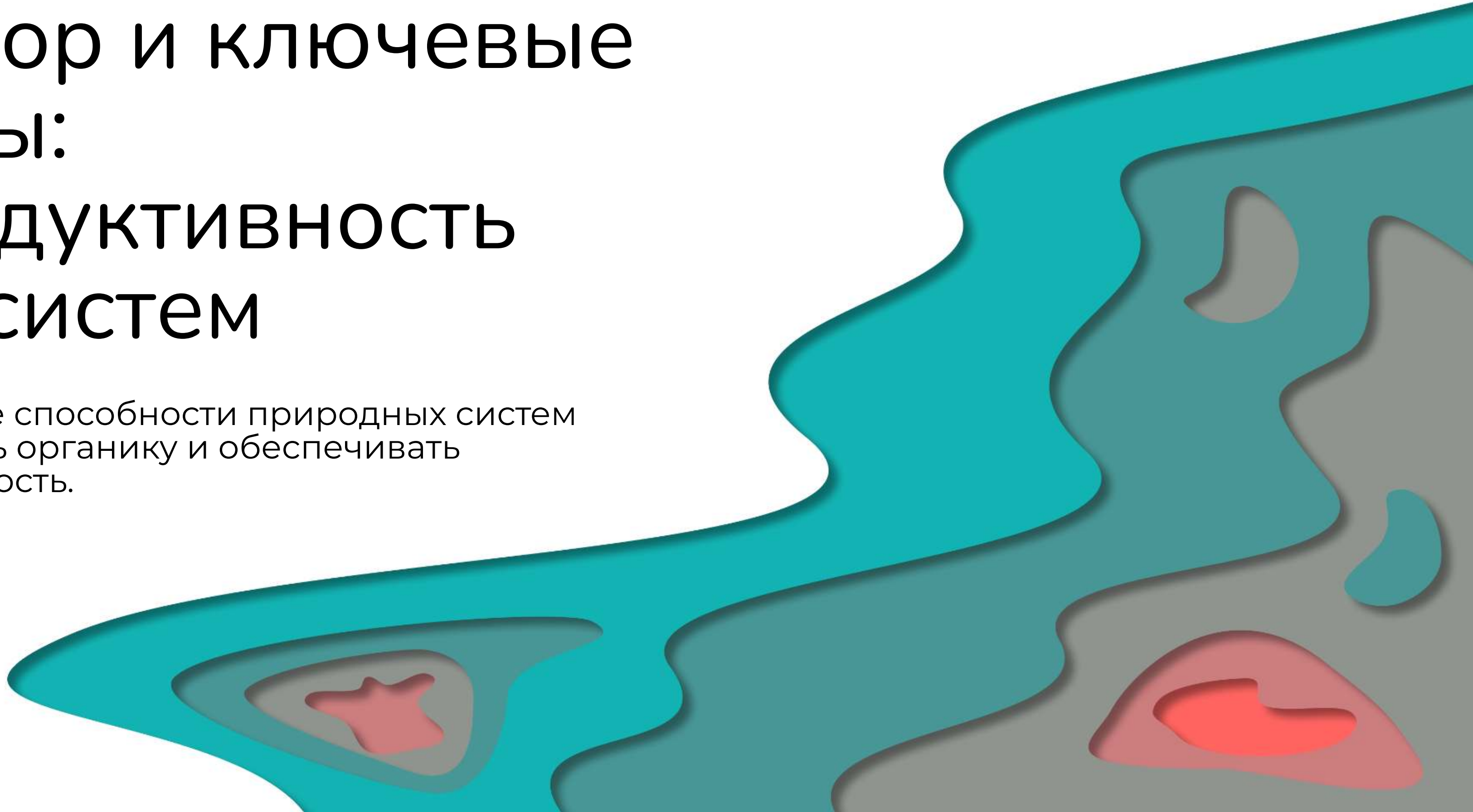


Обзор и ключевые темы: продуктивность экосистем

Изучение способности природных систем
создавать органику и обеспечивать
устойчивость.



Экосистема и её продуктивность: основные понятия

Экосистема включает организмы и среду, взаимодействующие через обмен веществ и энергии. Продуктивность отражает создание органического вещества с помощью фотосинтеза и хемосинтеза. Термин «экосистема» введён А.Тенсли в 1935 году, позднее разработаны пищевые цепи и проведены первые замеры биомассы.



Что такое продуктивность экосистемы

- Продуктивность выражает скорость накопления органического вещества растениями и другими автотрофами за определённый период на единицу площади.
- Выделяют первичную продуктивность, связанную с фотосинтезом и хемосинтезом, и вторичную — образование органики гетеротрофами: животными, грибами и бактериями.
- Продуктивность служит ключевым показателем эффективности и сравнения различных биомов по уровню биопроизводства.

Первичная и вторичная продуктивность: различия

Первичная продуктивность – это процесс создания органики автотрофами из неорганических веществ через фотосинтез или хемосинтез.

Вторичная продуктивность состоит в накоплении органических веществ через потребление автотрофной биомассы консументами и детритофагами.

На каждом трофическом уровне часть энергии расходуется на жизнедеятельность или теряется в виде тепла, снижающей количество доступной энергии следующему уровню.

Из-за энергетических потерь первичная продуктивность всегда превышает вторичную, что отражает закономерности передачи энергии в экосистеме.



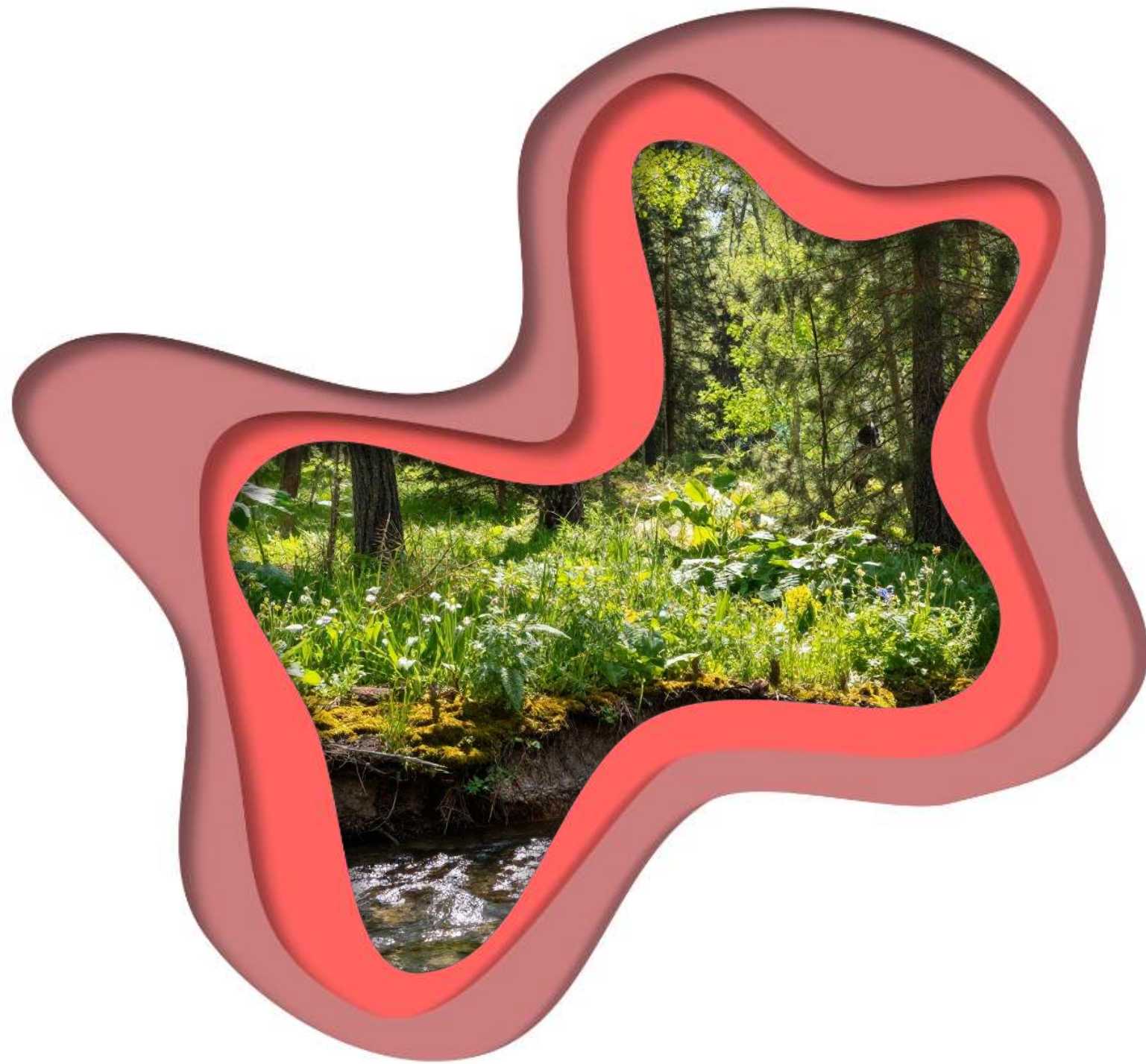
Чистая продуктивность учитывает
энергозатраты растений на дыхание и
отражает реально накопленную
биомассу.

*Источник: Экологические исследования,
2022*

1200 – 2200 г/м²·год

чистая первичная продуктивность
умеренных и тропических лесов в г/
м²·год.

Факторы, влияющие на продуктивность экосистем



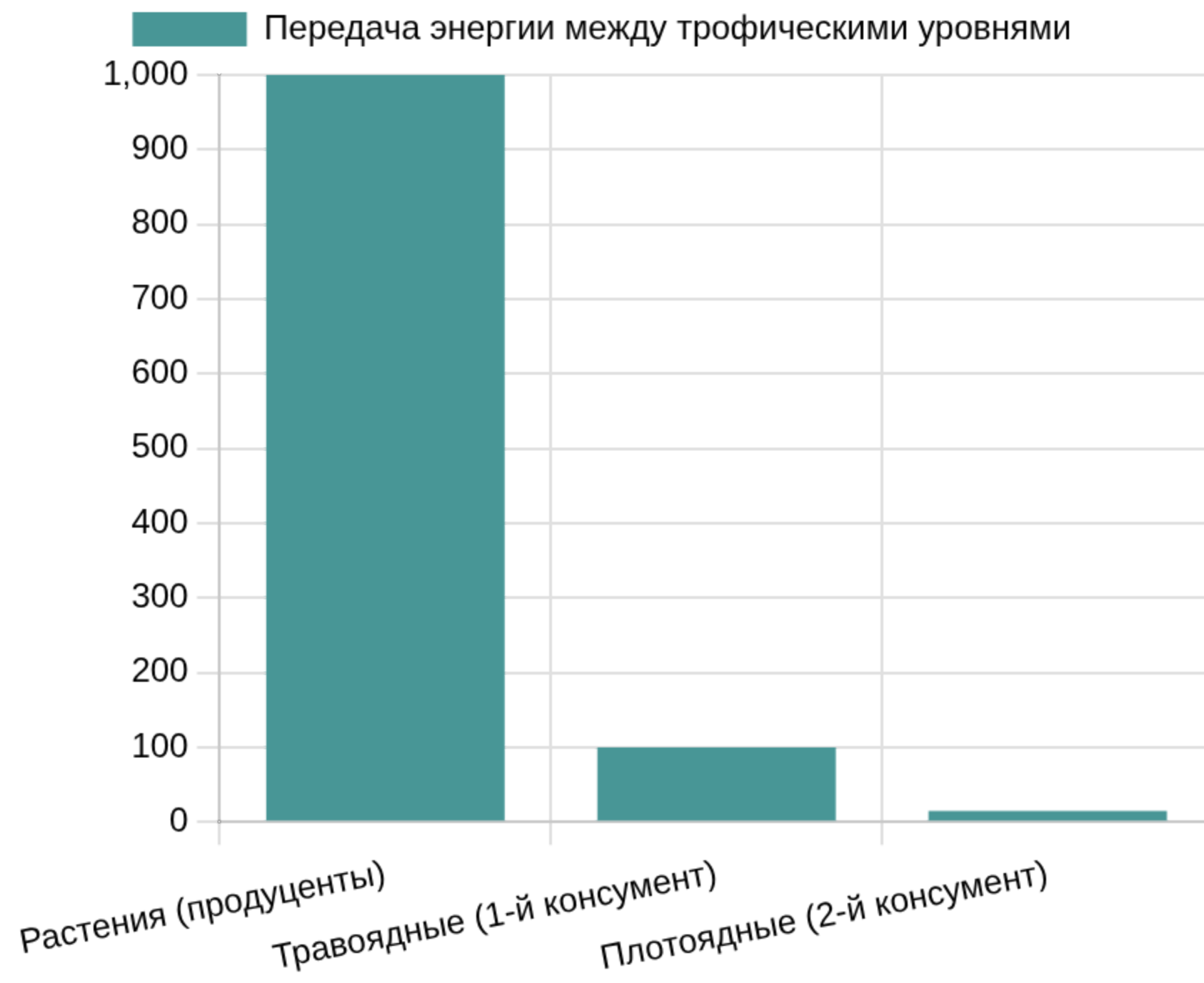
- Интенсивность солнечного света и оптимальная температура важны для обеспечения фотосинтеза, максимальная продуктивность достигается при +25–30 °С.
- Доступность воды и минеральных веществ, особенно азота и фосфора, критично влияет на уровень продуктивности, причём засуха резко её снижает.

Продуктивность и передача энергии в трофических цепях

Только незначительная часть энергии (5–20%) переходит с одного трофического уровня на следующий из-за потерь на дыхание и тепло.

Энергия убывает с каждым уровнем, что ограничивает количество и сложность консументов в экосистемах.

Экологические данные, 2023



Роль продуктивности для структуры и устойчивости экосистем



Высокая продуктивность способствует биоразнообразию и устойчивости

В тропических лесах благодаря богатой продукции органики формируются комплексные пищевые сети, которые обеспечивают устойчивость экосистемы к внешним стрессам и изменчивости климатических условий.



Низкая продуктивность ограничивает сложность пищевых цепей

В арктической тундре, с ограниченным производством органики, пищевые сети проще и менее устойчивы, что делает экосистему более уязвимой перед внешними воздействиями и изменениями.

Продуктивность экосистем: от пустыни до тропиков

Производительность органики резко возрастает от пустынь к влажным экваториальным лесам благодаря благоприятным климатическим условиям.

Градиент продуктивности отражает влияние климата и ресурсов на биомассу и структуру экосистем.

Фитосоциологические исследования, 2022



Сравнение продуктивности различных экосистем

Высокопродуктивные экосистемы

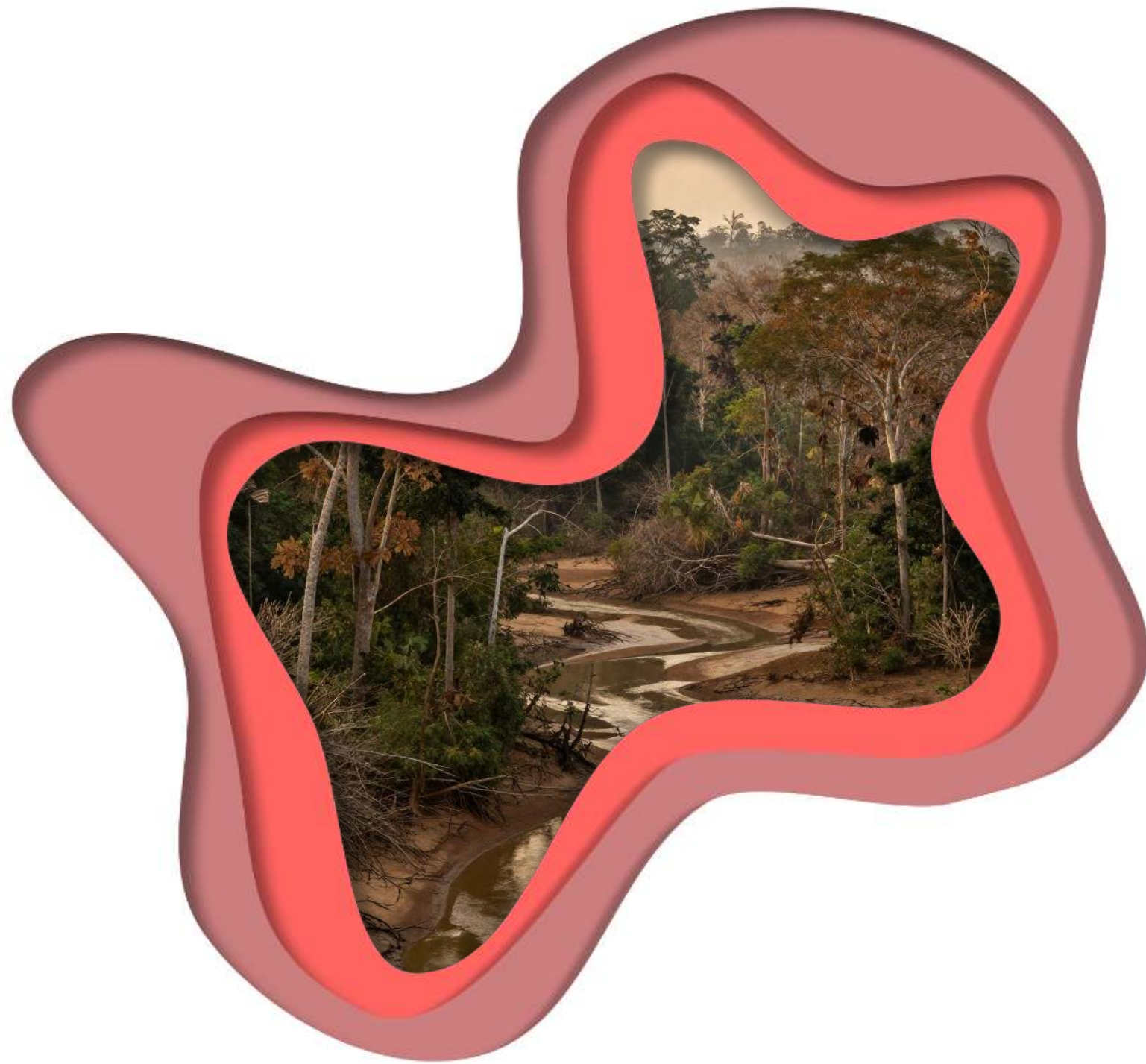
Влажные тропические леса, коралловые рифы и болота демонстрируют высокие показатели продукции органики благодаря изобилию ресурсов и многообразию видов.

Низкопродуктивные экосистемы

Пустыни и тундры характеризуются низкой продуктивностью из-за ограниченного доступа к воде и экстремальных климатических условий, что сдерживает биологическую активность.



Влияние климата на продуктивность экосистем

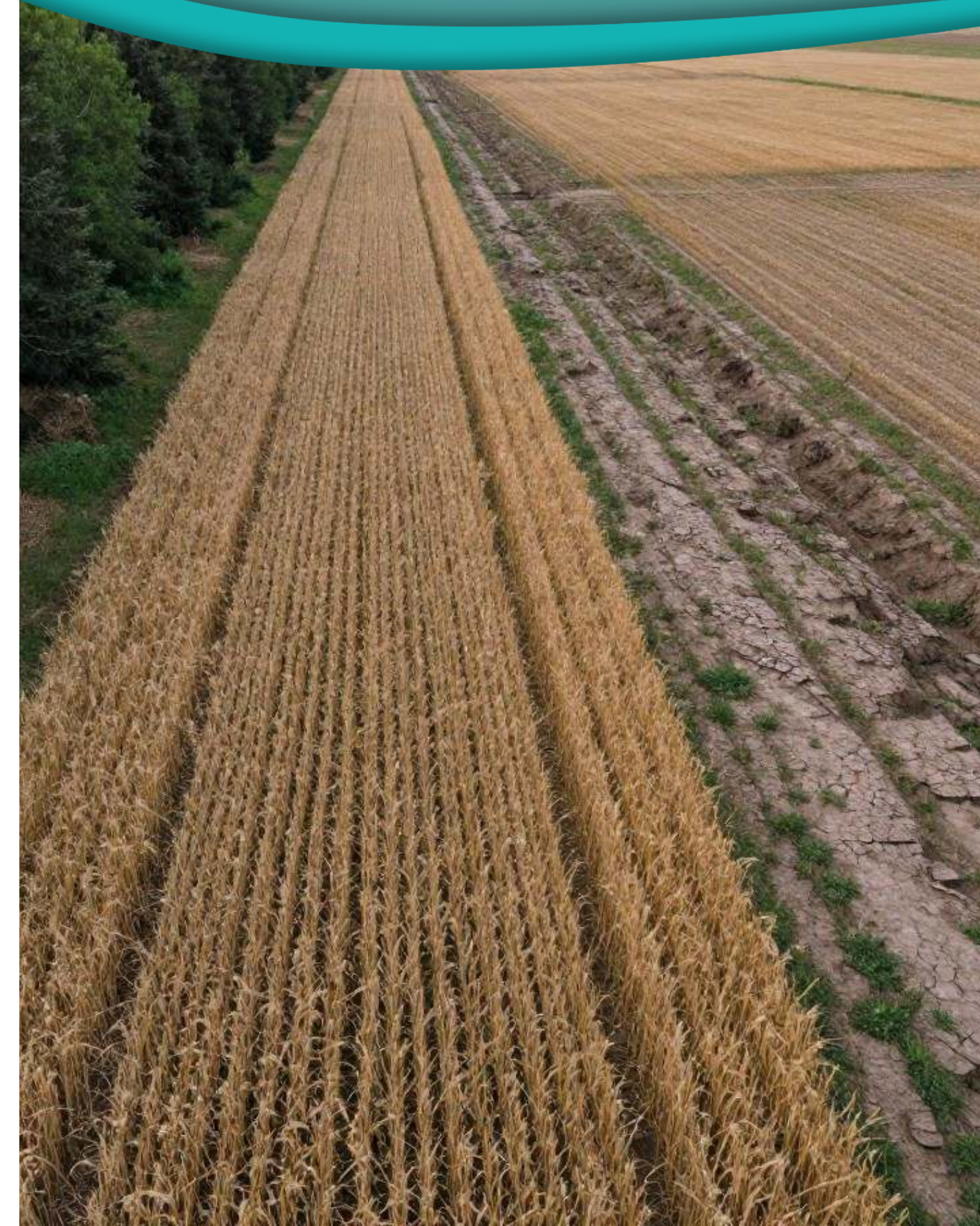


- Глобальное потепление и учащение засух приводят к сокращению первичной продуктивности лесных и водных экосистем, сжимая периоды вегетации и снижая объём накапливаемой биомассы.
- В Амазонских лесах засухи снизили чистую продуктивность на 10–20%, что существенно влияет на циклы углерода и изменяет структуру экосистем по всему региону.

Воздействие человека на продуктивность экосистем

Вырубка лесов и расширение сельскохозяйственных угодий приводят к изменению продуктивности, зачастую повышая её в монокультурах, но сопровождаясь истощением почвы и снижением устойчивости.

Загрязнение и эрозия увеличивают деградацию экосистем, вызывая снижение продуктивности через ухудшение качества почвы и дефицит питательных веществ, как видно на примере освоенных степных районов.



Сравнение продуктивности агроэкосистем и естественных экосистем

Таблица сравнивает основные характеристики продуктивности и устойчивости агроэкосистем и естественных степей, подчёркивая различия в ресурсной зависимости и биологическом разнообразии.

Агроэкосистемы обладают высокой продуктивностью, но страдают от низкой устойчивости из-за зависимостей от внешних ресурсов, в отличие от саморегулируемых естественных степей.

«Продуктивность сельскохозяйственных и естественных экосистем», Биология, 2020.

Тип экосистемы	Первичная продуктивность (г/м²·год)	Устойчивость	Ресурсная зависимость
Агроэкосистемы	До 4000	Низкая	Высокая
Естественные степи	Около 250	Высокая	Низкая



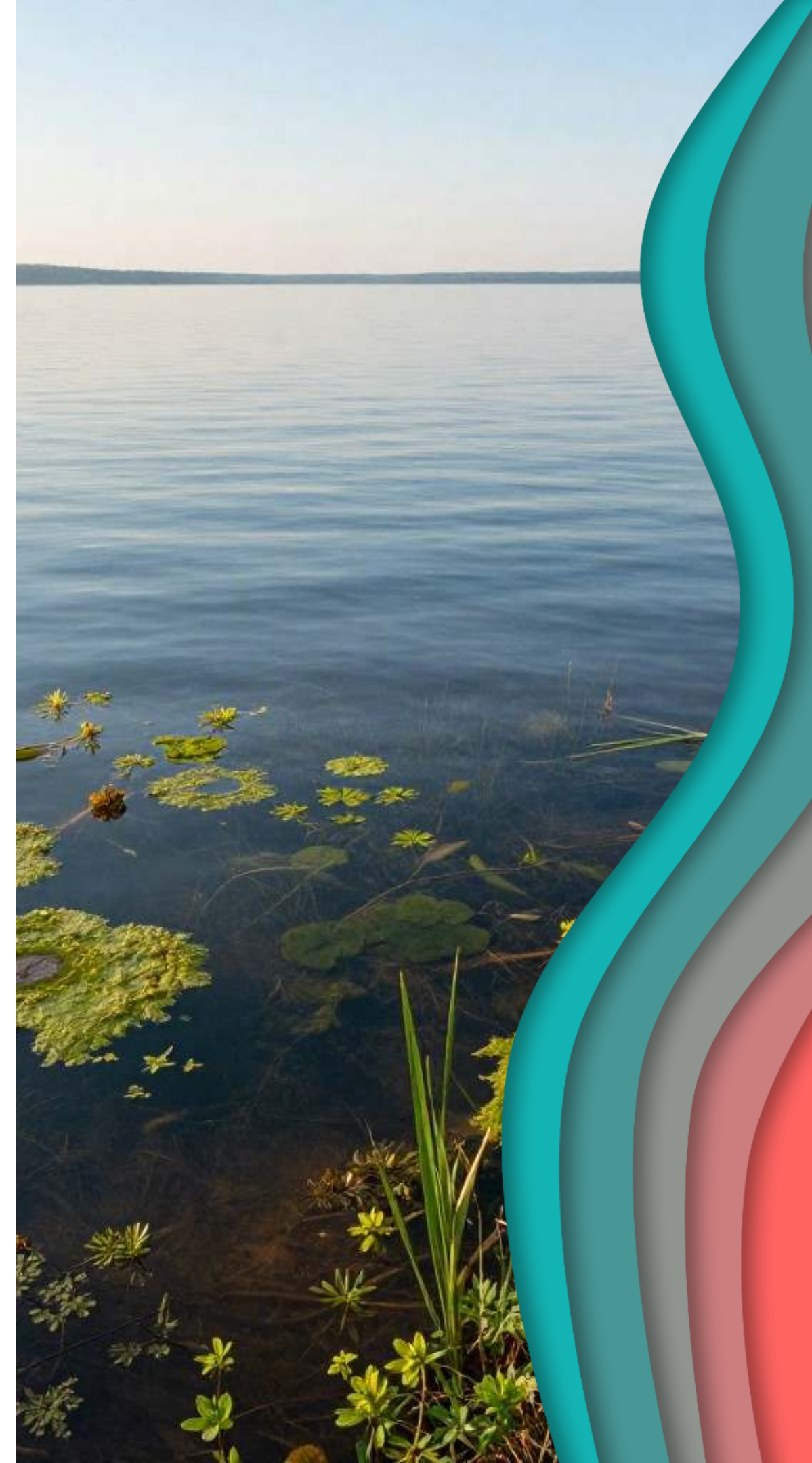
Продуктивность пресноводных экосистем

Вариации продуктивности в пресноводных экосистемах

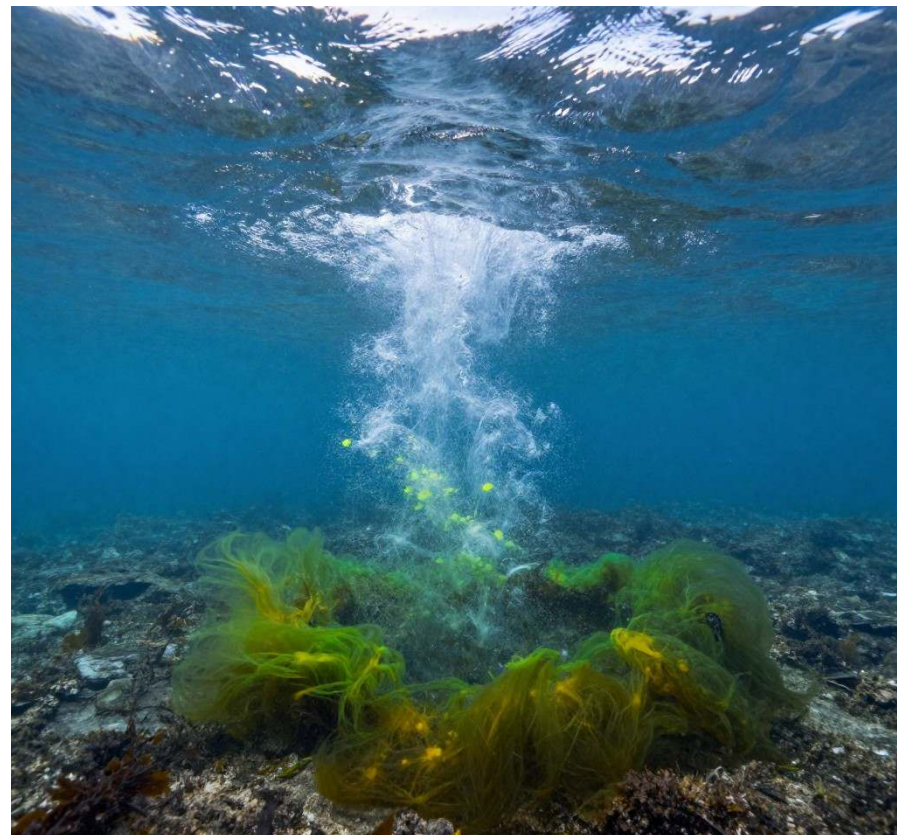
Эвтрофные озёра достигают продуктивности до $2000 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$, мезотрофные — $300\text{--}800 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$, а олиготрофные — $100\text{--}200 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$. Примером служит Ладожское озеро с показателем около $280 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$.

Факторы, влияющие на продуктивность

На продуктивность влияют прозрачность воды, содержание питательных веществ и степень загрязнения. Интенсивное зарыбление в прудах может повышать продуктивность до $1000 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$.

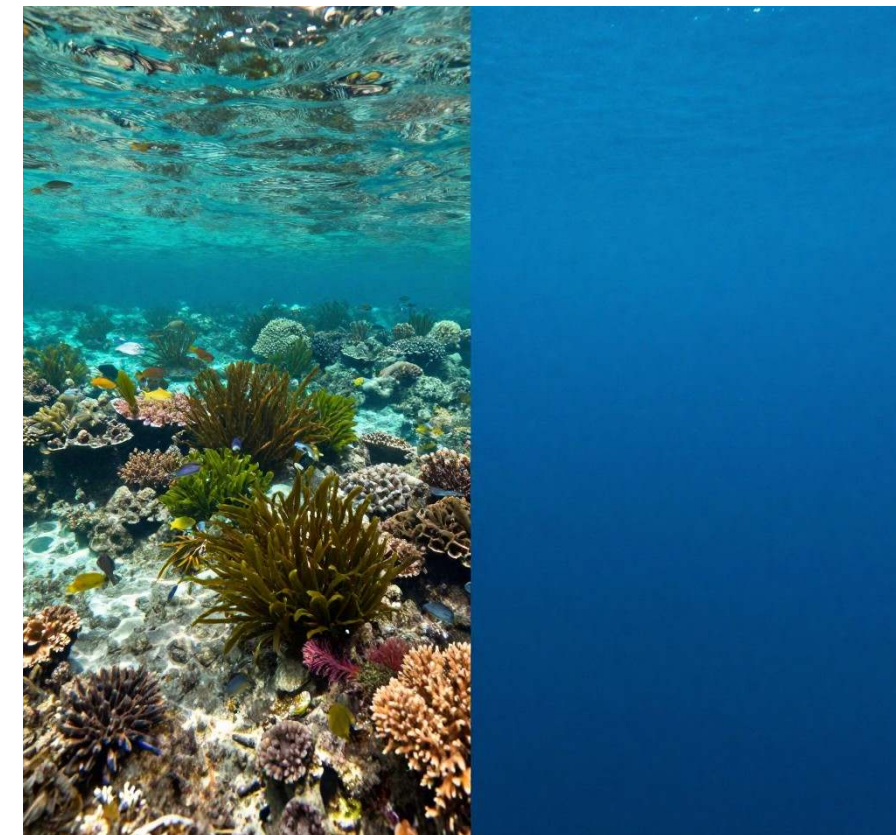


Разнообразие продуктивности морских экосистем



Районы апвеллинга — очаги высокой продуктивности

Апвеллинг характеризуется подъёмом холодных питательных вод, что обеспечивает до $1200 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$. Здесь активно развивается фитопланктон, служащий основой пищевых цепей морей.



Сравнение шельфовых и открытоокеанских районов

Морские шельфы демонстрируют продуктивность $500\text{--}1000 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$, в то время как открытый океан ограничен $50\text{--}125 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}$ из-за дефицита питательных веществ и солнечного света.

Динамика продуктивности при сукцессии

Ранние стадии после нарушения

После пожара или вырубki наблюдается быстрый рост травянистой растительности, что увеличивает продуктивность за счёт интенсивного фотосинтеза и накопления биомассы.

Промежуточные фазы

С развитием кустарников и молодых деревьев продуктивность продолжает расти, формируя более сложные трофические структуры и повышая устойчивость экосистемы.

Климакс — зрелая экосистема

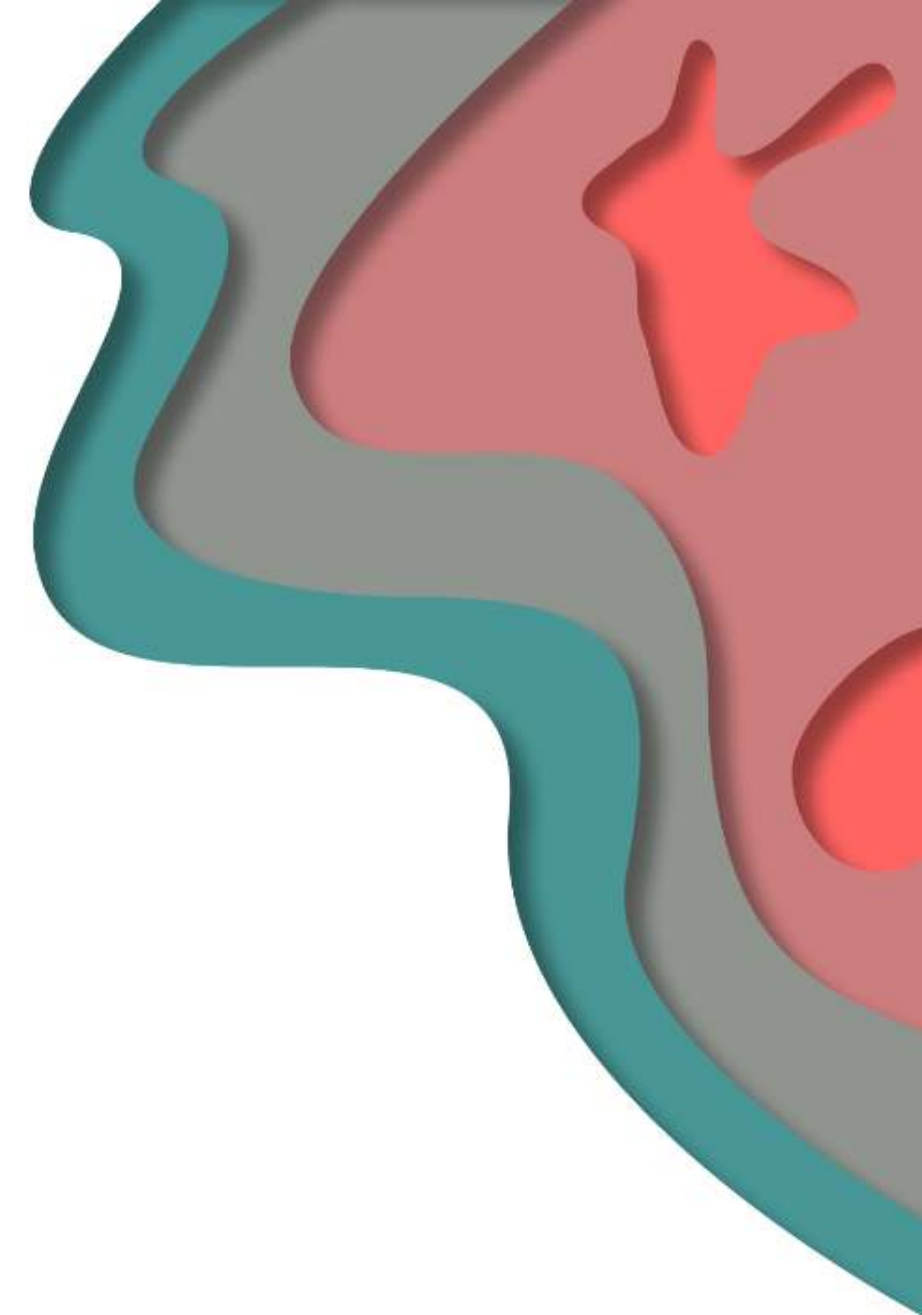
Достигнув зрелого леса, экосистема стабилизирует продуктивность на высоком уровне, что обеспечивает устойчивое функционирование и максимальное биоразнообразие.

Последствия снижения продуктивности экосистем

Уменьшение продуктивности приводит к сокращению видов и популяций, снижая биоразнообразие и способность экосистем к саморегуляции и адаптации.

Нарушается структура почвы и уменьшается её плодородие, что влечёт за собой усиление эрозионных процессов и потерю ключевых ресурсов.

Снижается водоудерживающая способность экосистем, что увеличивает их уязвимость перед экстремальными климатическими событиями и ухудшает возможности восстановления.



Методы измерения продуктивности экосистем

- Спутниковое зондирование с использованием NDVI позволяет оперативно оценивать продуктивность на больших территориях, фиксируя сезонные и годовые изменения растительности.
- Полевые методы включают измерение биомассы и урожайности с использованием экспериментальных участков, а также анализ содержания хлорофилла для оценки живых растительных покрытий.



Практические меры по повышению продуктивности экосистем



Программа лесовосстановления

Посадка молодых деревьев и уход за лесными насаждениями способствуют восстановлению фотосинтеза и улучшению условий для биоразнообразия, поддерживая экологический баланс.



Борьба с эрозией почвы

Методы включают посев трав и создание рельефных барьеров, что предотвращает размывание и сохраняет плодородие, обеспечивая длительную продуктивность землепользования.



Удобрения и мелиорация

Внесение органических и минеральных удобрений, а также создание искусственных водоёмов повышают плодородие и влажность почвы, создавая оптимальные условия для роста растений.

Значение продуктивности для устойчивого развития природы

Продуктивность экосистем критично важна для поддержания разнообразия жизни и ресурсной базы. Её сохранение и рациональное управление необходимы для обеспечения будущих поколений стабильной окружающей средой.

