

МФК-2021

# Глобальная экология и кризис биосферы

Леонард Владимирович Полищук

Ольга Владиславовна Честных

[ochestn@mail.ru](mailto:ochestn@mail.ru)

**Лекция 11-12. Эволюция биосферы, катастрофы в развитии биосферы, их внешние и внутренние причины. Комплексная характеристика современного воздействия человека на биосферу, концепция экологического следа. Экологическая кривая Кузнецца. Методы охраны природы.**

## 4.6 млрд. лет назад - образование Земли

- ▣ Небулярная гипотеза – образование звезды и планетных систем из облаков молекулярного водорода, содержащих также включения других элементов.



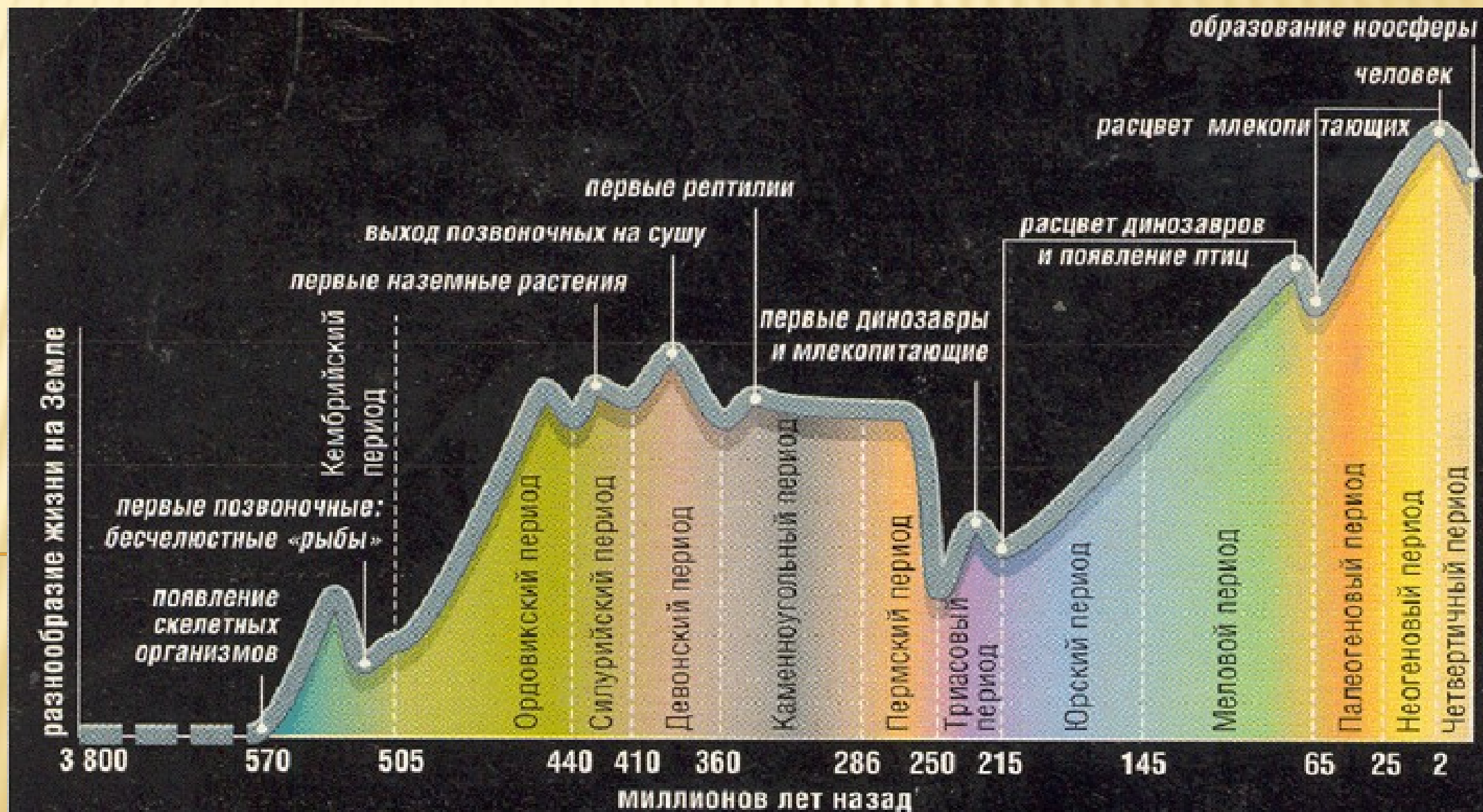
Протопланетарный диск в туманности Ориона.

## 4.6-4.0 млрд. лет назад - катархей Гравитационная дифференциация Земли

- Разделение внутренних слоёв Земли на мантию и металлическое ядро
- Выделение газов из коры и вулканическая активность привели к образованию первичной атмосферы
- Конденсация водяного пара привела к образованию океанов
- Земная атмосфера состояла из лёгких элементов: водорода и гелия, но содержала значительно больше углекислого газа

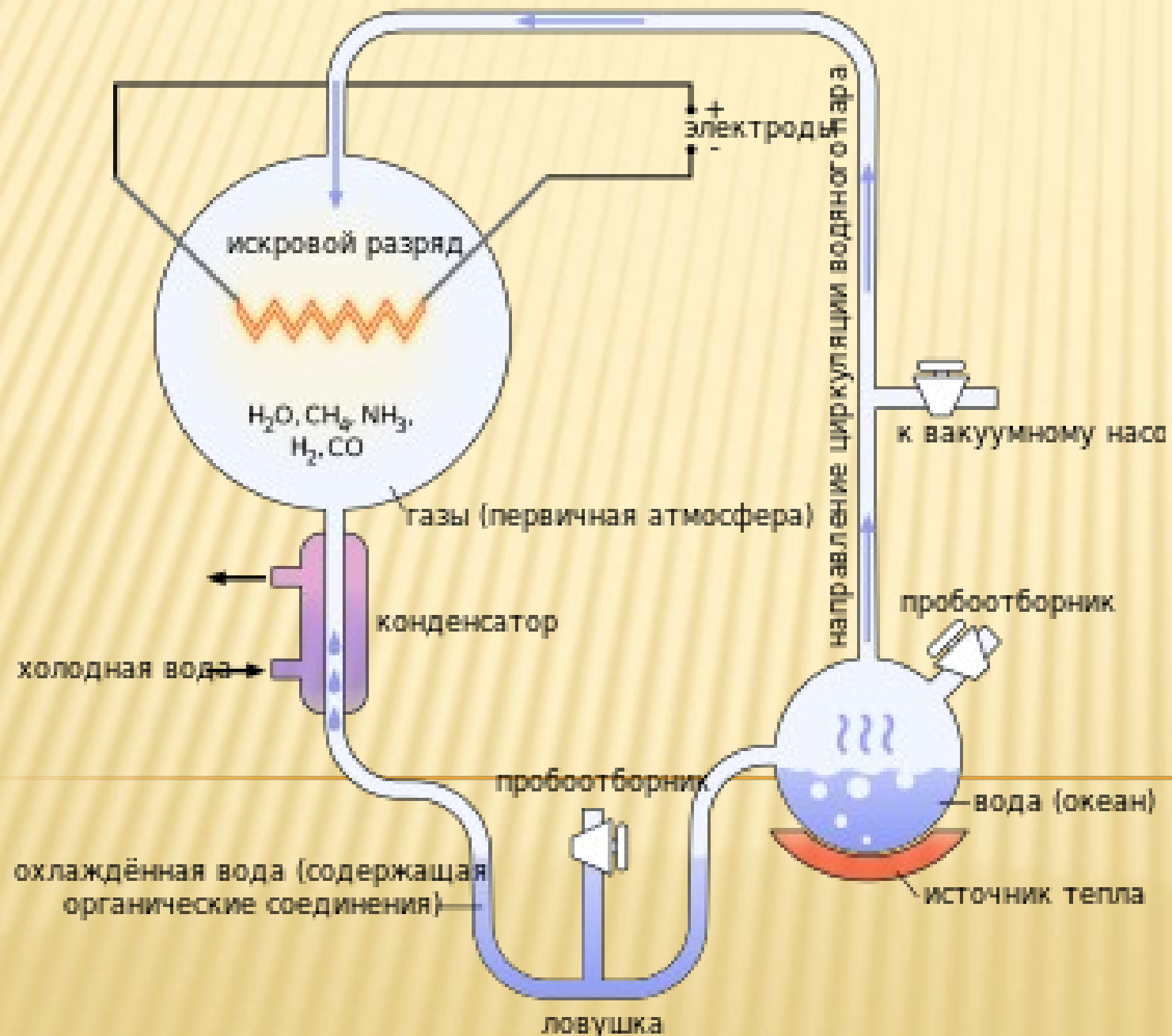
# ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ

- Первые экосистемы, существовавшие 3,5 млрд. лет тому назад, были населены крошечными анаэробными гетеротрофными организмами, существовавших за счет органического вещества, синтезированного в абиотических процессах.
- Затем последовали возникновение и популяционный взрыв автотрофных водорослей, которые сыграли одну из главных ролей в превращении восстановительной атмосферы в кислородную.
- Когда содержание кислорода в атмосфере достигло 1% его современного уровня, начал сказываться эффект Пастера.



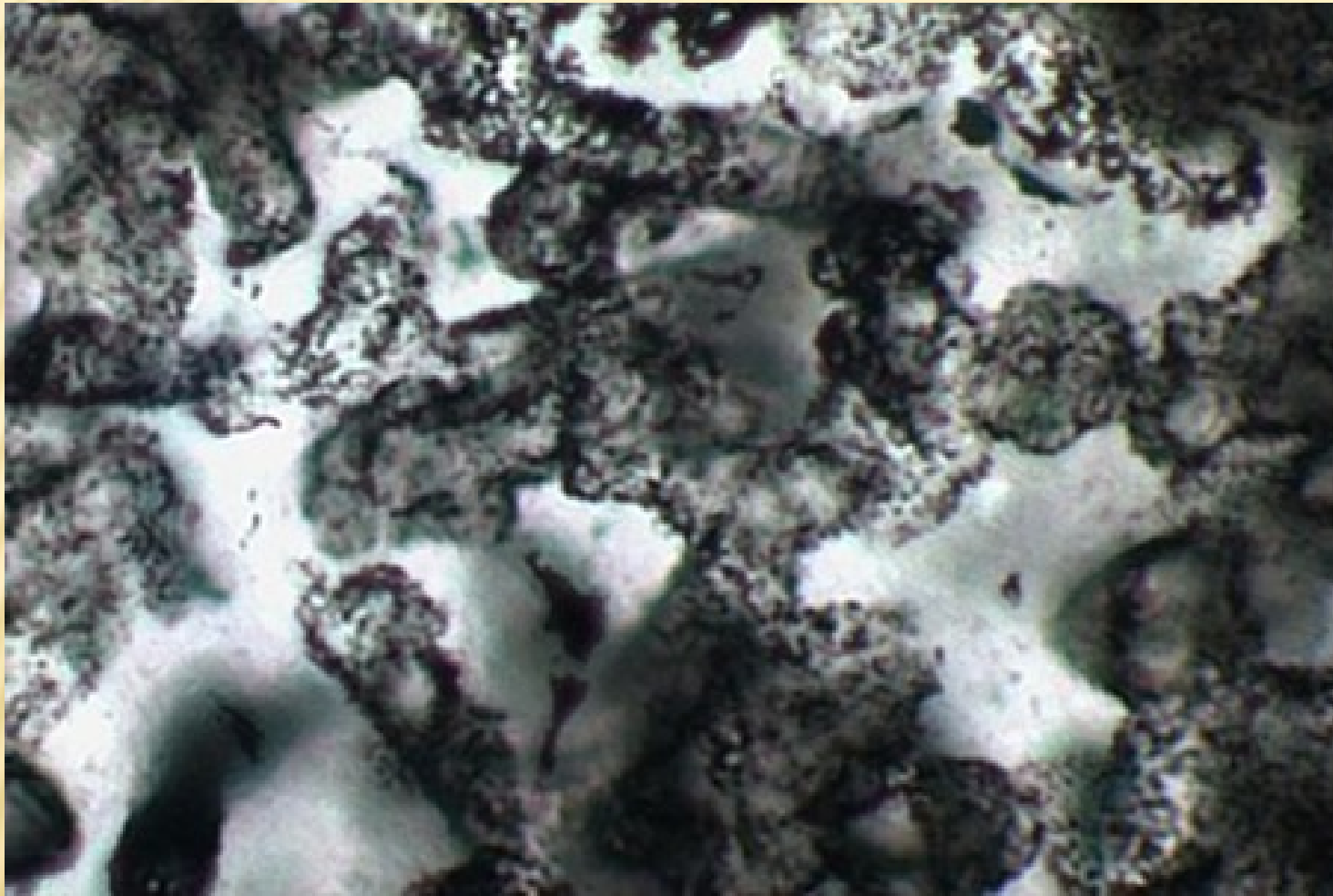
# 4.0-2.5 млрд. лет назад – архей. Период химической эволюции

Эксперимент Стэнли Миллера (1953): образование органических молекул (аминокислоты, сахара, липиды) из неорганических веществ ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ )



**Стэнли Ллойд Миллер**  
(1930-2007)

4.0-2.5 млрд. лет назад – архей.  
3.46 млрд. лет назад – самый ранний  
известный живой организм



Трубчатые окаменелости, сходные с оболочками современных бактерий



Отложения песчаника в  
Восточной Австралии

# 2.8 млрд. лет назад – появление кислородного фотосинтеза (цианобактерии)

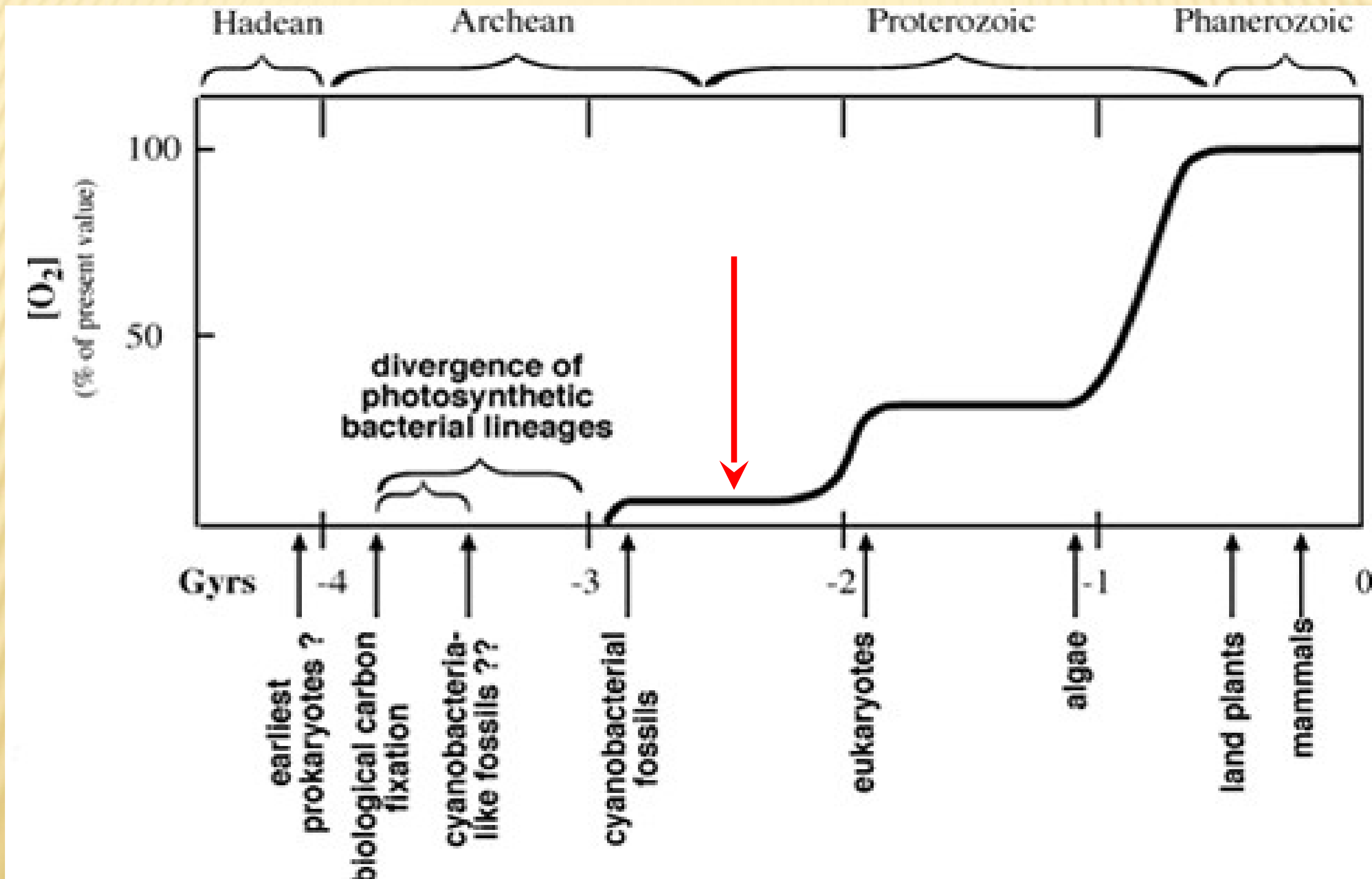


Окаменелый строматолит – ископаемый  
остаток цианобактериального мата



Современные строматолиты  
(Западная Австралия)

# Изменение содержания кислорода и основные вехи эволюции биосферы

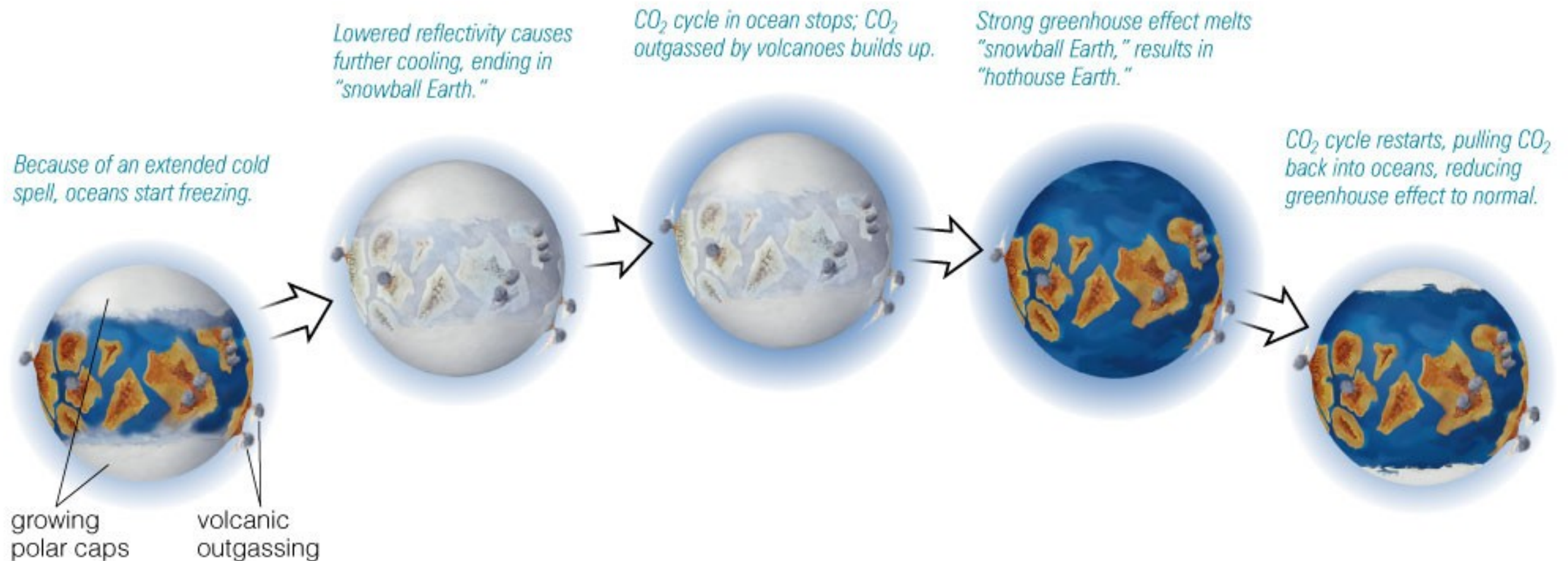




2.5-0.542 млрд. лет назад - протерозой  
2.4 млрд. лет назад – кислородная катастрофа

- Вымирание либо катастрофическое сокращение численности анаэробных организмов (первичной биосферы)
- Изменение характера образования осадочных пород (окисленные породы)
- Изменение состава атмосферы, сокращение концентрации метана ( $\text{CH}_4$ )
- Похолодание климата, первое оледенение

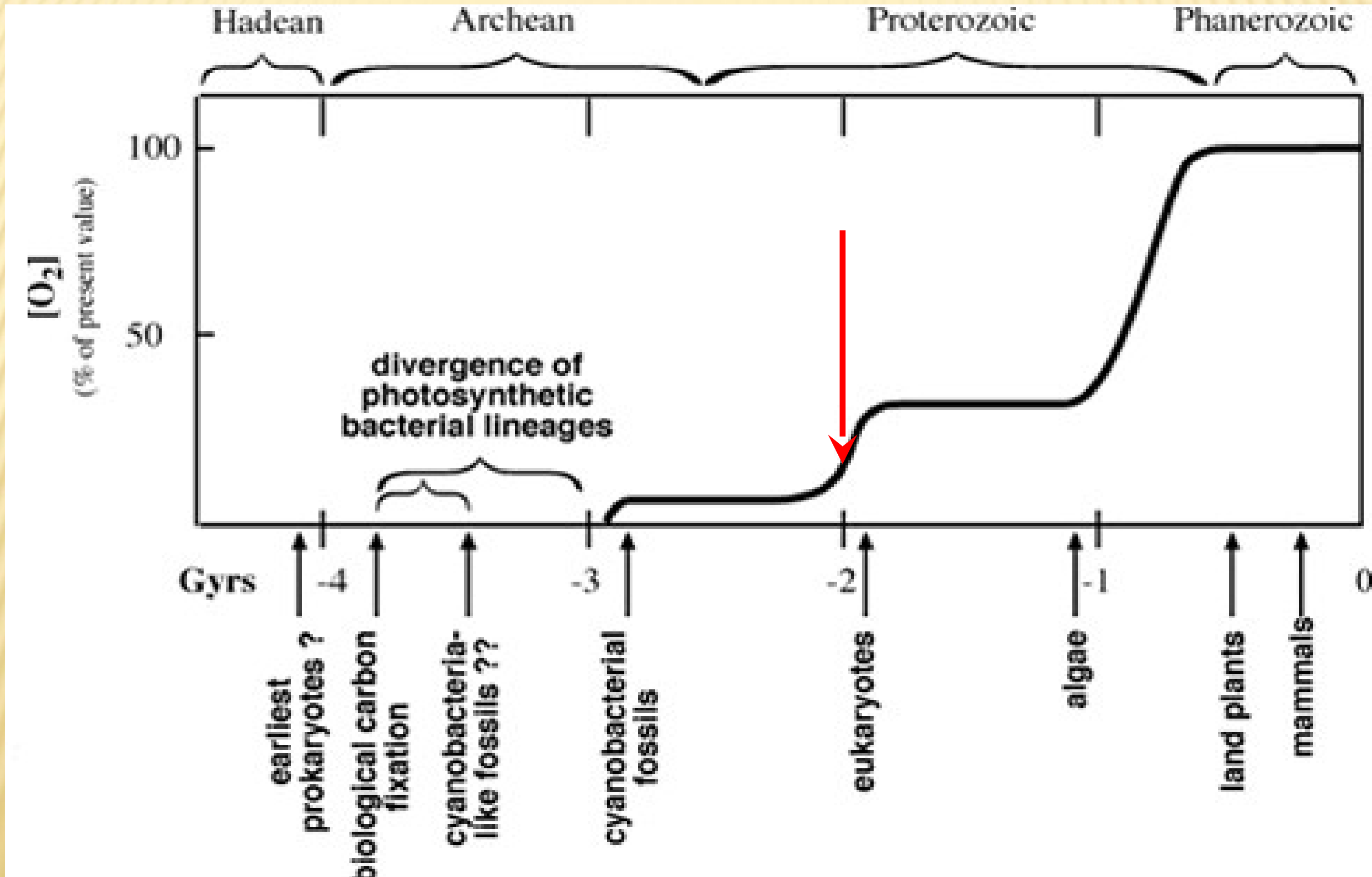
## 2.4-2.1 млрд. лет назад – гуронское оледенение Земля – снежный шарик в течение 300 млн. лет



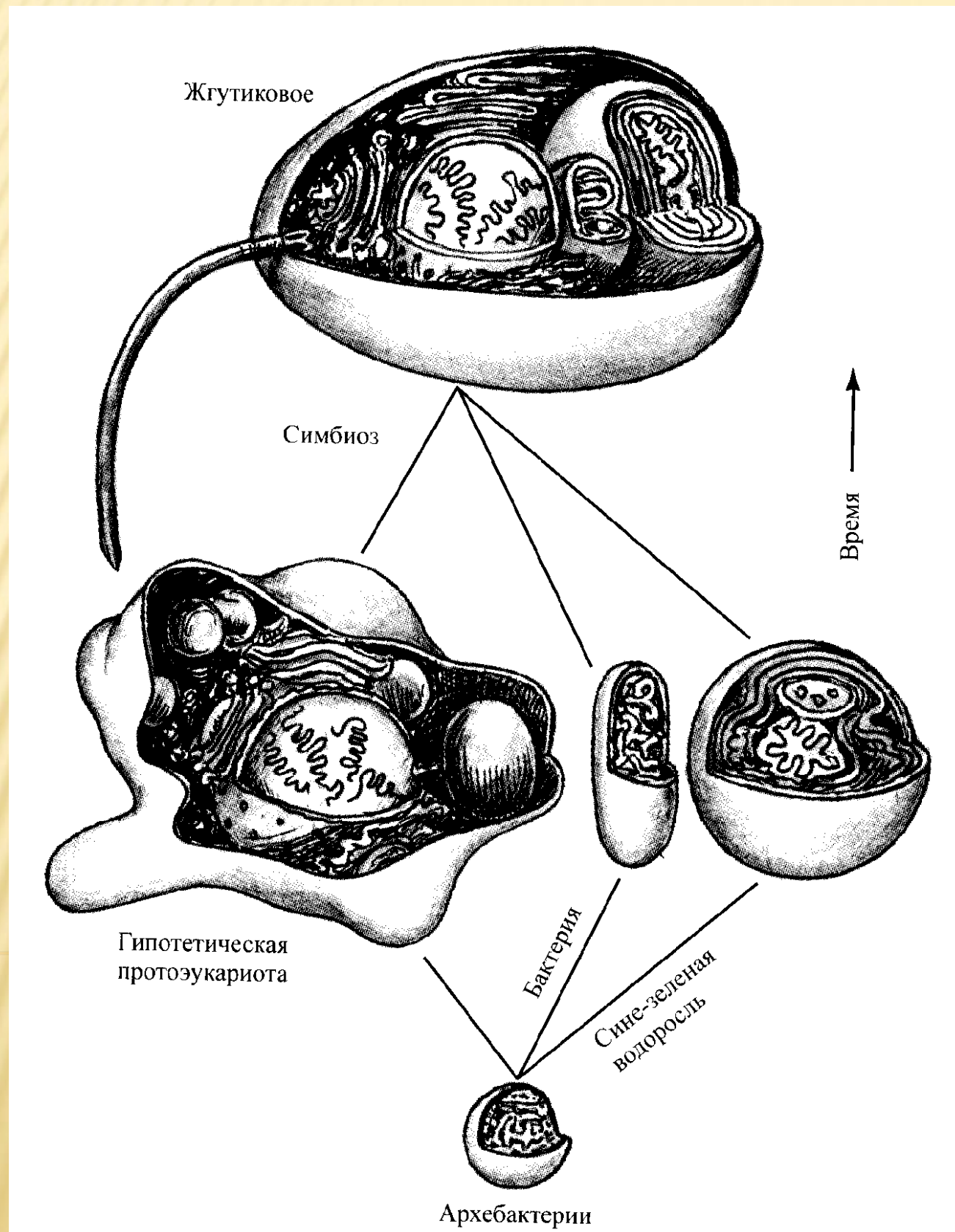
© 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley

Выход из состояния снежного шарика:  
постепенное выделение CO<sub>2</sub> мантией

# Появление эукариотов и многоклеточных



# 2.0 млрд. лет назад – появление эукариотов



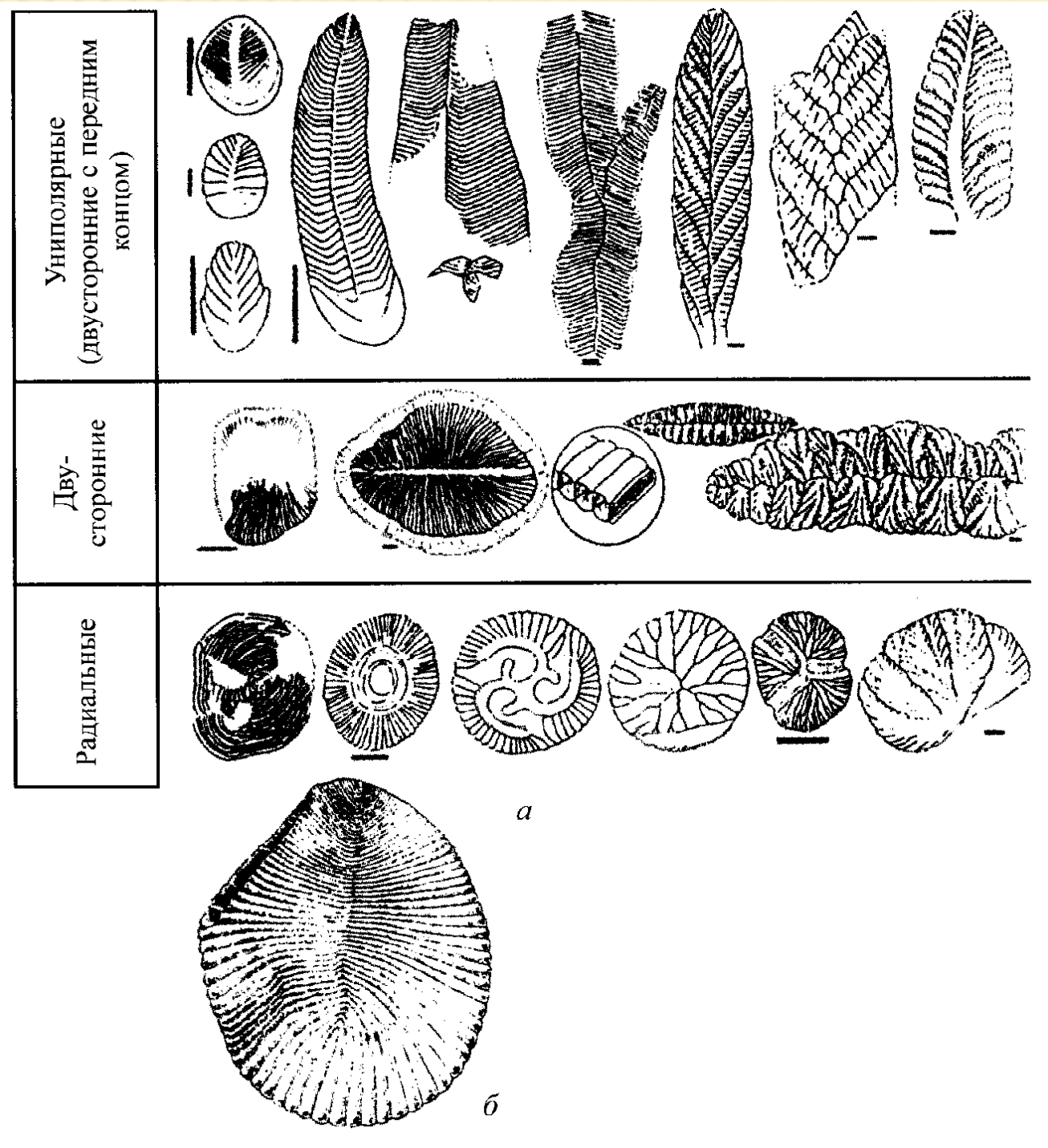
Гипотеза  
симбиогенеза

1.9 млрд. лет назад – появление  
многоклеточных водорослей

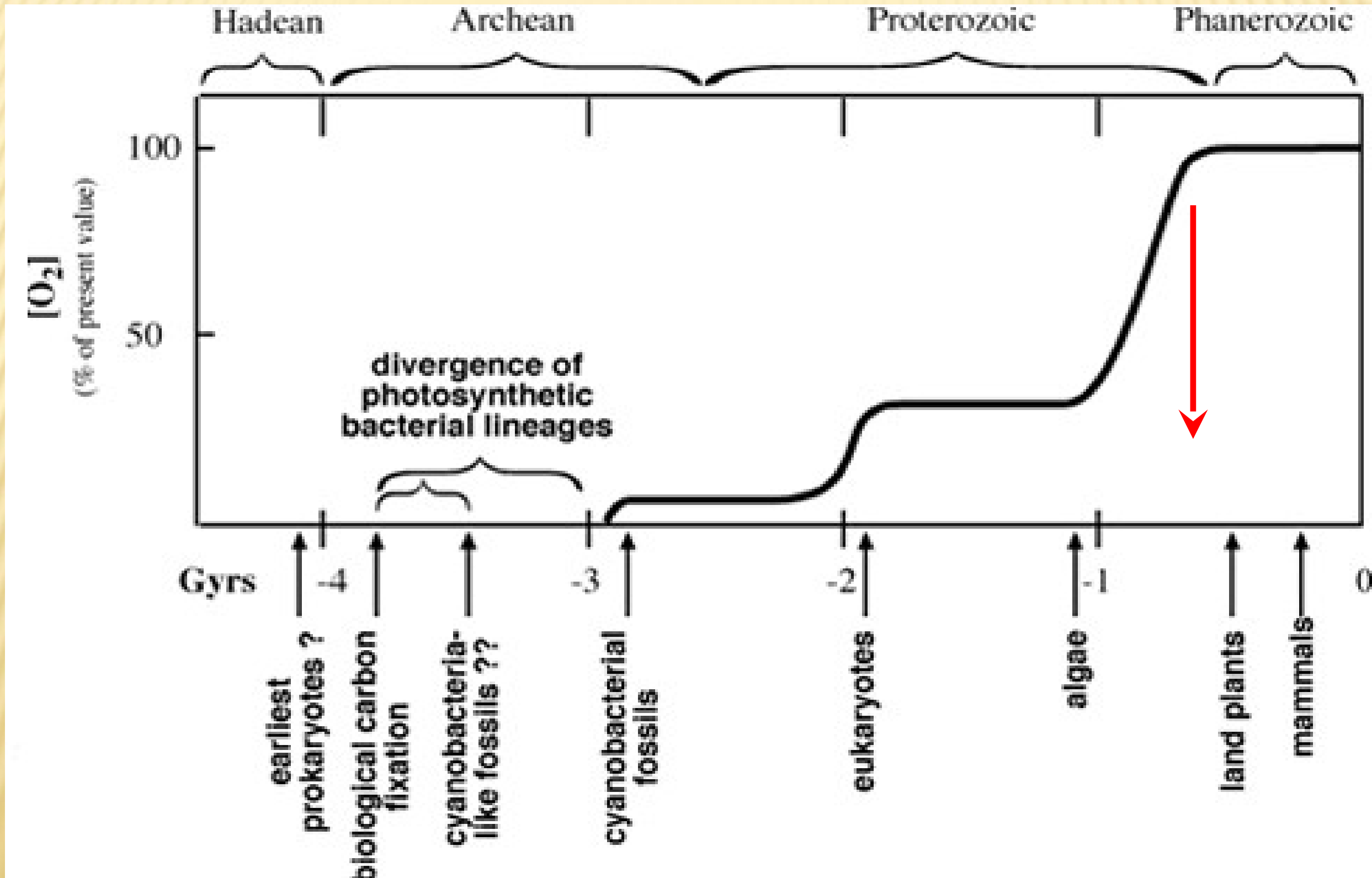
***Gyrodinium aureolum***



# 630-540 млн. лет назад – ранний вариант многоклеточных животных (эдиакарская фауна)



# Кембрийский взрыв



540 млн. лет назад по наст. время - фанерозой  
540 млн. лет назад – кембрийский взрыв и скелетная  
революция

- Появление хордовых, моллюсков,  
членистоногих, иглокожих
- Формирование экзоскелета в связи с  
развитием отношений хищник-жертва



Трилобит



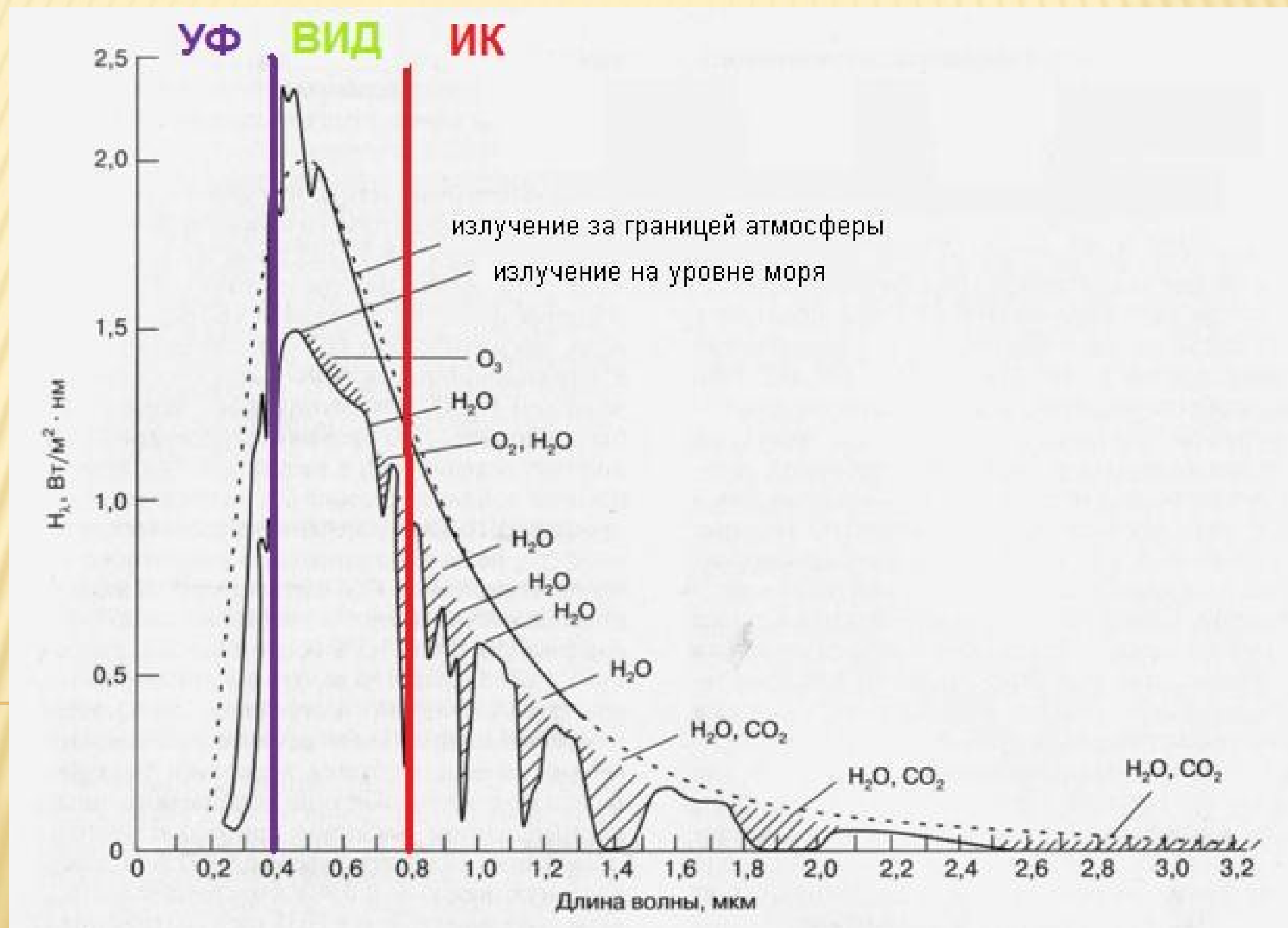
Марелла



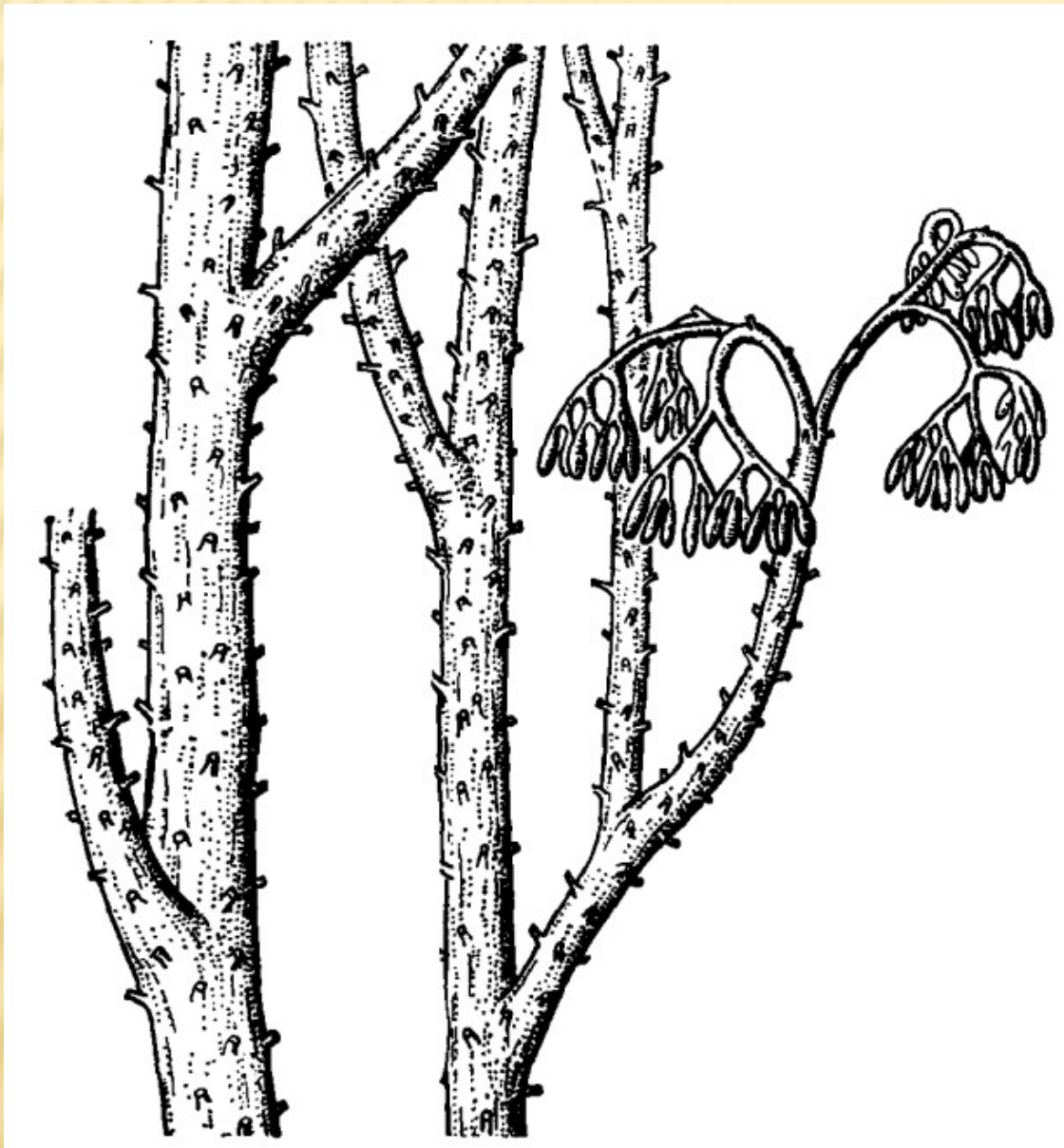
Хиолит



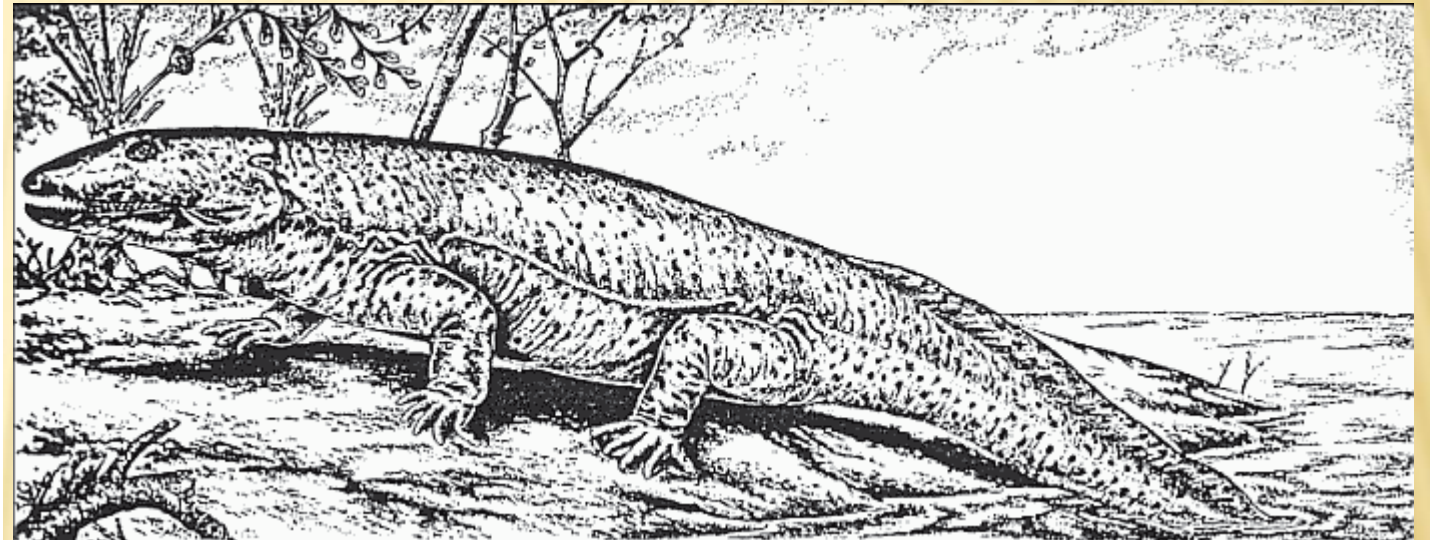
# При 10% кислорода начинает формироваться ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ



# 400 млн. лет назад – массовый выход жизни на сушу



Псилофит первичный



Ихтиостега

360-300 млн. лет назад – каменноугольный период.  
Сильный дисбаланс в цикле углерода (углеобразование)



# 250 млн. лет назад – пермско-триасовое вымирание живых организмов

Вымерло 96% морских видов и 70% наземных  
видов

Вероятные причины.

1. Усиление вулканической деятельности в Сибири (излияние трапов, выброс хлороводорода)
  2. Столкновение Земли с астероидом
  3. Метановая катастрофа (метангидратное ружье)
  4. Изменения состава атмосферы и климата
-

252-66 млн. лет назад – доминирование рептилий (мезозой)



# 65 млн. лет назад - мел-палеогеновое вымирание

Всего погибло 16 % семейств морских животных (47 % родов морских животных) и 18 % семейств сухопутных позвоночных.

В числе известных групп: динозавры, птерозавры, аммониты, белемниты.



АММОНИТ



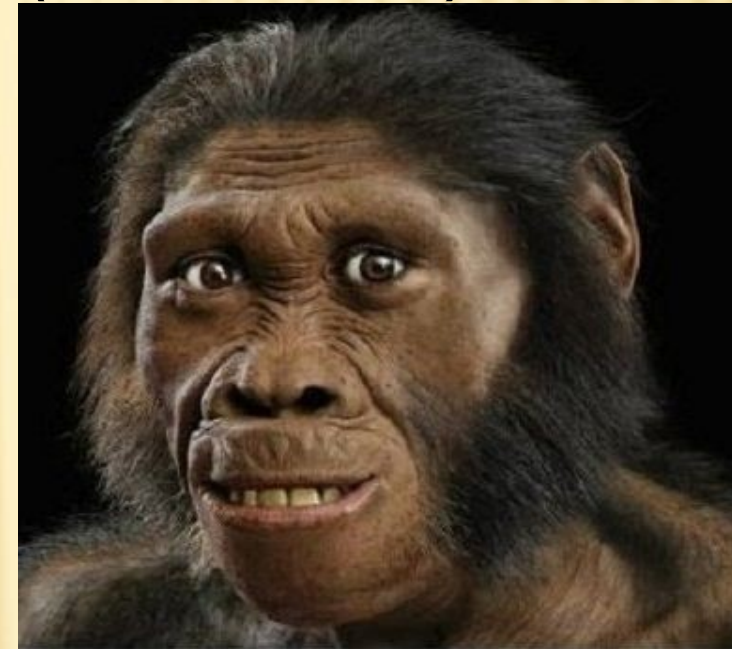
Белемнит

# Вероятные причины мел-палеогенового вымирания

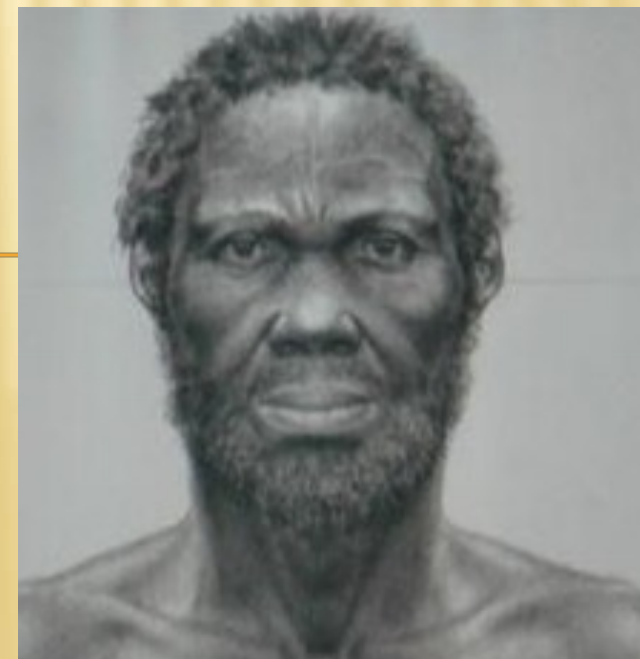
- Изменение климата (смена термоэры криоэрой)
  - Падение астероида, столкновение с кометой
  - Вулканическая активность (излияние деканских траппов)
  - Эволюция млекопитающих (появление форм, способных потреблять яйца динозавров).
-

66-0 млн. лет назад – доминирование покрытосеменных растений и млекопитающих

2.5 млн. лет назад – возникновение рода *Homo* (*Homo habilis*)

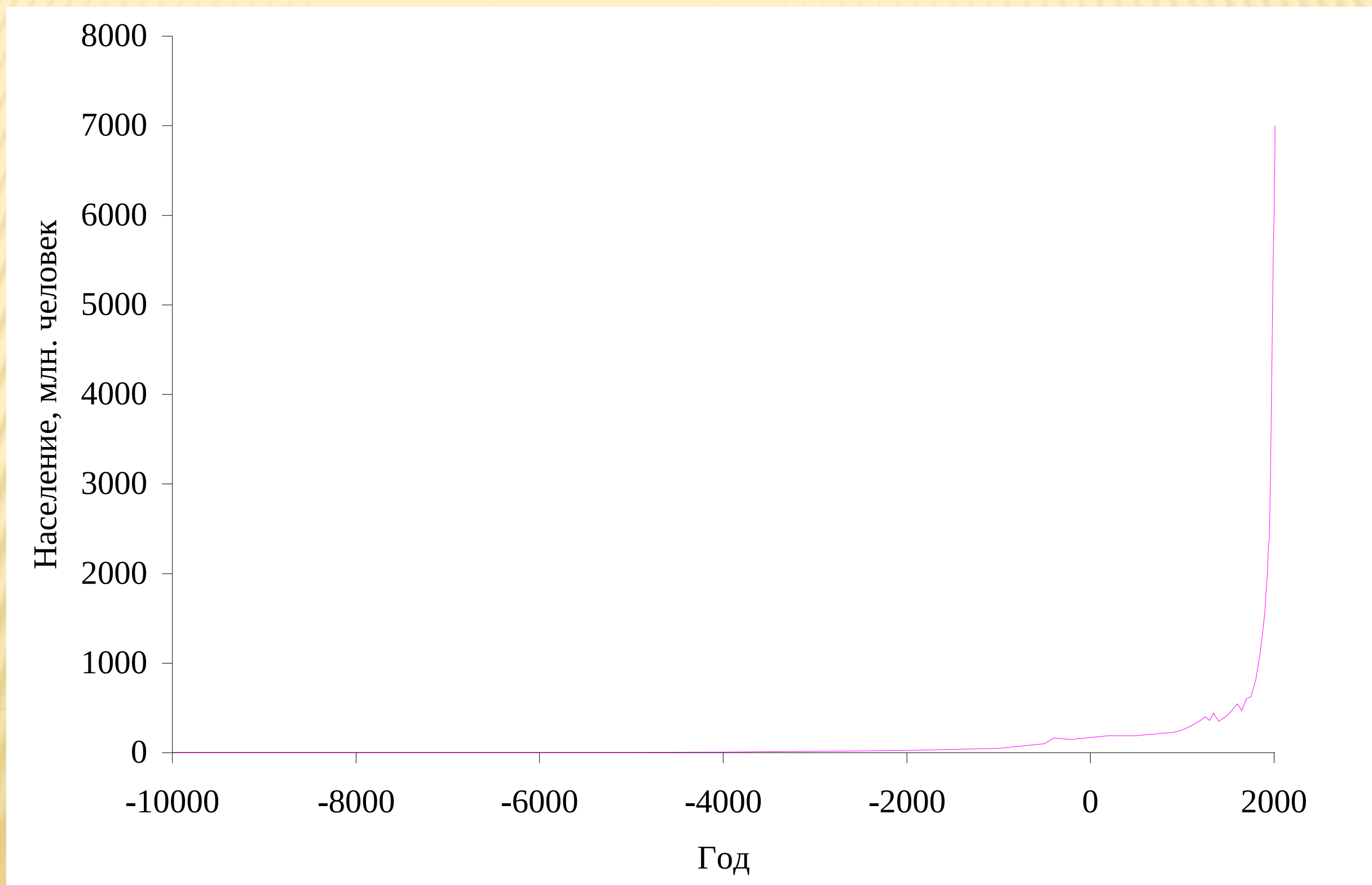


200 тыс. лет назад – возникновение вида *Homo sapiens*

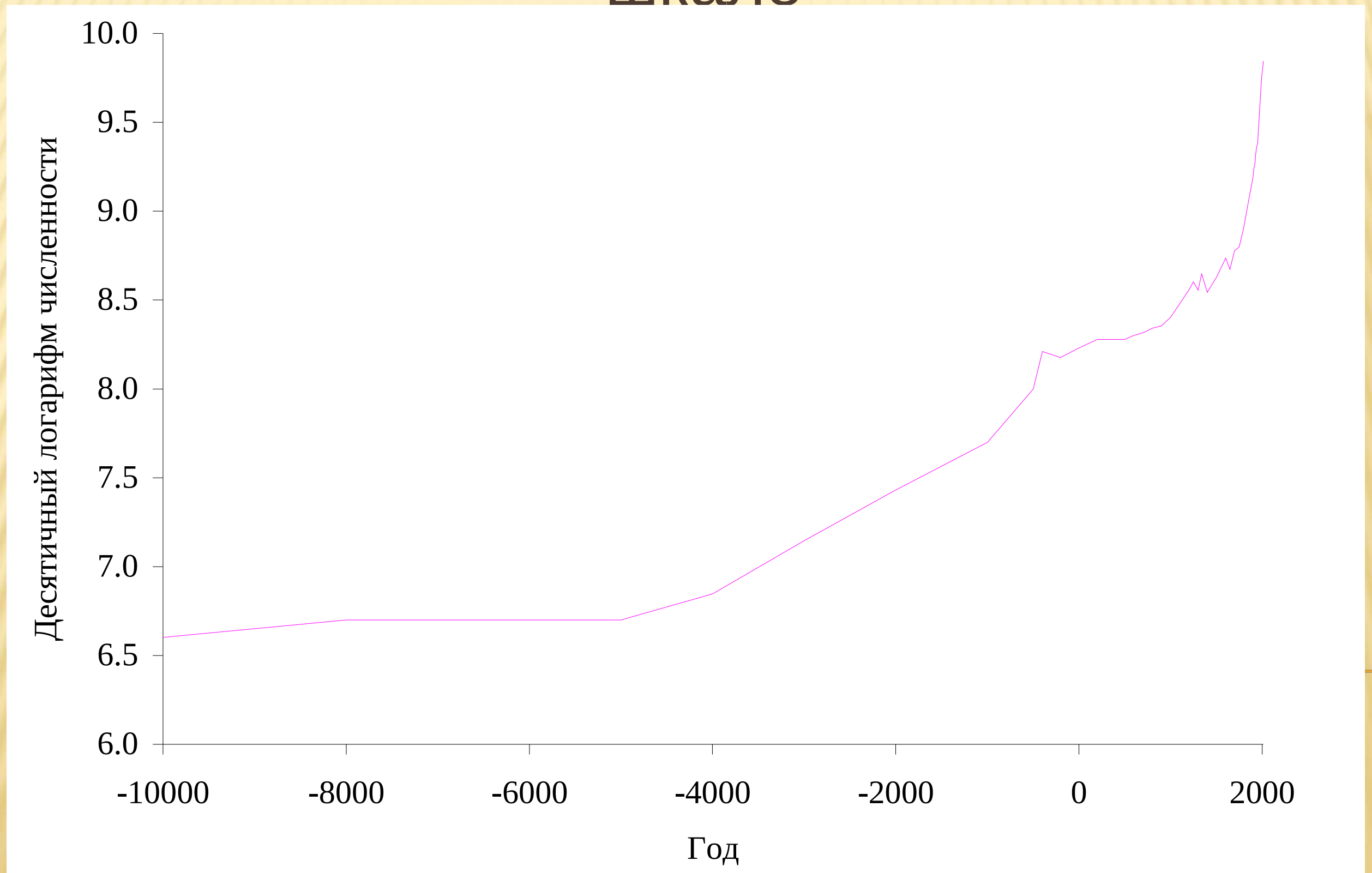




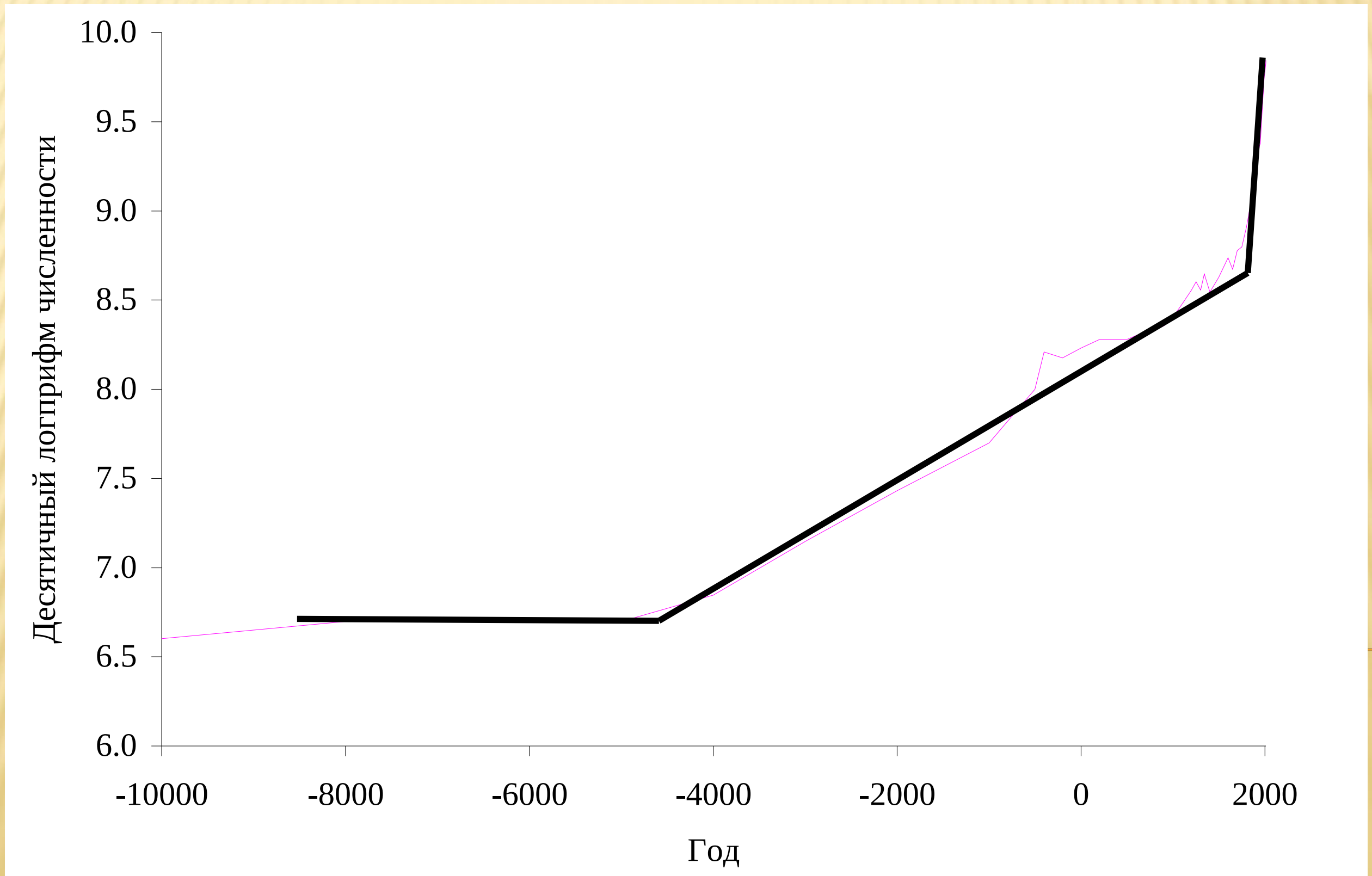
# Динамика населения планеты



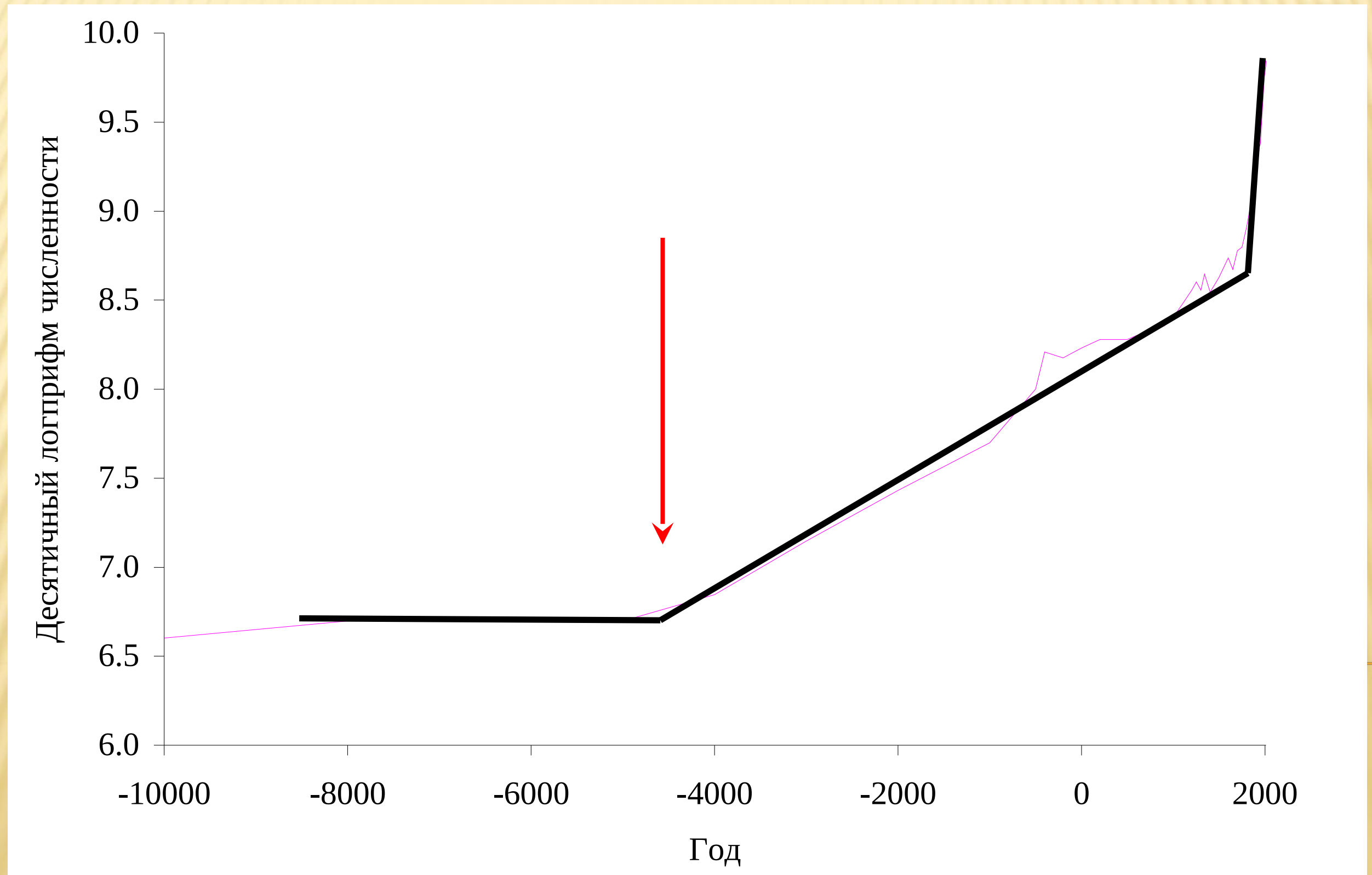
# Динамика населения в полулогарифмической шкале



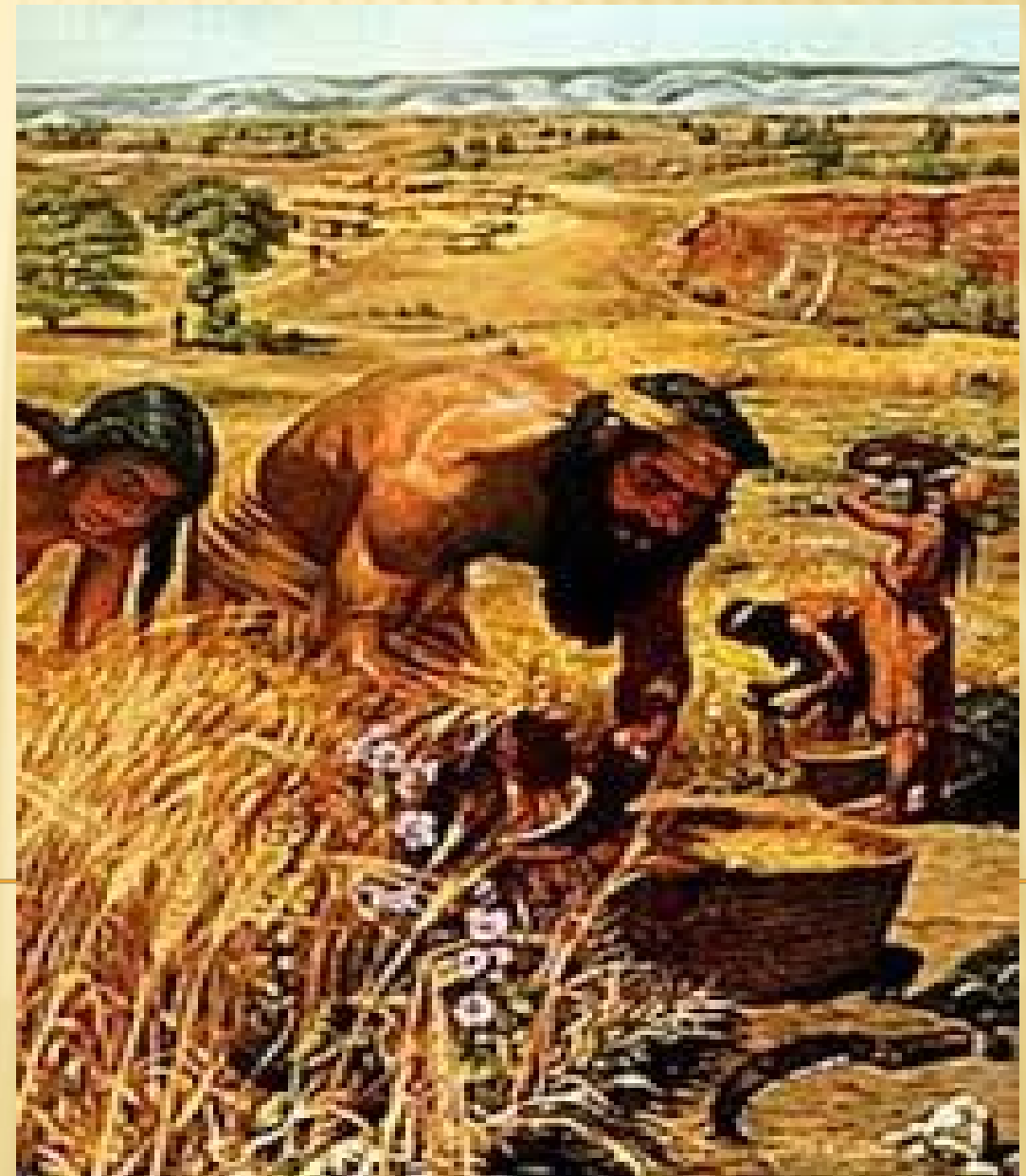
# Динамика населения в полулогарифмической шкале



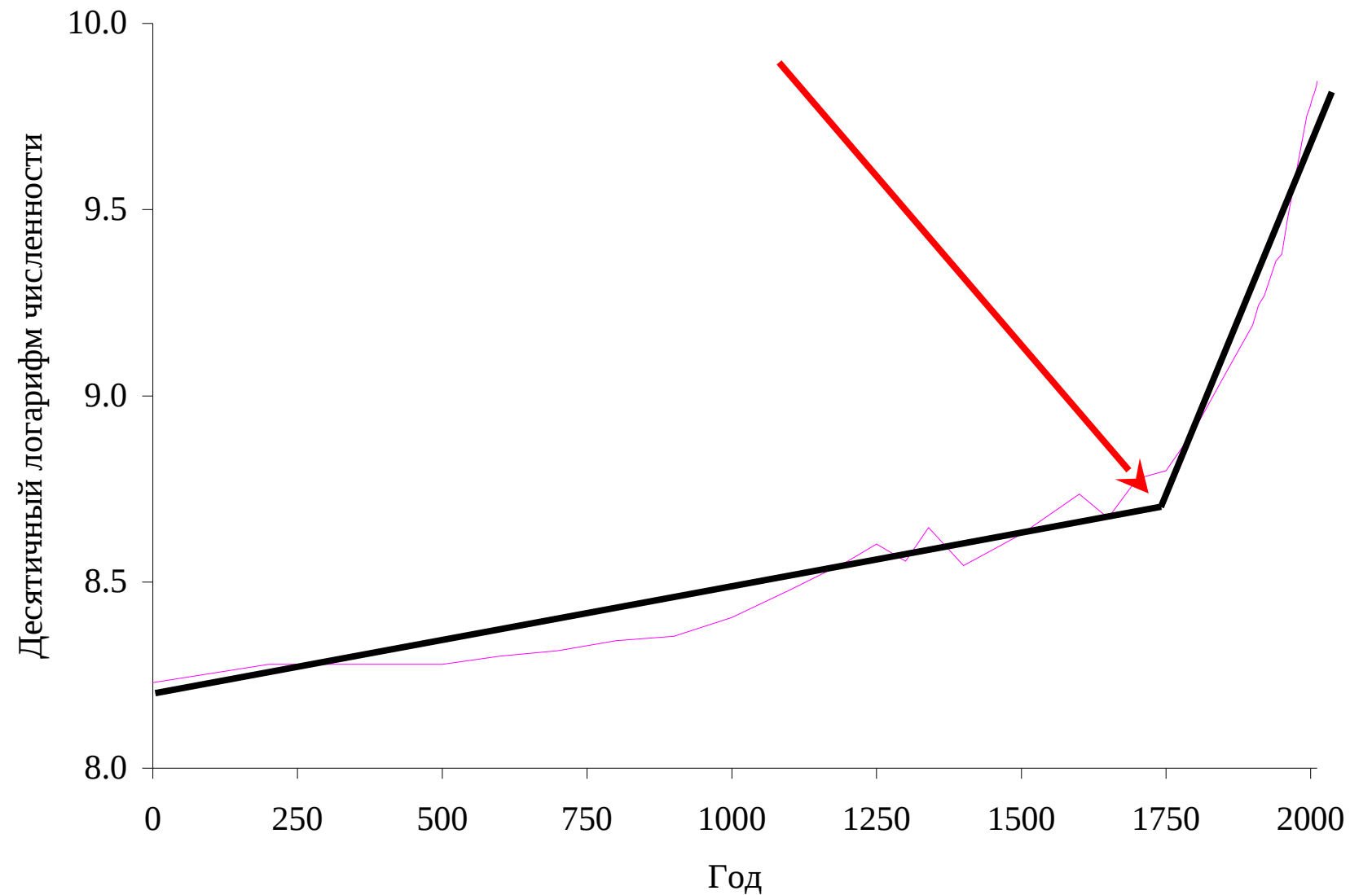
# Первый перелом: 5 тыс. лет до н.э.



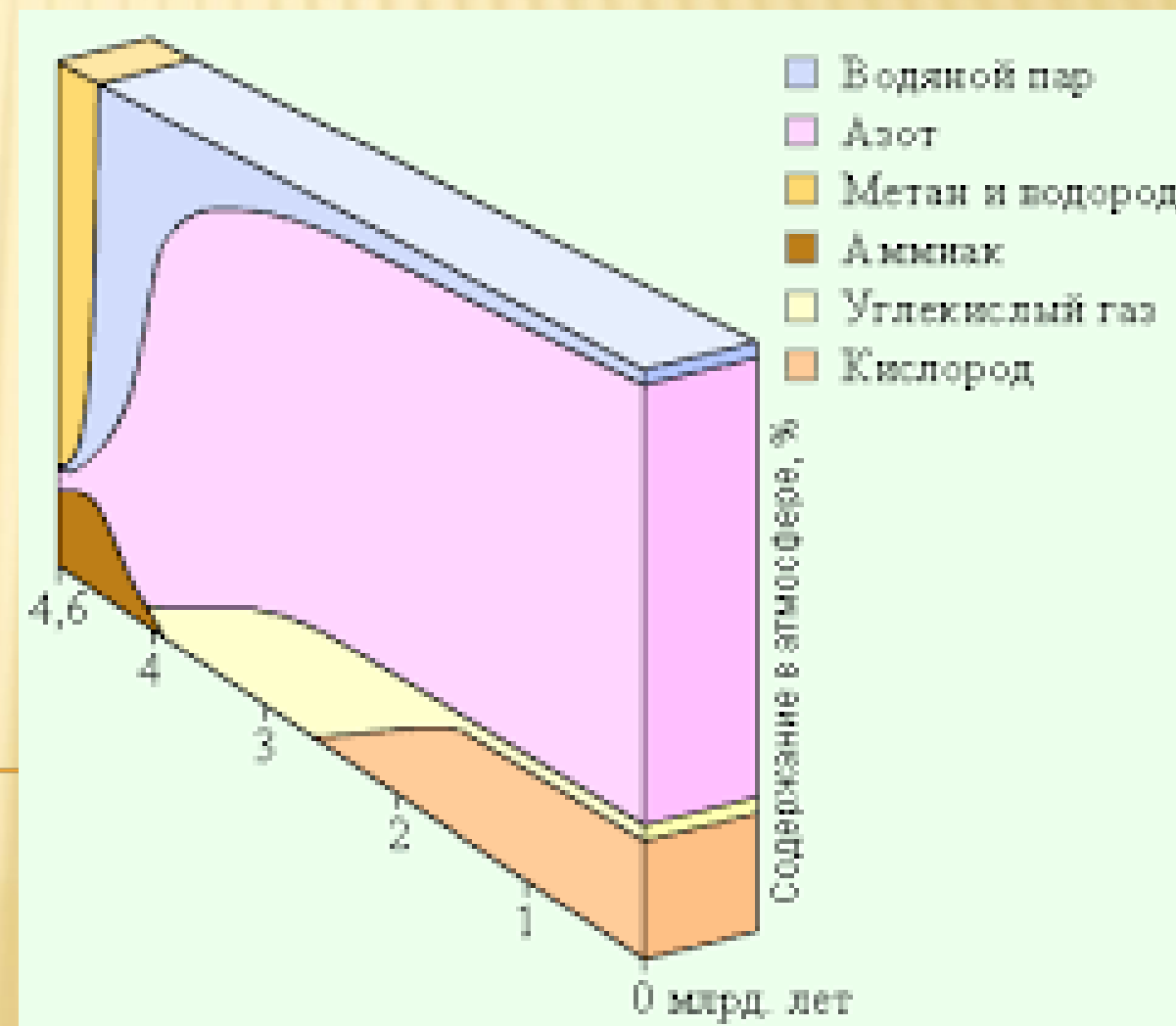
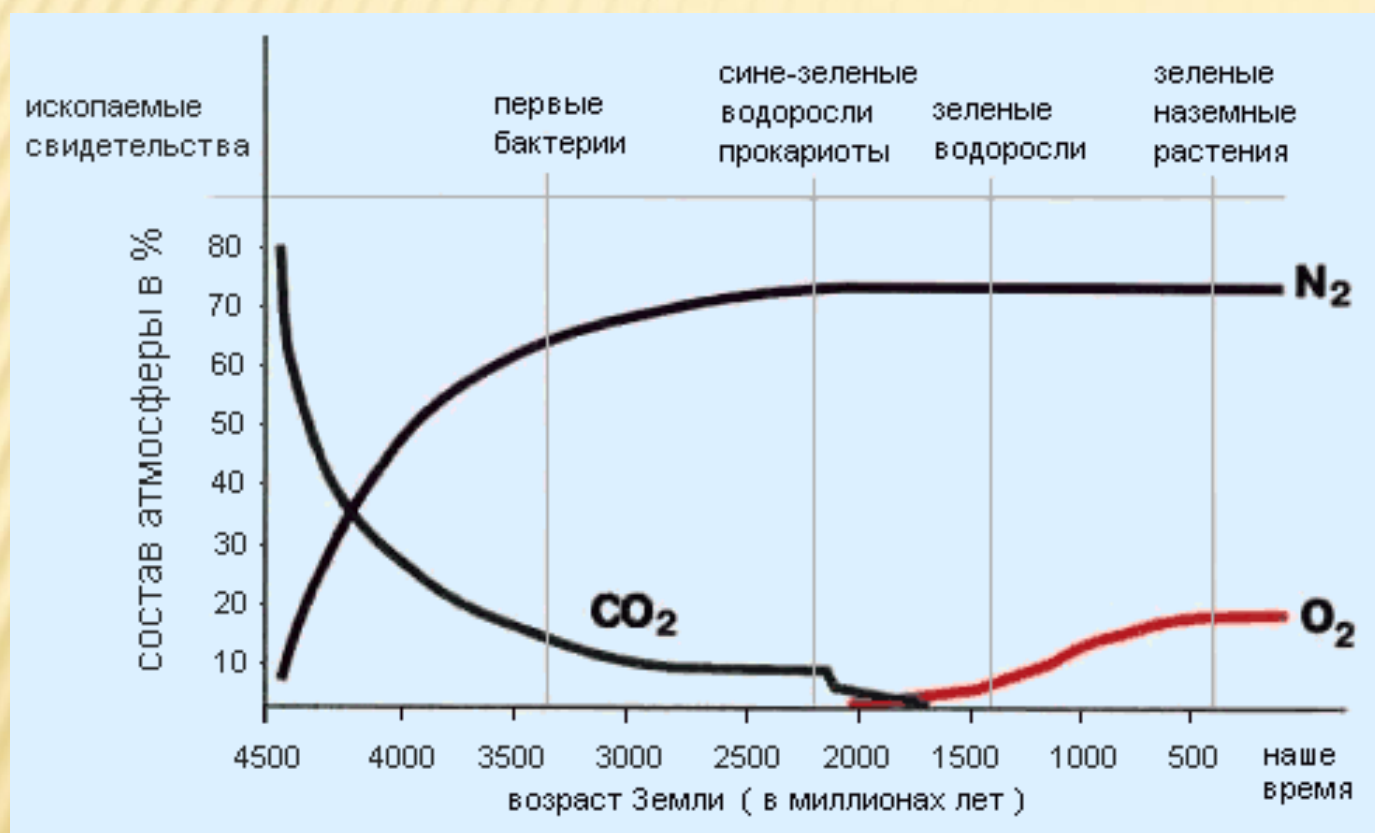
5 тыс. лет до н.э. – неолитическая революция,  
то есть переход от охоты и собирательства к  
земледелию и животноводству



# Второй перелом: 1750 год – промышленная революция, включающая переход на использование ископаемого топлива как основного источника энергии



В середине палеозоя, около 400 млн. назад, продукция кислорода сравнялась с его потреблением, содержание кислорода в атмосфере достигло современного уровня 20%.



# Экологический след – подход к интегральной оценке потребления человеком ресурсов биосферы

Концепцию предложил в 1992 г. Уильям Риз (W. Rees)

Регулярная активность по оценке следа поддерживается WWF





# Составляющие экологического следа



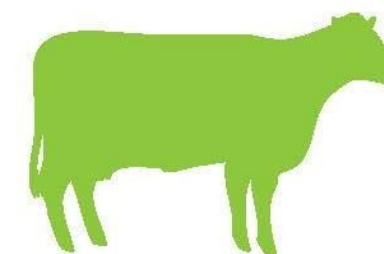
## Углеродный след

Площадь лесов, необходимая для связывания выбросов  $\text{CO}_2$  от сжигания ископаемого топлива, за исключением доли выбросов, поглощаемой океанами.



## Пашня

Площадь под сельскохозяйственными культурами, используемыми в качестве источника продовольствия и волокон для человека, а также под кормовыми, масличными и каучуковыми культурами.



## Пастбища

Площадь пастбищ для выпаса животных, выращиваемых в качестве источника мяса, молока, кожи и шерсти.



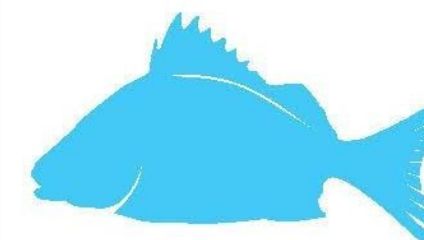
## Леса

Площадь лесов, необходимая для производства потребляемых лесоматериалов, целлюлозы и дров.



## Застроенные земли

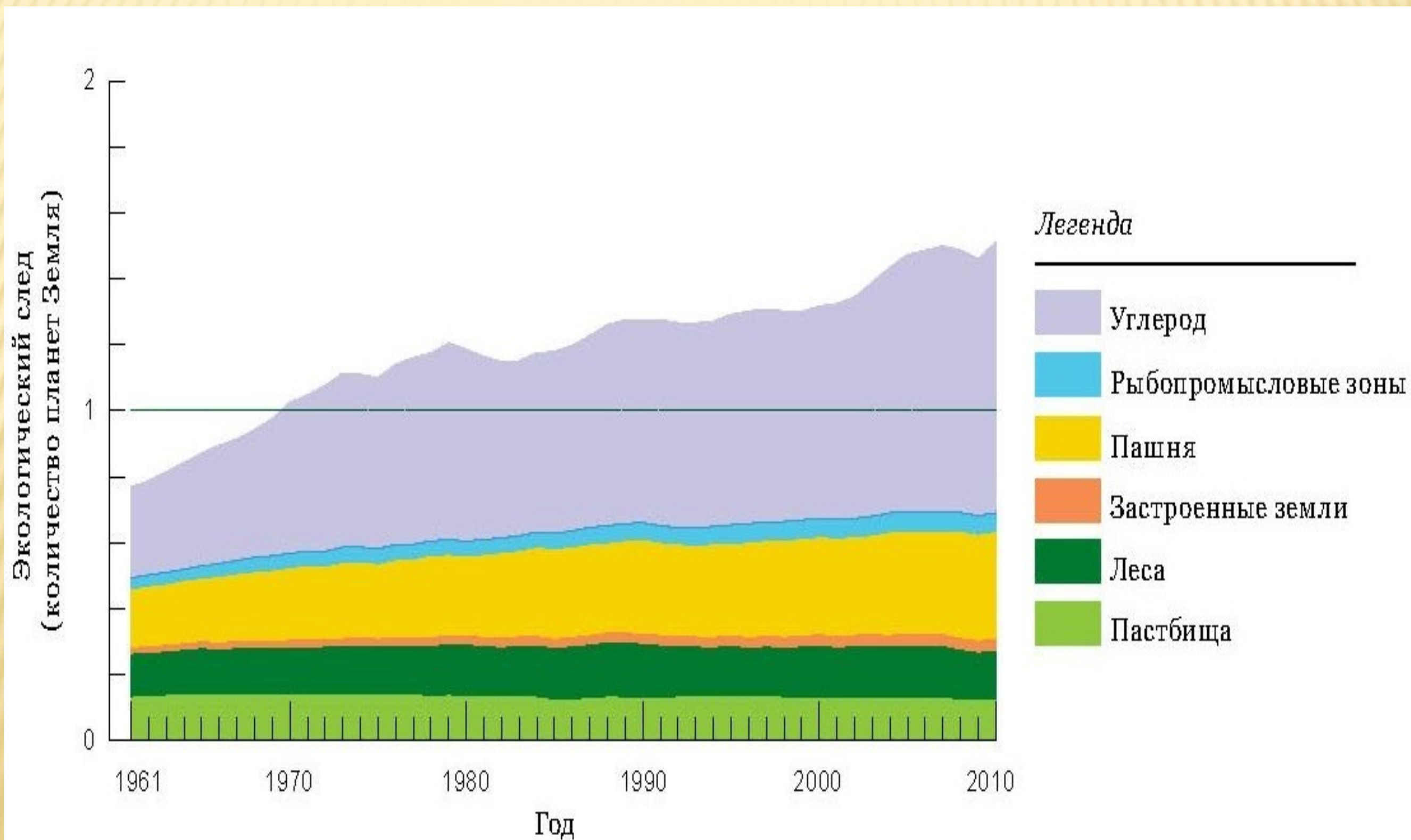
Площадь, занятая антропогенной инфраструктурой, включая транспортную инфраструктуру, жилую застройку, промышленные сооружения и водохранилища ГЭС.



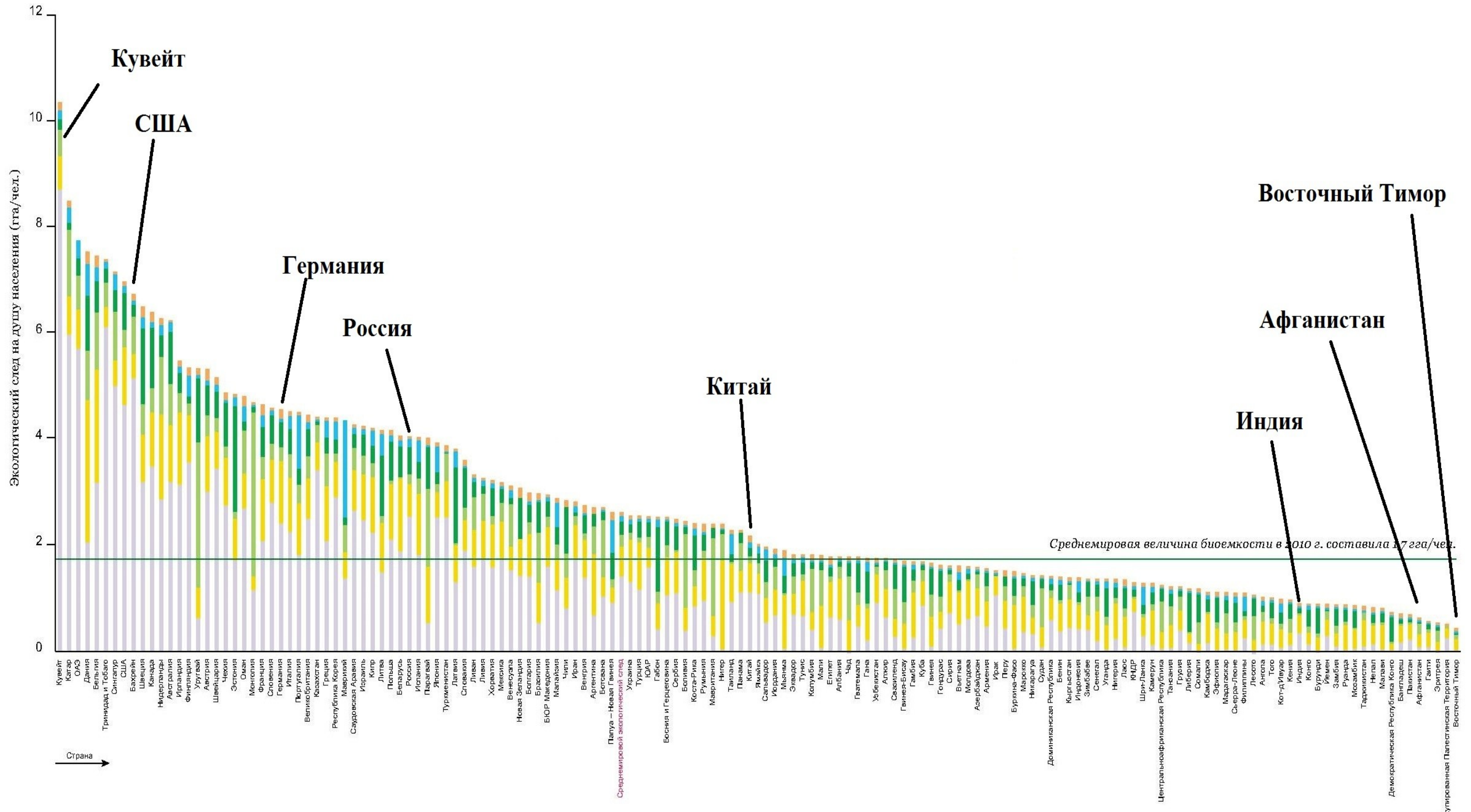
## Рыбопромысловые зоны

Рассчитывается на основе оценки первичной продукции, необходимой для поддержания добываемой рыбы и других морских организмов, с использованием данных о вылове морских и пресноводных видов.

# Динамика экологического следа в 1961-2010 гг.



# Экологический след на душу населения (га/чел.)

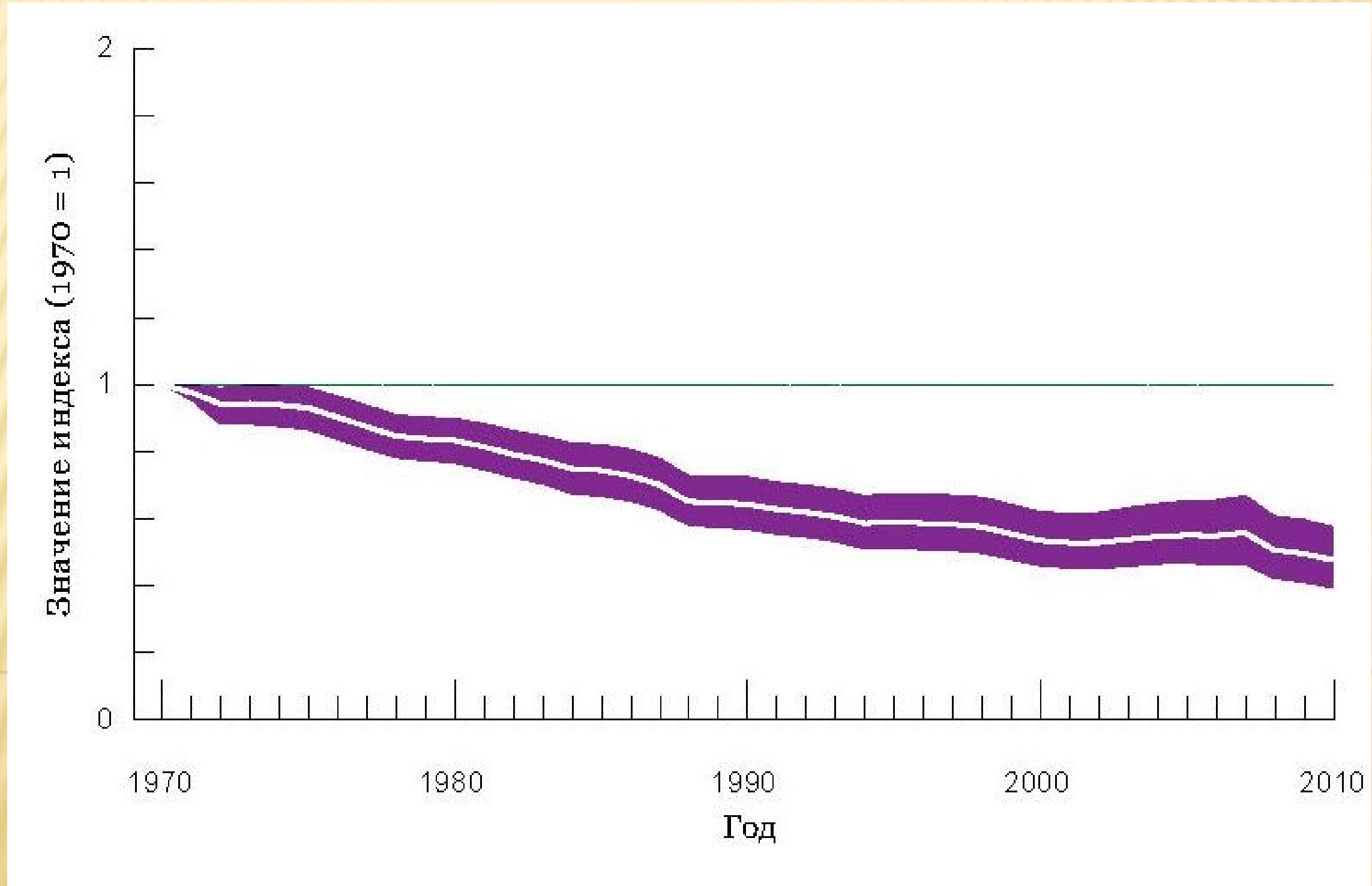


# Сколько людей может устойчиво существовать на Земле при разном уровне жизни

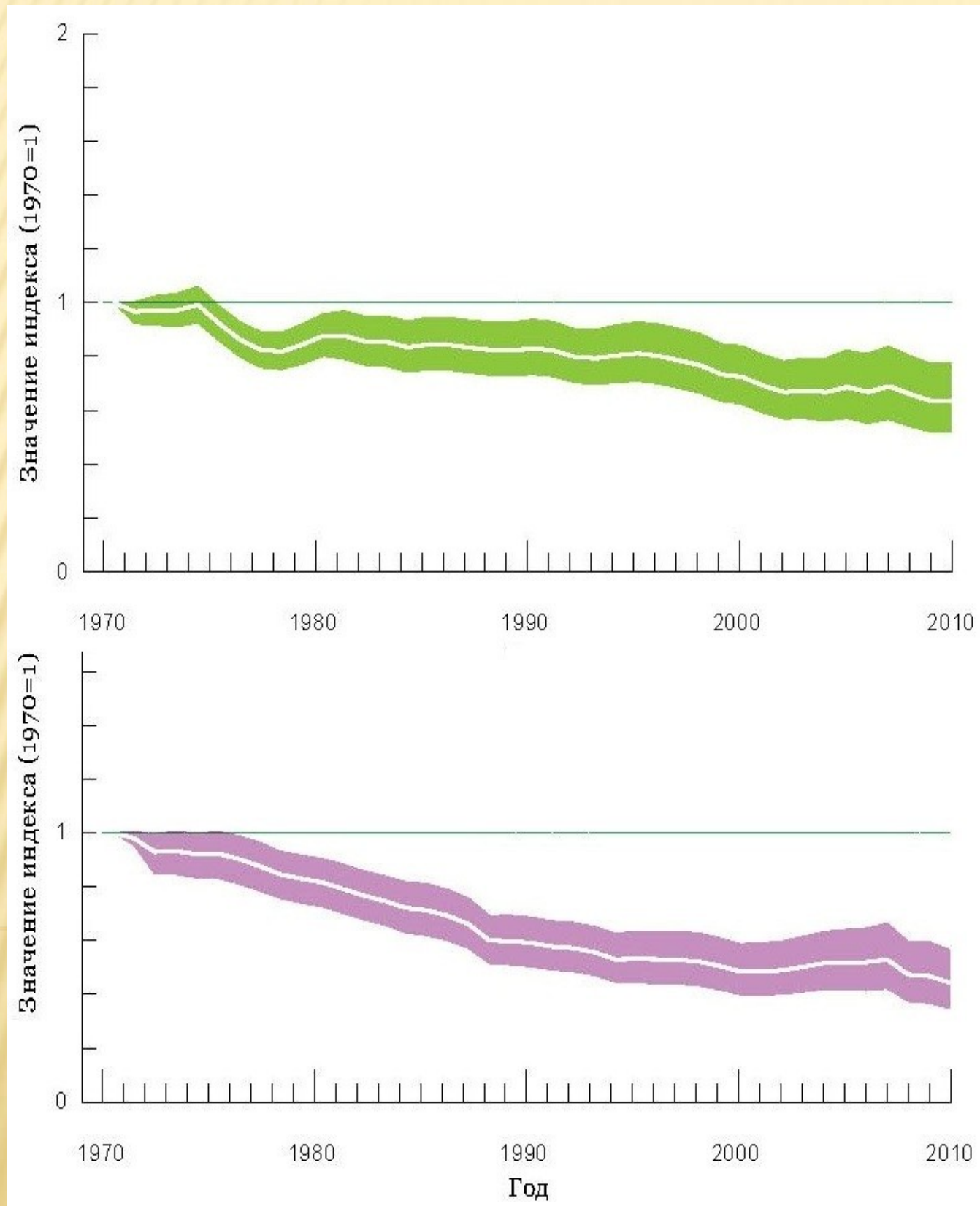
Уровень жизни (по стране)	Население, млрд. чел.
Кувейт	0.7
США	1.4
Россия	1.8
Китай	3.4
Индия	8.2
Восточный Тимор	17.2
Средний по всем странам	4.3

# Индекс живой планеты (уменьшился на 52%)

Рассчитывается по состоянию 10380 популяций  
3038 видов животных



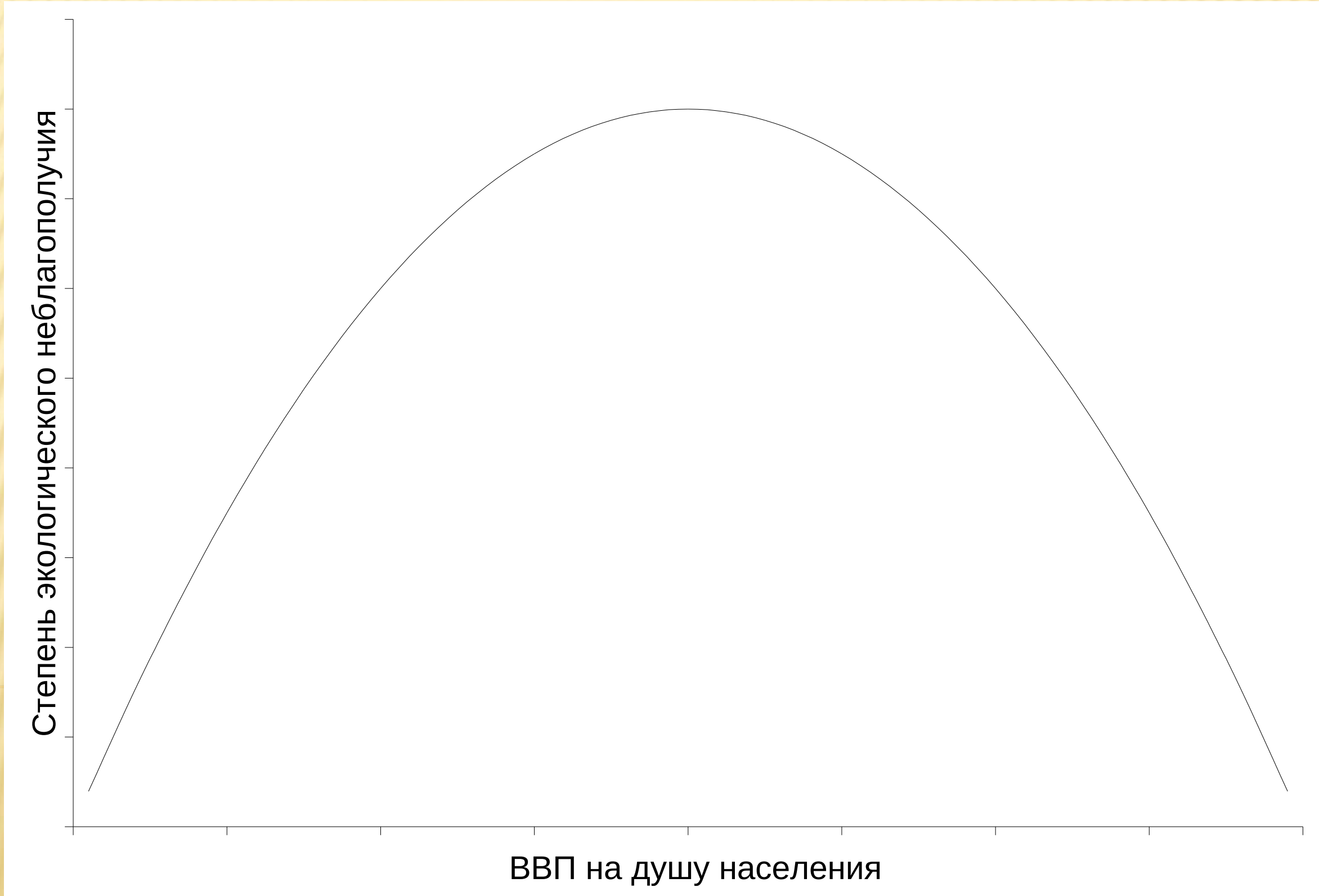
# Индекс живой планеты в умеренной и тропической зонах



Умеренная зона:  
6569 популяций  
1606 видов  
-32%

Тропическая зона  
3811 популяций  
1638 видов  
-56%

# Экологическая кривая Кузнецца (ЭКК)



# Саймон Кузнец (1901-1985)



Нобелевский лауреат (1971)

Ввел понятие ВВП (1934)

Использовал кривую для описания динамики социального неравенства (1955)

ЭКК впервые применена к описанию экологических процессов (загрязнение  $SO_2$ ) Г. Гроссманом и А. Крюгером (1991)

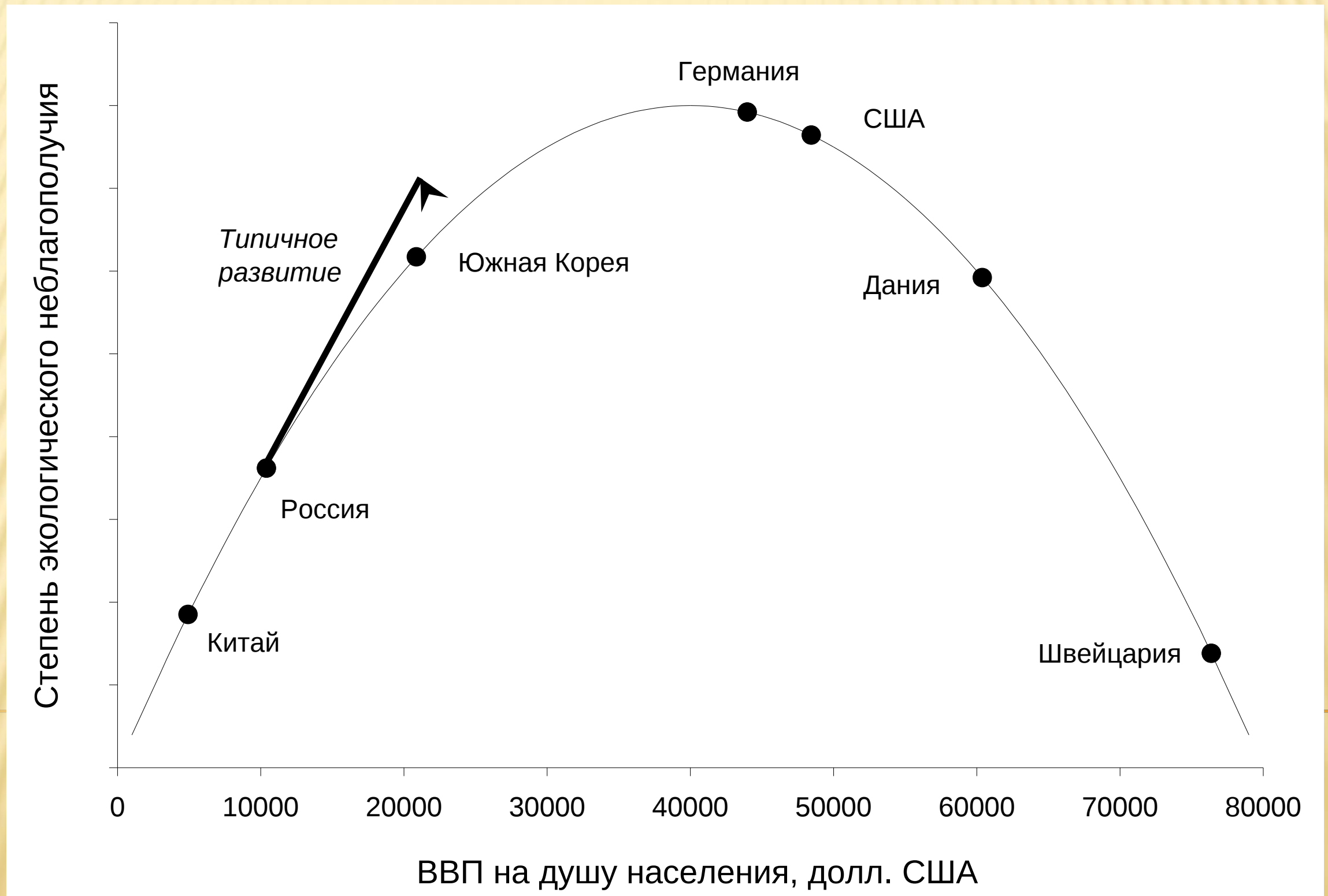


# Динамика эмиссий $SO_2$ в США.

Величины выражены в отношении к уровню 1900 г.



# Современное положение некоторых стран на ЭКК



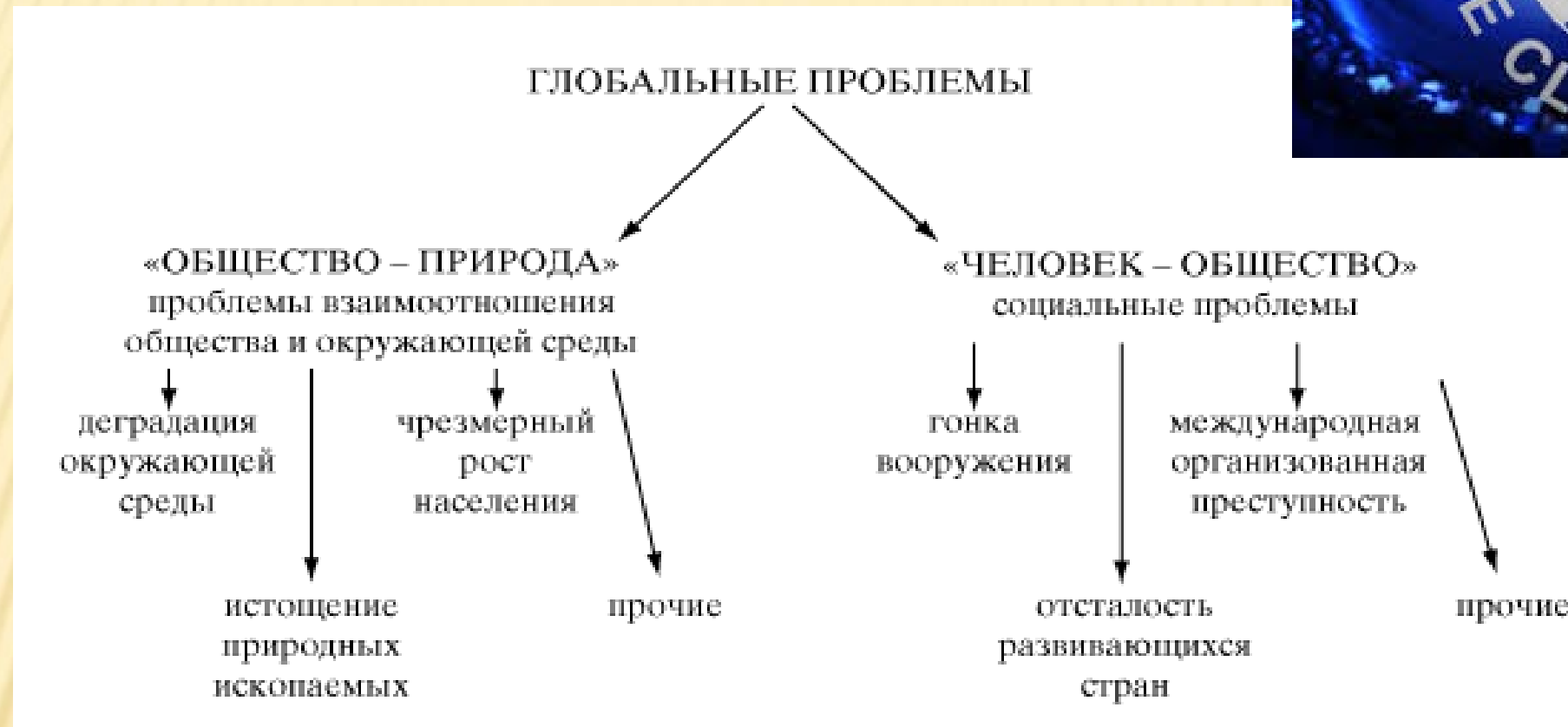
# Устойчивое развитие (определение из Википедии)



Это процесс изменений, в котором эксплуатация природных ресурсов, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений.



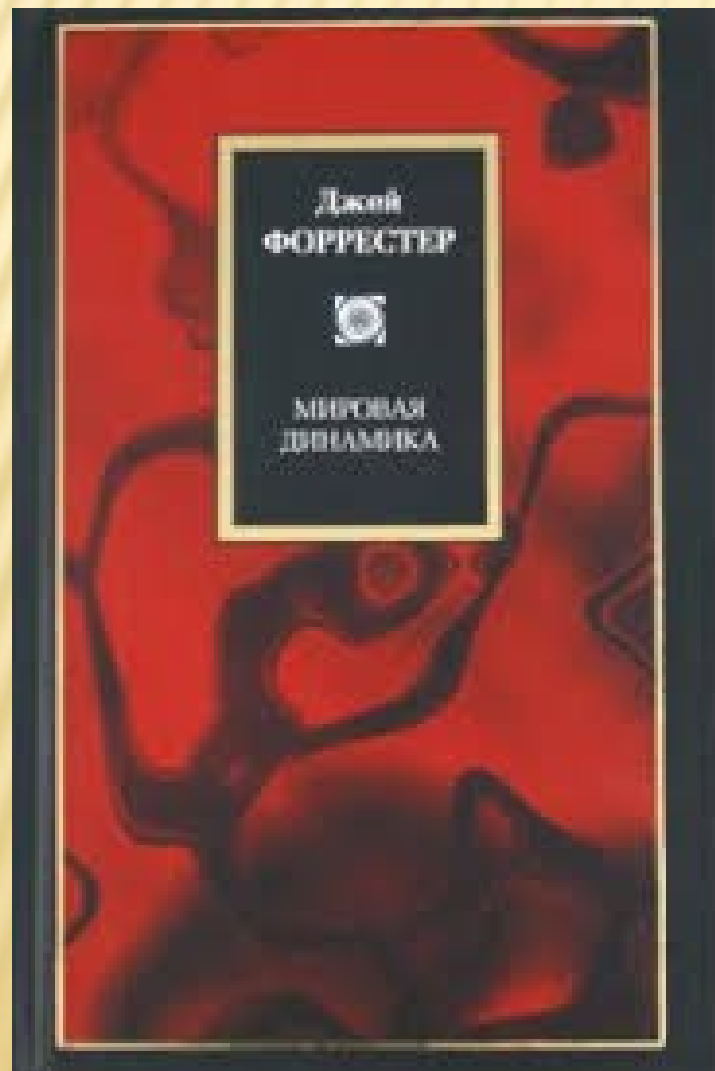
# Римский клуб



Международная общественная организация (аналитический центр), созданная итальянским промышленником Аурелио Печчеи (который стал его первым президентом) и генеральным директором по вопросам науки ОЭСР Александром Кингом 6—7 апреля 1968 года, объединяющая представителей мировой политической, финансовой, культурной и научной элиты.

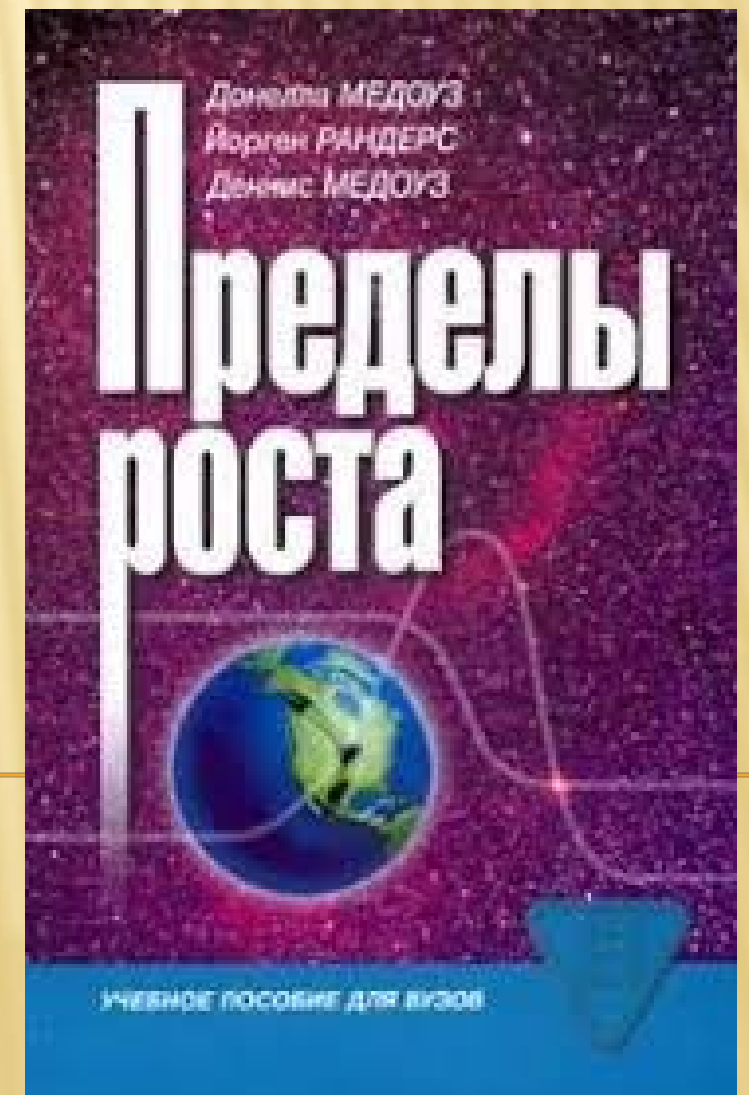
# Римский клуб

Джей Форрестер применил разработанную им методику моделирования на ЭВМ к мировой проблематике. Результаты исследования были опубликованы в книге «Мировая динамика» (1971).



Донелла Медоуза  
«Пределы роста» (1972) —  
исследование  
представлено Римскому клубу,  
исследование

— книга моделирования  
предела роста населения земного  
шар, ограниченности ресурсов, изданная по  
инициативе Римского клуба.



## Некоторые вехи в истории концепции устойчивого развития

- Начало 1970-х – доклады Римского клуба
  - 1972 г. – создание Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП)
  - 1992 г. – Конференция ООН по окружающей среде и развитию
  - 2012 г. – Конференция ООН по устойчивому развитию (Рио+20)
-

# УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ



Концепция УР образовалась в результате соединения трех направлений:

- ▣ 1) Экономического.
- ▣ 2) Экологического.
- ▣ 3) Социального.

На конференции 1992 года также была принята «Декларация по окружающей среде и развитию».



Согласно рассуждениям академика Н. Н. Моисеева, смысл идеи выражает термин «коэволюция человека и биосферы», что является почти синонимом «ноосферы» В. И. Вернадского. С такой точки зрения более точным переводом «sustainable development» может быть «совместное развитие».

# УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ





Развитие – это в любом случае изменение.

А изменение не может быть устойчивым!

Устойчивым может быть лишь существование при балансе входящих-исходящих потоков и постоянстве структуры системы.

Пример устойчивой  
системы –  
климаксная  
экосистема  
коренного  
тропического леса



Для обеспечения устойчивого существования на Земле человечеству необходимо:

- обеспечить баланс использования и возобновления природных ресурсов, в том числе стабильность биогеохимических циклов;
- изменить антропоцентричность сознания, признать право природных объектов (биологических видов, экосистем) на существование и сохранение;
- вероятно, придется стабилизировать численность населения.

# ТИПЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДУ

- **Уничтожение** экосистем
- **Загрязнение** экосистем
- **Эксплуатация** экосистем



Уничтожение лесов



Распашка  
земель



Интенсивный выпас скота



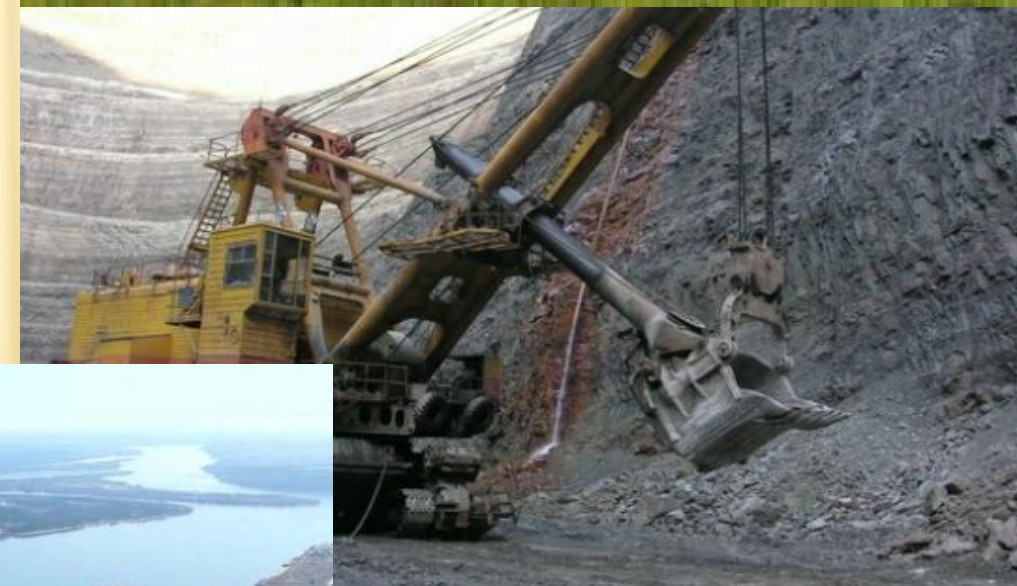
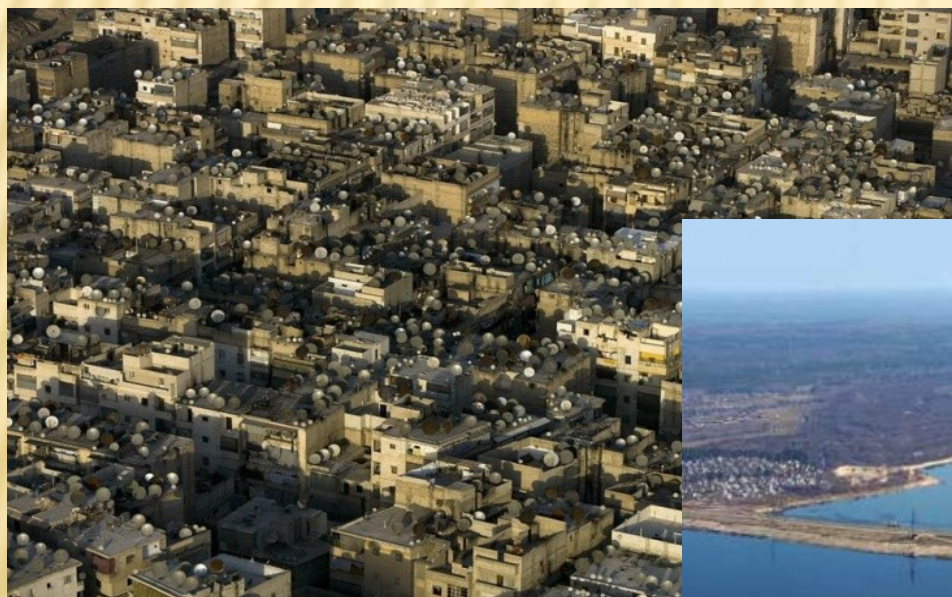
Строительство  
гидротехнических  
сооружений



# УНИЧТОЖЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ

---

- ▣ Распашка и земледелие
- ▣ Урбанизация и развитие транспортной инфраструктуры
- ▣ Разработка ископаемых
- ▣ Создание водохранилищ



# ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

- Под загрязнением окружающей среды следует понимать изменение свойств среды (химических, механических, физических, биологических и связанных с ними информационных), происходящие в результате естественных или искусственных процессов и приводящие к ухудшению функций среды по отношению к любому биологическому или технологическому объекту

ЦЕНА ЗАГРЯЗНЕНИЯ складывается

- 1) потеря ресурсов
- 2) стоимость ликвидации загрязнения и контроля над ним.



# ВИДЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

- по типам среды (воздух, вода, почва и т. п.)
- по загрязняющим факторам (свинец, углекислый газ, твердые отходы, стойкие органические загрязнения и т. д.).

С точки зрения уменьшения загрязнения в целом важно различать прежде всего два основных типа загрязнения.

- **Первый тип - стойкие (неразлагающиеся)** загрязнения — вещества и яды, такие, как алюминиевые банки, соли ртути, фенольные соединения с длинной цепью, которые в естественной среде либо не разрушаются вовсе, либо разрушаются очень медленно
- **Второй тип — загрязнители, разрушаемые биологическими процессами**, такие, как бытовые сточные воды, которые легко разлагаются естественным образом или на городских станциях по очистке сточных вод



# ВИДЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

По типу воздействия – химическое, физическое и биологическое.

## Биологическое загрязнение

- ◆ это случайное или связанное с деятельностью человека проникновение в эксплуатируемые экосистемы и технологические устройства чуждых им растений, животных и микроорганизмов (бактериологическое).



# ЭКСПЛУАТАЦИЯ

- ▣ Охота и рыболовство,
- ▣ Рубка лесов – без смены типа землепользования
- ▣ Пастбищное животноводство,
- ▣ Отбор воды.



Два направления эксплуатации природных ресурсов:

- ▣ 1. **Использование природной среды** для инженерно-бытовых сооружений, оздоровления и отдыха населения; водотоков и водоемов для транспортных путей
- ▣ 2. **Разработка природных ресурсов** — полезных ископаемых, лесопереработка, использование воды для бытовых и производственных целей, почв и лугов для сельскохозяйственного производства.





# МЕТОДЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

---

1. Разработка законодательства и создание охраняемых территорий.

2. Экологическое нормирование:

**ПДК** – предельно допустимые концентрации, т.е. предельные уровни, выше которых загрязнение уже наносит вред окружающей среде, в России он достаточно высокие и их соблюдение гарантирует чистую окружающую среду;

**ПДВ** – предельно допустимые выбросы, их отличие от ПДК в том, что они действуют не постоянно, они, как правило, относятся к промышленным предприятиям, они же используются в терминологии Киотского протокола, т.е. они определяют предельный уровень периодических выбросов;

**ПДИ** – предельно допустимая норма изъятия, как правило – это различные квоты, в частности, квоты на вылов рыбы, или на отстрел животных в охотничий сезон.

3. Экологический мониторинг – использует ПДК.

4. Экологический контроль – использует ПДВ.

## Установление режима охраны природных объектов: территории (ООПТ)

---

В России 13 тысяч ООПТ площадью 200 млн. га  
(12% территории страны)

ООПТ федерального значения (299 территорий, 59  
млн. га)

Заповедники (102 территорий)

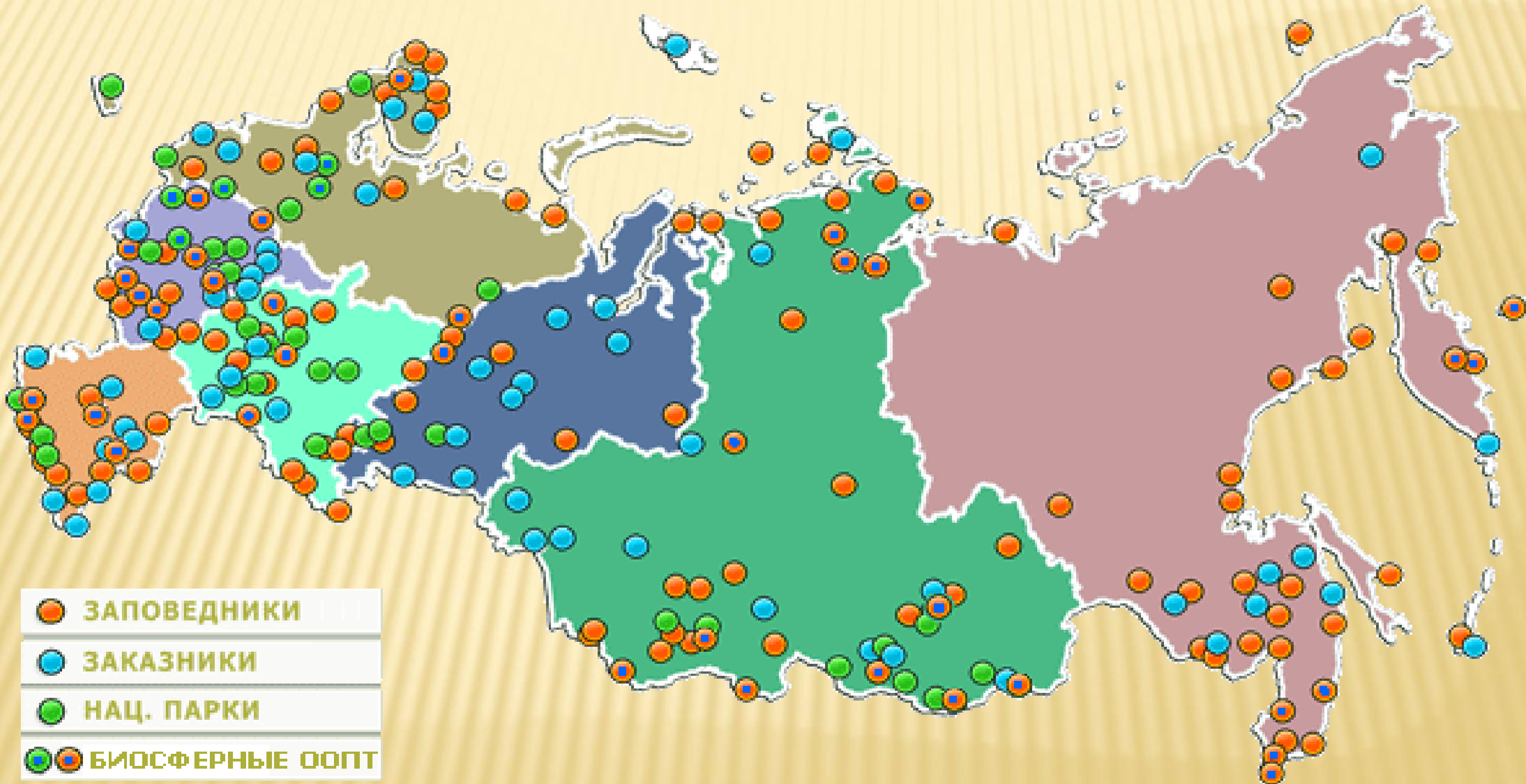
Национальные парки (46 территорий)

Заказники (70 территорий)

Памятники природы (81 территория)

В Мире – 147 тысяч ООПТ на 13% площади Суши

# Федеральные ООПТ России



## Установление режима охраны природных объектов: биологические виды

---

Красные книги растений, животных и грибов

Статусы видов: 1) вероятно исчезнувшие (не отмечались 50 лет; 2) под угрозой исчезновения; 3) сокращающиеся в численности; 4) редкие; 5) с неопределенным статусом; 6) восстанавливаемые и восстанавливающиеся.

**В Красной книге России 231 таксон животных и 533 таксона растений.**

**Красные списки МСОП** включают 48 000 видов животных, 14 500 тысяч растений

# Некоторые виды Красной книги России

Амурский тигр



Фламинго  
обыкновенный



Венерин башмачок  
настоящий



# Экологическое нормирование

---

Деятельность по установлению различных нормативов в области охраны окружающей среды

- 1) Нормативы качества среды – ПДК
- 2) Нормативы выбросов загрязнений – ПДВ
- 3) Нормативы изъятия ресурсов среды.

# ПДК – предельно допустимые концентрации

- ПДК для атмосферного воздуха населенных пунктов ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и др., всего около 650).
- ПДК в водных объектах ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cu}$  и др., всего около 1200)
- ПДК для почвы ( $\text{Hg}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cu}$ , бензин, всего 39)

# МЕТОДЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

5. Экологический аудит.
6. Экологическая сертификация.
7. Экологическая экспертиза.
8. Экологическое образование – инструмент не самый действенный в России, но активно использующийся и приносящий пользу.

Основная идея разработки кодекса экологического поведения



- Совершенствование экологических знаний в целях регулирования охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности путем установления единых принципов и правил поведения

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ (ст. 3 Федерального закона "Об экологической экспертизе")	
	Презумпция экологической опасности любой намечаемой хозяйственной деятельности
	Обязательность проведения экологической экспертизы до реализации объекта
	Комплексность оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду
	Обязательность учета требований экологической безопасности при проведении экологической экспертизы
	Достоверность и полнота информации
	Независимость экспертов
	Научная обоснованность, объективность и законность экспертных заключений
	Гласность, учет общественного мнения, участие общественных организаций
	Ответственность участников экологической экспертизы за ее проведение и качество





# Экологический аудит и экологическая сертификация

---

- Аудит - независимая оценка соблюдения субъектом хозяйственной деятельности нормативно-правовых требований в области охраны окружающей среды.
- Сертификация – подтверждение соответствия объекта экологическим требованиям.
- Проводят аудиторские конторы (Тестэко, Экоаудит, SKN group и др.)
- Экознак (экологический сертификат) – выдают аккредитованные организации (те же аудиторские конторы).

# Экологический контроль

Система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения нормативно-правовых требования в области охраны окружающей среды.

Государственный экологический контроль осуществляет в России **Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор)**

За 2015 год возбуждено 32000 административных дел, наложено 27000 штрафов на сумму 1028 млн. руб., взыскано 763 млн. руб.



# Экологическая экспертиза

---

Установление соответствия документации намечаемой деятельности нормативно-правовым требованиям в области охраны окружающей среды.

Подразделяется на государственную и общественную.

Государственную экологическую экспертизу проводит **Росприроднадзор**, общественную назначают органы местного самоуправления либо общественные организации.

# Экологическое воспитание и образование

---

Формирование экологической культуры личности, чувства ответственности за состояние окружающей среды.

Для России характерен низкий уровень экологической культуры, распространено представление о неисчерпаемости природных ресурсов и отсутствие чувства персональной ответственности за состояние среды.



# Экологический мониторинг

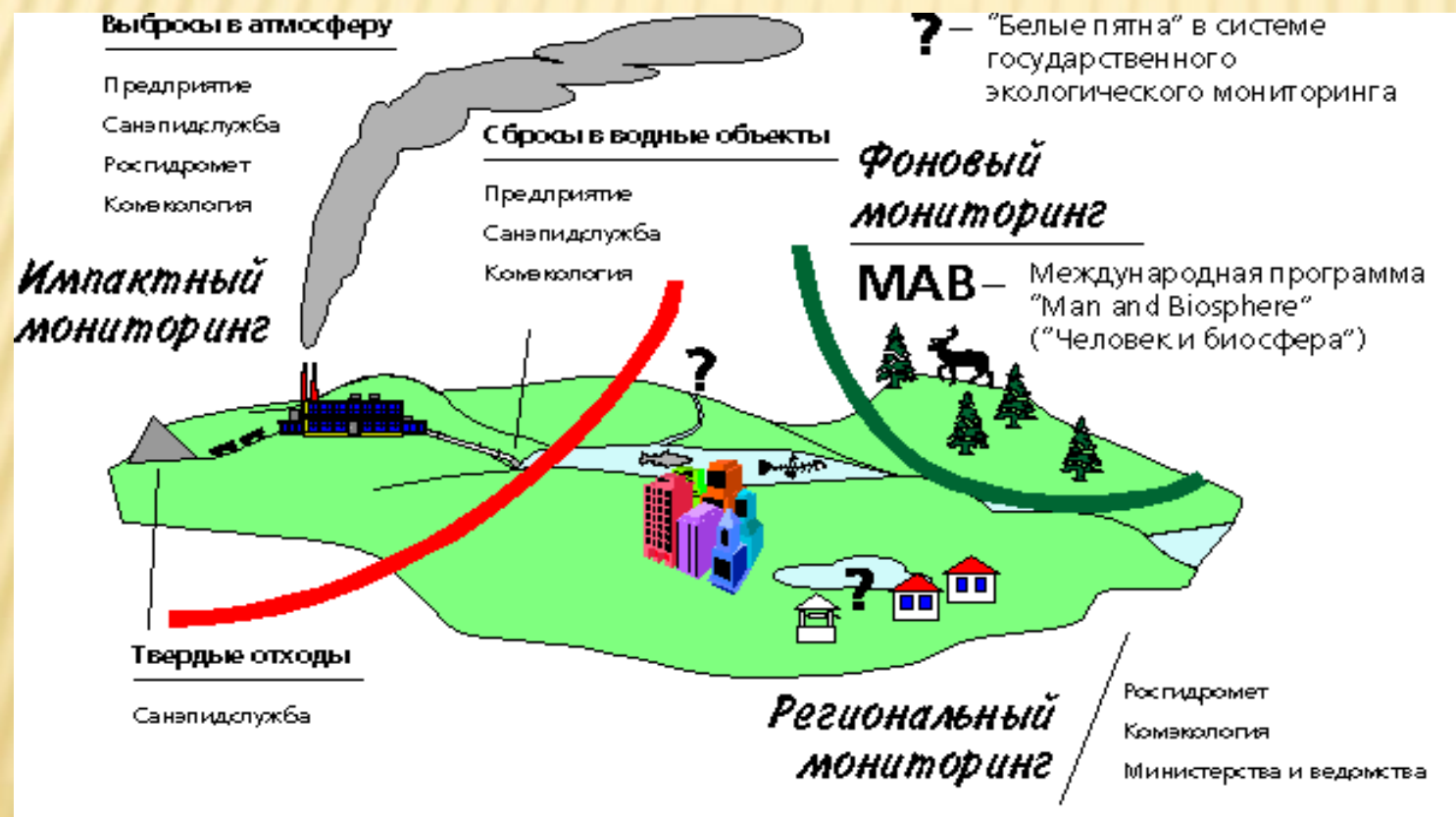
Комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды.

В России государственный мониторинг осуществляет Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).



# МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

**Наблюдение и контроль** за состоянием атмосферного воздуха, водных, земных, минерально-сырьевых и биологических ресурсов  
Для полноты и точности сведений об окружающей среде и природных ресурсах необходим их мониторинг на разных уровнях: **локальном, региональном, государственном и глобальном.**



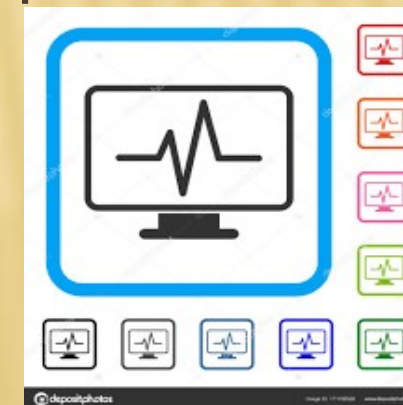
# ИНДИКАТОРЫ

Основные принципы системы наблюдений, в которых должны учитываться:

- возрастающая **вероятность быстрых изменений** окружающей среды в условиях интенсификации социально-экономического развития;
- наличие **взаимосвязи** изменения **окружающей среды и социально-экономического развития**, а также выделение параметров экологических изменений, которые наиболее чувствительны к внешним воздействиям;
- ряды данных по экологическим изменениям в прошлом.

## Приоритетные индикаторы:

- **энергопотребление**: его эффективность, роль различных видов энергии, влияние на окружающую среду и др.;
- **водные ресурсы**, их типы, распределение по пользователям, потребление на единицу валового национального продукта и т. д.;
- **возобновляемые природные ресурсы**: производство продукции на единицу ресурсов, динамика лесов и сельскохозяйственных земель и пр.;
- **уровень загрязнения окружающей среды**;
- **характеристики использования земель**.



# Мессидж курса

---

- Экологические проблемы, как правило, возникают не в экстренном порядке, а создаются рутинной деятельностью индивидов.
- Приведение антропогенного пресса в соответствие с компенсационным потенциалом биосферы следует считать главнейшей задачей современного этапа развития человечества.
- Осознанный выбор «экологичности» образа жизни каждым индивидом – это важное условие достижения устойчивости существования человечества в биосфере.
- Любые индивидуальные действия, связанные с ограничением использования ресурсов, крайне важны на этом пути.



# ЗАЧЕТ

---

- 22 декабря
- В 15.00 – 18.00 – в дистант режиме.