

# Обзор и ключевые темы: Цианобактерии

Древние микроорганизмы, создатели кислорода и основа жизни на Земле.

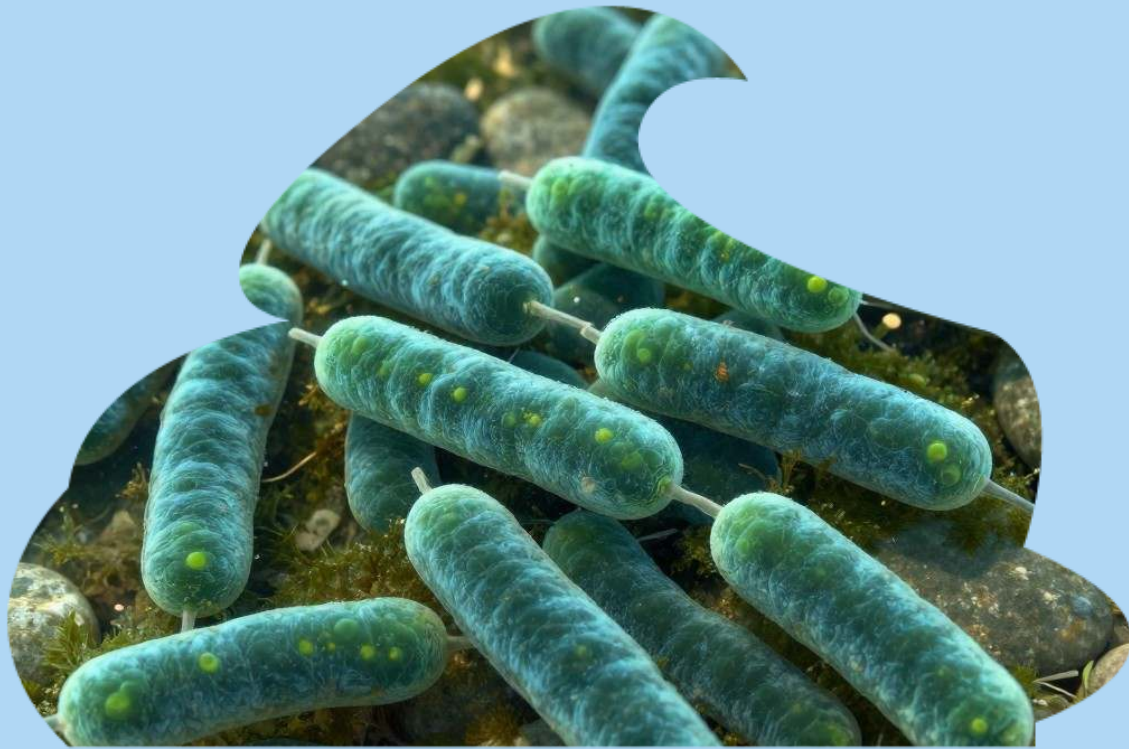


# Происхождение и исторический фон

Цианобактерии появились более 2,5 миллиардов лет назад. Их фотосинтез изменил атмосферу, вызвав повышение кислорода и позволив появиться новым формам жизни.



# Что такое цианобактерии?



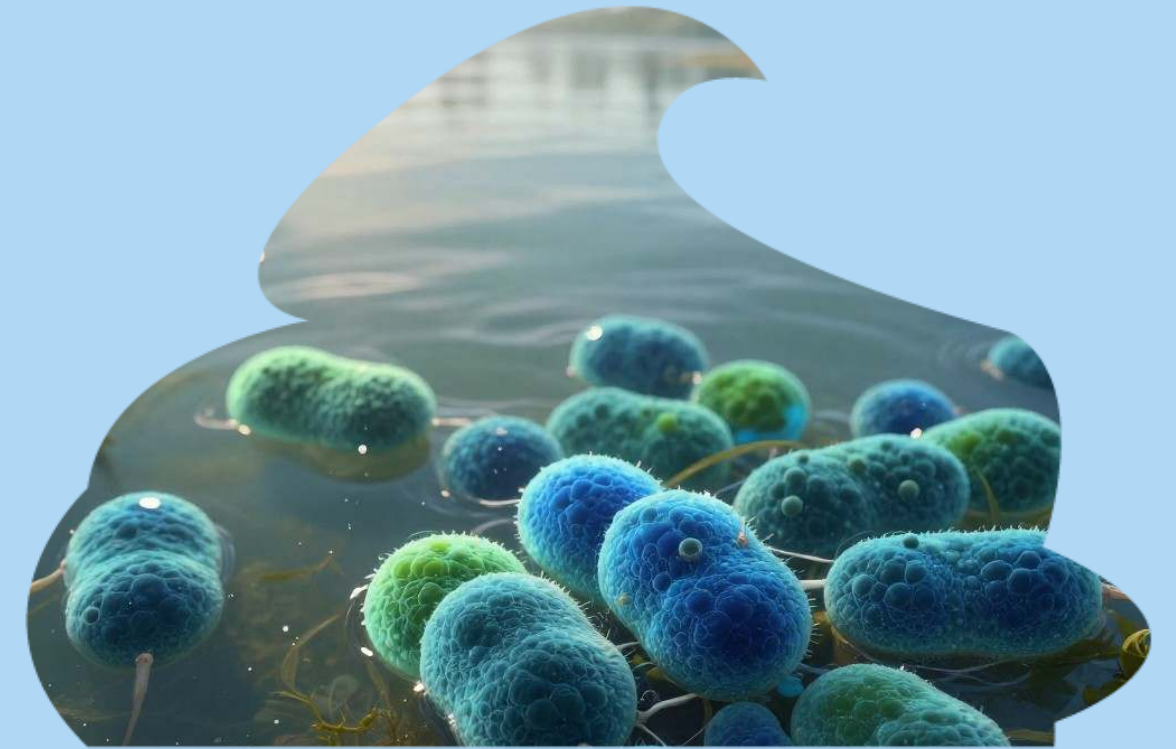
## Описание микроорганизмов

Цианобактерии — одноклеточные или нитчатые прокариоты, способные к фотосинтезу с выделением кислорода. Они имеют пигменты хлорофилл а и фикоцианин, придающие им зеленовато-голубой оттенок.



## Разнообразие форм

Формы цианобактерий варьируются от одиночных клеток до сложных колоний и нитей, что позволяет им занимать разные экологические ниши в воде и почве.



## Значение пигментов

# Клеточное строение цианобактерий

01

Клетка покрыта плотной оболочкой, внутри располагаются фотосинтетические мембраны — тилокоиды, где происходит захват света.

02

ДНК локализована в нуклеоиде, отсутствует ядро, что отличает их от эукариотических организмов.

03

В цитоплазме находятся запасные вещества: цианофицин и гликоген, а также газовые вакуоли для контроля плавучести.

04

Иногда образуются специализированные клетки — гетероцисты для фиксации азота и акминты для выживания в неблагоприятных условиях.

# Сравнение цианобактерий и зелёных водорослей

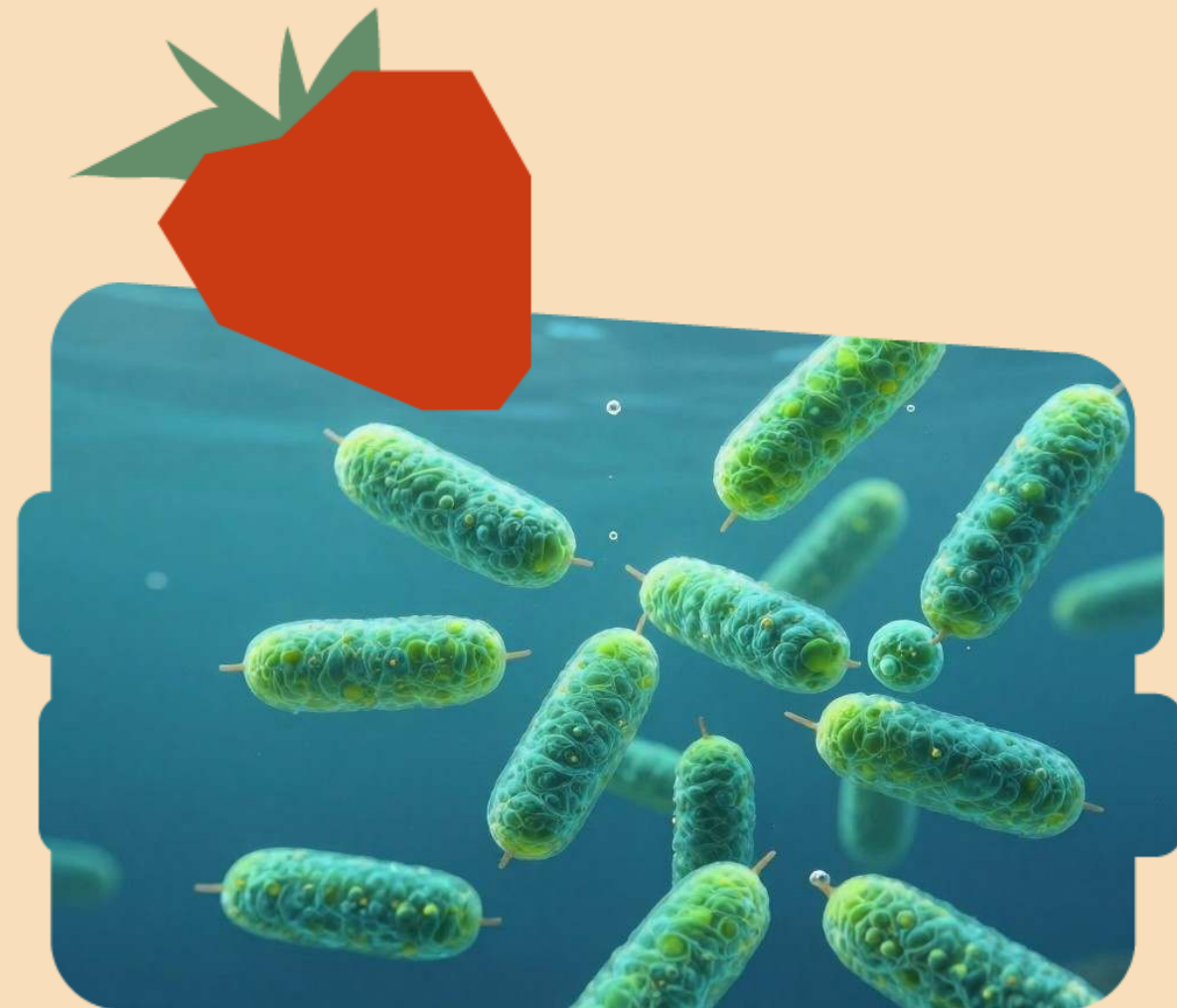
Основные различия между двумя группами фотосинтезирующих организмов.

Основное отличие — строение клетки и разнообразие пигментов, что влияет на спектр поглощения света.

*Учебные материалы по биологии, 2023*

| Критерий       | Цианобактерии                 | Зелёные водоросли      |
|----------------|-------------------------------|------------------------|
| Организм       | Прокариоты                    | Эукариоты              |
| Пигменты       | Хлорофилл а и фикоцианин      | Хлорофилл а и b        |
| Тип питания    | Фотосинтез                    | Фотосинтез             |
| Среда обитания | Пресная и солёная вода, почвы | Пресные и морские воды |

# Разнообразие цианобактерий



## Одноклеточные формы

*Synechococcus* — маленькие одноклеточные цианобактерии, широко распространённые в морских водах, способные быстро размножаться.



## Колонии *Microcystis*

Эти шаровидные колонии часто вызывают цветение пресных водоёмов, изменяя их экологический баланс и качество воды.



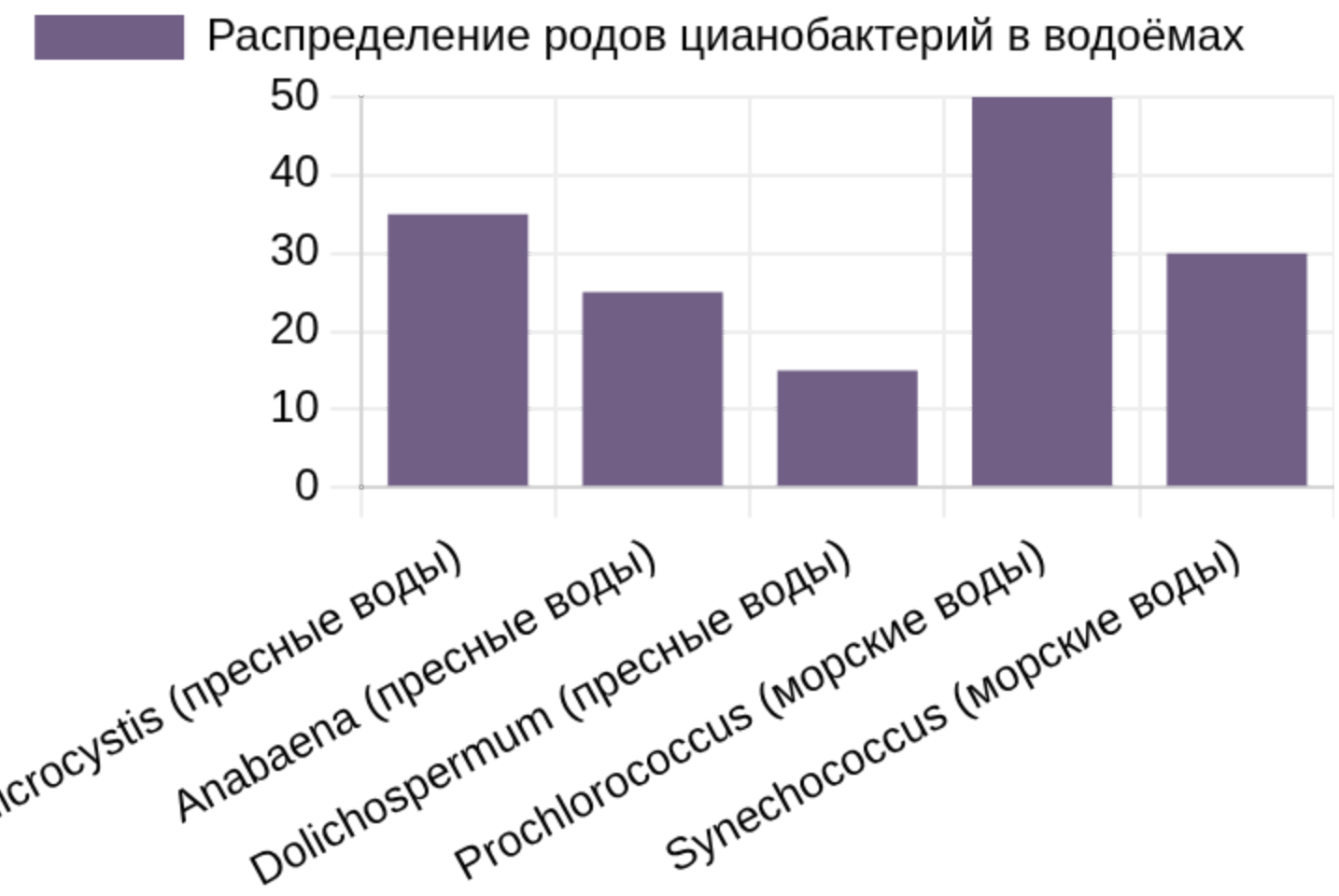
## Нитчатые формы

*Anabaena* и *Oscillatoria* образуют длинные нитчатые структуры, заметные невооружённым глазом, играющие важную роль в экосистемах.

# Роды цианобактерий в различных водоёмах

*Prochlorococcus* доминирует в океанах, обеспечивая значительную часть фитопланктона.

Различные роды адаптированы к пресным или морским средам, влияя на экосистемные процессы.



# Механизмы фотосинтеза у цианобактерий

01

Процесс включает фотосистемы I и II, как у растений, и выделяет свободный кислород при использовании воды.

02

Фикоцианин и фикоэритрин расширяют спектр улавливаемого света, улучшая эффективность фотосинтеза при различных условиях.

03

Фотосинтез поддерживает образование органических веществ, служит основой пищевых цепей в водных экосистемах.

# Цианобактерии и кислородная атмосфера



## Массовое накопление кислорода

Около 2,4 миллиарда лет назад фотосинтез цианобактерий вызвал резкое увеличение кислорода в атмосфере, изменив условия для жизни.



## Возникновение озонового слоя

Рост кислорода способствовал появлению озонового слоя, который защитил Землю от ультрафиолета и позволил развиваться аэробным организмам.

01

Фиксация атмосферного азота происходит в гетероцистах, обогащая экосистемы важным элементом для роста.

02

Они производят органику, становясь первичной продукцией в водных пищевых цепях, поддерживая разнообразие организмов.

03

Цианобактерии служат кормом для зоопланктона и фильтрующих животных, укрепляя трофические связи.

04

В почвах, особенно в засушливых регионах, они улучшают состав и способствуют развитию растительности посредством закрепления азота.

## Роль цианобактерий в круговороте веществ

# Явление цветения воды



## Почему вода меняет цвет?

Цветение воды происходит из-за быстрого роста цианобактерий, создающих плотные зеленые пласты на поверхности озер и рек. Такое явление изменяет прозрачность и качество воды, затрудняя жизнь другим организмам.



## Основные виды-цветители водоёмов

Чаще всего цветением вызывают *Microcystis*, *Aphanizomenon* и *Nodularia*. Они образуют колонии и нити, покрывая водную поверхность зеленым, синим или красноватым оттенком в зависимости от вида.



## Факторы, способствующие цветению

Высокая температура и избыточное содержание минеральных веществ, особенно азот и фосфор, стимулируют размножение цианобактерий. Это часто случается летом, когда вода теплая и малодвижная.

# Цианотоксины: типы и последствия

Различные цианобактерии выделяют токсины, опасные для животных и человека. В таблице указаны основные виды токсинов, их продуценты и влияние на организм.

Массовое цветение с выделением токсинов повышает риск отравлений и гибели животных, что требует контроля экосистем.

Источник: исследования гидробиологии, 2023

| Токсин             | Продуцент          | Воздействие               |
|--------------------|--------------------|---------------------------|
| Микроцистин        | Microcystis        | Повреждение печени        |
| Анатоксин-а        | Anabaena           | Нарушение нервной системы |
| Цилиндроспермопсин | Cylindrospermopsis | Поражение почек и печени  |

# Экологическая роль цианобактерий в почвах и на суше



## **Образование биоплёнок**

Цианобактерии создают плотные плёнки на почвах, защищая их от эрозии и сохраняя влагу, что важно в сухих регионах.



## **Фиксация азота**

Они превращают атмосферный азот в форму, пригодную для растений, улучшая плодородие почв и стимулируя рост растительности.



## **Устойчивость к засухе**

Цианобактерии способны выживать в условиях резких перепадов влажности и температуры, что помогает им поддерживать экологический баланс.



## **Содействие развитию экосистем**

Их деятельность способствует формированию среды для появления мхов и лишайников, усиливая биоразнообразие и стабильность почв.

# Симбиотические отношения цианобактерий



## Цианобактерии в лишайниках

Внутри лишайников цианобактерии рода *Nostoc* обеспечивают симбиоз, фиксируя азот и поддерживая жизнедеятельность партнёрских грибов. Это позволяет лишайникам расти в бедных почвах.

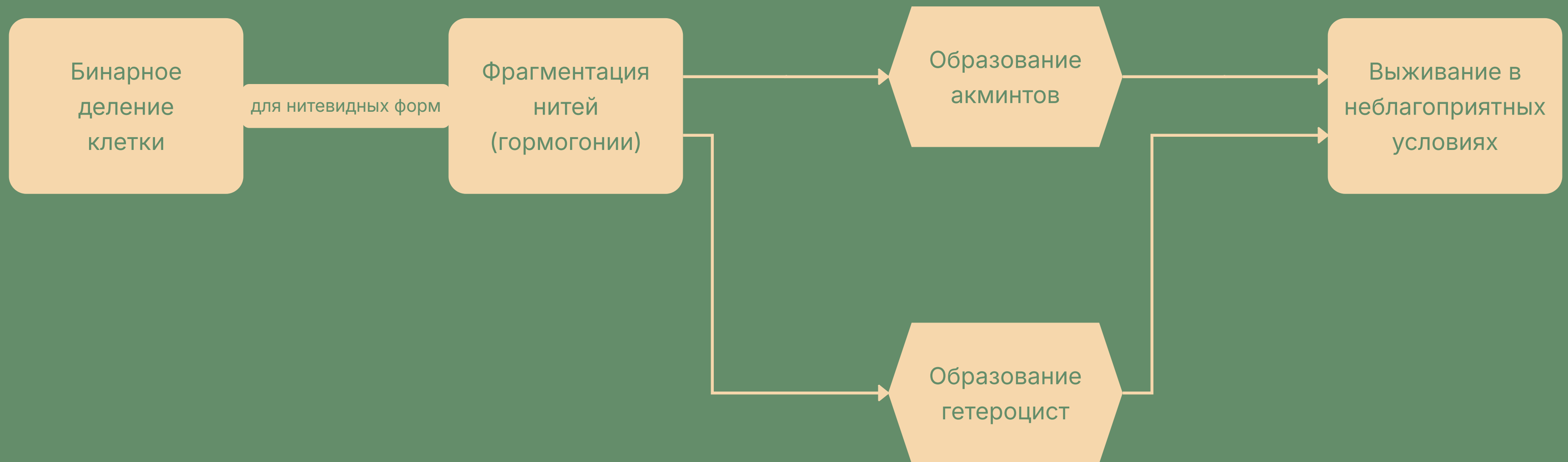


## Партнёрство с папоротником азолла

Азолла содержит цианобактерии, которые снабжают растение азотом, улучшая его рост и плодородие в экосистемах пресных вод. Такая связь поддерживает баланс в водоёмах.

# Жизненный цикл и размножение цианобактерий

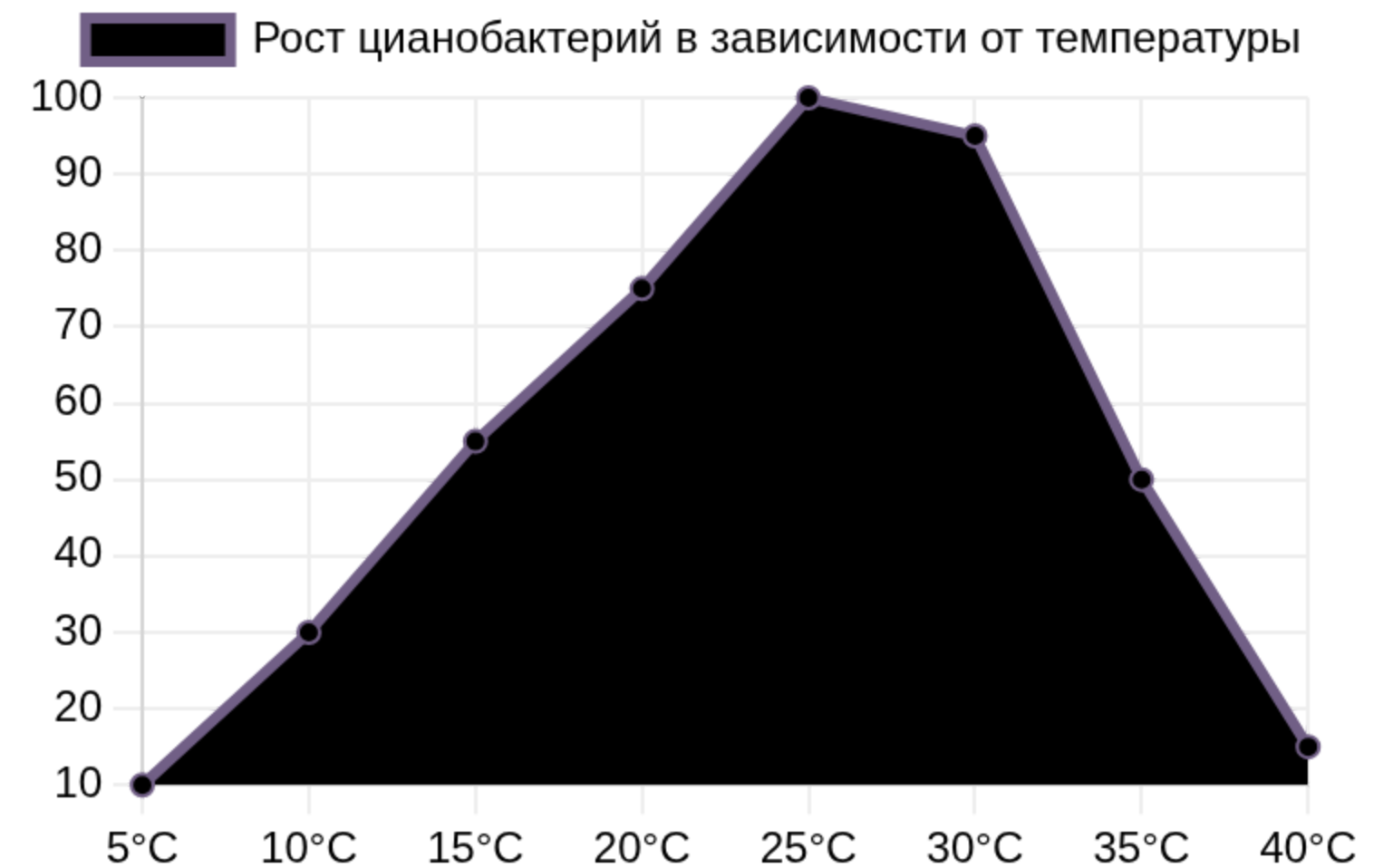
Источник: обзор микробиологии, 2023



# Температурные предпочтения роста цианобактерий

Максимальная скорость роста наблюдается при температуре 25–30°C, что совпадает с летним периодом цветения водоёмов.

Данные указывают на то, что тёплая вода способствует бурному размножению цианобактерий и возможному цветению.



# Практическое применение цианобактерий



## Спирулина — биологически активная добавка

Спирулина — цианобактерия с высоким содержанием белка до 60%, витаминов группы В и провитамина А. Её используют в пищевой промышленности и диетологии для укрепления иммунитета.



## Производство натуральных пигментов

Цианобактерии поставляют фикоцианин — краситель голубого цвета, востребованный в пищевой и косметической продукции благодаря натуральному происхождению и безопасности.



## Биотопливо и корма

Разработка культивирования цианобактерий направлена на создание экологичных биотоплив и кормов для животных, что помогает снизить нагрузку на природные ресурсы.

# Экологические проблемы, связанные с цианобактериями

01

Массовое цветение снижает прозрачность воды, ухудшая кислородный режим и вызывая гибель рыб и других водных обитателей.

02

Цианотоксины, выделяемые при цветении, представляют опасность для здоровья человека и животных, особенно при попадании в питьевую воду.

03

Основные причины цветения — избыточное удобрение сельскохозяйственных полей и сброс неочищенных сточных вод в водоёмы.

04

Для предотвращения проблем требуется комплексный экологический контроль и рациональное использование минеральных удобрений.

# Передовые исследования и будущие перспективы



# Заключение: важность цианобактерий для планеты и человека

Цианобактерии сыграли ключевую роль в формировании жизни на Земле и продолжают поддерживать биосферу. Их изучение помогает сохранить природу и развивать новые технологии для будущих поколений.

