

МФК-2021

Глобальная экология и кризис биосферы

Леонард Владимирович Полищук

Ольга Владиславовна Честных

ochestn@mail.ru

Лекция 7. Глобальный цикл углерода, недавнее прошлое и современность. Парниковый эффект, связь с климатическими изменениями. Глобальное потепление климата, мифы и реальность. Успехи и провалы действий по сохранению глобального климата.

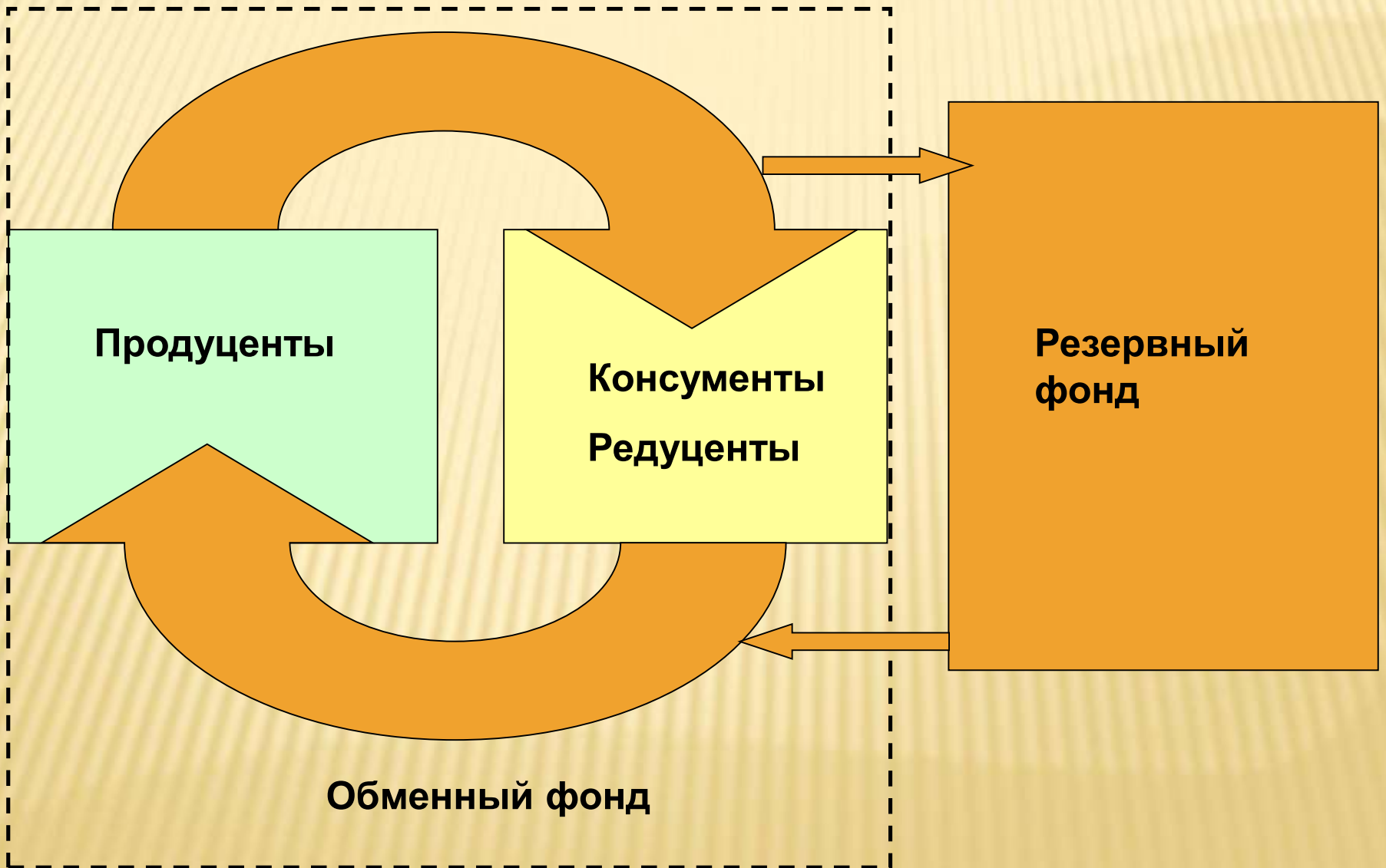
Биогеохимический цикл химического элемента либо вещества

- ✘ это его круговорот в биосфере, включающий переход в живые организмы из неживой среды и обратно.



Биологический круговорот веществ в природе

Обобщенная схема биогеохимического цикла

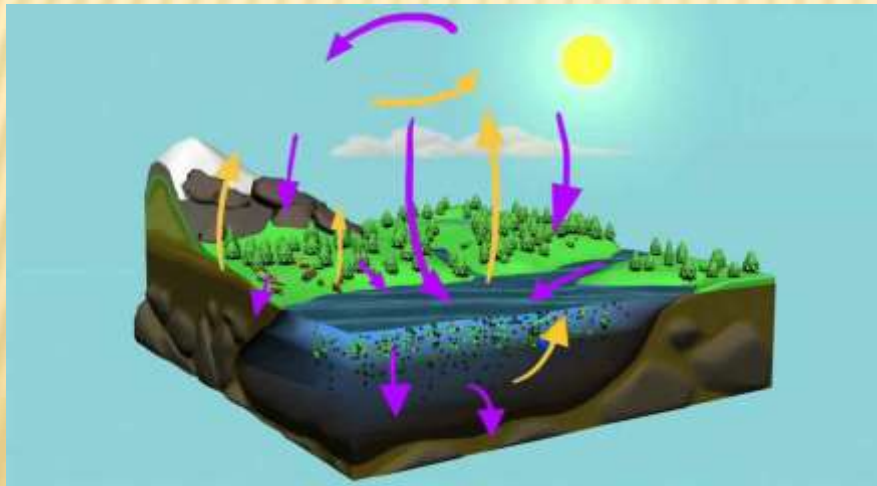


БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРУГОВОРОТЫ

- ✗ Живые организмы создают в биосфере круговороты важнейших биогенных элементов, которые попеременно переходят из живого вещества в неорганическую материю, из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. Эти пути называются **биогеохимическими круговоротами**.

В каждом круговороте удобно различать 2 фонда:

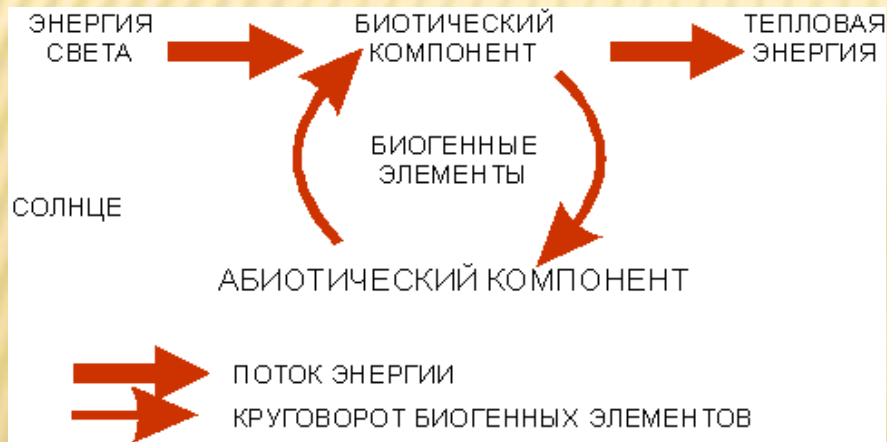
- ✗ **резервный фонд** - большая масса медленно движущихся веществ, в основном небиологический компонент
- ✗ **обменный фонд** - меньший, но более активный, для которого характерен быстрый обмен между организмами и их непосредственным окружением.



БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРУГОВОРОТЫ

2 типа круговоротов:

- ✗ **Круговорот газов с резервным фондом в атмосфере** - главный поставщик элементов - атмосфера (углерод, кислород, азот)
- ✗ **Осадочный круговорот с резервным фондом в земной коре** - главный поставщик элементов - горные осадочные породы (фосфор, сера и др.)





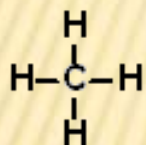
Углерод - С



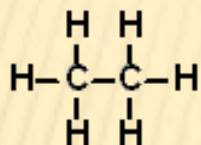
- ✘ Жизнь на Земле – жизнь на углеродной основе
- ✘ Органическая химия – химия соединений углерода
- ✘ В сухой массе растений и бесскелетных животных – около 50% углерода.
- ✘ Оксид углерода CO_2 – углекислый газ

КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА

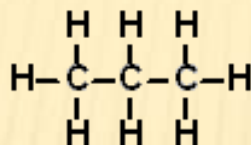
- ✗ Способность углерода образовывать 4 равнозначные валентные связи с другими атомами углерода создаёт возможность для построения углеродных скелетов различных типов - линейных, разветвленных, циклических.



метан



этан



пропан

- ✗ **ИЗОМЕРИЯ** (греч. isos – одинаковый, meros – часть).

- ✗ Вещества могут иметь **одинаковый состав и молекулярную массу, но различное строение.**

Соединения, содержащие в своем составе одни и те же элементы в одинаковом количестве, но различающиеся пространственным расположением атомов или групп атомов, называют **изомерами**.

Изомерия является одной из причин того, что органические соединения так многочисленны и разнообразны.

Изомерия.

- В 1822 году немецкий учёный Ф. Вёлер показал, что серебряные соли гремучей кислоты AgONC и изоциановой кислоты AgNCO имеют одинаковую молекулярную массу, один и тот же состав, но совершенно разные свойства.
- Впоследствии Берцелиус предложил называть такие вещества - **изомерами**

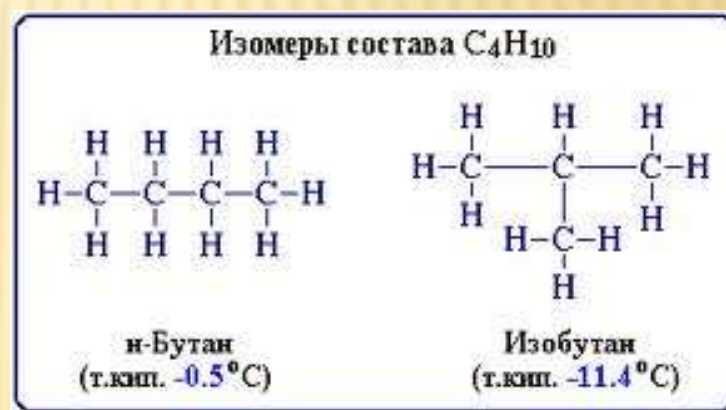
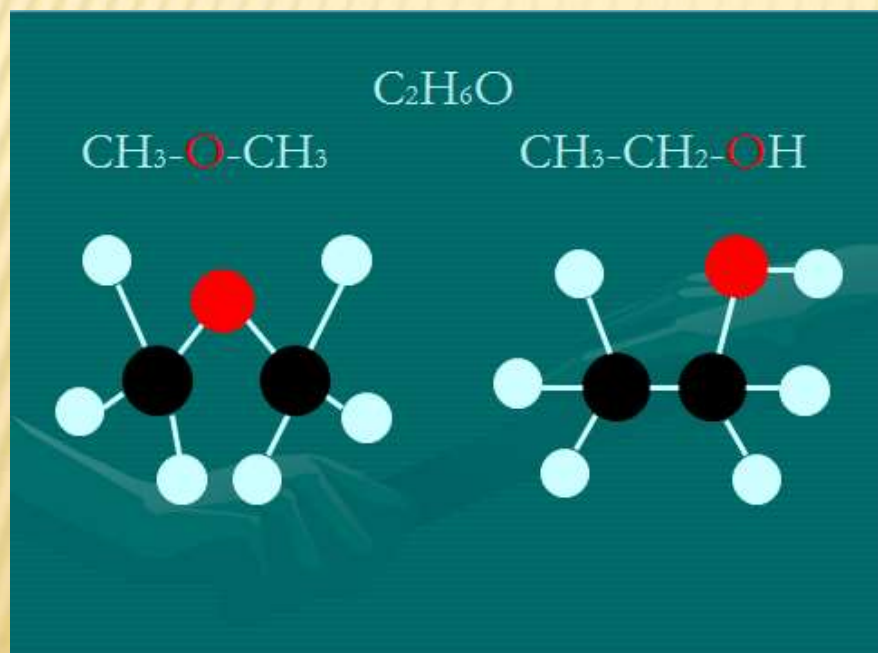


ИЗОМЕРИЯ

- ✗ Изомерия была впервые обнаружена Ю.Либихом в 1823, который установил, что серебряные соли гремучей и изоциановой кислот: Ag-O-N=C и Ag-N=C=O имеют одинаковый состав, но разные свойства.

диметиловый эфир

этиловый спирт



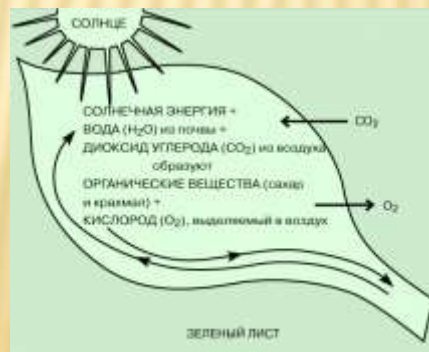
КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА

- ✗ Первые органические соединения на Земле имели **абиогенное** происхождение. Источниками углерода служили метан (CH₄) и цианистый водород (HCN), содержащиеся в первичной атмосфере Земли.
- ✗ С возникновением жизни единственным источником неорганического углерода, за счёт которого образуется всё органическое вещество биосферы, является **углерода двуокись (CO₂)**

ФОТОСИНТЕЗ

Оксигенный $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6 (\text{CH}_2\text{O}) + 6 \text{O}_2$

Аноксигенный $6 \text{CO}_2 + 12 \text{H}_2\text{S} \rightarrow 6 (\text{CH}_2\text{O}) + 6 \text{H}_2\text{O} + 12 \text{S}$



СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ

- ✘ 34,5-40% у водных растений и животных;
- ✘ 45,4-46,5% у наземных растений и животных;
- ✘ 54% у бактерий.



КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА

Значительная часть минерализуется и образует **залежи ископаемого углерода**: каменные угли, нефть, известняки и др.

Помимо основной функции - источника углерода - CO_2 , растворённая в природных водах и в биологических жидкостях, участвует в поддержании оптимальной для жизненных процессов **кислотности среды**.

В составе CaCO_3 - наружный скелет многих беспозвоночных, также содержится в кораллах, яичной скорлупе птиц .

Соединения углерода - HCN , CO , CCl_4 , преобладавшие в первичной атмосфере Земли в добиологический период, - в дальнейшем, превратились в сильные **антиметаболиты** обмена веществ.



КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА

✘ Миграция углекислого газа в биосфере Земли протекает **двумя путями**.

Первый путь - поглощение CO_2 в процессе фотосинтеза с образованием органических веществ и в последующем захоронении их в литосфере в виде торфа, угля, горных сланцев, рассеянной органики, осадочных горных пород.

По второму пути - создание карбонатной системы в различных водоемах, где CO_2 переходит

в H_2CO_3 , HCO_3^{1-} , CO_3^{2-} ,

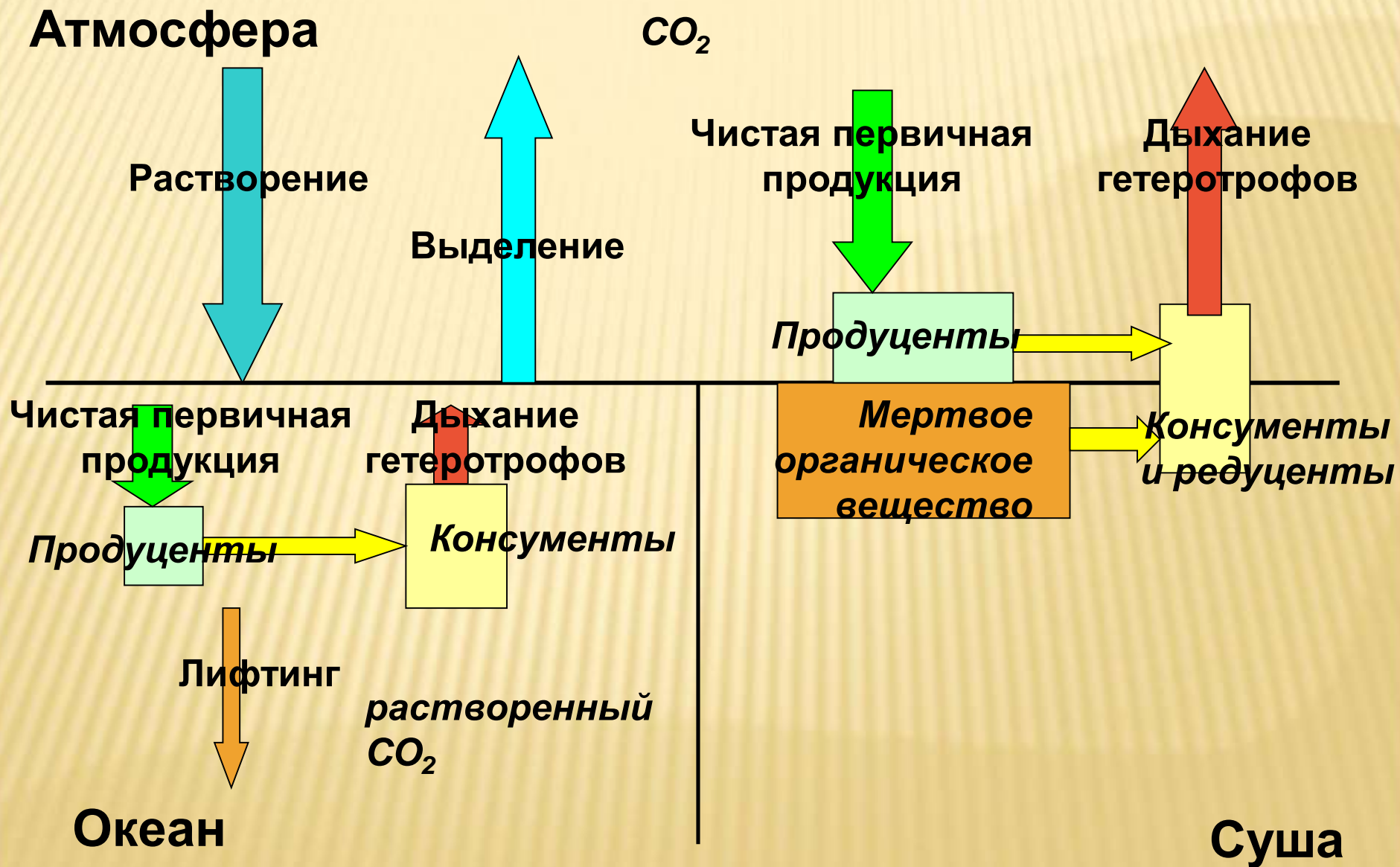
с последующим осаждением

карбонатов CaCO_3 биогенным и

абиогенным путями. Возникают мощные толщи известняков



Схема углеродного цикла биосферы



Цикл С в 1900 г.

Пулы – Гт С, потоки – Гт С в год, Гт – млрд. тонн

Атмосфера

CO_2 500

Растворение 90

Выделение 90

Чистая первичная
продукция 60

Дыхание
гетеротрофов
в 60

Чистая первичная
продукция 50

Дыхание
гетеротрофов
50

Продуценты 500

Мертвое
органическое
вещество
1000

Консументы
и редуценты

Продуценты

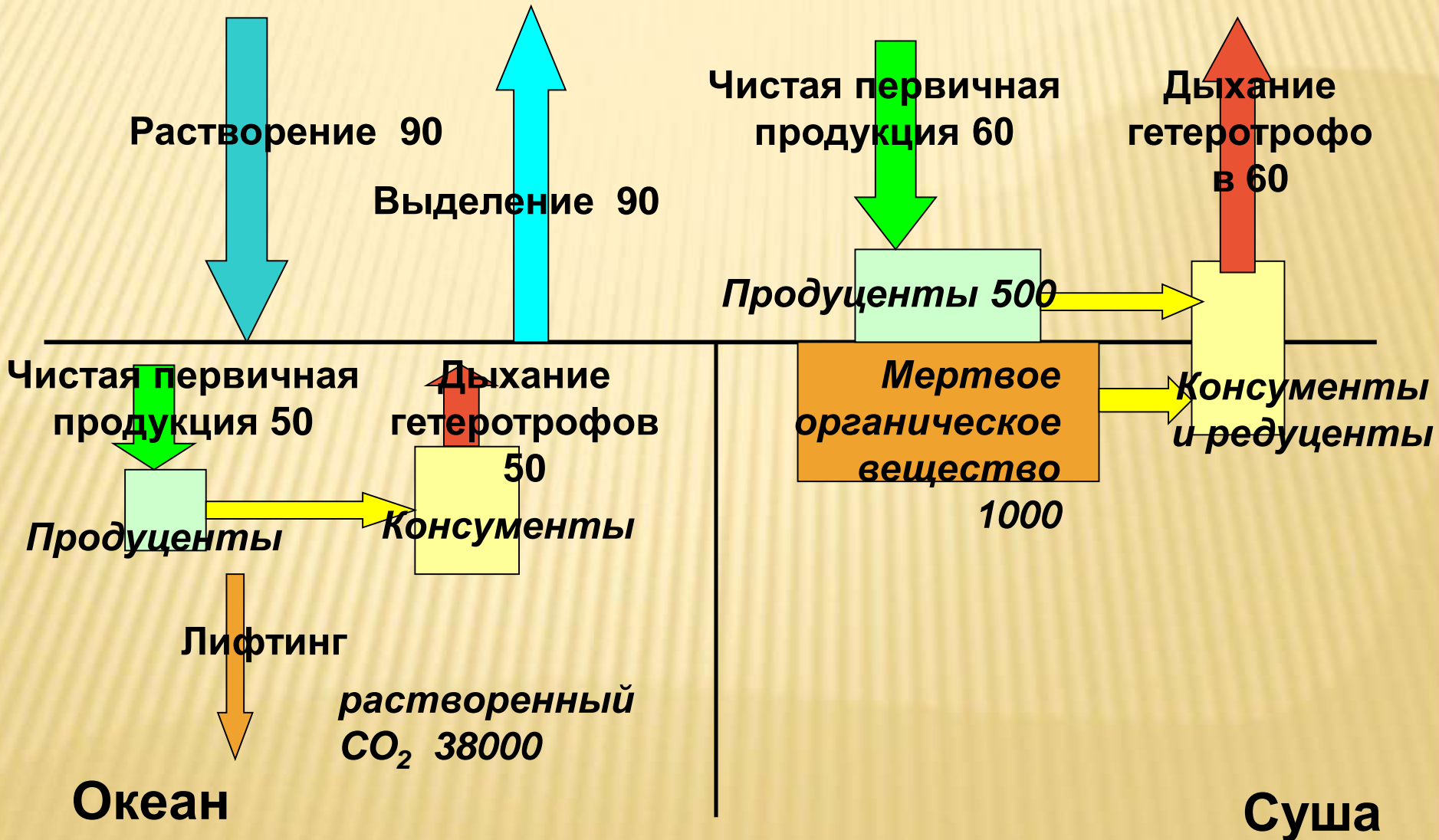
Консументы

Лифтинг

растворенный
 CO_2 38000

Океан

Суша

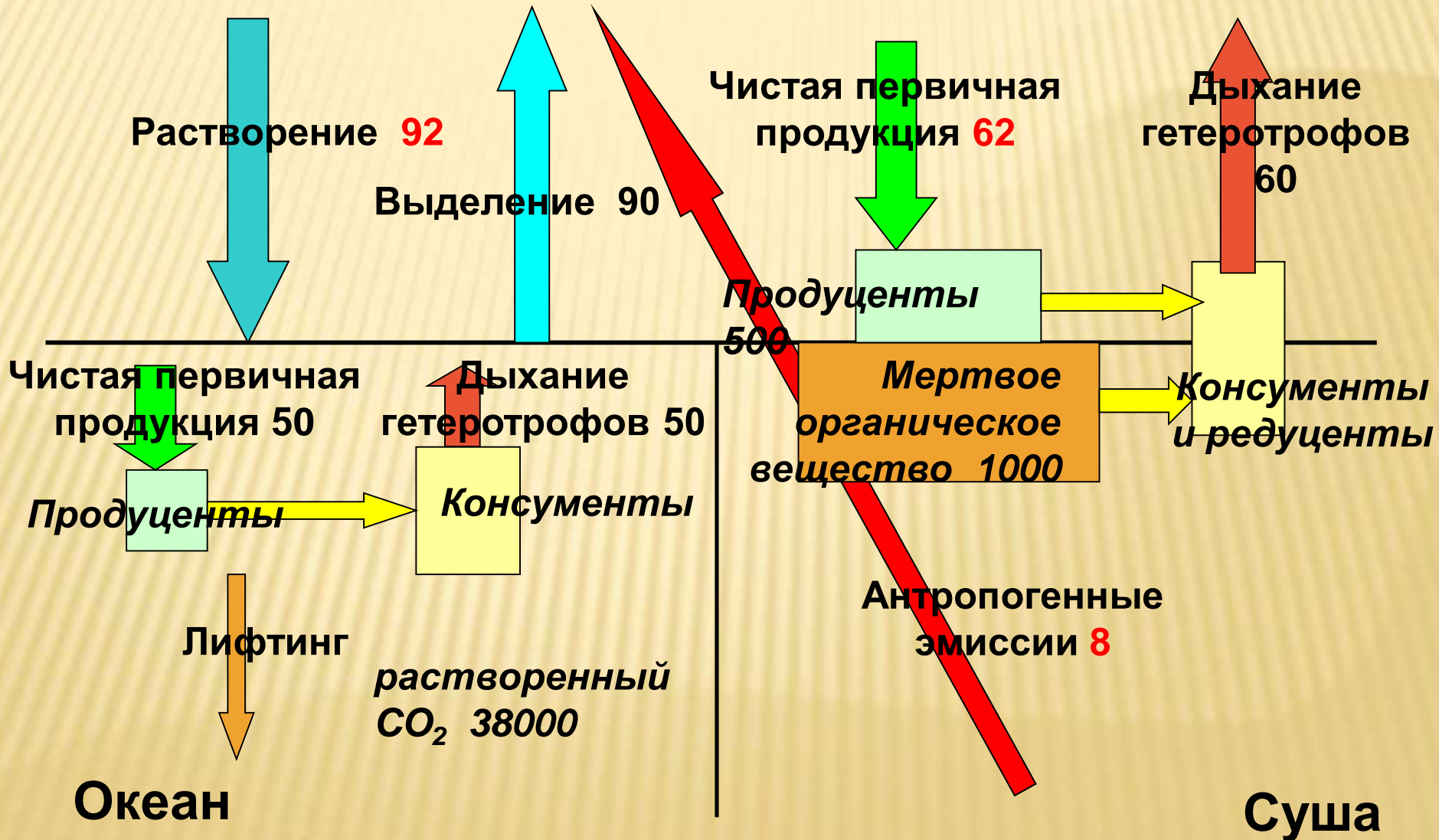


Цикл С в 2010 г.

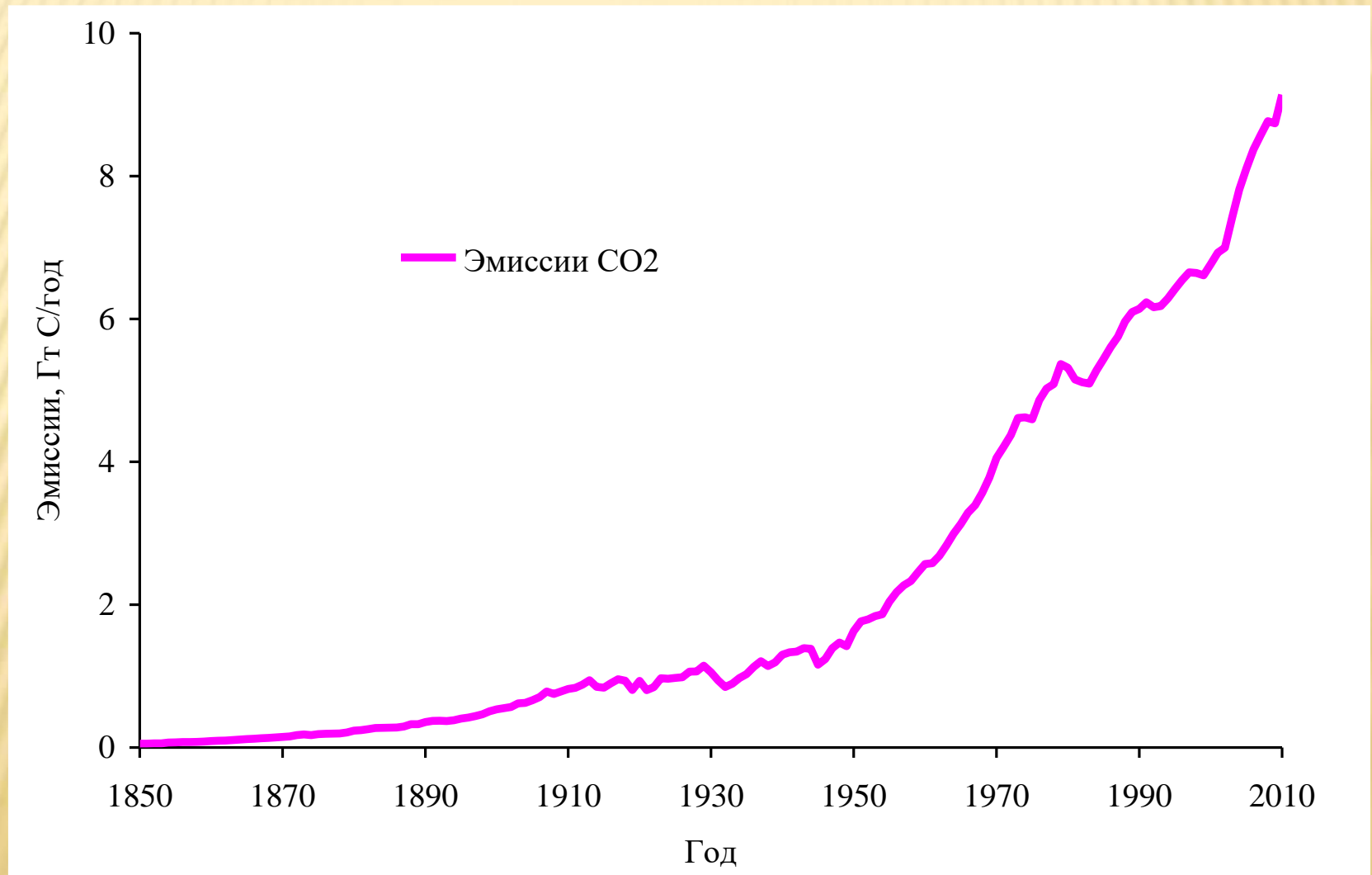
Пулы – Гт С, потоки – Гт С в год, Гт – млрд. тонн

Атмосфера

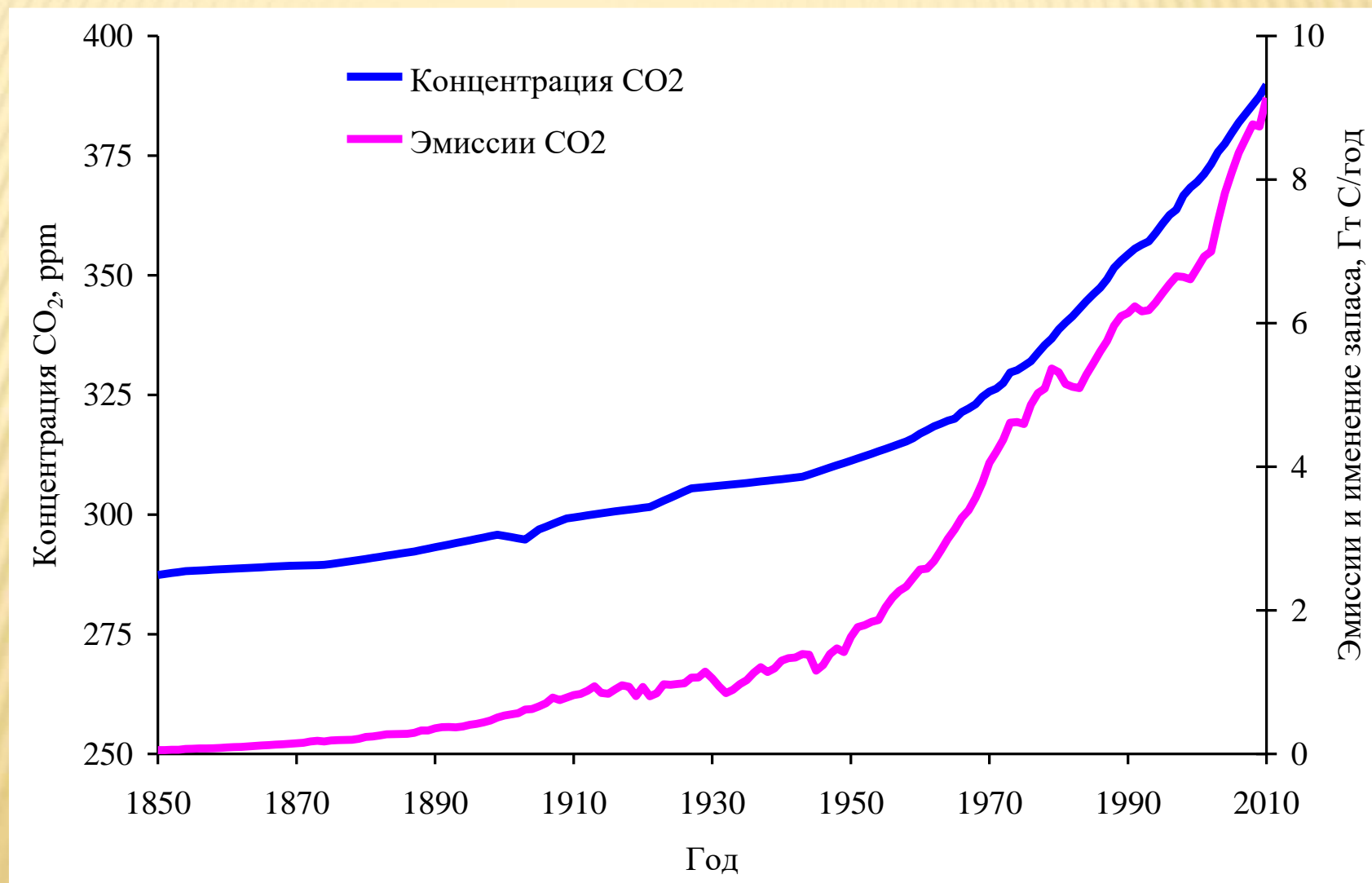
CO_2 800 (+4 в год)



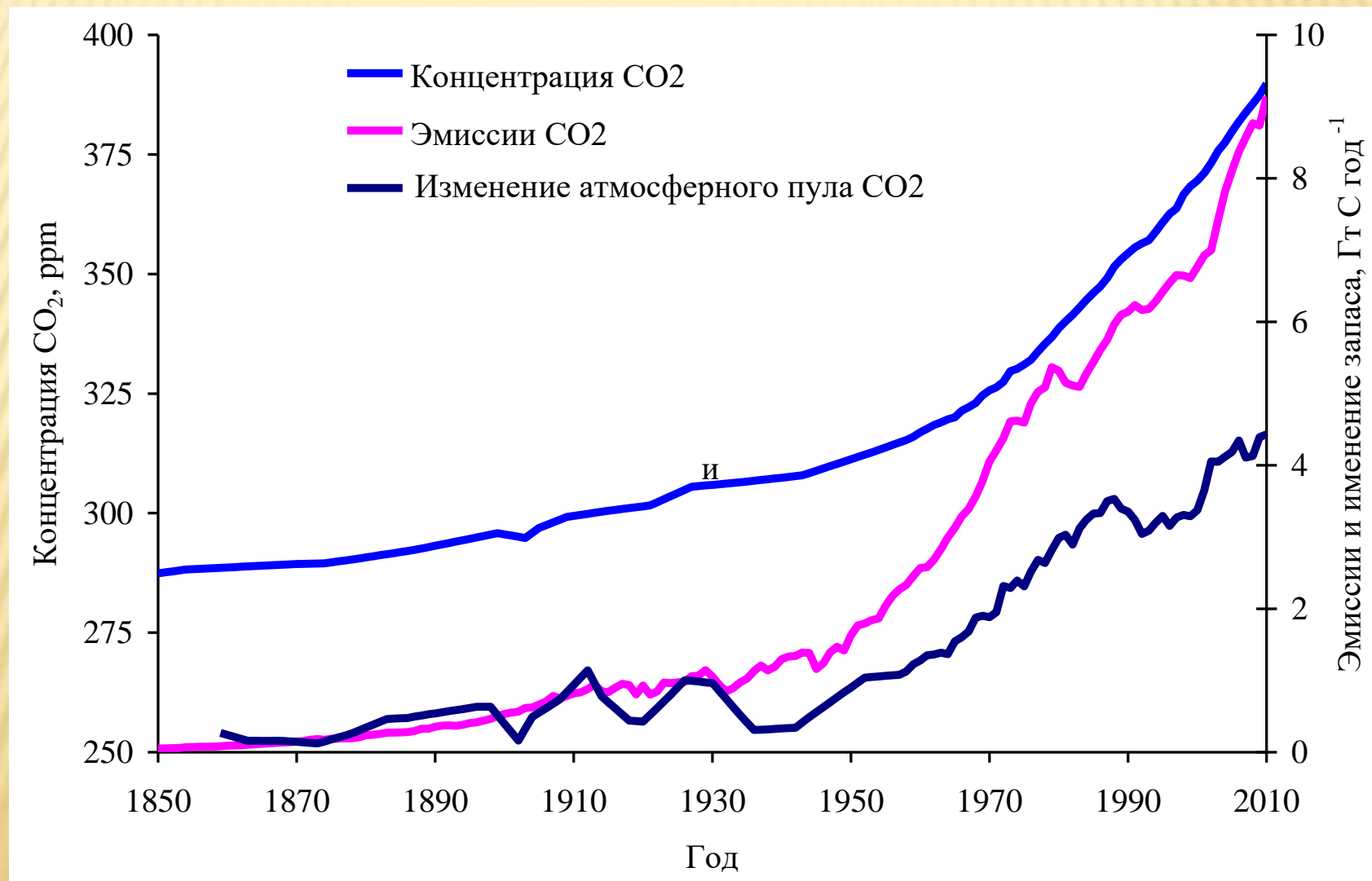
Антропогенные эмиссии CO₂ – причина современной модификации цикла С



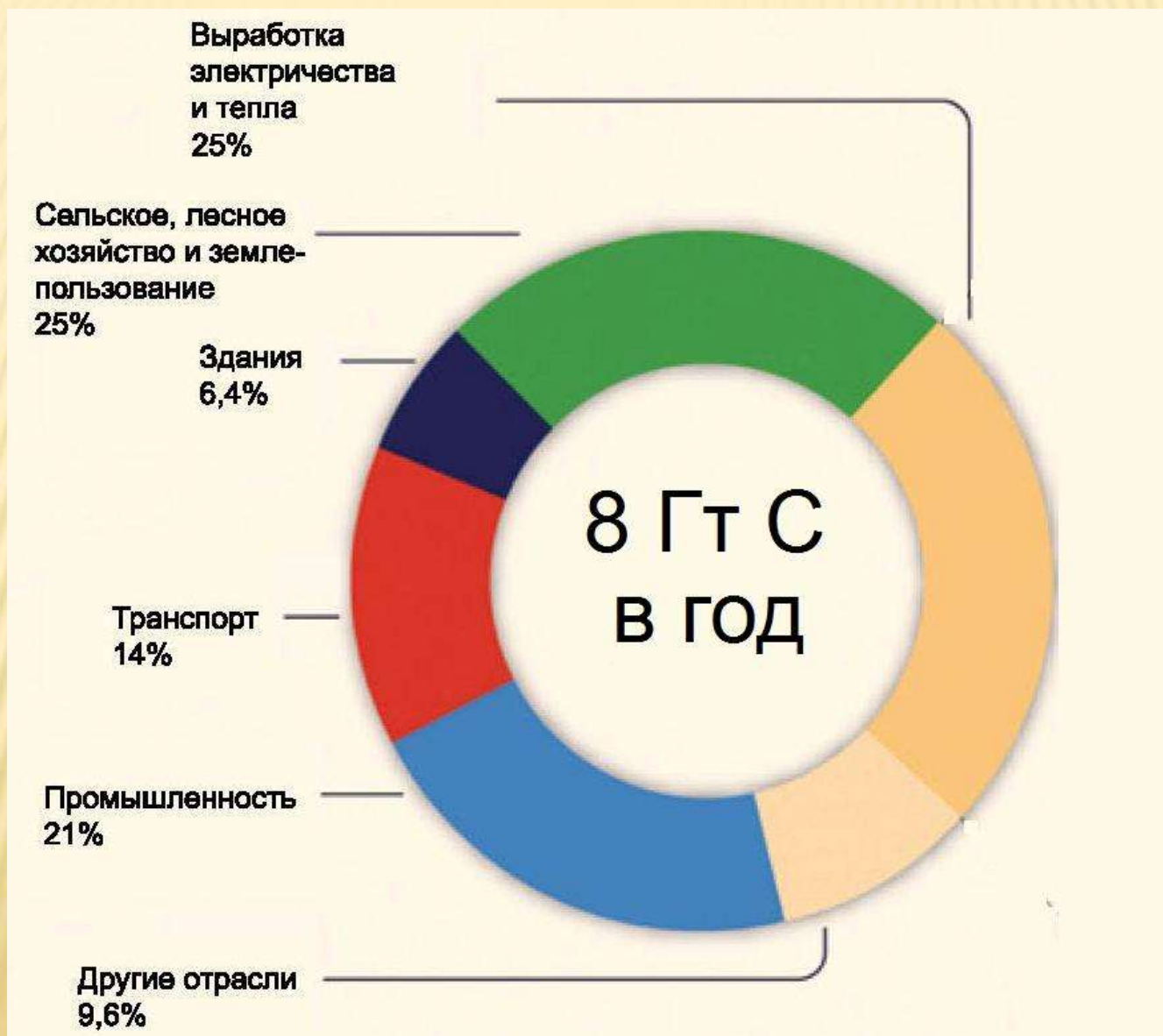
Антропогенные эмиссии CO₂ – причина современной модификации цикла С



Антропогенные эмиссии CO₂ – причина современной модификации цикла С



Эмиссии CO₂ по отраслям экономики



Выработка электричества и тепла (25% эмиссий)

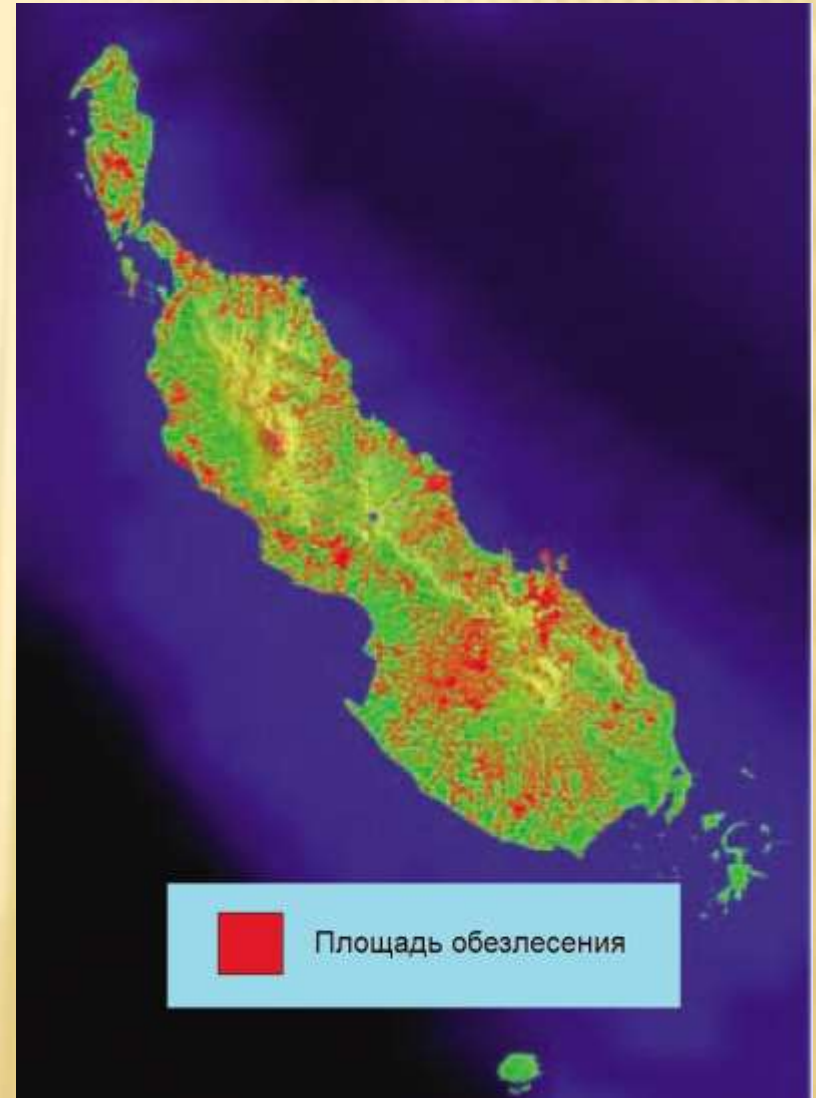


Изменения землепользования (25% эмиссий)



Аргентина: обезлесение в действии

Один из островов в
Папуа: потери лесов за
10 лет



Промышленность (21%) эмиссий



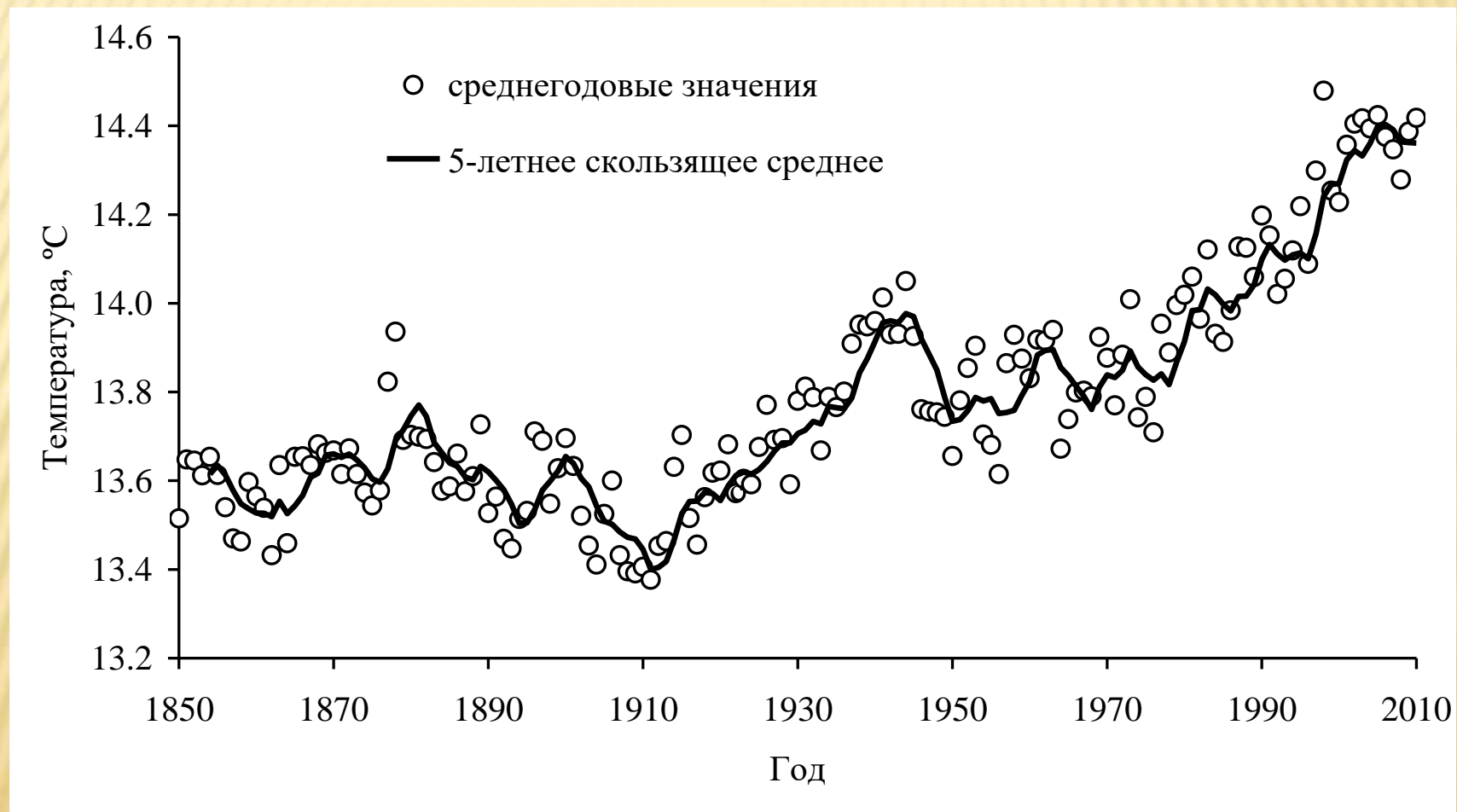
Транспорт (14% эмиссий)



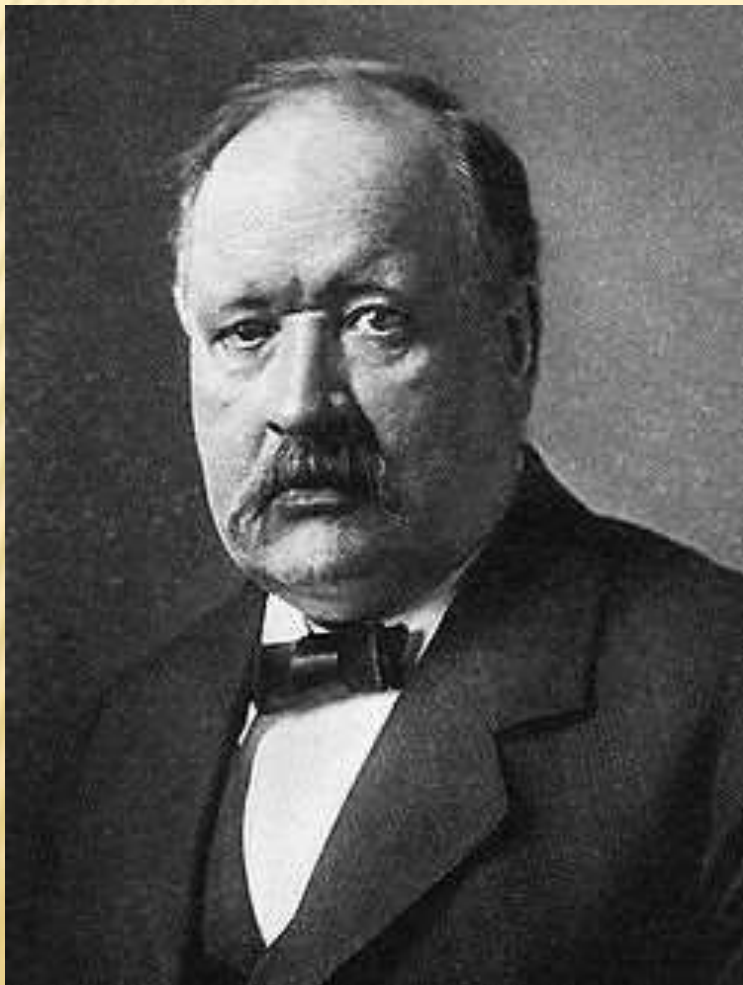
Парниковый эффект и радиационный баланс Земли



Увеличение парникового эффекта ведет к глобальному потеплению.



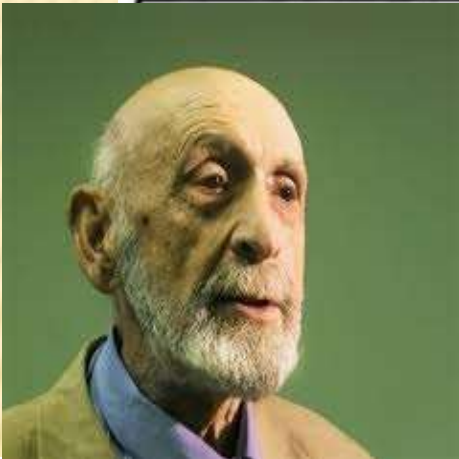
- ✘ Сванте Аррениус (1859-1927) открыл парниковый эффект атмосферы.



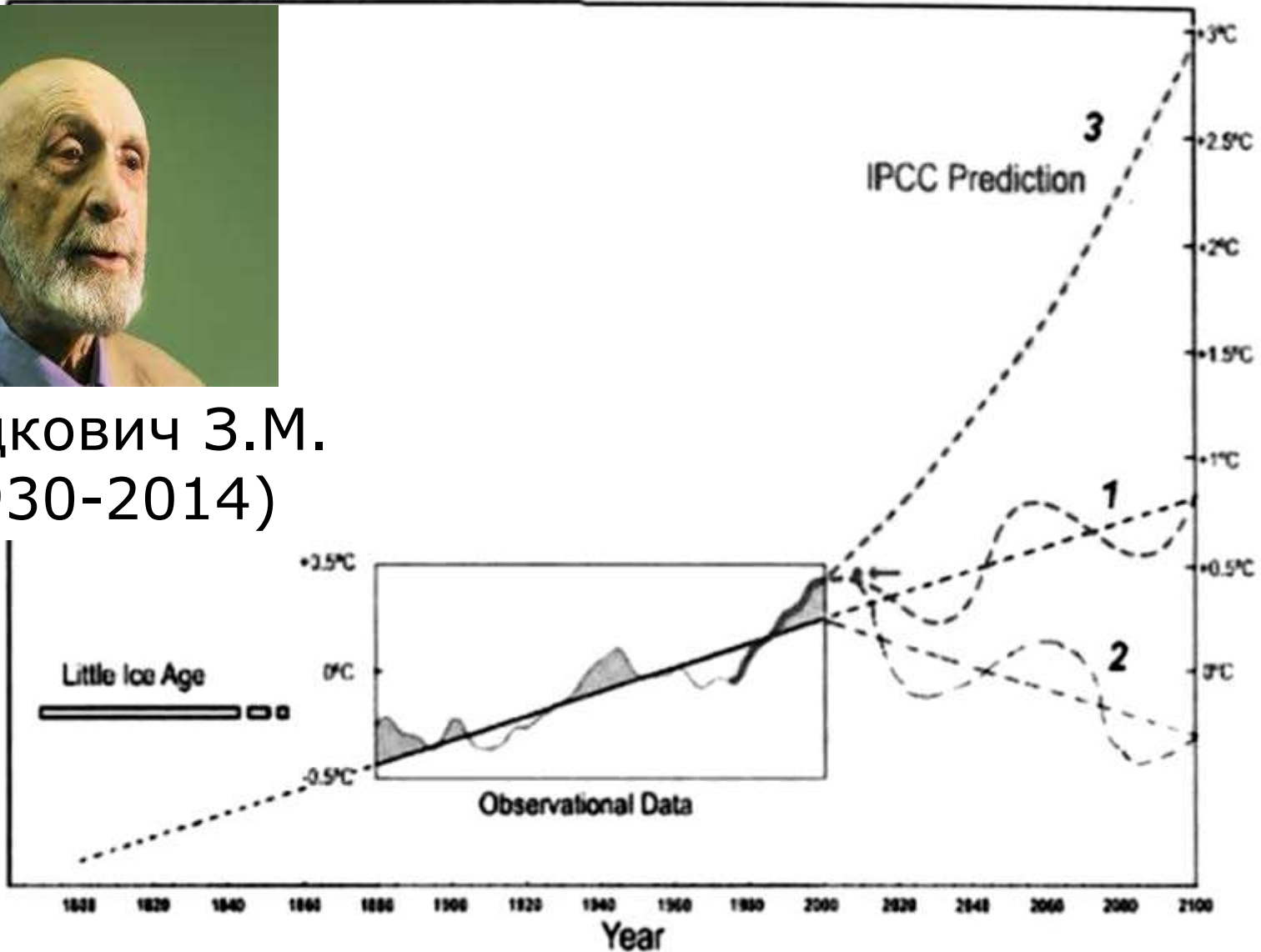
- ✘ Будыко Михаил Иванович (1920-2001) – автор концепции глобального потепления.



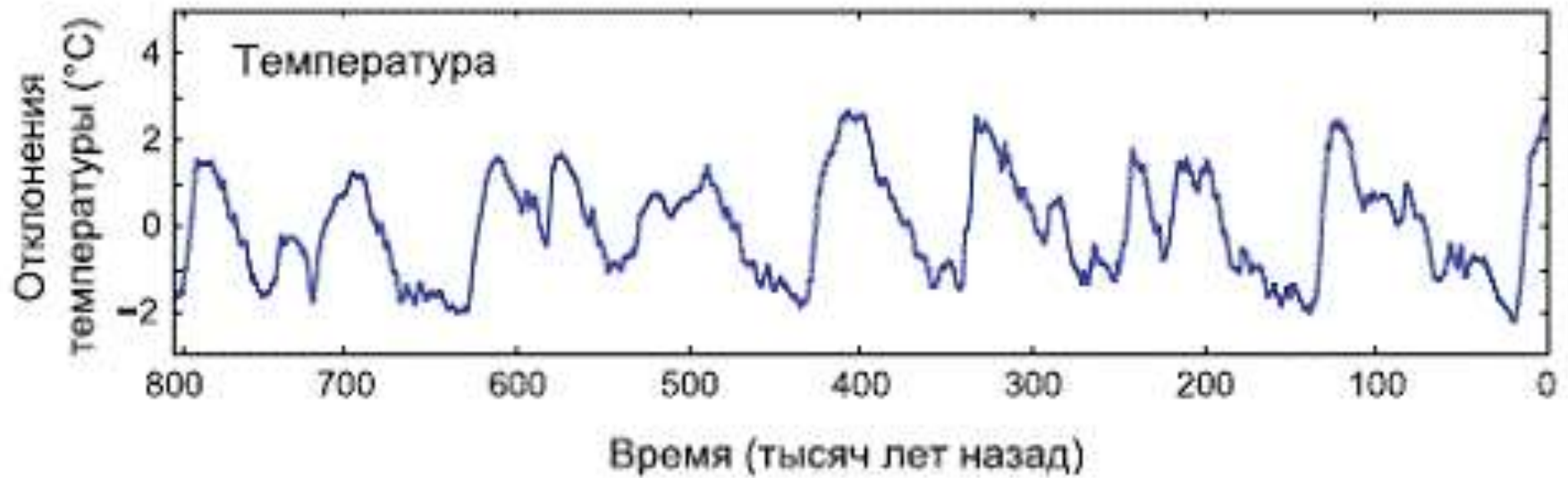
Концепция естественного потепления – восходящая ветвь долговременного цикла



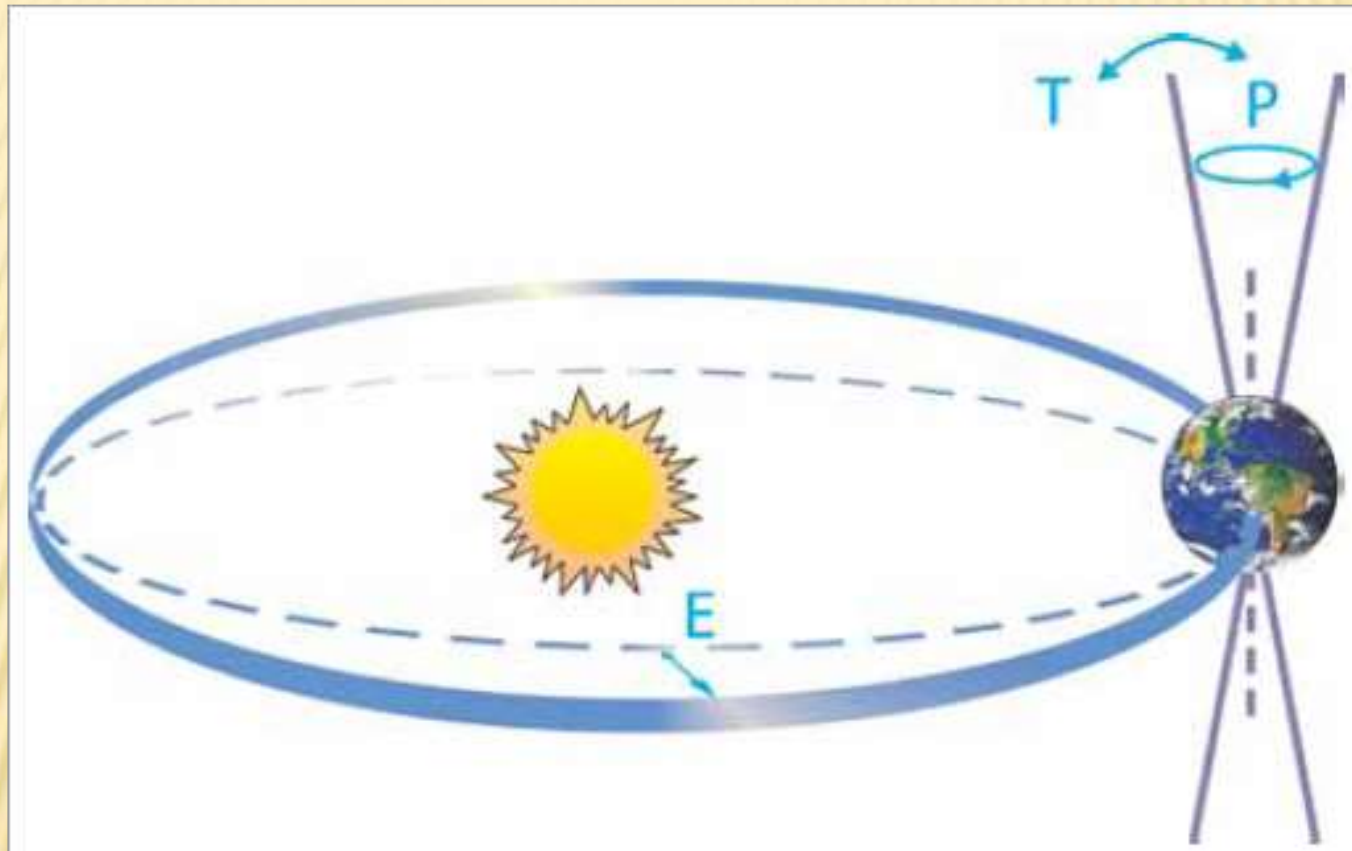
Гудкович З.М.
(1930-2014)



Отклонения глобальной температуры за 800 тысяч лет

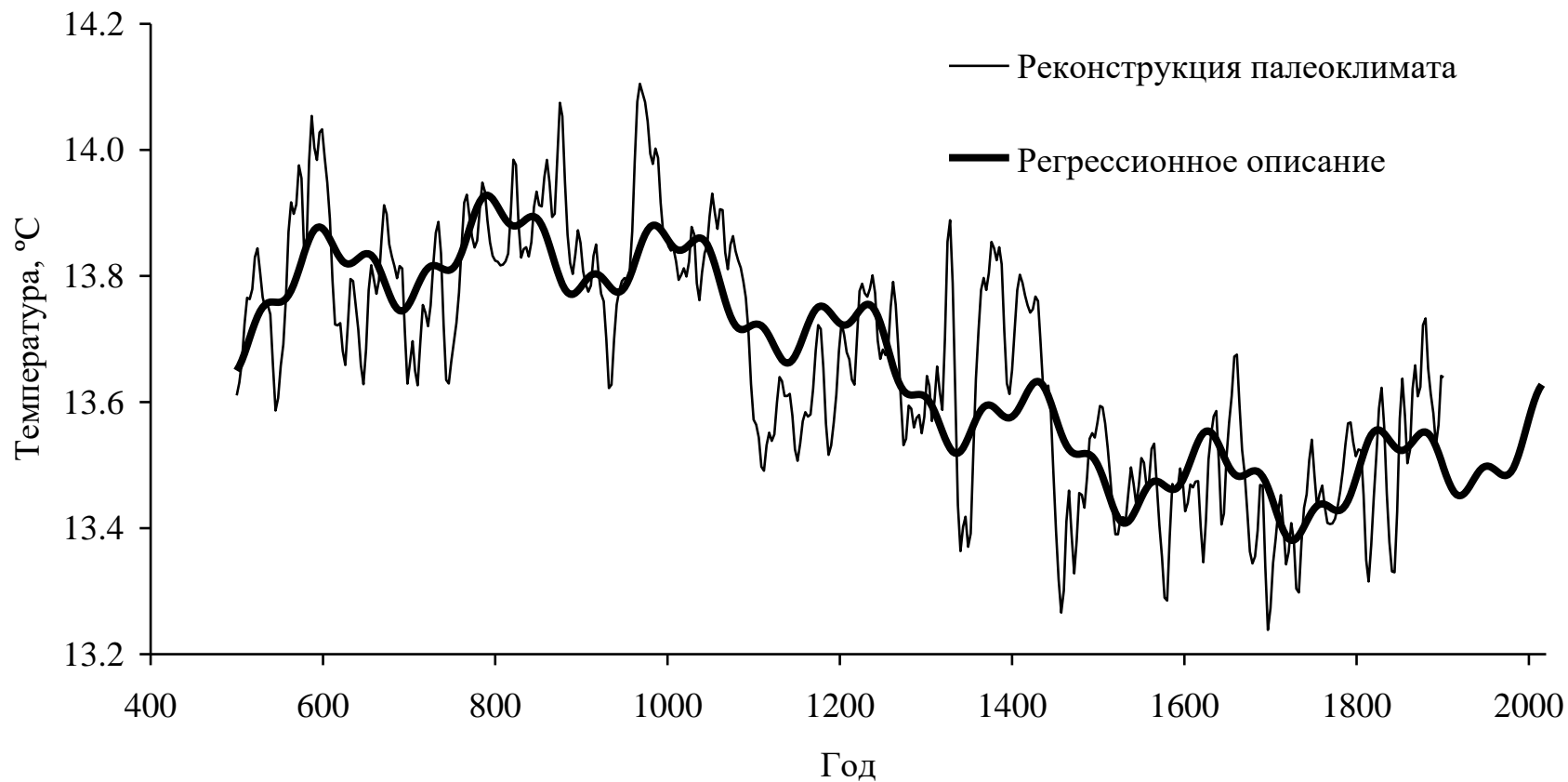


Циклы Миланковича – причина смены оледенений и межледниковий

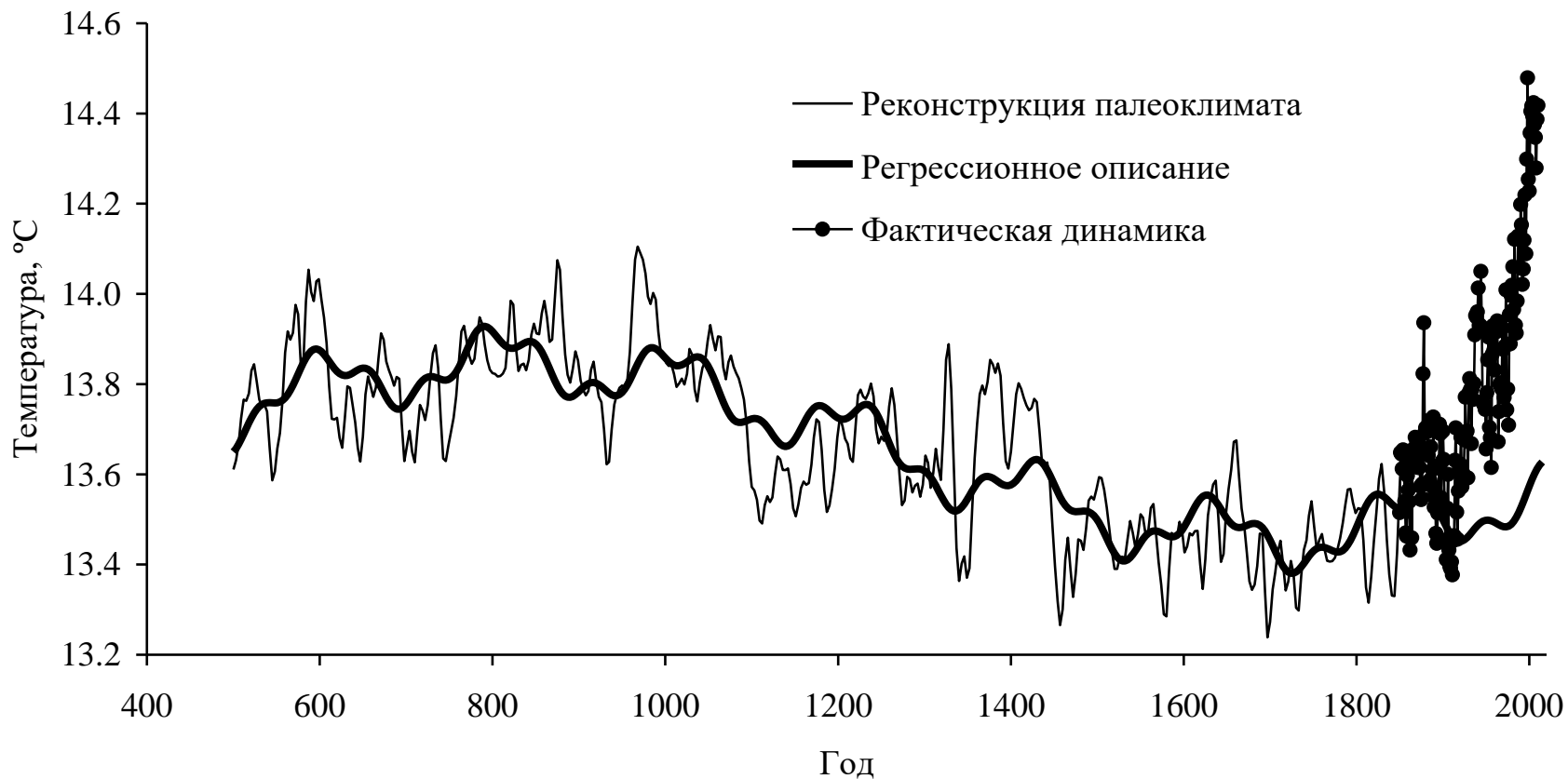


T — изменения наклона (наклонения) оси Земли; E — изменения эксцентриситета орбиты (степени ее отклонения от круга, эксцентриситет круговой орбиты равен нулю); P — прецессия, то есть круговое изменение направления оси вращения планеты

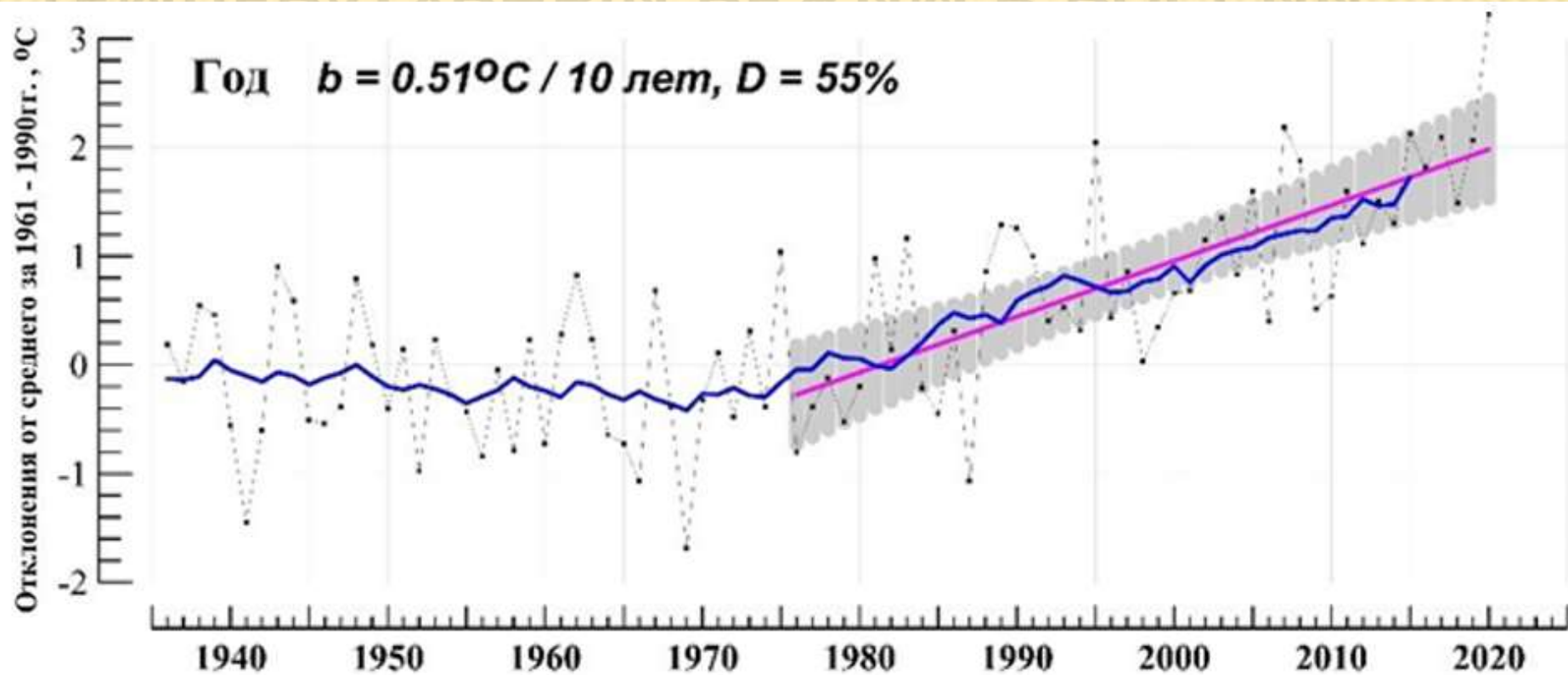
Действие солнечных циклов 1800, 210 и 70 лет



Фактическое потепление идет быстрее



ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В РОССИИ

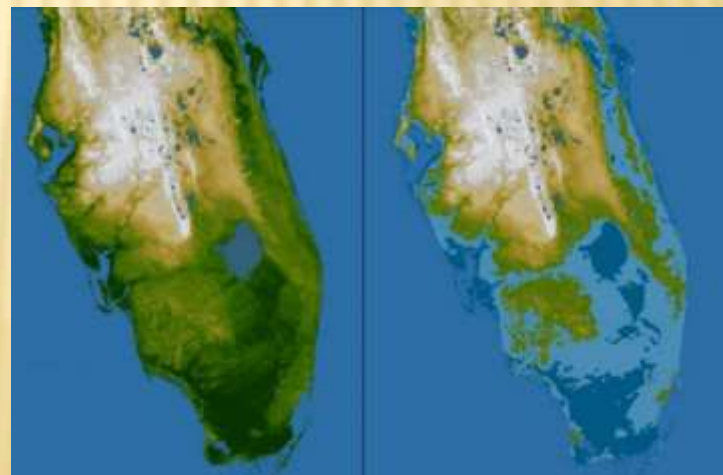


Средние годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории России, 1936-2020 гг.

ДОКЛАД ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2020 ГОД

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

- ✘ 1. Усиление парникового эффекта вследствие роста концентрации парниковых газов в атмосфере.
- ✘ 2. Систематическое разрушение тех естественных экосистем, которые регулируют концентрацию этих газов, прежде всего - сведение леса.

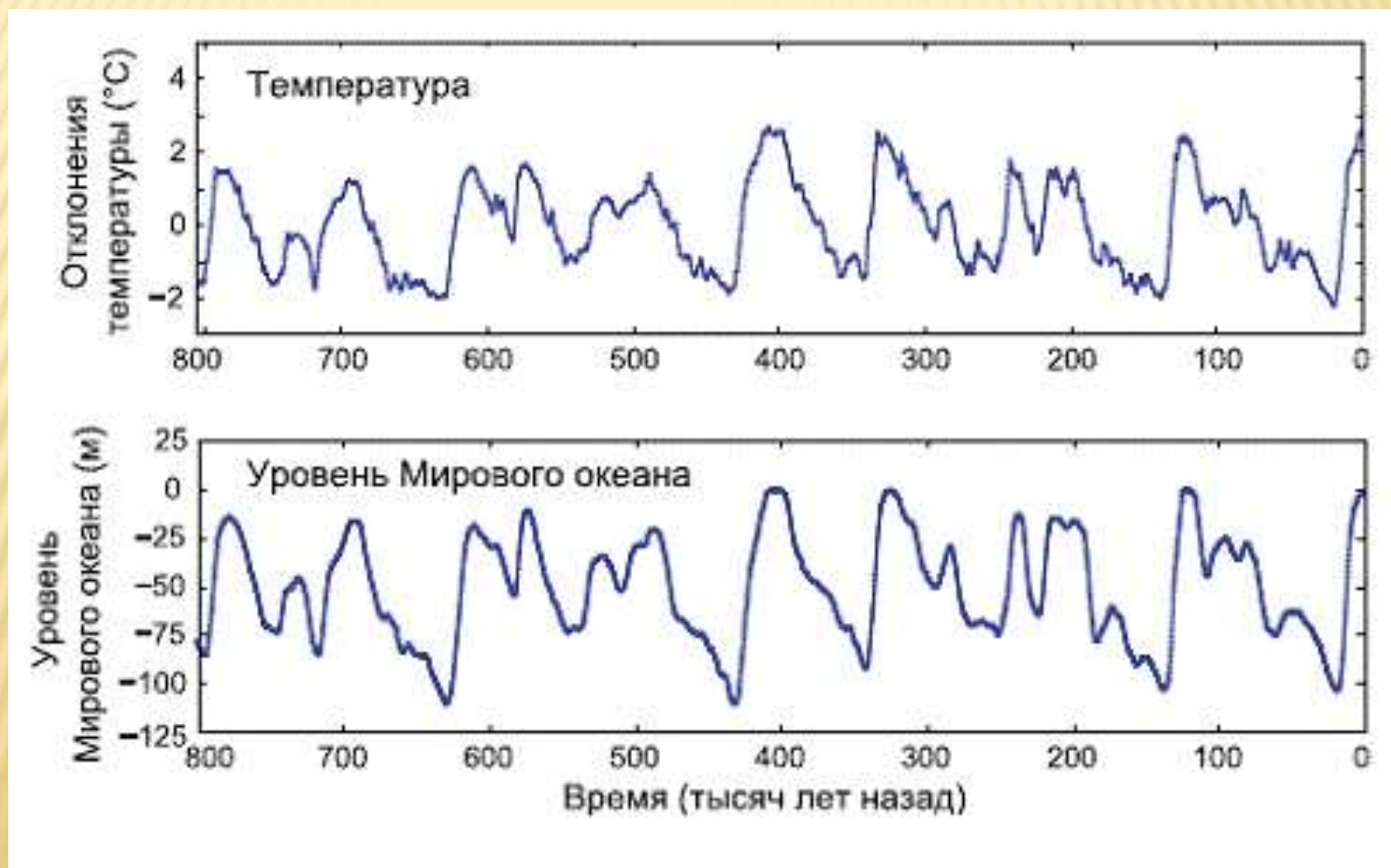


Негативные эффекты потепления

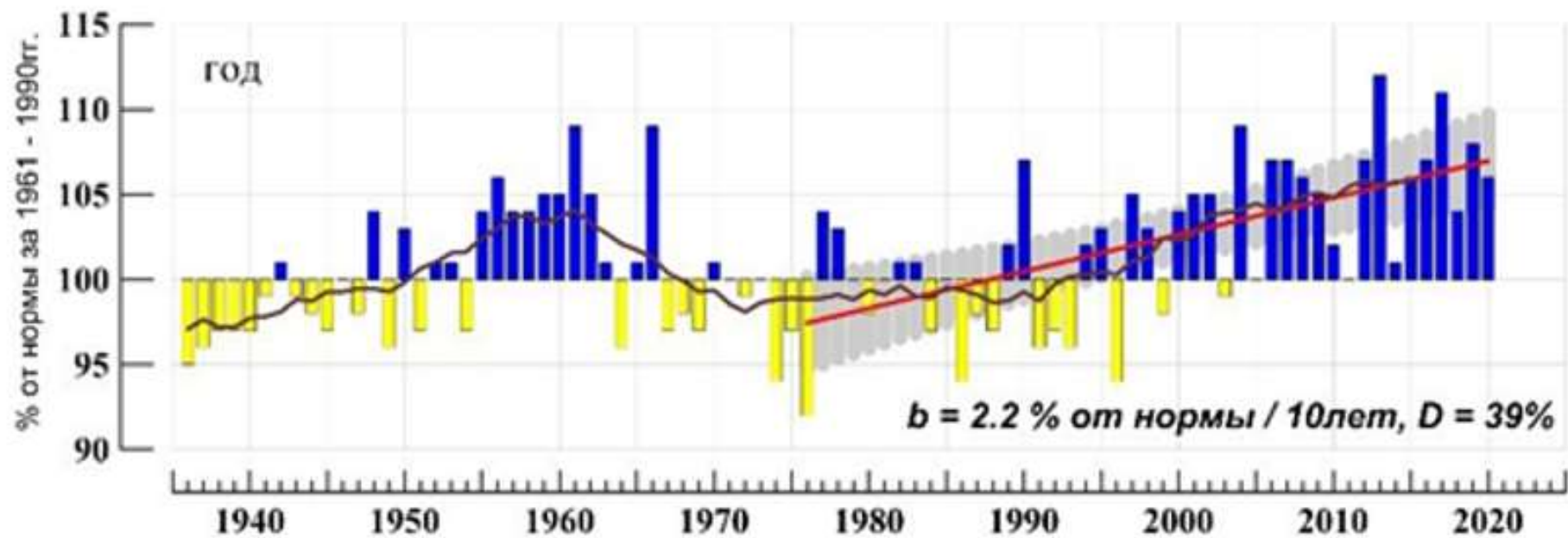
- ✘ Повышение уровня мирового океана
- ✘ Увеличение числа экстремальных погодных явлений (наводнений, засух, ураганов, и т. д.)
- ✘ Нарушения водоснабжения в аридных регионах
- ✘ Таяние вечной мерзлоты, разрушение инфраструктуры в Арктике
- ✘ Расширение ареалов болезней и вредителей
- ✘ Угрозы биоразнообразию

Повышение уровня мирового океана:

- 1) таяние наземных ледников;
- 2) термальное расширение воды .

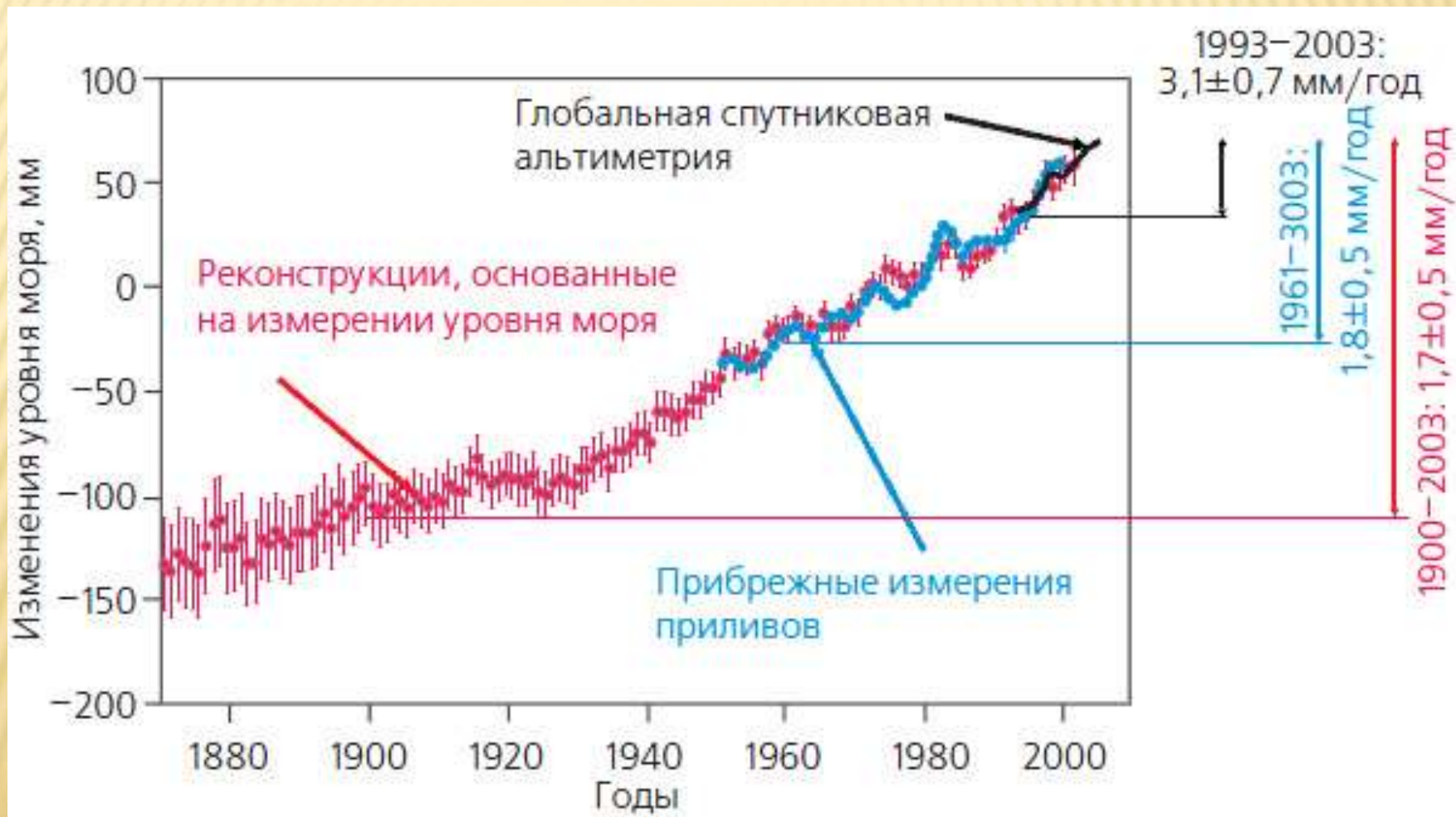


ИЗМЕНЕНИЕ ОСАДКОВ В РОССИИ

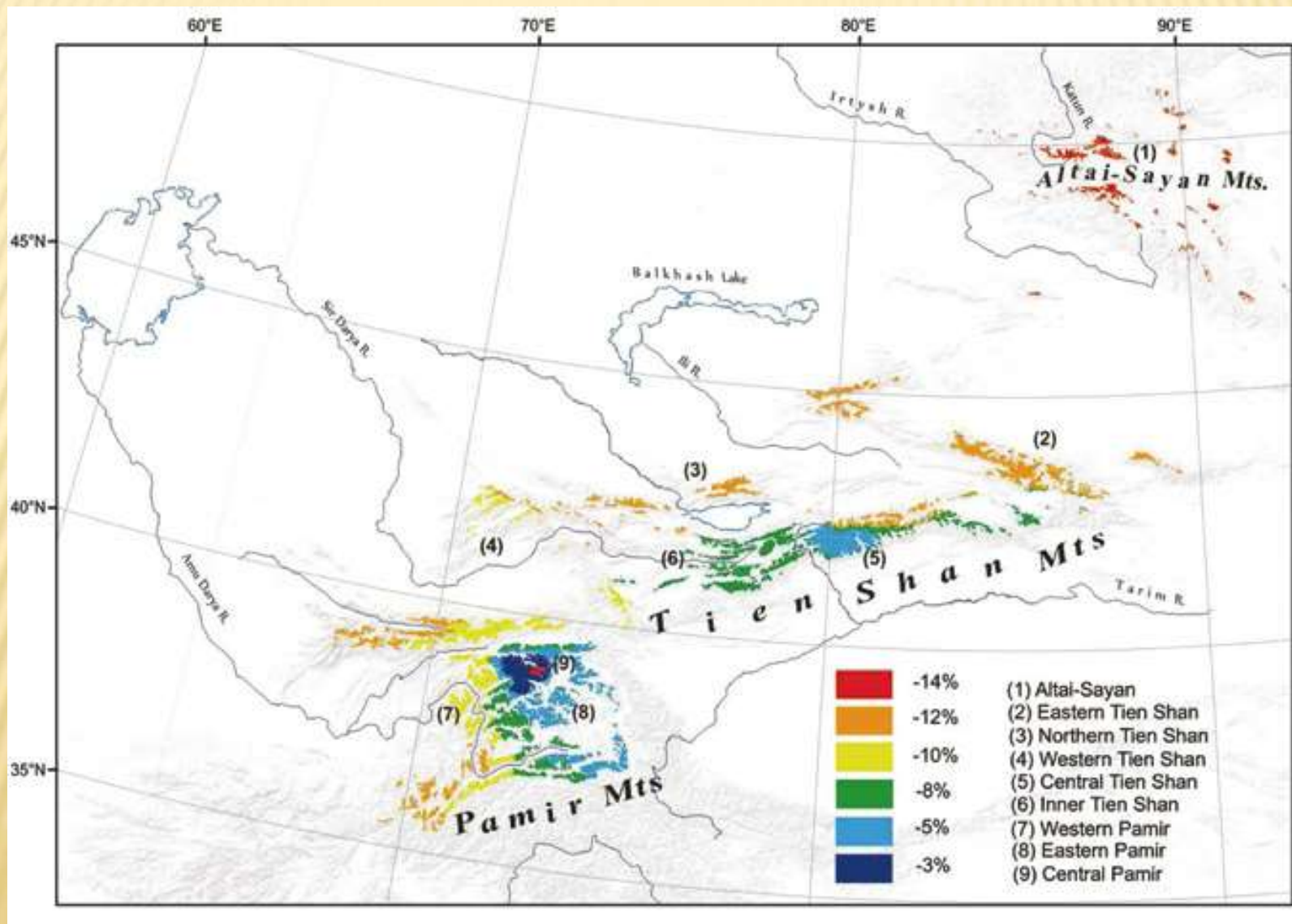


Средние годовые аномалии осадков (мм/месяц), осредненные по территории России, 1936-2020 гг.

За XX век уровень океана повысился на 17 см.
К концу XXI века возможен подъем уровня океана на 1 метр.



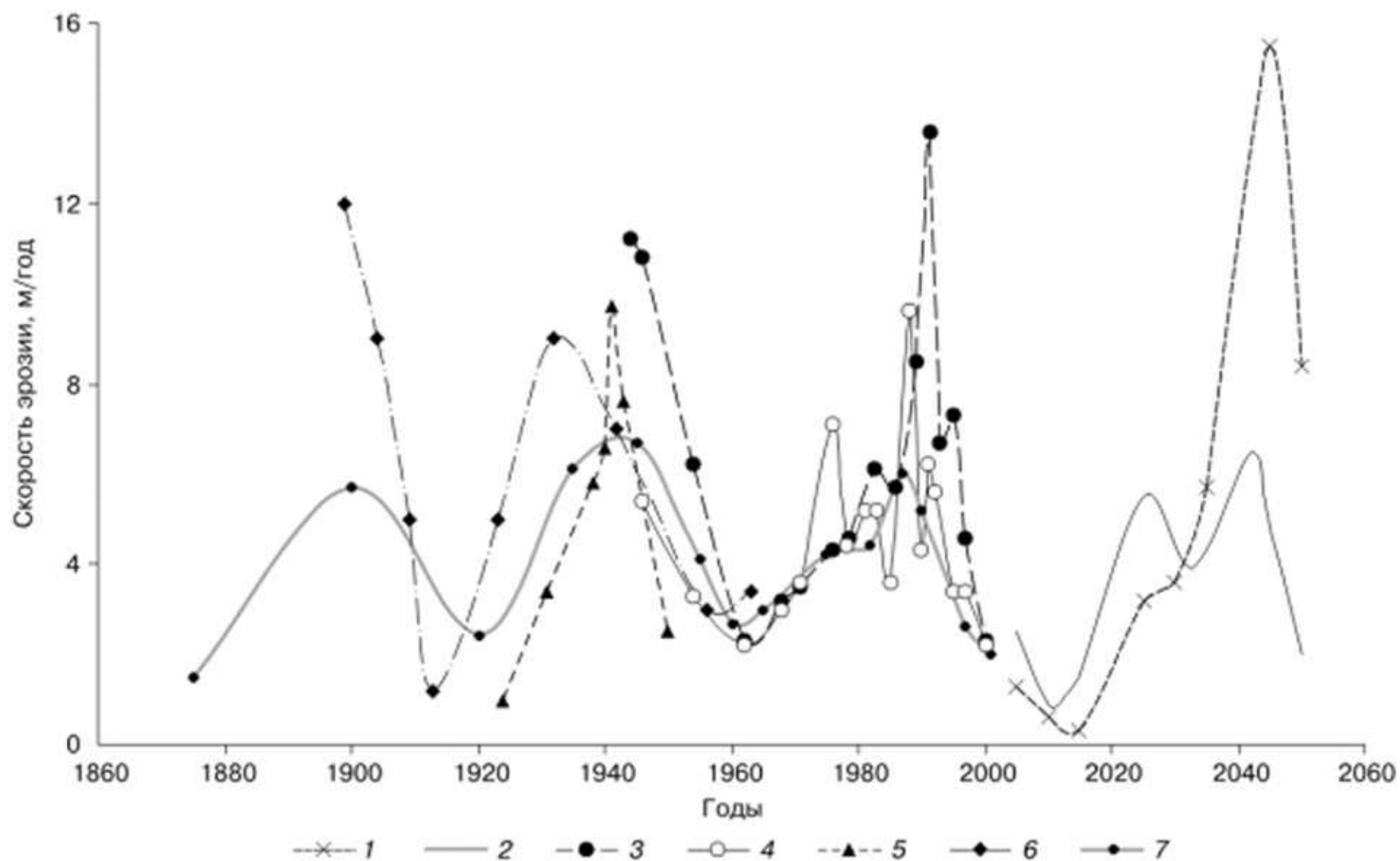
Сокращение площади ледников (1960-2008)



Отступление берегов арктических морей



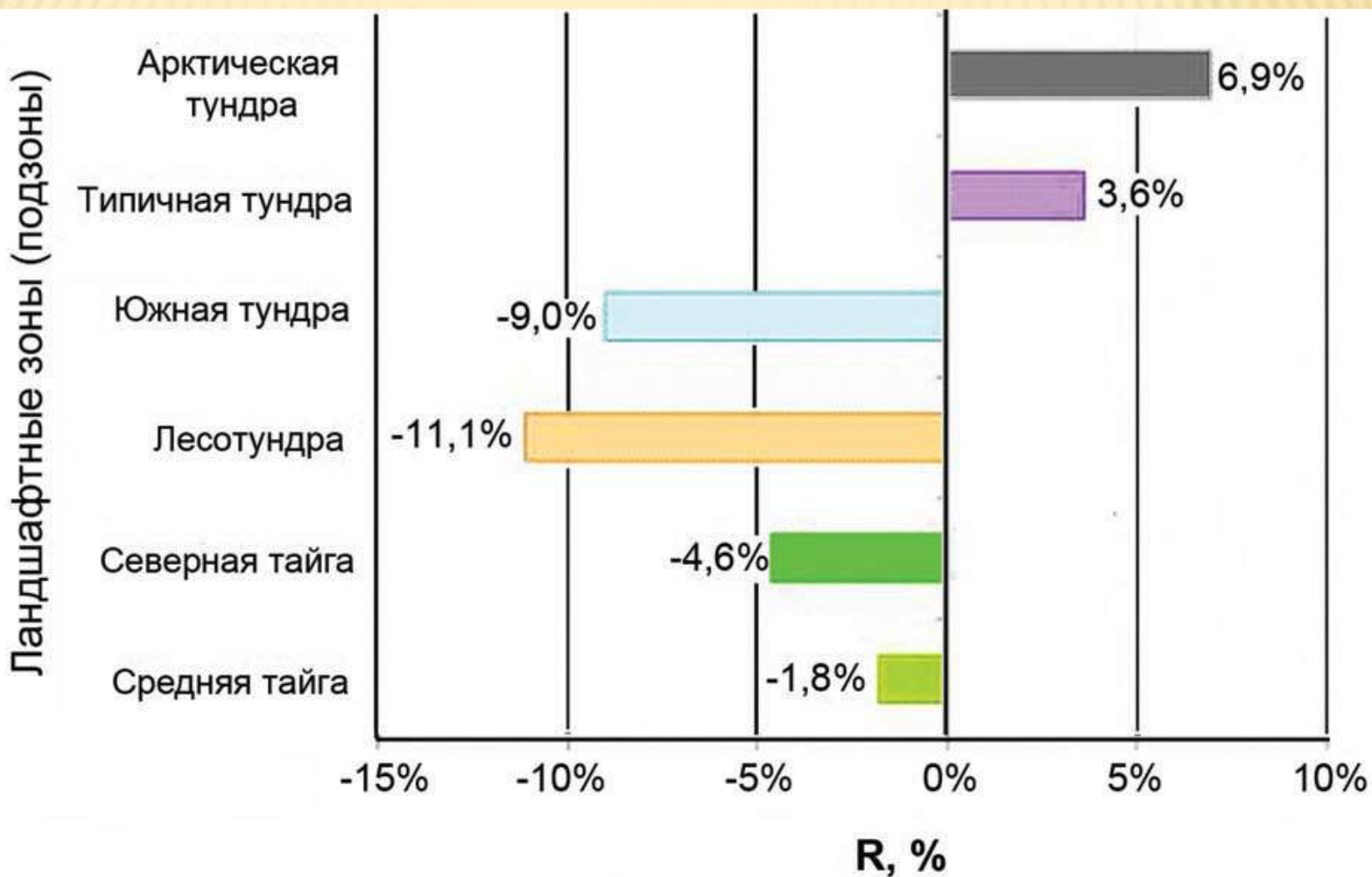
Средние скорости эрозии берегов морей Восточного сектора российской Арктики



Термокарстовые процессы – образование и исчезновение криогенных озер



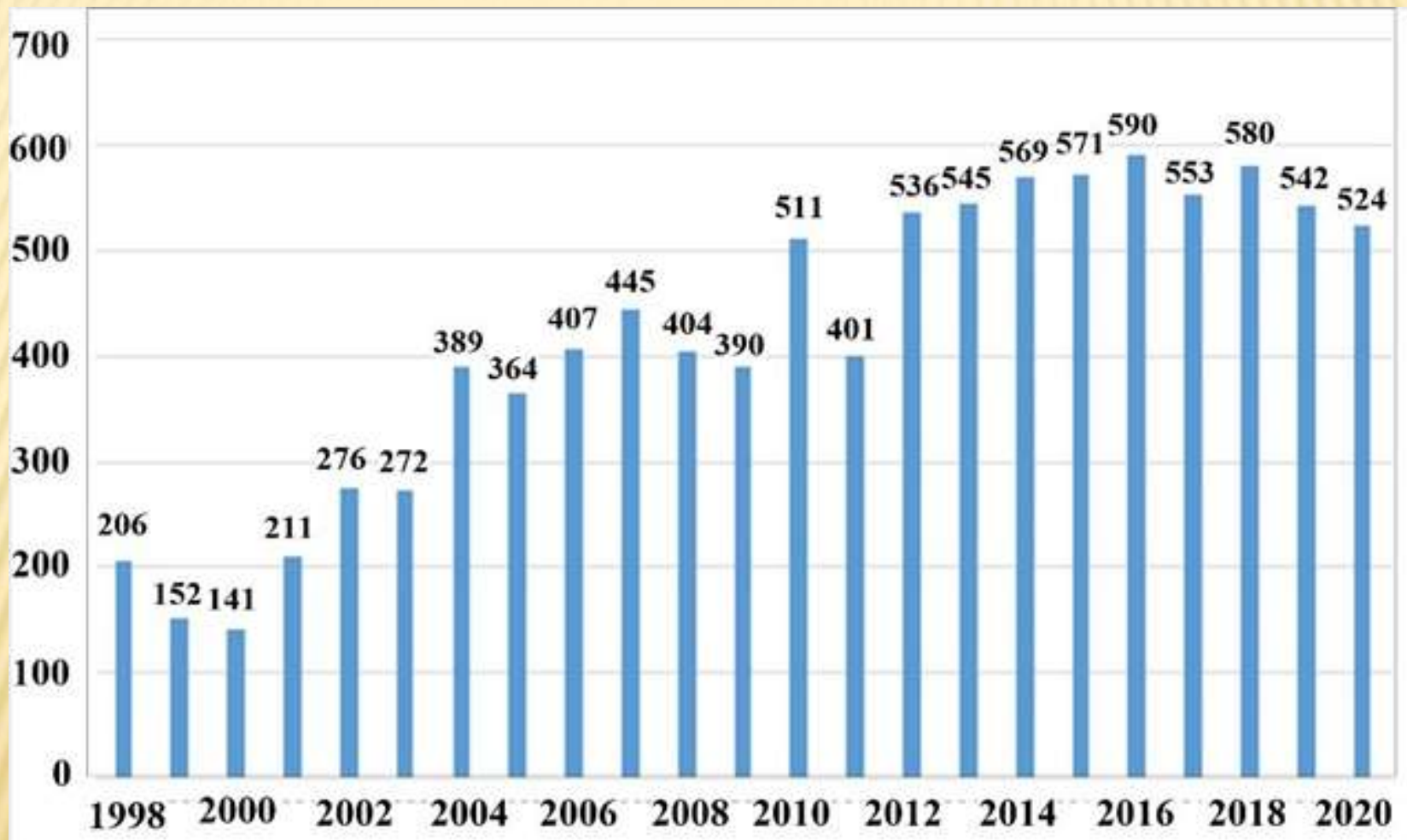
Изменения площади озер по ландшафтными зонам Западной Сибири за 50 лет



Таяние мерзлоты: рухнувшее здание в пос. Черский, Якутия



РОСТ ЧИСЛА ОПАСНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ В РОССИИ



ДОКЛАД ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2020 ГОД

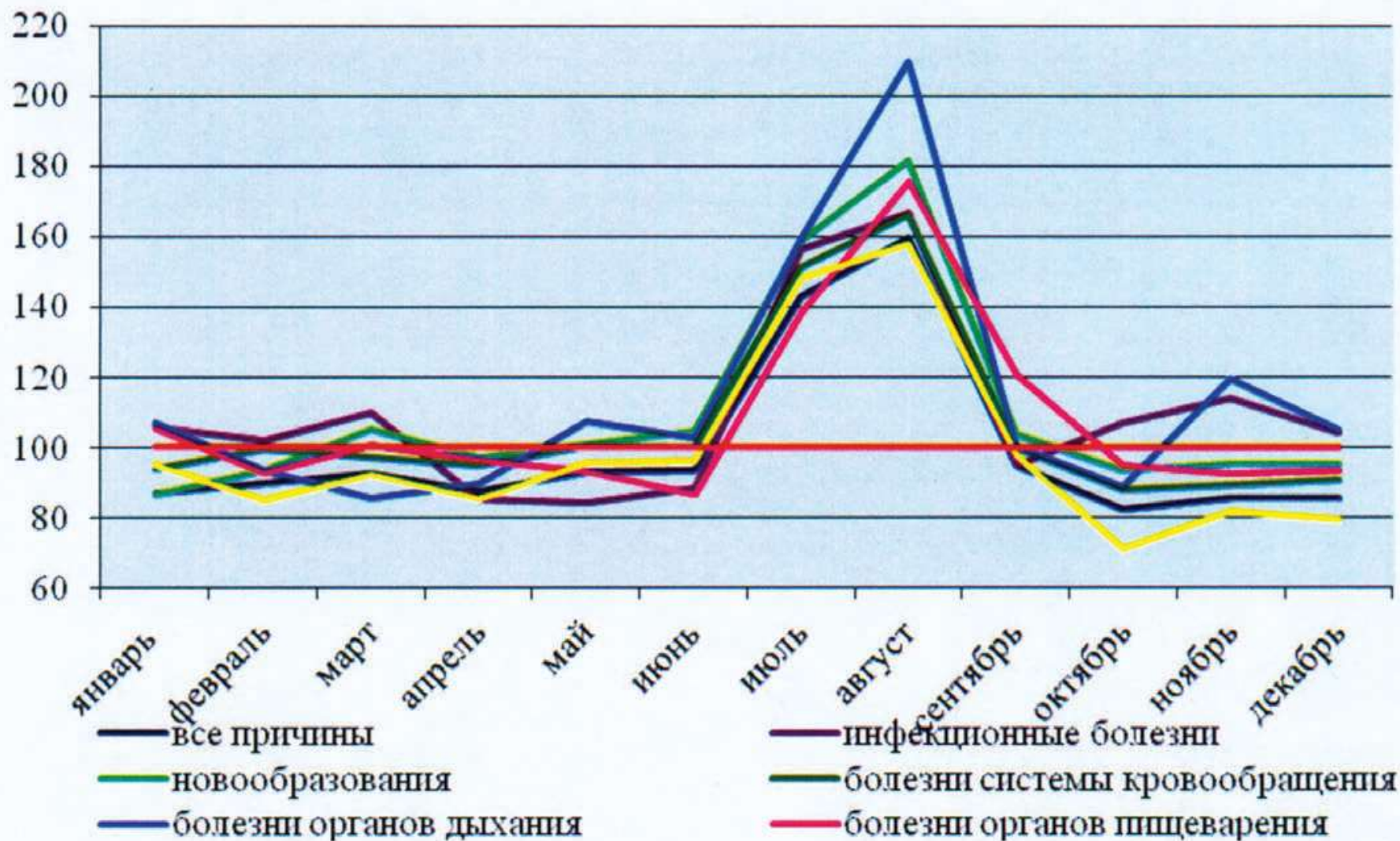
Наводнение в Хабаровском крае



Аномальная жара и смог от природных пожаров в Центральной России (2010 г.)



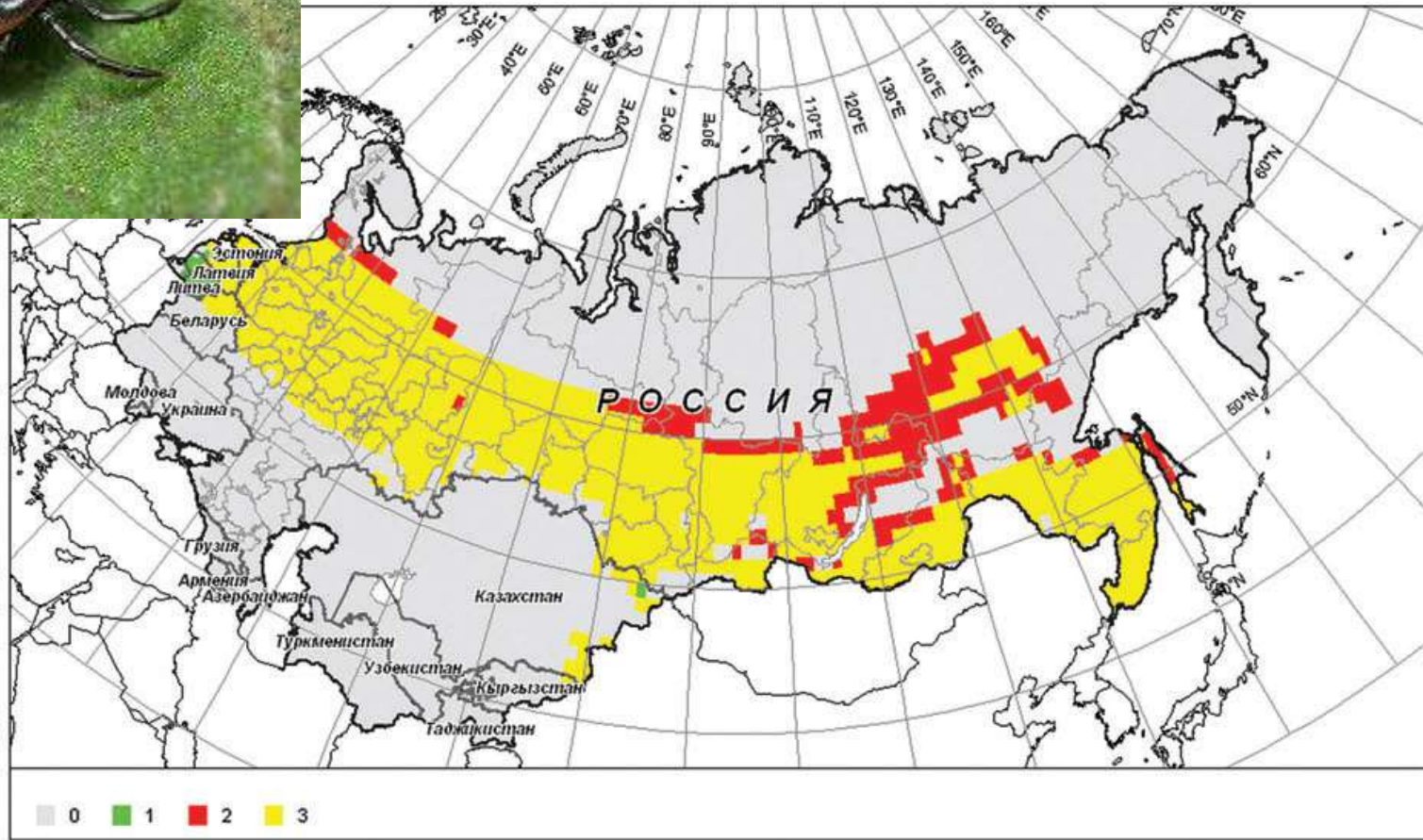
Смертность в Москве в 2010 г.



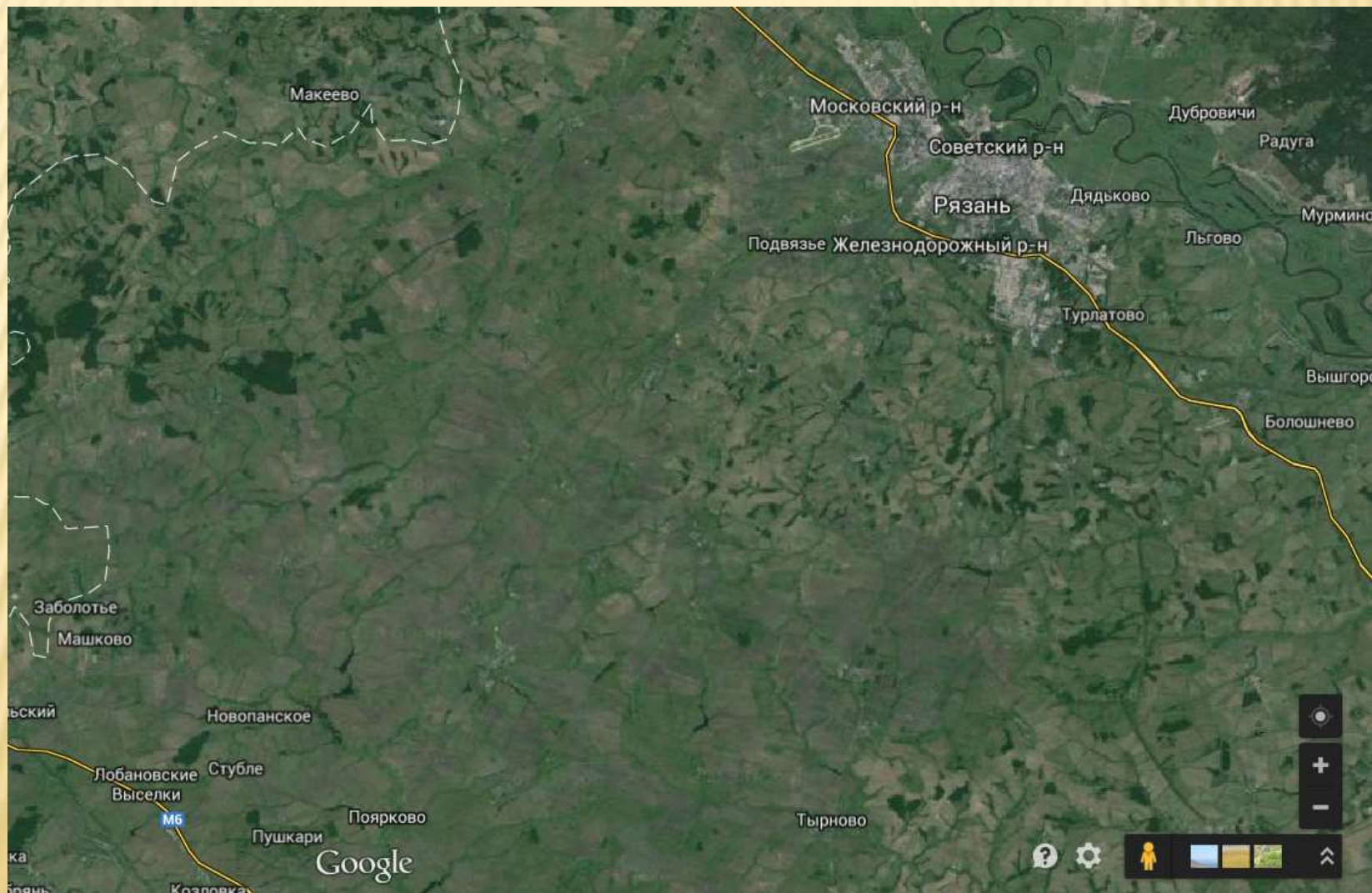
Ветровал в Костромской области (2010 г.)



Расширение ареала пастбищного клеща в 1981-2010 гг. в сравнении с 1951-1980 гг.



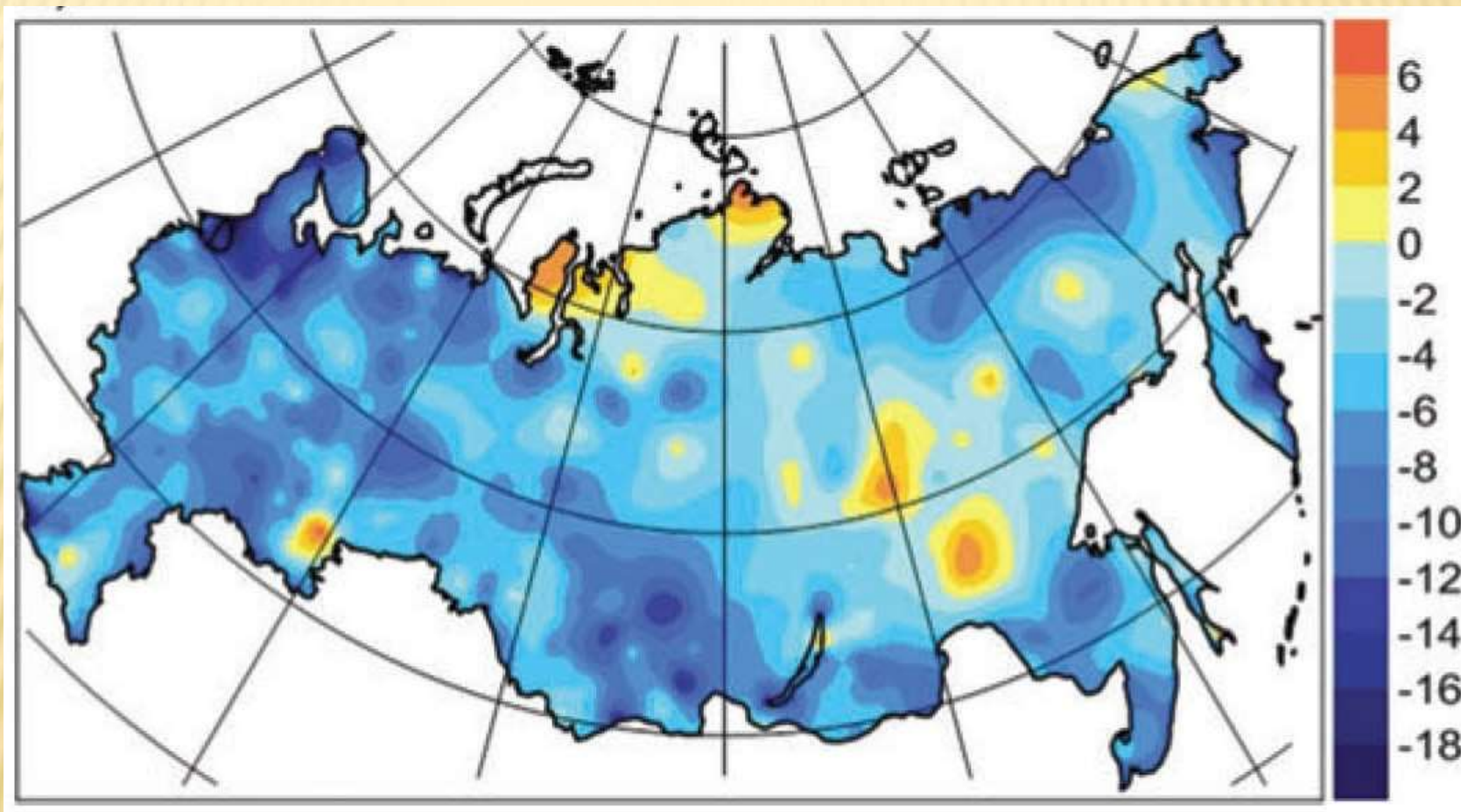
Угрозы биологическому разнообразию: при потеплении выше 2°C до 40% видов может оказаться под угрозой исчезновения. Этому способствует фрагментация ландшафтов.



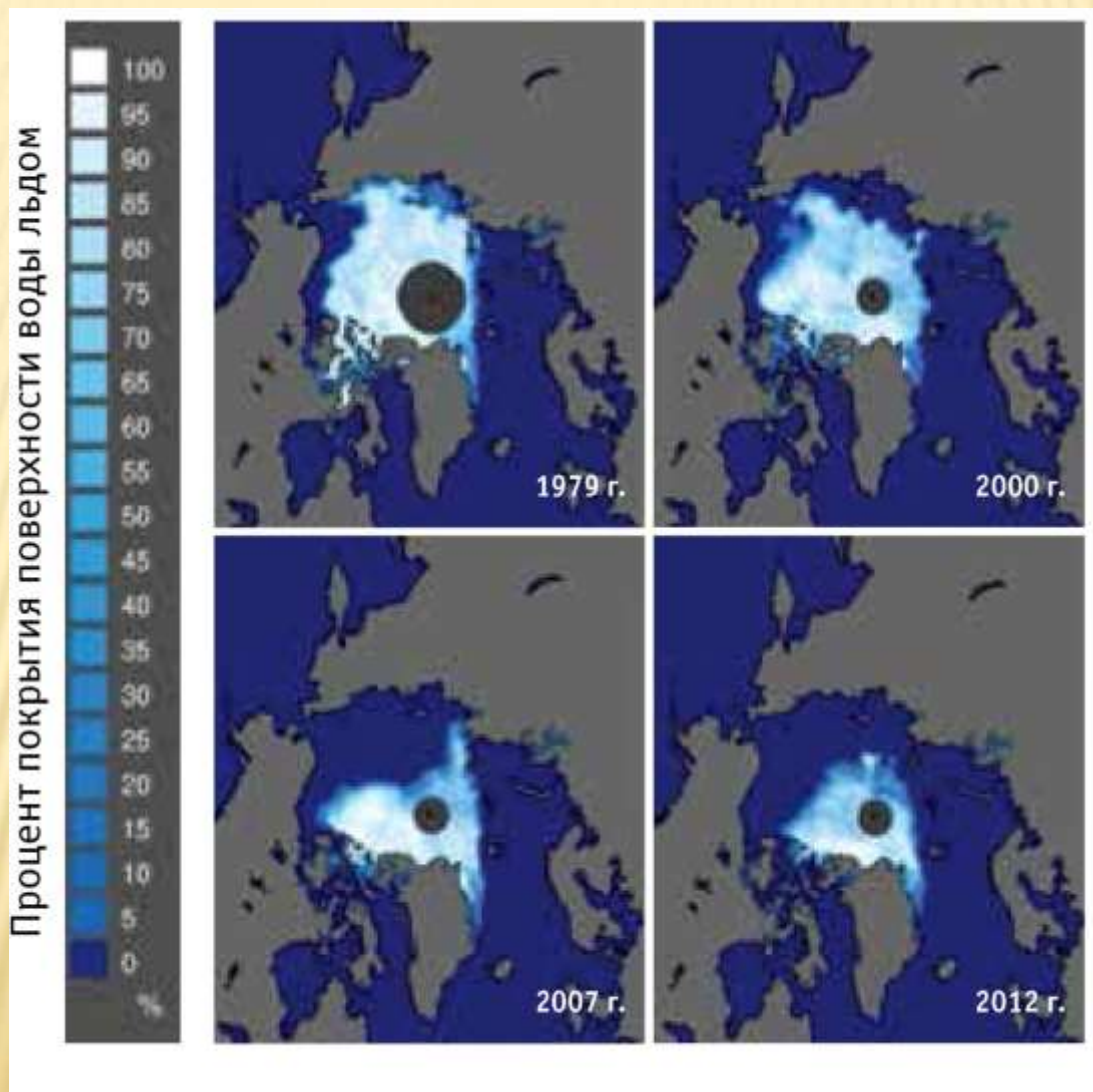
Некоторые позитивные для России эффекты глобального потепления

- ✘ Сокращение длины отопительного сезона
- ✘ Восстановление навигации по Северному морскому пути
- ✘ Увеличение продуктивности сельского хозяйства и площадей устойчивого земледелия (может быть нивелировано опасными погодными явлениями)

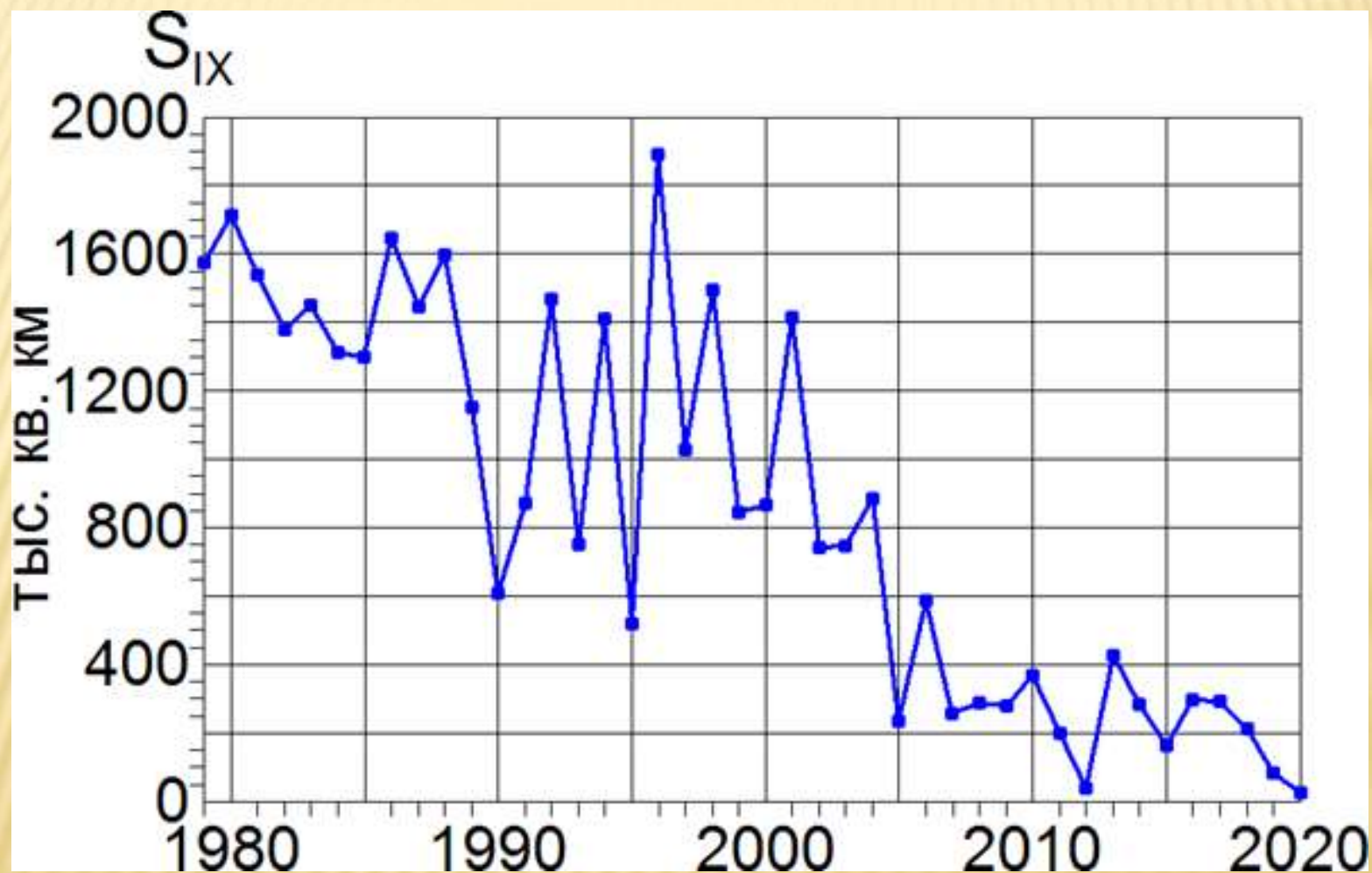
Изменение продолжительности отопительного сезона (сутки) в 1991-2010 гг. по сравнению с 1971-1990 гг.



Изменение сентябрьской площади ледового покрова Северного океана

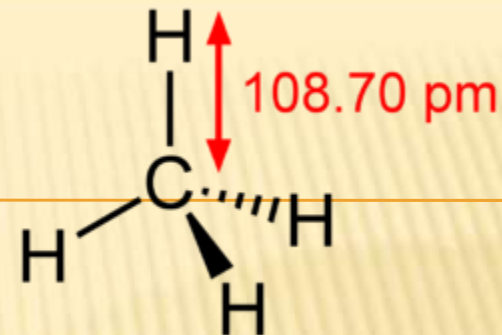


ПЛОЩАДЬ, ЗАНЯТАЯ МОРСКИМ ЛЬДОМ В СЕНТЯБРЕ В СИБИРСКИХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ (МОРЯ КАРСКОЕ, ЛАПТЕВЫХ, ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ, ЧУКОТСКОЕ), по ДАННЫМ ОТДЕЛА ЛЕДОВЫХ ПРОГНОЗОВ ААНИИ.





МЕТАН



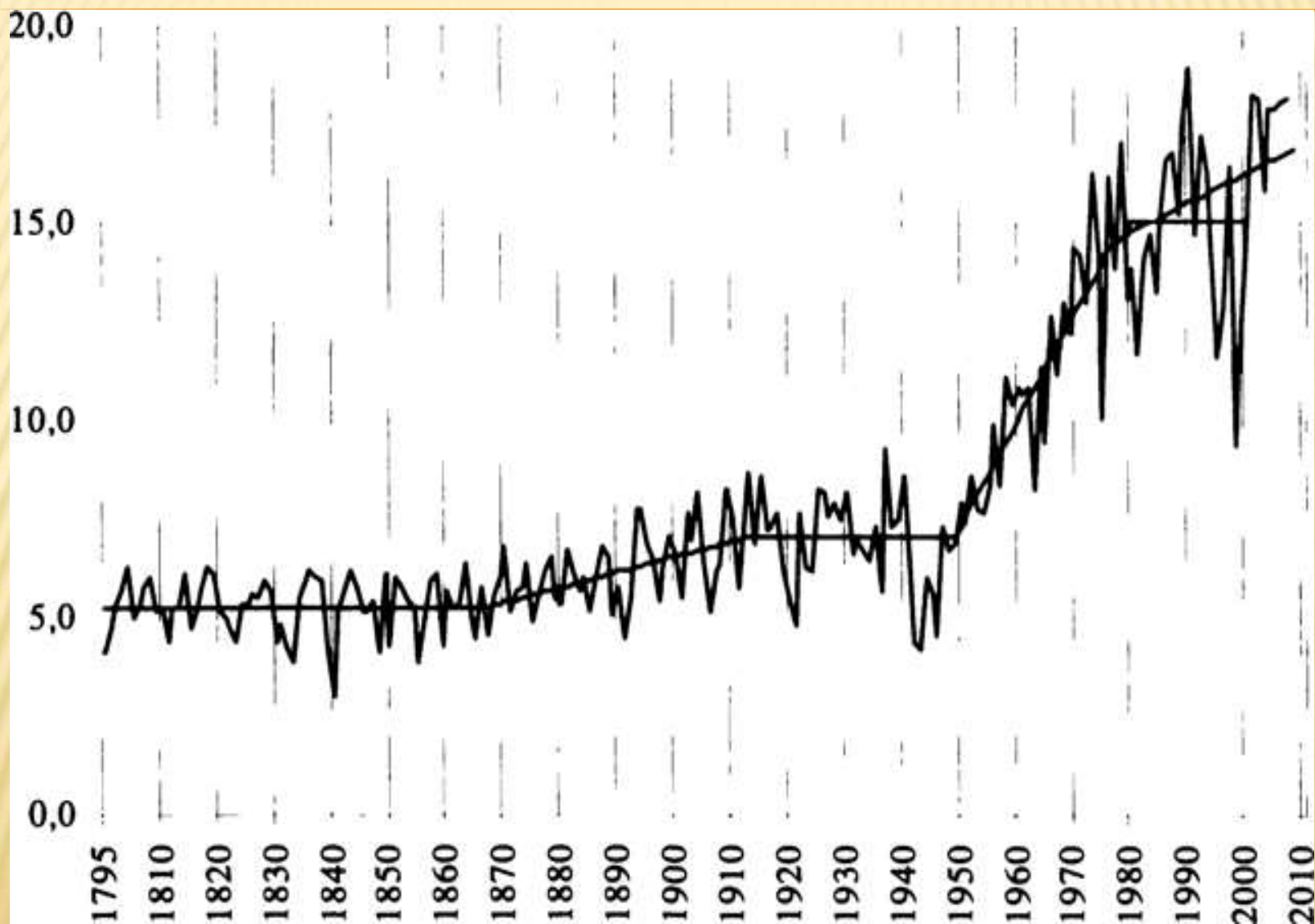
Основными антропогенными источниками метана являются пищеварительная ферментация у скота, рисоводство, горение биомассы (в т. ч. сведение лесов)

Самоусиливающееся разложение метангидратов могло приводить к резким изменениям океана и атмосферы Земли несколько раз в прошлом в течение промежутков времени в десятки тысяч лет.

Гипотеза о **метангидратном ружье** – самозапускающийся процесс высвобождения метана



Урожайность зерновых в России (ц/га)



Соглашения о сохранении глобального климата

✘ Рамочная конвенция ООН об изменении климата (1992 г.)

Констатировала негативность и антропогенные причины потепления, необходимость сокращения выбросов, а также *различные роли развитых и развивающихся стран.*

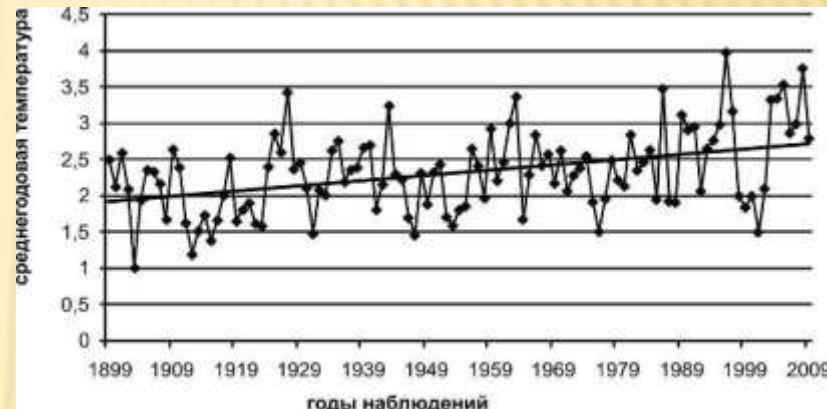
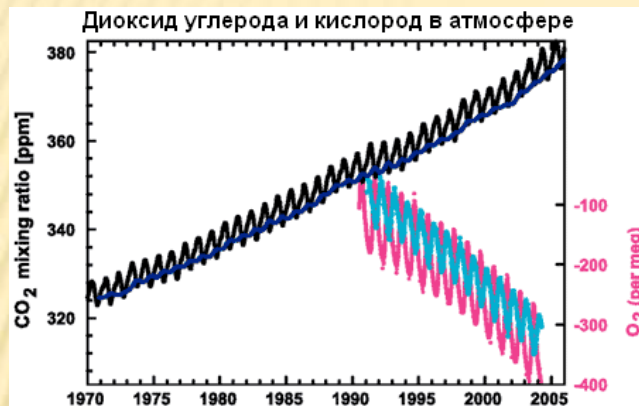
✘ Киотский протокол (1997 г.)

Установил обязательства развитых стран по сокращению выбросов на 2008-2012 гг., ввел **рыночные механизмы** (торговля квотами, совместное осуществление, чистое развитие).

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ



- ✗ 6 парниковых газов: двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), гидрофторкарбонаты (HFCs), перфторкарбонаты (PFCs), и гексафторид серы (SF_6)



- ✗ Количественные обязательства.
- ✗ Снизить совокупный средний уровень выбросов странами шести типов газов, вызывающих парниковый эффект, на 5,2 % по сравнению с уровнем 1990 года.
- ✗ Основные обязательства по сокращению выбросов в рамках Киотского протокола взяли на себя промышленные страны (**Евросоюз** должен сократить выбросы **на 8 %**, **Япония и Канада** — **на 6 %**). Страны **Восточной Европы и Прибалтики** обязались сократить выбросы в среднем **на 8 %**, **Россия и Украина** — сохранить среднегодовые выбросы в 2008–2012 годах **на уровне 1990 года**. Развивающиеся страны, включая Китай и Индию, обязательств на себя не брали.

Примеры успешных углеродных рынков

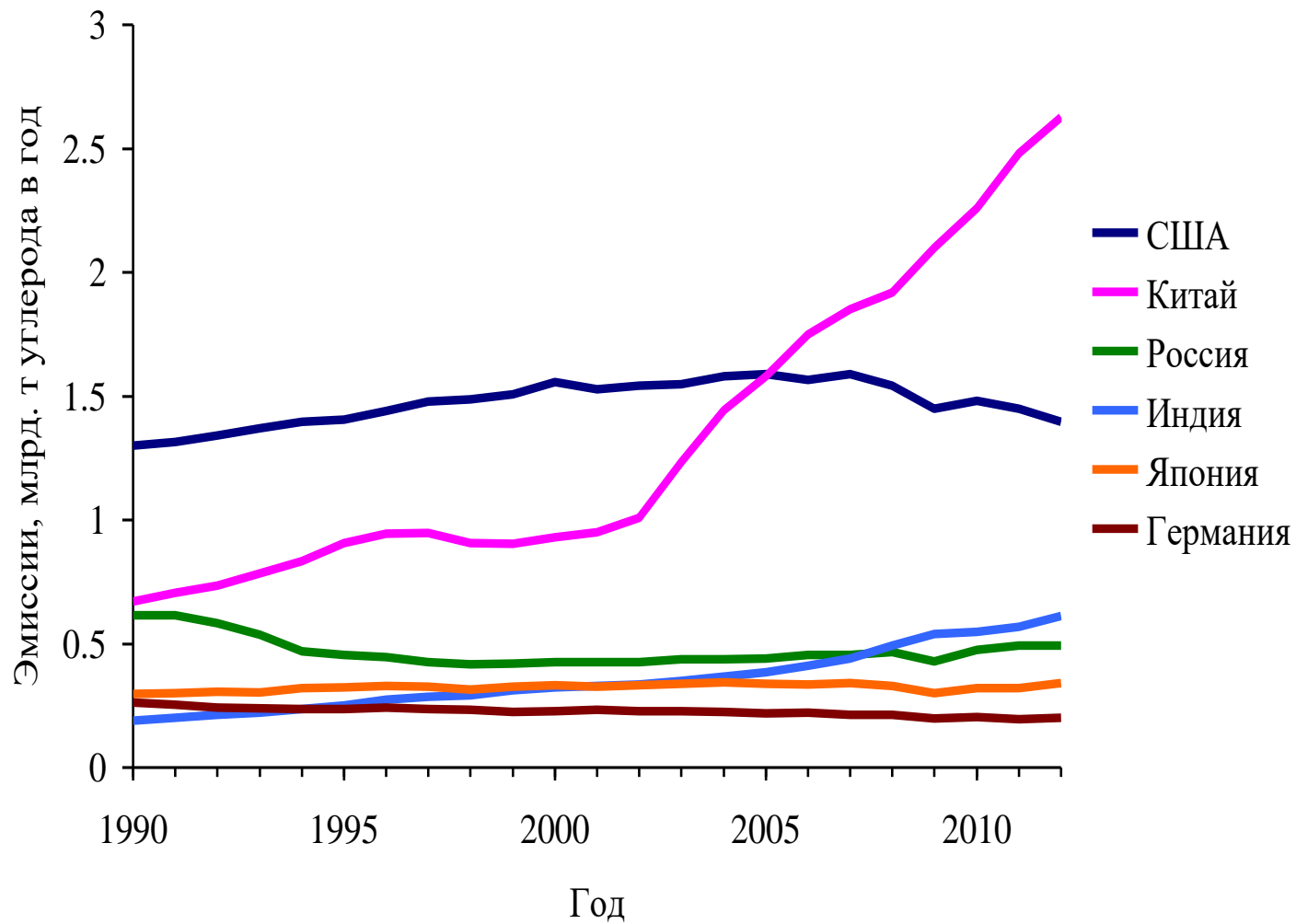
✘ Европейская система торговли квотами

Контролирует примерно 50% выбросов стран ЕС, ежегодно уменьшает квоты, цель – снижение выбросов на 21% к 2020 г.

✘ Совместное осуществление в России (2008-2012)

Действовало около 50 проектов, обеспечивающих сокращение выбросов на 100 млн. т CO₂-эквивалента.

Динамика эмиссий в крупнейших экономиках. Китай и Индия не имеют ограничений по Киотскому протоколу.








Фактический крах Киотского протокола

- ✘ США отказались ратифицировать протокол.
- ✘ Япония, Россия, Канада, Новая Зеландия отказались от участия во втором периоде Киотского протокола (2013-2018).
- ✘ Развитые страны, оставшиеся в протоколе на 2013-2018, контролируют всего 15% глобальных эмиссий.

«Парижское» соглашение

Сфера охвата международной деятельности

	КИОТСКИЙ ПРОТОКОЛ	ПАРИЖСКОЕ СОГЛАШЕНИЕ	
ВЫБРОСЫ парниковых газов 	“План”  ~60% 1997 г.	“Факт”  ~15% 2014 г.	 > 80% ВСЕ крупные страны снижают выбросы или ограничивают их рост
АДАПТАЦИЯ к негативным последствиям изменения климата 	НЕТ <ul style="list-style-type: none">● Предположение о снижении выбросов, достаточном для естественной адаптации	ЕСТЬ <ul style="list-style-type: none">● Адаптация признается делом, равнозначным снижению выбросов● Естественной адаптации недостаточно● Сильнейшие страны помогают более слабым и уязвимым	

Сможет ли Парижское соглашение сдержать потепление на уровне до 2°C?

Почти все страны подали «вклады» (INDCs) по сокращению выбросов парниковых газов.

Чтобы на конец XXI века быть рост температуры не превысил 2°C, на 2030 год выбросы не должны превышать 36-42 млрд. т CO₂-эквивалента. INDC дают 59-60 млрд. т CO₂-эквивалента, то есть на 50% больше.

Вывод: современные INDCs недостаточны для удержания роста глобальной температуры в пределах 2°C.

«ПАРИЖСКОЕ» СОГЛАШЕНИЕ

- ✗ Россия подписала Парижское соглашение в апреле 2016 года.
- ✗ Премьер-министр России Дмитрий Медведев 21 сентября 2019 года подписал постановление о принятии Парижского соглашения по климату.
- ✗ Парижское соглашение было подписано 197 странами в декабре 2015 года, однако не все страны впоследствии его ратифицировали. Сейчас в Парижском соглашении по климату участвуют 186 стран. США вышли из соглашения в 2020 году, но вновь присоединились к нему 19 февраля 2021 года.
- ✗ Парижское соглашение было принято в рамках конвенции ООН об изменении климата. С 2020 года оно должно регулировать меры по снижению выбросов углекислого газа в атмосферу.



МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ 2021 ГОДА

- ✘ Саммит "Большой двадцатки" проходил 30-31 октября в Риме;
- ✘ 26-я Конференция сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата (COP26), Глазго 01 – 12 ноября 2021 г.



26 Конференция РКИК ООН

- ✘ 1. Достижение нулевых выбросов к середине века и удерживание глобального потепления в пределах 1,5 градусов по Цельсию.
- ✘ 2. Адаптация к уже наступившим климатическим изменениям и защита естественной среды обитания.
- ✘ 3. Мобилизация финансовых ресурсов. Перераспределение финансовых потоков в направлении менее развитых государств.
- ✘ 4. Глобальное сотрудничество.



Возможные альтернативные решения проблемы

- ✘ Активное воздействие на климат (геоинженерия). – Слишком много непредсказуемых последствий глобального масштаба.
- ✘ Технологический прогресс – замена ископаемого топлива на новый источник энергии. – Управляемая термоядерная реакция?

Геоинженерные решения по контролю климата Земли

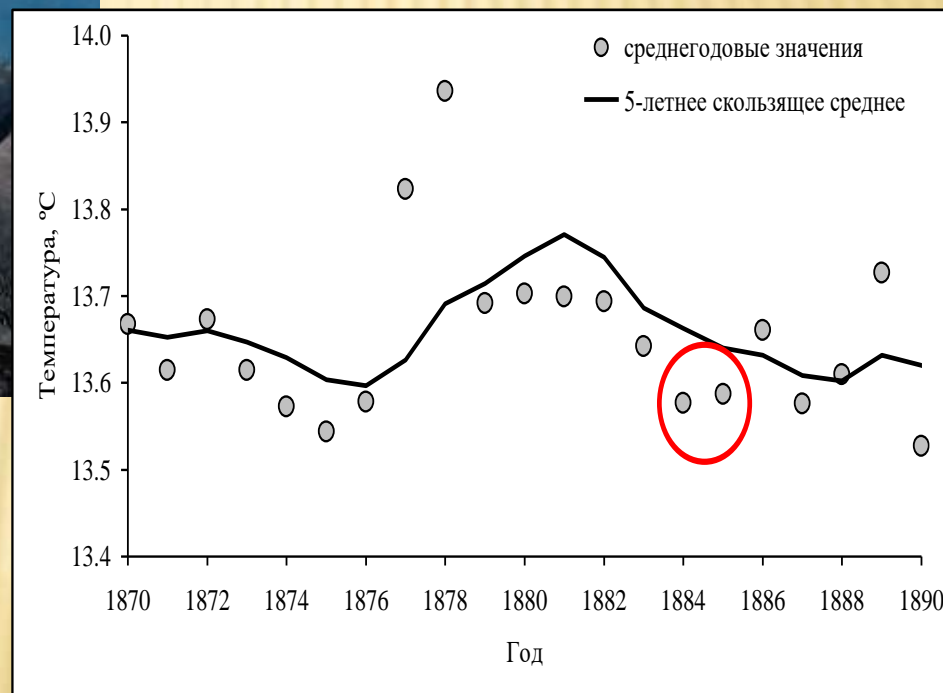
Распыление аэрозолей (сульфат бария, сульфат железа) в стратосфере с самолетов



Результат – «белое небо» и усиление отражения солнечного излучения.



Естественный геоинженерный эксперимент – взрыв вулкана Кракатау (1883)



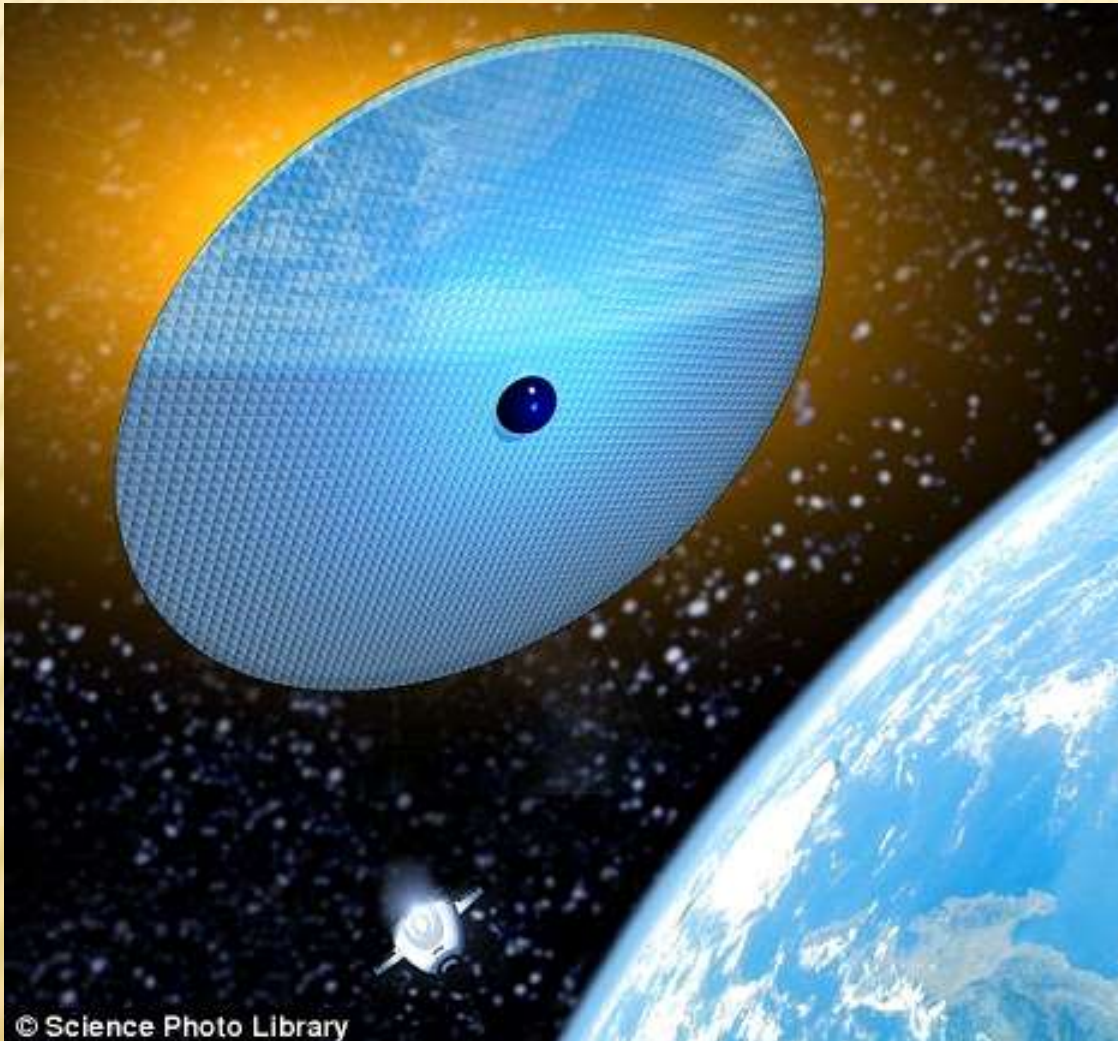
Геоинженерные решения по контролю климата Земли



Усиление испарения с поверхности океана, увеличение облачности.

Отправить в плавание 1500 судов, которые, используя энергию ветра, будут распылять в атмосфере 50 м³ воды в секунду.

Геоинженерные решения по контролю климата Земли



Затенение Земли при помощи зеркал из полимерной пленки, выведенных в космическое пространство.