

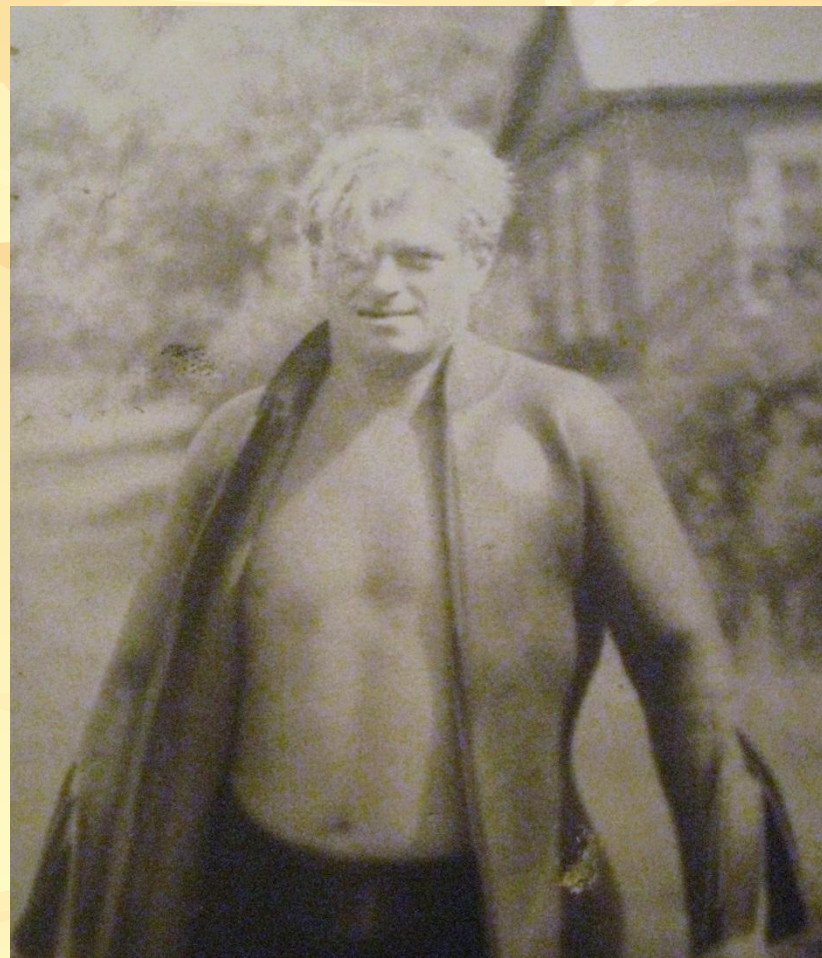
Бактерии в геохимических круговоротах

**Водная микробиология,
первичная продукция водоемов**

Вайнштейн М.Б.

14 октября 2019

**Чл.-корр. АН СССР С.И. Кузнецов и
д.б.н. Ю.И. Сорокин**

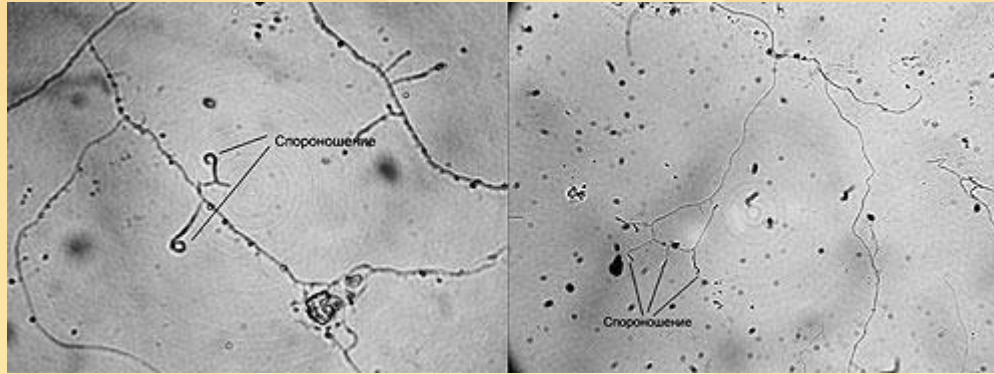




**А.Е.
Крисс**

В 1946 г. организовал при Отделении биологических наук АН СССР первую в СССР лабораторию электронной микроскопии. Руководил ею почти 20 лет. С 1948 г. зав. отделом географии микроорганизмов Института микробиологии АН СССР (с 1950 г. отдел морской микробиологии). До 40-х годов 20-го века морская микробиология ограничивала свои исследования шельфовыми водами или поверхностными слоями морей. Работами А.Е. Крисса было положено начало глубоководной морской микробиологии. Монография «Морская микробиология (глубоководная)» отмечена Ленинской премией за 1960 г. и переведена на английский, японский и немецкий языки.

Стекла обрастания и микробные пейзажи.



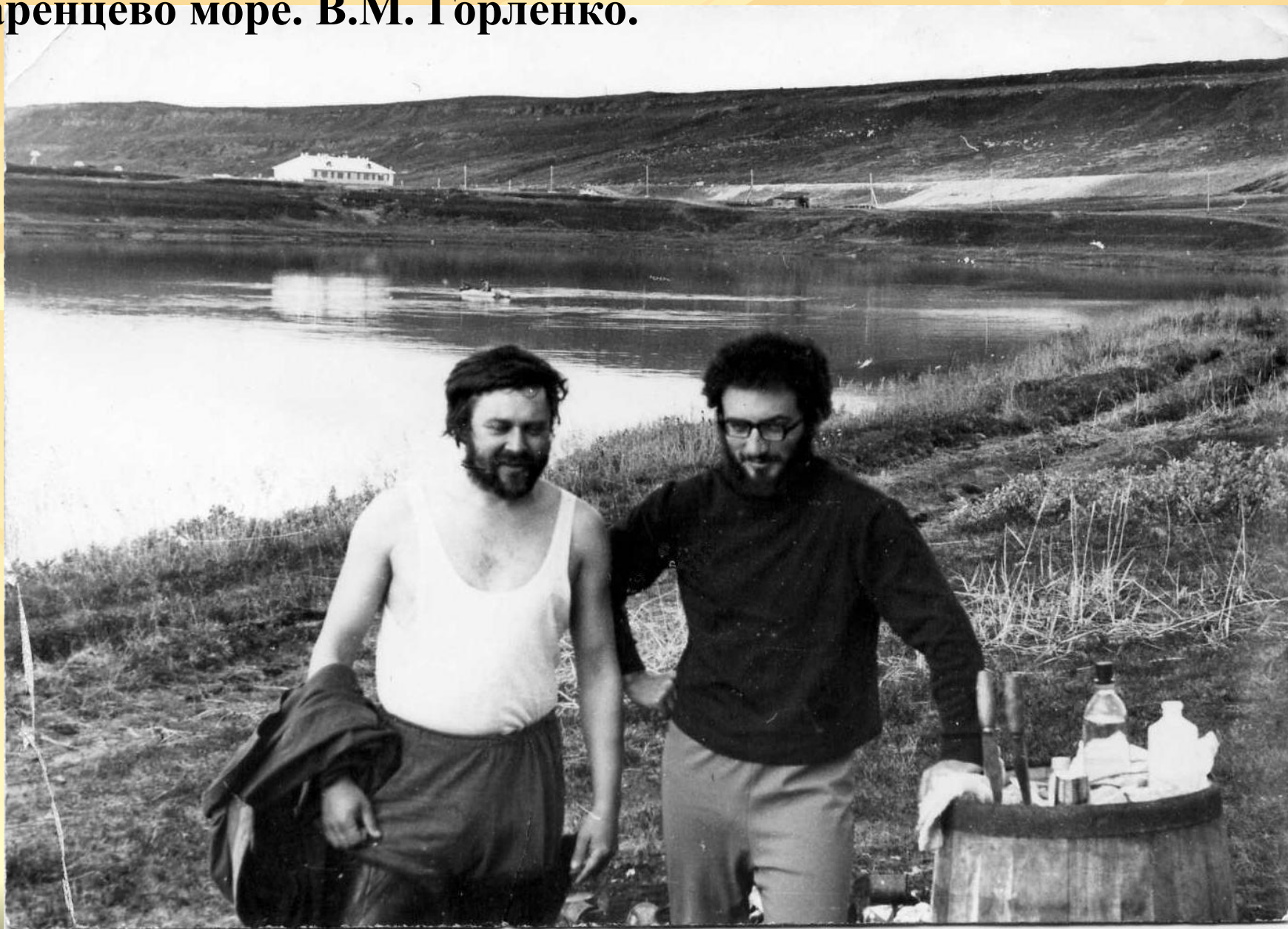
Почва. Разрастание актиномицетного мицелия на стекле обрастания при большем увеличении (левый рисунок) и меньшем (правый рисунок).

В.М. Горленко. Стекла обрастания на литорали Белого моря. Миграция бактерий в течение суток.

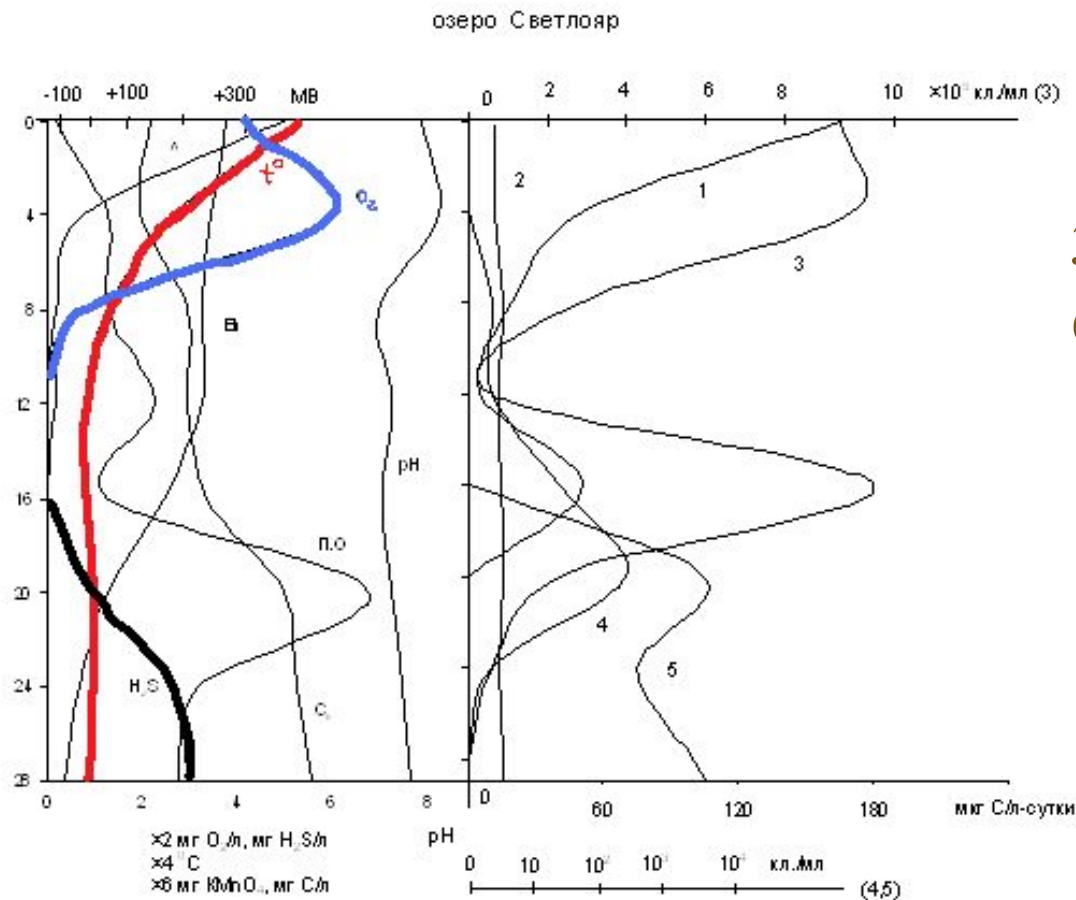
Отбор проб воды. Батометры.

? Как отобрать пробу воды с глубины?

**Меромиктическое озеро Могильное, остров Кильдин,
Баренцево море. В.М. Горленко.**



Распределение микроорганизмов в природе и их биогеохимическая активность сильно зависят от абиогенных факторов: рН, окислительно-восстановительного потенциала, температуры, освещения и других



3 – первичная продукция
фитопланктона

Продукция = образование органического вещества

- Автотрофные организмы

(Растения, водоросли, фототрофные бактерии)

- Фотосинтез

- Хемосинтез

$\text{CO}_2 + \text{донор электрона} + \text{энергия} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{другое}$

- Гетротрофные организмы

Дыхание и у автотрофов, и у гетеротрофов

$\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{энергия (АТР)}$

Первичная продукция

TABLE 1-1. Major Electron Donors, Acceptors, and End Products for the Three Major Types of Primary Production.^a

	Electron donor (reductants)	Electron acceptor (oxidants)	Oxidized end products
Photosynthesis			
Oxygenic	H ₂ O	CO ₂ ^b	O ₂
Anoxygenic	H ₂ S, H ₂	CP ₂ ^b	S ⁰ , SO ₄ ²⁻
Chemosynthesis			
Nitrifying bacteria	NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , NH ₂ OH	O ₂ , NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻
Sulfur bacteria ^c	H ₂ S, S ⁰ , S ₂ O ₃ ⁻	O ₂	S ⁰ , SO ₄ ²⁻
Hydrogen bacteria ^c	H ₂	O, SO ₄	H ₂ O
Methane bacteria ^c	CH ₄	O ₂	CO ₂
Iron bacteria ^c	Fe ²⁺	O ₂	Fe ³⁺
Carbon monoxide bacteria ^c	CO	H ₂	CH ₄

Primary Productivity

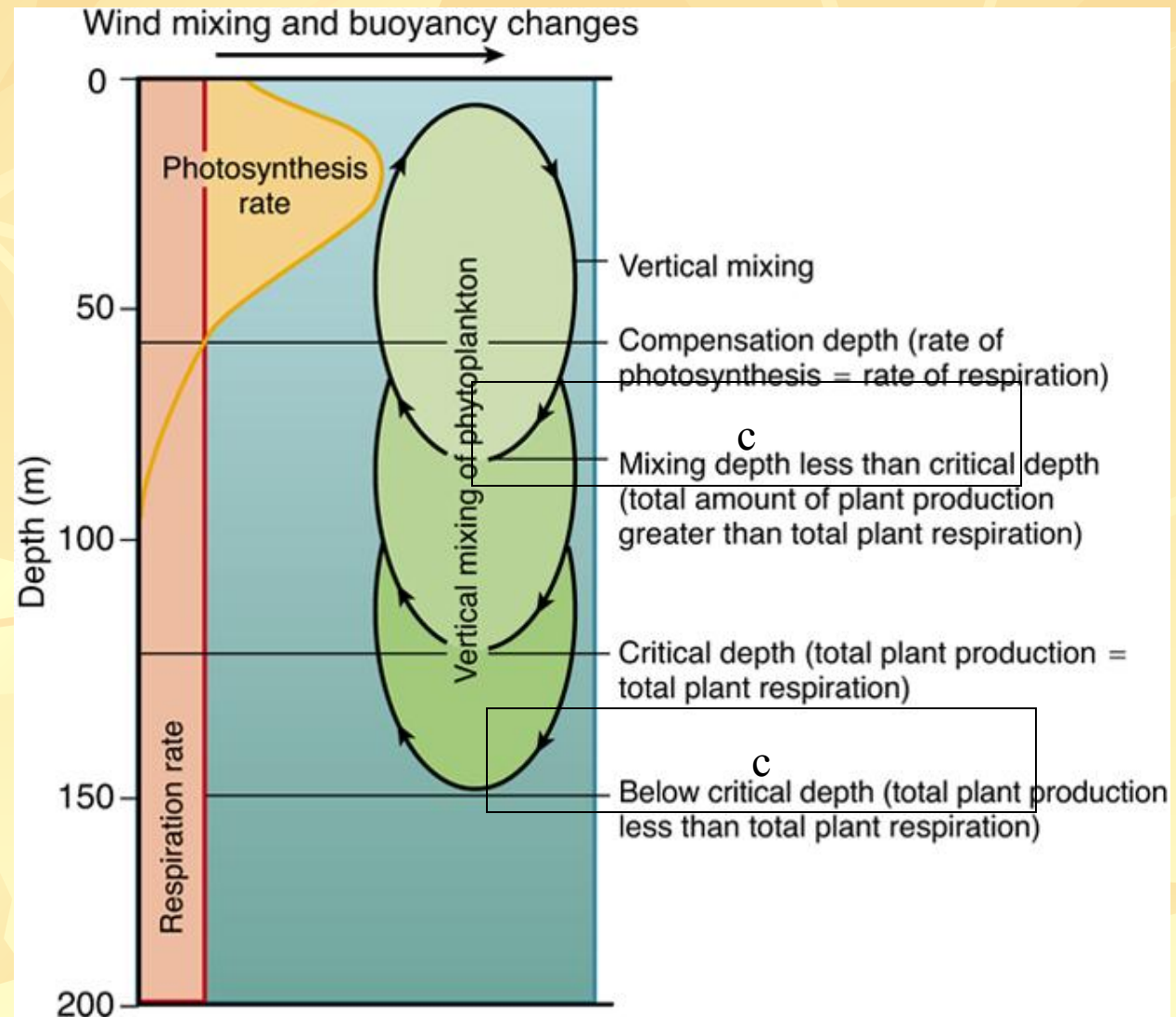
- **Photosynthesis**

- Involves the use of light energy in the conversion of inorganic carbon into organic carbon.
- Photosynthetic organisms include: terrestrial plants, seaweeds, phytoplankton, blue-green algae, and zooxanthellae.

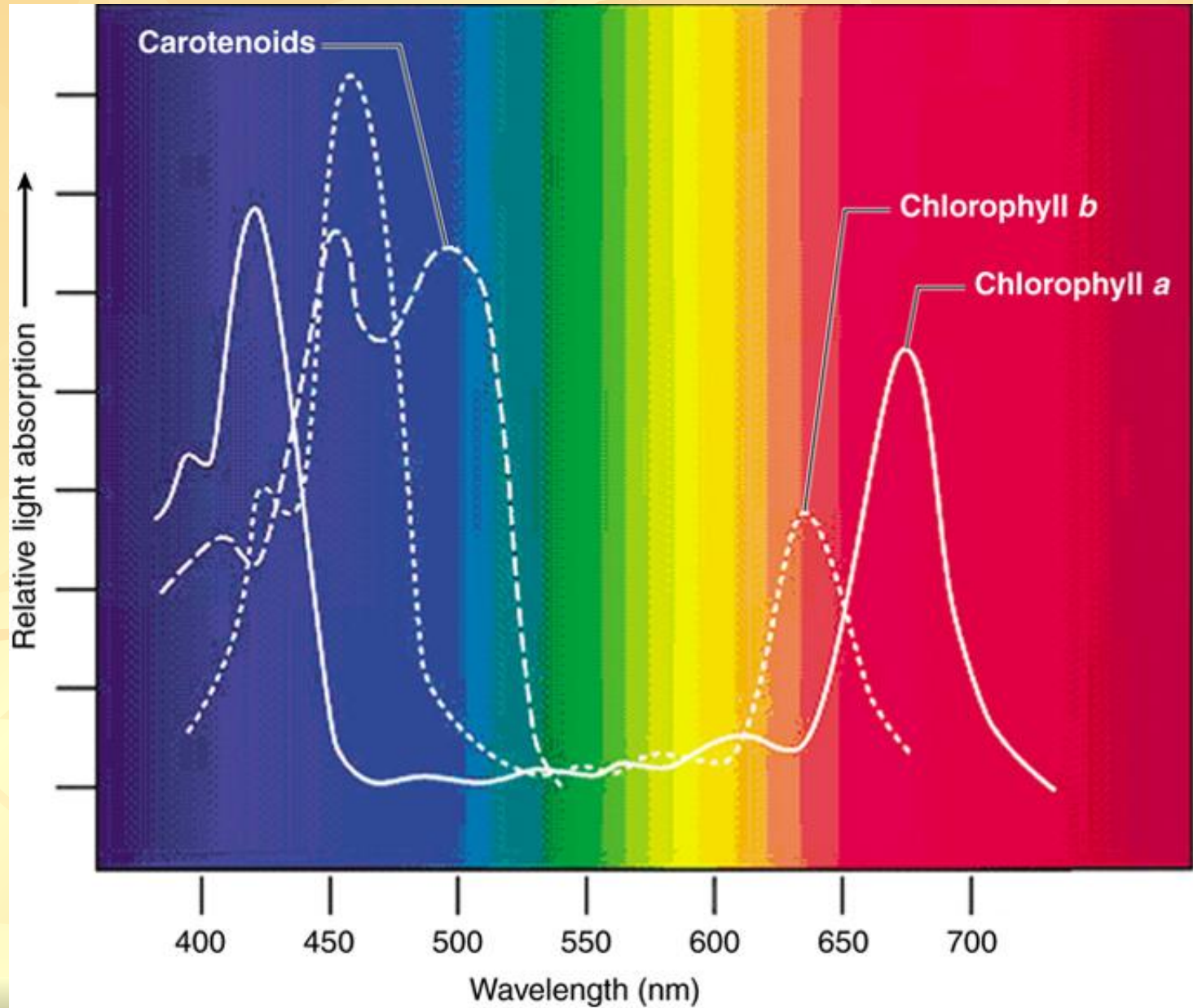
Primary Productivity

- Chemosynthesis
 - Involves the use of energy released by the catalysis of certain inorganic reaction to convert inorganic carbon into organic carbon.
 - Chemosynthetic organisms include: hydrothermal vent bacteria.

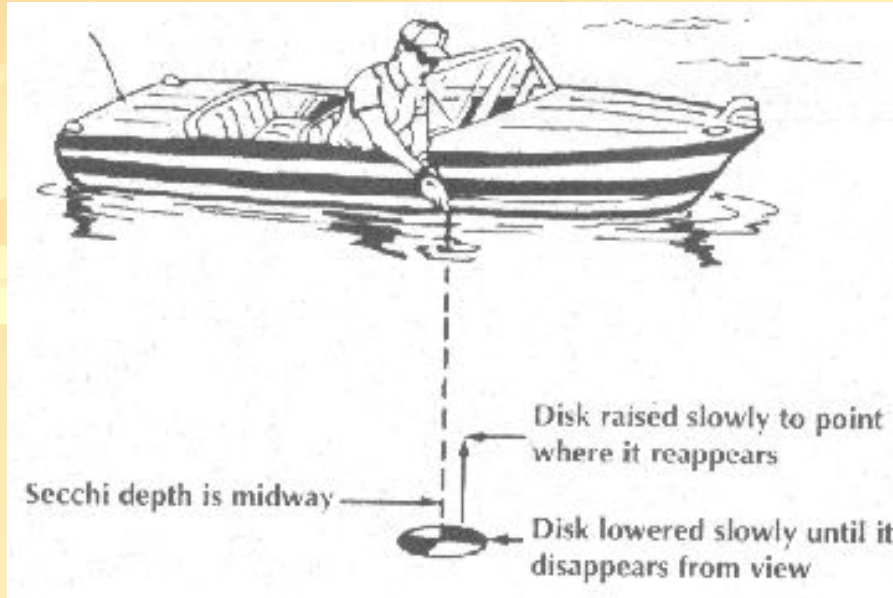
Распределение первичной продукции в водоеме по вертикали



Использование света у разных групп фито- планктона



Определение глубины проникновения света с помощью диска Секки

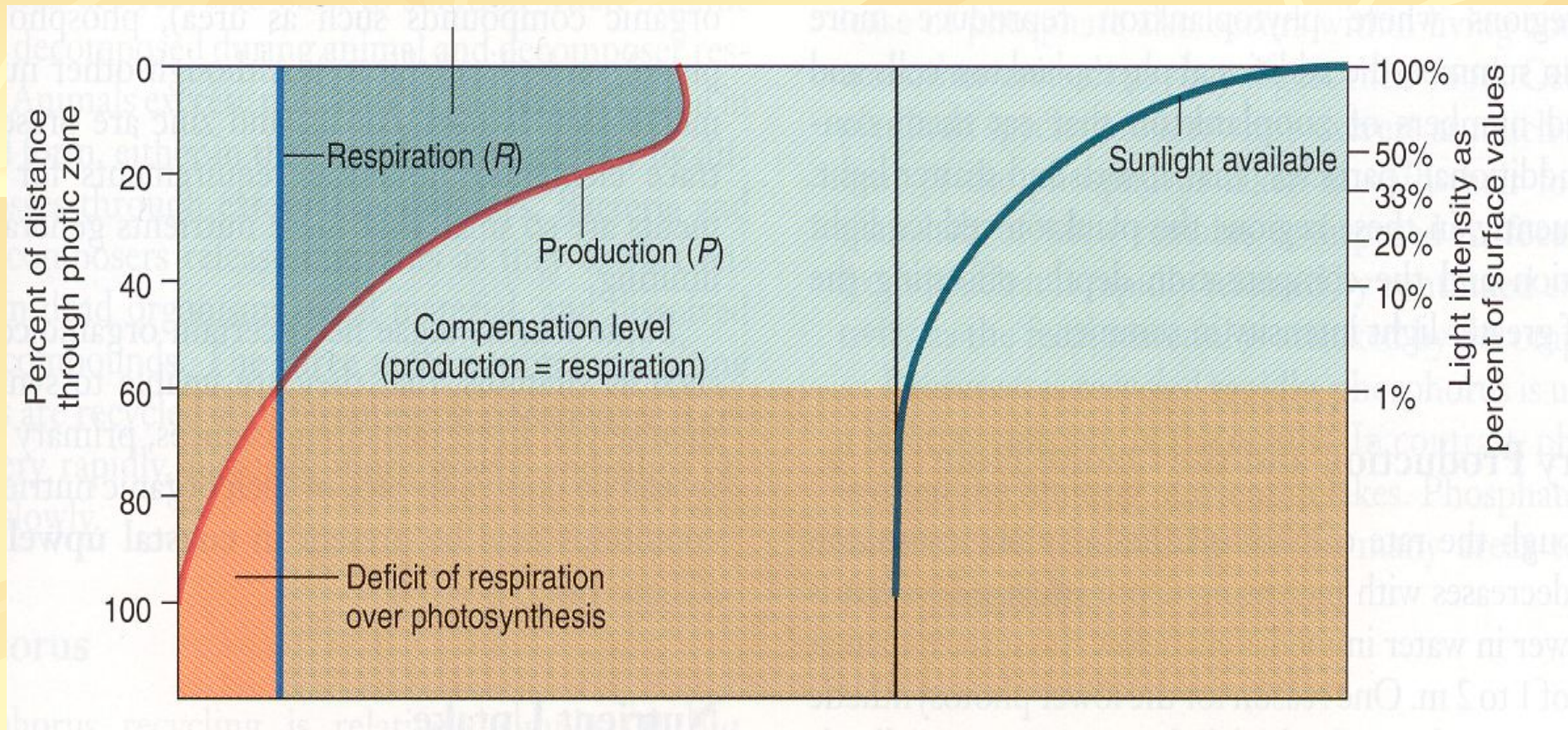


Античные времена – на какой глубине видна Серебряная монета ?

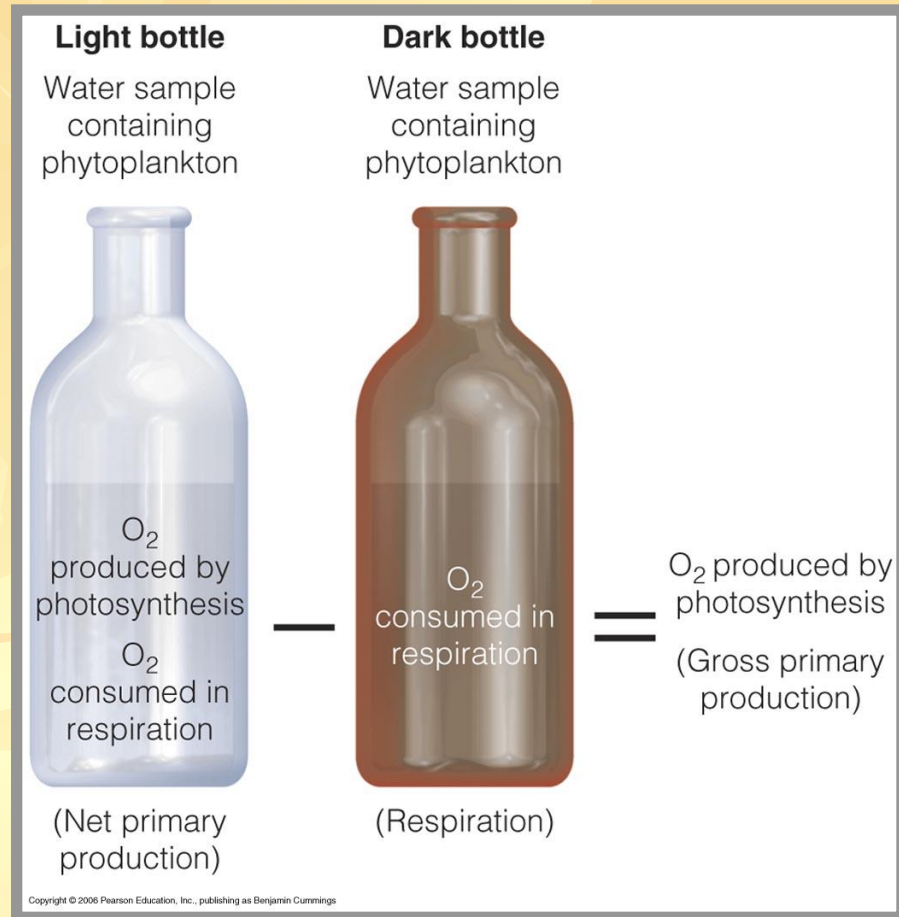
$$k = \frac{1.7}{\text{Secchi disk transparency (m)}}$$



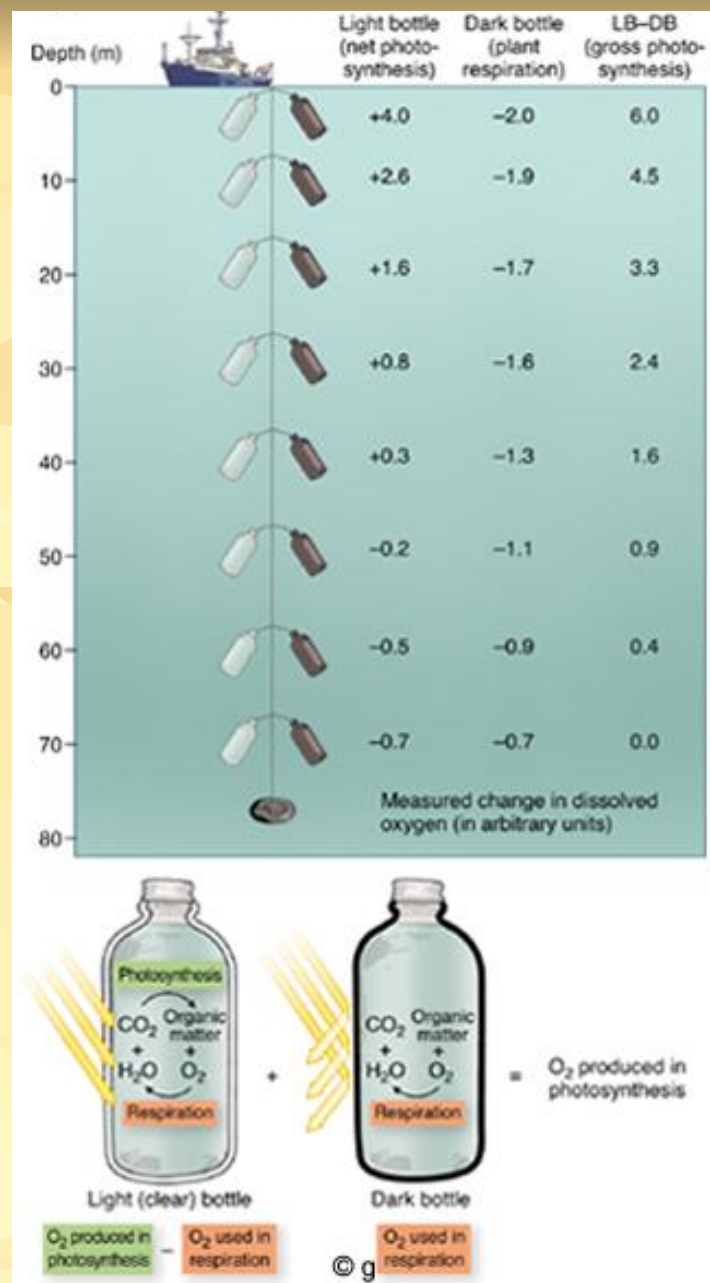
Фотическая зона



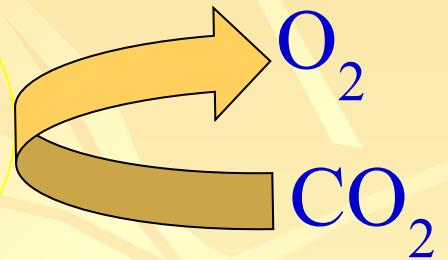
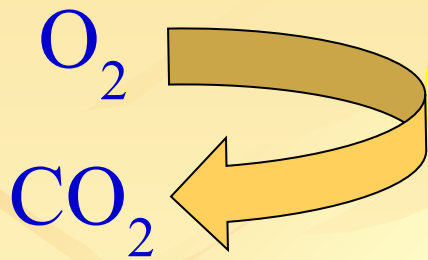
Energy Fixed in the Process of Photosynthesis is Primary Production.



Метод светлых и тёмных склянок



Photosynthesis



Respiration

Primary Productivity

- Gross Primary Productivity (GP)

Валовая первичная продукция

- The rate of production of organic matter from inorganic materials by autotrophic organisms

- Respiration (R)

- The rate of consumption of organic matter (conversion to inorganic matter) by organisms.

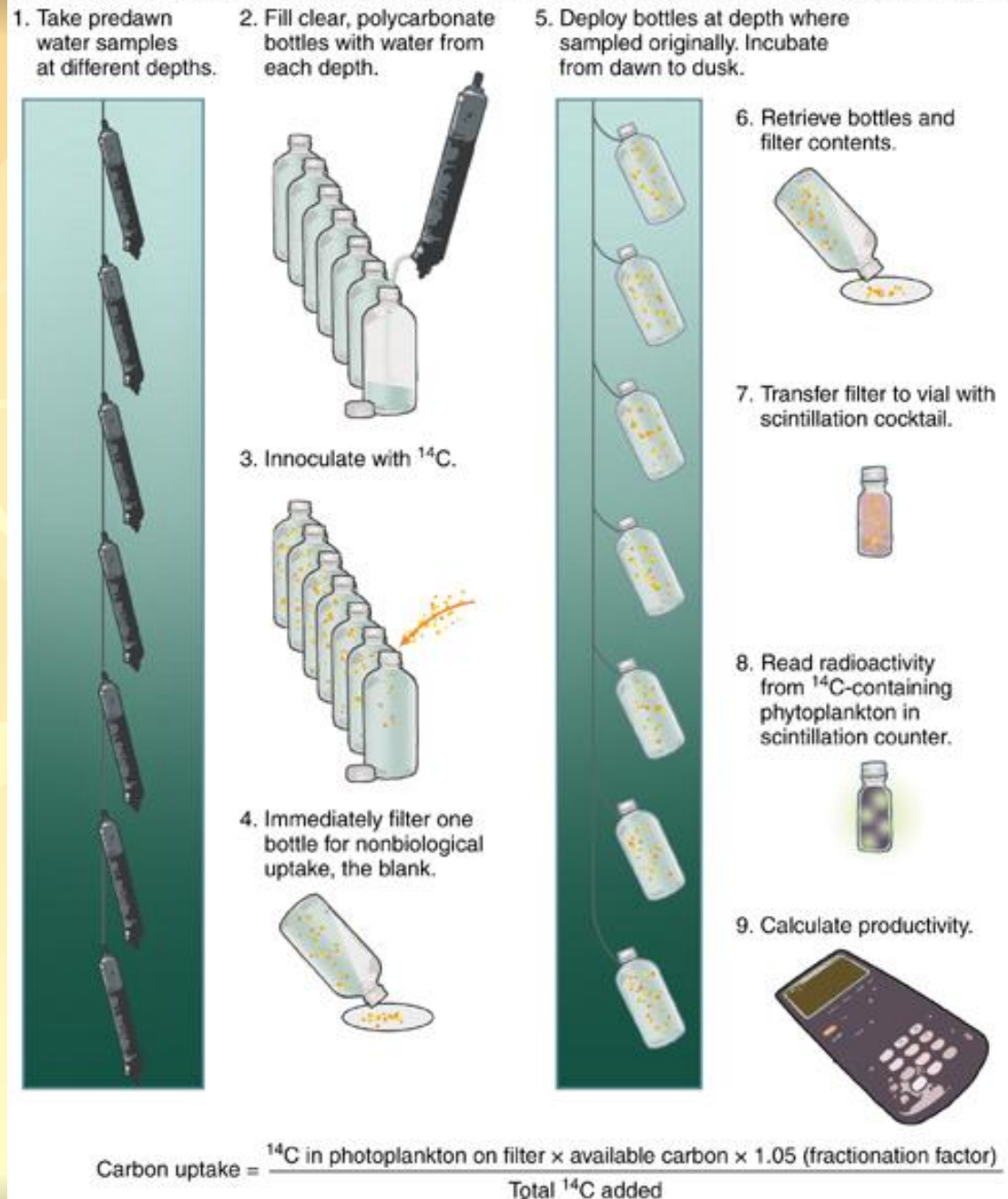
- Net Primary Productivity (NP)

Чистая первичная продукция

- The net rate of organic matter produced as a consequence of both GP and R.

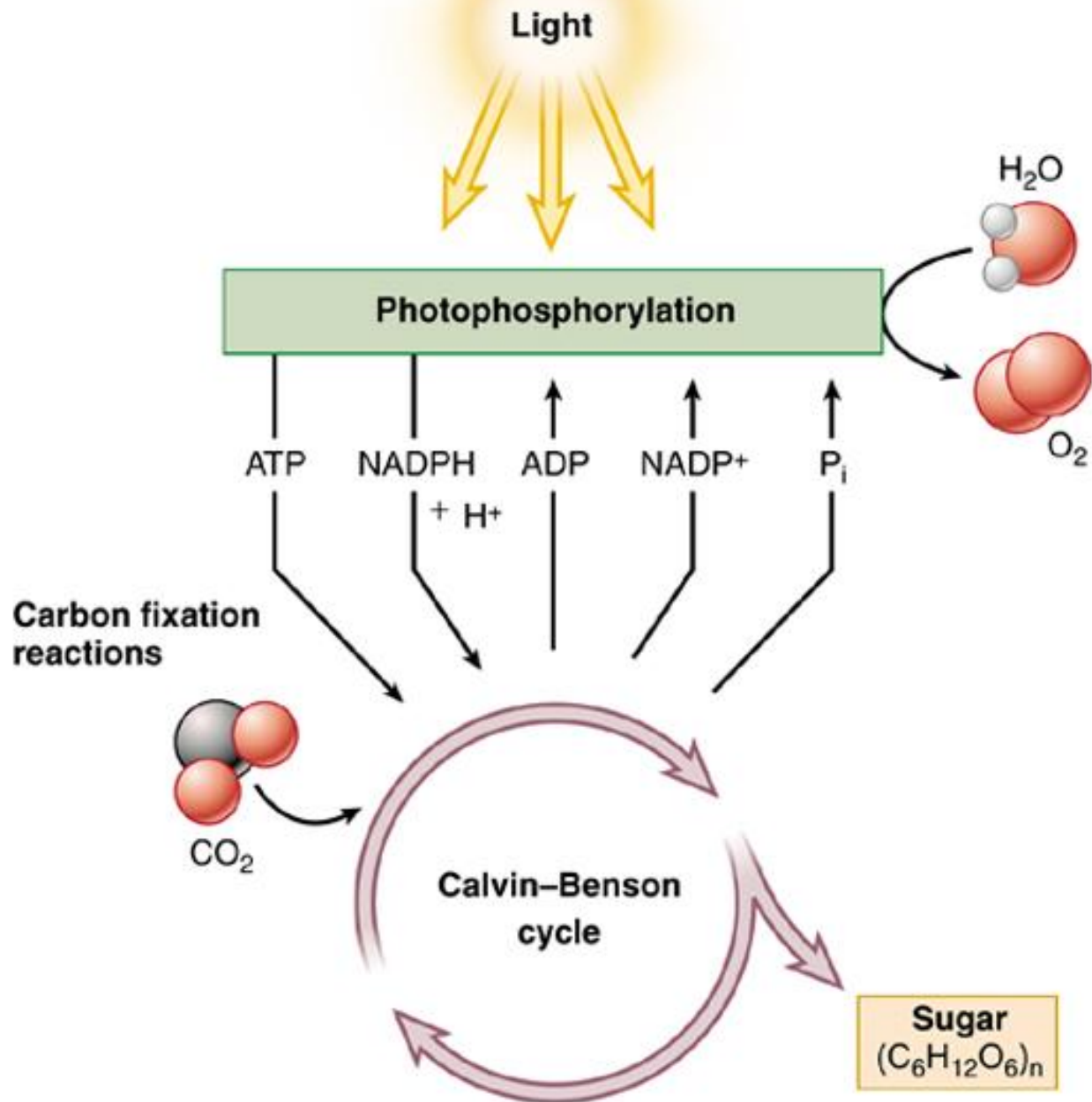
Анализ первичной продукции с применением радиоактивного углерода ^{14}C .

Валовая или чистая продукция?



Primary Production

Light reactions



**Классификации озер
по миктичности – перемешиванию
и
по трофности.**

**Озера:
эвтрофные / евтрофные,
мезотрофные,
олиготрофные
и
дистрофные.**

■ Limnology/ Oceanography

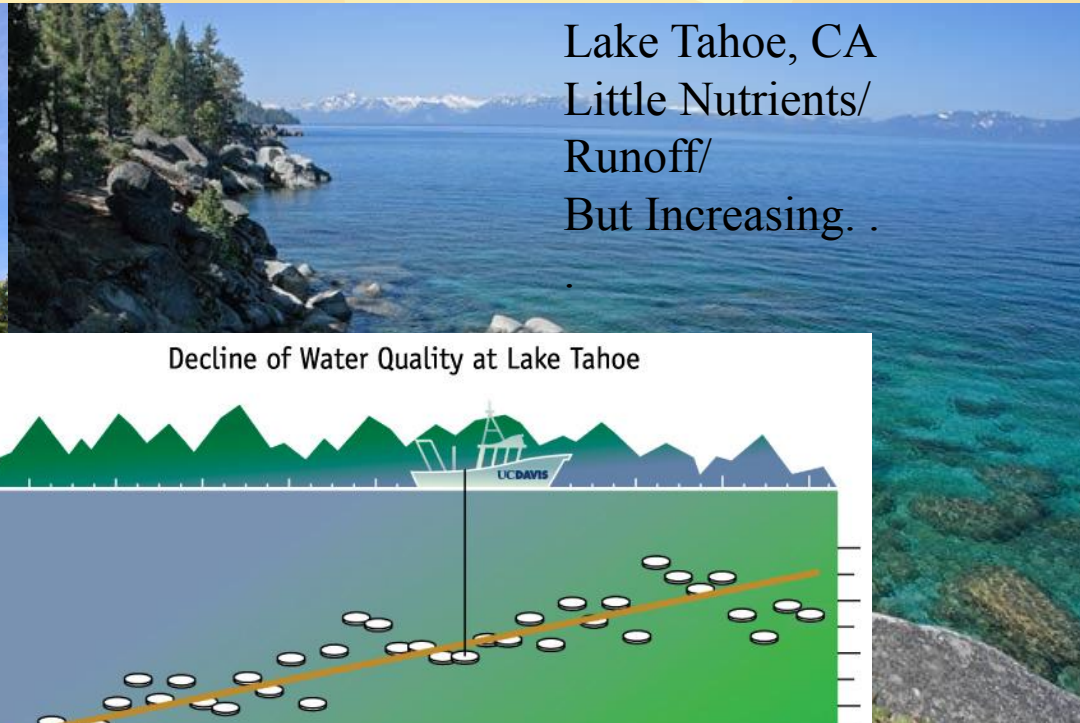
■ Eutrophic

■ Nutrient Rich

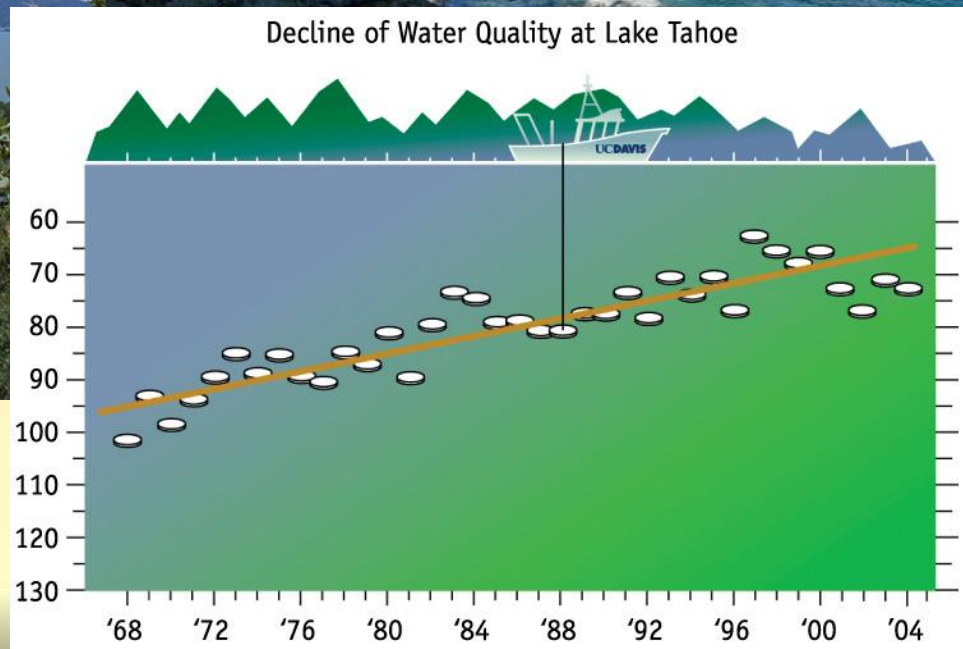
vs Oligotrophic Environments

Nutrient Poor

Clear Lake?, CA
LOTS of
Nutrients/ Runoff
Pea Soup Green

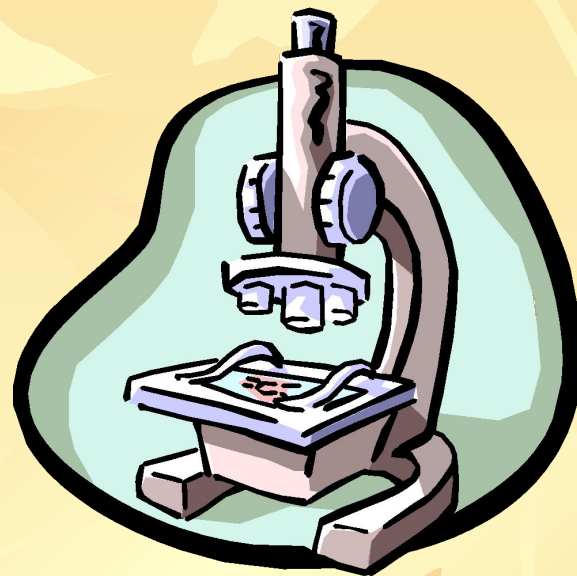


Lake Tahoe, CA
Little Nutrients/
Runoff/
But Increasing. .



**Что такое гетротрофная
ассимиляция CO_2
?**

**О влиянии
геомагнитных / магнитных
полей
на бактерии**



- **Магнитную или электромагнитную биологию рассматривают как раздел общей биологии, изучающей реакции живых систем, возникающие в ответ на изменения параметров внешних электрических, магнитных и электромагнитных полей («Введение в электромагнитную биологию», 1979).**
- **Интерес к влиянию магнитов и магнитного поля на здоровье человека возник давно, лечебные свойства магнита были объявлены еще Парацельсом в XVI в.**



• Экспериментальные исследования с живыми объектами особенно интенсивно начали развиваться за рубежом и в нашей стране с 60-х годов XX столетия.



• По В.И. Вернадскому живая природа возникла, эволюционировала и существует в равновесии с окружающей земной и космической средой, все живое сформировалось на определенном магнитном фоне Земли.



Научные подтверждения влияния гелиогеофизических факторов на здоровье человека впервые появились во Франции в 1920-30 гг.: врачи обратили внимание на то, что увеличение случаев обострения заболеваний совпадали с нарушением работы телефонных станций.

Общая причина - геомагнитные возмущения и магнитные бури.

Г. Сарду и Г. Валло собрали обширный материал, свидетельствующий о том, что прохождение солнечных пятен через центральный меридиан Солнца в 84% случаев совпадало с внезапными смертями, инфарктами и обострениями хронических болезней.



Основателем гелиобиологии у нас в стране справедливо считают А.Л.Чижевского (1897-1964), который провел подробный анализ роли максимумов и минимумов солнечной активности в цикличности инфекционных болезней. Первая публикация ученого «Эпидемические катастрофы и периодическая деятельность Солнца» вышла в 1930 г.

В 1938 г. по заказу Французской академии наук вышло более обстоятельное исследование «Земное эхо солнечных бурь». Автор проанализировал обширный отечественный и зарубежный материал по уровням заболеваемости и смертности от инфекционных болезней (холера, брюшной тиф, дизентерия, скарлатина) и пришел к выводу, что цикличность болезней связана с активностью Солнца.

«Деятельность Солнца, по всему вероятно, лишь способствует эпидемиям, содействует более быстрому их назреванию и интенсивности. Это нужно разуместь в том смысле, что та или иная эпидемия благодаря ряду биологических факторов могла бы иметь место и без воздействия солнечного фактора, но без последнего она могла бы появиться не в тот год, когда действительно имела место, и сила ее развития была бы не та, что на самом деле. ...

Ясно, что социальные условия обуславливают эпидемии всех видов. Но суживать этот вопрос до такой степени, вырывать человека и микроба из естественной среды окружающего мира со всеми его электрическими радиациями, потоками, полями — это значит впасть в грубейшую непростительную ошибку. Нет, и человек, и микроб — существа не только социальные, но и космические, связанные всей своей биологией, всеми молекулами, всеми частицами тел с космосом.»

(А.Л. Чижевский)

Современные вирусологи показали, что периодичность возврата пандемий связана с появлением нового, не имеющего иммунной устойчивости, поколения людей и с появлением мутаций в самом исходном вирусе. В целом период возврата пандемии каждого конкретного вируса составляет 16-20 лет.

Это означает, что периодичность инфекций может и не совпадать с солнечной активностью, а период в 11-12 лет быть кажущимся, представляя временной разрыв между двумя РАЗНЫМИ инфекциями.

В настоящее время в продаже появились и широко рекламируются различные приборы не государственного производства, которые обещают излечения излучениями, лучами, полями.

Мы проверили два прибора, названия и производителей которых по этическим соображениям не приводим (один из них выпускается академиком РАЕН). Эти приборы образуют электромагнитные поля, а их производители обещают уничтожение патогенных микроорганизмов. В одном случае даже – уничтожение вредных и стимуляцию полезных бактерий (!).

Наша проверка приборов на засеянных бактериями пробах воды не обнаружила отличий ни в числе, ни в активности бактерий по сравнению с контрольными, не обработанными пробами.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

(Неопубликованные данные, исполнитель: Н.
Гаязова, Институт белка РАН, 1998 г.)

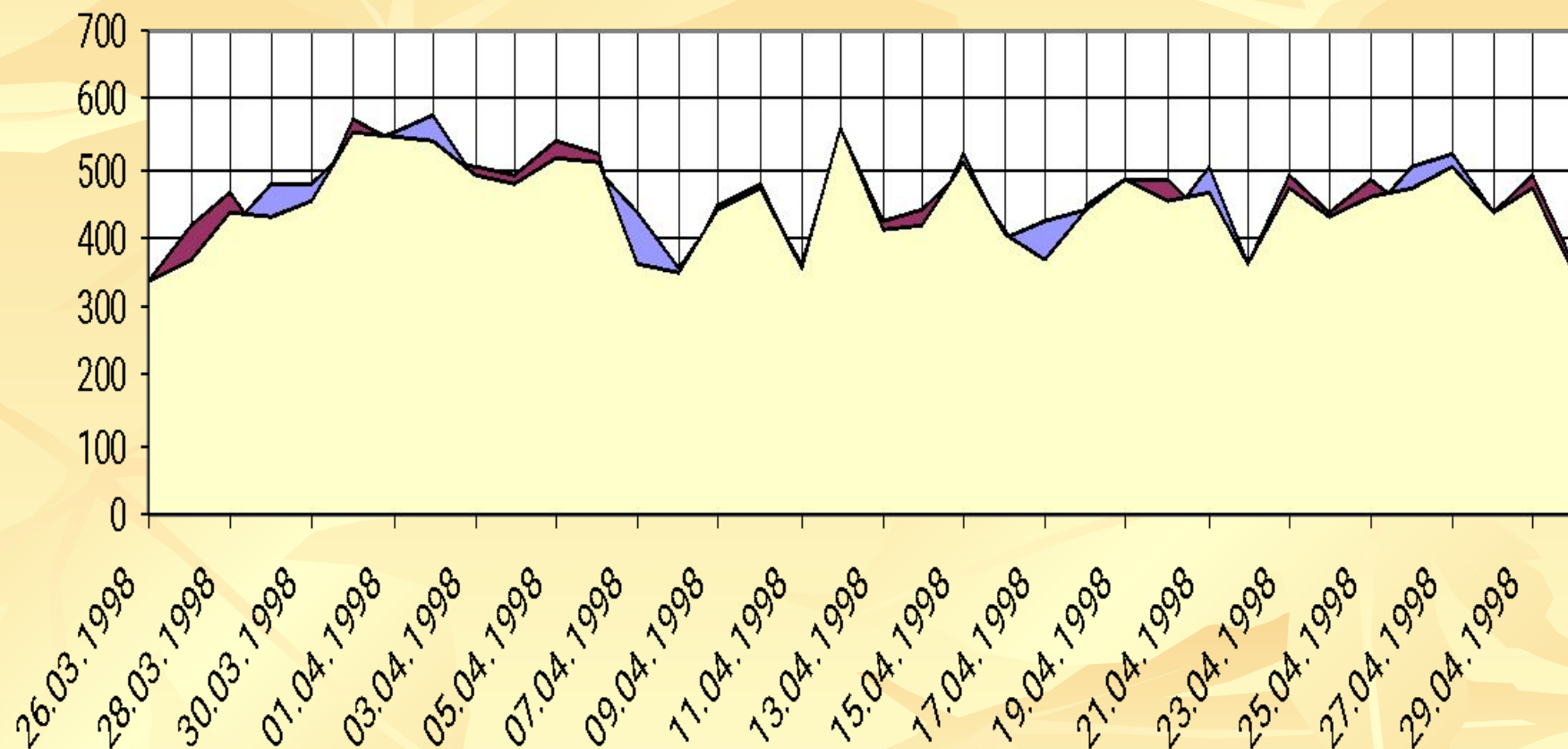
Лизогенный штамм *Escherichia coli* BL21(DE3), несущий фрагмент ДНК бактериофага ДЕЗ, вырастили в 1 л стандартной стерильной среды LB с 100 мг FeCl_3 /л до оптической плотности $d = 0,074$ при длине волны 590 нм и $l = 1$ см. Суспензию стерильно разлили по 3 мл в завинчивающиеся криопробирки и заморозили при -70°C .

Затем каждый день в 10 часов утра вынимали из кельвинатора 2 пробирки и ставили их в качалку-термостат при 37°C , а через 6 час измеряли оптическую плотность выросшей суспензии.

Рост исходно равной суспензии в разные дни

(закрашенные области - разброс между параллельными криопробирками)

Оптическая плотность, $\times 0,001$



Как видно из приведенного графика, параллельные пробирки каждый день обнаруживали близкое сходство меж собой, но крайние величины прироста в разные дни расходились почти в два раза ($350 - 70 = 280$; $575 - 70 = 505$).

Сотрудники Радиоастрономической обсерватории ФИАН проверили наличие корреляции прироста биомассы с геомагнитной обстановкой. Ее не было. Это понятно: лифт, приходящий на этаж, вызывает значительно большую «магнитную бурю».

Следует заключить, что разница в росте не могла быть обусловлена химическими агентами, изменениями в воздушной среде или температурой.

Однако она могла быть результатом влияния физических полей.

В 1975 г. были открыты МАГНИТОТАКТНЫЕ бактерии, содержащие в клетках призматические кристаллы магнетита, окруженные 3-слойной мембраной – магнитосомы. Магнитные поля оказывают влияние на движение этих бактерий.



Неидентифицированная магнитотактная бактерия с цепочкой кристаллических магнитосом. (Электронная микроскопия, тотальный препарат клеток. Фотография предоставлена Э.А. Матиташвили).

Влияние магнитных полей на не-магнитотактные бактерии изучали разные авторы

Как правило, для этого они сравнивали рост бактерий в камерах из пермалоя, экранирующего магнитные поля, с ростом бактерий, подверженных воздействию магнитного или геомагнитного поля.

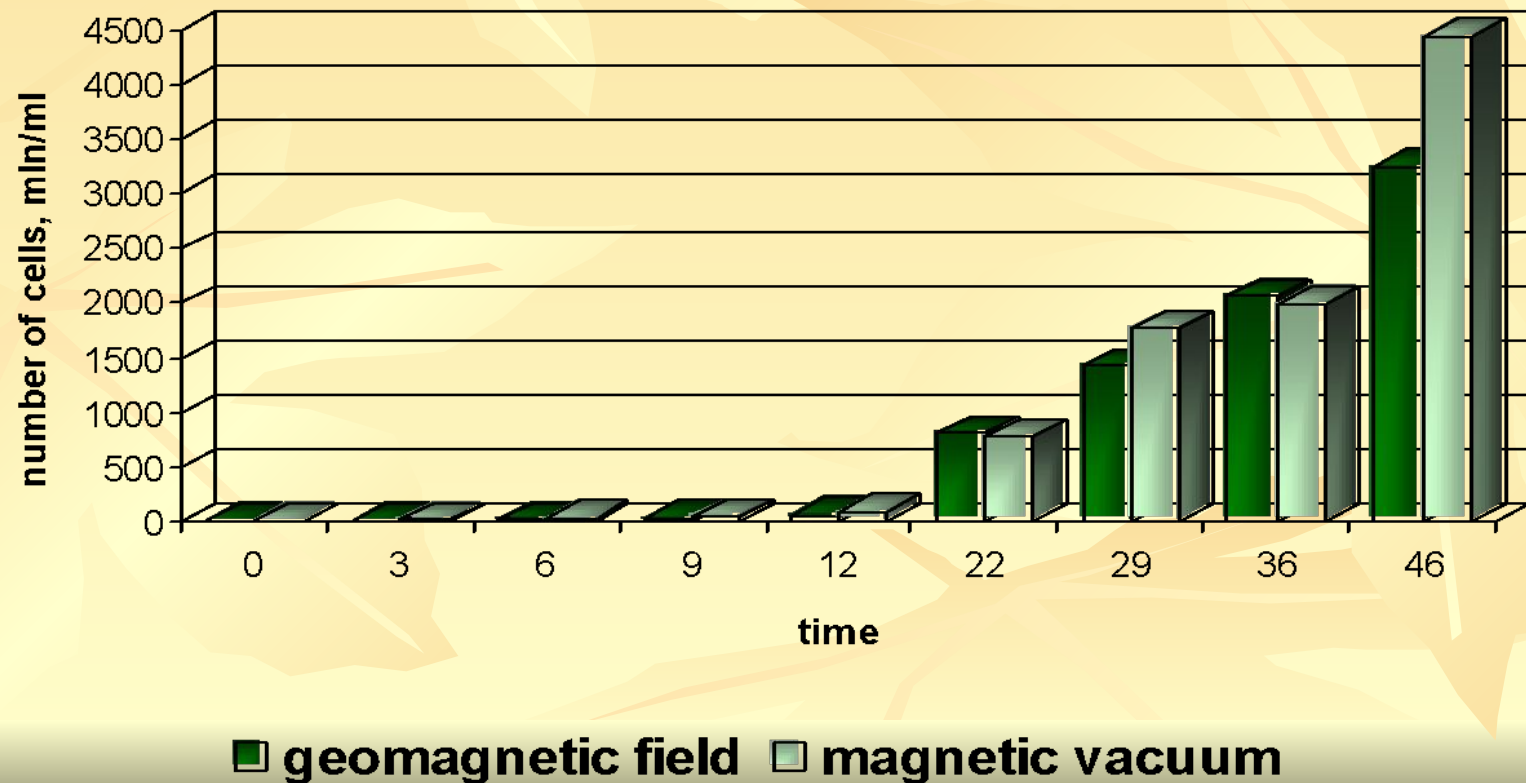
Однако опубликованные экспериментальные результаты, развивающие гипотезу, что изменения геомагнитного поля в периоды солнечной активности могут влиять на жизнедеятельность бактерий, немногочисленны, зачастую противоречивы, иногда не воспроизводимы и не объяснимы.

Например: увеличение численности бактерий за часы на порядки; «изменение видовой принадлежности», определенное по виду колоний и т.п.

Мы изучали влияние магнитных полей на бактерии в стационарной установке Геомагнитной обсерватории Института физики Земли РАН

Для изучения влияния геомагнитного поля на бактерии были исследованы ростовые и цитологические характеристики *Pseudomonas fluorescens* ВКМ В-2170 в естественном геомагнитном поле и в объеме с компенсированным геомагнитным полем (условным «магнитным вакуумом»). Для компенсации поля использованы ортогональные пары колец Гельмгольца. В качестве основного контролируемого показателя приняли удельную скорость ассимиляции карбонатного углерода при гетеротрофном росте ($\text{мкг } C_{\text{карб.}}$ на млрд. клеток в час). Ассимиляцию карбонатного углерода измеряли по включению в клетки ^{14}C -меченого карбонатного углерода. Численность клеток определяли прямым счетом под микроскопом с применением флуоресцентных красителей и фазового контраста.

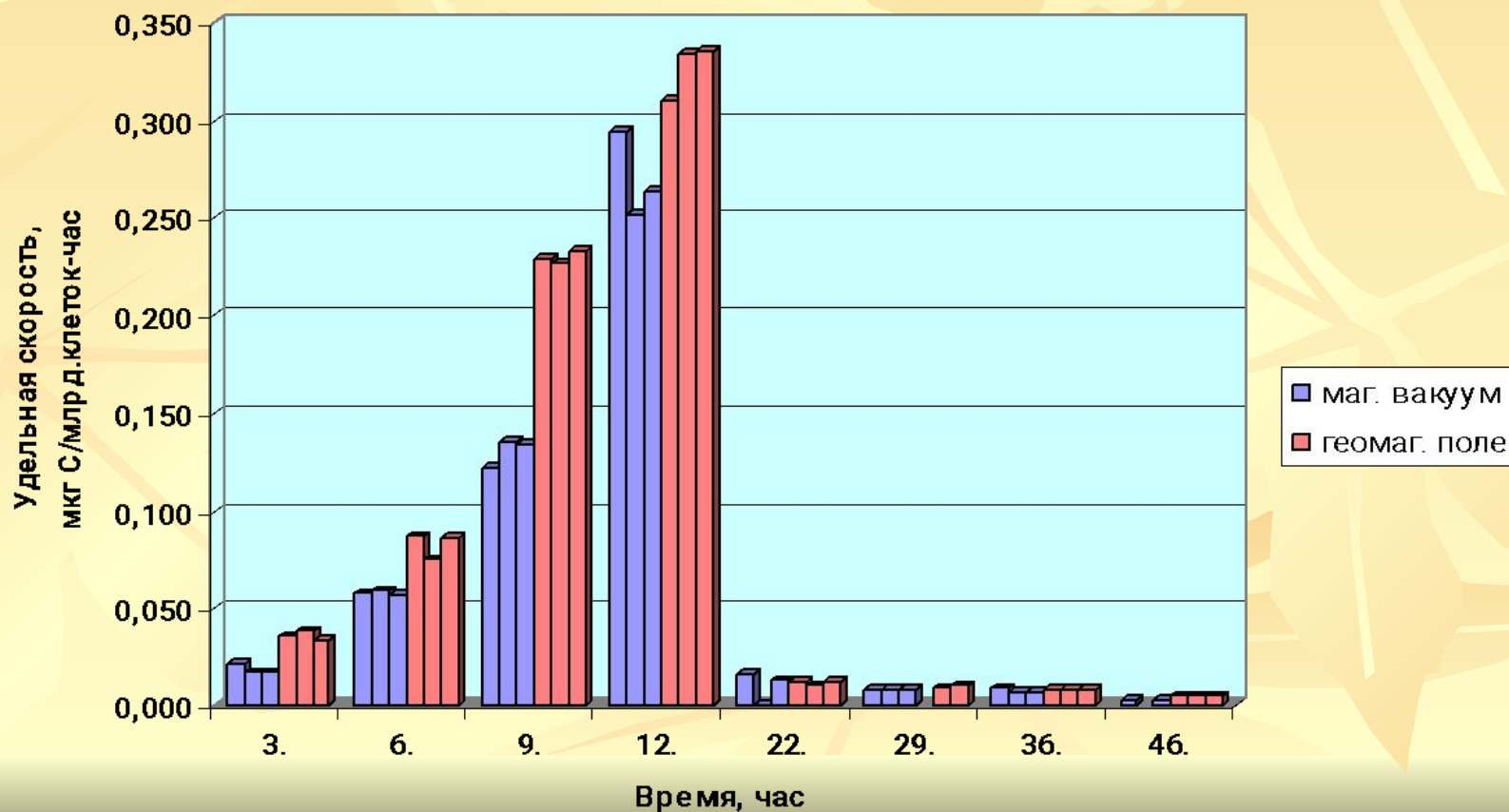
**Комментарий, необходимый для
дальнейшего обсуждения:
анализ прироста численности выявил лаг-
фазу (фазу адаптации) и лог-фазу (фазу
активного размножения)**



**Удельная скорость ассимиляции карбоната
в лаг-фазе была ниже в «магнитном вакууме»,
чем в геомагнитном поле.**

**Со временем, в лог-фазе, различия между удельными
скоростями ассимиляции карбонатного углерода
выравнивались**

Рис.2. Динамика удельной скорости ассимиляции карбонатного углерода
P. fluorescens в различной магнитной обстановке.

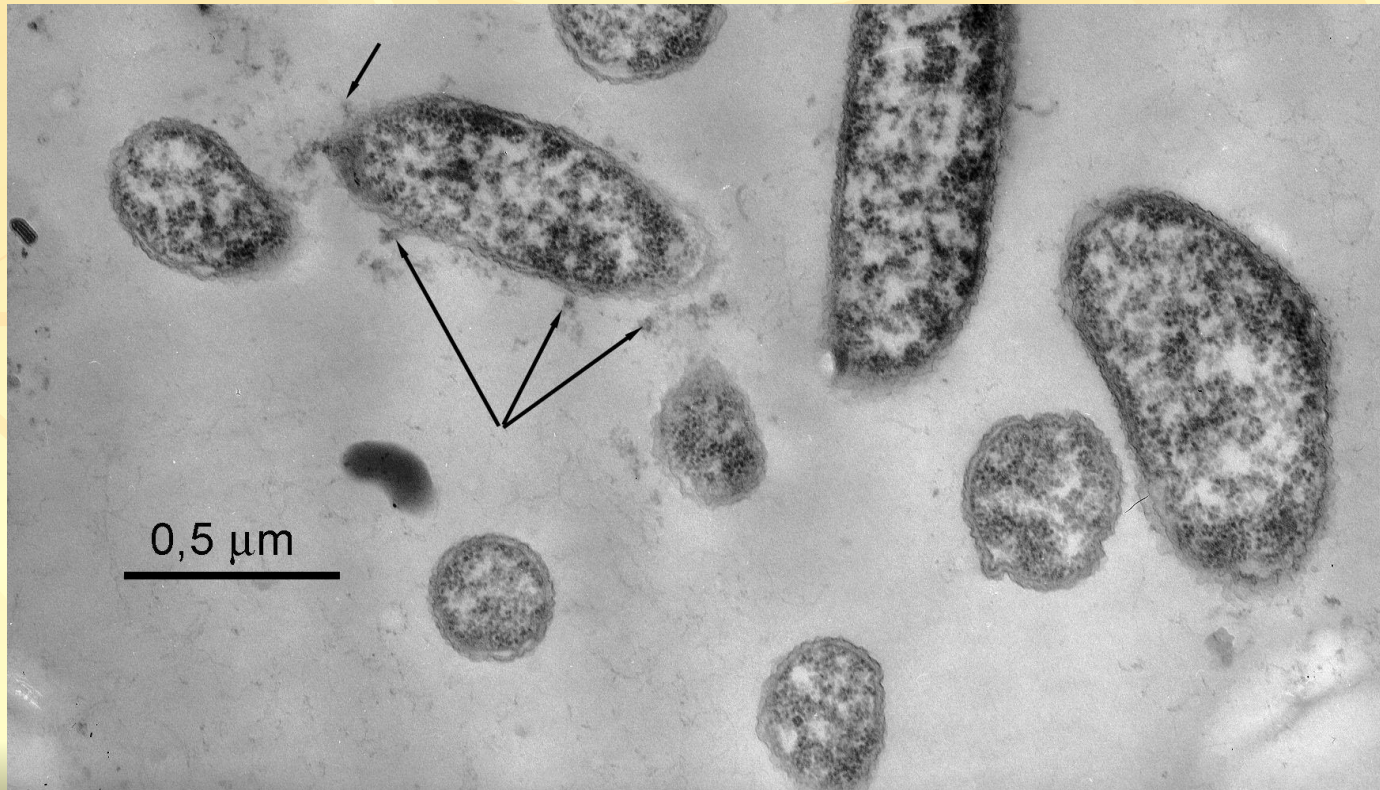


**Таким образом, экспериментально
показано,
что
геомагнитное поле влияло на
конкретный
биохимический процесс –
удельную скорость
гетеротрофной ассимиляции
карбоната.**

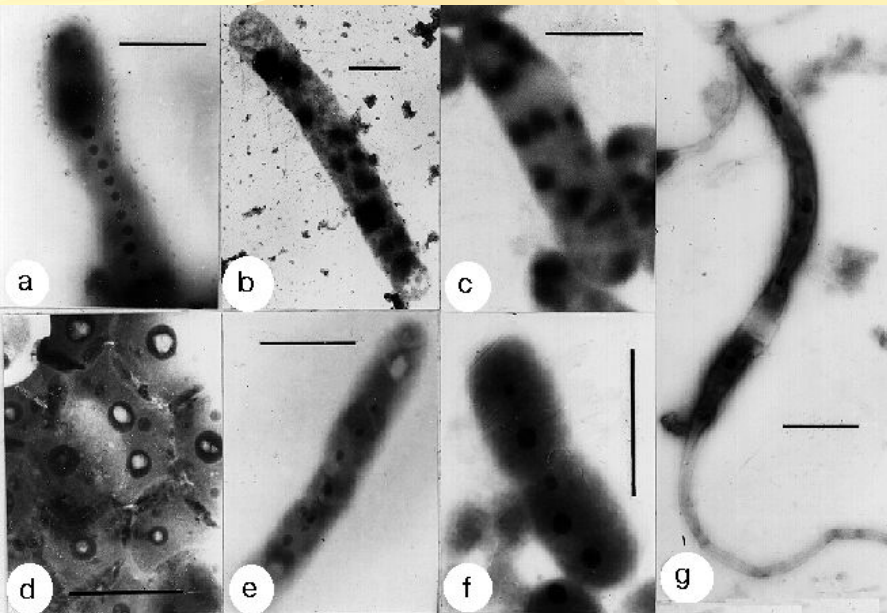
Цитологические анализы показали, что присутствие железа в среде в условиях геомагнитного поля приводило к формированию микрокристаллических магниточувствительных внутриклеточных включений (ММВВ)



**В условиях «магнитного вакуума»
присутствие железа приводило к
образованию неописанных ранее
кристаллических структур,
расположенных на поверхности клеток**

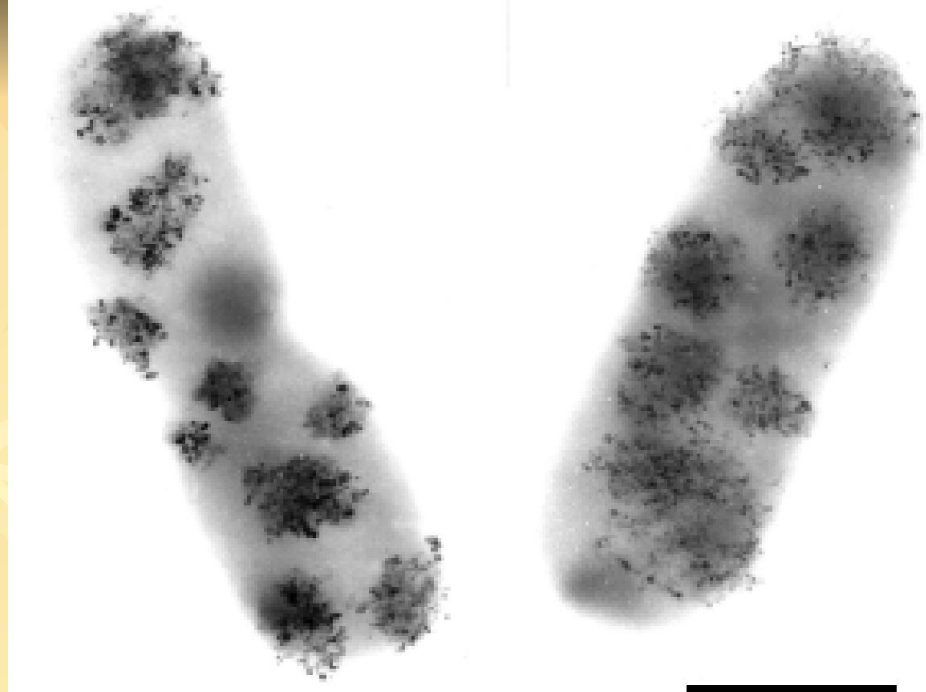


Микрокристаллические магниточувствительные внутриклеточные включения (ММВВ) формируются у самых разных бактерий.



Общий вид бактериальных и
археальных клеток с ММВВ.
Масштабный отрезок
соответствует 1,0 мкм.

- а - *R.palustris* ВКМ В-1620 Т;
- б - *E.coli* ВКМ В-126;
- в - *P.aeruginosa* ВКМ В-552 Т;
- г - *C.maris* ВКМ В-1510 Т;
- д - *H.morrhuae* ВКМ В-1772 Т;
- е - *H.sodomense* ВКМ В-1771 Т;
- ж - *Halorubrum* sp. ДеЛим.

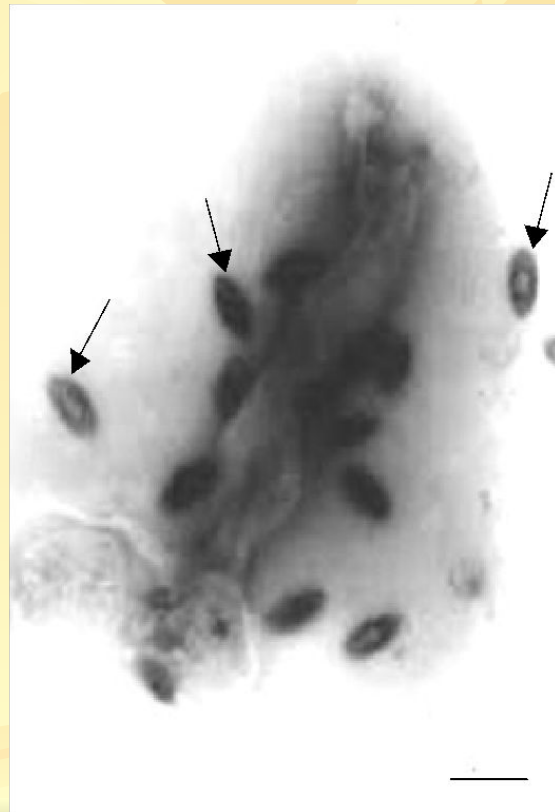


Общий вид клеток *Pseudomonas aeruginosa* («синегнойной палочки») ВКМ В-588 Т, содержащих ММВВ. На поверхности клетки расположены удерживаемые магнитными включениями клеток кластеры частиц из питательной среды. (Среда содержала разрушенную эритроцитарную массу.) Масштабный отрезок соответствует 1,0 мкм.

Под воздействием сильного магнитного поля ММВВ выходят из клеток, разрывая клеточную оболочку



а)



б)

Следует заключить, что:

- Геомагнитное поле влияет на специфические биохимические процессы у бактерий (на удельную скорость ассимиляции карбонатного углерода у *P. fluorescens*).
- Это влияние проявляется различно на разных стадиях роста.
- Присутствие в среде растворенного железа реализуется в цитологии бактерий в зависимости от величины магнитного поля.