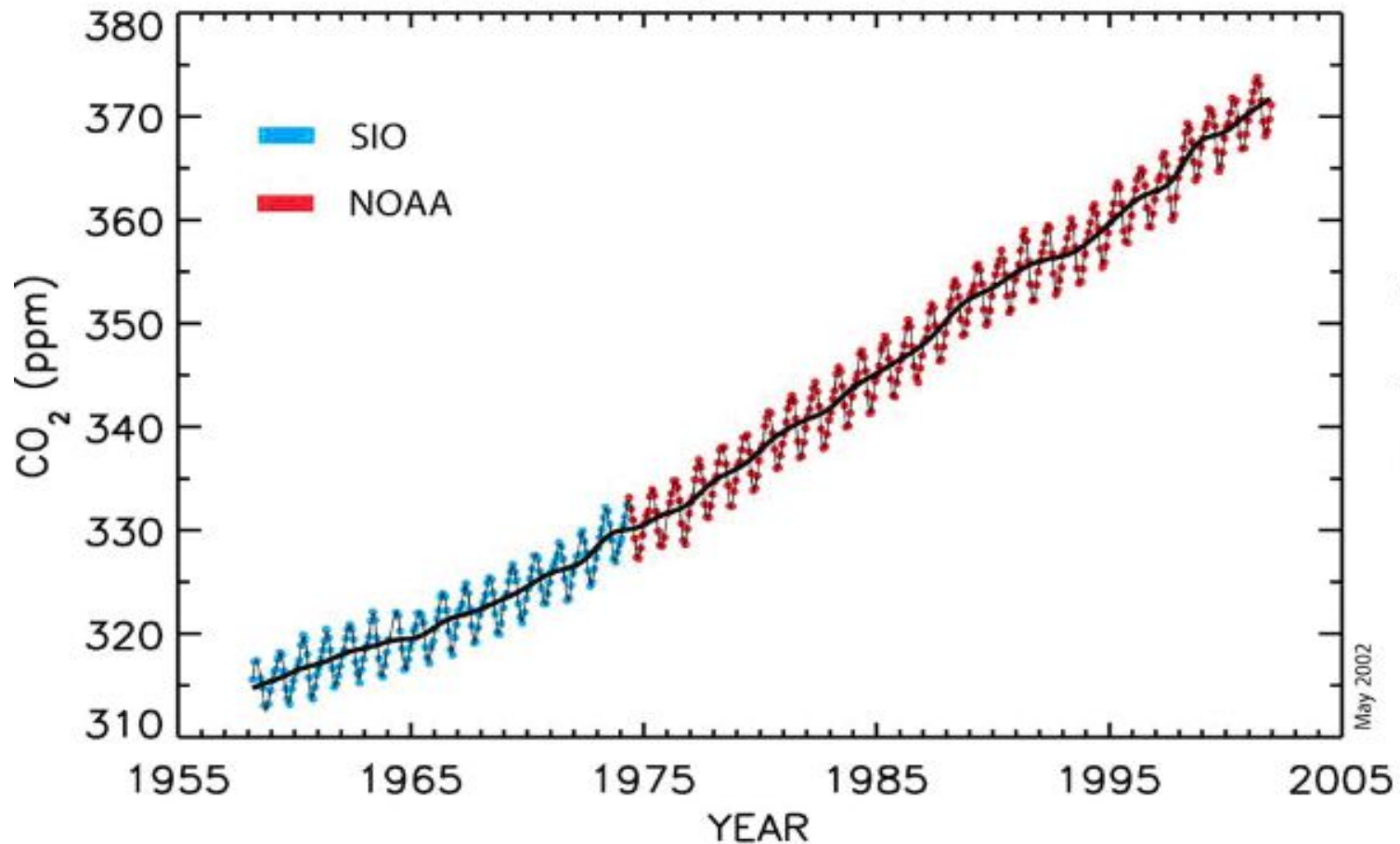
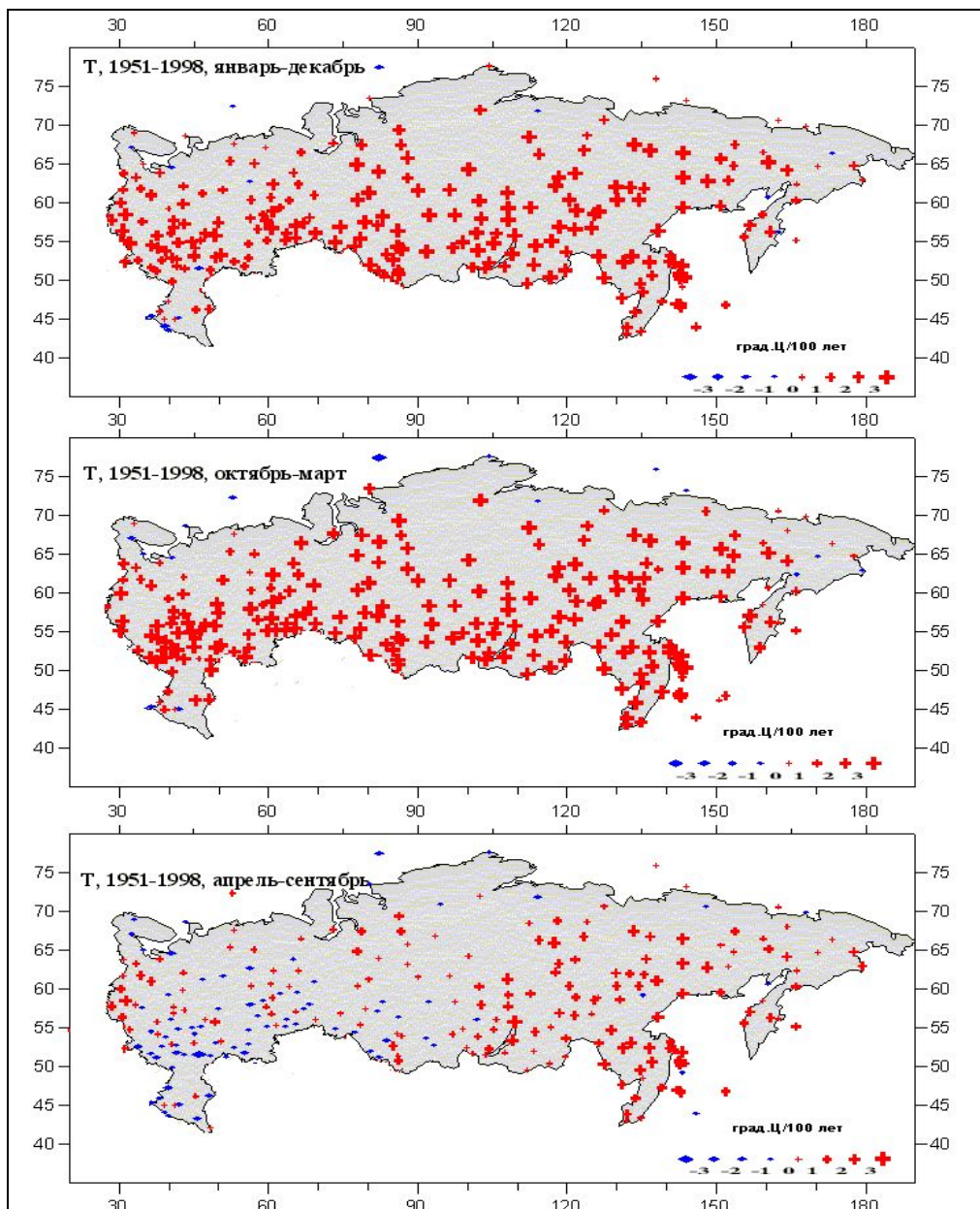


Mauna Loa Monthly Mean Carbon Dioxide



- 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 Скриппса (Scripps Institution of Oceanography, SIO), красный — Национальной администрации по океанам и атмосфере (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA). www.noaanews.noaa.gov



- 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 рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. М.: 2002.

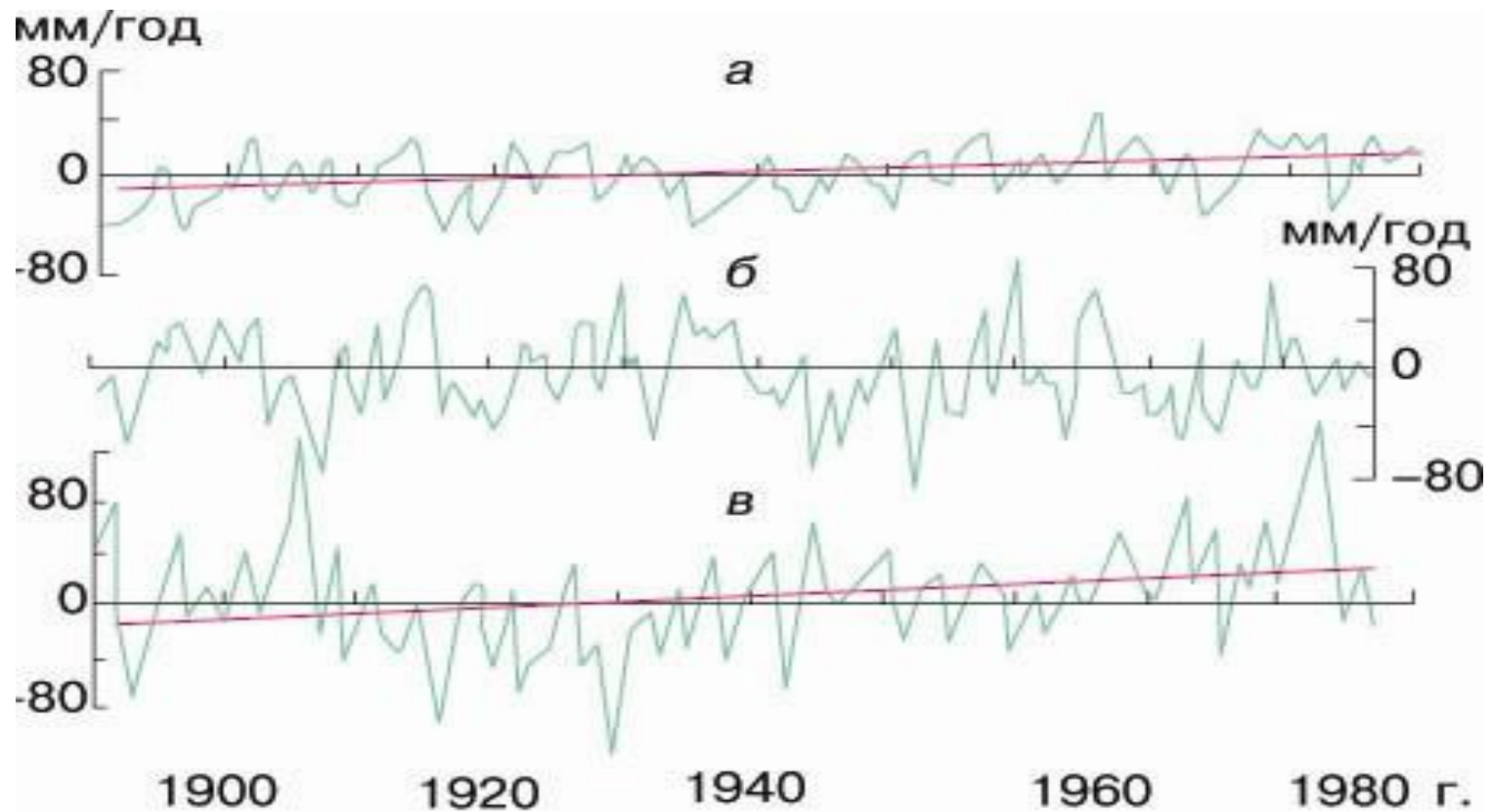
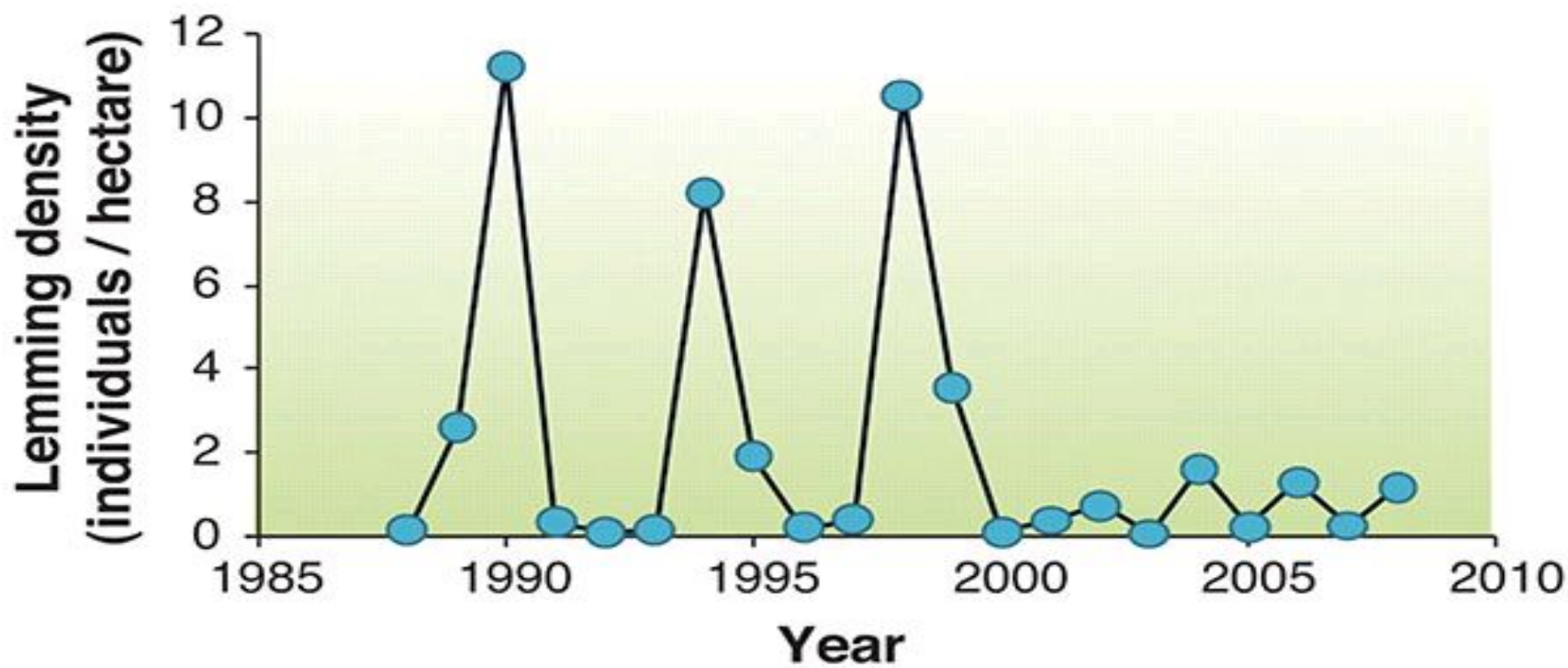
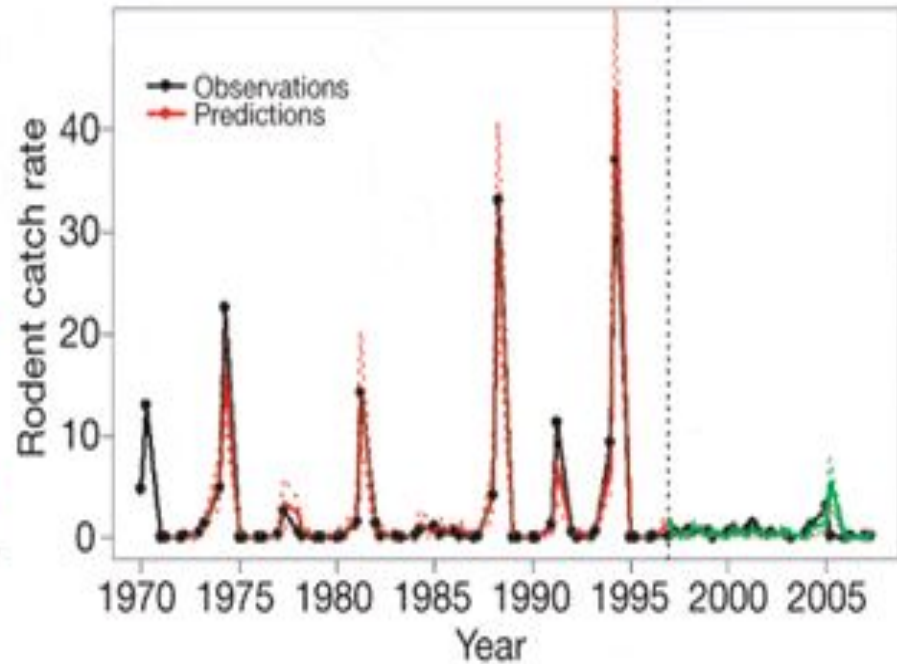
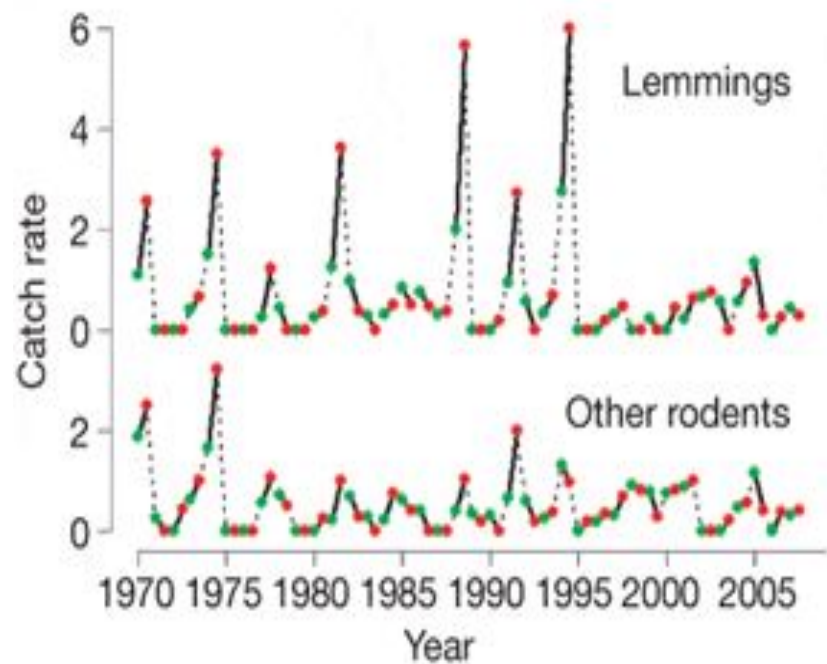


Рис. 2. Изменения среднего годового количества осадков над континентами северного полушария: а – территория СНГ, б – Западная Европа, в – Северная Америка.

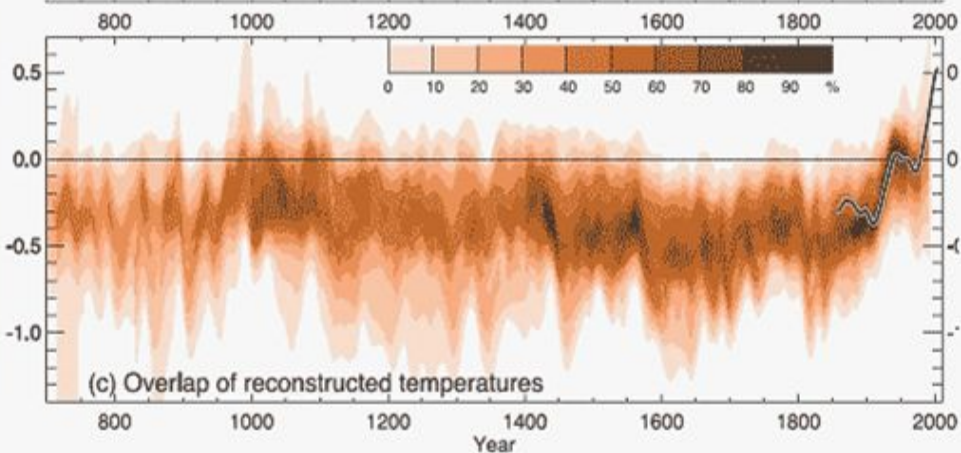
- Источник: В.А.Семёнов. Ресурсы пресной воды и актуальные задачи гидрологии//
- Соросовский образовательный журнал. 1998. №1.



Papageien

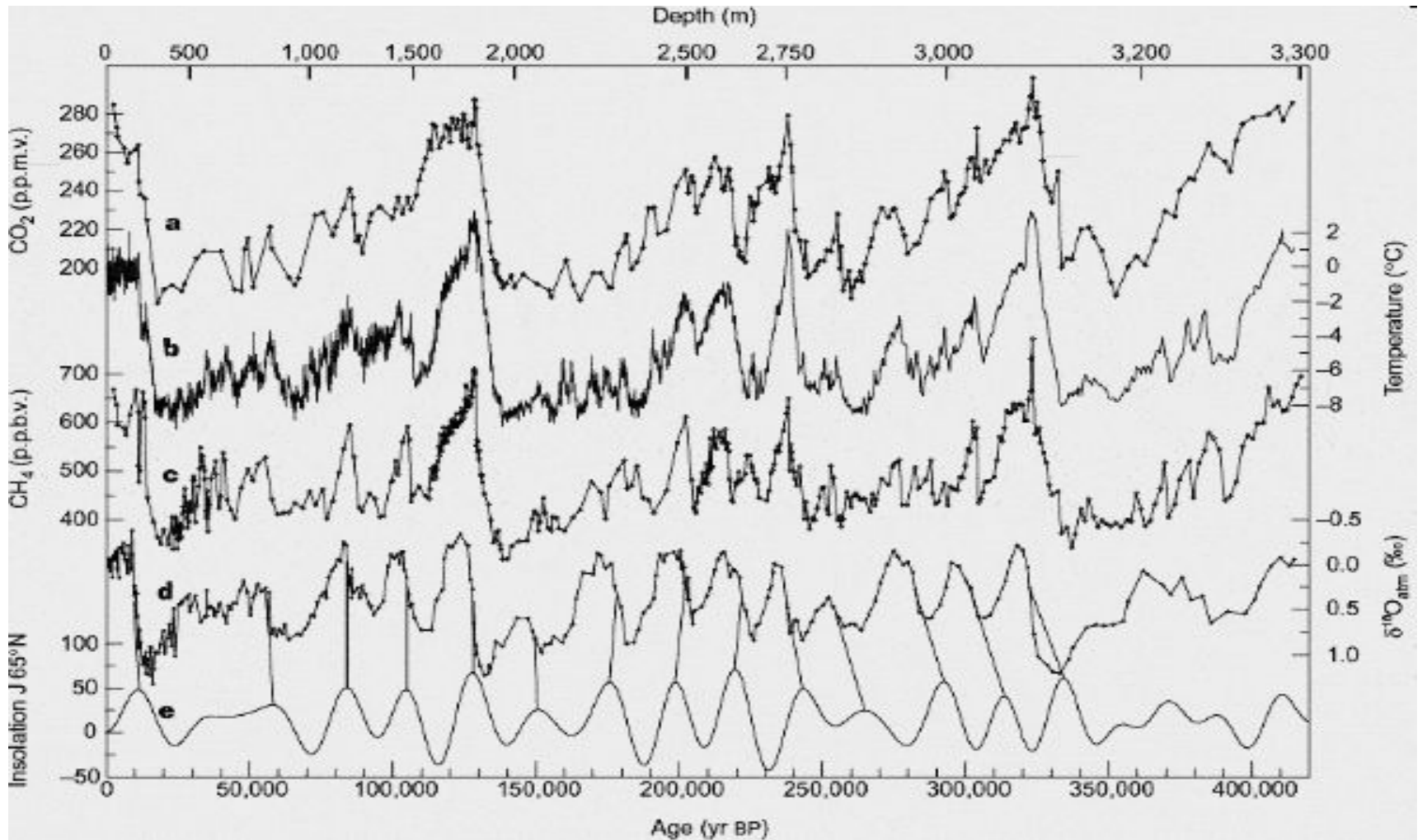


Temperature anomaly (°C wrt 1961-1990)

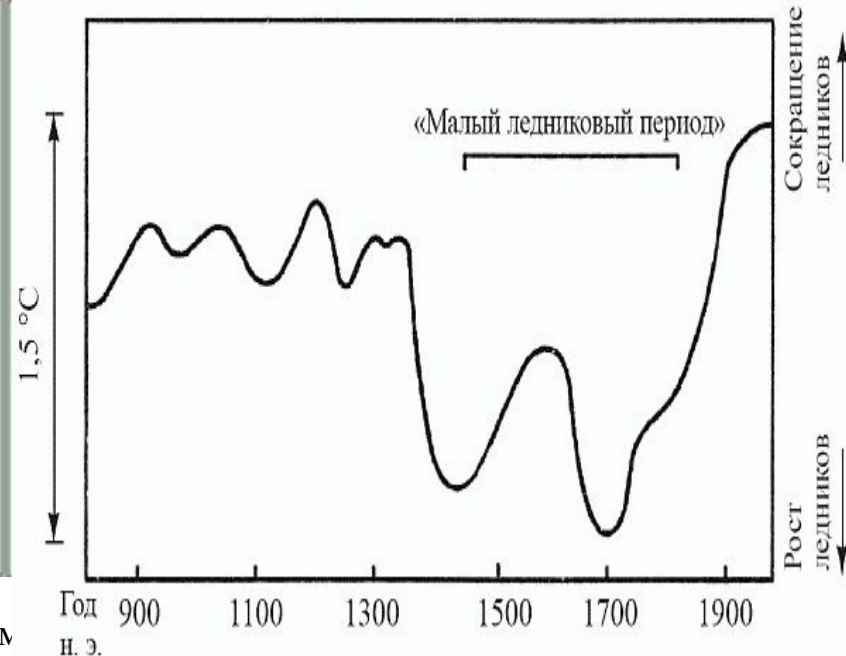
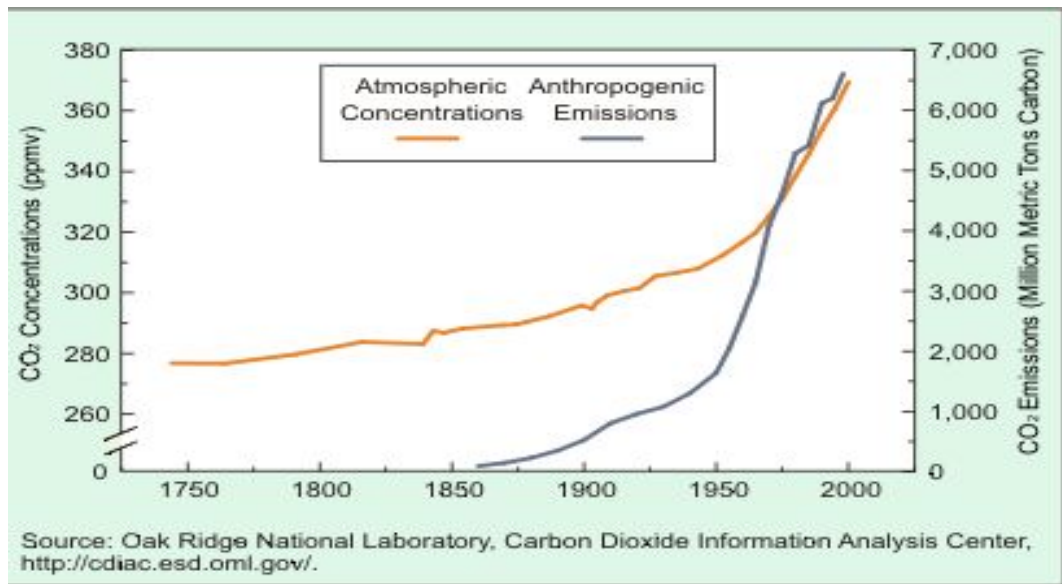


Скандальная «хоккейная клюшка»

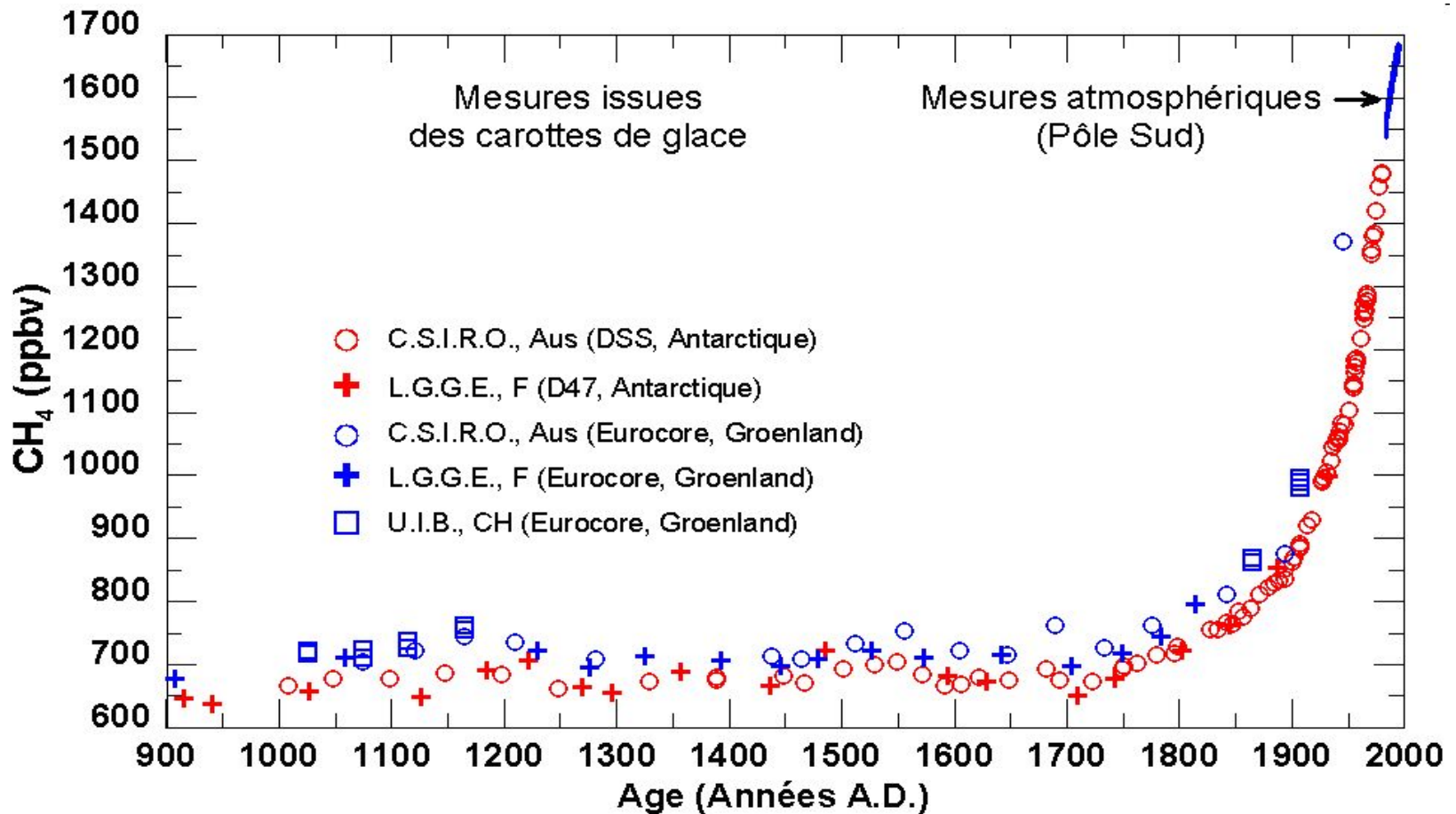




- Изменения содержания CO₂ (самый верхний график), метана (третий сверху график) и температуры (второй сверху график) за 420 тысяч лет (по данным анализа пузырьков воздуха во льду Антарктиды). Ледовый керн получен на российской станции «Восток». Годы отложены по оси абсцисс. Видно, что в масштабах десятков 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

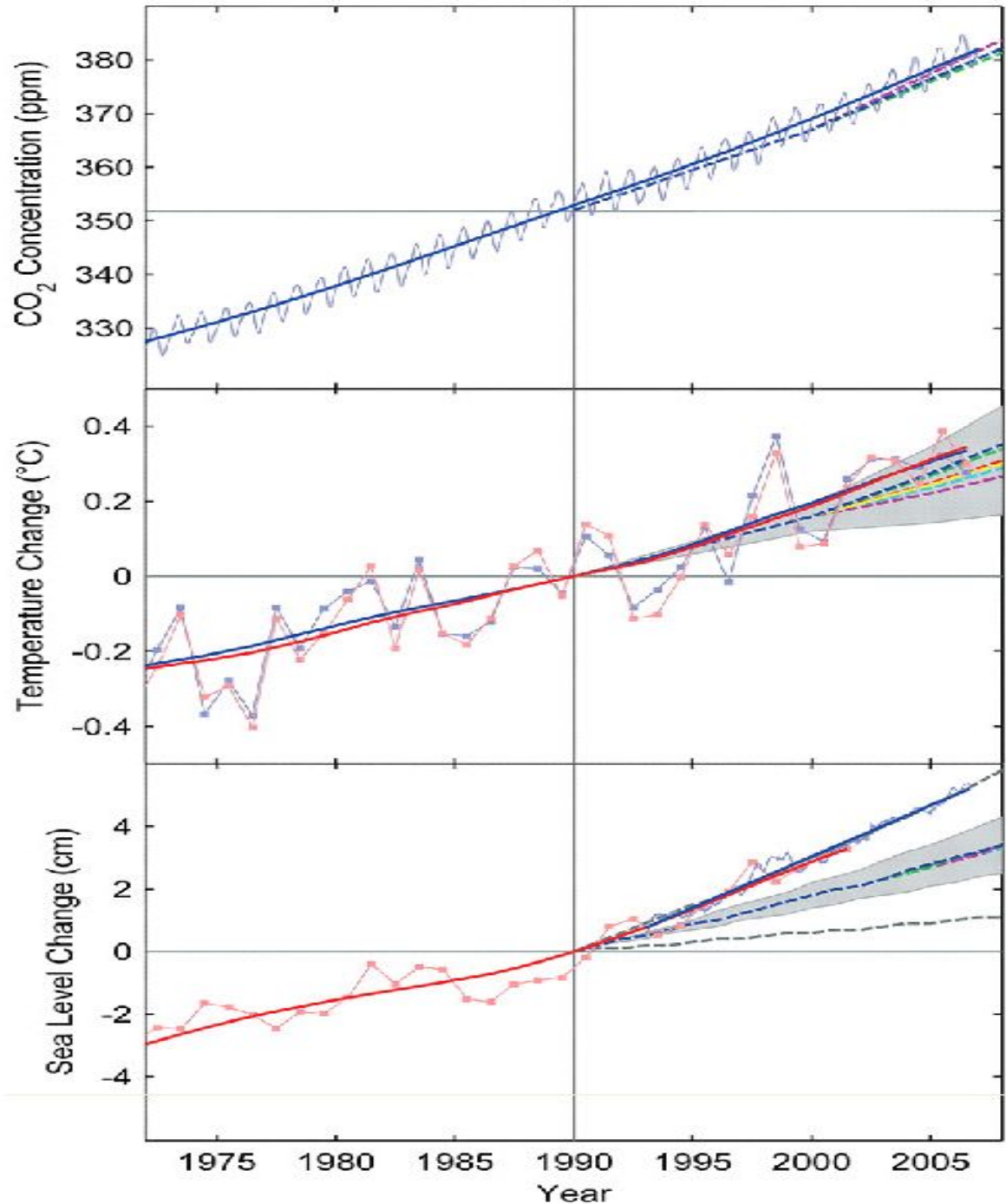


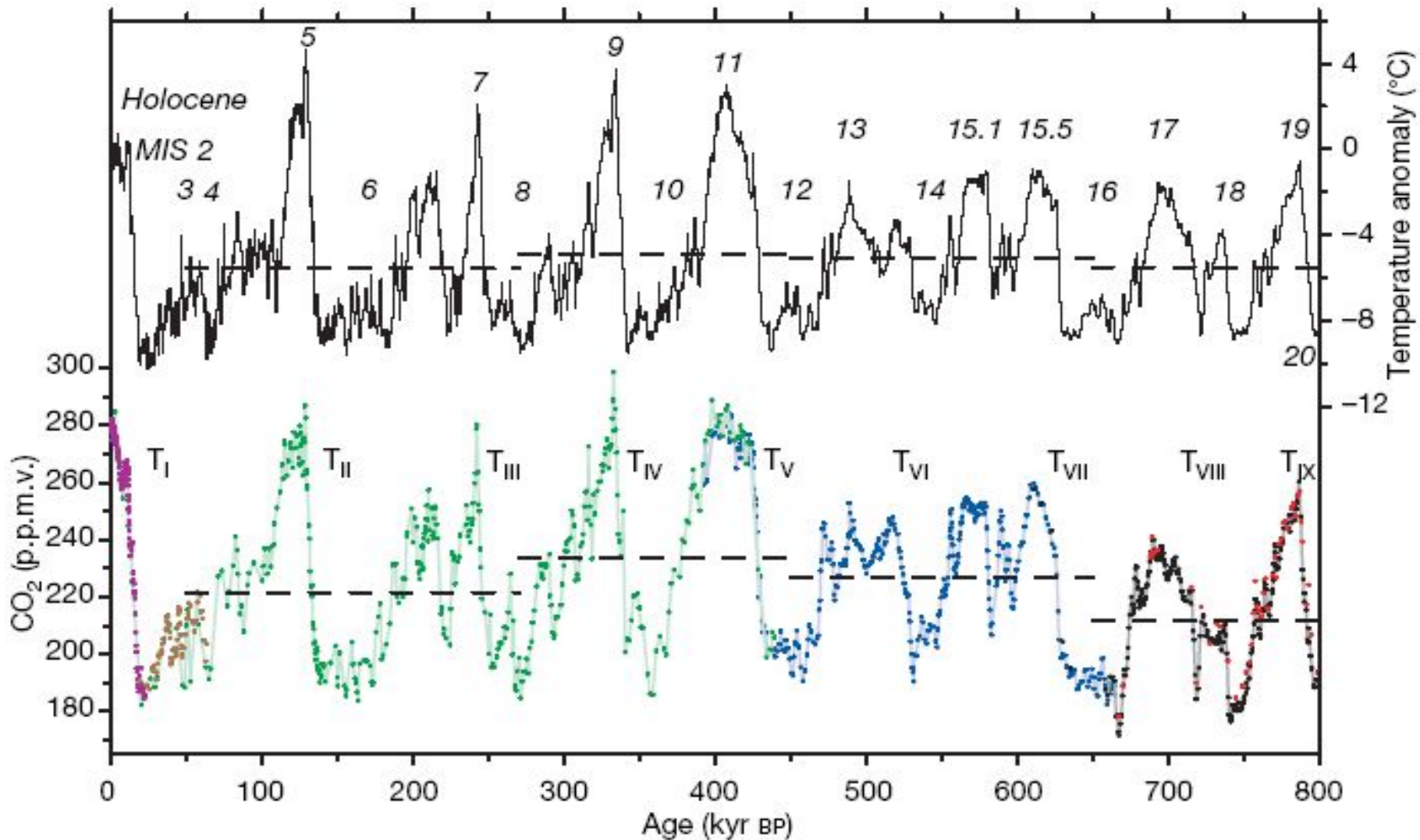
- Рост содержания CO₂ в атмосфере (ppm, левая шкала) и эм сжигании ископаемого топлива (миллионы тонн, правая шкала) с середина XIX века до конца XX века. www.mongabay.org



- 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

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. Тонкие
 сплошные линии —
 реальные данные,
 толстые сплошные —
 усредненные реальные
 данные, показывающие
 основной тренд.
 Пунктирными линиями
 обозначены данные
 прогнозов и даваемые
 при этом
 доверительные
 интервалы (области,
 закрашенные серым
 цветом). Изменения
 температуры и уровня
 океана даны как
 отклонения от линии
 тренда в месте
 пересечения ею
 отметки 1990 года
 (принято за нуль).
Science. 2007. V. 316.
 P. 709

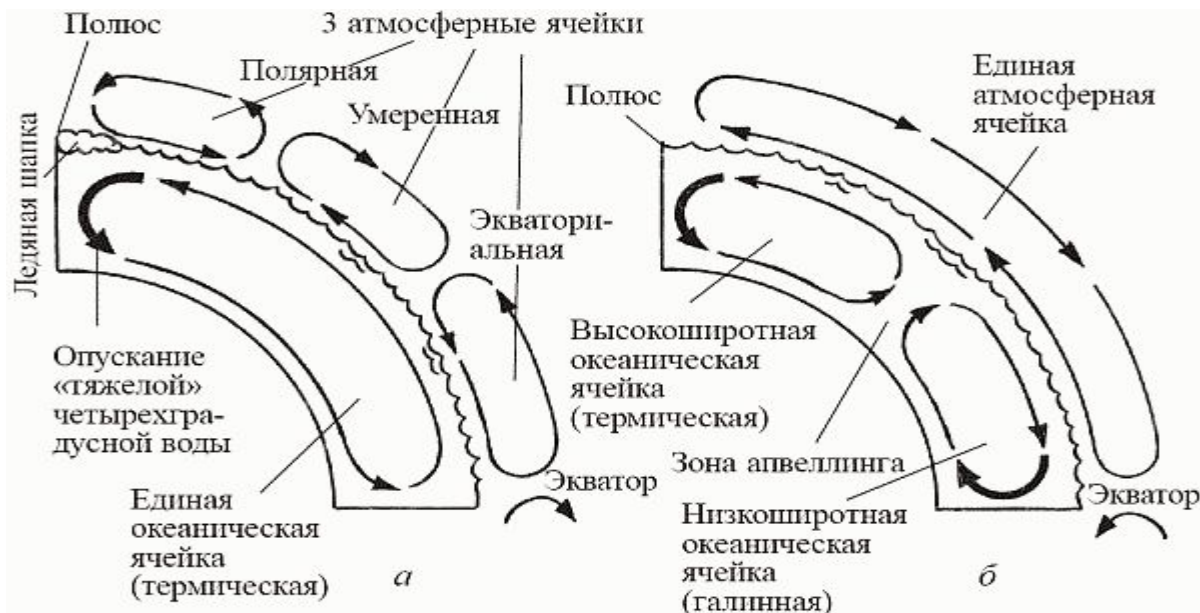
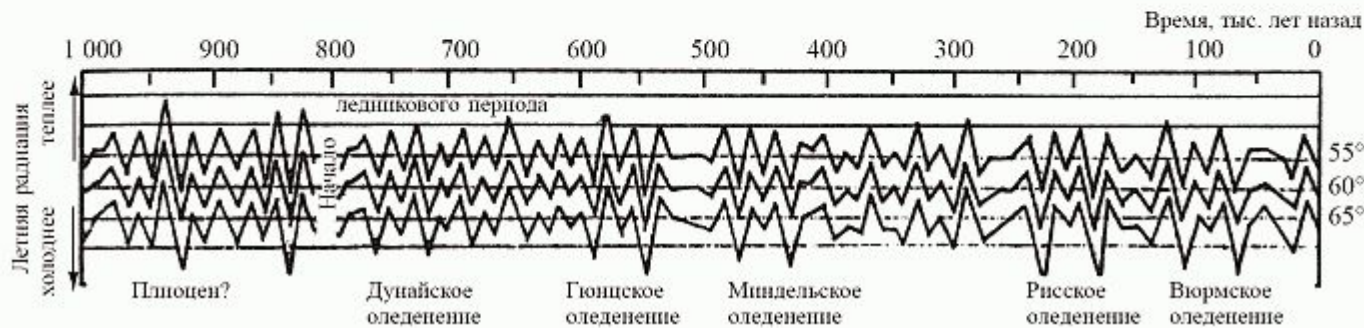
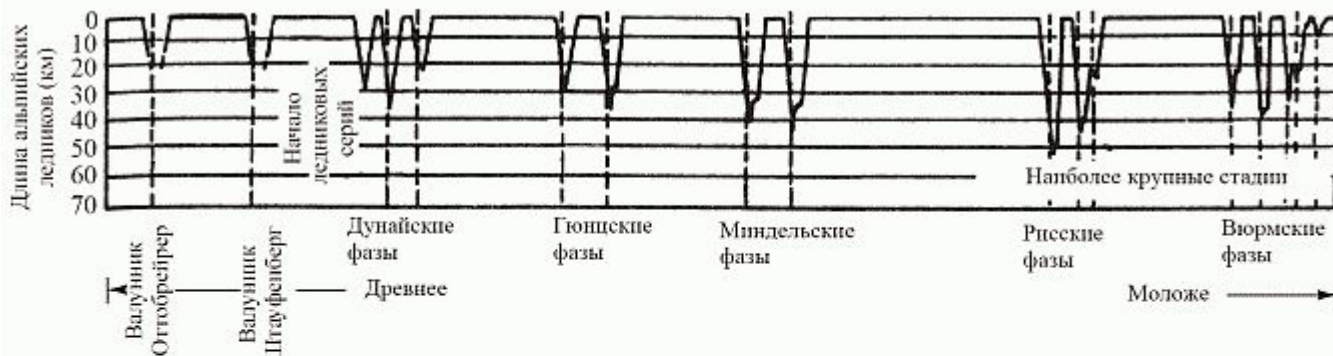




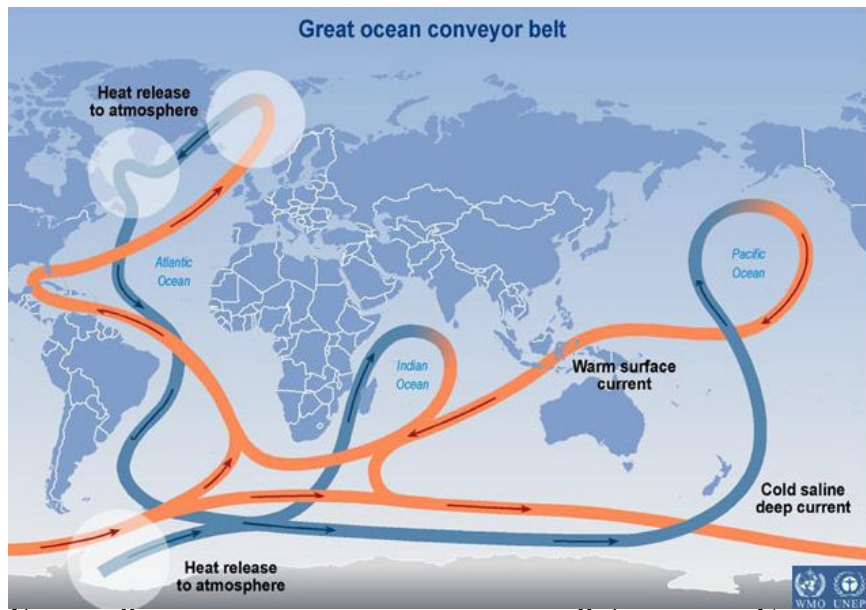
- Верхняя кривая* — колебания температуры. *Нижняя кривая* — содержание углекислого газа (CO₂) в миллионных долях (ppm, parts per million) за 800 тыс. лет по данным ледового ядра с купола «С» (фиолетовые, синие, черные и красные точки), со станции «Восток» (зеленые точки) и с купола Тейлора (коричневые точки). Горизонтальными пунктирными линиями показано значение среднего уровня температуры или содержания CO₂ для определенного периода. Шкала времени — в сотнях тысяч лет назад (kyr BP, kiloyears before present). Разный цвет использован для обозначения данных, опубликованных в других статьях, полученных в разных местах или в одном месте, но разными методами. *Nature*. 1999. V. 453. P. 379–382.



Относительный возраст шестнадцати холодных фаз



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



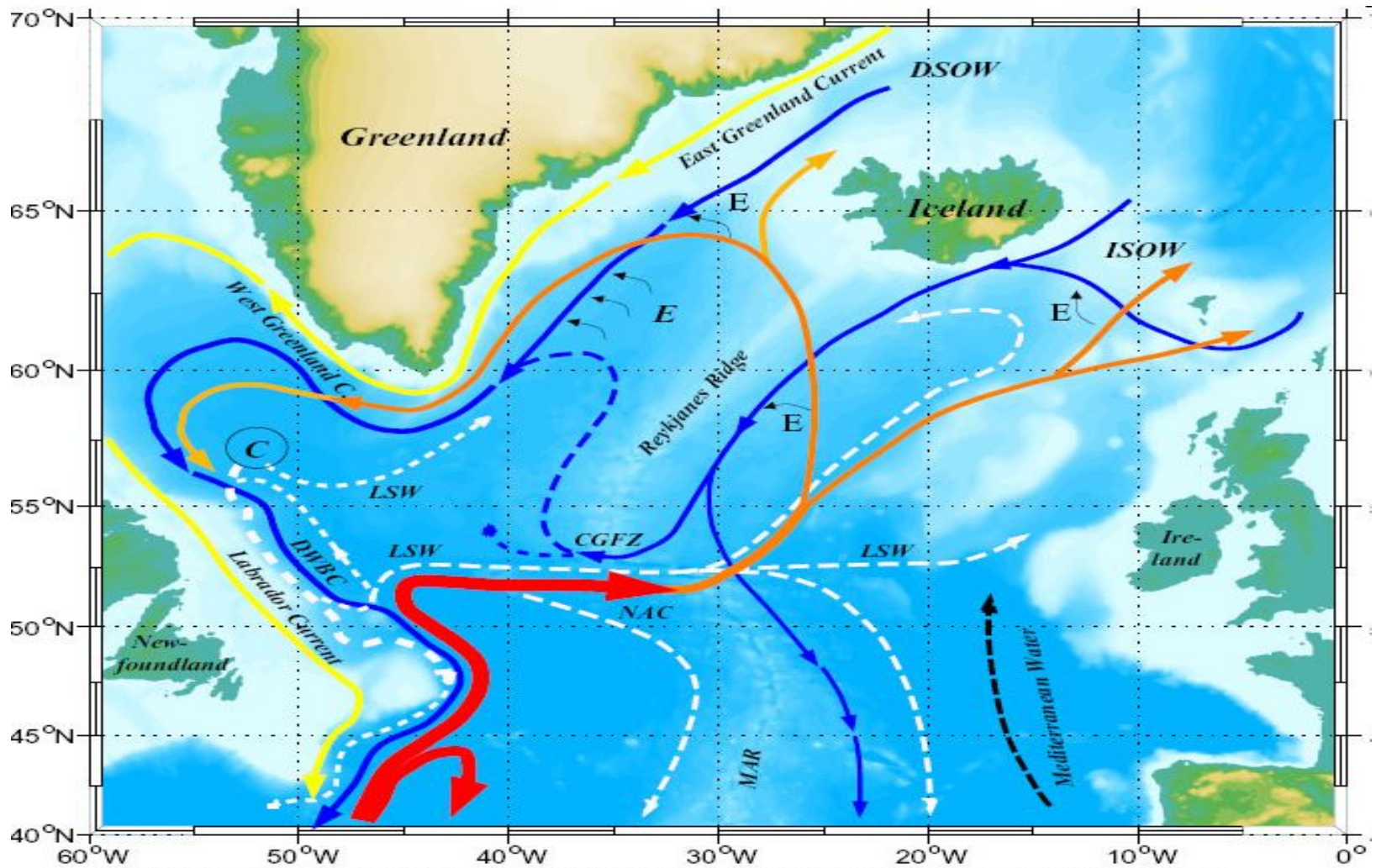
Конвейер океанических течений («петля Брокера»), обеспечивающий вертикальное перемешивание водной толщи. *Коричневым* выделены теплые течения, идущие около поверхности (в пределах 1000 м), *синим* — холодные глубоководные течения, идущие над дном. *Светлые кружки* — это те районы океана, в которых большое 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.

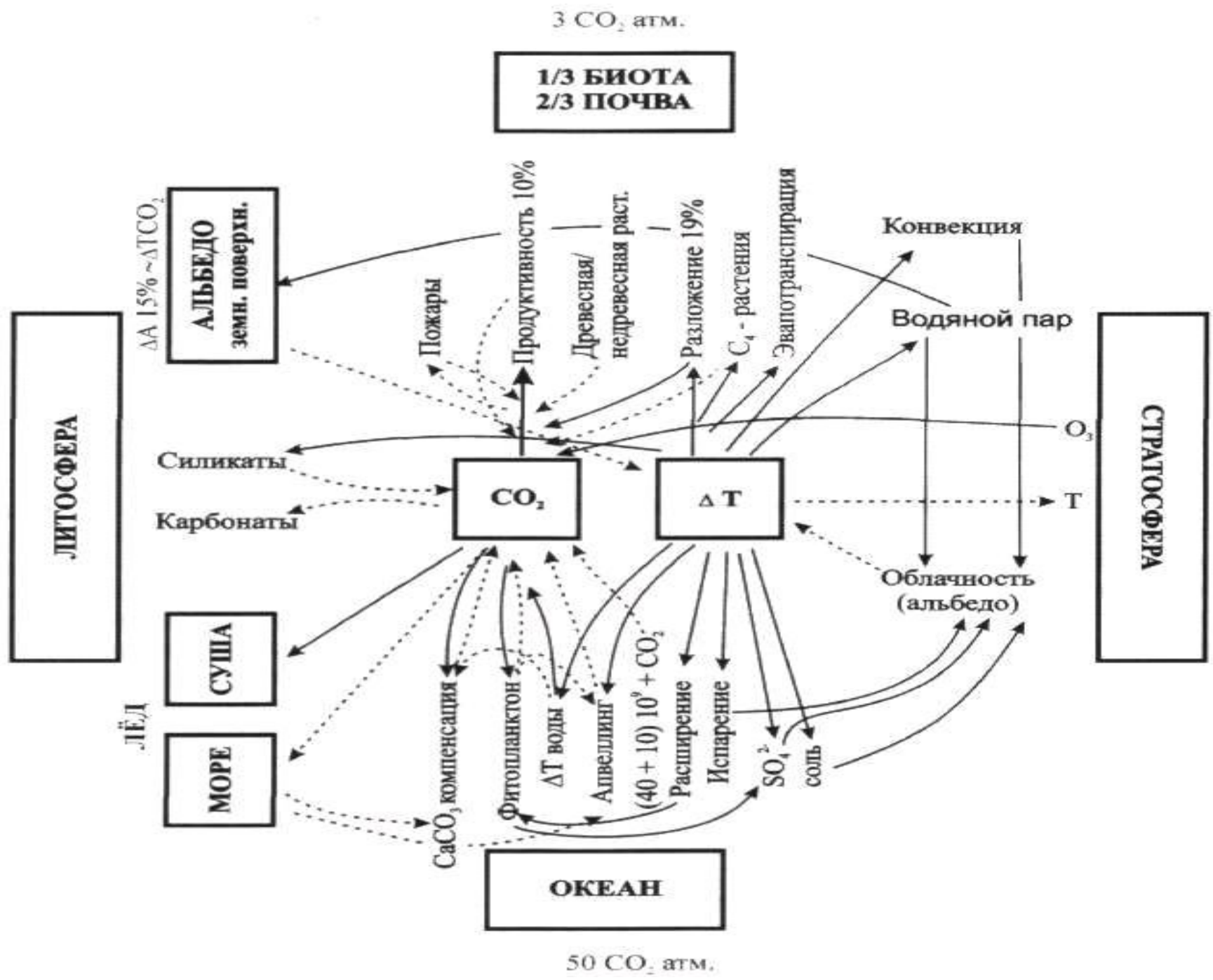
Конвекция в гидросфере - это теплые морские течения, которые обогревают высокоширотные области точно так же, как водяное отопление - ваши квартиры. Движущей силой конвекционных токов, как мы помним из главы 2 (о мантийной конвекции), являются возникающие в среде архимедовы силы плавучести: когда часть 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.

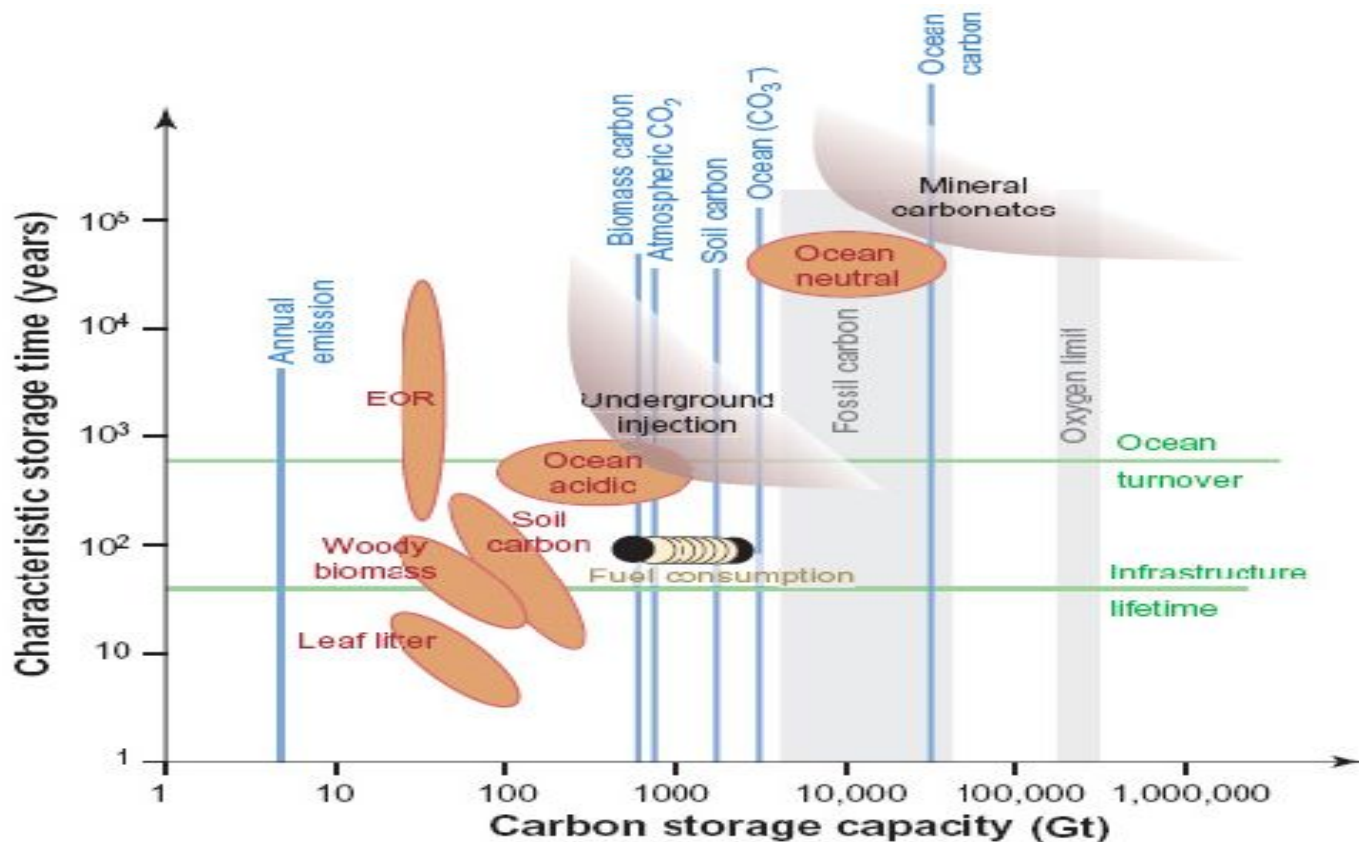


*E: Entrainment C: Convection CGFZ: Charlie Gibbs Fracture Zone MAR: Middle Atlantic Ridge
 DWBC: Deep Western Boundary Current NAC: North Atlantic Current*

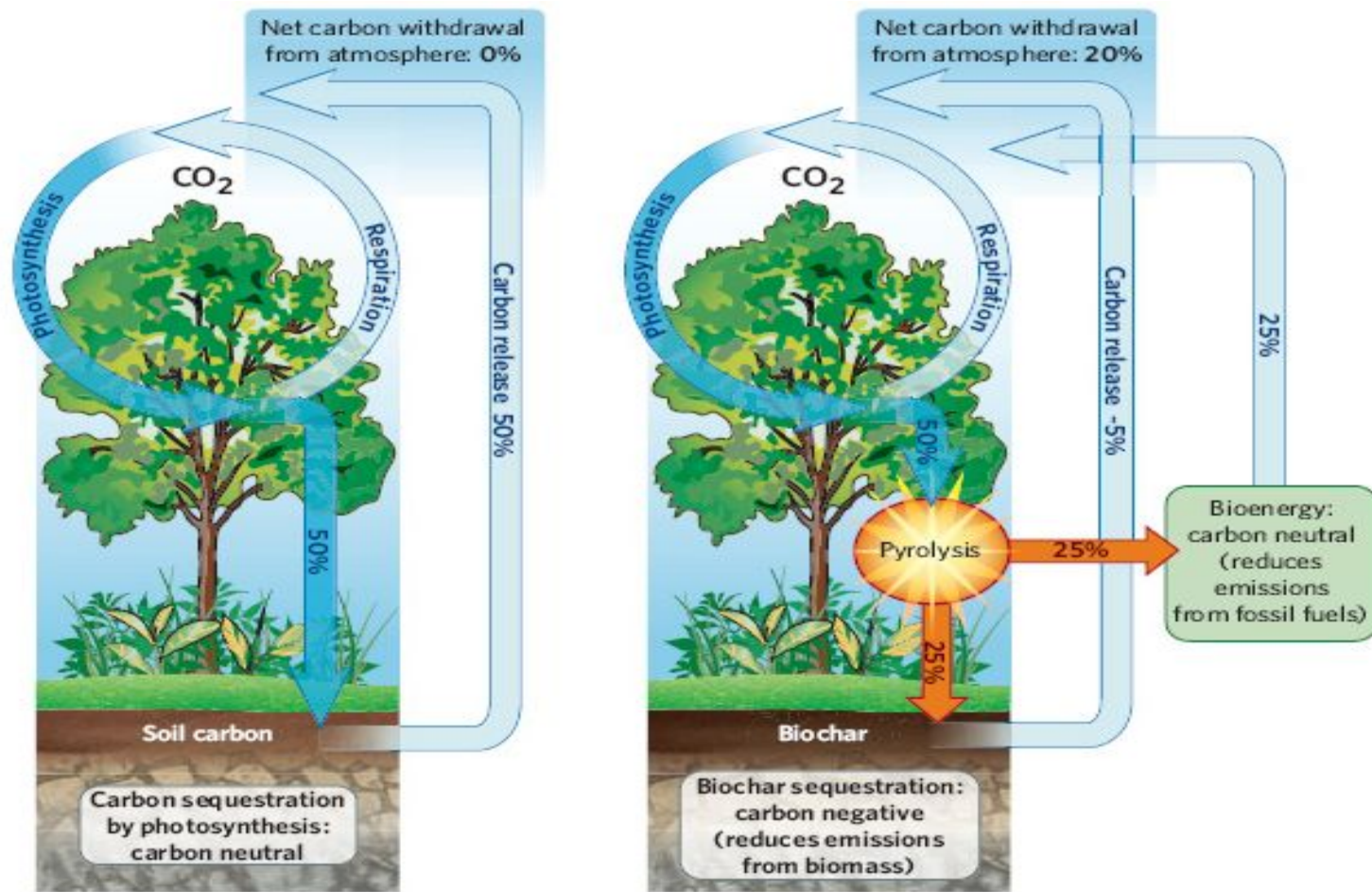
LSW: Labrador Sea Water ISOW: Iceland Scotland Overflow Water DSOW: Denmark Strait Overflow Water

- 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

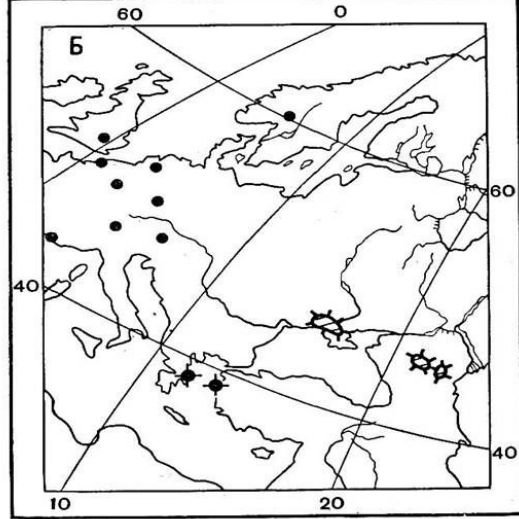
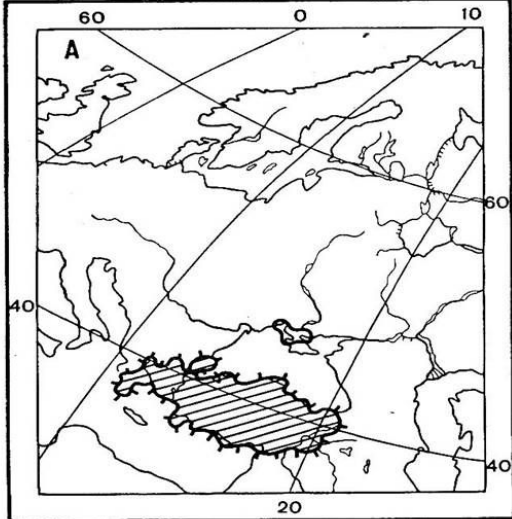




- Соотношение запасов (в гигатоннах, Гт) и характерного времени удержания (в годах) углерода в разных резервуарах биосферы. Обратите внимание, что шкала по обеим осям логарифмическая. Чем больше размер резервуара, тем дольше удерживается там углерод. **Leaf litter** — подстилка (опавшие листья); **woody 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 объемов 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^{2-} , 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

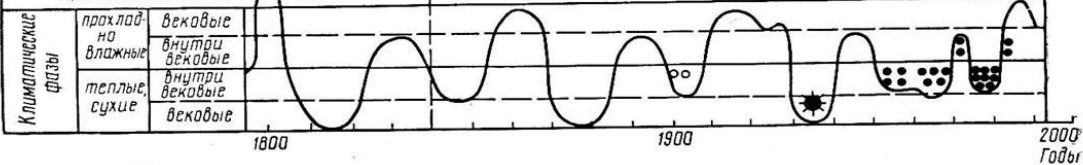


- Схема обычного круговорота углерода в природной экосистеме (слева) и включающая переработку растительных остатков в ходе пиролиза (справа). В первом случае весь углерод, изъятый из воздуха в виде CO_2 , возвращается обратно в такой же форме. Во втором — 20% его изымается из круговорота и сохраняется в почве в виде древесного угля. Если улавливать газы, выделяющиеся при пиролизе, то 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.



Конец многовековой
прохладно-влажной эпохи

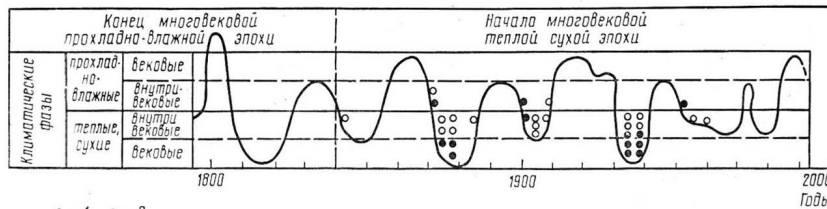
Начало многовековой
теплой сухой эпохи



○ — 1 ★ — 2 ● — 3

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

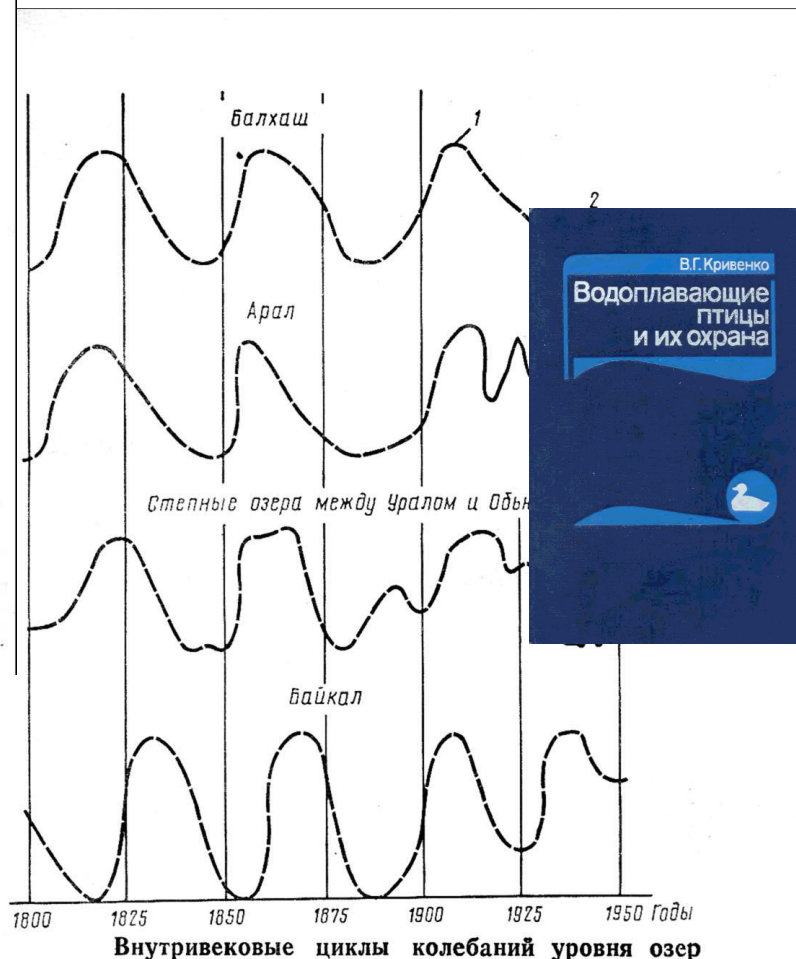
A — распространение в прохладно-влажную эпоху XIV — начала XIX в.; **B** — распространение в теплую, сухую эпоху второй половины XIX—XX вв: **1** — область массового гнездования; **2** — район невысокой численности; **3** — сотни пар; **4** — единицы пар; **B** — ритмика расселения в Западную Европу: 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 гг. (3)



○ — 1 ● — 2

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

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



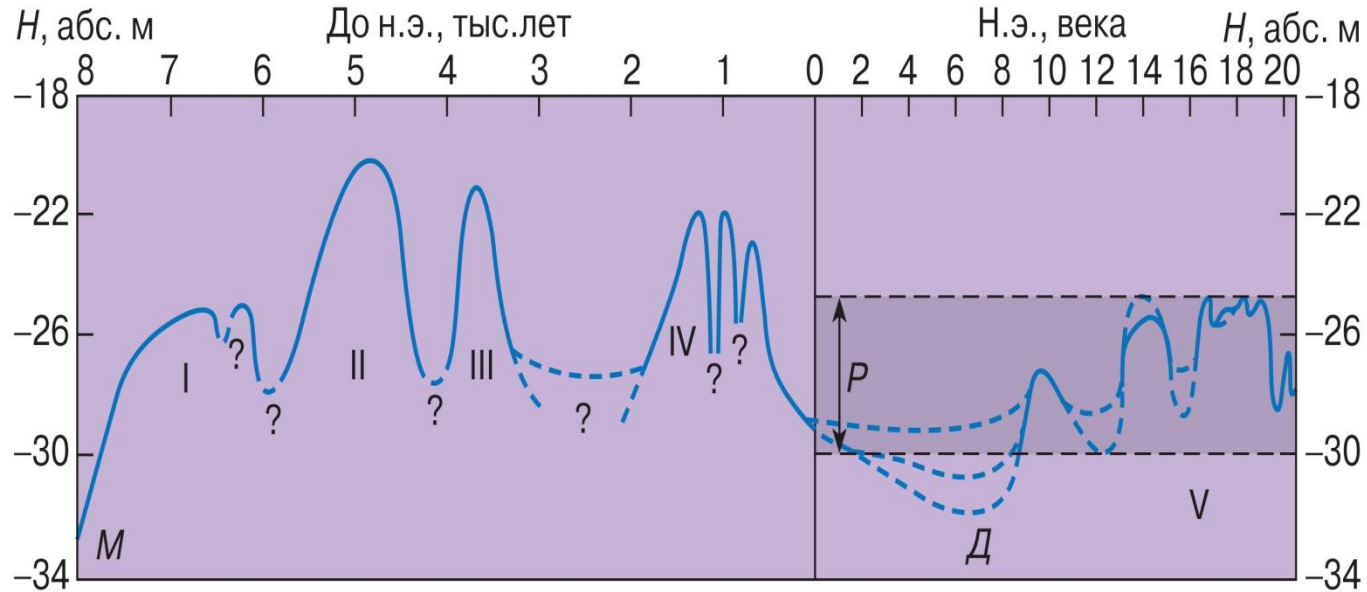
В.Г.Кривенко
Водоплавающие
птицы
и их охрана



Внутривековые циклы колебаний уровня озер

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

Вековые колебания уровня Каспия: чередование периодических трансгрессий и регрессий

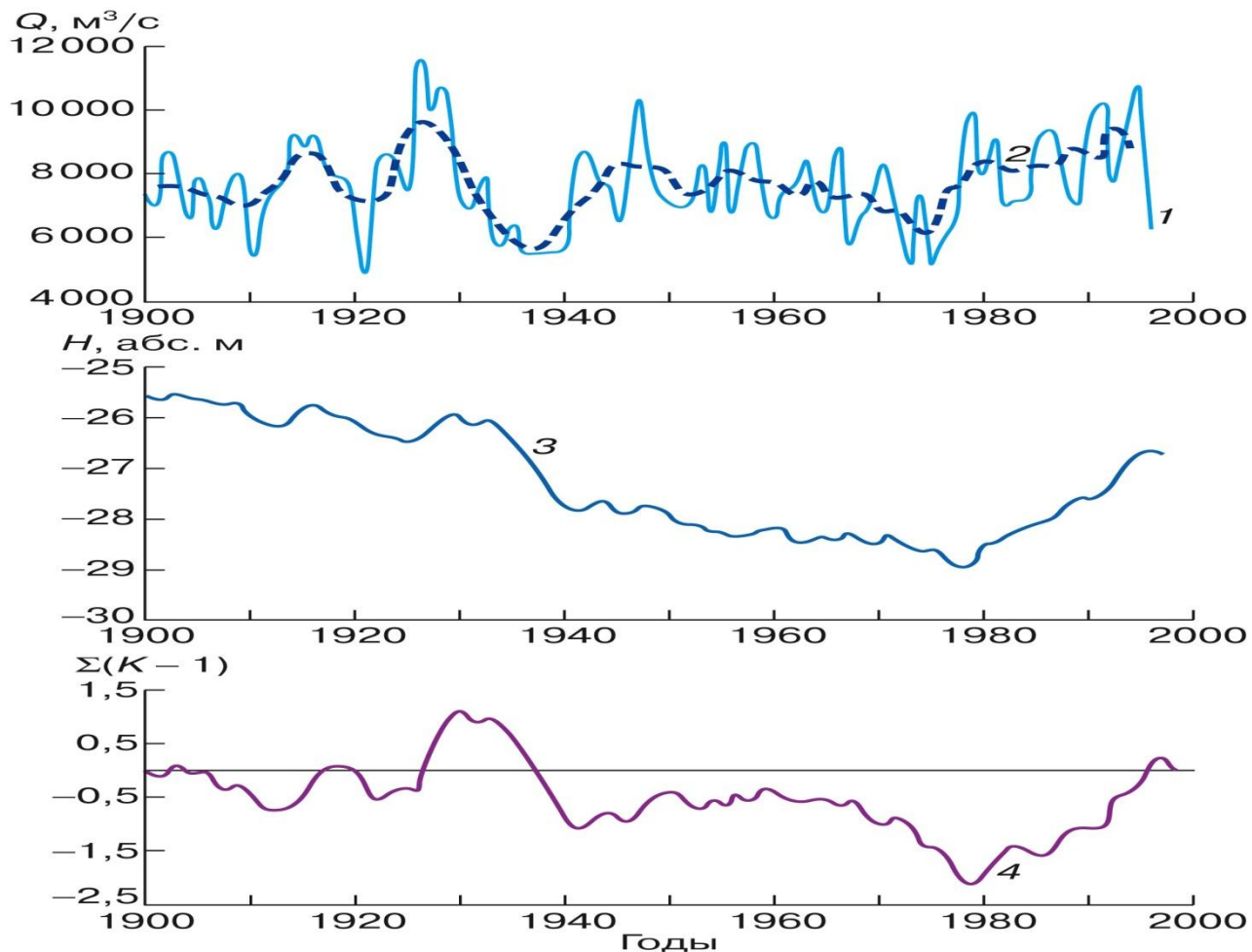


Колебания уровня Каспийского моря за последние 10 тыс. лет по [5]. *P* – естественный размах колебаний уровня Каспийского моря при климатических условиях, свойственных субатлантической эпохе голоцена (зона риска). I–V – стадии новокаспийской трансгрессии; *M* – мангышлакская, *D* – дербентская регрессии

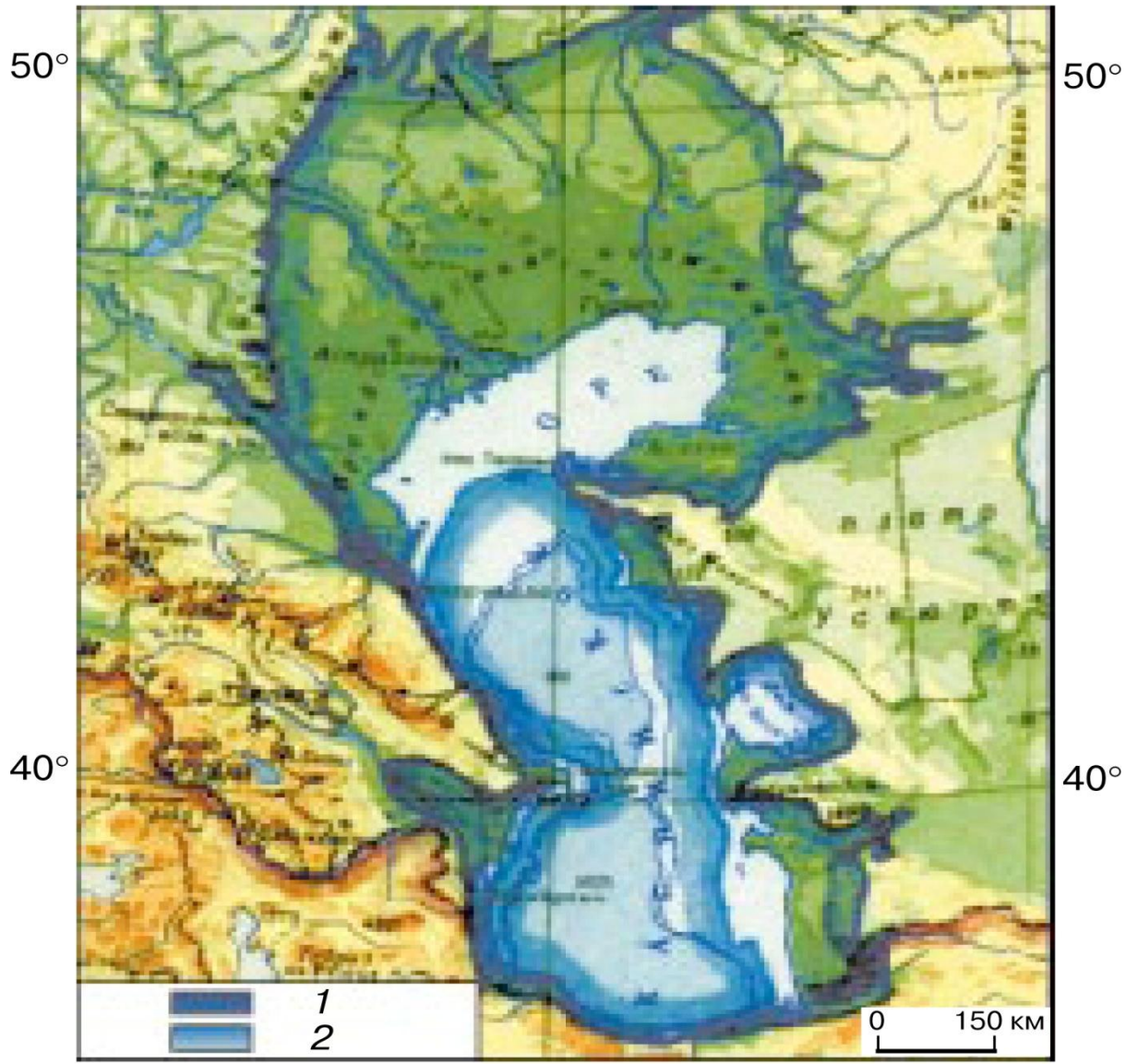
Многолетние изменения расхода воды Волги

и уровня Каспийского моря:

чередование низких и высоких «стояний» воды

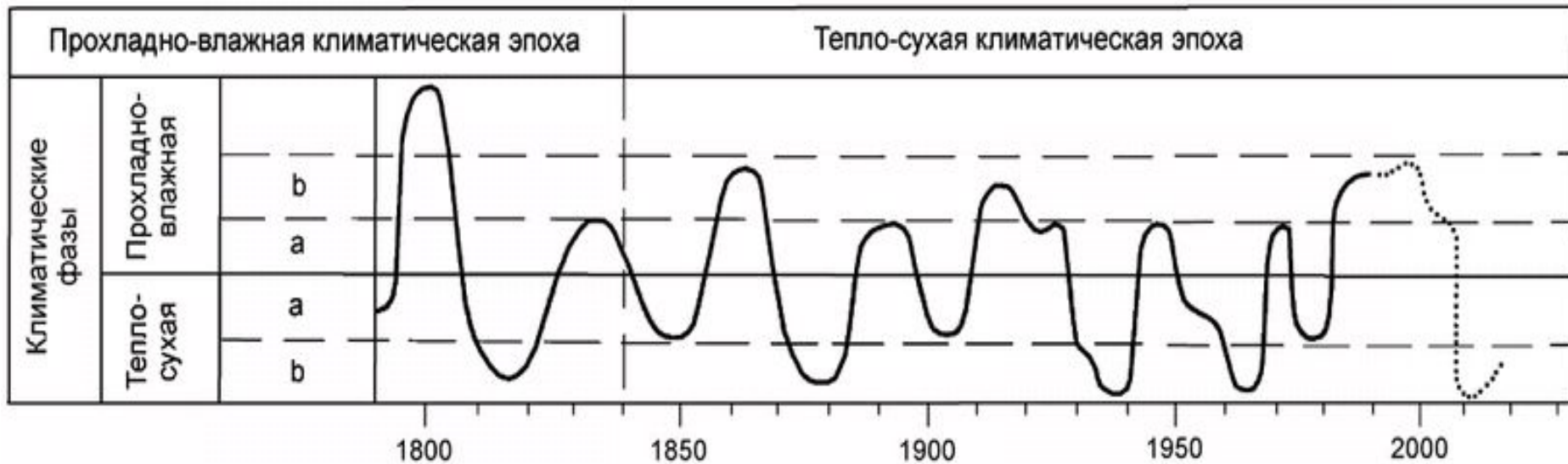


Многолетние изменения (1900–1998 годы):
1 – среднего годового расхода воды Волги в вершине дельты у Верхнего Лебяжьего, 2 – расходов воды Волги при скользящем шестилетнем осреднении, 3 – средних годовых уровней воды (в абс. м) в Каспийском море (Махачкала); 4 – разностная интегральная кривая стока Волги по [4]



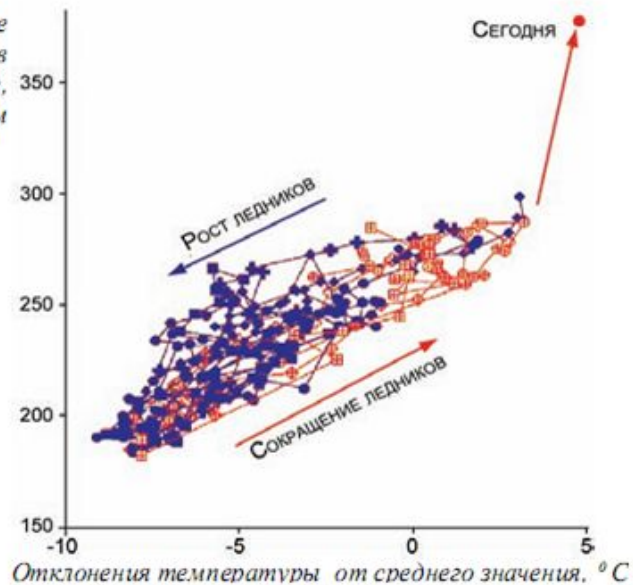
Очертания Каспийского моря во время хвалынской трансгрессии (1) и мангышлакской регрессии (2)

Источник: В.Н.Михайлов. Загадки Каспийского моря// Соросовский образовательный журнал. 2000. №4.

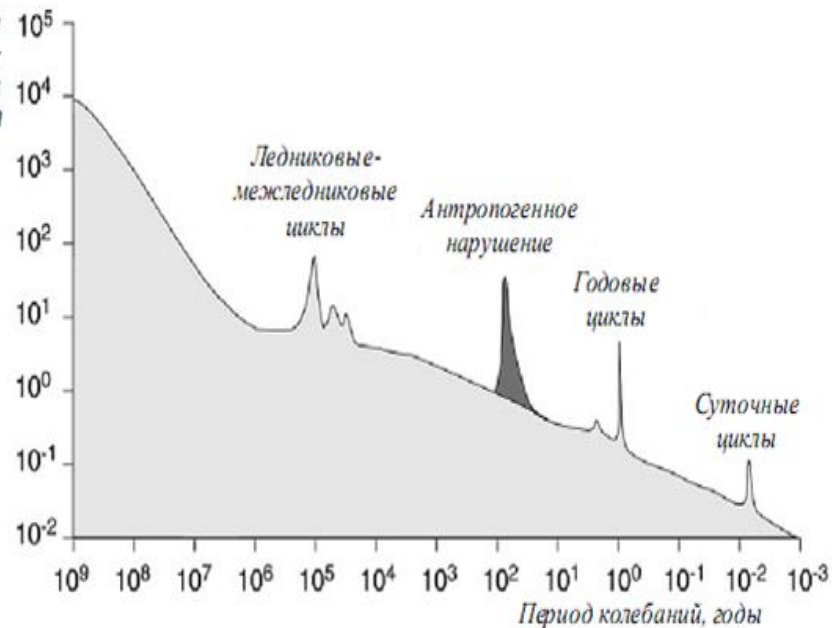


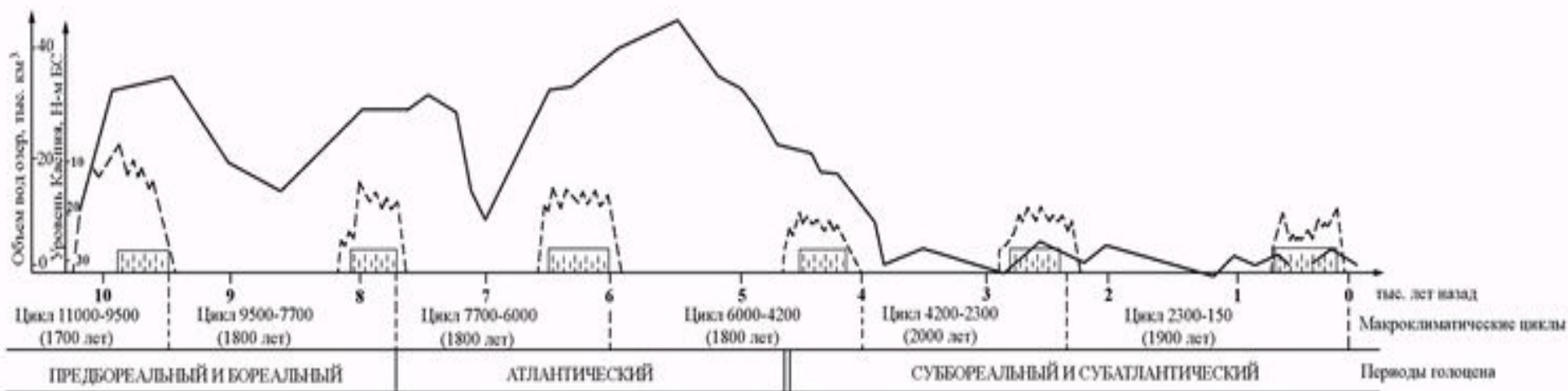
Многовековые, вековые и внутривековые климатические циклы Евразии и прогноз их дальнейшего развития.

Парциальное давление CO_2 в атмосфере, мкатм



Амплитуда изменений концентрации CO_2 , ppt





Развитие макроклиматических циклов голоцена.

▤ - 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 субплейстоценовой эпох голоцена

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.

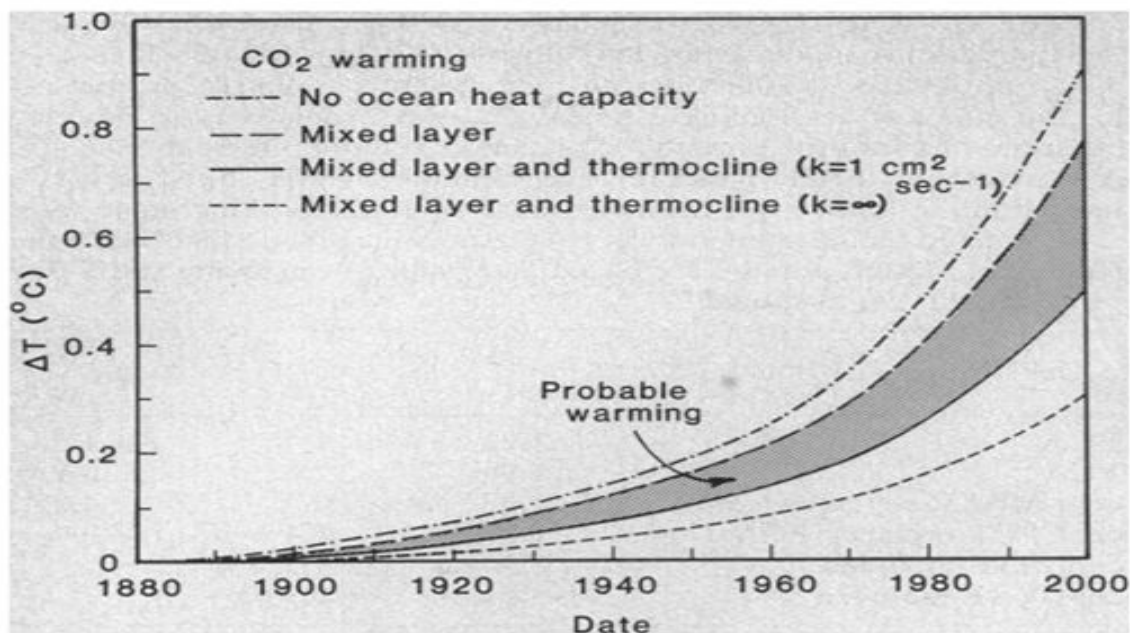
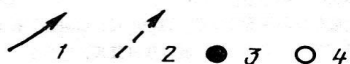
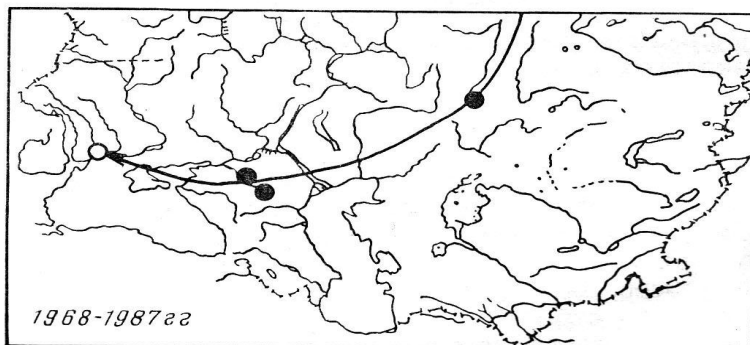
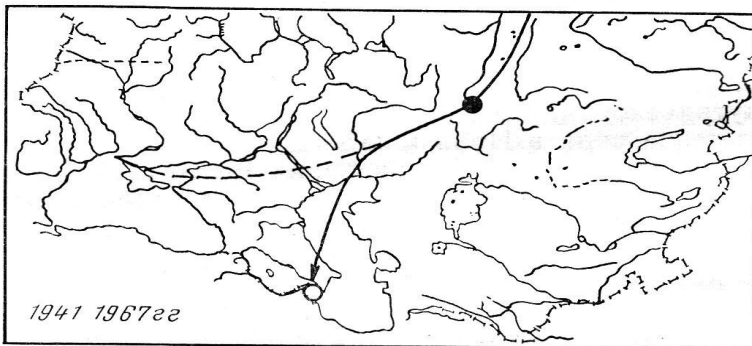
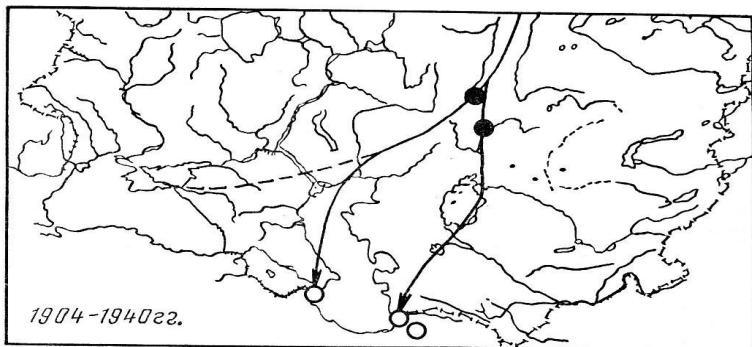


Fig. 1. Dependence of CO_2 warming on ocean heat capacity. Heat is rapidly mixed in the upper 100 m of the ocean and diffused to 1000 m with diffusion coefficient k . The CO_2 abundance, from (25), is 293 ppm in 1880, 335 ppm in 1980, and 373 ppm in 2000. Climate model equilibrium sensitivity is 2.8°C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



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

В.Г.Кривенко.
 Водоплавающие
 птицы и их охрана.
 М.: ВНИИПрирода, 1990. 348 с.

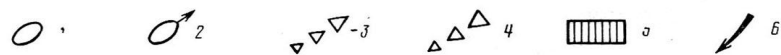
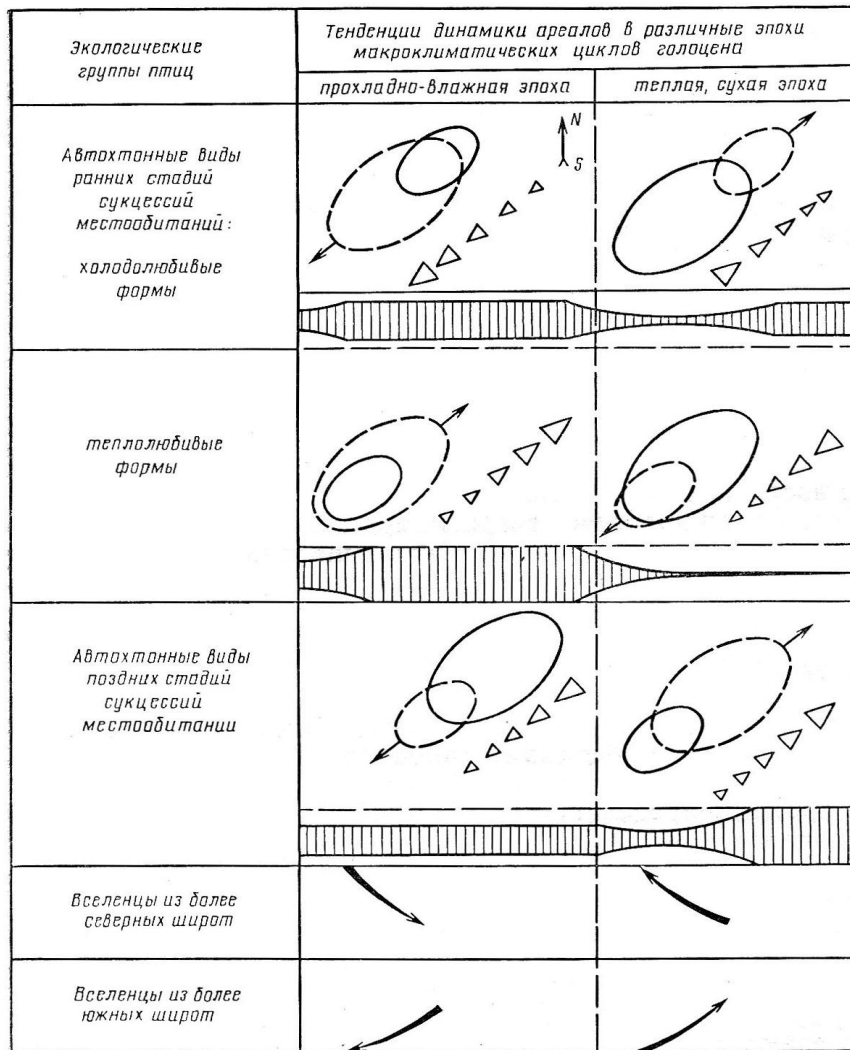


Схема циклической динамики ареалов водоплавающих и околоводных птиц в голоцене:

динамика ареалов автохтонных видов: 1 — состояние в предыдущую 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

В.Г.Кривенко.
Водоплавающие
птицы и их охрана.
М.: ВНИИПрирода, 1990. 348 с.