

Лекция № 2.

Систематика и морфология микроорганизмов.

МИКРОБИОЛОГИЯ И ИММУНОЛОГИЯ

2014-2015

1. Систематика микроорганизмов

Систематика- распределение микроорганизмов в соответствии с их происхождением и биологическим сходством. Систематика занимается всесторонним описанием **видов** организмов, выяснением степени родственных отношений между ними и объединением их в различные по уровню родства классификационные единицы- **таксоны**. Основные вопросы, решаемые при систематике (три аспекта, три кита систематики)- **классификация, идентификация и номенклатура**.

Классификация- распределение (объединение) организмов в соответствии с их общими свойствами (сходными генотипическими и фенотипическими признаками) по различным таксонам.

Таксономия- наука о методах и принципах распределения (классификации) организмов в соответствии с их иерархией. Наиболее часто используют следующие таксономические единицы (таксоны)- **штамм, вид, род**. Последующие более крупные таксоны- **семейство, порядок, класс**.

В современном представлении вид в микробиологии- совокупность микроорганизмов, имеющих общее эволюционное происхождение, близкий генотип (высокую степень генетической гомологии, как правило более 60%) и максимально близкие фенотипические характеристики.

Нумерическая (численная) таксономия основывается на использовании максимального количества сопоставляемых признаков и математическом учете степени соответствия. Большое число сравниваемых фенотипических признаков и принцип их равной значимости затрудняло классификацию.

При изучении, идентификации и классификации микроорганизмов чаще всего изучают следующие (гено- и фенотипические) характеристики:

1. Морфологические- форма, величина, особенности взаиморасположения, структура.

2. Тинкториальные- отношение к различным красителям (характер окрашивания), прежде всего к **окраске по Граму**. По этому признаку все микроорганизмы делят на **грамположительные и грамотрицательные**.

Морфологические свойства и отношение к окраске по Граму позволяют как правило отнести изучаемый микроорганизм к крупным таксонам- семейству, роду.

3. Культуральные- характер роста микроорганизма на питательных средах.

4. Биохимические- способность ферментировать различные *субстраты* (углеводы, белки и аминокислоты и др.), образовывать в

процессе жизнедеятельности различные биохимические продукты за счет активности различных ферментных систем и особенностей обмена веществ.

5. Антигенные- зависят преимущественно от химического состава и строения клеточной стенки, наличия жгутиков, капсулы, распознаются по способности макроорганизма (хозяина) вырабатывать антитела и другие формы иммунного ответа, выявляются в иммунологических реакциях.

6. Физиологические- способы углеводного (**аутоотрофы, гетеротрофы**), азотного (**аминоавтотрофы, аминокетотрофы**) и других видов питания, тип дыхания (**аэробы, микроаэрофилы, факультативные анаэробы, строгие анаэробы**).

7. Подвижность и типы движения.

8. Способность к **спорообразованию**, характер спор.

9. Чувствительность к бактериофагам, фаготипирование.

10. Химический состав клеточных стенок- основные сахара и аминокислоты, липидный и жирнокислотный состав.

11. Белковый спектр (полипептидный профиль).

12. Чувствительность к антибиотикам и другим лекарственным препаратам.

13. Генотипические (использование методов геносистематики).

В последние десятилетия для классификации микроорганизмов, помимо их фенотипических характеристик (см. пп.1- 12), все более широко и эффективно используются различные генетические методы (изучение генотипа- *генотипических свойств*). Используются все более совершенные методы- рестрикционный анализ, ДНК- ДНК гибридизация, ПЦР, сиквенс и др. В основе большинства методов лежит принцип определения степени гомологии генетического материала (ДНК, РНК). При этом чаще исходят из условного допущения, что степень гомологии более 60% (для некоторых групп микроорганизмов- 80%) свидетельствует о принадлежности микроорганизмов к одному виду (различные генотипы - один геновид), 40- 60%- к одному роду.

Идентификация

Основные фено- и генотипические характеристики, используемые для классификации микроорганизмов, используются и для идентификации, т. е. *установления их таксономического положения и прежде всего видовой принадлежности- наиболее важного аспекта микробиологической диагностики инфекционных заболеваний*. Идентификация осуществляется на основе изучения фено- и генотипических характеристик изучаемого инфекционного агента и

сравнения их с характеристиками известных видов. При этой работе часто применяют эталонные штаммы микроорганизмов, стандартные антигены и иммунные сыворотки к известным прототипным микроорганизмам. У патогенных микроорганизмов чаще изучают морфологические, тинкториальные, культуральные, биохимические и антигенные свойства.

Номенклатура- название микроорганизмов в соответствии с международными правилами. Для обозначения видов бактерий используют бинарную латинскую номенклатуру род/вид, состоящую из названия рода (пишется с заглавной буквы) и вида (со строчной буквы). Примеры- *Shigella flexneri*, *Rickettsia sibirica*.

В микробиологии часто используется и ряд других терминов для характеристики микроорганизмов.

Штамм- любой конкретный образец (изолят) данного вида. Штаммы одного вида, различающиеся по антигенным характеристикам, называют **серотипами (серовариантами- сокращенно сероварами)**, по чувствительности к специфическим фагам- **фаготипами**, биохимическим свойствам- **хемоварами**, по биологическим свойствам- **биоварами** и т.д.

Колония- видимая изолированная структура при размножении бактерий на плотных питательных средах, может развиваться из одной

или нескольких родительских клеток. Если колония развилась из одной родительской клетки, то потомство называется **клон**.

Культура- вся совокупность микроорганизмов одного вида, выросших на плотной или жидкой питательной среде.

Основной принцип бактериологической работы- *выделение и изучение свойств только чистых* (однородных, без примеси посторонней микрофлоры) *культур*.

2. Морфология бактерий

Прокариоты отличаются от эукариот по ряду основных признаков.

1. Отсутствие истинного дифференцированного ядра (ядерной мембраны).
2. Отсутствие развитой эндоплазматической сети, аппарата Гольджи.
3. Отсутствие митохондрий, хлоропластов, лизосом.
4. Неспособность к эндоцитозу (захвату частиц пищи).
5. Клеточное деление не связано с циклическими изменениями строения клетки.
6. Значительно меньшие размеры (как правило). Большая часть бактерий имеет размеры 0,5- 0,8 микрометров (мкм) x 2- 3 мкм.

По форме выделяют следующие основные группы микроорганизмов.

1. Шаровидные или кокки (с греч.- зерно).

2. Палочковидные.

3. Извитые.

4. Нитевидные.

Кокковидные бактерии (кокки) по характеру взаиморасположения после деления подразделяются на ряд вариантов.

1. **Микрококки.** Клетки расположены в одиночку. Входят в состав нормальной микрофлоры, находятся во внешней среде. Заболеваний у людей не вызывают.

2. **Диплококки.** Деление этих микроорганизмов происходит в одной плоскости, образуются пары клеток. Среди диплококков много патогенных микроорганизмов- гонококк, менингококк, пневмококк.

3. **Стрептококки.** Деление осуществляется в одной плоскости, размножающиеся клетки сохраняют связь (не расходятся), образуя цепочки. Много патогенных микроорганизмов- возбудители ангин, скарлатины, гнойных воспалительных процессов.

4. **Тетракокки.** Деление в двух взаимоперпендикулярных плоскостях с образованием тетрад (т.е. по четыре клетки). Медицинского значения не имеют.

5. **Сарцины.** Деление в трех взаимоперпендикулярных плоскостях, образуя тьюки (пакеты) из 8, 16 и большего количества клеток. Часто

обнаруживают в воздухе.

6. Стафилококки (от лат.- гроздь винограда). Делятся беспорядочно в различных плоскостях, образуя скопления, напоминающие грозди винограда. Вызывают многочисленные болезни, прежде всего гнойно-воспалительные.

Палочковидные формы микроорганизмов.

1. Бактерии- палочки, не образующие спор.
2. Бациллы- аэробные спорообразующие микробы. Диаметр споры обычно не превышает размера (“ширины”) клетки (эндоспоры).
3. Клостридии- анаэробные спорообразующие микробы. Диаметр споры больше поперечника (диаметра) вегетативной клетки, в связи с чем клетка напоминает веретено или теннисную ракетку.

Необходимо иметь в виду, что термин “бактерия” часто используют для обозначения всех микробов- прокариот. В более узком (морфологическом) значении бактерии- палочковидные формы прокариот, не имеющих спор.

Извитые формы микроорганизмов.

1. Вибрионы и кампилобактерии- имеют один изгиб, могут быть в форме запятой, короткого завитка.
2. Спириллы- имеют 2- 3 завитка.

3. Спирохеты- имеют различное число завитков, аксостиль-совокупность фибрилл, специфический для различных представителей характер движения и особенности строения (особенно концевых участков). Из большого числа спирохет наибольшее медицинское значение имеют представители трех родов- *Borrelia*, *Treponema*, *Leptospira*.

Характеристика морфологии риккетсий, хламидий, микоплазм, более подробная характеристика вибрионов и спирохет будет дана в соответствующих разделах частной микробиологии.

Данный раздел завершаем краткой характеристикой (ключем) для характеристики основных родов микроорганизмов, имеющих медицинское значение, на основе критериев, применяемых в определителе бактерий по Берджи (Berge).

Таблица. Ключ к основным группам бактерий

<u>Основные группы бактерий</u>	<u>Роды бактерий</u>
1. Изгибающиеся бактерии с тонкими стенками, подвижность обеспечивается за счет скольжения- скользящие бактерии	
2. Изгибающиеся бактерии с тонкими стенками, подвиж-	<i>Treponema</i>

ность связана с наличием осевой нити- **спирохеты** Borrelia,
Leptospira

3. Ригидные бактерии с толстыми стенками, неподвижные или подвижные благодаря жгутикам- **эубактерии**

А. Мицелиальные формы Mycobacterium,
Actinomyces, Nocardia,

Streptomyces

Б. Простые одноклеточные

1/облигатные внутриклеточные паразиты Rickettsia,
Coxiella,

Chlamydia

2/свободноживущие

а. грамположительные:

кокки

Streptococcus, Staphylococcus

неспорообразующие палочки

Corynebacterium, Listeria, Erysipelothrix

спорообразующие палочки

в т.ч. обязательные аэробы

Bacillus

в т.ч. обязательные анаэробы

б. грамотрицательные:

кокки

некишечные палочки

в т.ч. спиральной формы

в т.ч. прямые, очень мелкие палочки

Clostridium

Neisseria

Spirillum

Pasteurella, Brucella,
Yersinia, Francisella,
Haemophilus, Borde-
tella

кишечные палочки

в т.ч. факультативные анаэробы

Escherichia, Salmone-
lla, Shigella, Klebsiella,

Proteus, Vibrio

в т.ч. облигатные аэробы

Pseudomonas

в т.ч. облигатные анаэробы

Bacteroides, Fuso-
bacterium

4. Без клеточных стенок

Mycoplasma, Urea-
plasma

3. Строение бактериальной клетки

Обязательными органоидами являются: ядерный аппарат, цитоплазма, цитоплазматическая мембрана.

Необязательными (второстепенными) структурными элементами являются: клеточная стенка, капсула, споры, пили, жгутики.

1. В центре бактериальной клетки находится **нуклеоид**- ядерное образование, представленное чаще всего одной хромосомой кольцевидной формы. Состоит из двухцепочечной нити ДНК. Нуклеоид не отделен от цитоплазмы ядерной мембраной.

2. **Цитоплазма**- сложная коллоидная система, содержащая различные включения метаболического происхождения (зерна волютина, гликогена, гранулезы и др.), рибосомы и другие элементы белоксинтезирующей системы, плазмиды (вненуклеоидное ДНК), *мезосомы* (образуются в результате инвагинации цитоплазматической мембраны в цитоплазму, участвуют в энергетическом обмене, спорообразовании, формировании межклеточной перегородки при делении).

3. **Цитоплазматическая мембрана** ограничивает с наружной стороны цитоплазму, имеет трехслойное строение и выполняет ряд важнейших функций- барьерную (создает и поддерживает осмотическое давление), энергетическую (содержит многие ферментные системы- дыхательные,

окислительно-восстановительные, осуществляет перенос электронов), транспортную (перенос различных веществ в клетку и из клетки).

4. Клеточная стенка- присуща большинству бактерий (кроме микоплазм, ахлеплазм и некоторых других не имеющих истинной клеточной стенки микроорганизмов). Она обладает рядом функций, прежде всего обеспечивает механическую защиту и постоянную форму клеток, с ее наличием в значительной степени связаны антигенные свойства бактерий. В составе - два основных слоя, из которых наружный- более пластичный, внутренний- ригидный.

Основное химическое соединение клеточной стенки, которое специфично только для бактерий- *пептидогликан* (муреиновые кислоты). От структуры и химического состава клеточной стенки бактерий зависит важный для систематики признак бактерий- отношение к окраске по Граму. В соответствии с ним выделяют две большие группы- грамположительные (“грам+”) и грамотрицательные (“грам - “) бактерии. Стенка грамположительных бактерий после окраски по Граму сохраняет комплекс йода с *генциановым фиолетовым* (окрашены в сине-фиолетовый цвет), грамотрицательные бактерии теряют этот комплекс и соответствующий цвет после обработки и окрашены в розовый цвет за счет докрасивания *фуксином*.

Особенности клеточной стенки грамположительных бактерий.

Мощная, толстая, несложно организованная клеточная стенка, в составе которой преобладают пептидогликан и тейхоевые кислоты, нет липополисахаридов (ЛПС), часто нет диаминопимелиновой кислоты.

Особенности клеточной стенки грамотрицательных бактерий.

Клеточная стенка значительно тоньше, чем у грамположительных бактерий, содержит ЛПС, липопротеины, фосфолипиды, диаминопимелиновую кислоту. Устроена более сложно- имеется внешняя мембрана, поэтому клеточная стенка трехслойная.

При обработке грамположительных бактерий ферментами, разрушающими пептидогликан, возникают полностью лишенные клеточной стенки структуры- **протопласты**. Обработка грамотрицательных бактерий лизоцимом разрушает только слой пептидогликана, не разрушая полностью внешней мембраны; такие структуры называют **сферопластами**. Протопласты и сферопласты имеют сферическую форму (это свойство связано с осмотическим давлением и характерно для всех безклеточных форм бактерий). L-формы бактерий.

Под действием ряда факторов, неблагоприятно действующих на бактериальную клетку (антибиотики, ферменты, антитела и др.),

происходит *L- трансформация* бактерий, приводящая к постоянной или временной утрате клеточной стенки. L- трансформация является не только формой изменчивости, но и приспособления бактерий к неблагоприятным условиям существования. В результате изменения антигенных свойств (утрата O- и K- антигенов), снижения вирулентности и других факторов L- формы приобретают способность длительно находиться (*персистировать*) в организме хозяина, поддерживая вяло текущий инфекционный процесс. Утрата клеточной стенки делает L- формы нечувствительными к антибиотикам, антителам и различным химиопрепаратам, точкой приложения которых является бактериальная клеточная стенка. *Нестабильные* L- формы способны *реверсировать* в классические (исходные) формы бактерий, имеющие клеточную стенку. Имеются также *стабильные* L- формы бактерий, отсутствие клеточной стенки и неспособность реверсировать которых в классические формы бактерий закреплены генетически. Они по ряду признаков очень напоминают микоплазмы и другие *молликуты*- бактерии, у которых клеточная стенка отсутствует как таксономический признак. Микроорганизмы, относящиеся к микоплазмам- самые мелкие прокариоты, не имеют клеточной стенки и как все бактериальные бесстеночные структуры имеют сферическую форму.

К поверхностным структурам бактерий (необязательным, как и клеточная стенка), относятся *капсула, жгутики, микроворсинки*.

Капсула или слизистый слой окружает оболочку ряда бактерий. Выделяют *микрокапсулу*, выявляемую при электронной микроскопии в виде слоя микрофибрилл, и *макрокапсулу*, обнаруживаемую при световой микроскопии. Капсула является защитной структурой (прежде всего от высыхания), у ряда микробов- фактором патогенности, препятствует фагоцитозу, ингибирует первые этапы защитных реакций- распознавание и поглощение. У *сапрофитов* капсулы образуются во внешней среде, у патогенов- чаще в организме хозяина. Существуют ряд методов окраски капсул в зависимости от их химического состава. Капсула чаще состоит из полисахаридов (наиболее распространенная окраска- по *Гинсу*), реже- из полипептидов. Жгутики. Подвижные бактерии могут быть скользящие (передвигаются по твердой поверхности в результате волнообразных сокращений) или плавающие, передвигающиеся за счет нитевидных спирально изогнутых белковых (*флагеллиновых* по химическому составу) образований- жгутиков.

По расположению и количеству жгутиков выделяют ряд форм бактерий.

1. Монотрихи- имеют один полярный жгутик.
2. Лофотрихи- имеют полярно расположенный пучок жгутиков.

3. Амфитрихи- имеют жгутики по диаметрально противоположным полюсам.
4. Перитрихи- имеют жгутики по всему периметру бактериальной клетки.

Способность к целенаправленному движению (хемотаксис, аэротаксис, фототаксис) у бактерий генетически детерминирована.

Фимбрии или реснички - короткие нити, в большом количестве окружающую бактериальную клетку, с помощью которых бактерии прикрепляются к субстратам (например, к поверхности слизистых оболочек). Таким образом, фимбрии являются *факторами адгезии и колонизации*.

F- пили (фактор фертильности) - аппарат *конъюгации бактерий*, встречаются в небольшом количестве в виде тонких белковых ворсинок.

Эндоспоры и спорообразование.

Спорообразование- способ сохранения определенных видов бактерий в неблагоприятных условиях среды. *Эндоспоры* образуются в цитоплазме, представляют собой клетки с низкой метаболической активностью и высокой устойчивостью (*резистентностью*) к высушиванию, действию химических факторов, высокой температуры и других неблагоприятных факторов окружающей среды. При световой

микроскопии часто используют метод выявления спор *по Ожешко*. Высокая резистентность связана с большим содержанием *кальциевой соли дипиколиновой кислоты* в оболочке спор. Расположение и размеры спор у различных микроорганизмов отличается, что имеет дифференциально-диагностическое (таксономическое) значение. Основные фазы “жизненного цикла” спор- *споруляция* (включает подготовительную стадию, стадию предспоры, образования оболочки, созревания и покоя) и *прорастание*, заканчивающееся образованием вегетативной формы. Процесс спорообразования генетически обусловлен.

Некультивируемые формы бактерий.

У многих видов грамотрицательных бактерий, не образующих спор, существует особое приспособительное состояние- некультивируемые формы. Они обладают низкой метаболической активностью и активно не размножаются, т.е. не образуют колоний на плотных питательных средах, при посевах не выявляются. Обладают высокой устойчивостью и могут сохранять жизнеспособность в течение нескольких лет. Не выявляются классическими бактериологическими методами, обнаруживаются только при помощи генетических методов (*полимеразной цепной реакции- ПЦР*).

4. Морфологическая характеристика грибов

Грибы и простейшие имеют четко ограниченное ядро и относятся к эукариотам. Грибы крупнее бактерий, в эволюционном плане близки к растениям (наличие клеточной стенки, содержащей хитин или целлюлозу, вакуолей с клеточным соком, неспособность к перемещению, видимое движение цитоплазмы). Ядерный материал грибов отделен от цитоплазмы ядерной мембраной. *Дрожжевые* грибы образуют отдельные овальные клетки. *Плесневые* грибы формируют клеточные нитеподобные структуры- **гифы**. **Мицелий**- переплетение гифов- основная морфологическая структура. У низших грибов мицелий одноклеточный, не имеет внутренних перегородок (*sept*). Грибы размножаются половым и бесполом (вегетативным) способом. При вегетативном размножении образуются специализированные репродуктивные структуры- споры- *конидии*. Они могут располагаться в специализированных вместилищах- *спорангиях* (эндоспоры) или отшнуровываться от плодоносящих гиф (экзоспоры). Реже наблюдают образование спор внутри клеток (*оидии*), являющихся сегментами гиф. Дрожжевые клетки размножаются почкованием, мицелий не образуют. Половое размножение включает взаимодействие специализированных клеток, имеющих существенные различия в морфологии у различных грибов и часто используемых как

дифференциально- диагностический признак.

Для большинства видов грибов, имеющих медицинское значение, характерно наличие конидий (или экзоспор), являющихся формами неполового размножения. Их классификация во многом основывается на морфологических формах конидий. Их наиболее частые формы- *бластоспоры, хламидоспоры, артроспоры, конидиоспоры.*

Бластоспоры- простые структуры, которые образуются в результате почкования, с последующим отделением почки от родительской клетки, например у дрожжевых грибов.

Хламидоспоры образуются в результате увеличения гифальных клеток с образованием толстой оболочки, защищающей споры от неблагоприятных условий окружающей среды.

Артроспоры- споры, образующиеся путем фрагментации гиф на отдельные клетки. Они встречаются у дрожжеподобных грибов, возбудителя кокцидиоидоза, тканевых форм дерматофитов в волосе, кожных чешуйках и в ногтях.

Конидиоспоры- зрелые наружные споры, возникающие на дифференцированных конидиофорах (конидионосцах), отличающихся от других нитей мицелия по форме и размерам (у аспергилл, пеницилл) или располагающиеся по бокам и на концах любой ветви мицелия,

прикрепляясь к ней непосредственно или тонкой ножкой.

К эндоспорам совершенных грибов относятся спорангиоспоры мукооровых грибов, развивающихся в специальных органах (спорангиях), располагающихся на вершине спорангиеносца. Споры освобождаются при разрыве стенки спорангия.

Эндоспоры обнаруживают также у тканевых форм возбудителей кокцидиоза. Они развиваются в круглых образованиях - сферулах, при разрыве стенки зрелой сферулы попадают во внешнюю среду.

Основное функциональное отличие спор у бактерий и грибов: у бактерий споры обеспечивают переживание в неблагоприятных условиях окружающей среды, у грибов образование спор- способ размножения.

5. Морфологическая характеристика актиномицетов

(лучистых грибов по старым классификациям). Актиномицеты - формы бактерий, имеющие истинный, не имеющий перегородок мицелий.

Мицелиальный (в виде ветвящихся нитей) рост этих грамположительных бактерий придает им внешнее сходство с грибами. Это сходство усиливается вследствие наличия у высших форм актиномицетов наружных неполовых спор, которые называются конидиями. В отличие от грибов, актиномицеты имеют прокариотическое строение клетки, не содержат в клеточной стенке хитина или целлюлозы, размножаются

только бесполом путем. У низших актиномицетов мицелий фрагментируется на типичные одноклеточные бактерии. Мицелий актиномицетов подразделяют на субстратный (в субстрате) и воздушный. К мицелиальным бактериям относят микобактерии, рода накардий и актиномицетов, несколько родов высших актиномицет.

Представители рода *Mycobacterium*, в который входят возбудители туберкулеза, являются кислотоустойчивыми микроорганизмами, плохо воспринимающими краски. Их высокая резистентность во внешней среде, кислотоустойчивость и ряд других свойств связан с особым составом клеточной стенки, большим содержанием липидов и воска.

У представителей родов *Actinomyces* и *Nocardia* мицелий выражен в значительно большей степени, чем у микобактерий, однако в старых культурах они также проявляют тенденцию фрагментироваться на отдельные клетки неправильной формы. Микроорганизмы рода *Actinomyces* являются анаэробами, *Nocardia* - аэробами, многие из которых проявляют кислотоустойчивость. Микроорганизмы, относящиеся к высшим актиномицетам (рода *Streptomyces*, *Micromonospora*) образуют мицелий и размножаются наружными неполовыми спорами или конидиями. Обычным местом обитания для большинства из них является почва. Однако ряд видов актиномицет и

и нокардий могут инфицировать раны и вызывать образование абсцессов. Для актиномицетов характерно образование друз - плотных “зерен” в гное, представляющих собой беспорядочно переплетенные в центре нити мицелия с радиально отходящими на периферию колбовидно расширенными на концах “дубинками”. С некоторыми актиномицетами (например, стрептомицетами) связана способность выработки антибиотиков.

6. Морфологическая характеристика простейших

Имеют эукариотическое строение клетки и значительно более сложную функциональную и морфологическую организацию по сравнению с бактериями и грибами. Снаружи тело простейших покрывает эластичная и ригидная *пелликула*, образованная внешним слоем цитоплазмы. У некоторых видов клеточная мембрана может включать опорные фибриллы и даже минеральный скелет. Простейшие могут иметь несколько ядер. Многие простейшие способны активно двигаться за счет псевдоподий, жгутиков или ресничек. Жизненный цикл паразитических простейших нередко включает образование промежуточных форм в различных хозяевах. Основные классы простейших: саркодовые или амёбы- наиболее просто устроенные

простейшие, споровики (малярийные плазмодии, токсоплазмы, пневмоцисты, бабезии), жгутиконосцы (трихомонады, лейшмании), инфузории. Простейшие очень широко распространены, достаточно сказать, что малярийными плазмодиями и токсоплазмами в сумме поражено до трети населения земного шара. Всего известно около 7 тысяч видов простейших, патогенных для различных растений, животных, человека, непатогенных - во много раз больше. Простейших изучает наука *протозоология*.