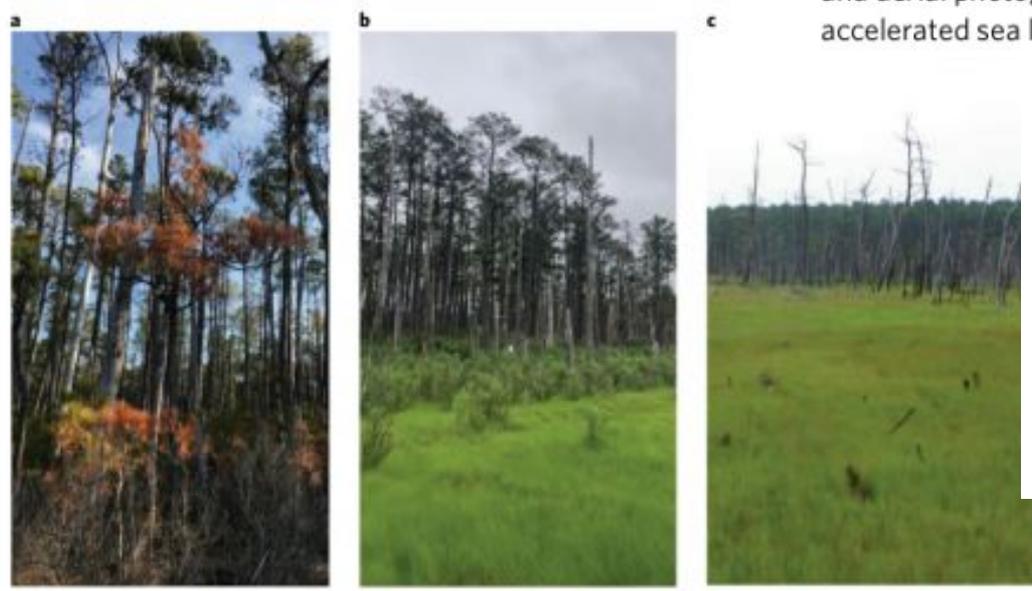


Fig. 3 | Stages of ghost forest creation. a-c, Photos show forest-to-marsh conversion in the Chesapeake Bay region (MD, USA) characterized by (a) death of tree saplings, (b) opening of canopy and invasion of *Phragmites* and shrubs, and (c) adult tree death and conversion to marsh, indicated by stumps in foreground and ghost forest in background. Image in c courtesy of Lennert Schepers, UAAntwerpen.

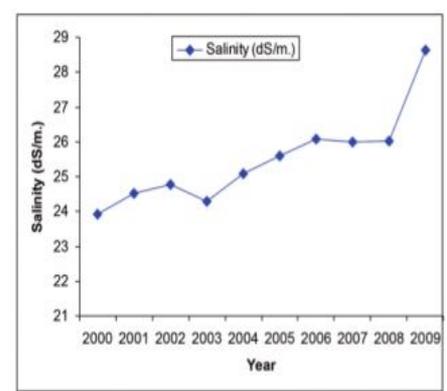


Figure 2 - Trends of soil salinity in Shyamnagar Upazila from 2000 to 2009.

REVIEW ARTICLE [nature climate change](https://doi.org/10.1038/nature-climate.2012.20087)

Sea-level driven land conversion and the formation of ghost forests

Matthew L. Kirwan¹ and Keryn B. Gedan²

Ghost forests created by the submergence of low-lying land are one of the most striking indicators of climate change along the Atlantic coast of North America. Although dead trees at the margin of estuaries were described as early as 1910, recent research has led to new recognition that the submergence of terrestrial land is geographically widespread, ecologically and economically important, and globally relevant to the survival of coastal wetlands in the face of rapid sea level rise. This emerging understanding has in turn generated widespread interest in the physical and ecological mechanisms influencing the extent and pace of upland to wetland conversion. Choices between defending the coast from sea level rise and facilitating ecosystem compression will play a fundamental role in determining the fate and function of low-lying coastal land.

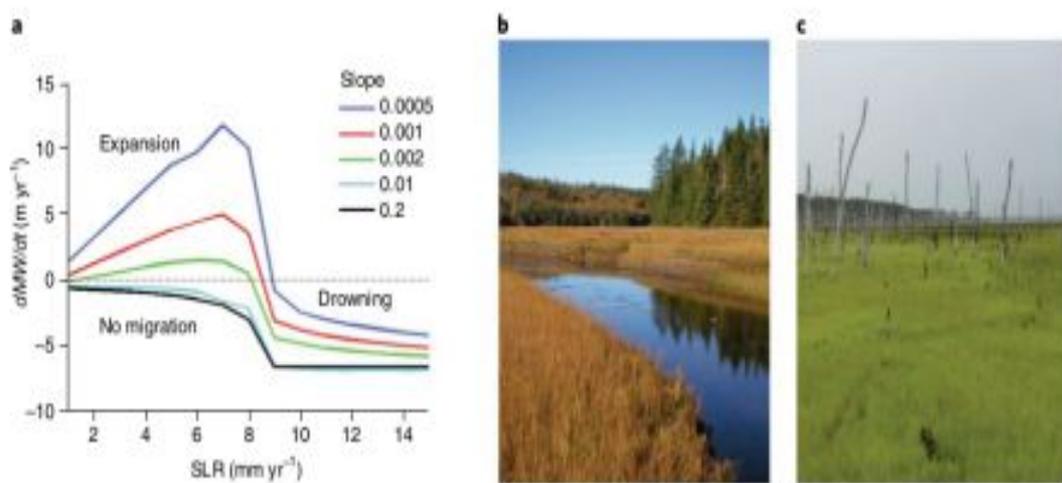


Fig. 4 | Effect of topographic slope and human impacts on marsh size. **a**, Model simulations showing change in marsh width (dMW/dt) for different rates of sea level rise (SLR) and slopes of adjacent land (coloured lines). For gently sloping, natural coasts, marshes expand with increasing SLR rates until a threshold rate is exceeded. Marshes inevitably decline in size when uplands are steep or protected by anthropogenic barriers (black line represents with no migration). **b**, Steep uplands prevent landward marsh migration and favour small and/or shrinking marshes (Bay of Fundy, Nova Scotia, Canada). **c**, Gently sloping uplands facilitate landward marsh migration and favour large and/or expanding marshes (Chesapeake Bay, MD, USA). Panel **a** reprinted from ref. ⁷⁶, John Wiley & Sons. Image in **c** courtesy of Lennert Schepers, UAntwerpen.

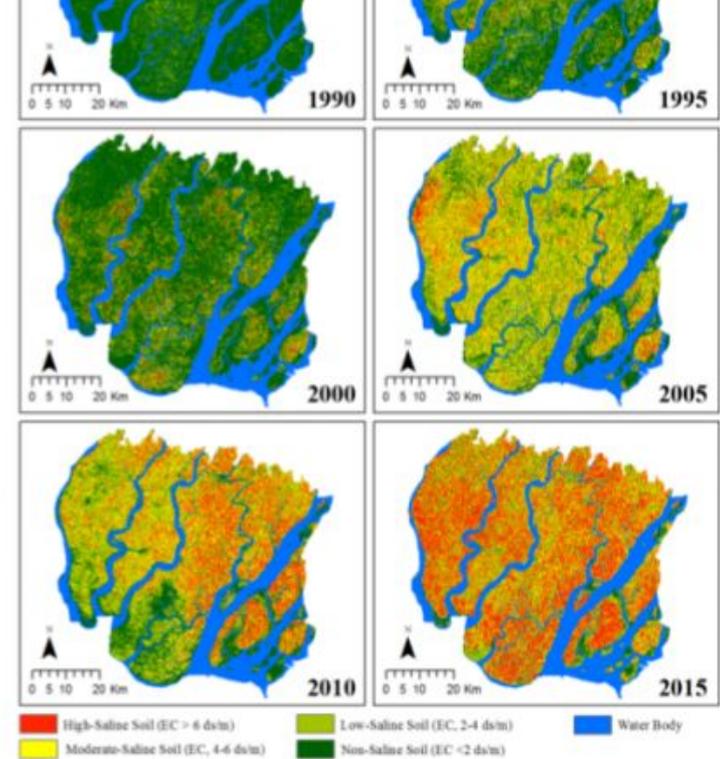


Figure 2: Soil salinity map derived from remote sensing images for 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 and 2015

level in different year

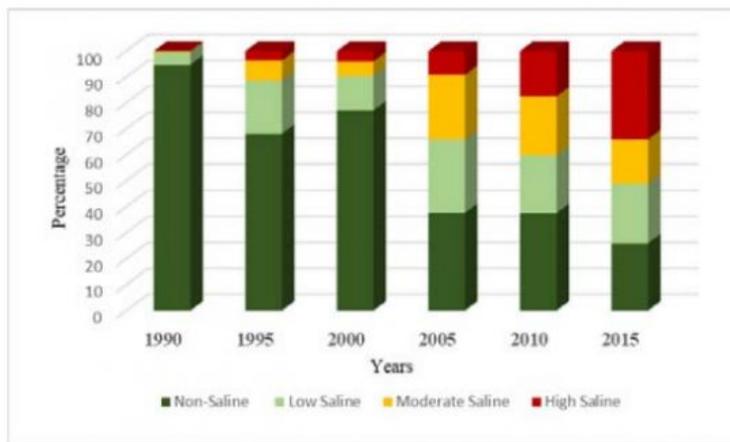


Figure 3: Percentage of study area with different salinity level in different years

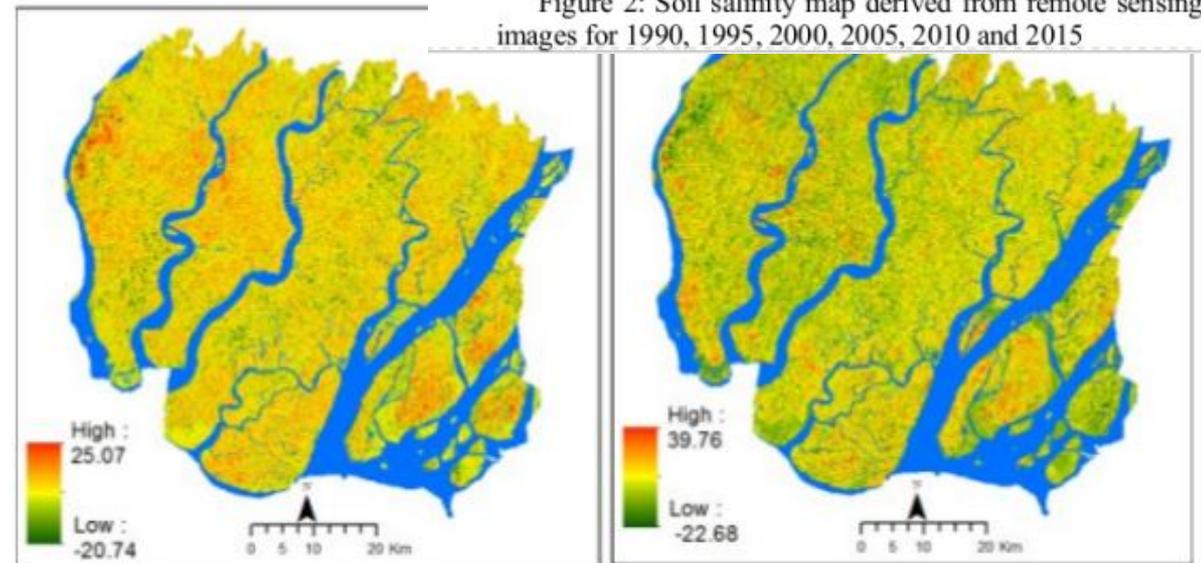


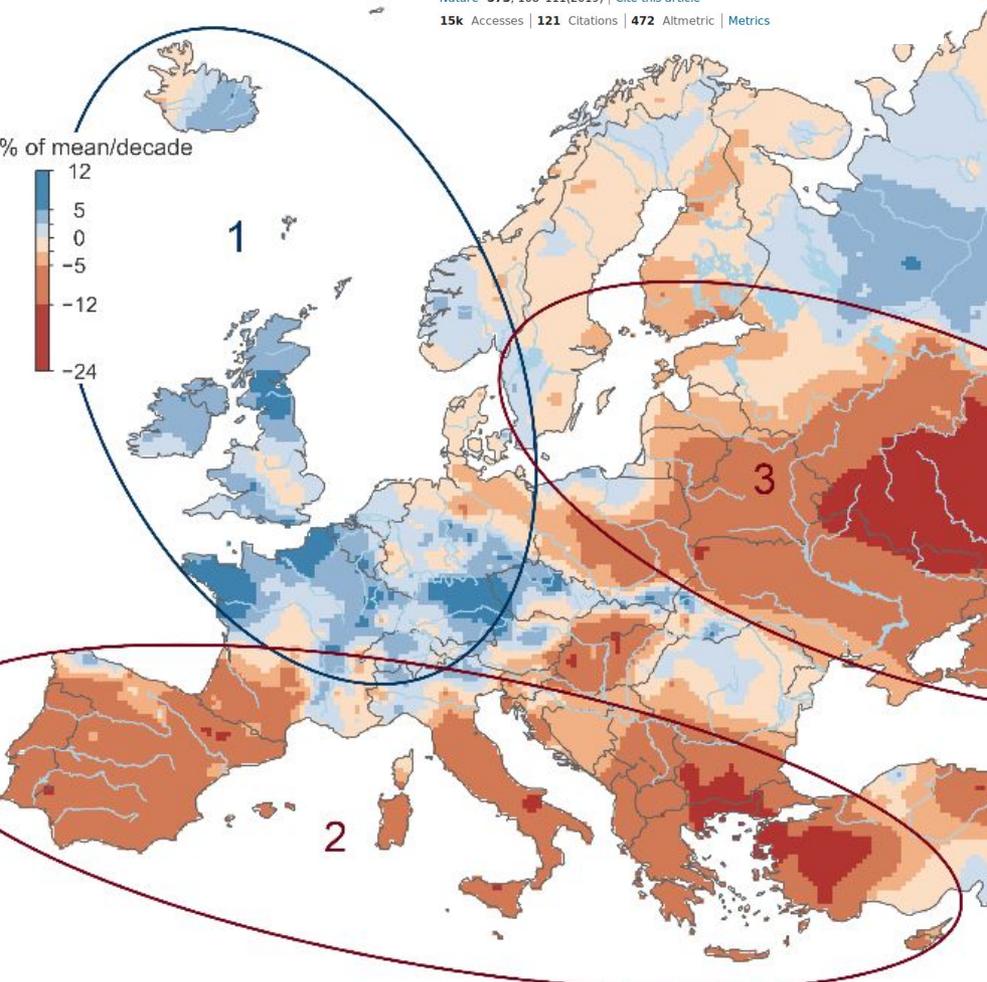
Figure 4: Decadal change of soil salinity a) the soil salinity changes between 1995 and 2005, b) the soil salinity changes between 2005 and 2015

Changing climate both increases and decreases European river floods

Günter Blösch¹, Julia Hall, [...] Nenad Živković

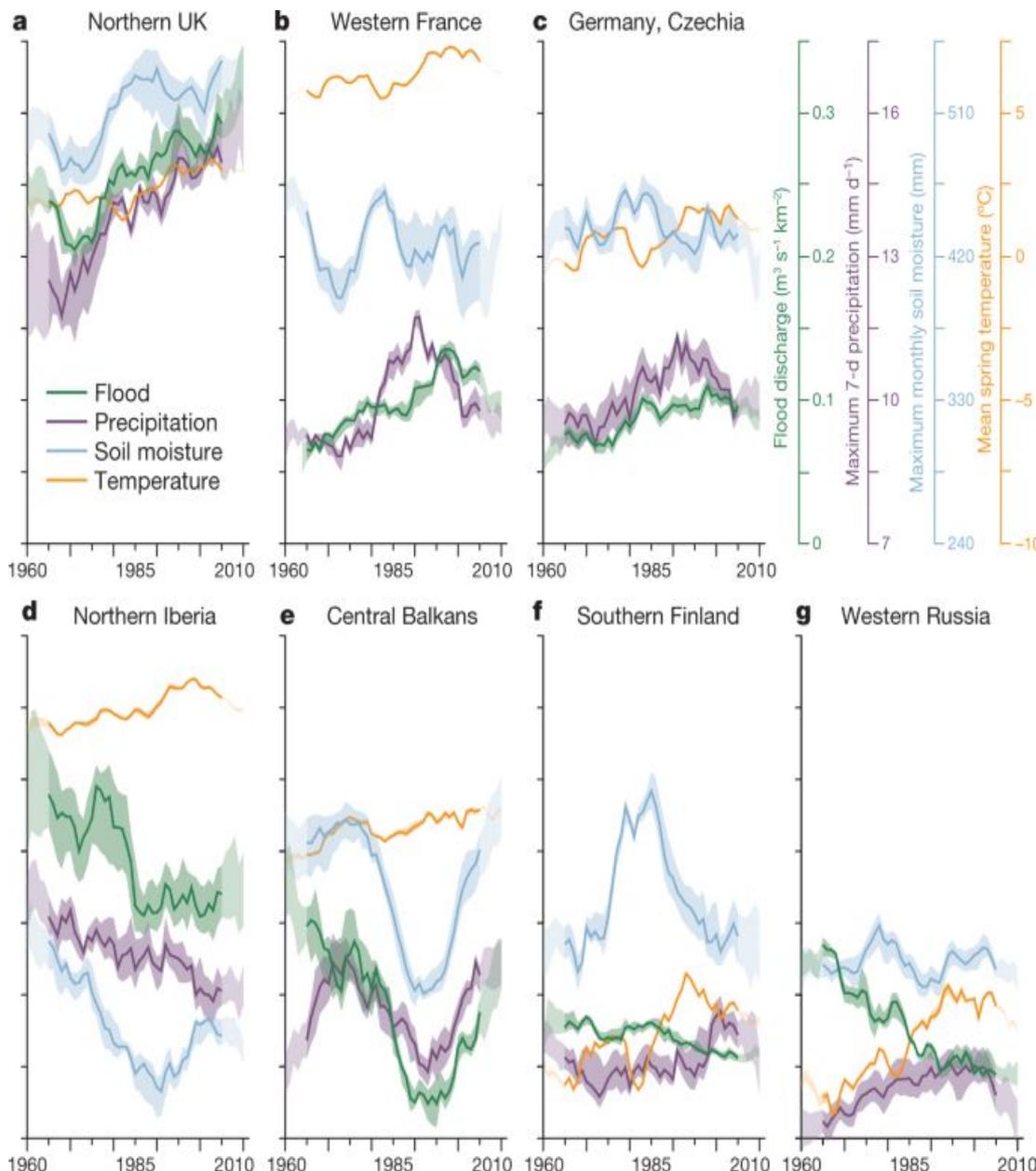
Nature 573, 108–111 (2019) | Cite this article

15k Accesses | 121 Citations | 472 Altmetric | Metrics



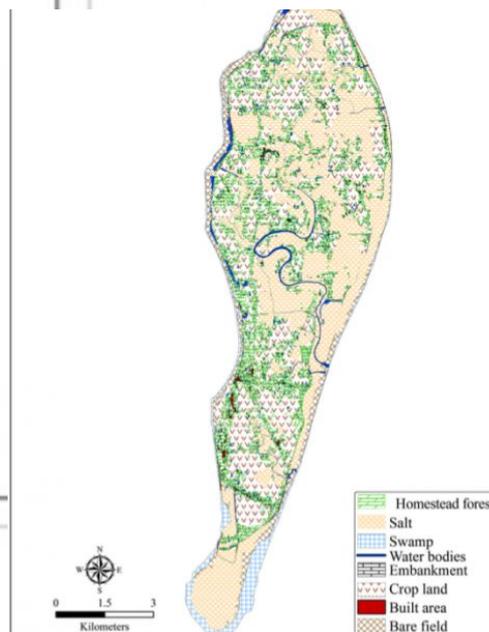
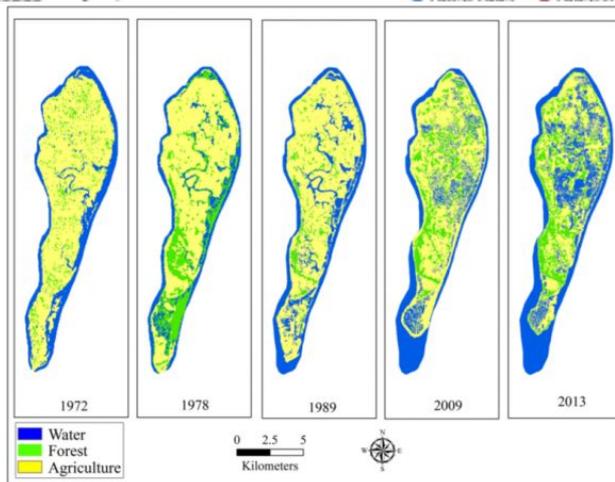
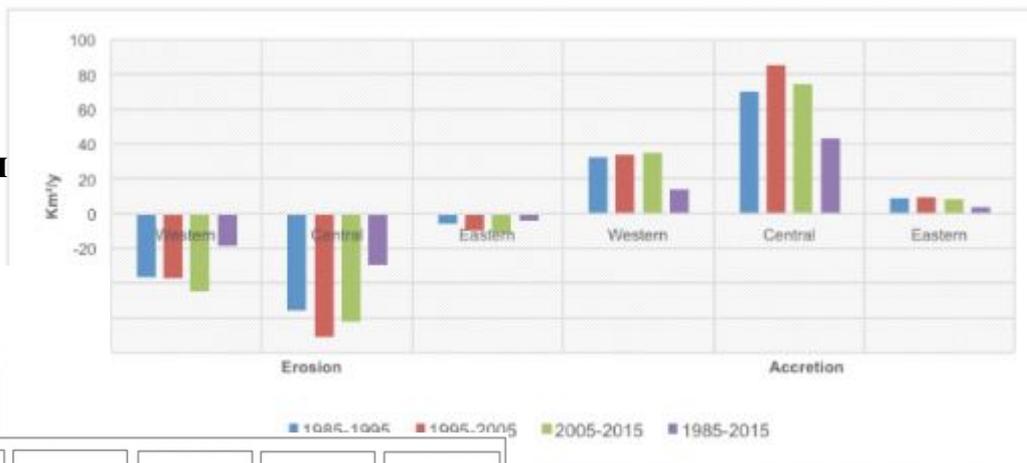
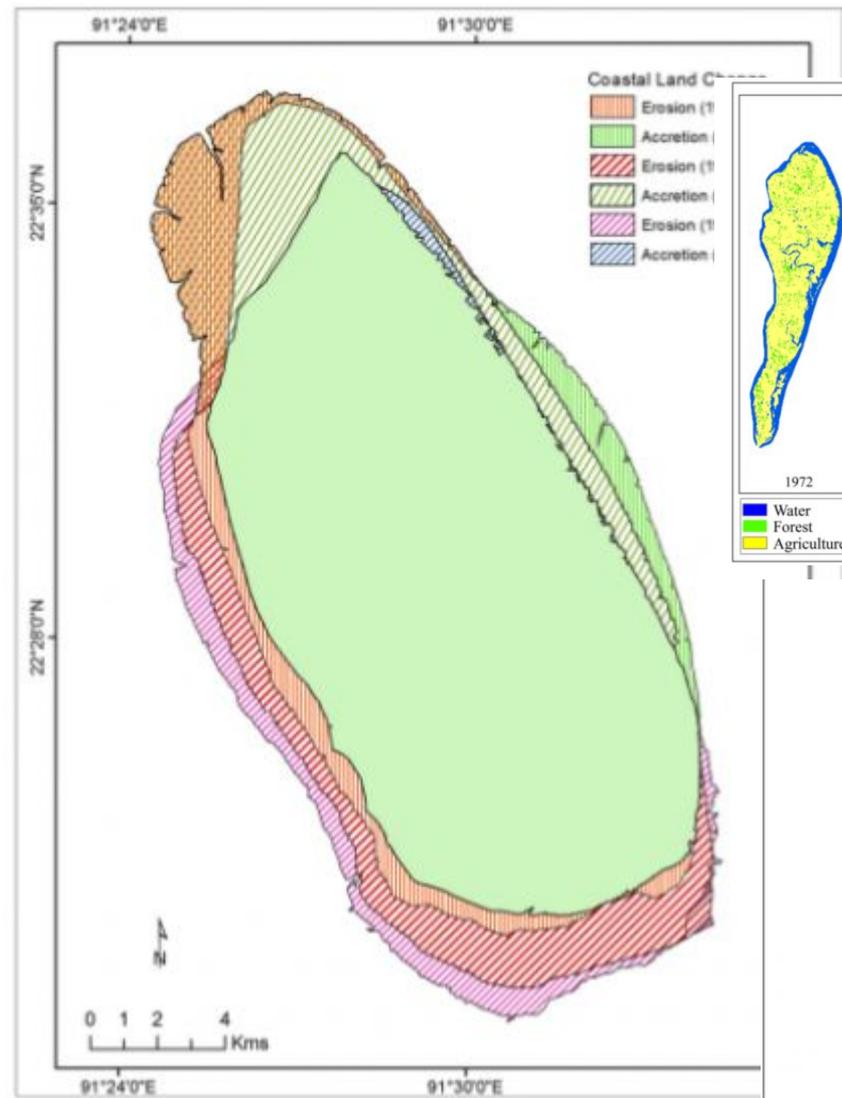
Региональные различия в трендах изменения максимальных расходов воды в Европе за 1960 — 2010 годы. Синим отмечено увеличение максимальных расходов воды, красным — уменьшение расходов (в процентах за десятилетие). 1 — Северо-Западная Европа: увеличение количества осадков и влажности почвы. 2 — Южная Европа: уменьшение количества осадков и увеличение испарения. 3 — Восточная Европа: уменьшение снеготранспорта и более раннее таяние снежного покрова

Изменения, вызванные потеплением, ключны: какой из откликов ни возьми, в зависимости от местных обстоятельств на одних территориях идут в одну сторону, на других в противоположную, увеличивая общую мозаичность. Совокупный результат складывается как равнодействующая тех и других, т. е. локальный фактор (биоценозы, климат и нарушения) важнее общепланетарного изменения



Подъём моря вследствие потепления в одних местах «съедает» побережья и острова, в других — они нарастают из-за вызванной им же роста мутности (часто и водности) рек, т. е. большего отложения наносов в устье

Coastline and its area changes of the Sandwip Island between 1980 and 2010



tion.

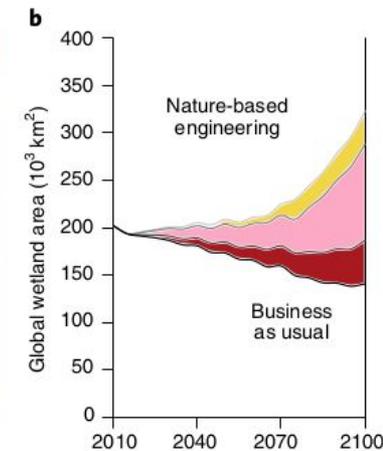


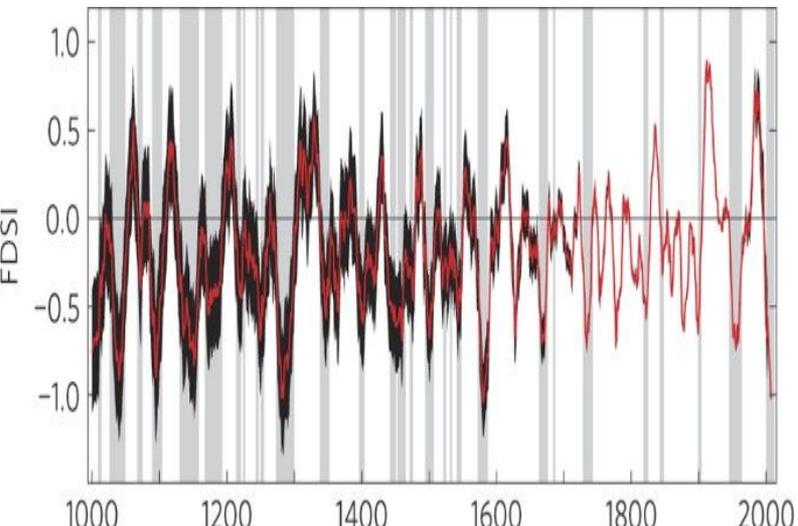
Fig. 5 | Effect of flood defence strategy and land conversion on wetland size. a, Nature-based engineering to create marsh in front of leveed agricultural fields in the Wash Estuary, UK. The levee was intentionally breached in 2002, marsh vegetated colonized naturally, and now protects the more inland levee. **b**, Modelled global wetland area for the Intergovernmental Panel on Climate Change RCP 8.5 sea-level rise scenario. Colours represent different flood-defence scenarios, where the model assumes no landward wetland migration where the projected human population in the 100-year floodplain exceeds 5–20 people km⁻² (red, reflecting business as usual), 20–150 people km⁻² (pink), and 150–300

Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality

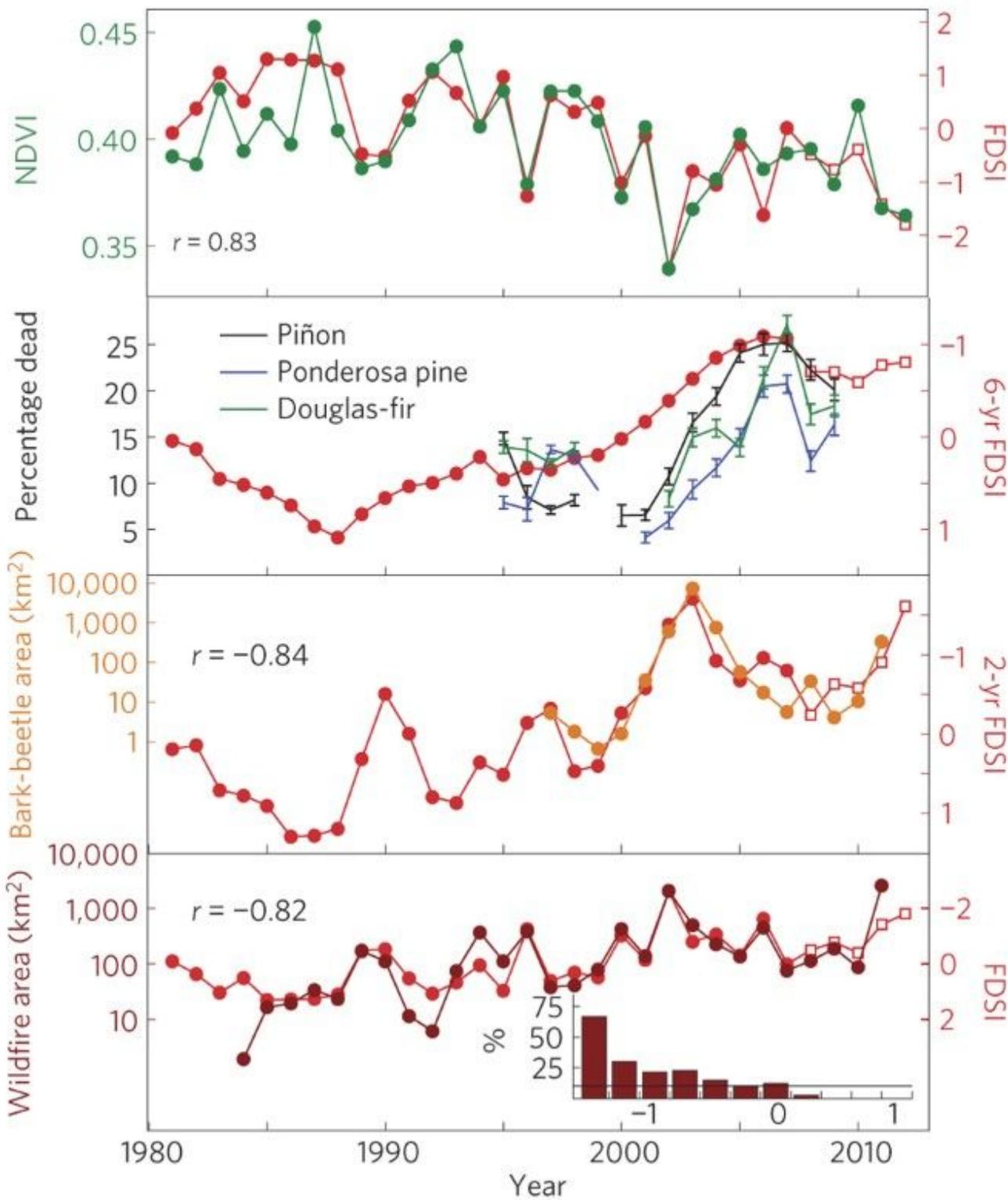
A. Park Williams, Craig D. Allen, Alison K. Macalady, Daniel Griffin, Connie A. Woodhouse, David M. Meko, Thomas W. Swetnam, Sara A. Rauscher, Richard Seager, Henri D. Grissino-Mayer, Jeffrey S. Dean, Edward R. Cook, Chandana Gangodagamage, Michael Cai & Nate C McDowell

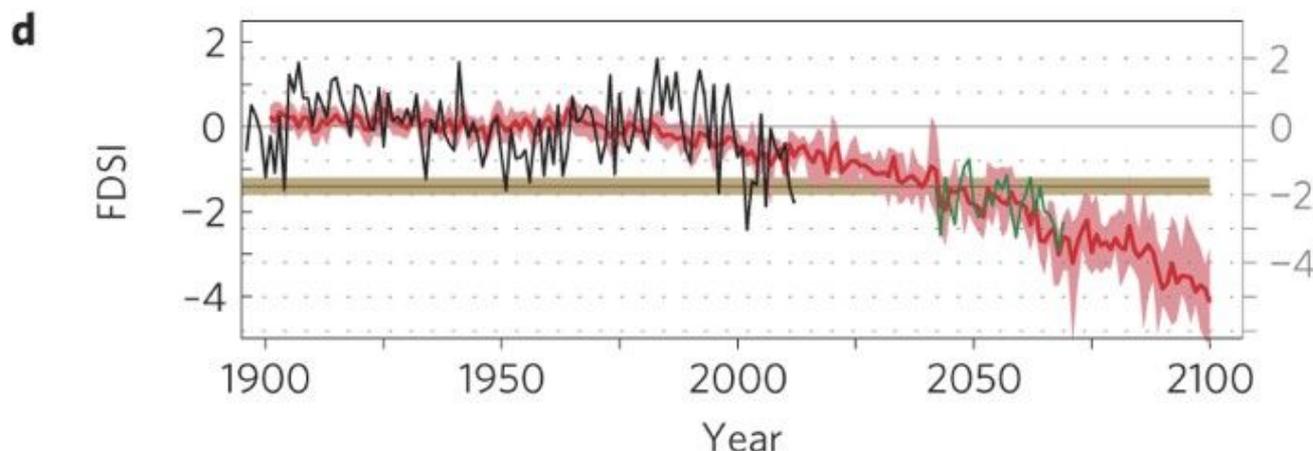
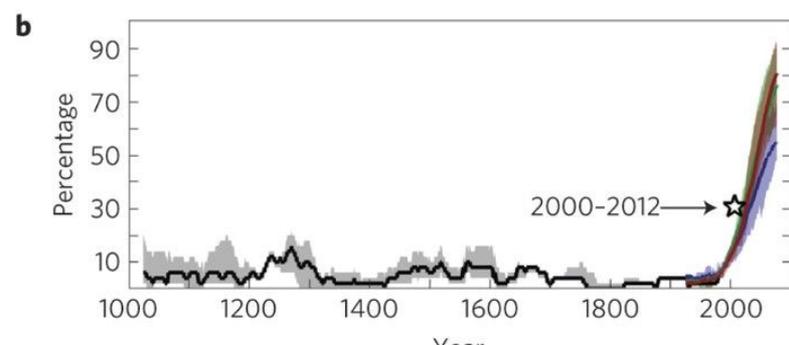
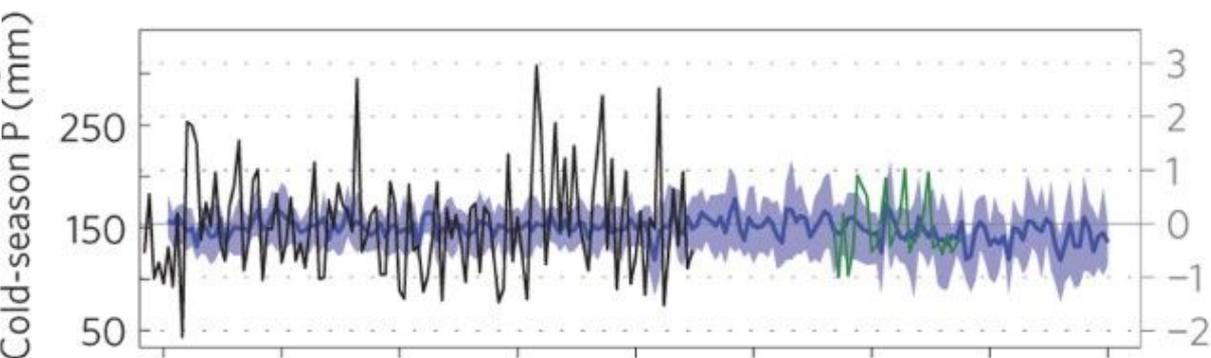
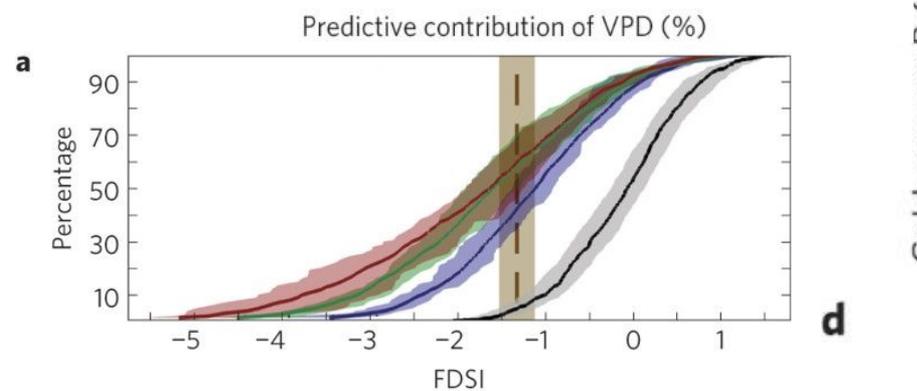
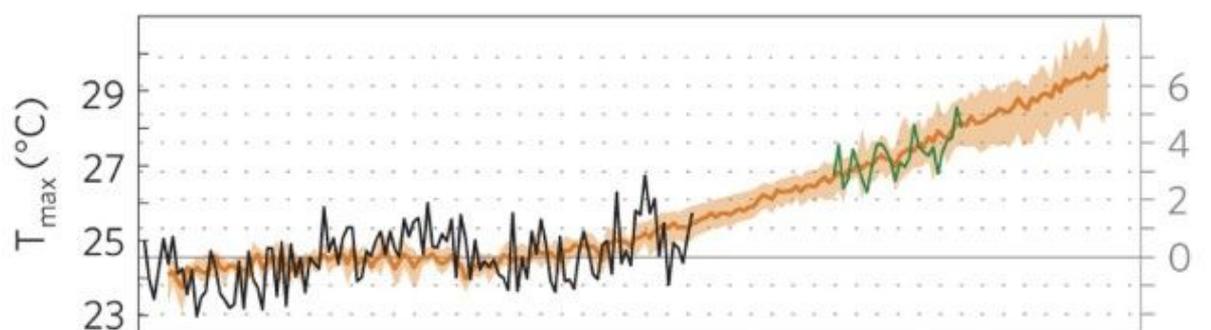
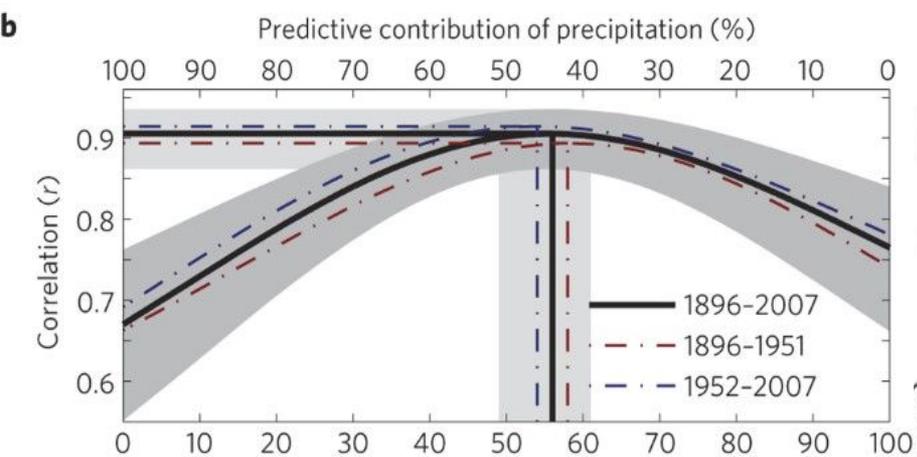
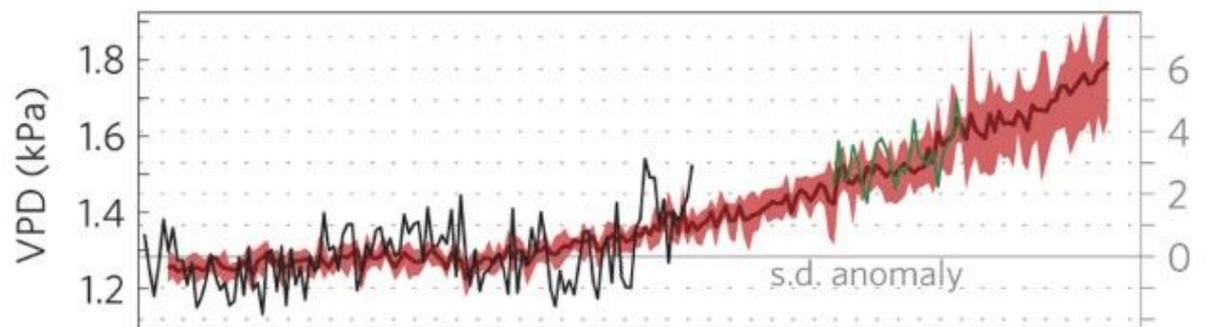
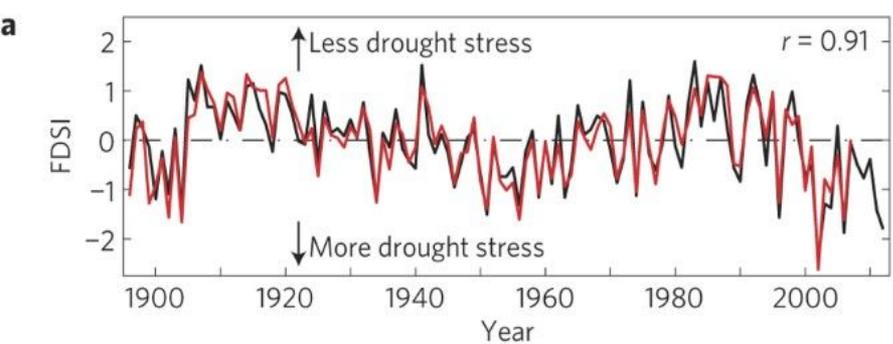
Nature Climate Change 3, 292-297(2013) | Cite this article

3416 Accesses | 899 Citations | 213 Altmetric | Metrics



Динамика индекса стресса засухой, со сглаживанием в 11 лет (выше 0 — стресс меньше долговременной средней, ниже — больше).



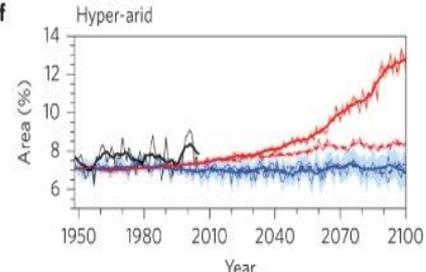
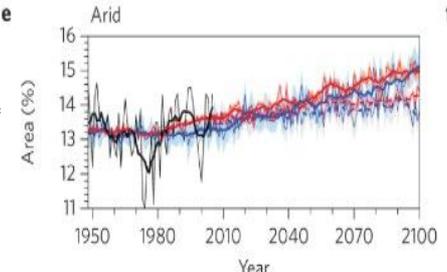
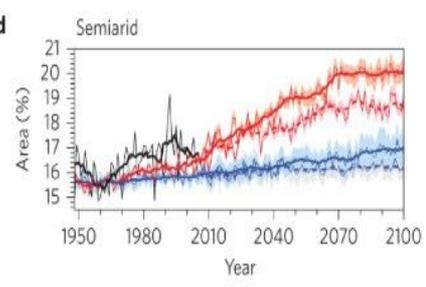
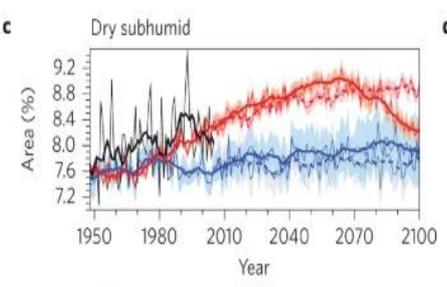
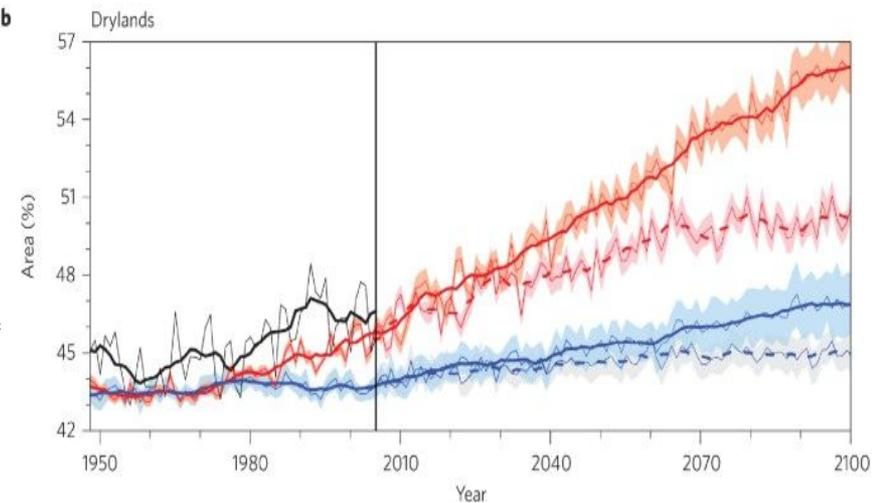
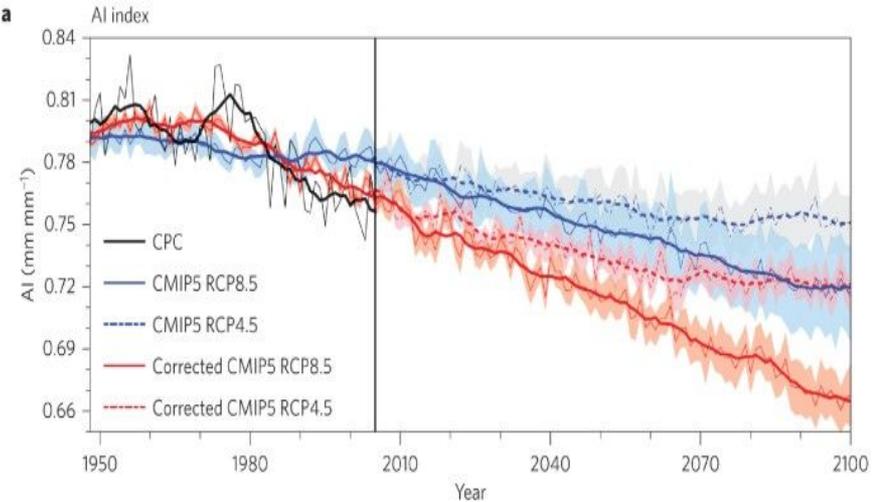
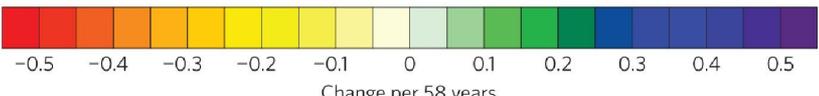
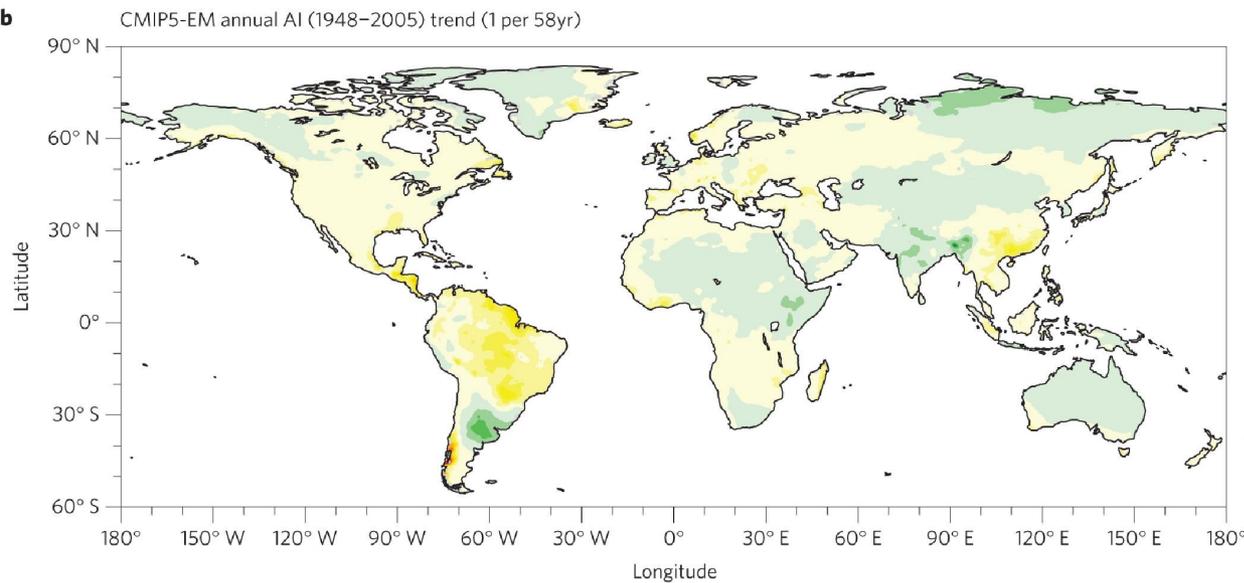
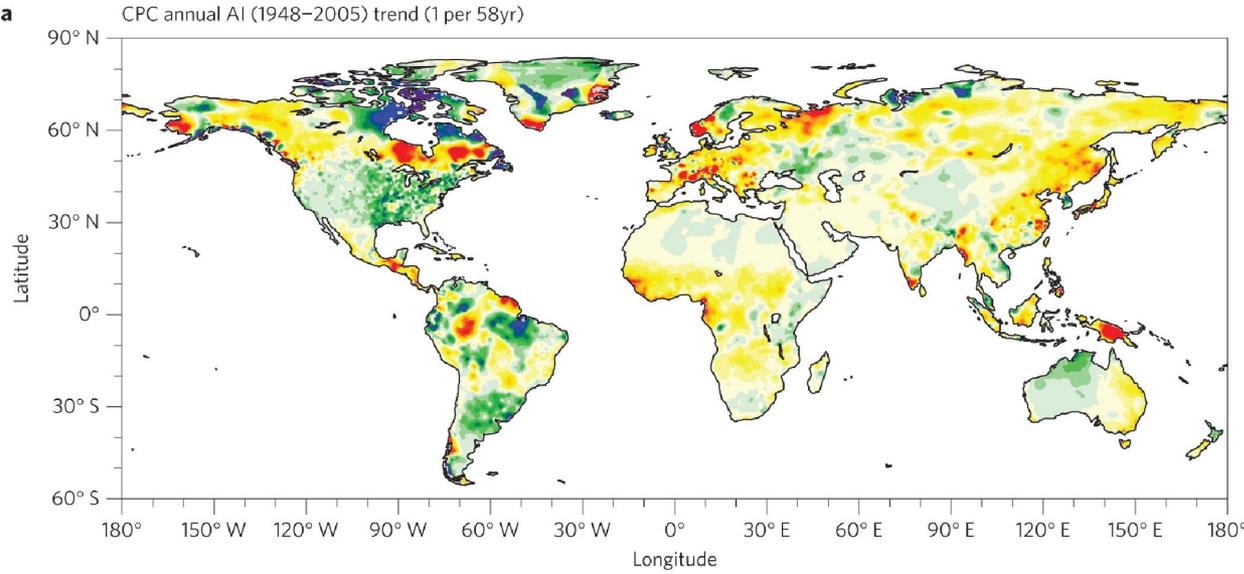


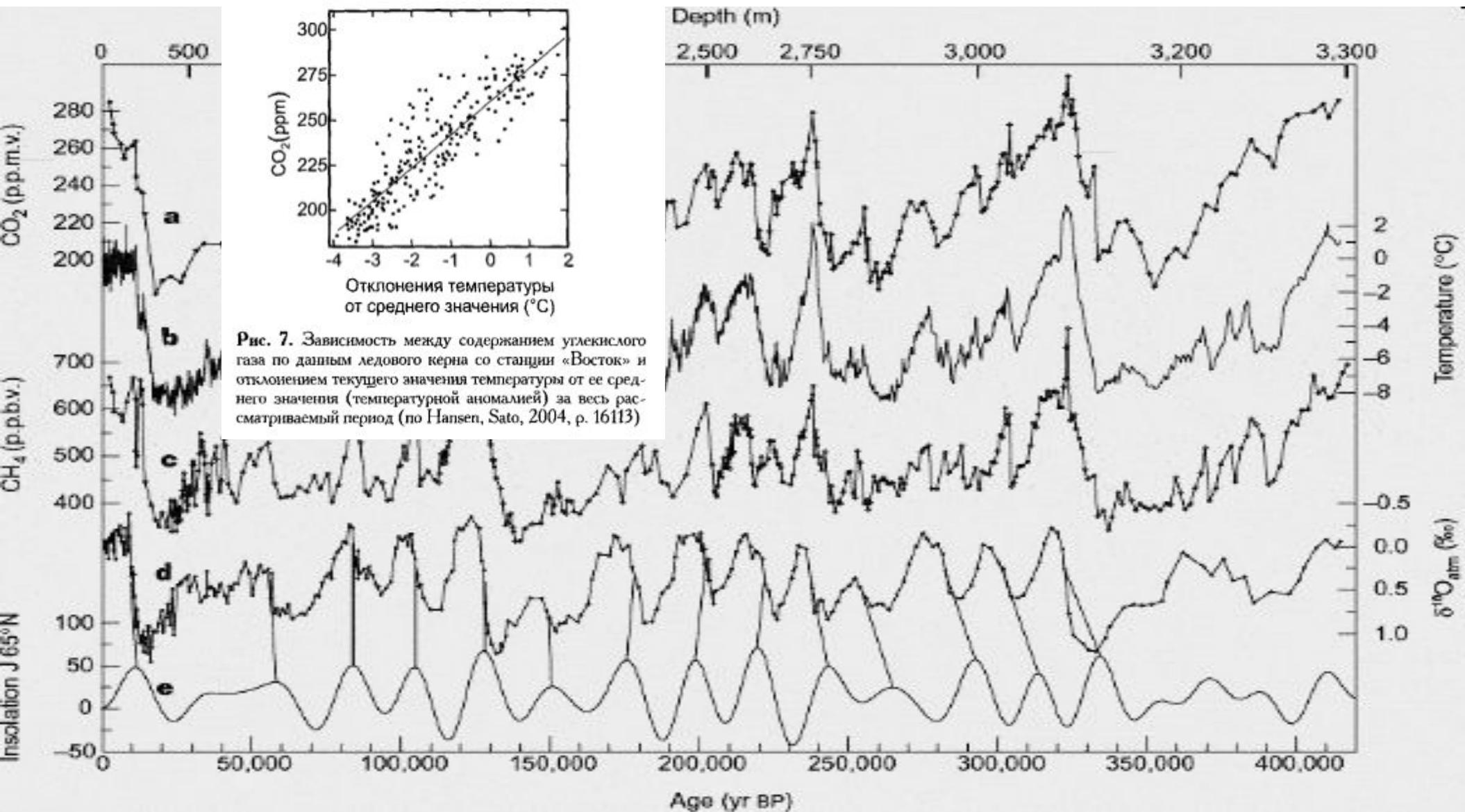
Accelerated dryland expansion under climate change

Jianping Huang, Haipeng Yu, Xiaodan Guan, Guoyin Wang & Ruixia Guo

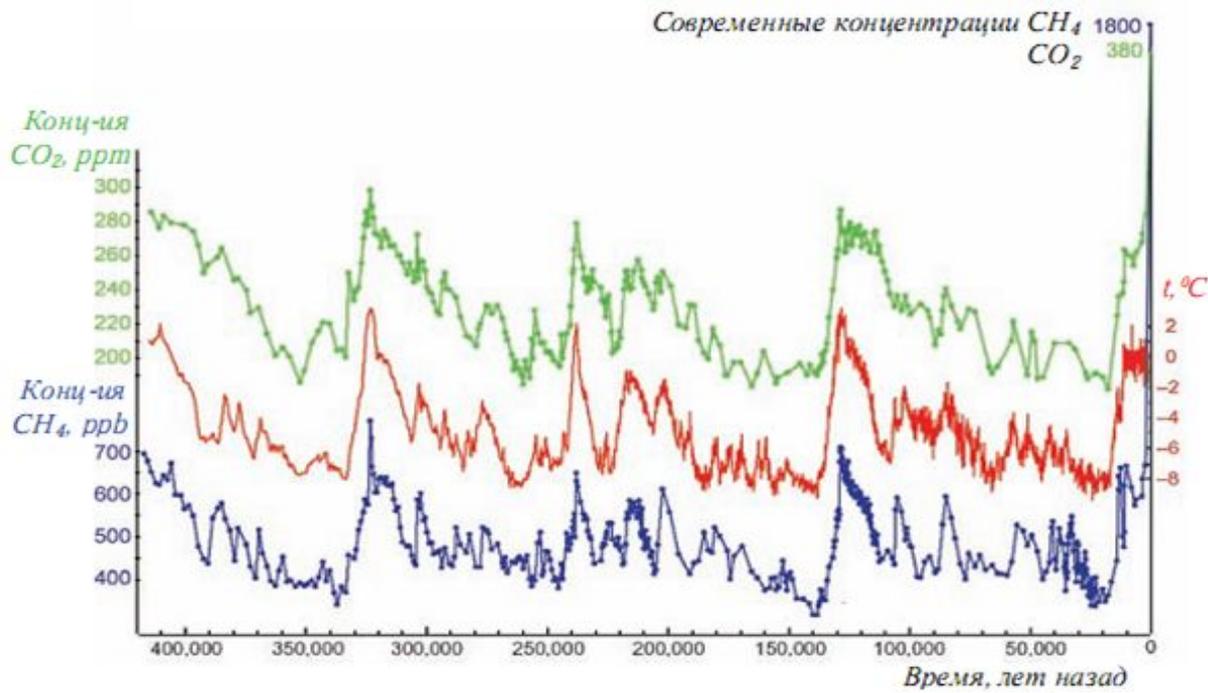
Nature Climate Change 6, 166–171(2016) | Cite this article

4721 Accesses | 671 Citations | 274 Altmetric | Metrics

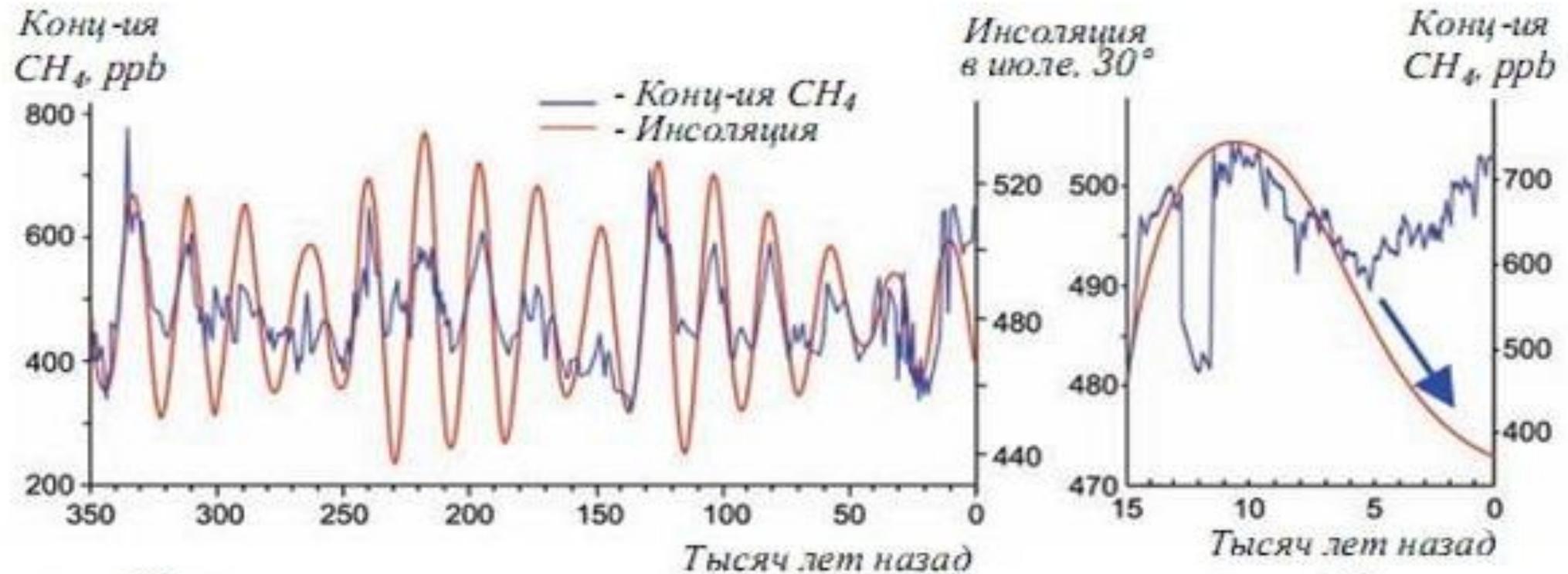




• Изменения содержания CO_2 (самый верхний график), метана (третий сверху график) и температуры (второй сверху график) за 420 тысяч лет (по данным анализа пузырьков воздуха во льду Антарктиды). Ледовый ядро получен на российской станции «Восток». Годы отложены по оси абсцисс. Видно, что в масштабах десятков и сотен тысяч лет содержание углекислого газа и метана меняется сходным образом. Совершенно так же меняется и температура. *Nature*. 1999. V.399. P.429-436



«Слом» человеком природного механизма биотической регуляции климата при переходе к земледелию на западе и востоке Ойкумены. Из: *Ruddiman W.* 2003. The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago // *Climatic Change*. V. 61. N 3. P.261-293



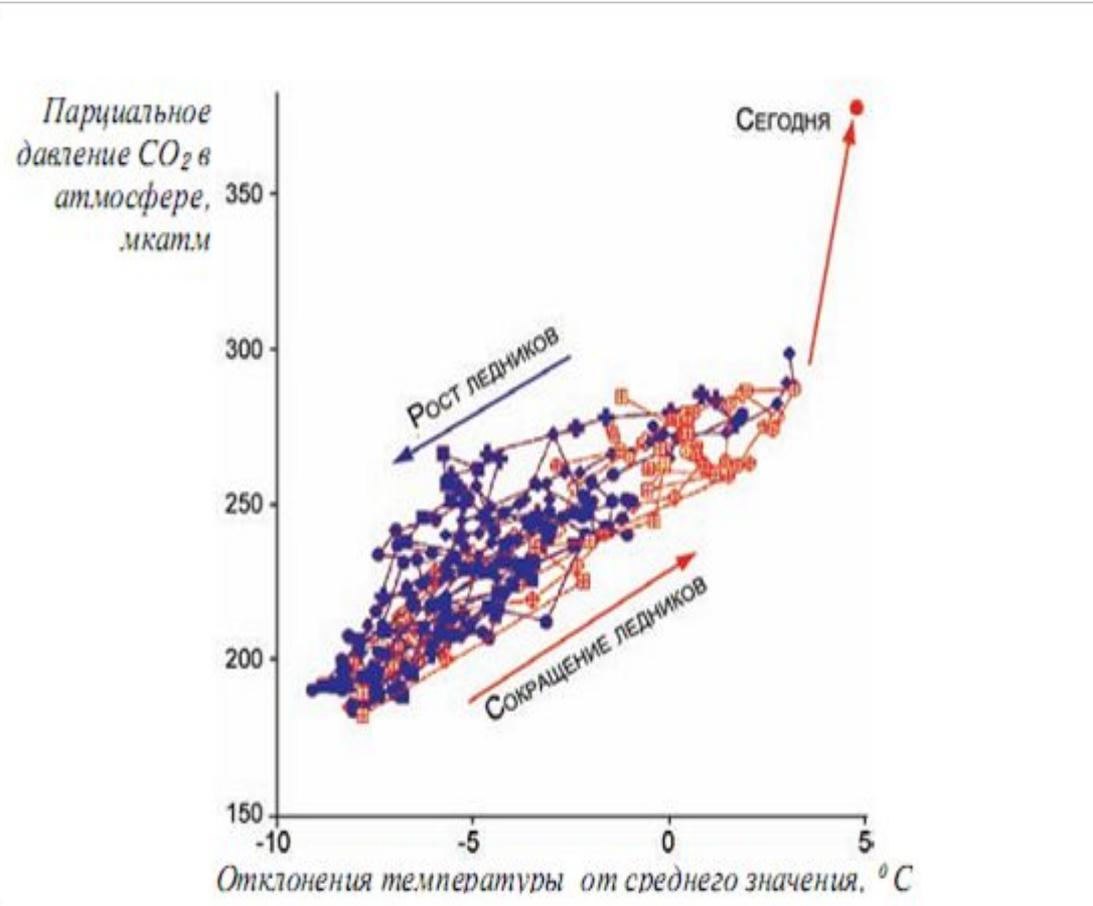
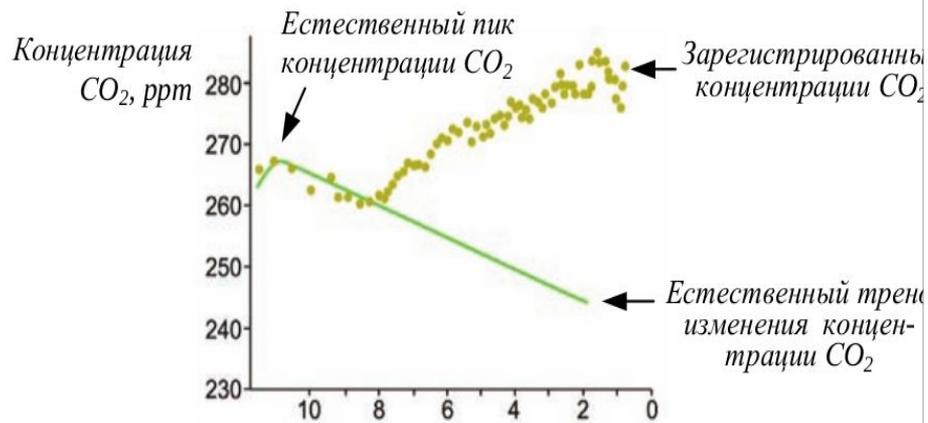
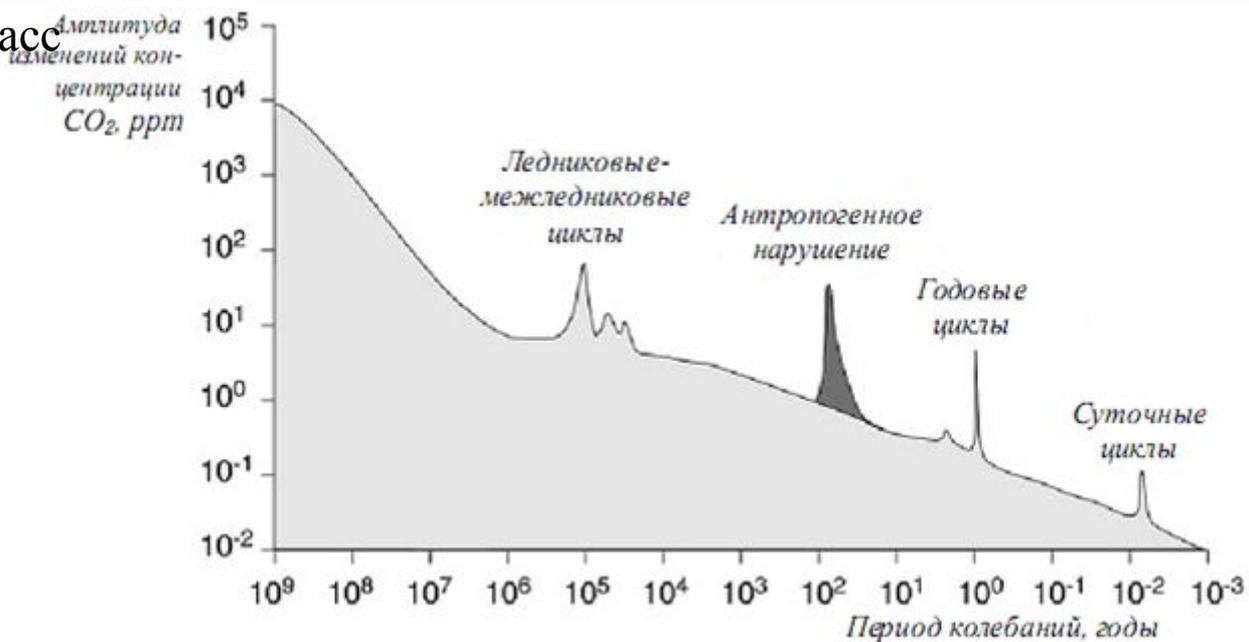


Рис. 51. Естественный тренд изменения концентрации CO_2 и реальные изменения концентрации по данным бурения льда в Антарктиде за 12 тыс. лет (по Ruddiman, 2003).

Совокупная мощь человеческого хозяйства на сегодня:

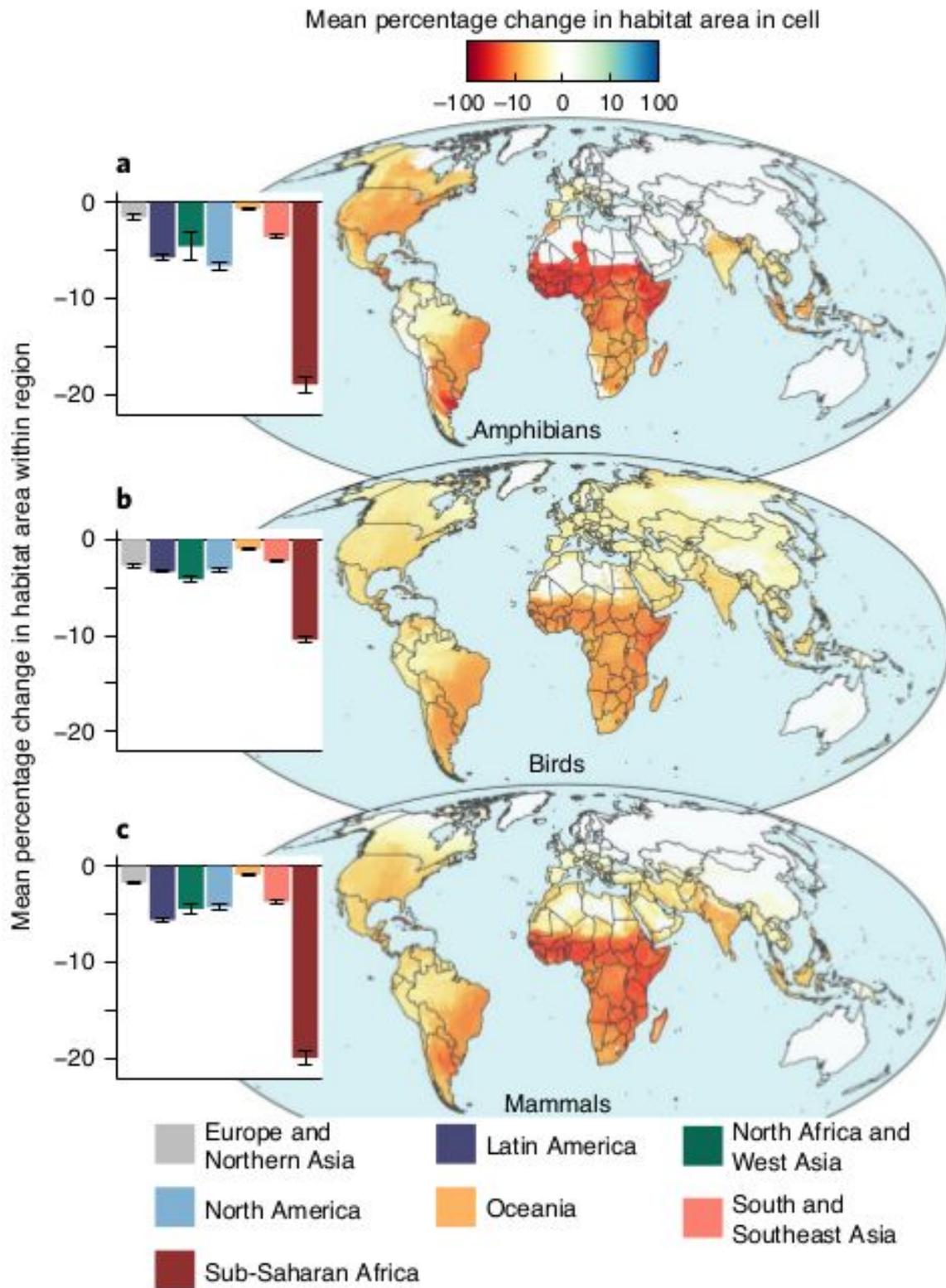
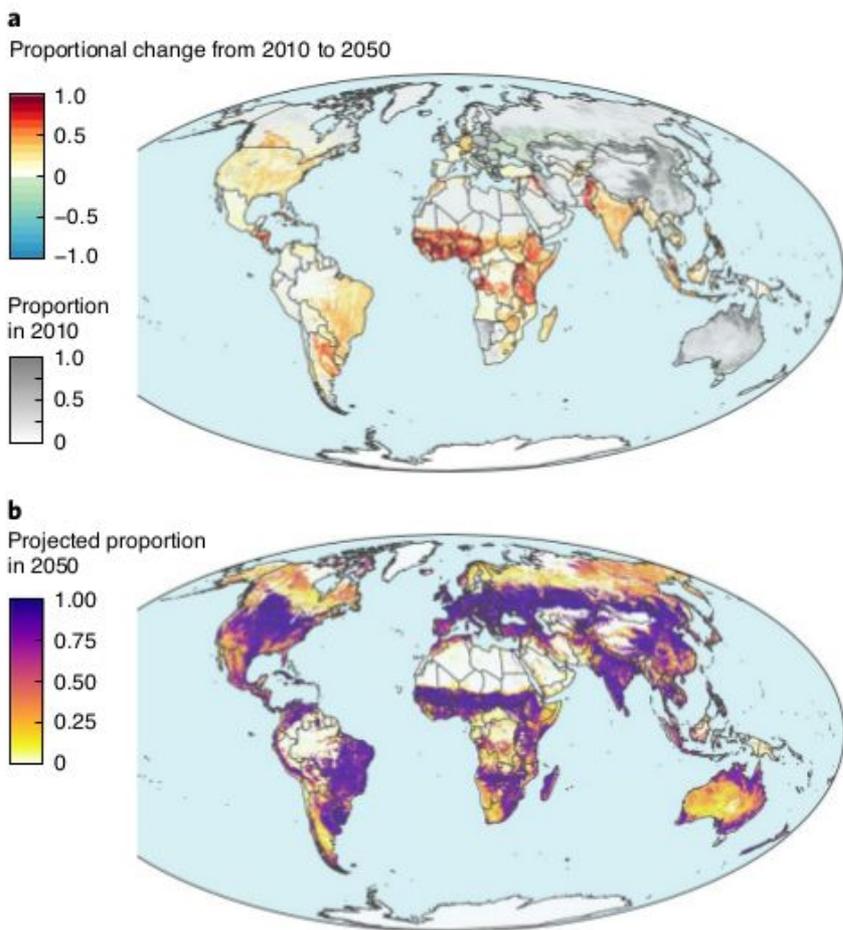
- производстве энергии несравнимо меньше природной
- в преобразовании ландшафтов, изменении форм рельефа, перемещении больших масс вещества сравнима с природной
- в химическом синтезе, в т.ч. N, P, S и других биогенов — сильно превосходит природную
- в преобразовании среды обитания превосходит таковую способность всех других видов биоты как небо и земля



Proactive conservation to prevent habitat losses to agricultural expansion

David R. Williams , Michael Clark , Graeme M. Buchanan, G. Francesco Ficetola, Carlo Rondinini & David Tilman

Nature Sustainability (2020) | Cite this article



По мере экспоненциального роста экономической мощи человечества, растут

преобразованность природных ландшафтов, естественные экосистемы всё более нарушаются, а то и уничтожаются вовсе, почему в современном мире представлены «островами»,

как следствие этого процесса, а также работой промышленности, сельского хозяйства, вследствие роста городов и пр. инфраструктурного развития человеческих популяций растут выбросы парниковых газов, из которых важнейшие включены в природный круговорот углерода – CO_2 и CH_4 .

Оба процесса развиваются по экспоненте и, поскольку вследствие законов физики рост концентрации парниковых газов не может не «греть», происходит антропогенное потепление, тренд которого «накладывается» на природные колебания, описанные выше, и чем дальше, тем больше пересиливает их. Сейчас уже совсем пересилил. То есть антропогенный тренд, чем сильнее проявляется, тем больше усиливает и продлевает во времени колебания, связанные с тёплой-сухой фазой климатических изменений, и ослабляет-укорачивает колебания, связанные с прохладной-влажной.

Процесс будет развиваться до тех пор, пока естественные колебания на фоне усиливающегося тренда сойдут на нет. Важно подчеркнуть, что такой ход событий был исключительно точно предсказан моделью потепления климата, изложенной в статье в Science аж 1981 года.

Но она оказалась в забвении, и была обнаружена чисто случайно совсем недавно. Увы, изобретение Интернета с электронным доступом к научным журналам при усилении конкурентности в научной среде имело один неприятный, но закономерный эффект – ускорилось забывание статей, сразу не привлёкших внимание.

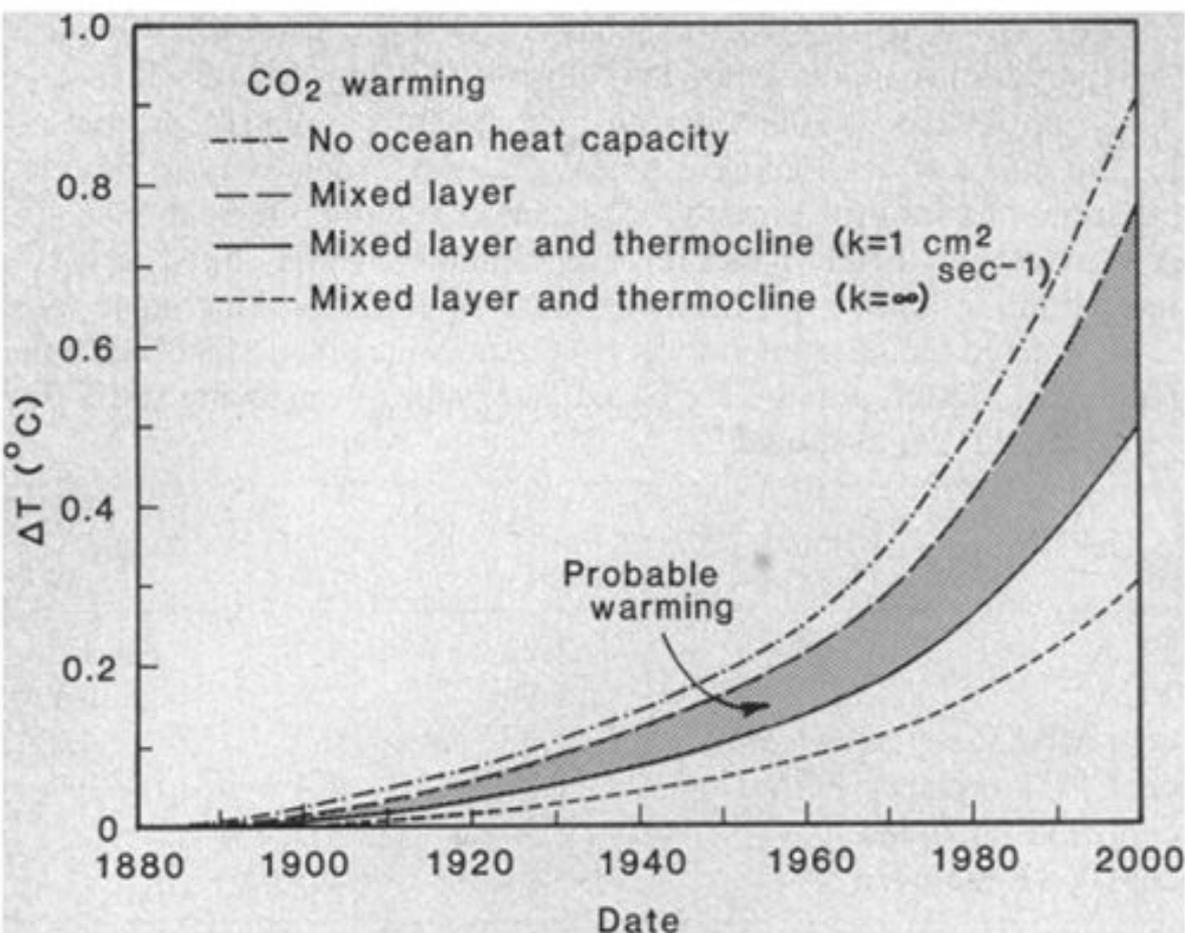


Fig. 1. Dependence of CO_2 warming on ocean heat capacity. Heat is rapidly mixed in the upper 100 m of the ocean and diffused to 1000 m with diffusion coefficient k . The CO_2 abundance, from (25), is 293 ppm in 1880, 335 ppm in 1980, and 373 ppm in 2000. Climate model equilibrium sensitivity is 2.8°C for doubled CO_2 .

Поэтому
нельзя не
принять во
внимание:

1) влияние
нарушений
экосистем на
базис

Рис. 4.14

Схема зависимости интенсивности фотосинтеза и дыхания от температуры (по В. Лархеру, 1978)

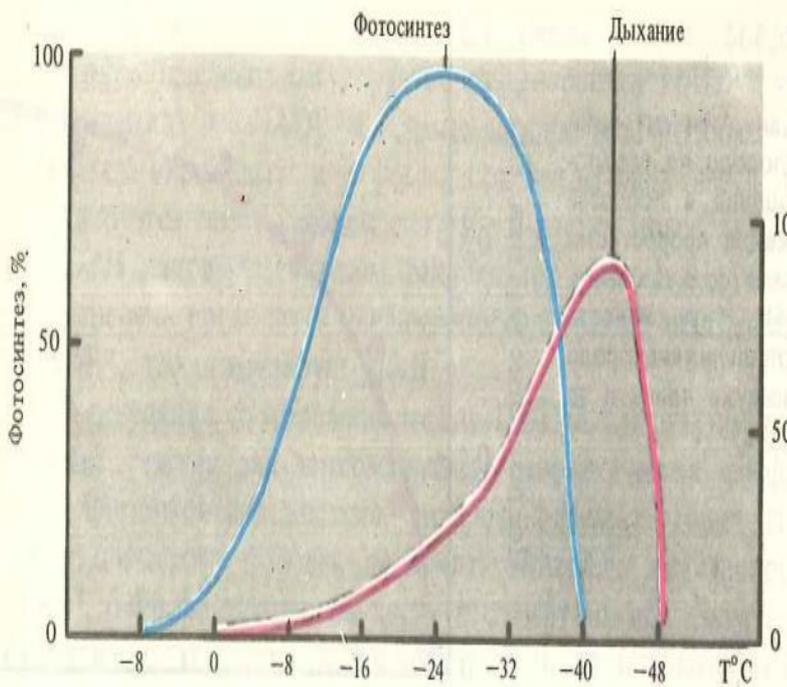


Рис. 3.27

Зависимость интенсивности фотосинтеза у ели от температуры (Б. А. Рубин, В. Ф. Гавриленко, 1977)

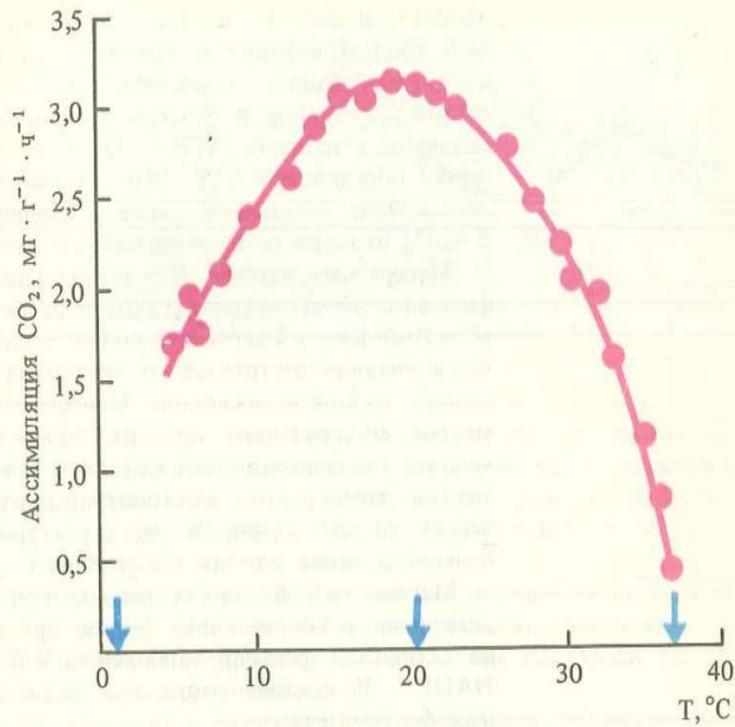


Рис. 4.15

Зависимость положения температурных оптимумов дыхания (отмечены стрелками) от длительности нагрева листьев гречихи сахалинской (по О. А. Семихатовой, 1960)

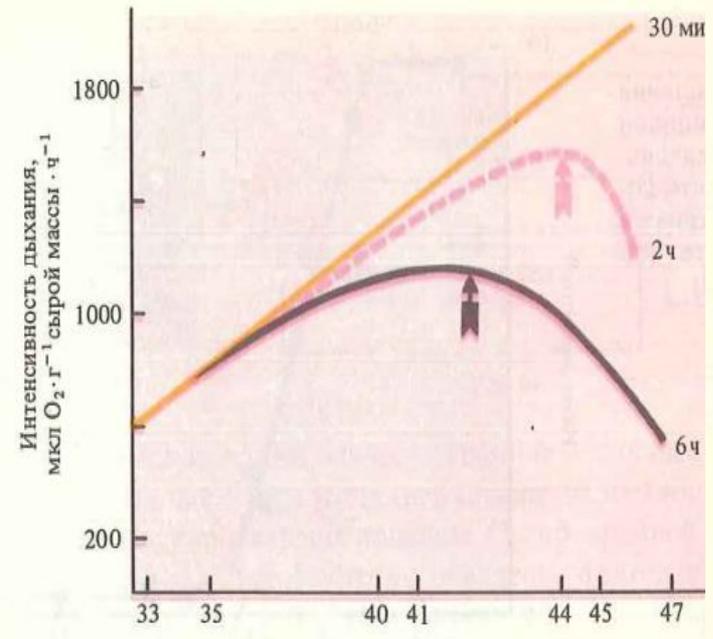


Рис. 4.16

Влияние уменьшения водного потенциала листа на относительную интенсивность фотосинтеза и дыхания у растений томата (по Х. Бриксу, 1962)

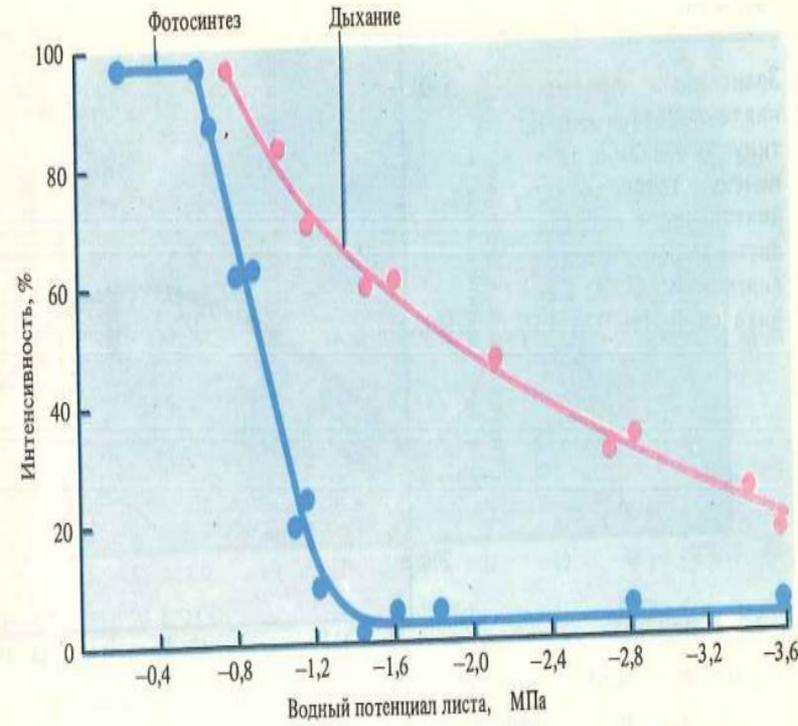
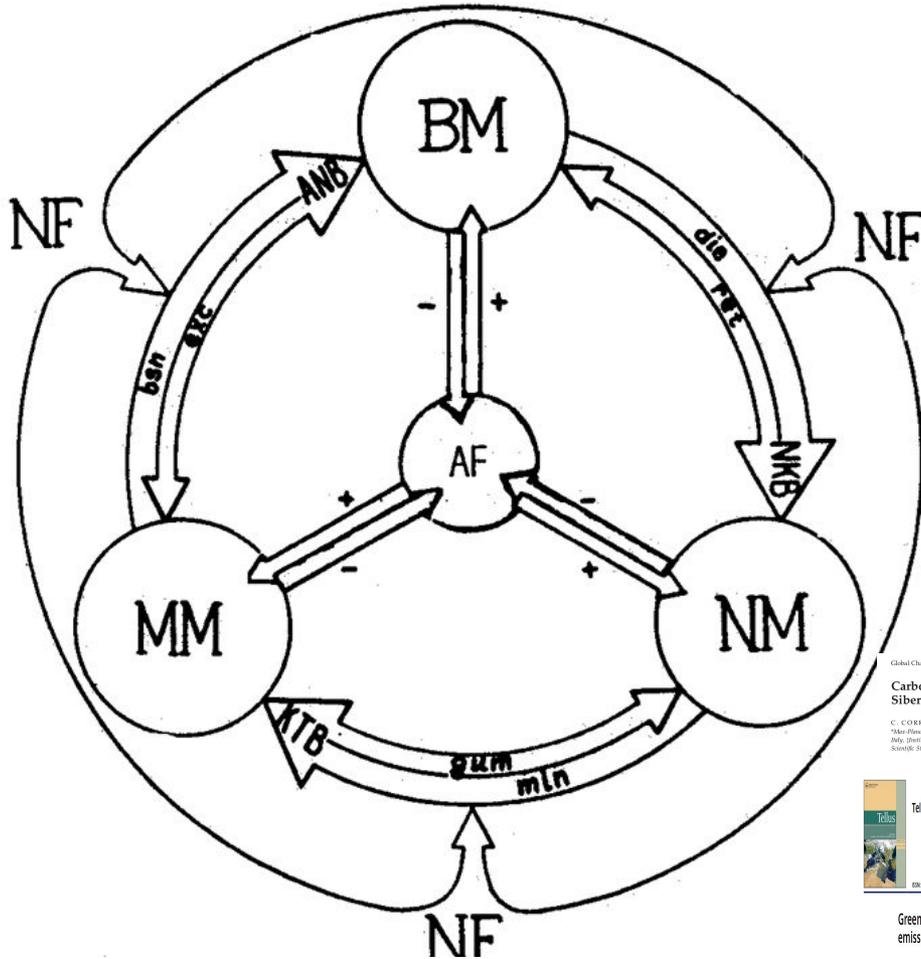


Табл.1. Запасы углерода в лесах разных климатических поясов (NEESPI, 2004 а, с изменениями).

Тип леса	Площадь, млн. га	Запас С в почве, Гт	Запас С в растительности, Гт	Общий запас С, Гт	Общий запас С, Гт (МГЭИК, 2000)
Бореальные	1509	624	51	675	559
Умеренные	1040	100	21	121	159
Тропические	1756	216	159	375	428



Структурно-функциональная схема экосистемы

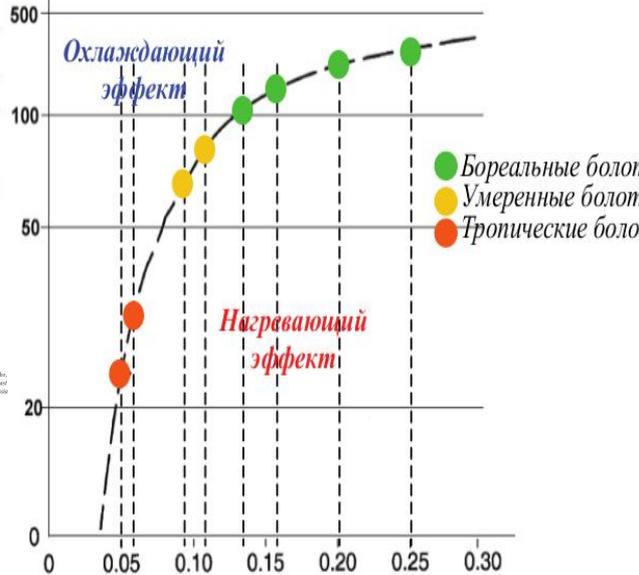
Обозначения: BM - биомасса; NM - некромасса; MM - минеральная масса; NF - естественные факторы; AF - антропогенные факторы; ANB - анаболизм; НКВ - некроболизм; КТВ - катаболизм; bsn - биосинтез; ехс- экскреции; die - отмирание; ret - возврат ассимилятов; min - минерализация; gum - гумификация.

Период, после которого происходит «переключение», лет

Global Change Biology (2005) 11, 1910–1925, doi: 10.1111/j.1365-2446.2005.01023.x
 Carbon dioxide and methane exchange of a north-east Siberian tussock tundra
 C. CORRADINI, O. KOLLE, K. WALTER, S. A. ZIMOV'S and E.-D. SCHULZE*
 *State Forest Institute of Biogeochemistry, Box 10364, 6700 Yek. Chersky, 620017, Chersky, Ministry of Forest, 6110 Yek. Yek. Division for Arctic Biology, University of Alaska, Fairbanks, Irving Building 2, Fairbanks, AK 99775, USA; 620017 Chersky, Scientific Station, Pacific Institute for Geography, Far East Branch of RAS, republic of Sakha, 67001 Chersky, Russia

Tellus B: Chemical and Physical Meteorology
 DOI: 10.1111/j.1365-2446.2005.01023.x

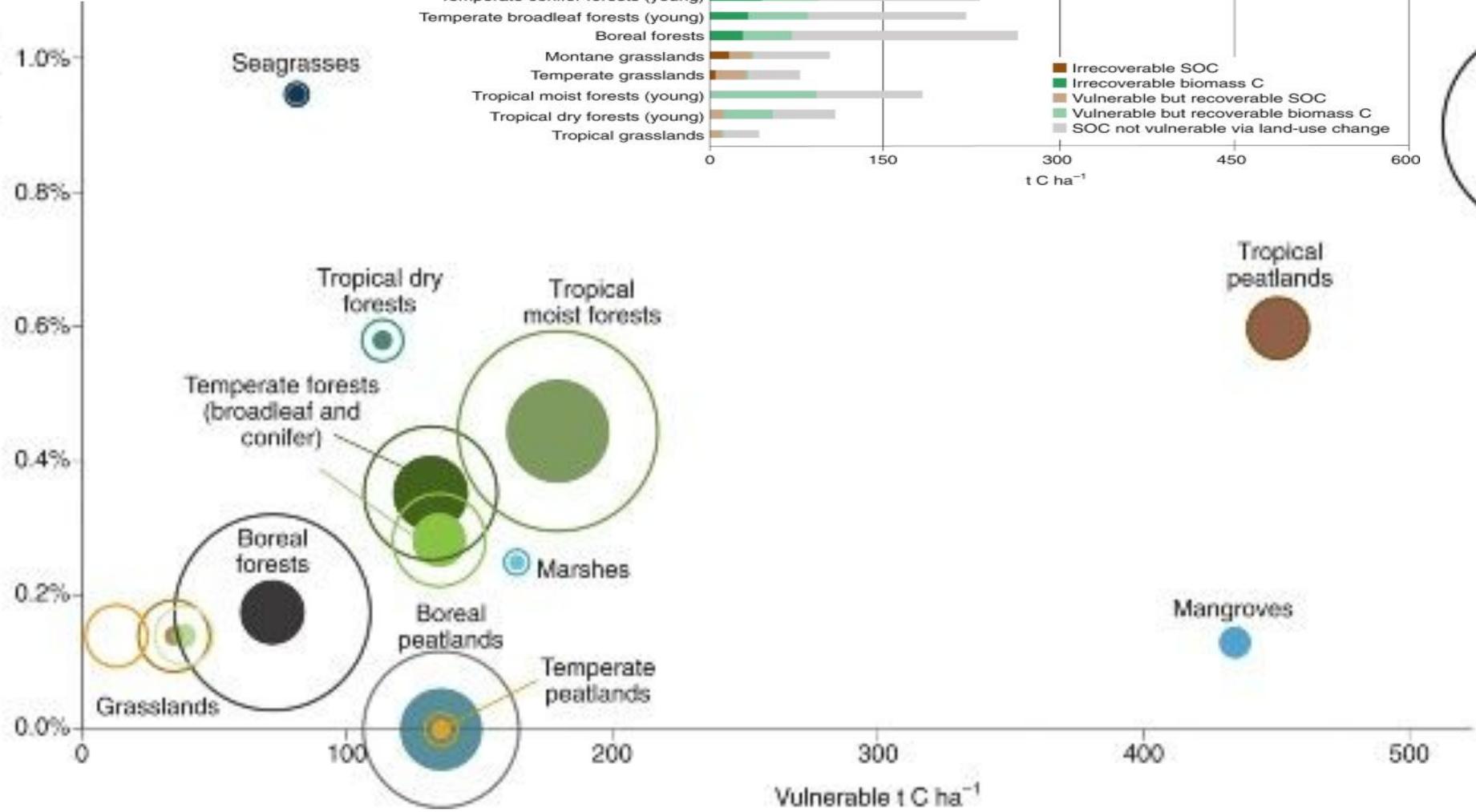
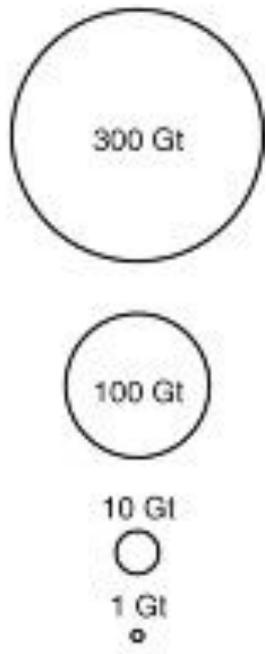
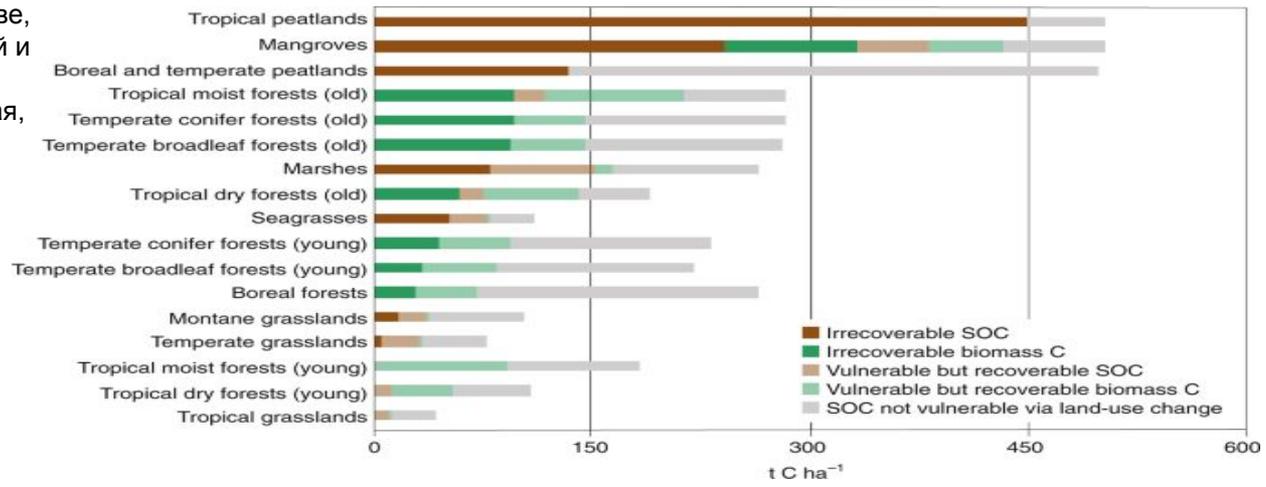
Greenhouse carbon balance of wetlands: methane emission versus carbon sequestration



Соотношение выделения CH₄ и поглощения CO₂, моль/моль

Коричневый — углерод, запасённый в почве, зелёный — в биомассе; Тёмно-коричневый и тёмнозелёный — невозстановимая часть углеродного запаса, серая — неугрожаемая, светло-коричневая и светлозелёная — угрожаемая, но восстанавливаемая

Historical or recent loss rate (percentage area per year)



Внешние круги показывают валовое содержание углерода в экосистеме, а внутренние - его невозполнимую часть. По оси абсцисс отображаются запасы уязвимого углерода в тоннах на гектар, а по оси ординат - их ежедневная потеря в %

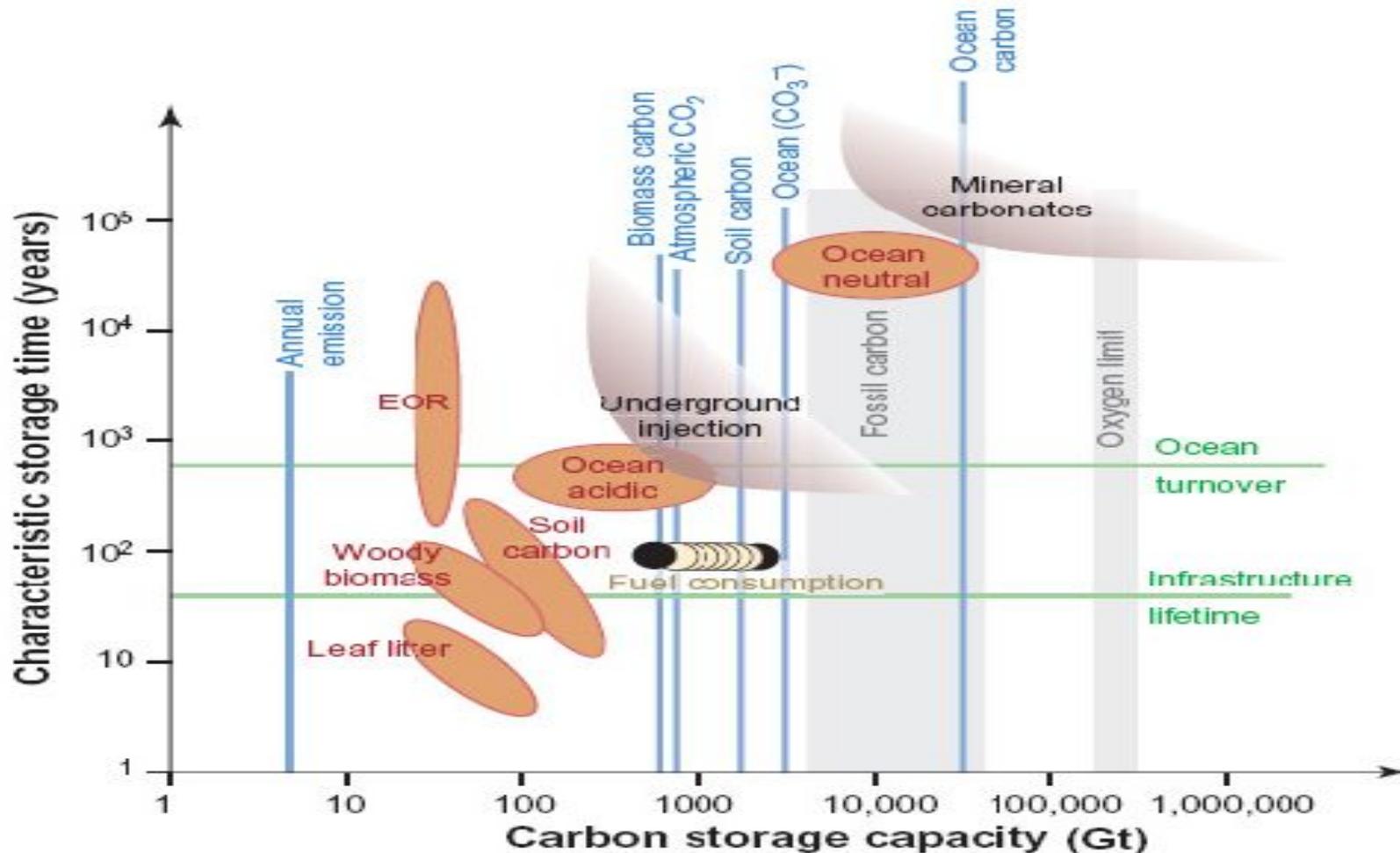
Perspective | Published: 31 March 2020

Protecting irrecoverable carbon in Earth's ecosystems

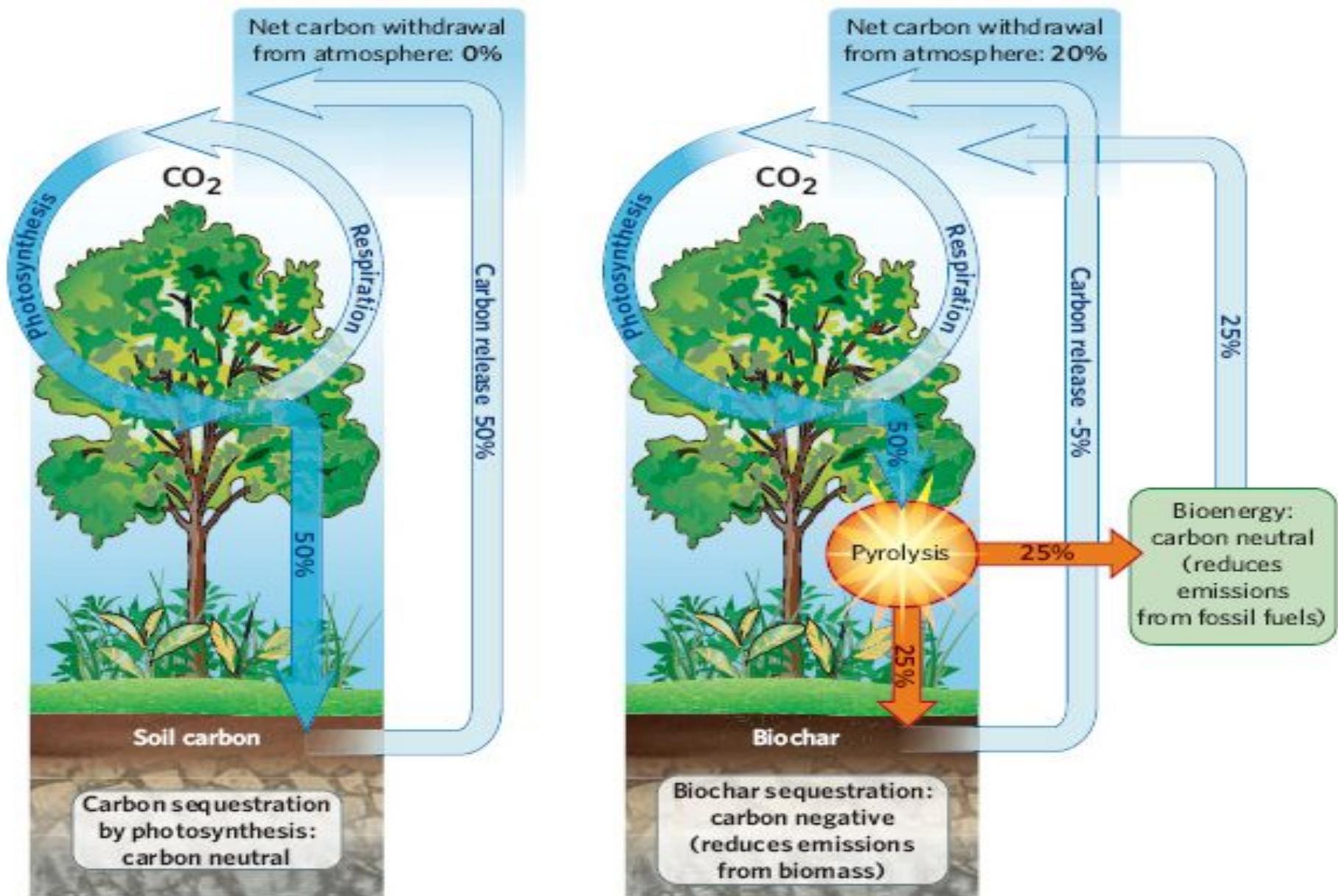
Allie Goldstein, Will R. Turner, Seth A. Spawn, Kristina J. Anderson-Teixeira, Susan Cook-Patton, Joseph Fargione, Holly K. Gibbs, Bronson Griscom, Jennifer H. Hewson, Jennifer F. Howard, Juan Carlos Ledezma, Susan Page, Lian Pin Koh, Johan Rockström, Jonathan Sanderman & David G. Hole

Nature Climate Change 10, 287-295(2020) | Cite this article

4082 Accesses | 15 Citations | 327 Altmetric | Metrics

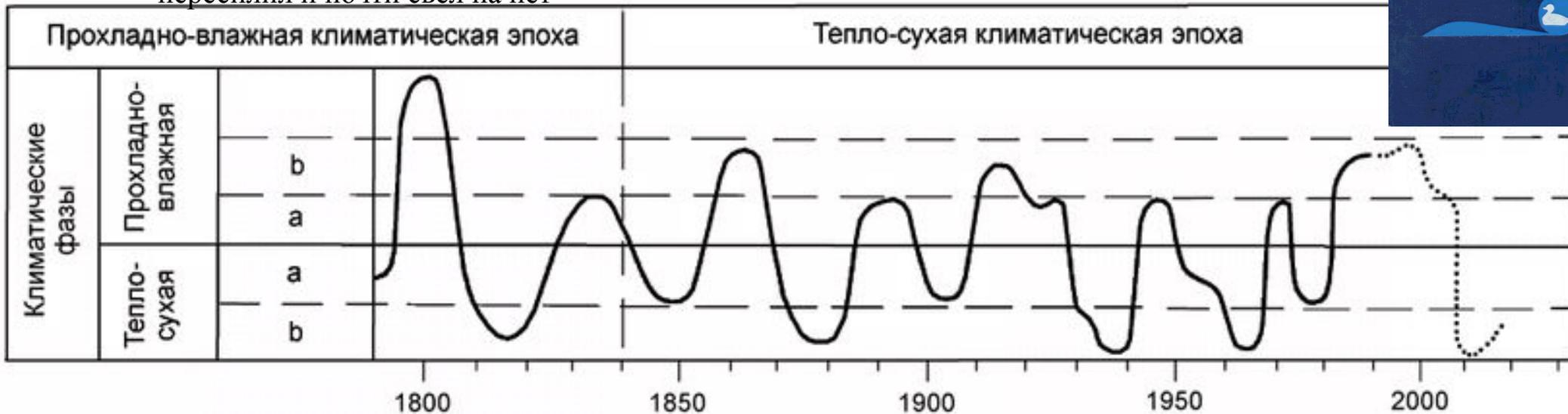


- Соотношение запасов (в гигатоннах, Гт) и характерного времени удержания (в годах) углерода в разных резервуарах биосферы. Обратите внимание, что шкала по обеим осям логарифмическая. Чем больше размер резервуара, тем дольше удерживается там углерод. **Leaf litter** — подстилка (опавшие листья); **woody biomass** — деревья; **soil carbon** — углерод в почве; **ocean acidic** — ёмкость океана по отношению к угольной кислоте; **ocean neutral** — ёмкость океана по отношению к нейтрализованной угольной кислоте; EOR — запасы нефти, которые могут быть обнаружены и использованы. Верхние пределы времени и объёмов удержания углерода, введенного в подземные полости (**underground injection**) или сохраняющегося в карбонатных минералах (**mineral carbonates**), не определены. Ископаемый углерод (**fossil carbon**) включает не только нефть, уголь и газ, но и запасы метана в форме гидратов на дне океана. Кислородный лимит (**oxygen limit**) — это то количество ископаемого углерода, на сжигание которого будет израсходован весь кислород воздуха. Потребление углерода ископаемого топлива (**fuel consumption**) для XXI столетия принимается в пределах от 600 Гт (современный уровень) до 2400 Гт. *Голубыми вертикальными линиями* показаны: ежегодная эмиссия углерода при сжигании топлива, углерод, содержащийся в биомассе, углерод атмосферы, углерод почвы, углерод океана в виде CO_3^- , весь углерод океана. *Зелеными линиями* показаны продолжительность жизни (человека и инфраструктуры, им созданной) и время перемешивания массы океана. *Science*. 2003. V. 300. P. 1677–1678

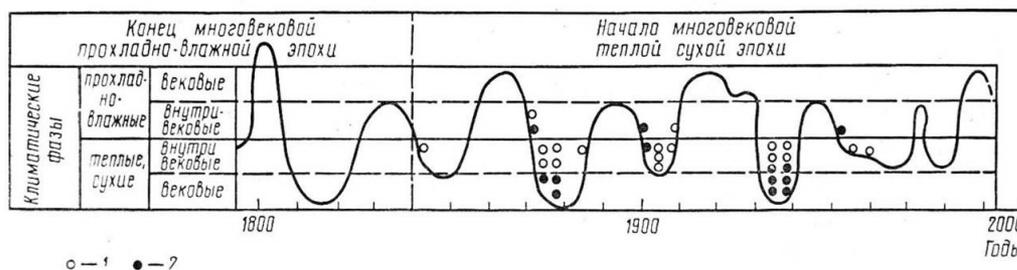


- Схема обычного круговорота углерода в природной экосистеме (слева) и включающая переработку растительных остатков в ходе пиролиза (справа). В первом случае весь углерод, изъятый из воздуха в виде CO₂, возвращается обратно в такой же форме. Во втором — 20% его изымается из круговорота и сохраняется в почве в виде древесного угля. Если улавливать газы, выделяющиеся при пиролизе, их можно использовать как биотопливо. Остальная часть (на схеме — такая же) будет захоронена в почве. Небольшая часть его всё же войдет в круговорот и вернется в атмосферу (стрелкой вверх показано 5%). *Nature*. 2007. V. 447. P. 143–144.

В многолетних (-вековых, -тысячелетних ит.д.) климатических циклах тёплый-сухой и прохладный-влажный периоды меняются по естественным причинам, но антропогенный тренд ныне их пересилил и почти свёл на нет

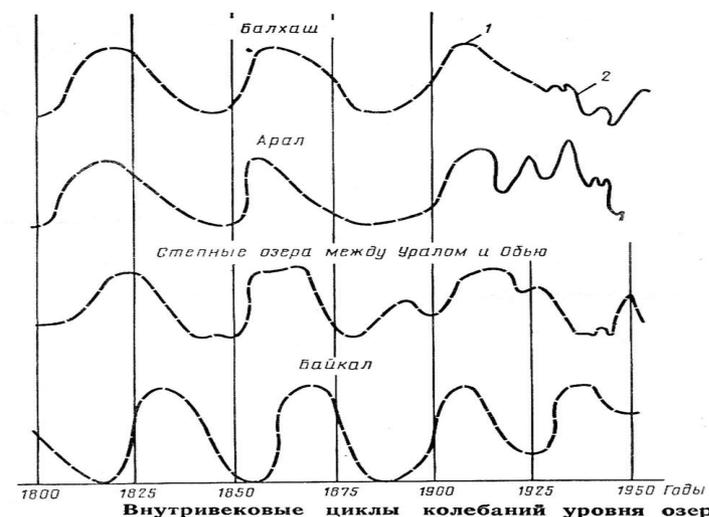


Многовековые, вековые и внутривековые климатические циклы Евразии и прогноз их дальнейшего развития.

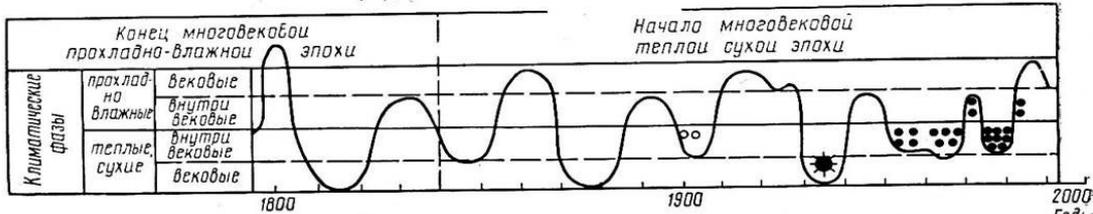
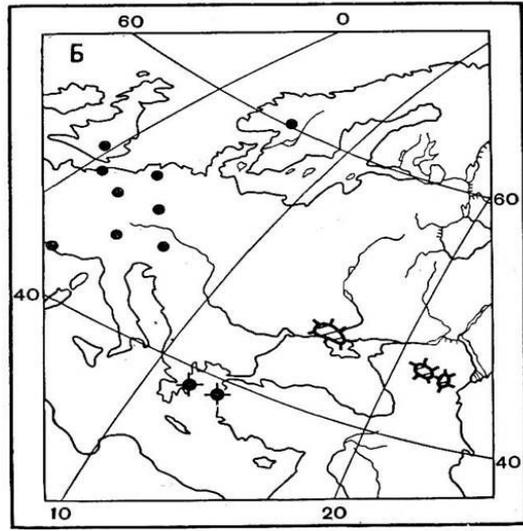
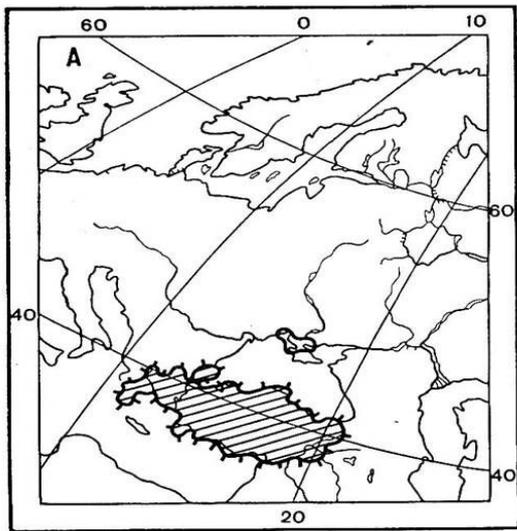


Ритмика экспансий малярийного комара, гессенской мухи, непарного шелкопряда, пилильщиков и других видов на Северо-Американский континент, а также проникновение в Европу колорадского жука и элодеи канадской (все-го 31 точно датированный случай по Ч. Элтону):

1 — появление на континенте; 2 — массовые вспышки численности и захват обширных территорий



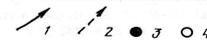
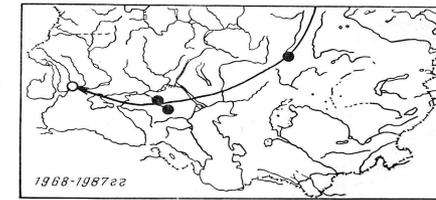
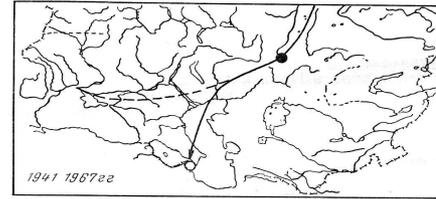
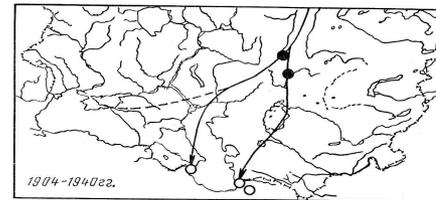
уровни наполнения: 1 — по относительным данным; 2 — по абсолютным данным



○ ● — 2 ● — 3

Динамика гнездовой области черноголовой чайки в процессе многовековой и внутривековой изменчивости климата:

А — распространение в прохладно-влажную эпоху XIV — начала XIX в.; **Б** — распространение в теплую, сухую эпоху второй половины XIX — XX вв; **1** — область массового гнездования; **2** — район невысокой численности; **3** — сотни пар; **4** — единицы пар; **В** — ритмика расселения в Западной Европе: первые случаи гнездования в Нидерландах в 1934 г. и в Венгрии в 1940 г. (2); первые встречи в Англии и районе Балтийского моря (1); случаи гнездования в ряде стран Западной Европы в 1953—1982 г. (3)

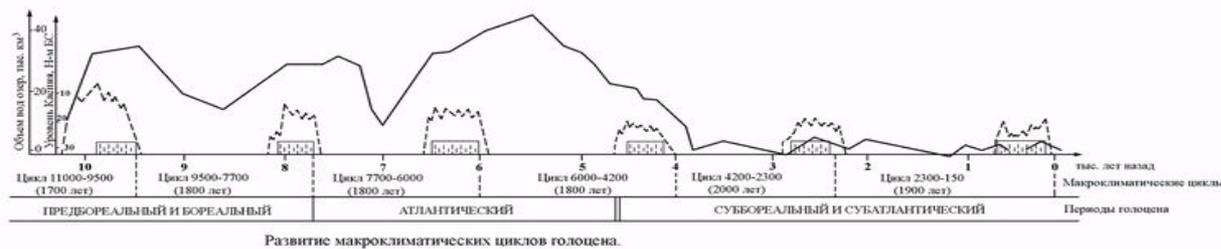


Смена пролетных трасс и мест зимовок краснозобой казарки в процессе развития многовековой и внутривековой изменчивости климата: пролетные трассы: 1 — главные; 2 — второстепенные скопления; 3 — на пролете; 4 — на зимовке

Экологические группы птиц	Тенденции динамики ареалов в различные эпохи макроклиматических циклов голоцена	
	прохладно-влажная эпоха	теплая, сухая эпоха
Автохтонные виды ранних стадий сукцессий местообитаний: холодолюбивые формы		
теплолюбивые формы		
Автохтонные виды поздних стадий сукцессий местообитаний		
Вселенцы из более северных широт		
Вселенцы из более южных широт		



Схема циклической динамики ареалов водоплавающих и околоводных птиц в голоцене: динамика ареалов автохтонных видов: 1 — состояние в предшествующую климатическую эпоху; 2 — направление динамики в данную климатическую эпоху; 3 — колебательно-возрастающая ритмика движения; 4 — колебательно-затухающая ритмика движения; 5 — изменение площади ареала; 6 — динамика ареалов видов вселенцев

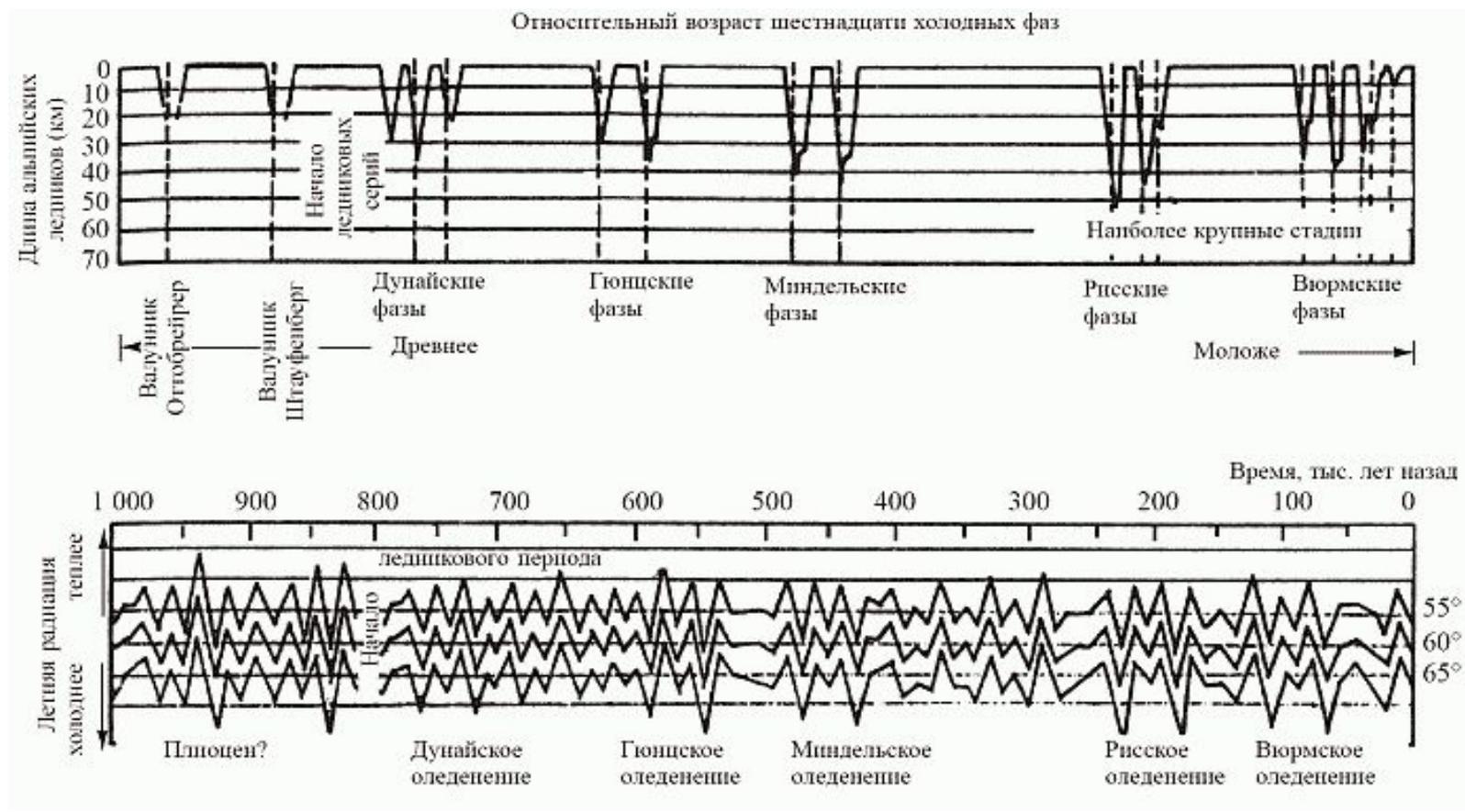


□□□□ - периоды похолодания по Н.В.Кинду (1976)

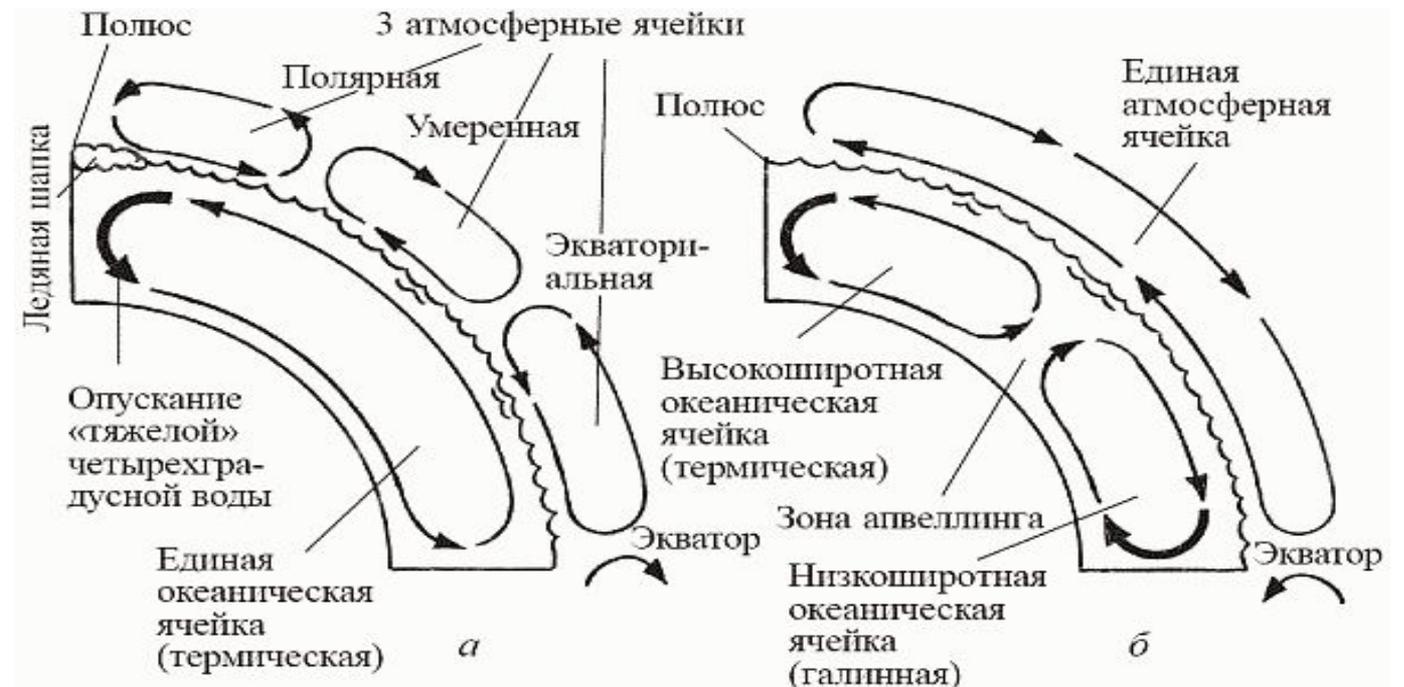
~ - трансгрессии Каспия по Г.И.Рычагову (1977) и С.И.Варушенку и др. (1987)

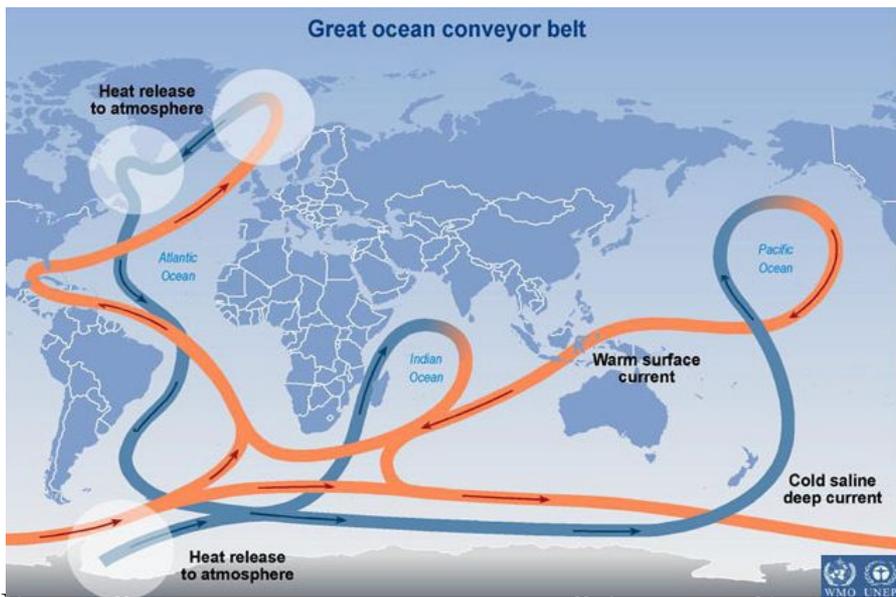
— - суммарное изменение объема вод главных бессточных озер мира в голоцене по сравнению с современным по С.И.Варушенку и др. (1987)

|| - граница плейстоценовой и субплеистоценовой эпох голоцена



Гипотеза М.Юинга и У. Донна (1956):
 Потепление ⇒
 Оледенение ⇒
 Похолодание ⇒
 Дегляциация ⇒
 Потепление... и т.д.



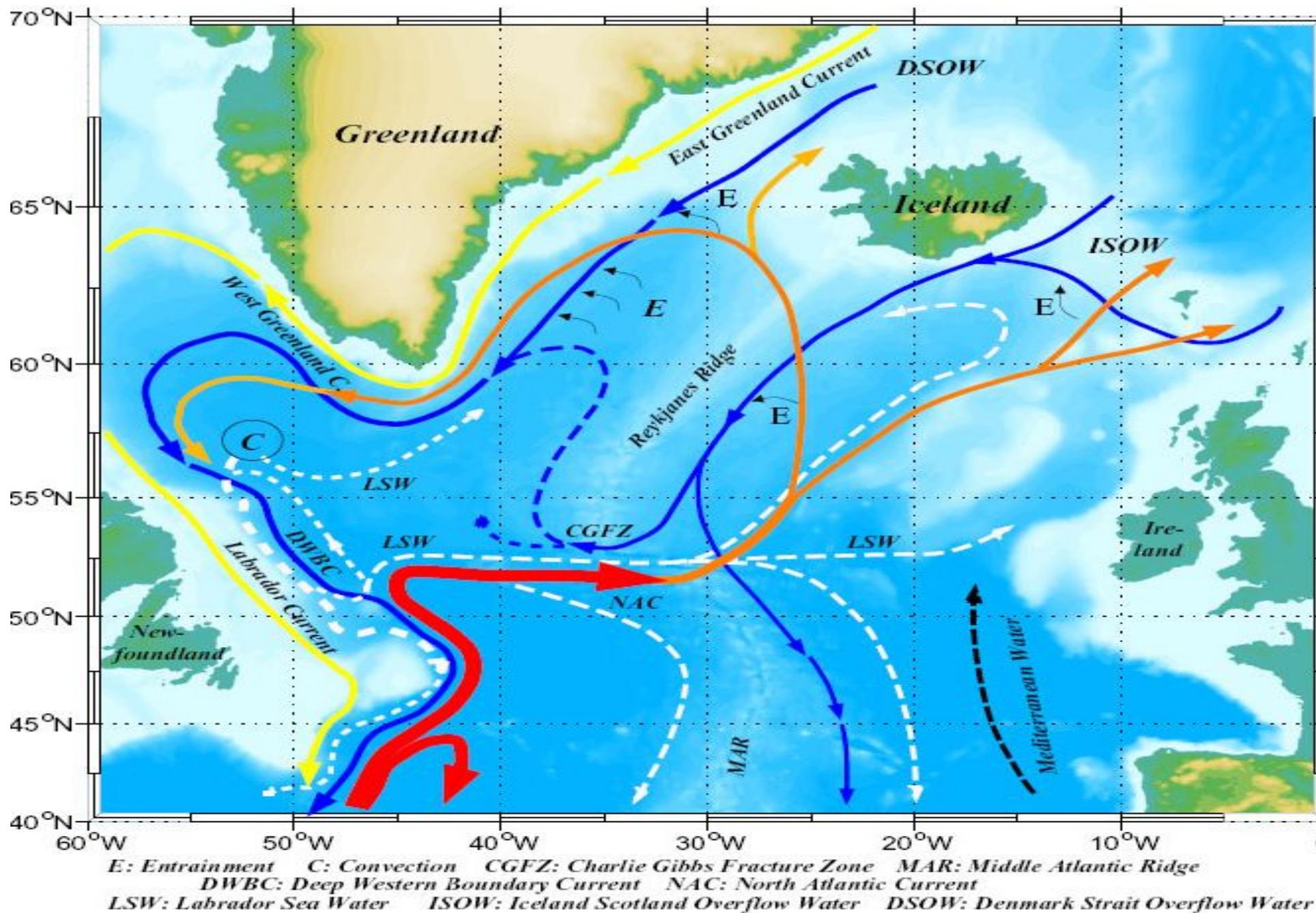


- Конвейер океанических течений («петля Брокера»), обеспечивающий вертикальное перемешивание водной толщи. *Коричневым* выделены теплые течения, идущие около поверхности (в пределах 1000 м), *синим* — холодные глубоководные течения, идущие над дном. *Светлые кружки* — это те районы океана, в которых большое количество тепла отдается в атмосферу. www.wunderground.com
- **Криозра: теплоперенос водный, влаги — атмосферный - тёплые океаны — холодные материки из-за антициклонов — резко выраженная зональность: контраст арктических пустынь и влажных тропических лесов — обогрев/увлажнение течениями - «заброс» тепла и влаги вглубь континентов регулируется солнечной активностью через 2 градиента давлений, Южно-тихоокеанский и Северо-атлантический**

Поскольку планета шарообразна, солнечные лучи всегда будут, при прочих равных, нагревать ее экватор сильнее, чем полюса - экваториально-полярный температурный градиент; любой градиент стремится к выравниванию (просто по Второму закону термодинамики) - в нашем случае за счет постоянного теплообмена между низкими широтами и высокими. Теплообмен этот осуществляется посредством конвекции в обеих подвижных оболочках Земли - гидросфере и атмосфере.

Конвекция в гидросфере - это теплые морские течения, которые обогревают высокоширотные области точно так же, как водяное отопление - ваши квартиры. Движущей силой конвекционных токов, как мы помним из главы 2 (о мантийной конвекции), являются возникающие в среде архимедовы силы плавучести: когда часть вещества "тонет" или "всплывает", этот объем - в силу связности среды - замещается веществом, поступающим из другой ее точки. В нашем случае токи в Мировом океане могут возникать за счет того, что "тонет" либо холодная (четырёхградусная) вода в высоких широтах (термическая циркуляция), либо избыточно осолоненная (в результате испарения) вода на экваторе (галинная циркуляция). При термической циркуляции вода движется от экватора по поверхности, а от полюсов - по дну (формируя при этом холодную насыщенную кислородом психросферу), а при галинной - наоборот

Говоря о конвекции в атмосфере, необходимо учитывать, что здесь тепло переносится главным образом водяным паром: тепловая энергия, затраченная на испарение воды, выделяется там, где этот пар, перенесенный воздушными течениями, превратится обратно в жидкость - то есть выпадет в виде осадков. Атмосфера каждого из полушарий распадается на три широтных сегмента - конвективные ячейки: экваториальная, умеренных широт и приполярная. В каждой из ячеек существует относительно замкнутая воздушная циркуляция, причем направления циркуляции в граничащих между собой ячейках противоположны ("по часовой стрелке" - "против" - опять "по") - в точности, как в цепи шестеренок. В одной половине ячейки доминируют восходящие токи, во второй - нисходящие; соответственно, влага, испаряющаяся в первой половине, выпадает главным образом во второй - и при этом происходит разгрузка теплоты парообразования. Например, в экваториальной ячейке Северного полушария ток направлен от севера к югу, так что в южной ее половине возникают влажные тропические леса, а в северной - засушливые саванны; в ячейке же умеренных широт, где направление тока обратное, пустыни возникают на юге, а субтропические и широколиственные леса - на севере. Другим фактором атмосферной конвекции (главным образом широтным) являются муссоны - сезонные ветры постоянного направления, дующие с океана на континент или обратно; с муссонами связано, среди прочего, чередование сухого сезона и сезона дождей в тропических широтах, где температура весь год постоянна.



*E: Entrainment C: Convection CGFZ: Charlie Gibbs Fracture Zone MAR: Middle Atlantic Ridge
 DWBC: Deep Western Boundary Current NAC: North Atlantic Current
 LSW: Labrador Sea Water ISOW: Iceland Scotland Overflow Water DSOW: Denmark Strait Overflow Water*

- 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. 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). www.ifm-geomar.de