

Уральский государственный лесотехнический университет
Кафедра физико-химической технологии защиты биосферы

<i>Направление подготовки</i>	18.03.02. – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии 20.03.01 – Техносферная безопасность
<i>Квалификация (степень) выпускника</i>	Бакалавр
<i>Профиль подготовки</i>	Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов Инженерная защита окружающей среды

Основы микробиологии и биотехнологии

*Разработчик программы:
проф. кафедры физико-химической технологии
защиты биосферы И.Н. Липунов*



Что такое микробиология и биотехнология?

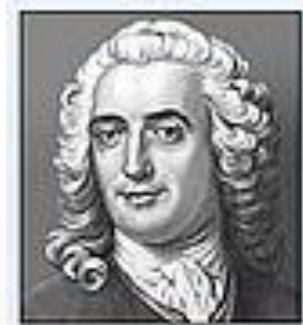
Микробиология - наука, изучающая систематику, строение, физиологические особенности мельчайших, невидимых невооруженным глазом растительных и животных организмов, условия их жизнедеятельности, их роль в природе и жизни человека.



Микроорганизмы являются древнейшими представителями жизни на Земле. Их мельчайшие размеры и чрезвычайно высокая биологическая активность определили резкое отличие истории микробиологии от истории развития других наук.

Микробиология сравнительно молодая наука, ей насчитывается всего лишь 340 лет. Основоположником этой науки считается голландский любитель-натуралист **Антоний Ван Левенгук** (1632-1723), который первым наблюдал размеры и движение бактерий через, изготовленный им, микроскоп.

До середины XIX в. шло накопление отдельных разрозненных наблюдений и фактов. Это был описательный, морфологический период в развитии микробиологии.



А. Левенгук

Со второй половины XIX века началось бурное развитие микробиологии – ее физиологический период, связанный с именем величайшего французского ученого, химика по образованию, **Луи Пастера** (1822-1895).



Луи Пастер

Основной заслугой Пастера является то, что он впервые связал микроорганизмы с процессами, ими вызываемыми.

Исследования Л. Пастера завершили многовековой спор о возможности самопроизвольного зарождения жизни. Луи Пастер является основоположником основных направлений современной микробиологии.



Огромный вклад в развитие микробиологии внесли отечественные ученые. **И. И. Мечников** (1845-1916) создал фагоцитарную теорию иммунитета. **С. Н. Виноградский** (1866-1953) – основоположник почвенной микробиологии, установил роль

Илья Мечников микроорганизмов в круговороте веществ в природе. **В. Л. Омелянский** (1867-1928) открыл возбудителей брожения клетчатки, процессы нитрификации, азотфиксации, а также экологии микроорганизмов почв.



Сергей Виноградский

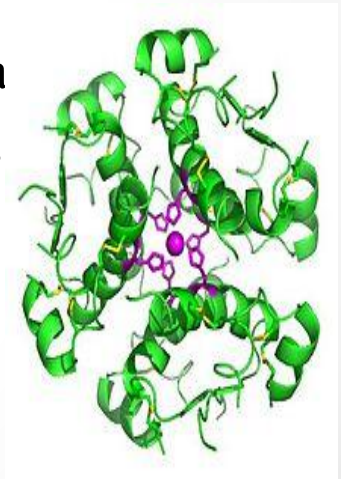
Биотехнология — это наука, изучающая возможности использования живых организмов, их систем или продуктов их жизнедеятельности для решения технологических задач, а также возможности создания живых организмов с необходимыми свойствами методом генной инженерии.

Исторически биотехнология возникла на основе традиционных микробиологических производств, которые осознанно применялись в древности при получении вина, пива, хлеба. Основы сознательного



управления технологическими процессами, в которых микроорганизмы являются «главными работниками», были заложены **Луи Пастером**.

Современная биотехнология, опираясь на успехи молекулярной биологии, биохимии, химической и информационной технологии, биофизики и электроники, решает многочисленные проблемы медицины, сельского хозяйства, гидрометаллургии, энергетики, экологизации промышленных производств.

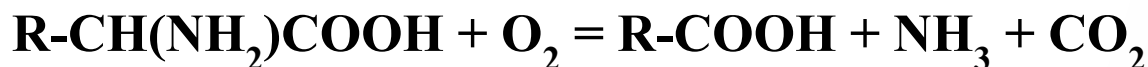


Роль и значение микроорганизмов

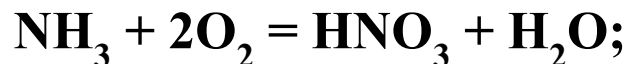
В природе играют большую роль в процессах:

- формирования химического состава почвы и природных вод;
- фотосинтетического продуцирования органических веществ, деструкции и трансформации продуктов деструкции отмерших остатков живых и растительных организмов;
- круговорота вещества и энергии в природных средах;
- минерализации органического азота и последующей его нитрификации, денитрификации и азотфиксации:

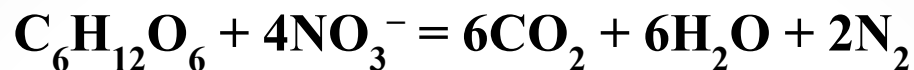
- бактерии аммонификаторы участвуют в процессах разложения продуктов гидролиза белковых соединений



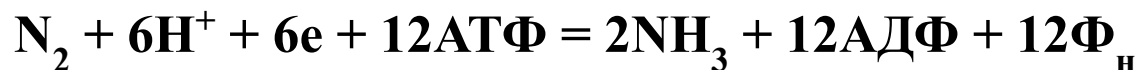
- бактерии нитрификаторы в результате биохимического окисления образуют из аммиака доступные для растений нитраты



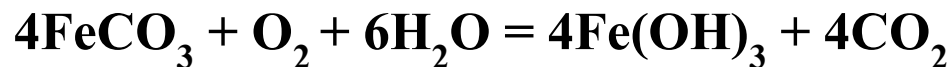
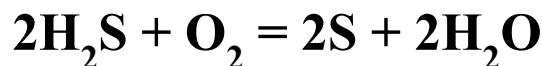
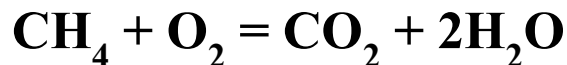
– бактерии денитрификаторы восстанавливают нитраты до молекулярного азота



- азотфиксирующие бактерии связывают молекулярный азот, делая его доступным для высших растений, таким путем в почве аккумулируется в год до 175 млн. тонн связанного азота



• биохимического окисления органических и минеральных веществ в природных средах



• ферментативного гидролиза лигнина и клетчатки до глюкозы



В хозяйственной деятельности микроорганизмы используются для:

- хлебопечения, пивоварения, виноделия, производства кисломолочных продуктов и сыров, получения витаминов, ферментов, пищевых и кормовых белков, органических кислот и многих других веществ;
- биосинтеза антибиотиков, биологически активных веществ ;
- осуществления микробиологических процессов очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, анаэробного сбраживания осадков сточных вод, выщелачивания металлов из "забалансовых руд";
- биотрансформации ксенобиотиков и загрязняющих окружающую среду веществ, получения экологически чистой энергии, этанола, водорода.

Целью преподавания дисциплины ”Основы микробиологии и биотехнологии” является формирование у будущих специалистов знаний в области общей микробиологии и современной биотехнологии, особенно с точки зрения использования биотехнологических процессов в решении проблем охраны и рационального использования природных ресурсов и инженерной защиты окружающей среды.

Основными задачами дисциплины являются – дать будущим специалистам знания в области:

- роли и значения микроорганизмов в природе и жизни человека;
- биохимических процессов превращения органических и минеральных веществ с участием аэробных и анаэробных микроорганизмов;
- основных направлений применения современной биотехнологии, в том числе и в решении проблем охраны природной среды;
- практических навыков по расчету массовых и тепловых балансов аэробной и анаэробной биохимической очистки сточных вод и утилизации осадков.

После окончания изучения дисциплины студент должен:

- **знать** принципы систематики микроорганизмов, их морфологию и физиологию, основные механизмы превращения микроорганизмами различных химических соединений, закономерности процесса биохимического окисления органических и неорганических веществ, типы систем аэробной и анаэробной очистки сточных вод и переработки осадков, использование биотехнологических процессов для решения проблем рационального использования природных ресурсов и инженерной защиты природной среды;
- **уметь** применять теоретические основы дисциплины при выборе и обосновании рациональных биотехнологических систем очистки сточных вод и переработки осадков;
- **владеть** расчетами массового баланса процессов, протекающих в биологических реакторах анаэробной и аэробной очистки сточных вод, переработки осадков.

Дисциплина ”Основы микробиологии и биотехнологии” готовит будущего специалиста к решению следующих задач профессиональной деятельности:

В области проектной деятельности: расчет и проектирование отдельных стадий технологического процесса в соответствии с техническим заданием, учетом эколого-экономических ограничений и требований промышленной безопасности.

В области производственно-технологической деятельности: участие в мероприятиях по охране окружающей среды на основе требований промышленной безопасности и других нормативных документов.

В области организационно-управленческой деятельности: участие в разработке малоотходных и экологически безопасных технологических процессов.

В области научно-исследовательской деятельности: анализ опасностей промышленных производств на природные системы.

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы

Вид учебной работы	Всего часов	Форма обучения	
		ОЧНОЕ	заочное
Аудиторные занятия (всего)	36	36	6
В том числе:			
Лекции (Л)	14	14	2
Практические занятия (ПЗ)	22	22	4
Самостоятельная работа (всего)	36	36	66
В том числе:			
Проработка тем, вынесенных на самостоятельное изучение с выполнением домашнего задания (реферат)	14	13	36
Подготовка к практическим занятиям	18	16	8
Решение задач (контрольная работа)	4	4	18
Вид промежуточной аттестации: зачет		3	4
Общая трудоемкость			
• часы	72	72	72
• зачетные единицы	2	2	2

Содержание дисциплины

1. Введение в курс "Основы микробиологии и биотехнологии" (Цели и задачи дисциплины. Основные понятия и определения. Роль и назначение микроорганизмов в природе и жизни человека).

2. Общая микробиология (Принципы систематики микроорганизмов. Цитология бактерий. Физиология микроорганизмов. Превращение микроорганизмами соединений углерода, элементарноорганических и минеральных веществ в анаэробных и аэробных условиях).

3. Биотехнология (Введение в современную биотехнологию. Биообъекты: способы их создания и совершенствования. Способы ведения биотехнологического процесса).

4. Биотехнологические процессы в решении проблем охраны окружающей среды (Биологическая очистка сточных вод. Биологическая очистка сточных вод в искусственных аэрационных сооружениях. Анаэробная очистка сточных вод и обработка осадков. Другие направления применения биотехнологических процессов в решении проблем охраны окружающей среды).

Практические занятия

Название раздела курса	Темы практических занятий
Общая микробиология	Механизм гликолиза образования пирувата из углеводов с участием микроорганизмов.
	Биохимические процессы превращения азот содержащих органических веществ.
Биотехнологические процессы в решении проблем охраны окружающей среды	Закономерности процесса биохимического окисления органических веществ.
	Аэрационная очистка сточных вод с активным илом. Массовый баланс в системе с активным илом.
	Расчет концентрации активного ила в реакторе с активным илом.
	Расчет нагрузки на активный ил и прироста ила в реакторе с активным илом.
	Расчет массового баланса для биофильтров.

Лист контрольных мероприятий для студента

Перечень и содержание разделов дисциплины	Текущая аттестация						Максимально возможная сумма баллов
	Посещаемость занятий	Выступление на занятии	Активность на занятиях	Реферативный обзор дополнительных материалов	Выполнение домашней работы	Тестирование	
Раздел 1. Роль и значение микроорганизмов в природе и жизни человека						0-3	3
Раздел 2. Общая микробиология						0-3	3
Раздел 3. Биотехнология						0-3	3
Раздел 4. Биотехнологические процессы в решении проблем охраны окружающей среды						0-3	3
Защита рефератов по разделу 2	0-1	0-2	0-1	0-2			6
Защита рефератов по разделу 4	0-1	0-2	0-1	0-2			6
Решение задач по разделу 4	0-1	0-2	0-1	0-2			6
Обязательный минимум для допуска к зачету	5	0	1		4	4	30
						14	

Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

- 1. Липунов И.Н., Первова И.Г., Никифоров А.Ф. Основы микробиологии и биотехнологии: курс лекций. Екатеринбург. УГЛТУ. 2008. 231 с.**
- 2. Емцев В.И., Мишустин Е.Н. Микробиология. М.: Наука. 2006. 273 с.**
- 3. Сазыкин Ю.О., Орехов С.Н., Чекалева И.И. Биотехнология. М.: Наука. 2006. 334 с.**
- 4. Егорова Т.А., Клунова С.М., Живухина Е.А. Основы биотехнологии. М.: Академия. 2006. 208. с**
- 5. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биотехнологические и химические процессы. М.: Мир. 2006. 408 с.**
- 6. Григорьев Ю.О., Никифоров А.Ф., Мигалатий Е.В. Очистка-хозяйственно-бытовых сточных вод: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2013. 97 с.**
- 7. Липунов И.Н., Первова И.Г. Очистка сточных вод в биологических реакторах с биопленкой и активным илом (расчет биофильтров и аэротенков): учеб. пособие. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. 115 с.**

Дополнительная литература

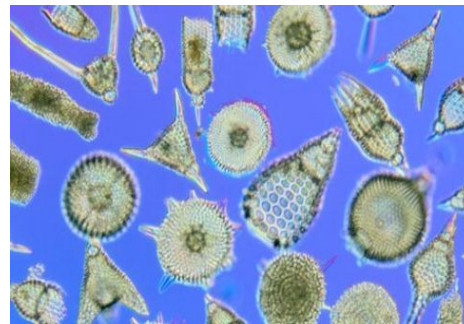
- 8. Гудков А.Г. Биологическая очистка городских сточных вод. Вологда: ВоГТУ, 2002. 127 с.**

Общая микробиология

Термин "**микробиология**" происходит от греческих слов "**микро**" – малый, "**биос**" – жизнь и "**логос**" – наука, что в дословном переводе означает "**наука о жизни малых**".

Мир микроорганизмов в природе разнообразен : ультрамикробы, бактерии с одноклеточным и многоклеточным строением.

Вся биосфера заселена микроорганизмами, они распространены в почвах, водоемах, воздухе, на поверхности и внутри всех живых существ.



Общая микробиология

Систематика микроорганизмов

Разнообразие микроорганизмов настолько велико, что на определенном этапе развития биологических наук возникла потребность в систематизации накопившегося материала.

На основе строения клетки и особенно ядерного аппарата все микроорганизмы делятся на две группы:

Прокариоты (не имеющие настоящего ядра) и **эукариоты** (имеющие настоящее ядро).

К группе **прокариотов** относятся микроорганизмы, у которых ядерный аппарат не отделен от цитоплазмы ядерной мембраной. Это бактерии (*Bacteria*) и сине-зеленые водоросли (*Cyanobacteria*).

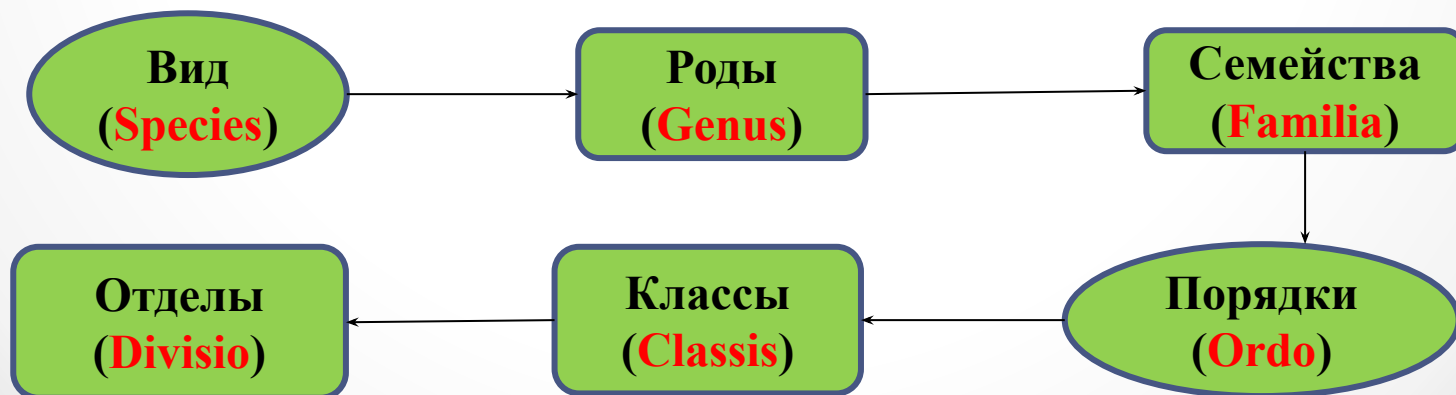
Группу **эукариотов** составляют высшие протисты. К ним относятся организмы, у которых ядро обособлено от цитоплазмы ядерной мембраной (водоросли, грибы, простейшие)

Существует два вида классификации микроорганизмов: **филогенетическая (естественная)** и **фенотипическая (искусственная)**.

Естественную классификацию, основанную на генеалогии и филогенетическом родстве, разработали и предложили советские микробиологи В.И. Кудрявцев и Н.А. Красильников.

В связи с тем, что у бактерий трудно определить родственные связи, основное внимание уделялось развитию **фенотипической (классической)** классификации, основанной на признаках, сформировавшихся в процессе индивидуального развития в результате генетических свойств организма и условий окружающей среды.

Все весьма близкие по морфологическим и физиологическим признакам организмы относятся к одному виду, которые объединяются в:



Распределением организмов по группам (таксонам) в соответствии с определенными признаками, а также установление родственных связей между ними занимается наука **систематика**.

Систематикой называется наука о принципах и методах построения системы и связях или отношениях между таксонами.

Таксономия – это часть систематики, изучающая связи между группами организмов.

Номенклатура – это правила наименования организмов и таксонов и их перечень, принятые в данной области биологии.

В середине XVIII столетия шведский натуралист Карл Линней предложил бинарную (двойную) номенклатуру для всех живых организмов.

Данная номенклатура включает родовое и видовое название микроорганизмов, причем родовое пишется с заглавной буквы, а видовое – со строчной, то и другое выделяют курсивом, например: *Sarcina lutea* – сарцина желтая.

В наименование вида или рода вводится иногда и физиологический или общебиологический признак: *Vibrio cholrae* – вибрион, вызывающий холеру.

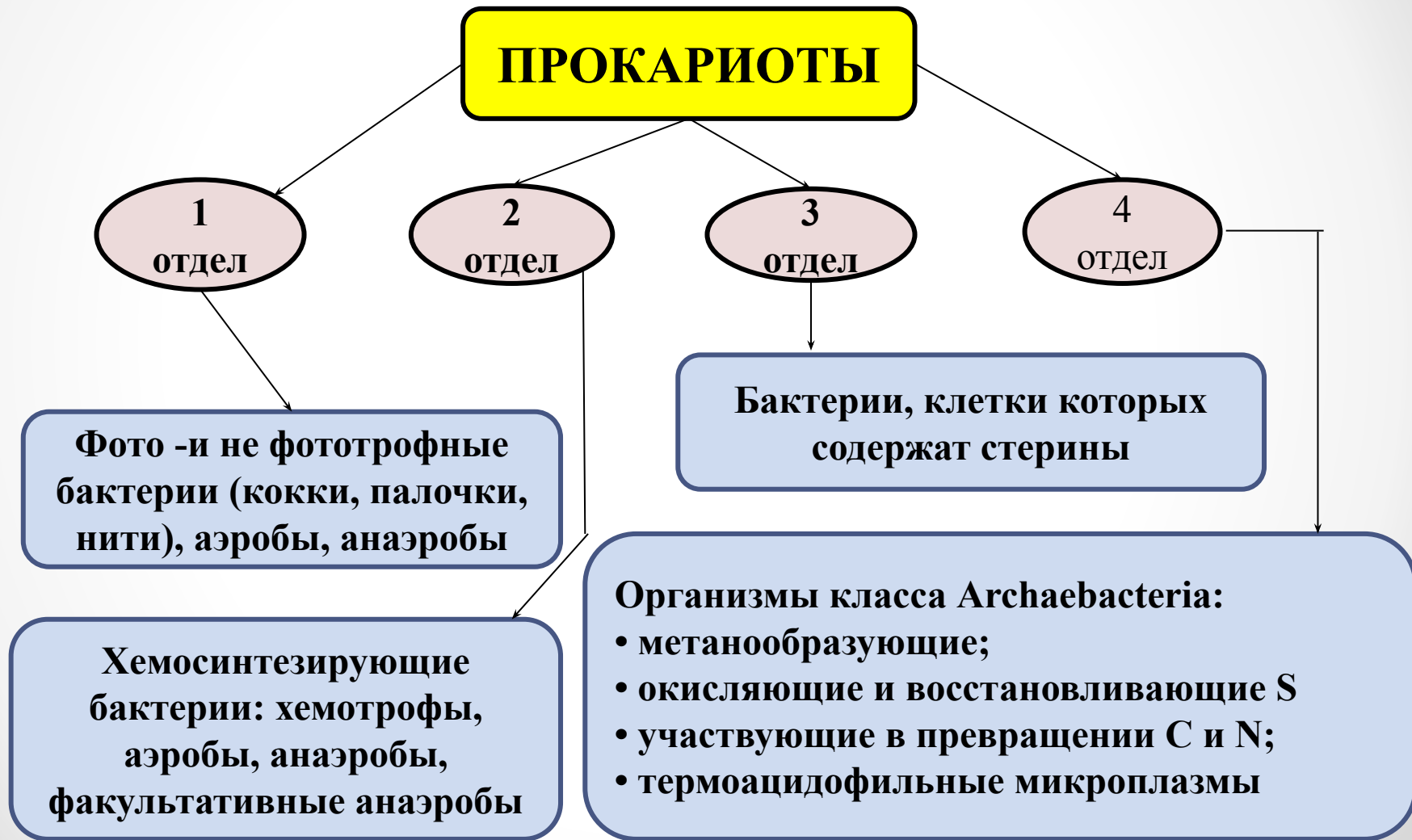
Общая микробиология

Систематика микроорганизмов



СИСТЕМАТИКА ПРОКАРИОТНЫХ ОРГАНИЗМОВ

Прокариоты объединены в царство *Prokaryotae*, которое подразделено на 4 отдела

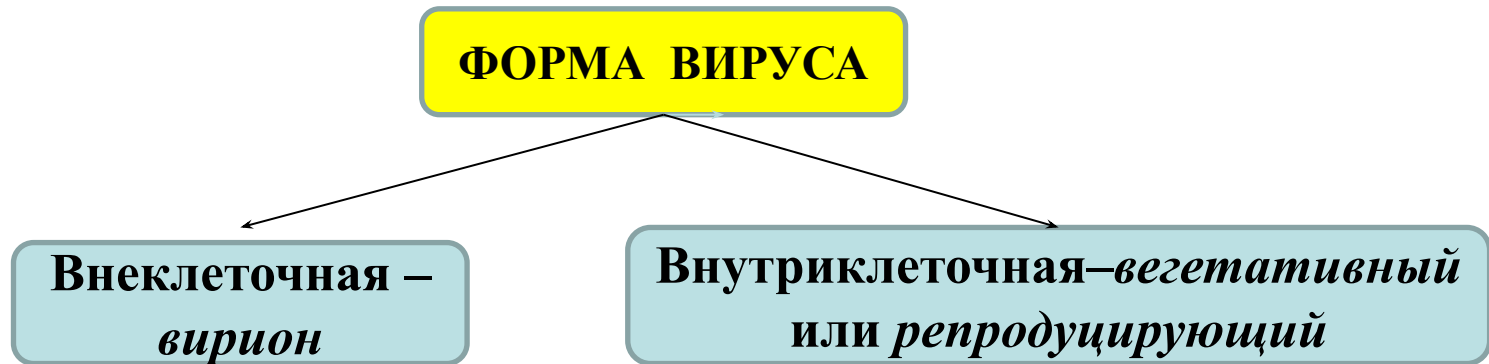


СИСТЕМАТИКА ЭУКАРИОТНЫХ ОРГАНИЗМОВ



СИСТЕМАТИКА ВИРУСОВ

Вирусы – это группа ультрамикроскопических внутриклеточных паразитов, способных размножаться только в клетках живых организмов.



Вирусы состоят из **нуклеиновой кислоты** и **нескольких белков**, кодируемых **нуклеиновой кислотой**.

Вирусы содержат только один тип нуклеиновой кислоты: **ДНК** или **РНК**. В связи с этим вирусы делятся на 2 группы:

ДНК-геномные и **РНК-геномные**.

Формы вирусов: *палочковидная, нитевидная, сферическая, кубовидная и булабовидная*.

КЛАССИФИКАЦИЯ ВИРУСОВ

по **БОЛТИМОРУ** (биолог, Лауреат Нобелевской премии), основана на механизме образования мРНК и включает семь основных групп вирусов

(I) Вирусы, содержащие двуцепочечную ДНК и не имеющие РНК-стадии (например, герпесвирусы, поксвирусы, паповавирусы, мимивирус).;

(II) Вирусы, содержащие одноцепочечную молекулу ДНК (например, парвовирусы). В этом случае ДНК всегда положительной полярности;

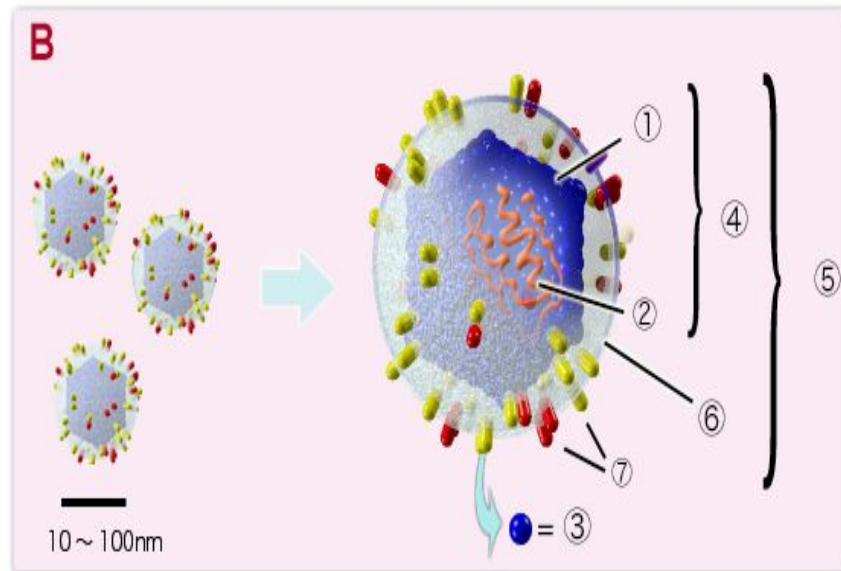
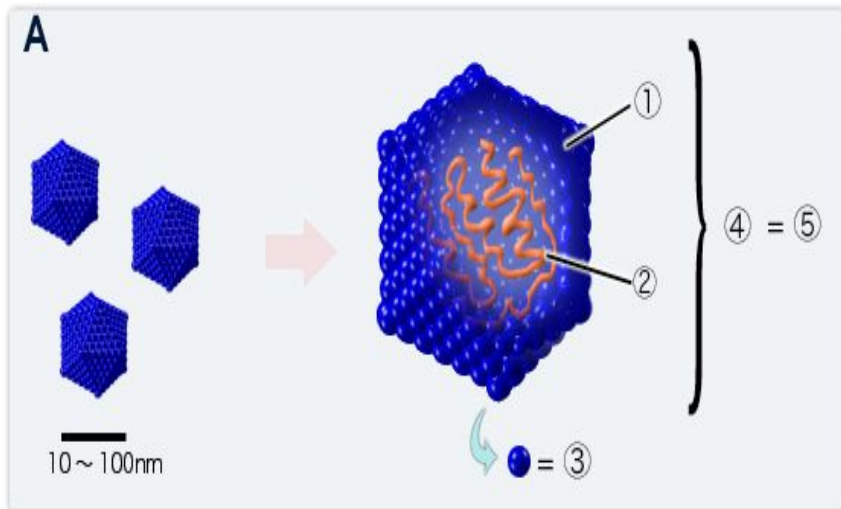
(III) Вирусы, содержащие двуцепочечную РНК (например, ротавирусы);

(IV) Вирусы, содержащие одноцепочечную молекулу РНК положительной полярности (например, пикорнавирусы, флавивирусы);

(V) Вирусы, содержащие одноцепочечную молекулу РНК негативной или двойной полярности (например, ортомиксовирусы, филовirus);

(VI) Вирусы, содержащие одноцепочечную положительную молекулу РНК и имеющие в своем жизненном цикле стадию синтеза ДНК на матрице РНК, ретровирусы (например, ВИЧ);

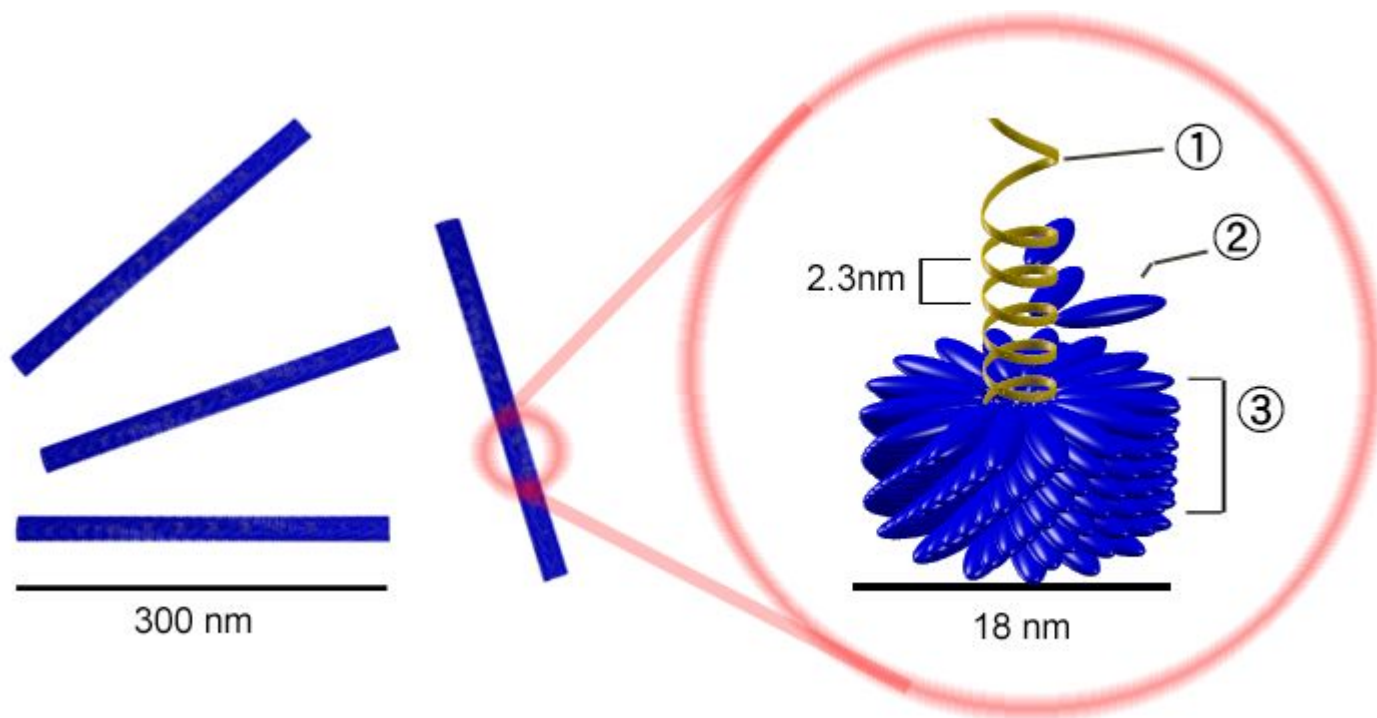
(VII) Вирусы, содержащие двуцепочечную ДНК и имеющие в своём жизненном цикле стадию синтеза ДНК на матрице РНК, ретроидные вирусы (например, вирус гепатита В);



**A: вирус, не имеющий
липидной оболочки
(пикорнавирус);**

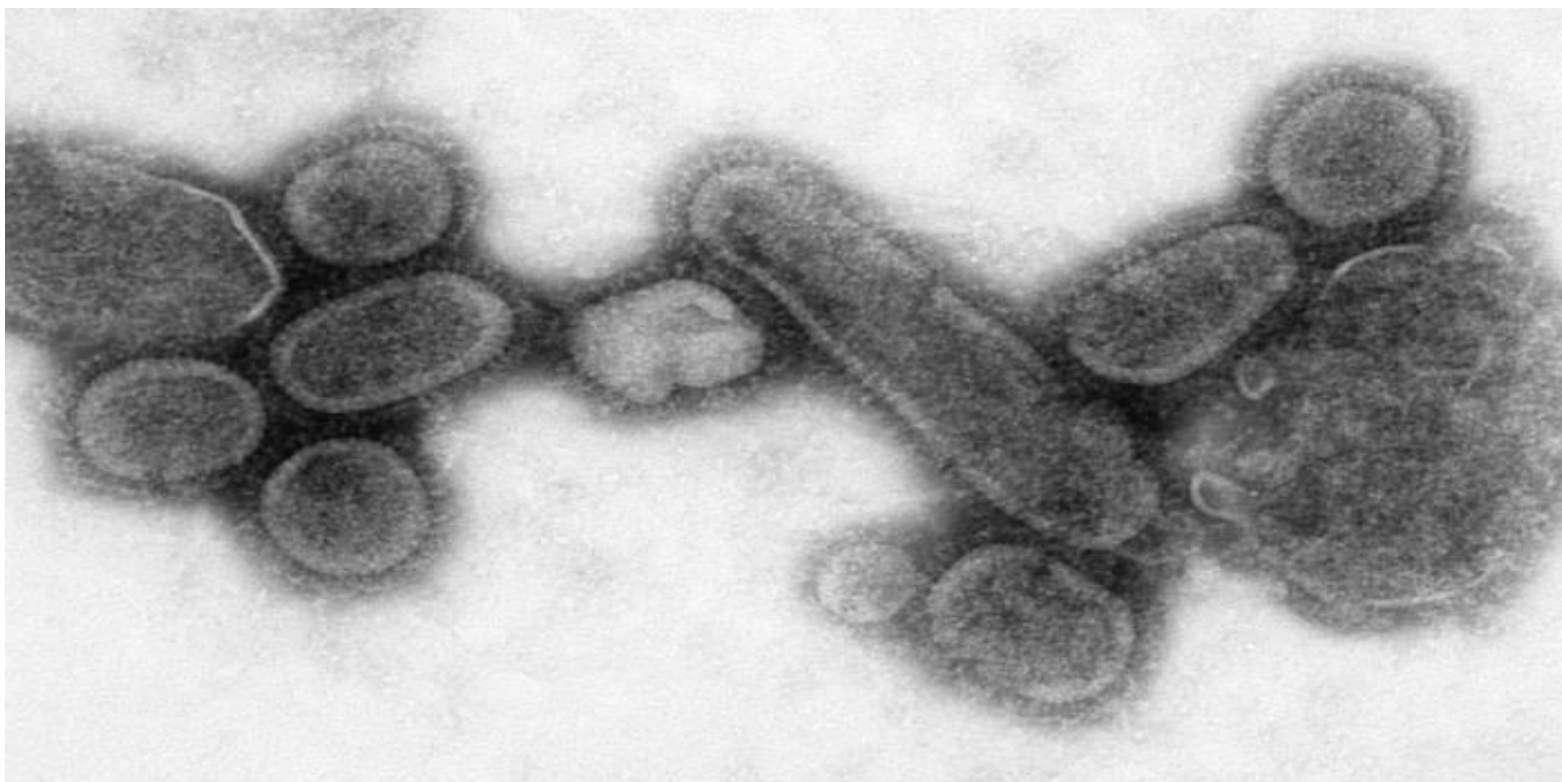
**В: оболочечный вирус
(герпесвирус)**

- (1) — капсид; (2) — геном
нуклеиновой кислоты;
(3) — капсомер; (4) — нуклео-
капсид; (5) — вирион;
(6) — липидная оболочка;
(7) — мембранные белки
оболочки



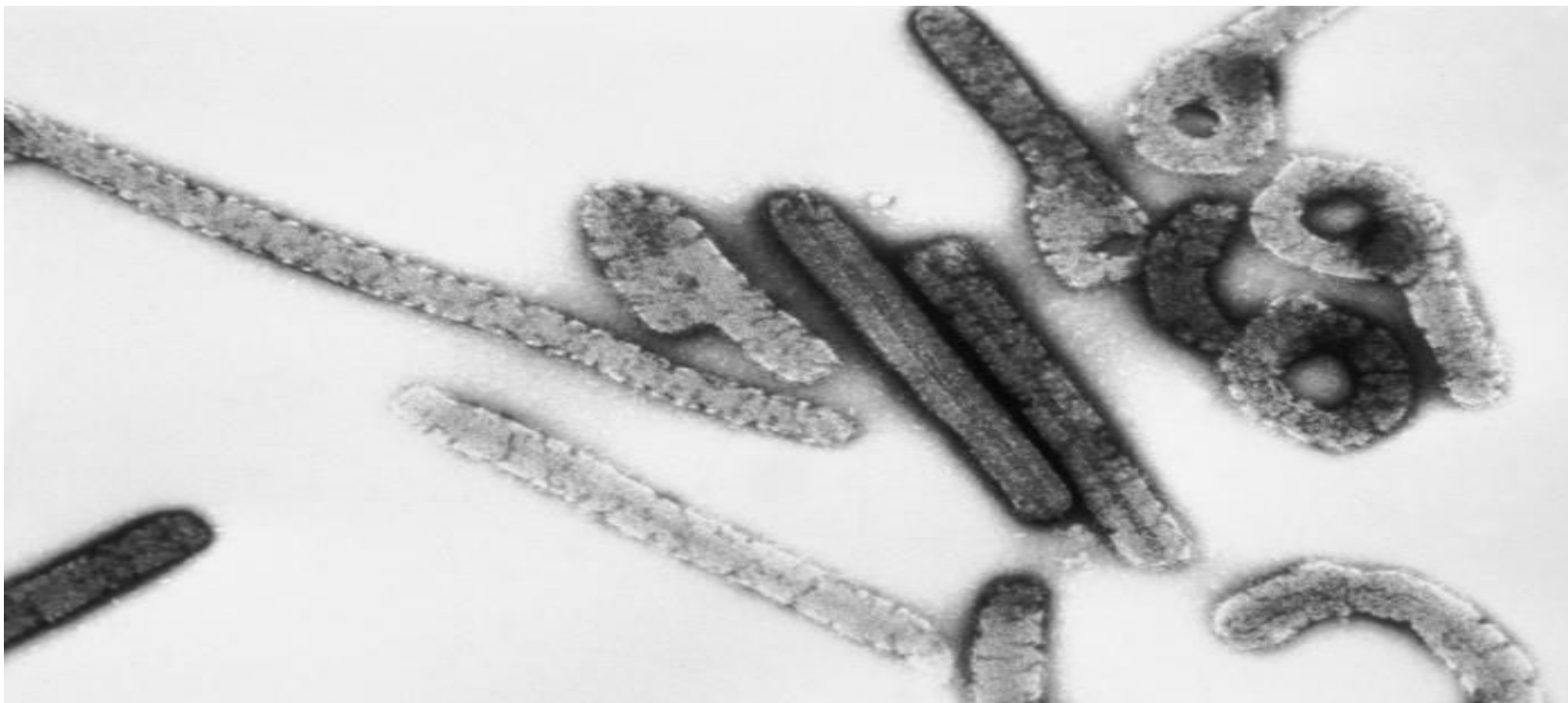
Палочковидный вирион вируса табачной мозаики

(1) РНК – геном вируса; (2) – капсомер; (3) – зрелый участок капсида



Вирус испанского типа

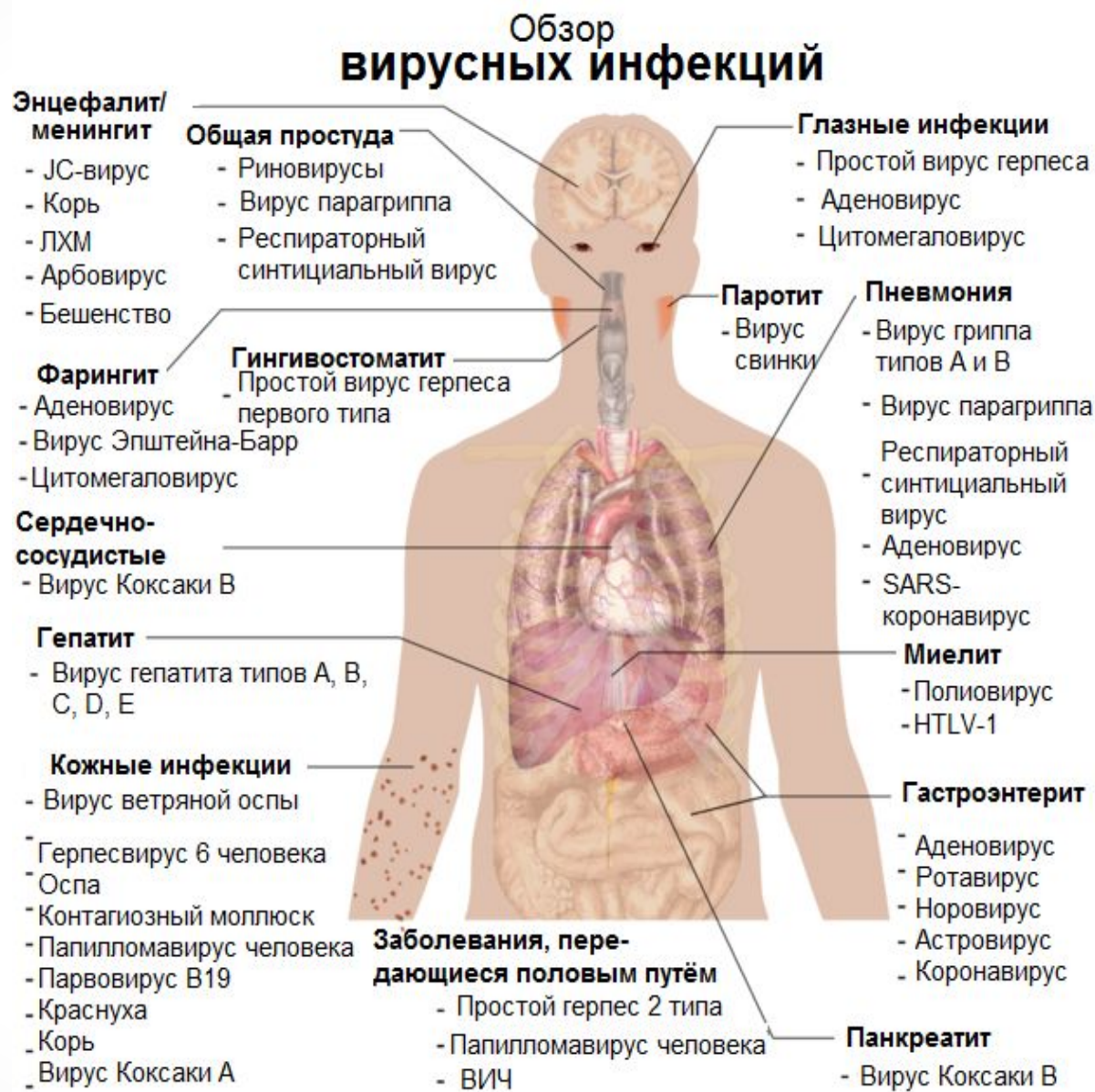
Эпидемия [испанского гриппа 1918 года](#), продолжавшаяся до [1919 года](#), относится к 5 категории пандемий [вируса гриппа](#). Она была вызвана чрезвычайно агрессивным и смертоносным [вирусом гриппа А](#). По старым оценкам, испанский грипп унёс 40—50 [млн.](#) жизней, а по современным оценкам эта цифра приближается к 100 млн, то есть 5 % тогдашнего населения [Земли](#)



Марбургский вирус

Марбургский вирус привлёк широкое внимание прессы в апреле [2005 года](#) из-за вспышки в [Анголе](#). Продолжавшаяся с октября [2004 года](#) и вплоть 2005 года, эта вспышка вошла в историю как наиболее ужасная эпидемия любой геморрагической лихорадки.

Основные вирусные инфекции человека и их возбудители



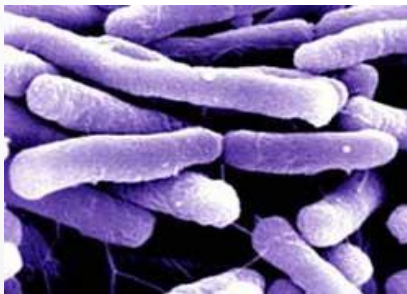
Общая микробиология

Морфология микроорганизмов – раздел микробиологии, изучающий форму, размер и строение организмов. Для изучения внешнего вида, формы, размеров и структуры организмов используют различные микроскопы (биологический, электронный и др.) и специальные методы микроскопии (фазово-контрастный, темнопольный и др.).

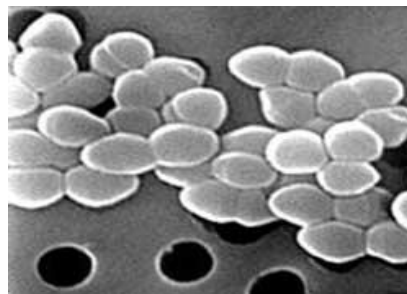
Все известные виды бактерий по внешнему виду можно свести к трем формам: **шаровидные, извитые, палочкообразные**. Размеры организмов измеряются в микрометрах и нанометрах. Средний размер бактерий составляет $2\div3 \times 0,3\div0,8$ мкм. Способность бактерий изменять свою форму и величину называется **полиморфизмом**.



Биологический микроскоп



Палочковидные



Шаровидные

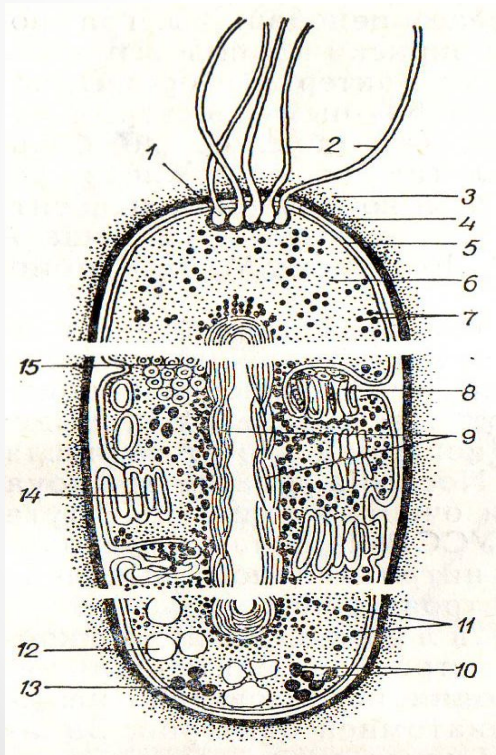


Извитые

Общая микробиология

Цитология бактерий — раздел микробиологии, изучающий внутреннюю структуру бактериальной клетки.

Бактериальная клетка состоит из *клеточной стенки, цитоплазматической мембраны, цитоплазмы с включениями и нуклеоида*. Имеются дополнительные структуры: *капсула, микрокапсула, жгутики, пили*.



- 1—базальные тельца; 2 — жгутики;
- 3 — капсула; 4 — клеточная оболочка;
- 5 — цитоплазматическая мембрана;
- 6 — цитоплазма; 7 — рибосомы;
- 8 — мезосома; 9 — нуклеоид;
- 10 — полифосфаты; 11 — полисахаридные гранулы; 12 — включения серы;
- 13 — липидные капли;
- 14 — пластинчатые тилакоиды;
- 15 — хроматофоры

ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ

**Клеточная оболочка –
внешний каркас клетки**

**Цитоплазматическая
мембрана защищает
протопласт, синтезирует
оболочку и капсулу**

**Капсула – служит
осмотическим
барьером**

**Протопласт – это
содержимое клетки и
состоит из цитоплазмы**

**Цитоплазма состоит из
белков, жиров, углеводов,
аминокислот, минеральных
веществ и воды**

**Включения играют
роль запасных
питательных веществ**

**Ядерные элементы (нуклеоиды) содержат
ДНК и входят в состав нуклеиновой
кислоты, являющиеся носителями
генетической информации**

Химический состав бактериальной клетки

Все живые организмы состоят из одних и тех же химических элементов, клетка которых в своем составе содержит **О, С, Н и N**. На долю этих элементов – ”органогенов” приходится до 98 % массы клетки.



Общая микробиология

Размножение микроорганизмов

Размножение — это увеличение числа клеток микроорганизмов в популяции. Микроорганизмы размножаются различными способами: *поперечным делением*, происходящим в процессе роста клетки, *пачкованием* или *фрагментацией*.

Размножение бактерий происходит бесполым путем. Прокариоты размножаются *бинарным делением*, реже *пачкованием*.

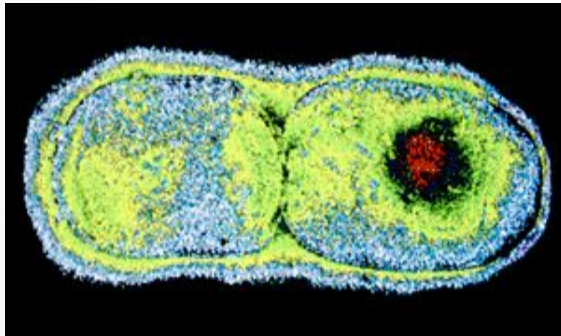
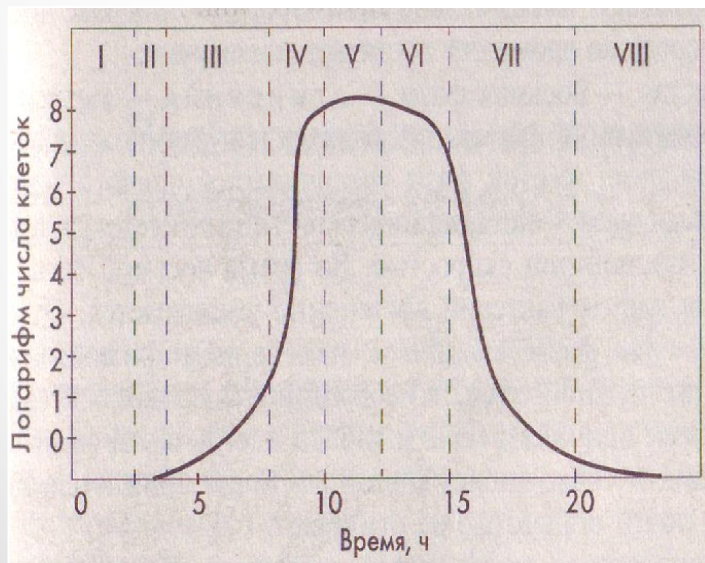


Фото слева - вначале внутреннее содержимое клетки делится пополам, затем образуется поперечная мембранная перегородка, синтезируется клеточная стенка, завершающая деление. Фото справа — делящиеся клетки .

Почкование у бактерий представляет собой разновидность бинарного деления и у ряда форм почти не отличается от деления.

Бактериальная клетка проходит от деления к делению **клеточный цикл**, равнозначный периоду от возникновения бактериальной клетки до прекращения ее существования. В результате роста и размножения из одной клетки микроорганизма образуется целая колония его потомков.

При развитии бактерий на каком-либо питательном субстрате их рост проходит несколько фаз (стадий), в течение которых по-разному изменяется скорость их размножения.

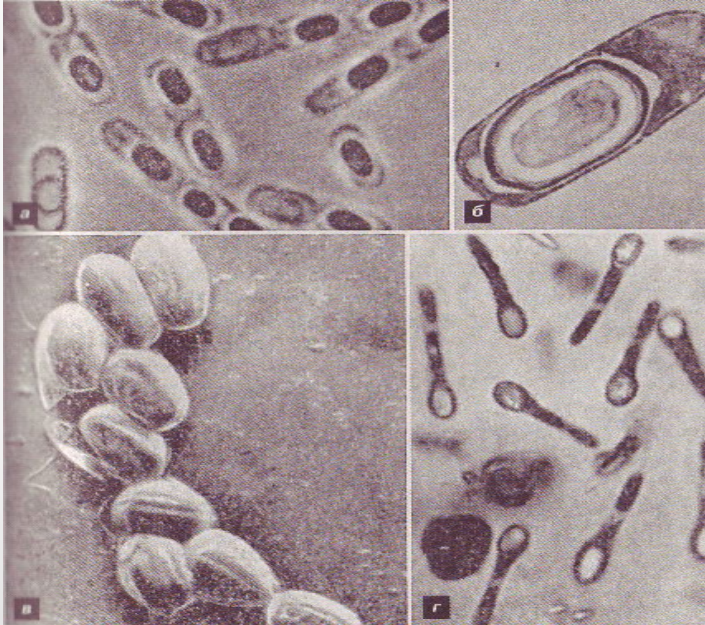


- I — исходная (стационарная) фаза;
- II — фаза задержки размножения;
- III — логарифмическая фаза;
- IV — фаза отрицательного ускорения;
- V — стационарная фаза максимума;
- VI — фаза ускорения гибели клеток;
- VII — фаза логарифмической гибели;
- VIII — фаза уменьшения скорости

Спорообразование бактерий – сложный процесс дифференциации клеток, который происходит во всей популяции, а внутри вегетативных клеток образуются новые клетки – **споры**. Из одной клетки возникает только одна спора.

По характеру расположения и размеру споры выделяют **бациллярный**, **кlostридиальный** и **плектридиальный** виды спорообразования.

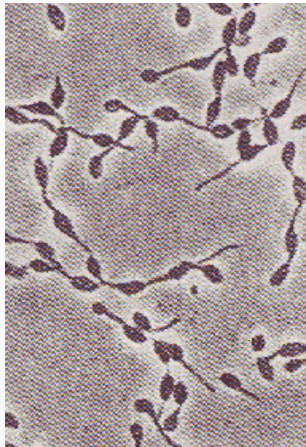
Бациллярный вид спорообразования найден у бактерий рода *Bacillus*, а **кlostридиальный** и **плектридиальный** – у бактерий рода *Clostridium*.



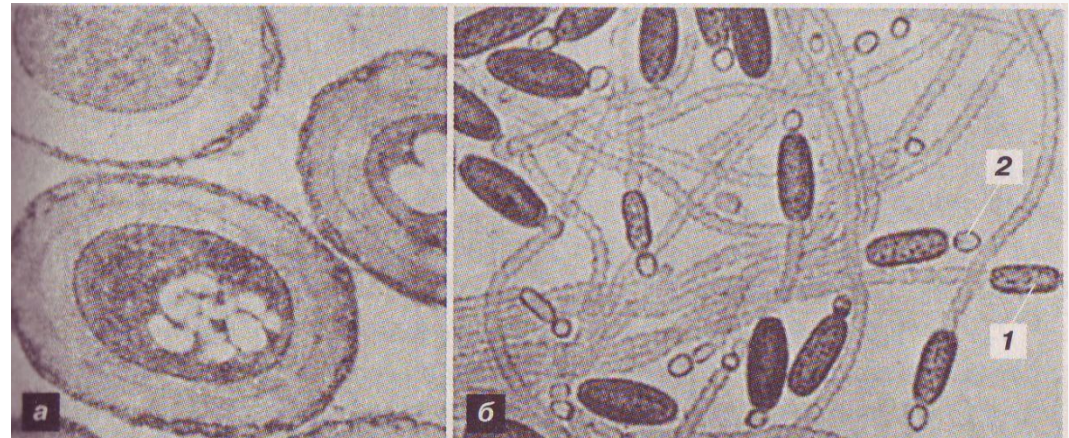
Споры в клетках *Bacillus cereus* (а), *B. Subtilis*, ультратонкий срез (б), *B. licheniformis*, зрелые споры (в), *Clostridium pasteurianum* (г)

Спора бактерий — это уникальная структура по степени устойчивости к неблагоприятным условиям среды, поскольку обеспечивает выживаемость клетки в состоянии анабиоза в течение сотен лет в отсутствии питательных веществ или при критических температурах, влажности, pH.

Кроме спор, у бактерий могут быть другие, хотя и менее стойкие **покоящиеся формы**. Это — **экзоспоры, цисты, акинеты, микроспоры**.



Экзоспоры у почкующихся фотосинтезирующих бактерий *Rhodomicrobium vannielii*



Цисты азотобактера (а); акинеты (1) и гетероцисты (2) нитчатой цианобактерии *Cylindrospermum* (б)

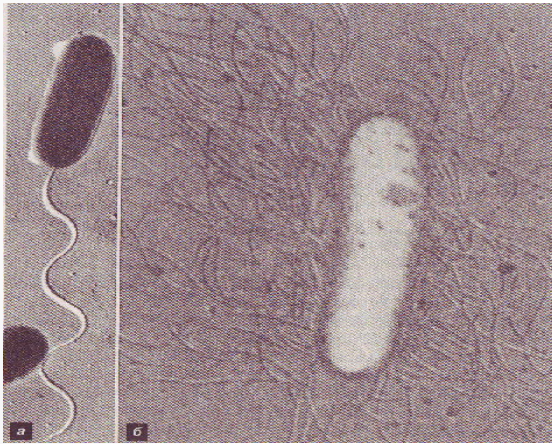
Общая микробиология

Движение бактерий

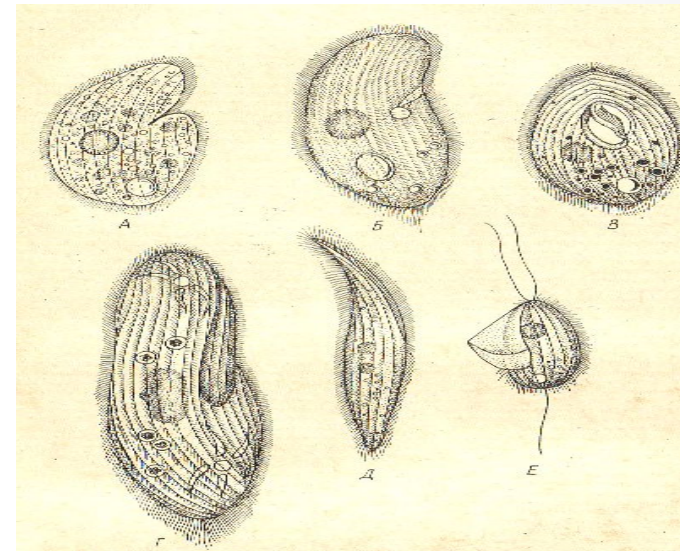
Существуют бактерии, плавающие в жидкой и скользящие по плотной среде. Движение бактерий впервые наблюдал А. Левенгук.

Локомоторным органом плавающих бактерий, к которым относятся в основном палочковидные формы, является *жгутик*.

Органами движения у простейших являются *реснички*, покрывающие тело животных полностью или частично.



Бактерии рода *Pseudomonas* – монотрих (а) и рода *Bacillus* – перитрих (б)

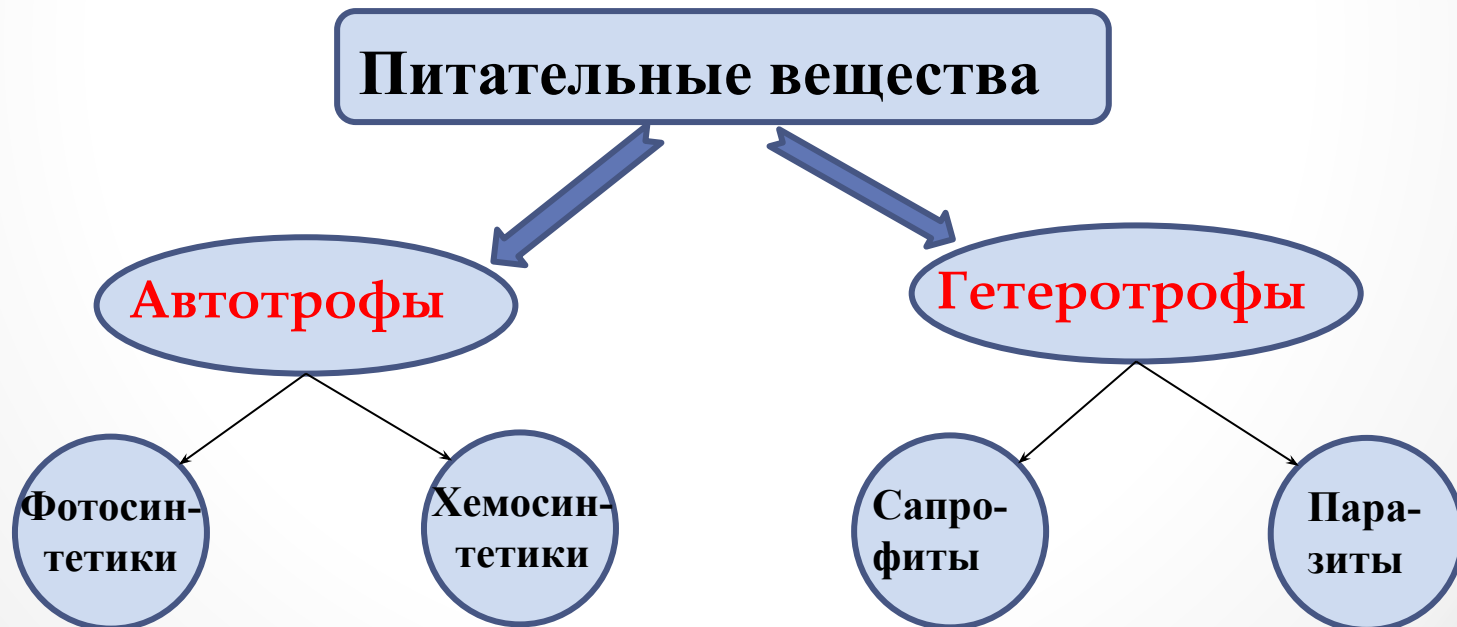


Равноресничные инфузории

Общая микробиология

Физиология микроорганизмов — раздел микробиологии, изучающий процессы питания, дыхания и обмена веществ и энергии, происходящих в живом организме.

Питание микроорганизмов. Различают *углеродное и азотное питание* микроорганизмов. По типу *углеродного питания* организмы делятся на 2 группы.



Физиология микроорганизмов

Питательными веществами называют химические соединения, которые, понав в живой организм, служат либо источником энергии для процессов жизнедеятельности, либо материалом для построения составных частей клетки.

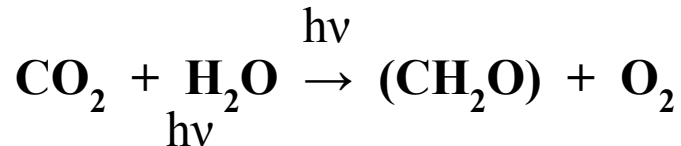
Потребности различных микроорганизмов в питательных веществах разнообразны, используемые ими субстраты в качестве источников питания отличаются составом и строением.

Источником энергии для микроорганизмов служат *солнечный свет* и *восстановленные химические соединения*.

Автотрофные микроорганизмы синтезируют органические вещества, используя в качестве источника углерода CO_2 , H_2CO_3 или ее соли. При этом потребляют либо солнечную энергию (*фотосинтетики*), либо энергию химической реакции (*хемосинтетики*);

Физиология микроорганизмов

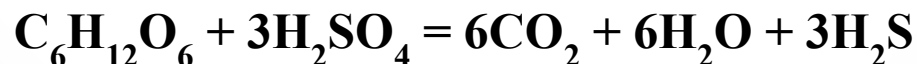
Если бактерии имеют хлорофилл содержащие или подобные им пигменты, то источником энергии им может служить солнечный свет, а донором водорода являются вода и сероводород. Такие бактерии называются *фотосинтезирующие бактерии*.



К ним относятся *водоросли, пурпурные серобактерии*.

Другая группа автотрофных микроорганизмов получает энергию за счет химического превращения некоторых минеральных веществ. Такие автотрофы носят название *хемосинтезирующие бактерии*.

Представителями этой группы являются *серобактерии, тионовые бактерии, железобактерии*.



Физиология микроорганизмов

Гетеротрофные микроорганизмы нуждаются в готовых органических соединениях для синтеза своего организма.

Большинство **гетеротрофных организмов** используют для своего питания органические вещества неживых природных субстратов. Они получили название *сапрофиты* или *метатрофы*. К ним относятся *микробы брожения, плесневые грибы, дрожжи*.

Некоторые **гетеротрофы** нуждаются в живом растительном или животном белке и получили название *паратрофы* или *паразиты*. Они паразитируют в организме растений и животных и вызывают их заболевания. К ним относятся *патогенные*, или *болезнетворные*, микроорганизмы.

Источником питания для этой группы микроорганизмов служат практически все классы органических веществ: *углеводы, кетокислоты, оксикислоты, аминокислоты, жирные кислоты*, а также другие соединения углерода, встречающиеся в природе.

Физиология микроорганизмов

Обмен веществ микроорганизмов состоит из 2 противоположных процессов:

- усвоения питательных веществ организмом;
- разрушения соединений, входящих в состав их тела, и удаления продуктов распада.

Первый процесс связан с синтетическими реакциями, протекает с поглощением энергии и получил название **ассимиляции** или **конструктивного обмена**.

Второй связан с реакциями распада, сопровождается выделением энергии и получил название **дессимиляции** или **энергетического обмена**.

Таким образом, в основе жизнедеятельности организма лежит **конструктивный** и **энергетический обмен**.

Все химические проявления жизнедеятельности микроорганизмов называются **метаболизмом**, который включает две группы жизненно важных процессов: **катаболизм** (энергетический обмен) и **анаболизм** (биосинтез).

Физиология микроорганизмов

Катаболизм — это комплекс процессов расщепления пищевых веществ, которые происходят в основном за счет реакций окисления, в результате чего выделяется энергия.

Основными формами **катаболизма** у микроорганизмов являются процессы *брожения* и *дыхания*.

Высвобождающаяся при катаболизме свободная энергия аккумулируется в форме энергии фосфатных связей **АТФ** и **АДФ**.

Анаболизм объединяет процессы синтеза макромолекул клетки из более простых соединений, присутствующих в окружающей среде.

Реакции **анаболизма** связаны с потреблением свободной энергии, которая вырабатывается в процессах дыхания, брожения и сохраняется в форме **АТФ**.

Катаболизм и **анаболизм** протекают одновременно, многие реакции и промежуточные продукты для них общие.

Энергия, выделившаяся при фотохимических и химических реакциях, запасается организмом и передается от одного организма к другому.

Физиология микроорганизмов

Дыхание микроорганизмов — это биологический процесс, сопровождаемый окислением или восстановлением преимущественно органических соединений с последующим выделением водорода и энергии в виде аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ).

Перенос водорода с молекулы окисляемого субстрата осуществляется на молекулу кислорода (аэробный тип дыхания) или на молекулу неорганического вещества (анаэробный тип дыхания).

По отношению к молекулярному кислороду бактерии можно разделить на три основные группы:

- **облигатные аэробы** — могут расти только при наличии кислорода;
- **облигатные анаэробы** — растут на среде без кислорода, который для них токсичен;
- **факультативные анаэробы** — могут расти как при кислороде, так и без него.

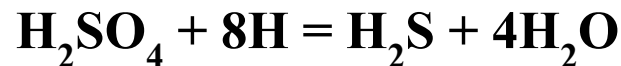
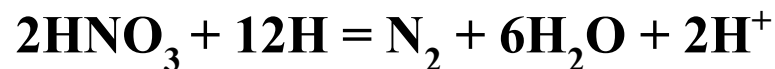
В процессе аэробного дыхания выделяют две стадии:

- первая стадия включает серию реакций, в результате которых органический субстрат окисляется до CO_2 , освобождающиеся атомы водорода перемещаются к акцепторам: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 3\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 12\text{H}$;
- вторая стадия представлена процессом окисления атомов водорода кислородом до H_2O с образованием АТФ: $12\text{H} + 3\text{O}_2 = 6\text{H}_2\text{O}$;

Обе фазы совместно ведут к окислению субстрата до CO_2 и H_2O и образованию активной энергии (АТФ)



Процессы, протекающие с участием анаэробных микроорганизмов, можно описать следующими реакциями:



Таким образом, различие между аэробным и анаэробным дыханием заключается в природе конечного акцептора атомов водорода.

Основные типы анаэробного дыхания: нитратное, сульфатное, "железное", карбонатное.

Анаэробный тип дыхания называют **брожением**.

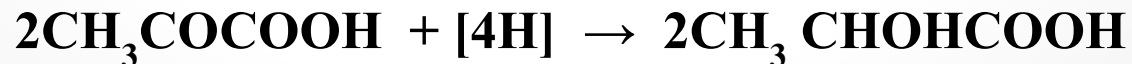
Брожение – это окислительно-восстановительный процесс, приводящий к образованию АТФ, в котором окислителем и восстановителем служат органические соединения, образующиеся в ходе самого процесса брожения.

Процесс брожения упрощенно можно представить в виде двух стадий.

Первая стадия – это расщепление глюкозы с образованием пировиноградной кислоты (пируват). Эта стадия составляет окислительную часть процесса брожения и может быть показана следующей схемой превращения:

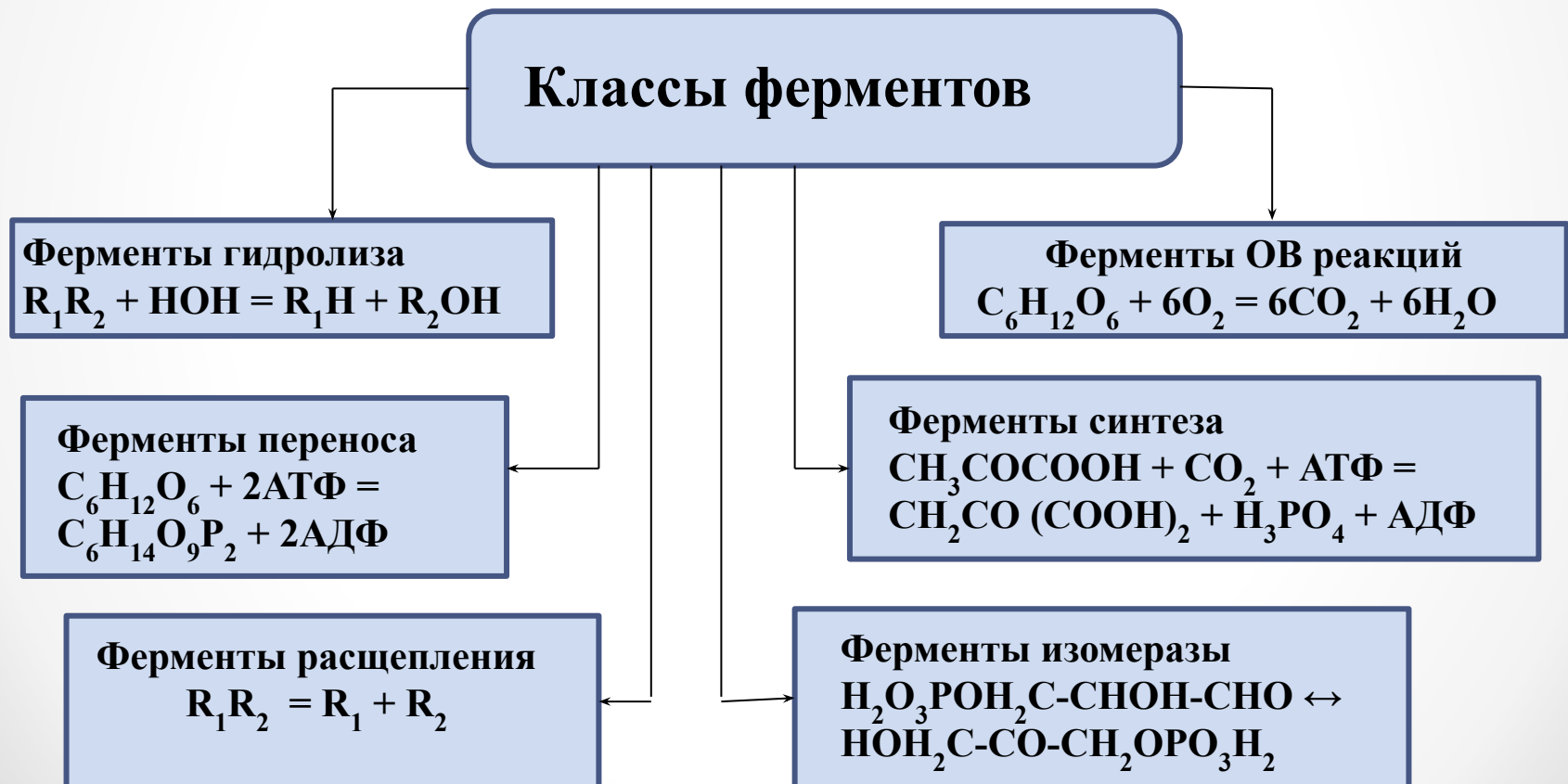


Вторая стадия – это стадия восстановления пировиноградной кислоты атомами водорода до конечного продукта брожения. Например, молочнокислые бактерии восстанавливают пируват до молочной кислоты (лактат):



Физиология микроорганизмов

Ферменты – биологические катализаторы подразделяются на шесть классов на основании химизма осуществляемых ими реакций

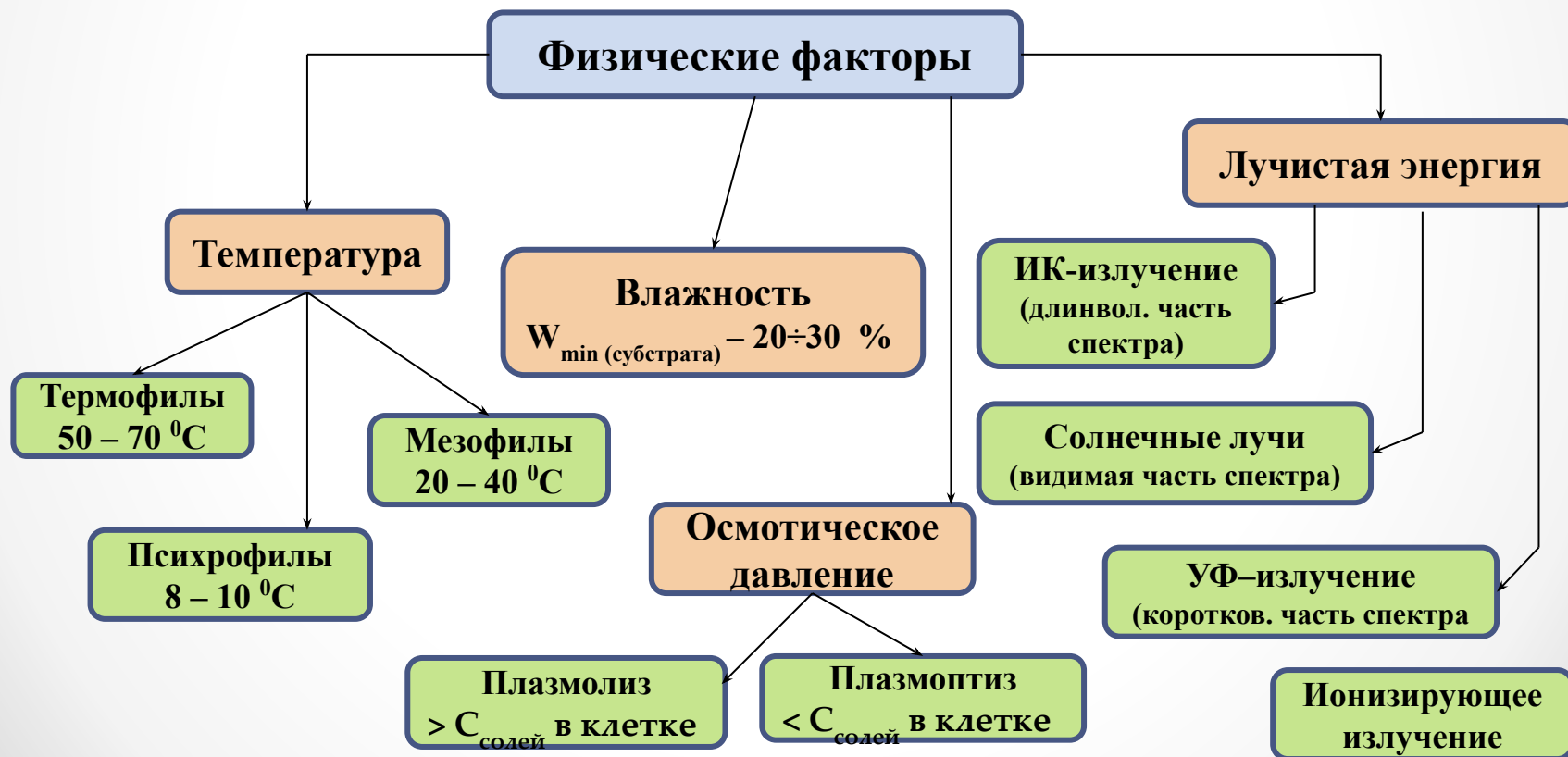


Физиология микроорганизмов

Влияние внешних факторов на микроорганизмы

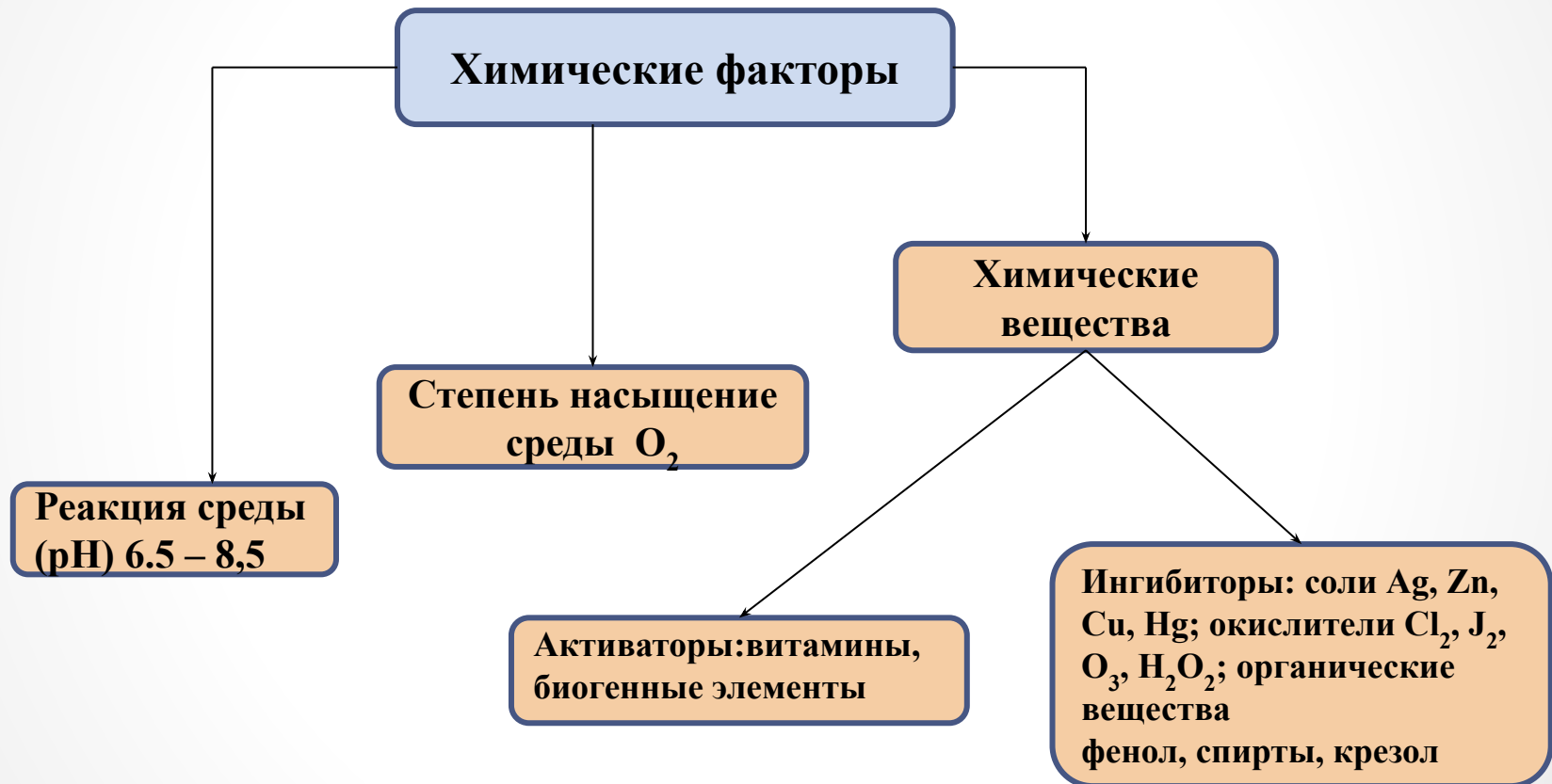
Различают три группы факторов внешней среды, влияющие на жизнедеятельность микроорганизмов:

- физические;
- химические;
- биологические.



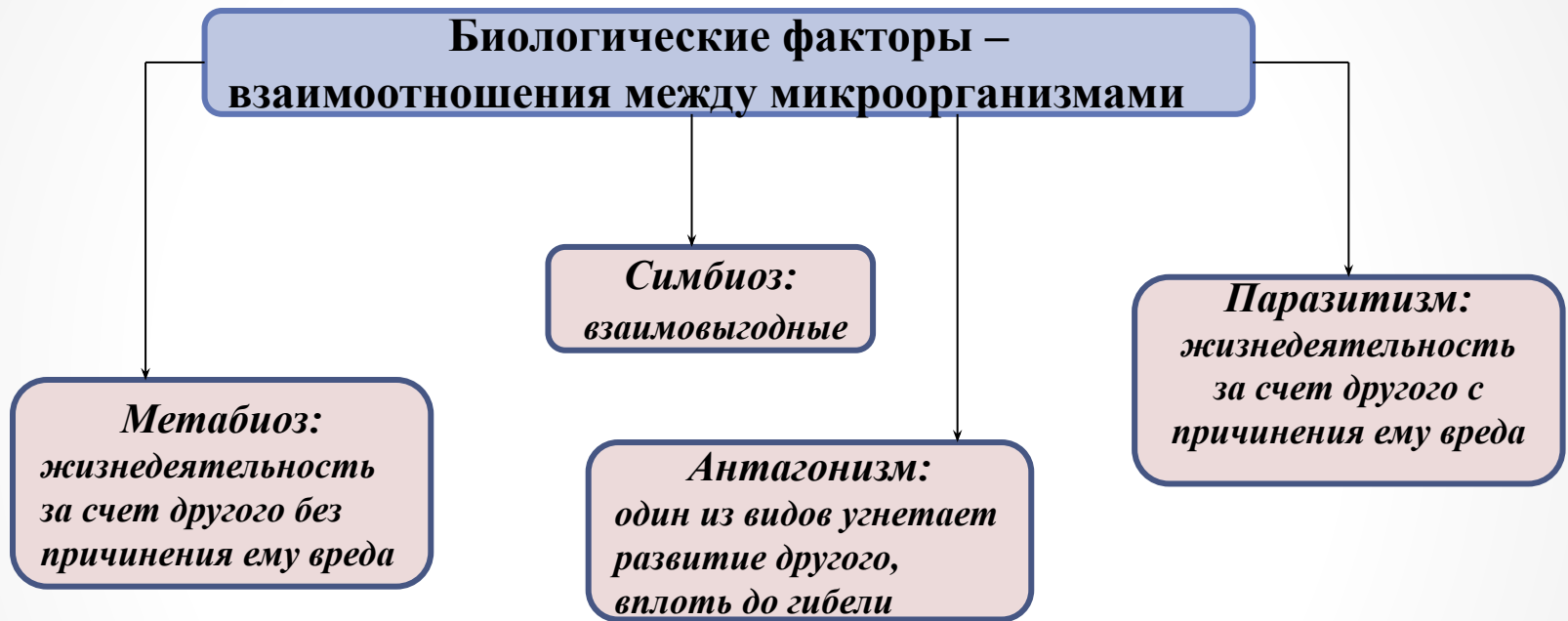
Физиология микроорганизмов

Влияние внешних факторов на микроорганизмы



Физиология микроорганизмов

Влияние внешних факторов на микроорганизмы

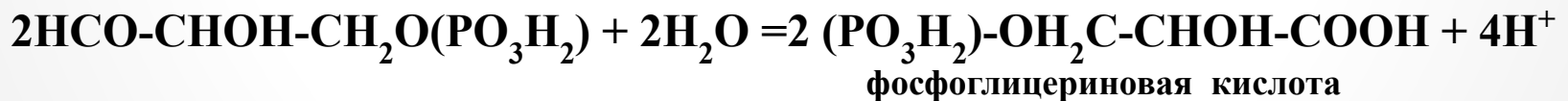
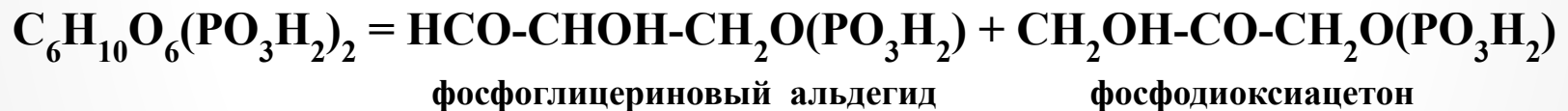
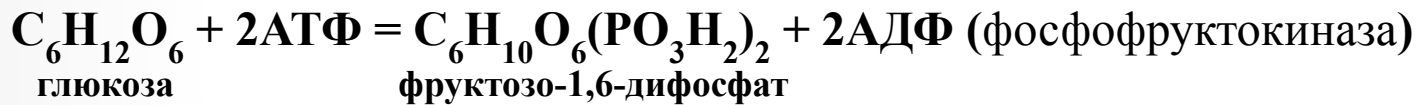


Антагонистические свойства некоторых микроорганизмов объясняются их способностью выделять в окружающую среду вещества, обладающие антимикробным (бактерицидным, фунгицидным) действием – **антибиотики**, которые применяются в медицине (пеницилин, стрептомицин), в животноводстве (кормовые добавки), в пищевой промышленности для консервирования пищевых продуктов (низин)

Общая микробиология

Превращение микроорганизмами соединений углерода

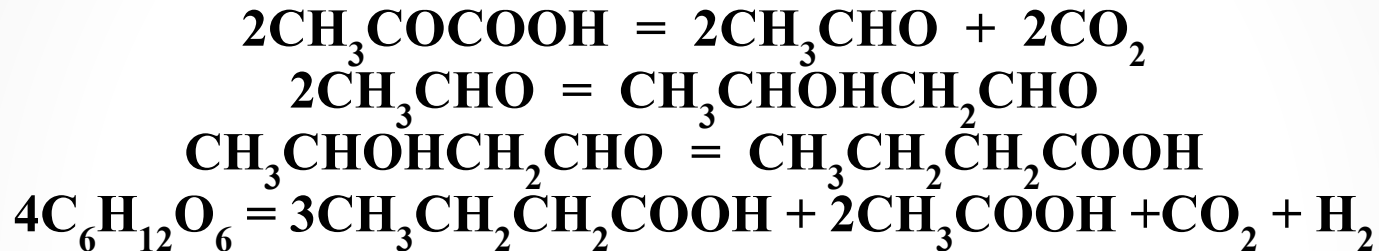
Анаэробное окисление наблюдается в процессах брожения с участием облигатных и факультативных анаэробов. Любой тип брожения начинается с трансформации углеводов в **пировиноградную кислоту** по механизму *гликолиза (путь Эмбдена-Мейергофа-Парнаса)*:



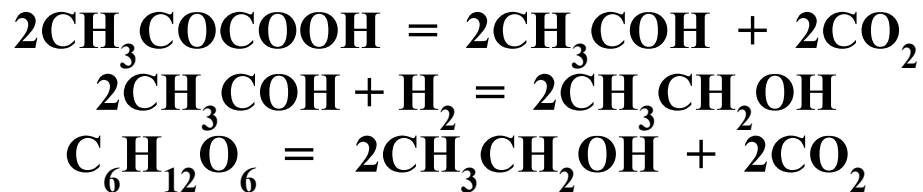
Превращение микроорганизмами соединений углерода

Типы брожения (анаэробное окисление)

Маслянокислое брожение осуществляется анаэробными бактериями рода *Clostridium*



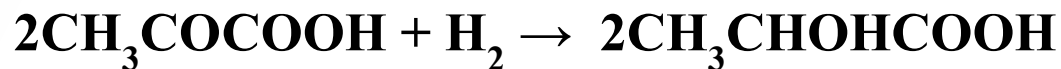
Спиртовое брожение, возбудителем которого являются дрожжи рода *Saccharomyces* и другие низшие грибы и бактерии



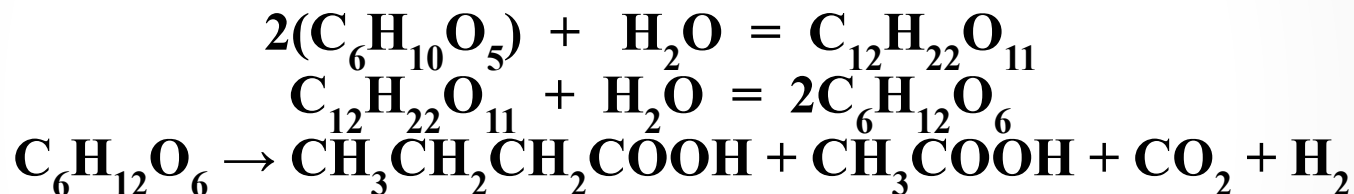
Превращение микроорганизмами соединений углерода

Типы брожения (анаэробное окисление)

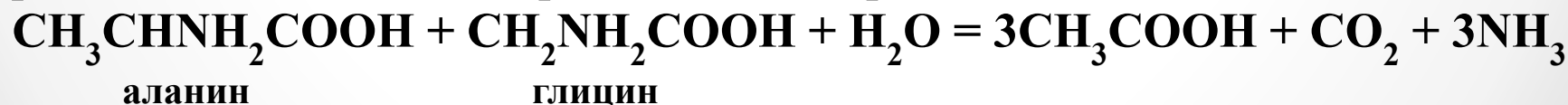
Молочнокислое брожение осуществляется факультативными анаэробами, в частности гомоферментативное молочнокислое идет с участием молочнокислых стрептококков рода *Streptococcus* и палочками из рода *Lactobacillus*:



Брожение целлюлозы осуществляется бактериями рода *Clostridium*



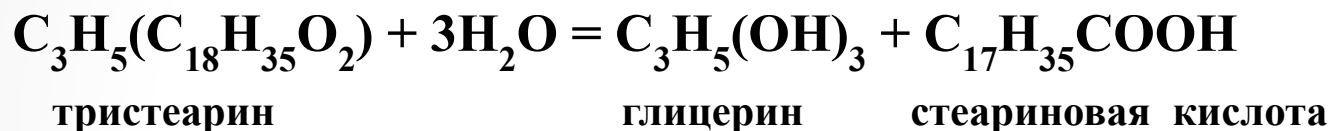
Сбраживание белков начинается с их гидролитического расщепления в присутствии протеолитических ферментов на отдельные аминокислоты (**процесс протеолиза**), которые под действием бактерий рода *Clostridium* далее сбраживаются по реакции Стикленда:



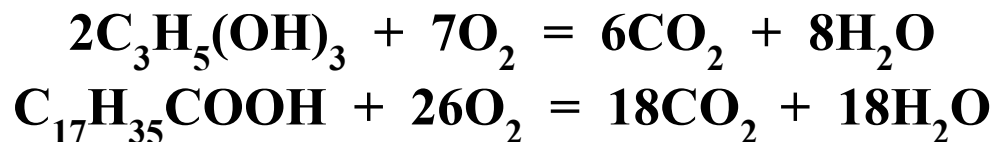
Превращение микроорганизмами соединений углерода

Аэробное окисление. В присутствии кислорода биохимическому расщеплению подвергаются углеводы, жиры, органические кислоты, углеводороды и другие соединения.

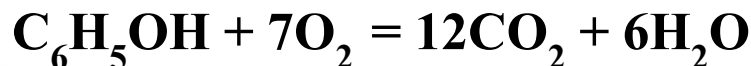
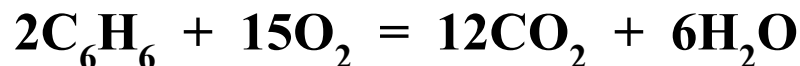
Окисление жиров начинается с их гидролитического расщепления на глицерин и жирные кислоты по действием фермента липазы:



Далее окислению подвергаются глицерин и стеариновая кислота:



Окисление углеводов



Общая микробиология

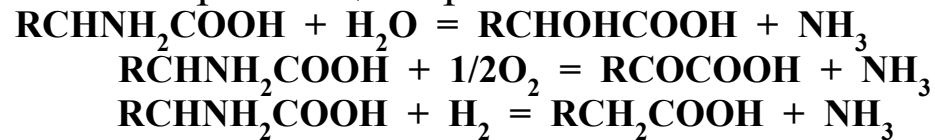
Превращение азотсодержащих органических веществ

Азотсодержащие органические соединения входят в состав белковой структуры микроорганизмов в виде аминокислот.

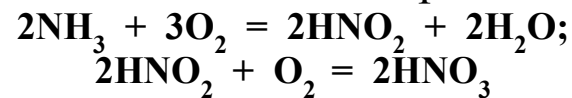
В почве происходит гидролитическое расщепление белка отмерших остатков животных и растительных организмов с участием бактерий рода *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium* на пептидные цепочки и отдельные аминокислоты: **белок** → **полипептид** → **аминокислота**

Аминокислоты далее подвергаются биохимическому превращению.

Аммонификация — минерализация органического азота



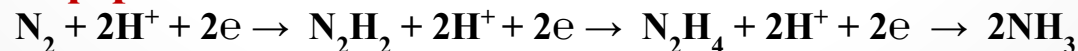
Нитрификация — окисление аммиака до нитратов



Денитрификация — восстановления нитратов до N_2



Фиксация атмосферного азота — восстановление свободного азота



Общая микробиология

Превращение микроорганизмами минеральных веществ

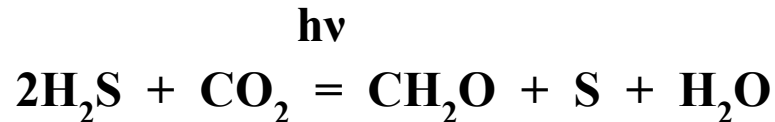
В природе кроме круговорота O_2 , C и N_2 происходит круговорот и других элементов, в частности, S, P, Fe. Циклические превращения таких элементов в биосфере протекают с участием определенных микроорганизмов.

Превращение соединений серы

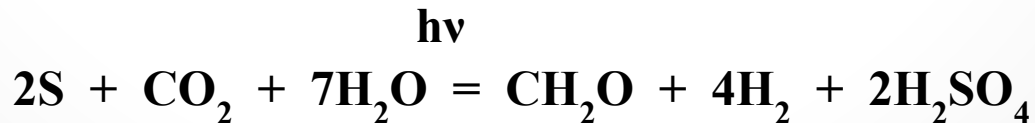
Окисление соединений серы

В процессе биохимического окисления соединений серы участвует 3 вида бактерий: **анаэробные фотосинтезирующие, тионовые и собственно серобактерии.**

Фотосинтезирующие бактерии способны окислять H_2S , S, Na_2SO_3 и другие не окисленные соединения серы. У этих бактерий донором водорода служит сероводород, а акцептором – оксид углерода (IV):



Образующаяся свободная сера далее окисляется до серной кислоты:

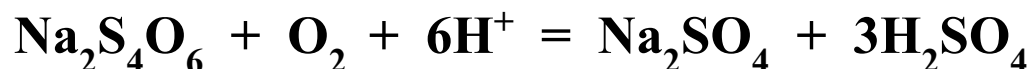
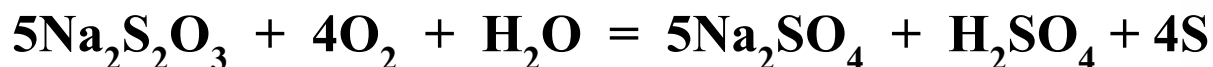
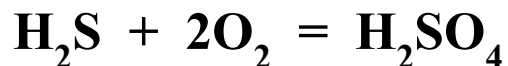


Общая микробиология

Преобразование микроорганизмами минеральных веществ

Окисление соединений серы

Тионовые бактерии в качестве окисляемого субстрата используют H_2S , S , Na_2S , Na_2SO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ (тетратионаты). Эти бактерии используют энергию химических реакций:



Существует вид **тионовых бактерий**, участвующих в процессе денитрификации. С участием этих бактерий происходит окисление серы и ее соединений с использованием кислорода нитратов:

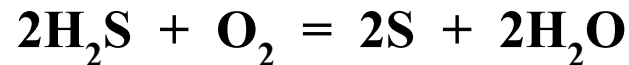


Общая микробиология

Преобразование микроорганизмами минеральных веществ

Окисление соединений серы

Собственно серобактерии в качестве окисляемого субстрата используют сероводород



При недостатке сероводорода серобактерии окисляют элементарную серу до серной кислоты



Для своего развития серобактерии нуждаются в сероводороде, в тоже время им необходим кислород для окислительных процессов и потому они в природных условиях развиваются в основном в проточных водоемах.

Серобактерии являются постоянными обитателями биопленки и активного или в искусственных очистных сооружений биологической очистки сточных вод.

Общая микробиология

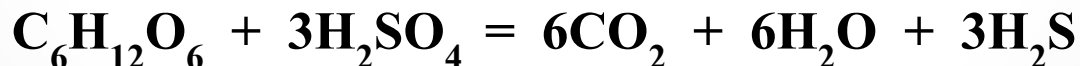
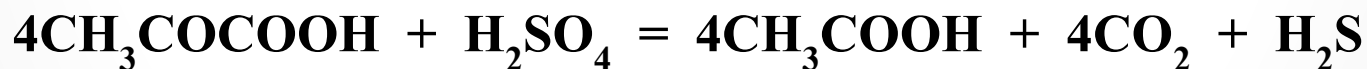
Превращение микроорганизмами минеральных веществ

Восстановление соединений серы

В природных средах (в водах лиманов, некоторых морей, в плохо аэрированных затопленных почвах) происходит микробиологическое восстановление сульфатов.

Процесс этот называется **сульфатредукцией**, а его возбудители – **сульфатредуцирующими бактериями**.

В зависимости от типа органического соединения побочными продуктами восстановления сульфатов являются уксусная кислота или оксид углерода (IV):



Общая микробиология

Преобразование микроорганизмами минеральных веществ

Преобразование соединений металлов

По воздействию на соединения металлов можно выделить следующие группы микроорганизмов: бактерии, окисляющие закисное железо; бактерии, разлагающие органические комплексы железа и марганца; бактерии, окисляющие сульфиды металлов и способствующие выщелачиванию металлов из руд.

Окисление соединений закисного железа. Железо в природных средах (в почвенном растворе, в воде водоемов) присутствует в виде растворимых солей угольной кислоты $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ и FeCO_3 , а также комплексных соединений гуминовой кислоты – гуматов. Данные соединения подвергаются воздействию микроорганизмами, получившими название *железобактерии*.

В результате такого микробиологического процесса образующийся гидроксид железа (III) откладывается на поверхности клеток микроорганизмов:

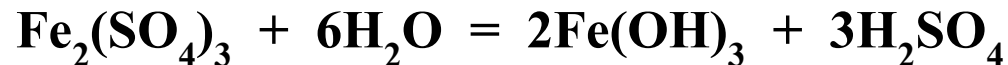
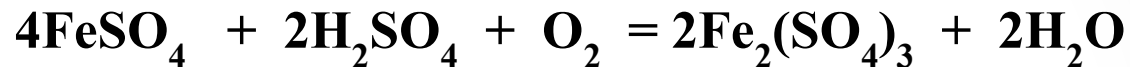


Общая микробиология

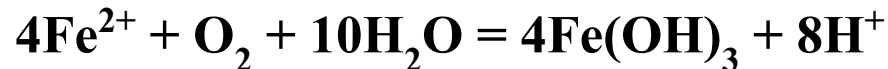
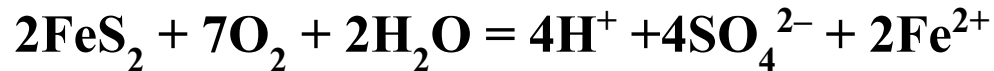
Превращение микроорганизмами минеральных веществ

Превращение соединений металлов

Реакцию окисления закисного железа в окисное при участии железобактерий можно записать в следующем виде:



Данные бактерии могут окислять пирит (FeS_2) до сульфата железа:



Окисление соединений марганца

Микроорганизмы, участвующие в превращениях соединений марганца, относятся к органотрофам. В процессе окисления марганец (II) переходит в марганец (IV) по схеме:

