



+ Основные этапы развития биосферы

Биосфера развивалась миллиарды лет, соединяя жизнь, климат и геологические процессы.

Биосфера: живая оболочка Земли



Биосфера охватывает нижние слои атмосферы, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы. Ее история показывает, как менялись среда, организмы и способы получения энергии под влиянием внутренних и внешних факторов Земли.

Добиологический этап: ранняя Земля

01.

Формирование планеты

Земля возникла около 4,54 млрд лет назад из вещества протопланетного диска. Первичная поверхность была раскаленной, а ранняя кора постоянно перестраивалась под действием внутренних процессов.

02.

Активный вулканизм

В первые сотни миллионов лет вулканические извержения были особенно интенсивными. Они насыщали атмосферу газами и создавали условия, при которых поверхность планеты оставалась крайне нестабильной.

03.

Метеоритная бомбардировка

Молодая Земля переживала частые удары метеоритов и астероидов. Эти столкновения дополнительно разогревали поверхность, изменяли рельеф и мешали формированию устойчивых природных оболочек.

04.

Первичная атмосфера

В атмосфере почти не было свободного кислорода, зато присутствовали водяной пар, углекислый газ, азот, метан и аммиак. Такая смесь стала исходной средой для будущего возникновения жизни.

Появление первых клеток

Древнейшие организмы

- Первые живые существа появились не позднее 3,5 млрд лет назад. Вероятнее всего, это были прокариоты — простые клетки без оформленного ядра и внутренних мембранных структур.

Следы в породах

- Их существование подтверждают строматолиты и микрофоссилии в древних породах. Эти находки помогают восстановить ранние этапы жизни, когда прямых наблюдений, разумеется, не существует.

Жизнь без кислорода

- Древние клетки жили в бескислородной среде и использовали хемосинтез или примитивный фотосинтез. Океаны были для них более стабильной средой, чем суша.

Начало биологической эры

- Появление первых клеток стало рубежом, с которого история Земли перестала быть только геологической. С этого момента живые организмы начали влиять на состав среды.



Ключевые рубежи истории биосферы

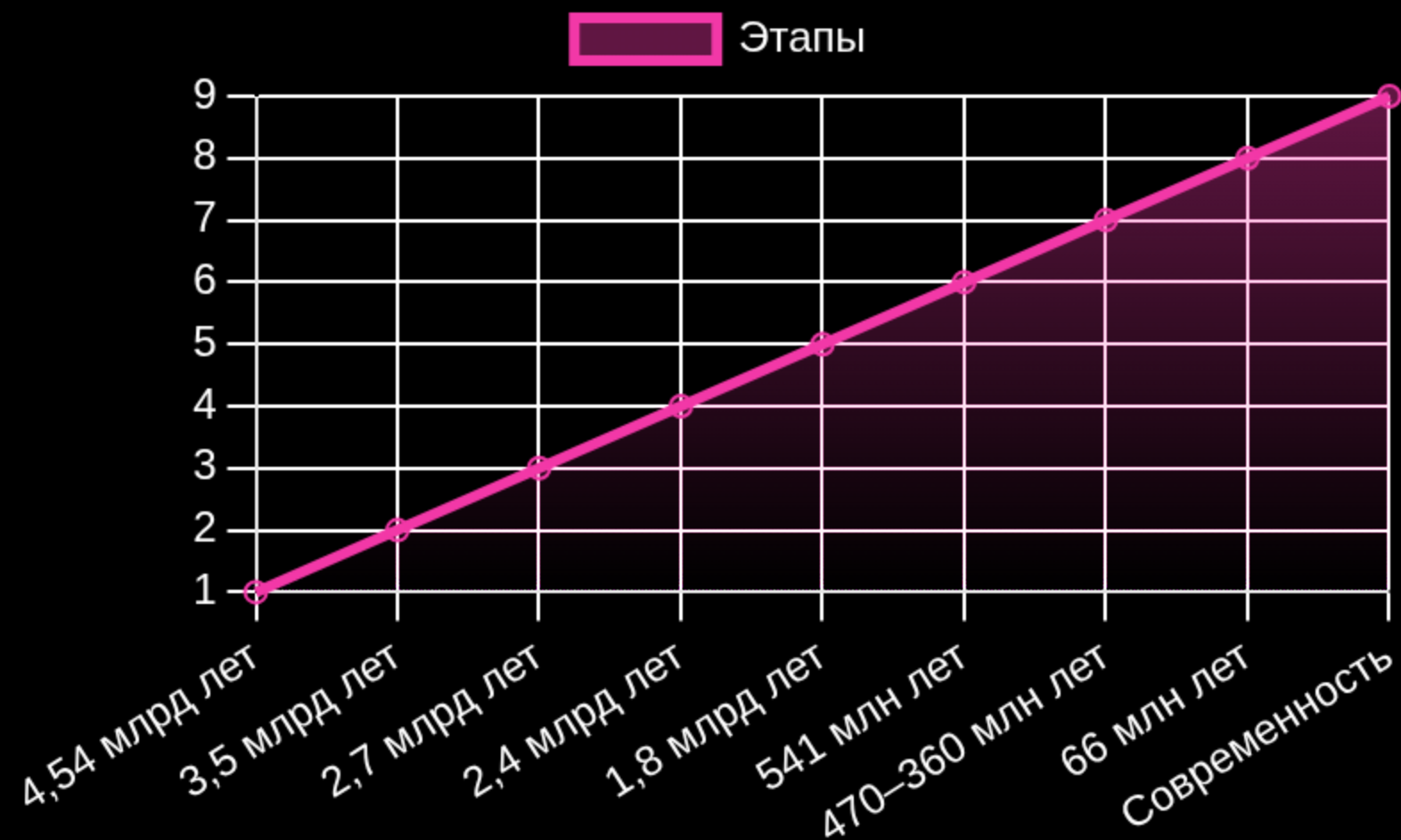


Диаграмма показывает не только даты, но и последовательность усложнения жизни: от простейших клеток к наземным экосистемам и антропогенному этапу.

Этапы следуют не хаотично: каждый новый рубеж возникал после серьезных изменений в среде и энергетике живых систем.

Обобщение по данным школьного курса биологии и геохронологии.

Фотосинтез и кислородная революция

01.

Цианобактерии

Около 2,7 млрд лет назад цианобактерии начали активно выделять кислород в ходе фотосинтеза. Это изменило не только биологию, но и весь химический баланс планеты.

02.

Накопление кислорода

Примерно 2,4 млрд лет назад кислород стал заметно накапливаться в атмосфере. Этот этап называют кислородной революцией, потому что он радикально изменил условия жизни.

03.

Геохимические последствия

Избыток O_2 вызвал окисление растворенного железа в океанах и повлиял на состав древних пород. Для многих анаэробных организмов новая среда оказалась губительной.

04.

Новый тип дыхания

Свободный кислород открыл путь к аэробному дыханию. Такой способ обмена веществ обеспечивает больше энергии, чем бескислородные процессы, и поддерживает более сложные организмы.

Древняя и современная атмосфера Земли

Показатель	Древность	Сегодня
Кислород	почти нет	≈21%
Углекислый газ	выше	низкое

Сравнение показывает, как изменение состава атмосферы повлияло на условия жизни и защиту поверхности планеты.

Рост содержания кислорода сделал возможным озоновый экран, а значит, ослабил действие ультрафиолета и расширил пригодные для жизни территории.

Обобщение по данным геохимии и школьного курса биологии.

Возникновение эукариот и многоклеточности

~1,8 млрд лет назад

Появились эукариотические клетки. Их возникновение связывают с симбиозом, благодаря которому сформировались митохондрии, а у фотосинтезирующих форм — хлоропласты.

1,2–0,8 млрд лет назад

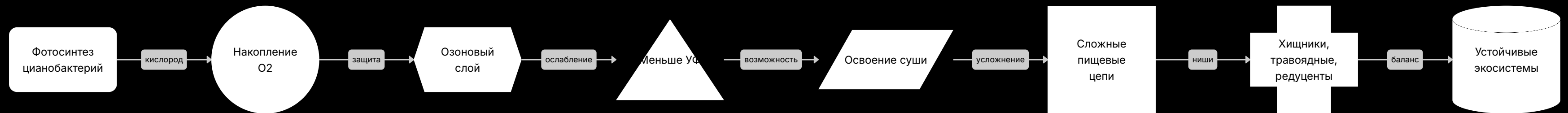
Распространились многоклеточные организмы. С этого момента стало возможным разделение функций между клетками, увеличение размеров тела и усложнение строения живых существ.

Дальнейшее усложнение

Эукариоты отличались более сложной организацией клетки и лучшей специализацией внутренних структур. Это повысило их возможности в обмене веществ и адаптации к разным условиям.

От фотосинтеза к устойчивым экосистемам

Последовательность биологических и геохимических изменений в истории биосферы.



Кембрийский взрыв и разнообразие животных



Быстрый рост разнообразия

Около 541 млн лет назад в морях резко увеличилось число животных форм. По геологическим меркам это произошло сравнительно быстро и стало важнейшим рубежом эволюции.



Новые структуры

Именно тогда появились многие основные типы животных, а также твердые скелетные образования. Они улучшили защиту, движение и возможность оставлять более заметные ископаемые остатки.



Сложное поведение

Развитие органов чувств и активного передвижения сделало животных более разнообразными по образу жизни. Морские экосистемы начали делиться на отдельные экологические ниши.



След в ископаемых

Кембрийский взрыв хорошо виден в палеонтологической летописи. По остаткам древних организмов ученые прослеживают, как животный мир стал значительно сложнее.

Выход растений и животных на сушу

01.

Освоение наземной среды

В интервале 470–360 млн лет назад жизнь постепенно вышла за пределы водной среды. Сначала сушу освоили растения, а затем членистоногие и первые позвоночные, приспосабливаясь к новым условиям.

02.

Приспособления растений

У наземных растений появились корни, листья, проводящие ткани и защитные покровы, уменьшающие потерю воды. Эти признаки позволили им закрепляться в почве, эффективнее питаться и расти вне воды.

03.

Приспособления животных

У животных сформировались механизмы наземного дыхания, опоры тела и движения по твердому субстрату. Благодаря этому они смогли заселять прибрежные зоны, влажные леса и постепенно более сухие участки.

04.

Изменение среды

Освоение суши вызвало образование почв, усиление выветривания пород и перестройку круговорота воды. Наземная растительность также начала снижать концентрацию углекислого газа в атмосфере, влияя на климат.

Леса, почвы и углеродный цикл в палеозое

01.

Расцвет лесов

В девонском и каменноугольном периодах на суше сформировались обширные леса. Они резко увеличили биомассу планеты и стали важным источником органического вещества для дальнейших геологических процессов.

02.

Почвы и гумус

Развитие почвенного слоя и накопление гумуса повысили плодородие суши. Это создало более устойчивые условия для распространения наземных растений, грибов и животных, связанных с лесными экосистемами.

03.

Образование угля

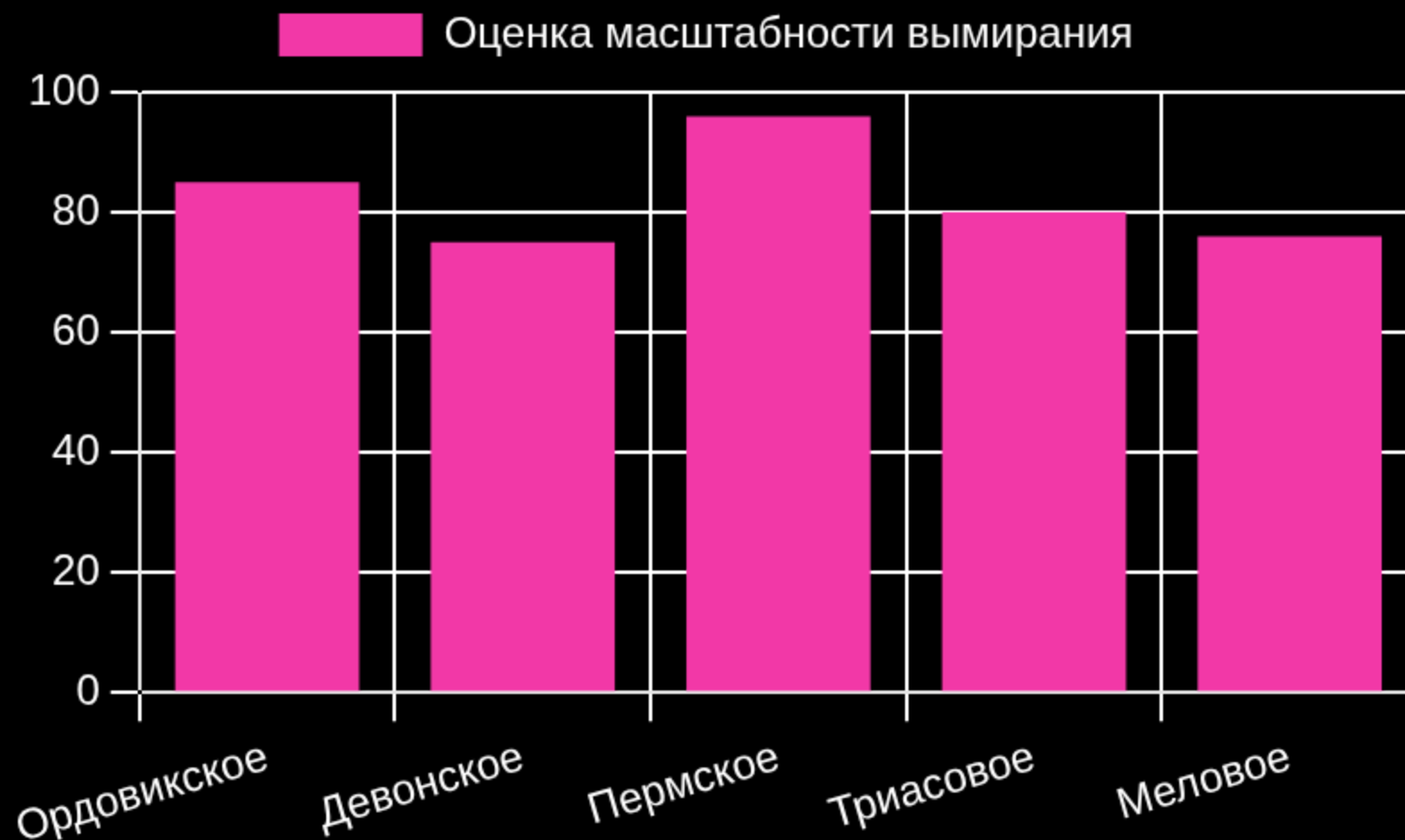
Часть растительных остатков не успевала полностью разлагаться и захоранивалась в болотистых условиях. Со временем такие накопления превратились в залежи каменного угля, сохранив следы древней растительности.

04.

Влияние на атмосферу

Захоронение большого количества углерода изменяло газовый состав атмосферы и климат Земли. Палеозойские леса сыграли ключевую роль в перераспределении углерода между живыми организмами, почвой и горными породами.

Крупнейшие массовые вымирания в истории Земли



Кризисы различались по причинам и темпам, но каждый из них резко

- перестраивал экосистемы и открывал место для новых эволюционных линий.

Пермское вымирание было самым тяжелым; остальные кризисы тоже

- сопровождались глубокими перестройками биосферы и последующей радиацией выживших групп.

Обобщение по данным палеонтологии и геохронологии; учебные оценки масштабов пяти массовых вымираний.

Мезозойская эра: динозавры и господство голосеменных

252 млн лет назад

Начало мезозоя связано с восстановлением биосферы после пермского кризиса. В новых экосистемах быстро заняли доминирующие позиции динозавры, морские рептилии и голосеменные растения.

Триас, юра, мел

На протяжении трех периодов мезозоя животный и растительный мир усложнялся, а на суше и в морях формировались устойчивые пищевые сети. Голосеменные сохраняли ведущую роль во флоре.

Около 130 млн лет назад

Появление цветковых растений резко ускорило обновление экосистем. Их коэволюция с насекомыми-опылителями повысила продуктивность сообществ и стала одним из главных факторов роста разнообразия.

Появление млекопитающих и человека

Древнее происхождение

- Млекопитающие возникли еще в мезозое и долго оставались сравнительно малочисленными. Их ранняя эволюция проходила рядом с доминирующими динозаврами и была связана с освоением скрытных способов жизни.

Расцвет после кризиса

- После вымирания динозавров 66 млн лет назад освободились многочисленные экологические ниши. Это позволило млекопитающим быстро расширить ареалы, размеры тела и разнообразие жизненных форм.

Род Homo

- Род Homo появился примерно 2,8 млн лет назад, а Homo sapiens — около 300 тыс. лет назад. Эти этапы отражают постепенное усложнение поведения, орудийной деятельности и социальной организации.

Преобразующая роль человека

- Человек не только приспосабливается к биосфере, но и активно меняет ее. Его деятельность влияет на ландшафты, климат, водные ресурсы, почвы и общее состояние живой природы.



Основные этапы развития биосферы и их признаки

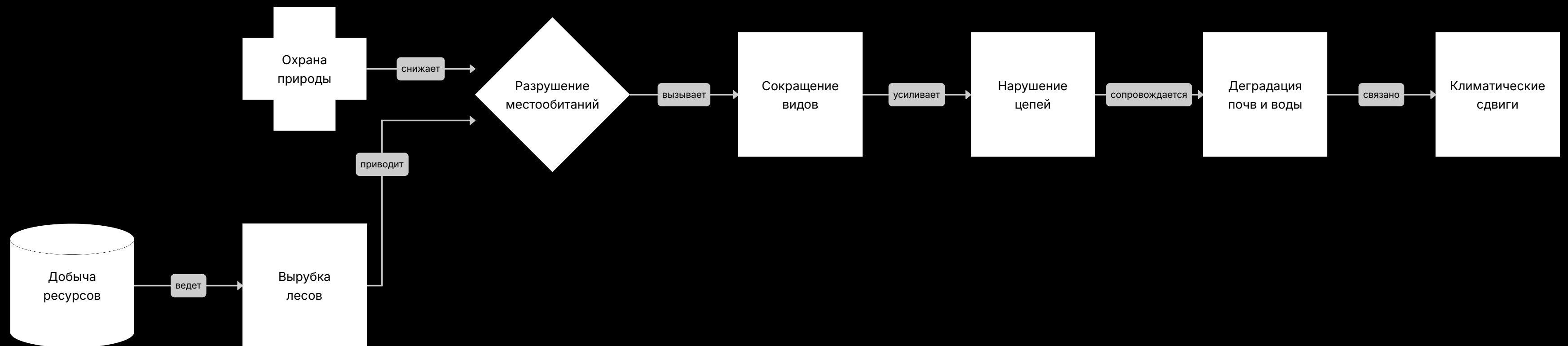
- Таблица показывает, как менялись ведущие группы организмов и состояние среды на разных этапах истории Земли.
- Развитие биосферы шло от простых форм жизни к все более сложным сообществам, а изменения среды и организмов постоянно усиливали друг друга.

Обобщение по данным геологии, палеонтологии и биологии.

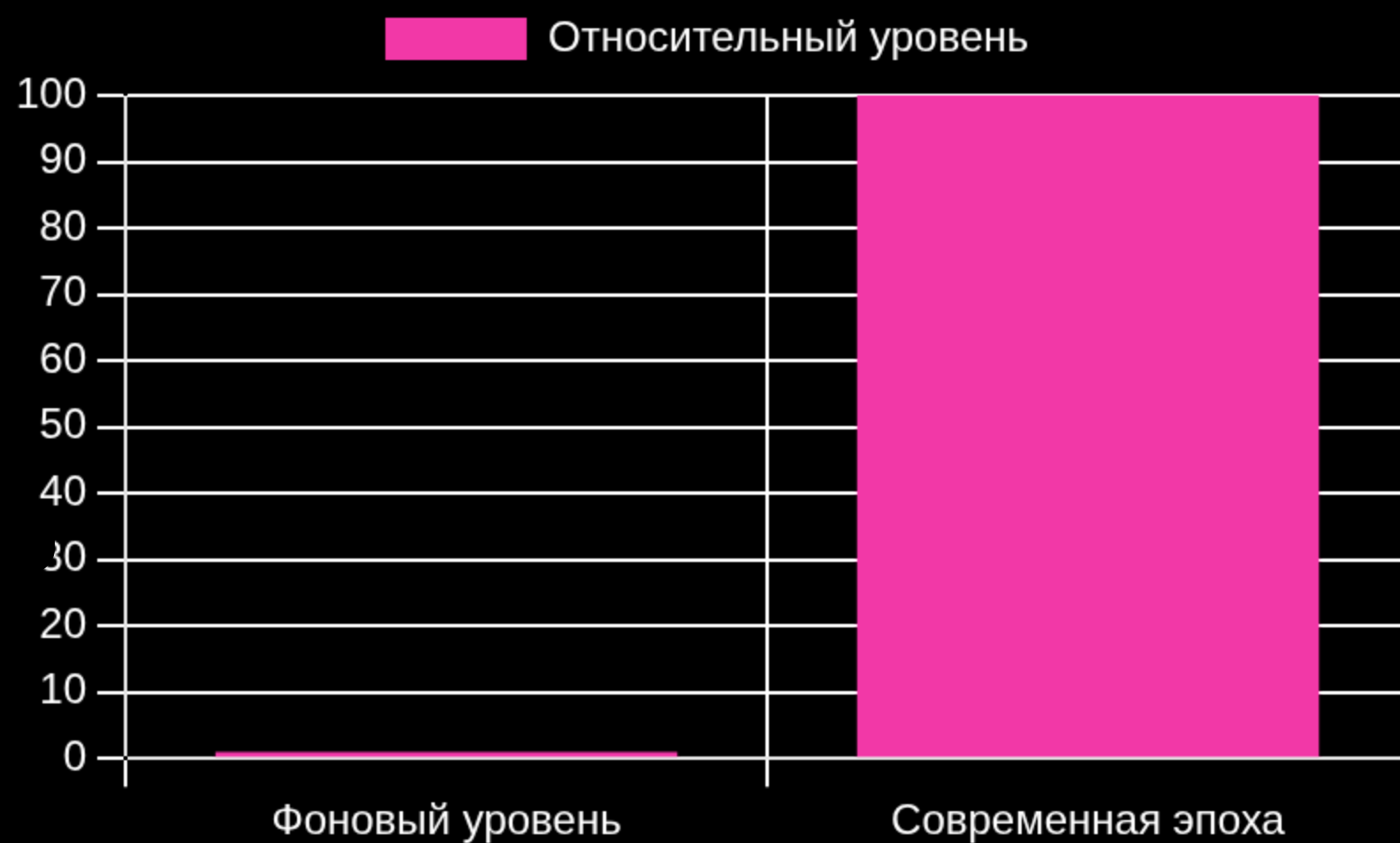
Этап	Время	Главные признаки
Добиологический	4,54–3,5 млрд лет	Формирование Земли
Ранней жизни	3,5–2,7 млрд лет	Прокариоты, анаэробы
Кислородный	2,7–1,8 млрд лет	Фотосинтез, O ₂

Как человек влияет на биосферу

Схема отражает типичную цепочку антропогенного воздействия и направления природоохранных мер.



Темпы снижения биоразнообразия в современную эпоху



- Более 44 тысяч видов уже находятся под угрозой исчезновения, поэтому проблема касается не отдельных территорий, а всей биосферы.
- Современная скорость потерь намного выше природного фона, что требует срочных мер по защите местообитаний и сокращению антропогенного давления.

IUCN Red List; обобщение по оценкам фонового уровня вымирания, актуально на 2024 год.

Как ученые изучают историю биосферы



Ископаемые остатки

Кости, отпечатки и следы жизнедеятельности позволяют восстановить облик древних организмов, их размеры, способ передвижения и место в экосистемах прошлого.



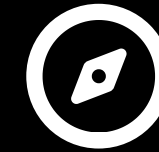
Изотопный анализ

Соотношение изотопов в породах и остатках организмов помогает оценивать температуру, состав древней атмосферы и особенности круговорота веществ в разные эпохи.



Датировка пород

Радиометрические методы определяют возраст горных пород и позволяют точно выстраивать последовательность событий, связанных с развитием жизни и изменениями среды.



Палеомагнитные данные

Запись древнего магнитного поля в породах помогает устанавливать положение материков, движение плит и менять представления о географии прошлых эпох.



Молекулярная филогения

Сравнение ДНК и белков современных организмов позволяет восстановить родственные связи, выявить общих предков и уточнить пути эволюции основных групп живых существ.

Биосфера: история изменений и ответственности



История биосферы показывает, что жизнь и среда развиваются вместе. Понимание этой связи помогает увидеть ценность природы и нашу ответственность за ее будущее.