

СИСТЕМАТИКА, ТАКСОНОМИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ БАКТЕРИЙ

ЛЕВАНОВА Л.А., ЗАХАРОВА Ю.В.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет»
Минздрава России, г. Кемерово, Россия

LECTURE

SYSTEMATICS, TAXONOMY AND CLASSIFICATION OF BACTERIA

LYUDMILA A. LEVANOVA, YULIYA V. ZAKHAROVA

*Kemerovo State Medical University (22a, Voroshilova Street, Kemerovo, 650056),
Russian Federation*

Резюме

В лекции представлены достижения последних лет по систематике микроорганизмов. Приведен терминологический словарь, приведены правила и порядок присвоения названий бактериям. Описываются принципы систематики микроорганизмов, отличия прокариотов и эу-

кариотов. Представлена современная классификация бактерий, имеющих медицинское значение, согласно 2-му изданию «Bergey's Manual of Systematic Bacteriology», дано краткое описание доменов «Archaea» и «Bacteria».

Ключевые слова: систематика, классификация, прокариоты, таксономия, номенклатура.

Abstract

The lecture presents the recent advances in the taxonomy of microorganisms, the terminology, the principles, the rules, and the procedure for naming bacteria. In addition, we describe the differences between pro- and eukaryotes and between Archaea

and Bacteria domains. Finally, we report the classification of bacteria relevant for basic, translational, and clinical medicine according to the 2nd edition of Bergey's Manual of Systematic Bacteriology.

Keywords: systematics, classification, prokaryotes, taxonomy, nomenclature.

◀ English

Актуальность

Расширение спектра возбудителей инфекционных и оппортунистических инфекций человека, многообразие их свойств требуют постоянного совершенствования знаний о микроорганизмах. Компетентность врачей и другого медицинского персонала в вопросах тактики на начальном (долабораторном) и конечном (интерпретация) этапах микробиологической диагностики, а не только работа бактериологов по выделению и идентификации микроорганизмов в целом будут определять качество и успех лечения конкретного пациента. В связи с этим необходима постоянная актуализация знаний по систематике и таксономии микроорганизмов, принципам их классификации и номенклатуры.

Термины и понятия

Систематика (греч. *systema* – целое, составленное из частей; *systematicos* – упорядоченный) – биологическая наука, которая занимается всесторонним описанием микроорганизмов, выяснением степени родства между ними и распределением на соподчиненные группы. Цель систематики – создать классификацию.

Классификация (лат. *classis* – разряд, группа) – это процесс разделения множества организмов на основании общих признаков на определенные таксономические группы.

Таксономия (греч. *taxis* – расположение по порядку, закон) – это раздел систематики, изучающий принципы и методы распределения

(классификации) организмов в иерархическом порядке.

Таксон – группа микроорганизмов, объединенных по определенным свойствам в рамках той или иной таксономической категории.

Идентификация (лат. *identifico* – отождествление) – установление принадлежности изучаемого организма к тому или иному таксону.

Феносистематика – изучение внешних проявлений организмов (фенотипов).

В настоящее время известны несколько принципов таксономии бактерий. В 1957 году П. Смитом была предложена численная (нумерическая) таксономия.

Численная (числовая, или нумерическая) **таксономия** – принцип сопоставления по большому числу фенотипических признаков с использованием вычислительной техники.

Числовая таксономия требует наиболее полной характеристики фенотипа, включающей:

морфологические – форма, размер, взаимное расположение, наличие капсулы, жгутиков;

тинкториальные – характеризуют отношение к красителям, в зависимости от особенностей клеточной стенки;

спорообразование – форма и характер расположения спор;

культуральные – особенности роста на питательных средах при определенной pH и температуре;

биохимические – способности утилизировать различные субстраты;

физиологические – это тип дыхания, питания;

антигенные – свойства, которые определяют чужеродность микроба по отношению к человеку.

Благодаря нумерическому принципу была усовершенствована таксономия бактерий родов *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Vibrio*. Базы данных, созданные для применения нумерической таксономии, ценны как богатые источники информации фенотипических признаков бактерий, что используется бактериологами для идентификации микроорганизмов.

Геносистематика – принцип изучения нуклеотидного состава ДНК организма. Позволяет определить не только сходство, но и степень родства исследуемых организмов. Нуклеотидный состав ДНК выражается в мол.% G+C, он широко варьирует у прокариот, от 24 (кlostридии и микоплазмы) до 76 мол. % (актиномицеты).

Метод молекулярной гибридизации ДНК-ДНК считается сейчас наиболее важным для систематики бактерий. Однако четких и твердо установленных критериев степени гомологии ДНК для таких рангов, как вид и род бактерий, еще нет. Допускают диапазон гомологии ДНК от 60 до 100%, свидетельствующий о принадлежности к одному и тому же виду, а степень гомологии от 40 до 60% - к разным родам одного семейства.

Хемотаксономия – частный раздел систематики, в основе которого лежит сравнительный анализ свойств фенотипа биохимическими методами. Это направление сопряжено с использованием таких методов детального изучения химического состава клетки, как газожидкостная хроматография и масс-спектрометрия липидов и жирных кислот, электрофоретическое разделение белков и изоферментов [7].

Филогенетическая таксономия – принцип учета исторического развития мира и эволюционных преобразований. Филогенетическими маркерами служат рРНК, в первую очередь – 16S-рРНК, а взаимоотношения организмов наглядно изображают графически в виде филогенетических деревьев [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Специальный раздел таксономии – **номенклатура** – имеет дело с правилами присвоения наименований описанным объектам. В систематике бактерий для наименования объекта используют биномиальную номенклатуру К. Линнея (1707–1778), согласно которой биологическому виду присваивают название, состоящее из двух слов: первое определяет принадлежность организма к определенному роду (фамилия автора, морфология), второе – виду (клиника, место обитания, место выявления, морфология колоний). Названия бактериям присваивают в соответствии с правилами Международного кодекса номенклатуры бактерий – МКНБ (International Code of Nomenclature of Bacteria, ICNB): *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*.

При повторном упоминании видового названия бактерий допускается сокращение названия рода до первой буквы (и не более), после чего ставится точка и далее пишется второе слово: *B. cereus*, *S. aureus*, *S. typhi* [7, 8].

Примеры составления названий бактерий и их значения представлены в **таблице 1**.

Видовое название бактерий	Род	Вид
<i>Clostridium tetani</i>	<i>Clostridium</i> (веретено)	<i>Tetanus</i> (судороги)
<i>Shigella dysenteria</i>	<i>Shigella</i> (Шига – автор)	<i>Dysenteria</i> (расстройство)
<i>Salmonella typhi</i>	<i>Salmonella</i> (Сальмон – автор)	<i>Typhus</i> («туман» – бред)
<i>Bacillus anthracis</i>	<i>Bacillus</i> (палочка)	<i>Anthraxis</i> (уголь-антрацит)
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus</i> (Staphylo – труба, coccus – шарики)	<i>Aureus</i> – золотой

Таблица 1. Конструирование бинарных названий бактерий

Binary name	Genus	Species
<i>Clostridium tetani</i>	<i>Clostridium</i> (spindle)	<i>Tetanus</i> (convulsions)
<i>Shigella dysenteria</i>	<i>Shigella</i> (Shiga is an author)	<i>Dysenteria</i> (disorder)
<i>Salmonella typhi</i>	<i>Salmonella</i> (Salmon is an author)	<i>Typhus</i> (delirium)
<i>Bacillus anthracis</i>	<i>Bacillus</i> (rod)	<i>Anthraxis</i> (anthracite)
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus</i> (Staphylo is for a tube, coccus is for a sphere)	<i>Aureus</i> (gold)

Table 1. Construction of bacterial binary names

Согласно кодексу МКНБ названия и описание новых бактериальных таксонов должны быть обнародованы в печатном издании «International Journal of Systematic and Evolution Microbiology» (IJSEM) в виде отдельной статьи, или название бактерии должно упоминаться в «Списках утвержденных названий» («Validation List»).

В качестве пособия для идентификации бактерий используется определитель бактерий – «Bergey's Manual of Determinative Bacteriology» (последнее 9-е издание в 1994 г.). Определитель («Bergey's Manual of Determinative Bacteriology») является справочным материалом для работников практических лабораторий и используется для идентификации бактерий по характерным для них фенотипическим признакам (окраска по Граму, форма и размер клетки, химический состав клеточной стенки, подвижность, наличие капсулы, спор, тип дыхания, биохимическая активность и др.), что позволяет сравнительно быстро определить вид выделенной бактериологом из исследуемого материала культуры бактерий. Создание «Bergey's Manual of Determinative Bacteriology» отражает первое направление в систематизации микроорганизмов – их каталогизацию на основе ограниченного числа признаков.

В последующие годы Bergey's Manual Trust публикует сведения по систематике и идентификации бактерий отдельно. Сведения о систематике (классификации) бактерий изложены в «Bergey's Manual of Systematic Bacteriology» (последнее 2-е издание, 2001-2015 гг.). Создание «Bergey's Manual of Systematic Bacteriology» соответствует второму направлению в систематизации микроорганизмов – построению системы их филогенетического родства [8].

Классификация микроорганизмов

Микроорганизмы (микробы) – это невидимые простым глазом представители всех царств жизни: эукариоты, прокариоты (эубактерии и архебактерии) и вирусы. Они занимают низшие ступени эволюции, но играют важную и разнообразную роль в общей экономике природы, в круговороте веществ, в патологии человека, животных и растений.

По принципу клеточной организации все микроорганизмы разделены на:

неклеточные (доклеточные формы) – вирусы, вириды, прионы;

клеточные формы – бактерии, архебактерии, грибы, простейшие.

Клеточные формы жизни включают 3 домена:

1) домен «Archaea» - предковые прокариоты или предковые бактерии (архебактерии);

2) домен «Bacteria» - прокариоты (истинные бактерии или эубактерии);

3) домен «Eukarya» - эукариоты.

В домен «Eukarya» входят:

царство (Kingdom) грибов (Fungi);

царство (Kingdom) животных (Animalia) с подцарством простейших (Protozoa);

царство (Kingdom) растений (Plantae).

В настоящее время большинство бактериологов отказалось от использования термина «kingdom» («царство») для обозначения таксона прокариотов. Он применяется в систематике эукариотов (микология, протозоология) и акариотов (вирусология). Термины «прокариоты», «эукариоты» и «акариоты» используются для обозначения соответствующих групп микроор-

организмов по организации генома и также не используются для обозначения таксономических категорий.

Прокариоты (греч. – «доядерные») и эукариоты (греч. – «владеющий ядром») отличаются ядерным аппаратом. Ядерный аппарат прокариотов называется нуклеоидом, обыч-

но представлен кольцевой молекулой ДНК, соответствующей одной хромосоме. Ядро эукариотов содержит набор хромосом и отделено от цитоплазмы мембраной. Различия в организации ядерного аппарата коррелируют с другими признаками, представленными в **таблице 2**.

Таблица 1. Отличительные признаки прокариотов и эукариотов

Характеристика	Прокариоты	Эукариоты
Цитологические признаки:		
наименьший размер клетки – 0,05 мкм	+	-
наличие оформленного ядра	-	+
наличие автономных мембранных органелл (митохондрии, хлоропласты)	-	+
Локализация рибосом:		
распределены в цитоплазме	+	-
прикреплены к эндоплазматическому ретикулуму	-	+
Молекулярно-генетические особенности:		
число хромосом	1-2	>1
кольцевая хромосома	+	-
линейная хромосома	-(+)	+
Константы седиментации хромосом:		
70S	+	-
80S	-	+
Константы седиментации рибосомной РНК:		
5S, 16S, 23S	+	-
5S, 5,8S, 18S, 328S	-	+
Признаки, основанные на химических анализах:		
присутствие пептидогликана	+	-
Особенности размножения:		
бинарное деление	+	-
митоз	-	+
возможность мейоза	-	+
Питание:		
диффузия или транспорт через мембрану	+	+
эндоцитоз	-	+
Метаболические особенности:		
дыхательный и фотосинтезирующий аппарат ассоциирован с цитоплазматической мембраной или мезосомами	-	+
хемолитотрофия	+	-
способность фиксировать молекулярный азот	+	-
способность к метаногенезу	+	-
Представители	Бактерии	Грибы, водоросли, простейшие, растения, животные

В классификации Bergey используются следующие группы или уровни (таксоны):

- Домен (Domain)
- Тип (отдел) (Phylum)
- Класс (Class)

- Порядок (Order) (-ales)
- Семейство (Famili) (-ceae)
- Род (Genus) (-us)
- Вид (Species)

Feature	Prokaryotes	Eukaryotes
Cytological features		
Minimum cell diameter of 0.05 μm	+	-
Defined nucleus	-	+
Semi-autonomous organelles (mitochondria and chloroplasts)	-	+
Ribosomal localization		
Distributed across the cytoplasm	+	-
Attached to endoplasmic reticulum	-	+
Genetic features		
Number of chromosomes	1-2	> 1
Circular chromosome	+	-
Linear chromosome	-(+)	+
Ribosomal sedimentation coefficients		
70S	+	-
80S	-	+
rRNA sedimentation coefficients		
5S, 16S, 23S	+	-
5S, 5,8S, 18S, 328S	-	+
Chemical features		
Presence of peptidoglycan	+	-
Cell division		
Binary fission	+	-
Mitosis	-	+
Meiosis	-	+
Nutrition		
Diffusion or membrane transport	+	+
Endocytosis	-	+
Metabolic features		
Respiration and photosynthesis associated with cytoplasmic membrane or mesosomes	-	+
Chemolithotrophy	+	-
Nitrogen fixation	+	-
Methanogenesis	+	-
Members	Bacteria	Protozoa, fungi, plants, animals

Table 2. Specific features of prokaryotes and eukaryotes

Основной таксономической категорией в бактериологии, протозологии и микологии является вид.

Вид – это совокупность особей, имеющих общее происхождение, единый генотип, который в стандартных условиях проявляется одинаковыми биологическими свойствами.

Для внутривидовой дифференциации штаммов одного вида в микробиологии используется ряд признаков, в том числе специфические биохимические свойства, антигенные особенности, спектр чувствительности к

фагам или бактериоцинам, генотип, профиль плазмидной ДНК, электрофоретип, характер вызываемого патологического процесса и т.д.

Подвид, инфравид – популяция бактерий, отличающихся от основного вида по какому-либо признаку или признакам, которые могут быть детализированы как варианты (**-вары**, но не – **типы**. Для их обозначения используется только суффикс «**-вар**» чтобы избежать возможной ошибки – принять «вариант» за «тип», как таксон эукариотов) (**таблица 3**).

Таблица 3. Номенклатурные названия инфравидовых и инфраподвидовых категорий.

Название	Синонимы	Учитываемые признаки
Биовар (Biovar)	Биотип, физиологический тип	Биохимические или физиологические свойства
Хемоформ (Chemoform) Хемовар (Chemovar)	Хемотип	Химический состав Образование какого-либо химического вещества
Культивар (Cultivar)		Культивируемый штамм с особыми свойствами
Forme specialis	Особая форма	Паразитический, симбиотический или комменсальный микроорганизм, характеризующийся адаптацией к определенному хозяину или условиям. Обычно приводится полное название хозяина в родительском падеже
Морфовар (Morphovar)	Морфотип	Морфологические признаки
Патовар (Pathovar)	Патотип	Патогенная реакция у одного или более хозяев
Фаговар (Phagovar)	Фаготип, лизотип	Отношение к бактериофагу
Фаза (Phase)		Применимо к хорошо очерченной стадии естественно встречающихся альтернативных вариантов
Серовар (Serovar)	Серотип	Антигенные признаки
Состояние (Status)		Варианты колоний, например, шероховатая, гладкая, мукоидная
Геноварианты (Genovar)	Генотип	Генетически обособленный вариант
Рибовары	Риботипы	Одинаковый или близкий профиль фрагментов ДНК, которые образуются при воздействии рестриктаз и выявляются методом электрофореза

Table 3. Nomenclature of infraspecific names

Name	Synonym	Features
Biovar	Biotype, physiological type	Biochemical or physiological features
Chemoform Chemovar	Chemotype	Chemical composition Formation of specific chemical compounds
Cultivar		Cultural features
Forme specialis	Special form	Parasitic, symbiotic, or commensal microorganism adapted to the specific host or conditions
Morphovar	Morphotype	Morphological features
Pathovar	Pathotype	Pathogenic for one or more hosts Response to bacteriophages
Phagovar	Fagotype, lysotype	
Phase		Well-defined natural alternative variants
Serovar	Serotype	Antigenic features
Status		Colonial variants (rough, smooth, mucoid)
Genovar	Genotype	Genetic features
Ribovar	Ribotype	Similar or close DNA fragment profile formed by restriction enzymes

В бактериологии используют ряд терминов:
чистая культура – совокупность особей одного вида, выращенная на питательной среде;
клон – совокупность особей одного вида, которые являются потомством одной клетки;
штамм – совокупность особей одного вида, выделенные из одного источника, но в разное

время или из разных источников.
 При классификации ряда возбудителей инфекционных заболеваний используются экологические критерии: возбудители инфекций только человека – антропонозы, только животных – зоонозы, способные сохраняться и накапливаться во внешней сре-

де и вызывать заболевания – сапронозы и сапрозоонозы [8].

Классификация прокариот

Домен «Archaea»: археобактерии не содержат пептидогликан в клеточной стенке. Они имеют особые рибосомы и рибосомные РНК. Термин «археобактерии» появился в 1977 г. Это одна из древних форм жизни, на что указывает приставка «архе». Среди них нет возбудителей инфекций.

Археобактерии – особая группа микроорганизмов, отличающаяся от эубактерий и эукариот. Археи – обитатели многих экстремальных биотопов, согласно последним данным, распространены также и в обычных биотопах. Среди археобактерий обнаружено большое разнообразие морфологических форм, окраска грамположительная и грамотрицательная, одиночные и нитчатые формы, размеры варьируют от 0,1 мкм до 15 мкм в диаметре и до 100 мкм в линейных размерах. Некоторые метаболические пути не имеют аналогов среди эубактерий, например, уникальные ферментные системы встречаются у организмов-метаногенов. Археобактерии – обитатели соленых и высокотемпературных биотопов. Также большая численность Археев наблюдается в океанских глубинах, у побережья Антарктики они составляют более 34% прокариотической биомассы. Симбионты в желудочно-кишечном тракте животных и обитатели поверхностных вод в тропических и умеренных зонах Мирового океана.

Современное издание «Руководства Берджи» разделяет Археев на 2 царства: *Crenarchaeota* и *Euryarchaeota*.

Кренархеоты включают хорошо изученные группы экстремофилов и включает 1 класс *Thermoprotei* (4 отряда и 6 семейств).

Эуриархеоты занимают многие экологические ниши и отличаются разнообразием метаболических путей. Тип разделен на 8 классов: *Methanobacteria*, *Methanococci*, *Halobacteria*, *Thermoplasmata*, *Thermococci*, *Archaeoglobi*, *Methanopyri*, *Methanomicrobia* (9 отрядов, 16 семейств) [9].

Домен «Bacteria» (эубактерии) представлен:

► бактериями с тонкой клеточной стенкой, грамотрицательные – *gracilicutes*;

особенности: большинство грамотрицательных бактерий объединены в тип протеобактерии, основанный на сходстве по рибосомной РНК («*Proteobacteria*» – по имени греческого бога Протеуса, принимавшего разнообразные облики). Они появились от общего фотосинтетического предка.

► бактериями с толстой клеточной стенкой, грамположительные – *firmicutes*;

особенности: грамположительные бактерии, согласно изученным последовательностям рибосомной РНК, являются отдельной филогенетической группой с двумя большими подотделами – с высоким и низким соотношением G+C (генетическое сходство). Как и протеобактерии, эта группа метаболически разнообразная.

► бактериями без клеточной стенки – *tenericutes* (класс *Mollicutes* - микоплазмы);

особенности: отсутствует клеточная стенка, клетки окружены ЦПМ, окрашивание по Граму отрицательное, клетки плеоморфные, округлые, размножаются бинарным делением, почкованием, фрагментацией. Характерно образование мелких, вступающих в агар колоний.

В домен «Bacteria» входит 26 типа (филии), среди которых медицинское значение имеют следующие (по Берджи, 2004-2012) [10, 11, 12, 13] (таблица 4).

Класс	Порядок	Семейство	Род
Тип XIV. Proteobacteria			
Alphaproteobacteria	Rickettsiales	<i>Rickettsiaceae</i>	<i>Rickettsia</i> <i>Orientia</i>
		<i>Anaplasmataceae</i>	<i>Anaplasma</i> <i>Ehrlichia</i>
	Rhizobiales	<i>Bartonellaceae</i>	<i>Bartonella</i>
		<i>Brucellaceae</i>	<i>Brucella</i>
Betaproteobacteria	Burkholderiales	<i>Burkholderiaceae</i>	<i>Burkholderia</i>
		<i>Alcaligenaceae</i>	<i>Alcaligenes</i> <i>Bordetella</i>
	Neisseriales	<i>Neisseriaceae</i>	<i>Neisseria</i> , <i>Eikenella</i> , <i>Kingella</i>

Таблица 4. Современная систематика некоторых прокариот, имеющих медицинское значение

Gammaproteobacteria	Thiotrichales	Francisellaceae	Francisella
	Legionellales	Legionellaceae	Legionella
		Coxiellaceae	Coxiella Rickettsiella
	Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	Pseudomonas
		Moraxellaceae	Moraxella, Acinetobacter
	Vibrionales	Vibrionaceae	Vibrio
	Enterobacteriales	Enterobacteriaceae	Enterobacter, Gallimatobacterium, Citrobacter, Edwardsiella, Erwinia, Escherichia, Hafnia, Klebsiella, Morganella, Proteus, Providencia, Salmonella, Serratia, Shigella, Yersinia
Pasteurellales	Pasteurellaceae	Pasteurella Haemophilus	
Deltaproteobacteria	Desulfovibrionales	Desulfovibrionaceae	Bilophila
Epsilonproteobacteria	Campylobacteriales	Campylobacteriaceae	Campylobacter
		Helicobacteriaceae	Helicobacter
Tun XIII. Firmicutes			
Mollicutes	Mycoplasmatales	Mycoplasmataceae	Mycoplasma, Ureaplasma
Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus,
		Listeriaceae	Listeria,
		Staphylococcaceae	Staphylococcus
	Lactobacillales	Lactobacillaceae	Lactobacillus, Pediococcus
		Enterococcaceae	Enterococcus Vagococcus
Clostridia	Clostridiales	Streptococcaceae	Streptococcus, Lactococcus
		Clostridiaceae	Clostridium, Sarcina
		Peptostreptococcaceae	Peptostreptococcus
		Eubacteriaceae	Eubacterium
		Peptococcaceae	Peptococcus
Acidaminococcaceae	Veillonella		
Tun XIV. Bacteroides			
Bacteroidia	Bacteroidales	Bacteroidaceae	Bacteroides
		Porphyromonadaceae	Porphyromonas Tannerella
		Prevotellaceae	Prevotella
Tun XV. Spirochaetes			
Spirochaetia	Spirochaetales	Spirochaetaceae	Spirochaeta, Borrelia, Treponema
		Leptospiraceae	Leptospira
Tun XVI. Tenericutes			
Mollicutes	Mycoplasmatales	Mycoplasmataceae	Mycoplasma, Ureaplasma
Tun XIX. Fusobacteria			
Fusobacteria	Fusobacteriales	Fusobacteriaceae	Fusobacterium
Tun XXIV. Chlamidiae			
Chlamidiae	Chlamidiales	Chlamidiae	Chlamidia
Tun XXVI. Actinobacteria			
Actinobacteria	Actinobacteriales	Actinobacteriaceae	Actinomyces, Mobiluncus
	Bifidobacteriales	Bifidobacteriaceae	Bifidobacterium, Gardnerella

Actinobacteria	Corynebacteriales	Corynebacteriaceae	Corynebacterium
		Mycobacteriaceae	Mycobacterium
		Nocardiaceae	Nocardia
	Micrococcales	Micrococcaceae	Micrococcus, Rothia
	Propionibacteriales	Propionibacteriaceae	Propionibacterium

Class	Order	Family	Genus
Phylum XIV. Proteobacteria			
Alphaproteobacteria	Rickettsiales	Rickettsiaceae	Rickettsia Orientia
		Anaplasmataceae	Anaplasma Ehrlichia
	Rhizobiales	Bartonellaceae	Bartonella
		Brucellaceae	Brucella
Betaproteobacteria	Burkholderiales	Burkholderiaceae	Burkholderia
		Alcaligenaceae	Alcaligenes Bordetella
	Neisseriales	Neisseriaceae	Neisseria, Eikenella, Kingella
Gammaproteobacteria	Thiotrichales	Francisellaceae	Francisella
	Legionellales	Legionellaceae	Legionella
		Coxiellaceae	Coxiella Rickettsiella
	Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	Pseudomonas
		Moraxellaceae	Moraxella, Acinetobacter
	Vibrionales	Vibrionaceae	Vibrio
	Enterobacteriales	Enterobacteriaceae	Enterobacter, Gallimatobacterium, Citrobacter, Edwardsiella, Erwinia, Escherichia, Hafnia, Klebsiella, Morganella, Proteus, Providencia, Salmonella, Serratia, Shigella, Yersinia
Pasteurellales	Pasteurellaceae	Pasteurella Haemophilus	
Deltaproteobacteria	Desulfovibrionales	Desulfovibrionaceae	Bilophila
Epsilonproteobacteria	Campylobacterales	Campylobacteriaceae	Campylobacter
		Helicobacteriaceae	Helicobacter
Phylum XIII. Firmicutes			
Mollicutes	Mycoplasmatales	Mycoplasmataceae	Mycoplasma, Ureaplasma
Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus,
		Listeriaceae	Listeria,
		Staphylococcaceae	Staphylococcus
	Lactobacillales	Lactobacillaceae	Lactobacillus, Pediococcus
		Enterococcaceae	Enterococcus Vagococcus
Clostridia	Clostridiales	Streptococcaceae	Streptococcus, Lactococcus
		Clostridiaceae	Clostridium, Sarcina
		Peptostreptococcaceae	Peptostreptococcus
		Eubacteriaceae	Eubacterium
		Peptococcaceae	Peptococcus
	Acidaminococcaceae	Veillonella	

Table 4. Contemporary systematics of prokaryotes with medical value

Phylum XIV. Bacteroides			
<i>Bacteroidia</i>	<i>Bacteroidales</i>	<i>Bacteroidaceae</i>	<i>Bacteroides</i>
		<i>Porphyromonadaceae</i>	<i>Porphyromonas</i> <i>Tannerella</i>
		<i>Prevotellaceae</i>	<i>Prevotella</i>
Phylum XV. Spirochaetes			
<i>Spirochaetia</i>	<i>Spirochaetales</i>	<i>Spirochaetaceae</i>	<i>Spirochaeta, Borrelia,</i> <i>Treponema</i>
		<i>Leptospiraceae</i>	<i>Leptospira</i>
Phylum XVI. Tenericutes			
<i>Mollicutes</i>	<i>Mycoplasmatales</i>	<i>Mycoplasmataceae</i>	<i>Mycoplasma, Ureaplasma</i>
Phylum XIX. Fusobacteria			
<i>Fusobacteria</i>	<i>Fusobacteriales</i>	<i>Fusobacteriaceae</i>	<i>Fusobacterium</i>
Phylum XXIV. Chlamidiae			
<i>Chlamidiae</i>	<i>Chlamidiales</i>	<i>Chlamidiae</i>	<i>Chlamidia</i>
Phylum XXVI. Actinobacteria			
<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinobacteriales</i>	<i>Actinobacteriaceae</i>	<i>Actinomyces, Mobiluncus</i>
	<i>Bifidobacteriales</i>	<i>Bifidobacteriaceae</i>	<i>Bifidobacterium, Gardnerella</i>
	<i>Corynebacteriales</i>	<i>Corynebacteriaceae</i>	<i>Corynebacterium</i>
		<i>Mycobacteriaceae</i>	<i>Mycobacterium</i>
		<i>Nocardiaceae</i>	<i>Nocardia</i>
	<i>Micrococcales</i>	<i>Micrococcaceae</i>	<i>Micrococcus, Rothia</i>
<i>Propionibacteriales</i>	<i>Propionibacteriaceae</i>	<i>Propionibacterium</i>	

Заключение

Таким образом, в систематике бактерий постоянно возникают изменения и дополнения. Так, например, за последнее десятилетие согласно «Bergey's Manual of Systematic Bacteriology», выделены новые типы (филлумы) – *Tenericutes*, классы – *Fusobacteria*, порядки – *Bifidobacteriales*, *Corynebacteriales*, *Propionibacteriales*, реклассифицировано семейство *Mycobacteriaceae*, которое стало входить в отдел *Corynebacteriales* и т.д. В основе изменений систематического положения бактерий лежит несколько причин. Во-первых, происходит совершенствование инструментальной базы и молекулярно-генетиче-

ских методов исследования, что раскрывает новые возможности в изучении и идентификации микроорганизмов. Во-вторых, многие таксоны подвергаются реклассификации. В-третьих, возрастает медицинская значимость непатогенных сапрофитических и условно-патогенных бактерий, которые активно изучаются и пополняют современную классификацию бактерий. В связи с этим требуется постоянное уточнение систематического положения и филогенетического родства бактерий, так как эти признаки определяют тактику и подходы к выделению и идентификации возбудителей и, в конечном итоге, успеха лечения пациента. ●

Литература / References:

1. Manual of medical microbiology. General and sanitary microbiology. Book 1. Ed. by Labinskaya A.S., Volina E.G. M: BINOM, 2008. 1080 p.) Russian (Руководство по медицинской микробиологии. Общая и санитарная микробиология. Книга 1. Под ред. Лабинской А.С., Волиной Е.Г. М: БИНОМ, 2008. 1080 с.
2. Schlüter JP, Czuppon P, Schauer O, Pfaffelhuber P, McIntosh M, Becker A. Classification of phenotypic subpopulations in isogenic bacterial cultures by triple promoter probing at single cell level. J. Biotechnol. 2015; 198: 3-14.
3. Reddy BL, Saier MH Jr. Topological and phylogenetic analyses of bacterial holing families and superfamilies. Biochim. Biophys. Acta. 2013; 1828 (11): 2654-2671.
4. Kubicova V, Provaznik I. Use of whole genome DNA spectrograms in bacterial classification. Comput. Biol. Med. 2016; 69: 298-307.

5. Ravin NV, Shestakov SV. The genome of prokaryotes. Vavilov Journal of Genetics and Selection. 2013; 17 (4-2): 972-984. Russian (Равин Н.В., Шестаков С.В. Геном прокариот // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013; Т.17, №4-2. С.972-984).
6. Dworzanski JP, Snyder AP. Classification and identification of bacteria using mass spectrometry-based proteomics. Expert Rev. Proteomics. 2005; 2 (6): 863-878.
7. Pavlinov IJa. Nomenclature in systematics. History, theory, practice. M: T-vo. nauch. izd KMK. 2015. 439 p. Russian (Павлинов И.Я. Номенклатура в систематике. История, теория, практика. М: Т-во. науч. изд. КМК. 2015. 439 с.)
8. Janda JM. Taxonomic update on proposed nomenclature and classification changes for bacteria of medical importance, 2015. Diagn. Microbiol. Infect. Dis. 2016; 86 (2): 123-127.
9. Baymiev AnK, Gumenko RS, Matniyazov RT, Chubukova OV, Baymiev AIK. Modern systematics of nodule bacteria. Biomica. 2013; 5 (3-4): 136-157. Russian (Баймиев Ан.Х., Гуменко Р.С., Матниязов Р.Т., Чубукова О.В., Баймиев Ал.Х. Современная систематика клубеньковых бактерий // Биомика. 2013. Т.5, №3-4, 136-157).
10. Brenner DJ, Krieg NR, Staley JT, Garrity GM. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2-nd ed. Vol. 2 parts A, B and C: Springer-Verlag, New York, 2005: 1136 p.
11. Vos P, Garrity G, Jones D, Krieg NR, Ludwig W, Rainey FA et al. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2-nd ed. Vol. 3. New York, Springer-Verlag, 2009. 1450 p.
12. Krieg NR, Ludwig W, Whitman W, Hedlund BP, Paster BJ, Staley JT et al. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2-nd ed. Vol. 4. New York, Springer-Verlag, 2010. 949 p.
13. Whitman W, Goodfellow M, Kämpfer P, Busse HJ, Trujillo M, Ludwig W et al. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2nd ed., Vol. 5, parts A and B. New York, Springer-Verlag, 2012. 2083 p.

Сведения об авторах

Леванова Людмила Александровна, доктор медицинских наук, заведующая кафедрой микробиологии, иммунологии и вирусологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Кемерово, Россия

Вклад в статью: поиск и анализ литературы, написание лекции.

Захарова Юлия Викторовна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры микробиологии, иммунологии и вирусологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Кемерово, Россия

Вклад в статью: поиск и анализ литературы, написание лекции.

Authors

Prof. Lyudmila A. Levanova, MD, PhD, Professor, Head of the Department of Microbiology, Immunology and Virology, Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation

Contribution: performed literature search and analysis; wrote the article.

Dr. Yuliya V. Zakharova, MD, PhD, Associate Professor, Department of Microbiology, Immunology and Virology, Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation

Contribution: performed literature search and analysis; wrote the article.

Acknowledgements: There was no funding for this article.

Корреспонденцию адресовать:

Леванова Людмила Александровна
650056, Кемерово, ул. Ворошилова 22а,
E-mail: micro@kemsma.ru

Corresponding author:

Prof. Lyudmila A. Levanova,
Voroshilova Street 22a, Kemerovo, 650056,
Russian Federation
E-mail: micro@kemsma.ru

Статья поступила: 28.01.17г.

Принята в печать: 09.02.17г.