

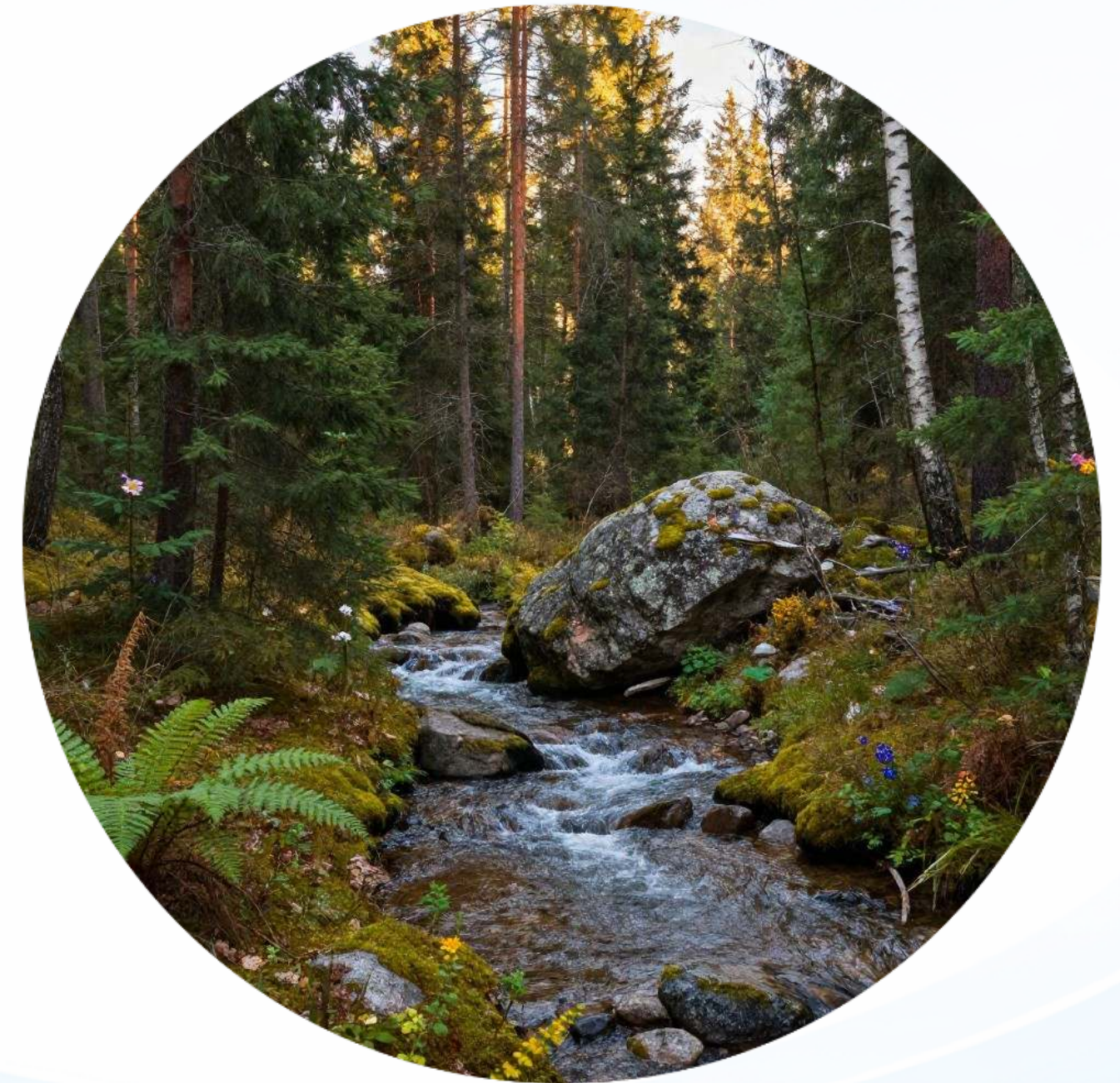


Эволюция биосферы: ключевые этапы и научное значение

Изучение смены жизни и среды на Земле через века раскрывает важность биосферы.

Истоки и развитие научного представления о биосфере

- Термин «биосфера» введён Эдуардом Зюссом в XIX веке и развивался благодаря В.И. Вернадскому. Биосфера — совокупность всех живых организмов и их взаимодействий с земной средой, что важно для понимания жизни и экологии.



Происхождение жизни на Земле: ключевые этапы

**Около 3,8
млрд лет
назад**

Появление первых живых организмов на планете, заложивших основу биосферы.

**Гипотеза
Опарина-
Холдейна**

Формирование органических молекул из неорганических под действием УФ-излучения и разрядов молний.

**3,5 млрд лет
назад**

Появление строматолитов — древнейших биогенных следов, найденных в Австралии.

**Начало развития
сложных
биохимических
процессов**

Развитие метаболизма, обеспечивающего дальнейшую эволюцию живых систем.

Роль прокариотов в древних экосистемах



Доминирование прокариот на ранней Земле

Прокариоты, включая археи и бактерии, существовали более 2 млрд лет, обладая простым строением и Анаэробным метаболизмом, что определило условия жизни до появления кислорода.



Кислородный фотосинтез цианобактерий

Цианобактерии впервые начали выделять кислород в процессе фотосинтеза, что привело к радикальному изменению атмосферы и условиям для новых форм жизни.



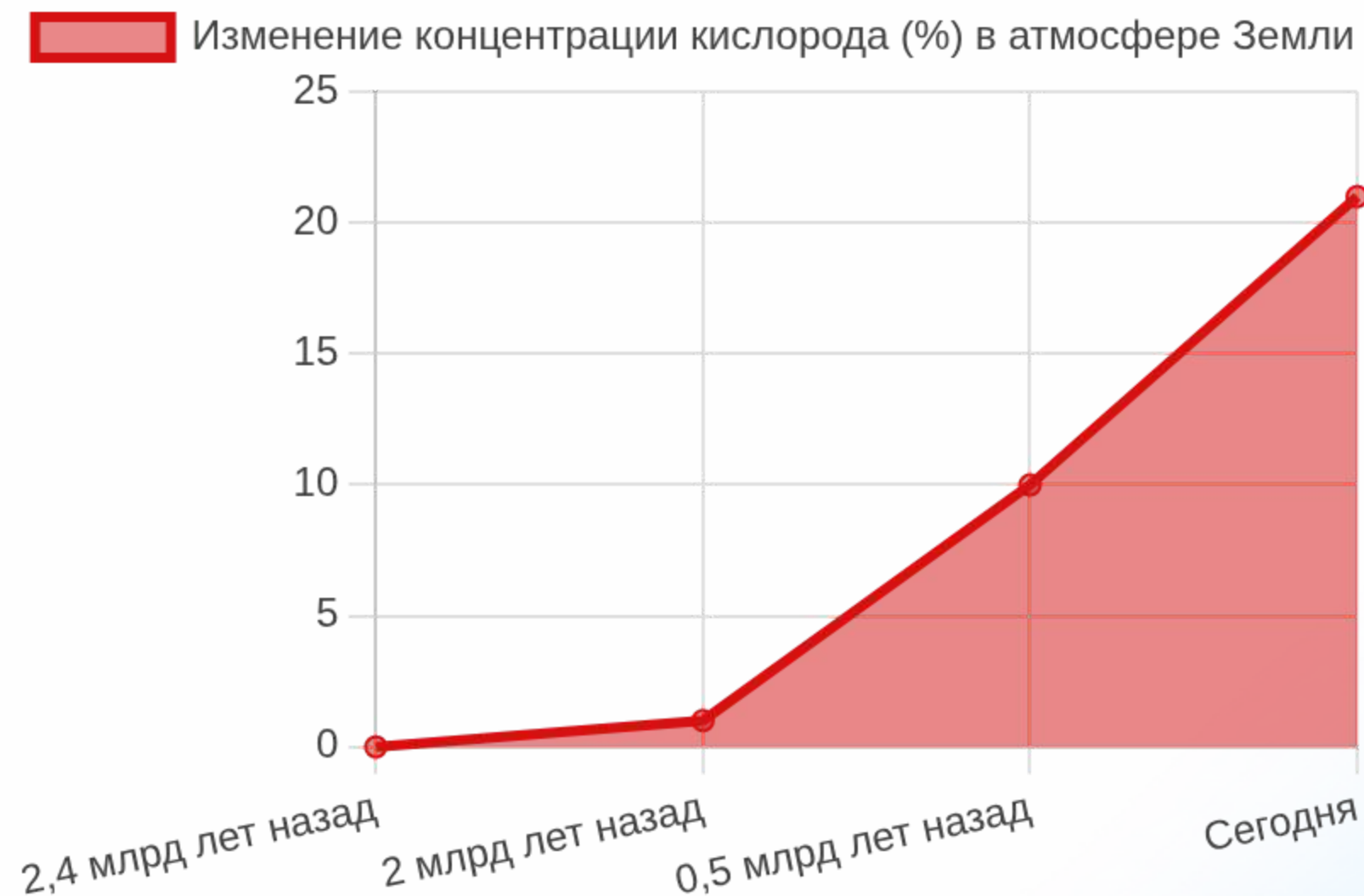
Влияние прокариотов на биогеохимические циклы

Прокариоты активно участвовали в кругообороте веществ, формируя основу экологического равновесия и биосферных процессов.

Динамика содержания кислорода в атмосфере

Великий кислородный кризис стал ключевым событием, запустившим массовое вымирание анаэробных организмов.

Рост кислорода привёл к появлению аэробных организмов и развитию сложных экосистем.



Данные по paleobiology.org и геохимическим исследованиям (2023)

Появление эукариот: эндосимбиоз и новые возможности

Эндосимбиотическая теория объясняет возникновение эукариотов около 1,8 млрд лет назад через слияние прокариотических клеток.

Формирование ядра и митохондрий позволило повысить эффективность обмена веществ и энергетики клетки.

Эукариоты стали базой для эволюции многоклеточных организмов, открыв путь к разнообразию живых форм.

Развитие протистов и начало многоклеточности



Биологическое разнообразие протистов

Одноклеточные эукариоты создали фундамент для развития растений, животных и грибов, обеспечив разнообразие жизненных форм.



Появление первых многоклеточных

Около 1 млрд лет назад возникли простейшие многоклеточные организмы, положившие начало сложным биологическим структурам.



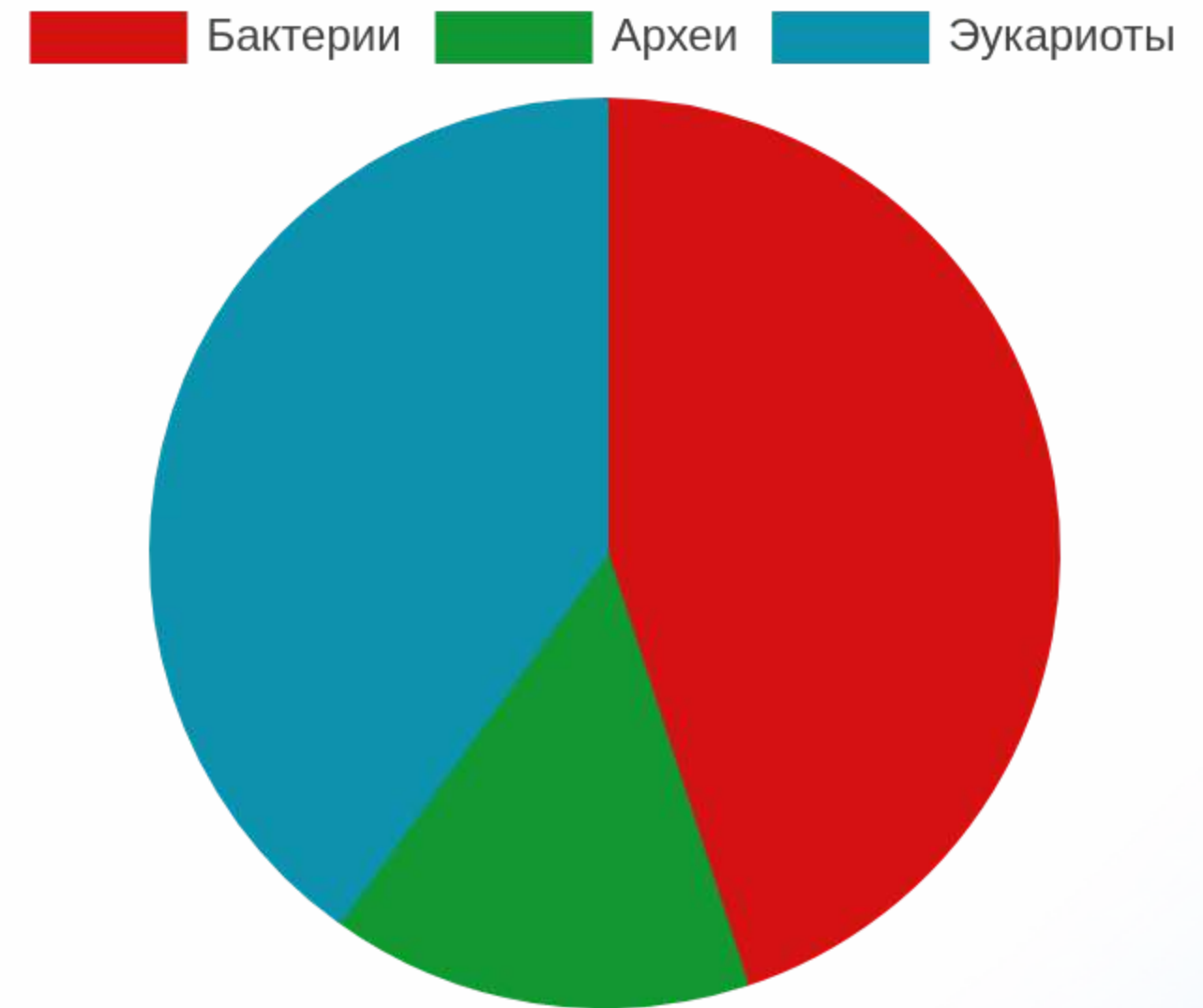
Фоссилии эдиакарской фауны

Окаменелости возрастом около 600 млн лет свидетельствуют о первых организованных многоклеточных сообществах с разнообразием форм.

Филогенетическое древо жизни: три домена

Эукариоты представлены растениями, животными и грибами, что отражает их эволюционное разнообразие.

Общее происхождение и последующее разделение линий демонстрируют сложность эволюционных процессов.



Последние геномные исследования, 2022

Колонизация суши: этапы освоения

Первые высшие растения освоили сушу около 470 млн лет назад, изменив атмосферу и создав среду для других организмов.

Позднее появились наземные беспозвоночные, включая членистоногих, расширяя экосистемные ниши.

Появление амфибий как первых позвоночных дало начало развитию сложных наземных животных сообществ.

Пермское вымирание: крупнейший биологический кризис

Около 252 млн лет назад массовое вымирание уничтожило до 96% морских и 70% наземных видов, изменив биосферу радикально.

Причины включают мощные вулканические извержения в Сибири, парниковый эффект и резкое снижение кислорода, что вызвало климатические сдвиги.



Пять массовых вымираний: хронология и последствия

Основные массовые вымирания с указанием возраста, доли утраченных видов, предполагаемых причин и примеров исчезнувших организмов. Эти события кардинально влияли на развитие жизни и экологические системы.

Массовые вымирания являлись ключевыми переломными моментами, формируя направления эволюции и стимулируя появление новых биологических групп.

Событие	Возраст (млн лет)	Доля вымерших	Основные причины	Примеры исчезнувших
Ордовик-силур	443	85%	Ледниковый период, снижение уровня моря	Трилобиты, морские беспозвоночные
Девон	359	75%	Климатические изменения, морская регрессия	Брахиоподы, рыбы
Пермь	252	96% морских, 70% наземных	Вулканизм, парниковый эффект, кислородный дефицит	Многие морские виды, пресмыкающиеся
Триас	201	80%	Вулканизм, изменение климата	Морские рептилии, крупные амфибии
Мел	66	75%	Астероидное воздействие, вулканизм	Динозавры, аммониты

Данные: paleobiodb.org

Триасовый и меловой периоды: господство динозавров

Триасовый период (около 250 млн лет назад)

Появление первых динозавров и ранних млекопитающих, которые развивались в условиях после пермского вымирания, формируя новые экосистемы.

Юрский период

Расцвет динозавров и появление первых птиц, формировавших сложные наземные и воздушные сообщества.

Меловой период

Доминирование динозавров и появление цветковых растений, что значительно усложнило экосистемы и способствовало видовому разнообразию.

Меловое вымирание: исчезновение динозавров и расцвет млекопитающих



66 миллионов лет назад падение астероида в районе Чиксулуба вызвало глобальные катастрофы, уничтожив большинство динозавров и многих морских организмов. Это стало поворотным моментом для биосферы.

Освобождённые экологические ниши стимулировали стремительный рост и эволюционное разнообразие млекопитающих, которые заняли новые биологические роли и начали доминировать на планете.

Кайнозой: формирование современных биологических сообществ

В кайнозое млекопитающие и птицы достигли высокого разнообразия и распространились по разным биомам, создавая сложные пищевые сети и экосистемы.

Расширение ареалов цветковых растений значительно изменило ландшафты и обеспечило новые ресурсы для животных и микроорганизмов.

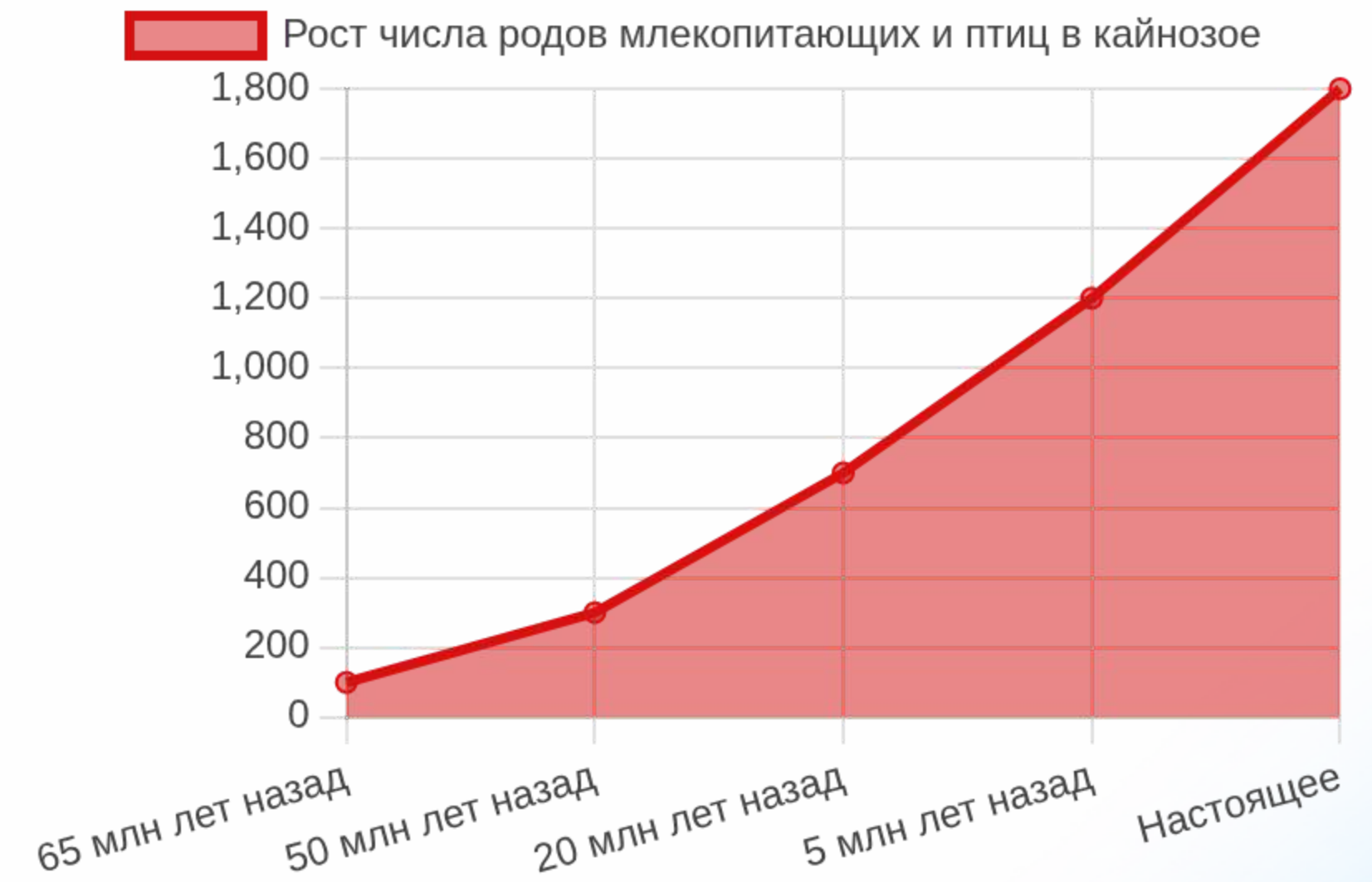
Чередка климатических изменений, включая ледниковые периоды, стимулировала адаптацию и миграции видов, что способствовало формированию новых сообществ.

Активное воздействие геологических и атмосферных процессов определило экологическую структуру современных биосферных систем.

Рост биоразнообразия млекопитающих и птиц в кайнозое

Рост числа родов отражает адаптацию к новым условиям, освоение разнообразных сред обитания и экологических ниш после мелового вымирания.

График подчеркивает экспоненциальное увеличение биоразнообразия, связанное с климатическими изменениями и освоением экологических возможностей.



Источник данных: Paleobiology Database, обновлено 2023 год.



Появление человека: новые эволюционные процессы

Возникновение рода Homo

Род Homo сформировался в Африке около 2,8 миллионов лет назад, позже развились современные виды человека, что стало важным этапом эволюции биосферы и взаимоотношений с окружающей средой.

Антропогенное преобразование биосферы

Неолитическая революция около 10 тысяч лет назад привела к развитию сельского хозяйства, что изменило ландшафты и активизировало воздействие человека на биосферу, ускорив антропогенные преобразования.

Современное антропогенное влияние на биосферу



Ускоренное вымирание видов

Деятельность человека приводит к потере биоразнообразия с беспрецедентной скоростью, что угрожает экосистемным функциям и стабильности природы.



Изменения в биогеохимических циклах

Загрязнение и изменение циклов углерода и азота влияют на климат, почвы и водные системы, нарушая природные процессы.



Загрязнение и деградация среды

Промышленная деятельность и урбанизация приводят к загрязнению воздуха, воды и почв, сокращая площади естественных экосистем.

Сравнение природных и антропогенных факторов эволюции

Фактор	Тип	Воздействие на биосферу
Вулканизм	Природный	Изменения климата, выбросы газов, кратковременные вымирания
Климатические изменения	Природный	Формирование биомов, миграции и адаптация видов
Метеоритные удары	Природный	Массовые вымирания, смена доминирующих групп
Вырубка лесов	Антропогенный	Потеря биоразнообразия, нарушение экосистем
Промышленность	Антропогенный	Загрязнение среды, изменение биогеохимических циклов
Урбанизация	Антропогенный	Разрушение природных местообитаний, фрагментация экосистем

Сравнительная таблица природных и антропогенных факторов, их воздействие на биосферу и устойчивость экосистем с учётом современной роли человека как главного фактора.

В последние два столетия человек стал главным фактором изменений, что требует ответственного отношения к сохранению биосферы.

Источник: UNEP (Программа ООН по окружающей среде)

Будущее биосферы: глобальные вызовы и научные перспективы

.....

Изменение климата и утрата биоразнообразия ставят перед человечеством задачи адаптации и сохранения экосистем в условиях новых условий существования.

.....

Научные прогнозы предусматривают активное внедрение устойчивых технологий, расширение охраняемых территорий и совершенствование международного сотрудничества в области экологии.

.....

Развитие биотехнологий и генной инженерии открывает возможности для восстановления видов и предотвращения экологических кризисов, при условии ответственного использования.



Эволюция биосферы: основа устойчивого будущего

Понимание эволюционных процессов биосферы позволяет создавать эффективные стратегии сохранения природы. Ответственность человека — обеспечивать гармонию жизни и защиту биосистем для будущих поколений.