

МЕДИЦИНСКАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ, ВИРУСОЛОГИЯ И ИММУНОЛОГИЯ

**Под редакцией академика РАМН В.В. Зверева,
профессора М.Н. Бойченко**

УЧЕБНИК

В двух томах

Министерство образования и науки РФ

Рекомендовано ГОУ ВПО «Московская медицинская академия имени И.М. Сеченова» в качестве учебника по дисциплине «Микробиология, вирусология и иммунология» для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по специальностям 31.05.01 «Лечебное дело», 31.05.02 «Педиатрия», 32.05.01 «Медико-профилактическое дело»

Регистрационный номер рецензии 517 от 06 июля 2009 года
ФГУ «Федеральный институт развития образования»



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2014

МЕДИЦИНСКАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ, ВИРУСОЛОГИЯ И ИММУНОЛОГИЯ

**Под редакцией академика РАМН В.В. Зверева,
профессора М.Н. Бойченко**

УЧЕБНИК

Том 1



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2014

УДК [577.27+579](083.4)(084.121)(075.8)
ББК 28.4я73-1+28.707.4я73-1+52.54я73-1+52.64я73-1
М42

Рецензенты: заведующий кафедрой микробиологии ГОУ ВПО «Санкт-Петербургская государственная медицинская академия им. И.М. Мечникова», д-р мед. наук, проф. *А.Г. Бойцов*; заведующий кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии ГОУ ВПО «Санкт-Петербургская государственная педиатрическая академия», д-р мед. наук, проф. *А.М. Королюк*.

М42 Медицинская микробиология, вирусология и иммунология. : учебник : в 2 т. / под ред. В. В. Зверева, М. Н. Бойченко. — М., ГЭОТАР-Медиа, 2014. — Т. 1. — 448 с. : ил. + CD.

ISBN 978-5-9704-2914-3 (т. 1)

ISBN 978-5-9704-2913-6 (общ.)

Издание подготовлено сотрудниками кафедр микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова, Российского национального исследовательского медицинского университета имени Н.И. Пирогова, Московского государственного медико-стоматологического университета имени А.И. Евдокимова, Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени И.П. Павлова, Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова, Оренбургской государственной медицинской академии, Ростовского государственного медицинского университета, Омской государственной медицинской академии, Ставропольской государственной медицинской академии, Волгоградской государственной медицинской академии, Челябинской государственной медицинской академии.

Учебник состоит из двух томов (20 глав), в которых последовательно разбираются вопросы общей и частной микробиологии, вирусологии и иммунологии. Теоретический материал проиллюстрирован таблицами и рисунками. Первый том состоит из двух частей, в которые входят 14 глав. Материал первой части (гл. 1–7) посвящен общей микробиологии. В ней описаны история микробиологии, классификация, морфология, физиология, экология и генетика микробов, противомикробные препараты. Во второй части (гл. 8–14) изложено учение об инфекции и иммунитете.

К изданию прилагается компакт-диск. На нем представлены дополнительные сведения по основным главам учебника (гл. 4, 8, 15–17), а также материалы по санитарной микробиологии для студентов медико-профилактических факультетов медицинских вузов.

Учебник написан в соответствии с официально утвержденной программой преподавания и предназначен для студентов лечебных, педиатрических и медико-профилактических факультетов медицинских вузов.

УДК [577.27+579](083.4)(084.121)(075.8)
ББК 28.4я73-1+28.707.4я73-1+52.54я73-1+52.64я73-1

Права на данное издание принадлежат ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа». Воспроизведение и распространение в каком бы то ни было виде части или целого издания не могут быть осуществлены без письменного разрешения ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа».

© Коллектив авторов, 2014

© ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2014

© ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа»,
оформление, 2014

ISBN 978-5-9704-2914-3 (т. 1)
ISBN 978-5-9704-2913-6 (общ.)

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

Зверев В.В., акад. РАМН, д-р биол. наук, проф. зав. кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Бойченко М.Н., д-р биол. наук, проф. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Быков А.С., д-р мед. наук, проф. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Миронов А.Ю., д-р мед. наук, проф. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Несвижский Ю.В., д-р мед. наук, проф. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Пашков Е.П., д-р мед. наук, проф. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Петрова Л.И., канд. биол. наук, научный сотрудник НИИ биоорганических соединений им. Шемякина и Овчинникова РАН

Буданова Е.В., канд. мед. наук, доц. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Давыдова Н.В., канд. мед. наук, доц. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Карсонова М.И., канд. мед. наук, доц. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Нечаев Д.Н., канд. мед. наук, доц. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Рыбакова А.М., канд. мед. наук, доц. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Усатова Г.Н., канд. мед. наук, доц. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Хорошко Н.В., канд. мед. наук, доц. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова

Бухарин О.В., чл.-кор. РАН, акад. РАМН, д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Оренбургской государственной медицинской академии

Долгушин И.И., чл.-кор. РАМН, д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Челябинской государственной медицинской академии

Кафарская Л.И., д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой микробиологии и вирусологии Российского государственного медицинского университета

Крамарь В.С., д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой микробиологии, вирусологии, иммунологии с курсом клинической микробиологии Волгоградского государственного медицинского университета

Москаленко Е.П., д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Ростовского государственного медицинского университета

Пожарская В.О., д-р мед. наук, проф., зав кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Ставропольской государственной медицинской академии

Рудаков Н.В., д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Омской государственной медицинской академии

Сбойчаков В.Б., д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой микробиологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова

Тец В.В., д-р мед. наук, проф., зав кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. И.П. Павлова

Усвятцов Б.Я., д-р мед. наук, проф. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Оренбургской государственной медицинской академии

Харсеева Г.Г., д-р мед. наук, доц. кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии Ростовского государственного медицинского университета

Царев В.Н., д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Московского государственного медикостоматологического университета

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ I. ОБЩАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ	15
Глава 1. Введение в микробиологию и иммунологию (<i>В.Н. Царев</i>)	17
1.1. Предмет медицинской микробиологии	17
1.2. Задачи и методы медицинской микробиологии	19
1.3. Открытие и изучение мира микробов	21
Задания для самоподготовки (самоконтроля)	27
Глава 2. Морфология и классификация микробов	28
2.1. Систематика и номенклатура микробов (<i>Е.П. Пашков, Л.И. Петрова</i>)	28
2.2. Классификация и морфология бактерий (<i>Е.П. Пашков, М.Н. Бойченко, А.С. Быков</i>)	29
2.2.1. Морфологические формы бактерий	31
2.2.2. Структура бактериальной клетки	33
2.2.3. Особенности строения спирохет, риккетсий, хламидий, актиномицет и микоплазм	44
2.3. Строение и классификация грибов (<i>А.С. Быков</i>)	48
2.4. Строение и классификация простейших (<i>А.С. Быков</i>)	54
2.5. Строение и классификация вирусов (<i>А.С. Быков</i>)	57
Задания для самоподготовки (самоконтроля)	64
Глава 3. Физиология микробов	67
3.1. Физиология бактерий (<i>М.Н. Бойченко, В.В. Тец</i>)	67
3.1.1. Питание бактерий	67
3.1.2. Ферменты бактерий	73
3.1.3. Энергетический метаболизм	74
3.1.4. Конструктивный метаболизм	80
3.1.5. Транспорт веществ	82
3.1.6. Регуляция метаболизма у бактерий	87
3.1.7. Морфогенез бактерий и их сообществ	89
3.1.8. Вторичный метаболизм	90
3.1.9. Отношение к факторам окружающей среды	90
3.1.10. Рост и размножение	95
3.1.11. Условия культивирования бактерий	101
3.1.12. Поведение бактерий в бактериальных сообществах	103
3.2. Физиология вирусов (<i>В.В. Зверев, А.С. Быков</i>)	105
3.2.1. Продуктивный тип взаимодействия вируса с клеткой	106
3.2.2. Программируемая клеточная смерть (апоптоз)	113
3.2.3. Непродуктивные инфекции	113
3.3. Культивирование вирусов (<i>А.С. Быков</i>)	115

3.4. Бактериофаги (вирусы бактерий) (<i>А.М. Рыбакова</i>)	120
Задания для самоподготовки (самоконтроля)	128
Глава 4. Экология микробов — микроэкология	130
4.1. Распространение микробов (<i>А.С. Быков, Е.П. Пашков</i>).....	130
4.1.1. Роль микроорганизмов в круговороте веществ в природе	130
4.1.2. Микрофлора почвы.....	131
4.1.3. Микрофлора воды	132
4.1.4. Микрофлора воздуха	133
4.1.5. Микрофлора бытовых и медицинских объектов	134
4.2. Микрофлора организма человека (<i>Л.И. Кафарская, А.С. Быков, Е.П. Пашков</i>).....	134
4.3. Уничтожение микробов в окружающей среде (<i>В.Б. Сбойчаков</i>)	145
4.3.1. Дезинфекция	145
4.3.2. Стерилизация	147
4.3.3. Асептика и антисептика.....	150
4.4. Санитарная микробиология (<i>В.Б. Сбойчаков</i>).....	153
4.4.1. Санитарно-микробиологическое исследование воды	162
4.4.2. Санитарно-микробиологическое исследование почвы	166
4.4.3. Исследование микробной обсемененности воздушной среды	169
4.4.4. Санитарно-микробиологический контроль объектов продовольственного назначения.....	170
Задания для самоподготовки (самоконтроля)	182
Глава 5. Генетика микробов (<i>М.Н. Бойченко</i>)	184
5.1. Строение генома бактерий	184
5.1.1. Бактериальная хромосома.....	184
5.1.2. Плазмиды бактерий.....	185
5.1.3. Подвижные генетические элементы	187
5.1.4. Интегроны.....	188
5.1.5. Острова патогенности	190
5.2. Мутации у бактерий	190
5.3. Рекомбинация у бактерий	192
5.3.1. Гомологичная рекомбинация	193
5.3.2. Сайтспецифическая рекомбинация	193
5.3.3. Незаконная или репликативная рекомбинация	193
5.4. Передача генетической информации у бактерий	194
5.4.1. Конъюгация	194
5.4.2. Трансдукция.....	196
5.4.3. Трансформация.....	197
5.5. Особенности генетики вирусов.....	199
5.6. Применение генетических методов в диагностике инфекционных болезней	200

5.6.1. Методы, используемые для внутривидовой идентификации бактерий.....	200
5.6.2. Методы, используемые для обнаружения микроба без выделения его в чистую культуру.....	201
Глава 6. Биотехнология, генная инженерия (А.Ю. Миронов).....	206
6.1. Биотехнология	206
6.1.1. Объекты биотехнологии, ее цели и задачи	206
6.1.2. История развития биотехнологии.....	208
6.1.3. Микроорганизмы и процессы, применяемые в биотехнологии	210
6.2. Генетическая инженерия и область ее применения в биотехнологии	211
Задания для самоподготовки (самоконтроля) (к главам 5, 6).....	212
Глава 7. Антимикробные химиотерапевтические препараты (Н.В. Давыдова, Н.В. Хорошко, Л.И. Кафарская).....	214
7.1. Антимикробные химиотерапевтические препараты.....	214
7.1.1. Антибиотики	216
7.1.2. Синтетические антимикробные химиотерапевтические препараты.....	223
7.2. Механизмы действия антимикробных химиотерапевтических препаратов, активных в отношении клеточных форм микроорганизмов	226
7.2.1. Ингибиторы синтеза и функций клеточной стенки бактерий.....	227
7.2.2. Ингибиторы синтеза белка у бактерий.....	227
7.2.3. Ингибиторы синтеза и функций нуклеиновых кислот.....	228
7.2.4. Ингибиторы синтеза и функций ЦПМ.....	229
7.2.5. Побочное воздействие на микроорганизмы	229
7.3. Лекарственная устойчивость бактерий.....	229
7.3.1. Природная устойчивость	230
7.3.2. Приобретенная устойчивость	230
7.3.3. Генетические основы приобретенной резистентности	230
7.3.4. Реализация приобретенной устойчивости.....	232
7.4. Определение чувствительности бактерий к антибиотикам	234
7.5. Осложнения антимикробной химиотерапии со стороны макроорганизма	235
7.6. Противовирусные химиотерапевтические препараты.....	237
Задания для самоподготовки (самоконтроля)	239
Глава 8. Учение об инфекции (О.В. Бухарин, Б.Я. Усвьяцов).....	240
8.1. Инфекция. Формы инфекционного процесса.....	240
8.2. Движущие силы инфекционного процесса.....	246
8.3. Роль возбудителя в инфекционном процессе и его основные биологические характеристики	247

8.3.1. Факторы вирулентности	249
8.3.1.1. Структурные компоненты бактериальной клетки	249
8.3.1.2. Секретируемые факторы	250
8.3.2. Патогенетические факторы возбудителя при инфекции	252
8.3.2.1. Факторы колонизации патогена	253
8.3.2.2. Факторы инвазии микроорганизмов	253
8.3.2.3. Факторы токсигенности бактерий	254
8.3.2.4. Факторы персистенции патогенов	257
8.3.3. Генетика вирулентности бактерий	259
8.4. Роль макроорганизма в инфекционном процессе	261
8.4.1. Анатомо-физиологические барьеры организма при инфекции	265
8.4.2. Факторы естественной резистентности организма	268
8.5. Роль внешней среды в инфекционном процессе	268
Задания для самоподготовки (самоконтроля)	270
ЧАСТЬ II. ОБЩАЯ ИММУНОЛОГИЯ	273
Глава 9. Учение об иммунитете и факторы врожденного иммунитета (И.И. Долгушин)	275
9.1. Введение в иммунологию	275
9.1.1. Основные этапы развития иммунологии	275
9.1.2. Виды иммунитета	279
9.2. Врожденный иммунитет	283
9.2.1. Факторы врожденного иммунитета	283
9.2.2. Клеточные факторы	288
9.2.3. Гуморальные факторы	295
9.2.4. Особенности врожденного и приобретенного иммунитета	300
Задания для самоподготовки (самоконтроля)	302
Глава 10. Антигены и иммунная система человека (Ю.В. Несвижский)	303
10.1. Антигены	303
10.1.1. Общие сведения	303
10.1.2. Свойства антигенов	304
10.1.2.1. Иммуногенность	306
10.1.2.2. Специфичность	308
10.1.3. Классификация антигенов	308
10.1.4. Антигены организма человека	311
10.1.4.1. Антигены групп крови человека	312
10.1.4.2. Антигены гистосовместимости	313
10.1.4.3. Опухольсассоциированные антигены	317
10.1.4.4. CD-антигены	318
10.1.5. Антигены микробов	319
10.1.5.1. Антигены бактерий	319

10.1.5.2. Антигены вирусов.....	321
10.1.6. Процессы, происходящие с антигеном в макроорганизме.....	321
10.2. Иммунная система человека.....	324
10.2.1. Структурно-функциональные элементы иммунной системы	324
10.2.1.1. Центральные органы иммунной системы	324
10.2.1.2. Периферические органы иммунной системы	327
10.2.1.3. Клетки иммунной системы.....	329
10.2.1.3.1. Лимфоциты	333
10.2.1.3.2. Другие клетки иммунной системы.....	342
10.2.2. Организация функционирования иммунной системы.....	345
10.2.2.1. Взаимодействие клеток иммунной системы	345
10.2.2.2. Активация иммунной системы.....	346
10.2.2.3. Супрессия иммунного ответа	353
10.2.2.4. Возрастные изменения иммунной системы	354
Задания для самоподготовки (самоконтроля)	356
Глава 11. Основные формы иммунного реагирования (Ю.В. Несвижский)	359
11.1. Антитела и антителообразование	359
11.1.1. Природа антител.....	359
11.1.2. Молекулярное строение антител.....	360
11.1.3. Структурно-функциональные особенности иммуноглобулинов различных классов.....	362
11.1.4. Антигенность антител	368
11.1.5. Механизм взаимодействия антитела с антигеном	368
11.1.6. Свойства антител	370
11.1.7. Генетика иммуноглобулинов	371
11.1.8. Динамика антителопродукции	373
11.1.9. Теории разнообразия антител	376
11.2. Иммунный фагоцитоз	378
11.3. Опосредованный клетками киллинг	378
11.3.1. Антителозависимая клеточно-опосредованная цитотоксичность.....	379
11.3.2. Антителонезависимая клеточно-опосредованная цитотоксичность.....	380
11.4. Реакции гиперчувствительности	381
11.5. Иммунологическая память	387
11.6. Иммунологическая толерантность	388
Задания для самоподготовки (самоконтроля)	391
Глава 12. Особенности иммунитета при различных локализациях и состояниях (Ю.В. Несвижский).....	393
12.1. Особенности местного иммунитета (Ю.В. Несвижский).....	393

12.1.1. Иммуитет кожи.....	393
12.1.2. Иммуитет слизистых оболочек.....	395
12.1.2.1. Особенности иммуитета ротовой полости	397
12.2. Особенности иммуитета при различных состояниях (<i>Ю.В. Несвижский</i>)	398
12.2.1. Особенности иммуитета при бактериальных инфекциях.....	398
12.2.2. Особенности противовирусного иммуитета.....	399
12.2.3. Особенности противогрибкового иммуитета.....	400
12.2.4. Особенности иммуитета при протозойных инвазиях	400
12.2.5. Особенности противоглистного иммуитета	401
12.2.6. Трансплантационный иммуитет.....	401
12.2.7. Иммуитет против новообразований	402
12.2.8. Иммунология беременности.....	403
12.3. Иммуный статус и его оценка (<i>А.Ю. Миронов</i>)	404
12.4. Патология иммуной системы (<i>А.Ю. Миронов</i>).....	406
12.4.1. Иммунодефициты.....	407
12.4.1.1. Первичные врожденные иммунодефициты	407
12.4.1.2. Вторичные иммунодефициты.....	409
12.4.2. Аутоиммунные болезни.....	410
12.4.3. Аллергические болезни	412
12.4.3.1. Реакции I типа (анафилактические).....	412
12.4.3.2. Реакции II типа (цитотоксические)	413
12.4.3.3. Реакции III типа (иммунокомплексные).....	414
12.4.3.4. Реакции IV типа (опосредованные Т-лимфоцитами)	416
12.5. Иммунокоррекция (<i>А.Ю. Миронов</i>).....	417
Задания для самоподготовки (самоконтроля)	419
Глава 13. Иммунодиагностические реакции (<i>А.С. Быков,</i> <i>М.И. Карсонова</i>)	420
13.1. Реакции антиген—антитело и их применение.....	420
13.2. Реакция агглютинации	421
13.3. Реакция преципитации	424
13.4. Реакция связывания комплемента	425
13.5. Реакция нейтрализации	426
13.6. Реакции с использованием меченых антител или антигенов.....	426
13.6.1. Реакция иммунофлюоресценции (РИФ, метод Кунса)	426
13.6.2. Иммуоферментный метод или анализ.....	427
13.6.3. Иммуоблоттинг.....	427
13.6.4. Иммуная электронная микроскопия	428
13.7. Проточная цитометрия.....	428
Глава 14. Иммунопрофилактика и иммунотерапия (<i>В.В. Зверев,</i> <i>Л.И. Петрова</i>)	429
14.1. Сущность и место иммунопрофилактики и иммунотерапии в медицинской практике	429

14.2. Иммунобиологические препараты	430
14.2.1. Общая характеристика и классификация ИБП	430
14.2.2. Вакцины	431
14.2.2.1. Живые вакцины	431
14.2.2.2. Инактивированные (убитые) вакцины	432
14.2.2.3. Молекулярные вакцины	433
14.2.2.4. Анатоксины (токсоиды)	433
14.2.2.5. Синтетические вакцины	434
14.2.2.6. Ассоциированные вакцины	434
14.2.2.7. Адъюванты	434
14.2.2.8. Общая характеристика вакцин, применяемых в практике ...	435
14.2.2.9. Календарь прививок. Показания и противопоказания к вакцинации	436
14.2.3. Бактериофаги	437
14.2.4. Пробиотики	437
14.2.5. ИБП на основе специфических антител	437
14.2.5.1. Иммунные сыворотки и иммуноглобулины	438
14.2.5.2. Моноклональные антитела	439
14.2.5.3. Иммуномодуляторы	439
Задания для самоподготовки (самоконтроля) (к главам 13, 14)	441
Ответы к тестам 1-го тома	442
Предметный указатель	444

СОДЕРЖАНИЕ КОМПАКТ-ДИСКА

Микрофлора полости рта и ее роль в патологии человека
(дополнение к главе 4) *В.Н. Царев, Г.Н. Усатова*

Санитарная микробиология (дополнение к главе 4, разделу 4) *В.Б. Сбой-
чаков*

Механизмы персистенции бактерий и формирования бактерионоситель-
ства (дополнение к главе 8) *О.В. Бухарин, Б.Я. Усвятков*

Роль макроорганизма в инфекционном процессе (дополнение к главе 8,
разделу 4) *О.В. Бухарин, Б.Я. Усвятков*

Особенности диагностики анаэробных инфекций (дополнение
к главе 15, разделу 3) *А.Ю. Миронов*

Микробиологическая диагностика клостридиозов (дополнение
к главе 16, разделу 5) *В.Б. Сбойчаков*

Арбовирусные и робовирусные инфекции (дополнение к главе 17)
Д.Н. Нечаев, В.В. Зверев, А.С. Быков

ЧАСТЬ I

ОБЩАЯ

МИКРОБИОЛОГИЯ

Глава 1

ВВЕДЕНИЕ В МИКРОБИОЛОГИЮ И ИММУНОЛОГИЮ

1.1. Предмет медицинская микробиология

Медицинскую микробиологию (от греч. *micros* — малый, *bios* — жизнь, *logos* — учение) можно определить как науку, которая изучает микробы во всем многообразии их отношений с организмом человека.

Микробы — это микроскопически малые живые существа, как правило, одноклеточные. Увидеть их можно только при помощи специальных приборов — микроскопов.

Микробы поистине вездесущи. Возникнув на нашей планете 3–4 млрд лет назад, т.е. задолго до появления растений и животных, они теперь являются самой многочисленной и разнообразной группой живых существ. Микробы можно обнаружить практически везде. Незримо микробы присутствуют в почве, воздухе, воде, пище, которую мы принимаем. Они населяют все экологические ниши, начиная от льдов Антарктиды до гейзеров Камчатки, от соленых вод Мертвого моря до африканских пустынь, выдерживая высокую концентрацию соли и инсоляцию (облучение солнечными лучами). В самых глубоких впадинах на дне Тихого океана обнаружены микробы.

Микробы обладают потрясающей устойчивостью к вредным факторам окружающей среды. Амплитуда колебаний температуры, при которой микробы жизнеспособны, находится в пределах от -270 до 400 °С. Некоторые виды микробов размножаются даже в ядерных реакторах и сохраняются в космосе.

Изучение влияния факторов космического полета и открытого космоса на состояние систем микроорганизмы — конструкционные материалы орбитальных станций явилось подтверждением способности представителей прокариот и микроскопических эу-

кариот выживать в условиях открытого космоса в течение 18 мес, что может быть соизмеримо по времени с длительностью полета на Марс и возвращения на Землю.

Подчеркивая исключительную роль микробов, основатель микробиологии выдающийся французский ученый Луи Пастер писал: «Микробы — бесконечно малые существа, играющие в природе бесконечно большую роль».

Микробы могут заселять наружные покровы и слизистые оболочки других живых организмов, вступая с ними в симбиоз. Сотни видов микробов способны вызывать заболевания у человека и животных, которые называются патогенными.

Для **патогенных микробов** характерны инфективность, включающая адгезию (прилипание к клеткам) и колонизацию экологических ниш в организме человека; инвазивность — способность микробов перемещаться из первоначально колонизируемой ниши в другие, проникать в глубь тканей и клеток; токсичность — способность нарушать процессы метаболизма или работу жизненно важных центров организма человека.

Условно-патогенные микробы вызывают болезни у человека лишь при определенных условиях. Свыше 400 видов условно-патогенных микробов могут вызвать заболевания у человека. Среди них есть микробы, обитающие в пищевых продуктах, почве, воде, отходах деятельности человека. Они способны существовать в организме человека, но это не является необходимым этапом в их развитии и размножении.

Значительная часть условно-патогенных микробов является постоянными обитателями различных экологических ниш организма человека, которые называются резидентами.

Микробы-резиденты состоят в симбиотических отношениях с организмом и приносят ему большую пользу, когда находятся под контролем иммунной системы и механизмов неспецифической резистентности. Однако при определенных условиях они выходят из-под контроля иммунной системы и причиняют вред организму. Заболевания, вызываемые резидентами, называются **оппортунистическими**.

Медицинская микробиология — это прежде всего наука о микробах, способных заселить (колонизировать) организм человека и/или вступить во взаимодействие с ним, а также о методах диагностики, профилактики и лечения инфекционных болезней, вы-

зываемых бактериями и доклеточными инфекционными агентами — вирусами, вириодами, прионами.

Предметом изучения медицинской микробиологии являются патогенные (болезнетворные) и условно-патогенные (в том числе резидентные виды, населяющие организм здорового человека) микробы.

Каждый раздел медицинской микробиологии позволяет проанализировать изучаемый объект — микроб.

Морфология микробов — это раздел микробиологии, изучающий форму, структуру и строение микробных клеток. Физиология микробов изучает биологические функции: метаболизм, транспорт питательных веществ, питание, дыхание, рост и размножение (репродукцию). Генетика бактерий изучает строение бактериального генома, механизмы наследственности и изменчивости. Таксономия бактерий изучает систематику многообразного микробного мира, деление бактерий на типы, классы, порядки и другие таксономические группы.

1.2. Задачи и методы медицинской микробиологии

Важнейшей задачей медицинской микробиологии является выявление микробов-возбудителей инфекционных болезней. Поэтому методы микробиологии направлены на изучение свойств микробов, обуславливающих их патогенное действие, и процессы, которые возникают под их влиянием в организме человека и животных.

К основным методам микробиологии относятся:

- микроскопический — изучение морфологии микробов с использованием специальной микроскопической техники;
- бактериологический (культуральный) — получение чистых культур микробов и изучение их биологических свойств, позволяющие провести идентификацию, т.е. определение, вида микроба;
- серологический — выявление антител к возбудителям в биологических жидкостях организма больного (чаще в сыворотке крови; от лат. *serum* — сыворотка);
- аллергологический — оценка аллергических феноменов, возникающих в организме человека (на коже, слизистых оболоч-

ках или в крови) под действием компонентов или цельных клеток микроба-возбудителя;

- биологический — моделирование инфекционных процессов на лабораторных животных или куриных эмбрионах;
- хемотаксономический — изучение микробов по продуктам их жизнедеятельности непосредственно в организме (без предварительного культивирования на питательных средах). Для этого применяют газовую и газожидкостную хроматографию;
- молекулярно-биологический — изучение состава микробных нуклеиновых кислот с помощью полимеразной цепной реакции, сиквенирования и гибридизации ДНК.

Помимо диагностики инфекционных заболеваний, медицинская микробиология разрабатывает методы создания специфических средств профилактики (получение вакцин) и терапии (иммунные сыворотки) инфекционных болезней. Современная медицинская биотехнология как наука, отделившаяся от микробиологии в XX веке, позволяет создать принципиально новые генно-инженерные вакцины, синтетические иммуномодуляторы, диагностикумы и вакцинные препараты.

Это особенно важно в связи с обнаружением возбудителей новых инфекционных болезней. За последние 30–40 лет появилось свыше 50 новых микробов — возбудителей опасных инфекционных болезней: болезни легионеров, геморрагической лихорадки Марбург, Эбол, инфекционного Т-клеточного лейкоза, ВИЧ-инфекции, гепатитов С, D, E, *ТТV*, атипичной пневмонии (ТОРС — тяжелый острый респираторный синдром; англ. *SARS — sev. acuto resp. sindr.*), губчатой энцефалопатии (коровье бешенство), птичьего гриппа и т.д.

С древнейших времен человек использовал процессы, в которых принимают участие микробы, для получения пищевых продуктов: приготовления теста, квашения капусты и овощей, пивоварения, виноделия, получения молочнокислых продуктов, сыра и т.п. В повседневной жизни мы постоянно сталкиваемся с продуктами, получаемыми при непосредственном участии микробов. Это антибиотики, витамины, ферменты, кровезаменители, различные органические кислоты. По скорости производства белка микробы не имеют себе равных среди живых существ.

Какое место занимают микробы на иерархической лестнице живых существ? До открытия микробов все живые существа от-

носили к двум царствам: растений и животных. Микробы были отнесены к третьему царству — протистов (Э. Геккель), которое разделили на высшие протисты (грибы, водоросли и простейшие) и низшие протисты (бактерии и сине-зеленые водоросли).

После того как английский физик Р. Гук с помощью примитивного микроскопа открыл клетку (1665), понадобилось еще более чем полтора столетия, пока в 1839 г. не была сформулирована клеточная теория строения органического мира Т. Шванном (1810—1882) и М. Шлейденом (1804—1881).

Оказалось, что все живое на Земле независимо от того, относится ли оно к царству животных или растений, построено из элементарных единиц — клеток. Клетка является основной структурной единицей любой живой материи, т.е. общим знаменателем в конструкции организмов.

Дальнейшее изучение морфологии и анатомии клеток выявило различие в клетках. Р. Мерей в 1968 г., основываясь на принципиальных различиях строения клеток, предложил все клеточные организмы разделить на два царства: **прокариотов** (от греч. про — до, карион — ядро, т.е. доядерные) и **эукариотов** (эу — хорошо, т.е. с настоящим, истинным ядром). Микробы есть в обоих царствах, а бактерии принадлежат только к царству прокариотов.

Принципиальное отличие прокариотов от эукариотов заключается в том, что эукариоты имеют четко дифференцированное ядро, ограниченное от цитоплазмы ядерной мембраной. Такого ядра у прокариотической клетки нет. У нее есть аналог — нуклеоид, представляющий собой двунитевую, ковалентно-замкнутую молекулу ДНК. Ее часто называют хромосомой, хотя, в отличие от хромосом эукариотов, с ней не соединены белки-гистоны.

1.3. Открытие и изучение мира микробов

Удивительный мир микробов открыл голландский коммерсант Антоний Ван Левенгук (1632—1723). Его страстным увлечением было изготовление линз-чечевиц, которые он называл микроскопиями. Эти одинарные двояковыпуклые стекла, отлично отшлифованные и оправленные в серебро или латунь, давали увеличение до 300 раз. В дальнейшем он сконструировал прибор, напоминающий современный микроскоп.



А. Левенгук
(1632–1723)

Левенгук знаменит тем, что открыл микробы (1676) — огромный мир мелких «зверушек», как он их называл «анималькулей». «Сколько чудес таят в себе эти крохотные создания», — писал он в одном из писем в Лондонское королевское общество, членом которого был избран. Исследуя зубной налет, он отмечал: «В полости моего рта их было наверное больше, чем людей в Соединенном Королевстве. Я видел в материале множество простейших животных, весьма оживленно двигавшихся. Они в десятки тысяч раз тоньше волоска из моей бороды».

Левенгук увидел и описал все формы микробов: кокки, палочковидные и извитые. Он повсюду обнаруживал этих маленьких «зверушек»: в дождевой воде, воде каналов, настояе корней растений, испражнениях, зубном налете — и пришел к выводу, что окружающий мир густо заселен микробами.

Открытый Левенгуком мир микробов был настолько фантастическим, что на протяжении почти 50 последующих лет вызывал всеобщее изумление.

Однако вначале существование микробов было воспринято научной общественностью только как интересный факт, как курьез, который не имеет существенного практического значения. И только в дальнейшем благодаря развитию микроскопической техники во второй половине XIX века и работам великого французского химика Луи Пастера (1822–1895) по изучению процессов брожения мир микроскопических существ вновь начинает привлекать к себе внимание исследователей.

В 1856 г. Л. Пастер решает очень важную проблему болезней вина и пива. Во Франции большое количество вина и пива портилось, и страна несла колоссальные убытки. Пастер установил, что в этих продуктах развивается много посторонней микрофлоры, попадающей из воздуха и используемой аппаратуры. Он предложил прогревать указанные продукты при 50–60 °С, что приводило к гибели вегетативных форм микробов. Этот метод получил название пастеризации. С целью уничтожения спор микробов Л. Па-



Л. Пастер
(1822–1895)

стер предложил стерилизацию жидкостей при 120°C , а твердых предметов при 140°C .

В 1868 г. Л. Пастер спас промышленность Франции, производящую шелк, показав, что болезни шелковичных червей, формирующих шелковые нити, вызываются микробами, и предложив меры профилактики.

Открыв микробную природу брожения, гниения и болезни шелковичных червей, Л. Пастер делает вывод, что причиной инфекционных заболеваний человека и животных являются живые микробы. Ученый открыл возбудителей куриной холеры, родильной горячки, остеомиелита, септицемии, абсцессов.

С 1880 по 1885 г. Пастер разрабатывает и создает метод приготовления вакцин для профилактики заразных болезней. Получив вакцины против куриной холеры, сибирской язвы и бешенства, он делает очень важный вывод, что ослабленные (аттенуированные) микробы, введенные в организм, создают в нем иммунитет против последующих заражений вирулентными микробами.

Отмечая исключительный вклад Л. Пастера в создание вакцины против бешенства, станции, где проводили иммунизацию его вакциной, называли пастеровскими. Первая в России и вторая в мире пастеровская станция была открыта в Одессе в 1886 г. И.И. Мечниковым и Н.Ф. Гамалеем.

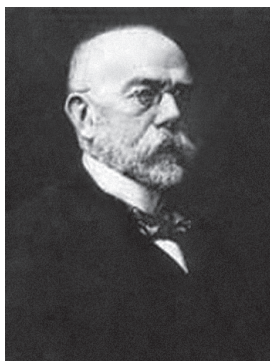
Своими гениальными трудами Л. Пастер утвердил в микробиологии физиологический метод исследования, доказал этиологическую роль микробов, разработал научный принцип вакцинации, т.е. явился основоположником микробиологии.

Л. Пастер по праву считается отцом микробиологии и иммунологии — с его именем связаны важнейшие открытия, положившие начало этим наукам. В 1885 г. Л. Пастер создал вакцину против бешенства. Антирабическая вакцина (*rabies* — бешенство) была

приготовлена из фиксированного вируса бешенства (вирус — от франц. *яд* или *токсин*). Спустя более чем столетие этот термин приобрел новое, современное содержание.

Имя Л. Пастера носит основанный им (в 1888 г. на средства, собранные по международной подписке) институт в Париже. Пастеровский институт стал центром мировой микробиологической науки в XIX веке и удерживает эти позиции до сих пор. Последователями французской школы были работавшие в Пастеровском институте выдающиеся русские ученые И.И. Мечников, С.Н. Виноградский, Н.Ф. Гамалея, В.М. Хавкин, А.М. Безредка и др.

Параллельно со школой Л. Пастера развивалась и достигла больших успехов немецкая школа микробиологов, основоположником которой был Роберт Кох (1843—1910). Ему удалось культивировать и описать возбудителя сибирской язвы (1876), стафилококка (1878), возбудителей раневых инфекций и столбняка (1889), возбудителя туберкулеза (палочка Коха) и туберкулина, который нашел применение в диагностике этой инфекции, холерного вибриона и пути его передачи (1883—1884 гг.), открыл возбудителей возвратного тифа, трипаномоза и других инфекций.



Р. Кох
(1843—1910)

В 1891 г. Р. Кох возглавил основанный им Институт инфекционных болезней в Берлине. Р. Кох создал многие важнейшие методы исследования: ввел в практику анилиновые красители, предложил использовать в микроскопии иммерсионные системы и конденсор, разработал метод культивирования микроорганизмов на биологических жидкостях и плотных питательных средах, ввел в практику метод дробных посевов. В 1905 г. он был удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине за открытие и выделение возбудителя туберкулеза.

Ярким представителем немецкой школы микробиологов был Пауль Эрлих (1854—1915). Начиная с 1891 г. П. Эрлих занимался поисками путей получения химических соединений, способных подавлять жизнедеятельность возбудителей заболеваний. Ввел в практику лечение четырехдневной малярии красителем метиленовым синим, предложил использовать трипановый красный для

лечения трипаносомоза. Особое значение имели работы П. Эрлиха по лечению сифилиса органическими соединениями мышьяка. В 1907 г. П. Эрлих сообщил об открытии арсфенамина (производного арсенобензола) — эффективного средства против сифилиса, которое ученый назвал сальварсаном (от лат. *salvatio* — спасение). Вещество известно также под названием препарат 606, поскольку было 606-м по счету из опробованных Эрлихом соединений. Вскоре появились и неосальварсан, или препарат 914.

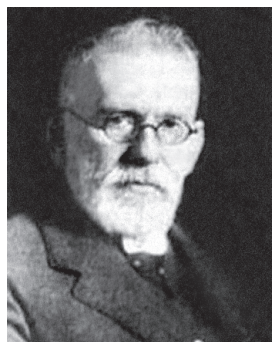
В 1890–1895 гг. П. Эрлих, работая у Р. Коха в Институте инфекционных болезней в Берлине, разработал метод определения активности антитоксических сывороток и изучения взаимодействия антиген–антитело *in vitro*. Создал теорию боковых цепей, сыгравшую большую роль в развитии иммунологии. В 1896 г. основал и возглавил Институт по изучению и проверке сывороток (ныне носит имя П. Эрлиха). За создание теории гуморального иммунитета был удостоен Нобелевской премии в 1908 г.

Основываясь на принципах гуморальной иммунной теории, разработанной П. Эрлихом, Э. Беринг в 1890 г. получил антитоксическую сыворотку для лечения дифтерии, а в 1923 г. Рамон — дифтерийный анатоксин.

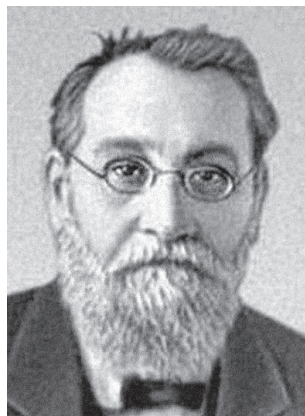
Большой вклад в развитие медицинской микробиологии внесли отечественные ученые. Своими открытиями они способствовали расцвету новых областей микробиологической науки.

С именем И.И. Мечникова связано возникновение современной иммунологии. За открытие фагоцитарной теории иммунитета в 1908 г. И.И. Мечникову была присуждена Нобелевская премия.

Нашему отечественному ученому Д.И. Ивановскому принадлежит честь открытия вирусов. В 1944 г. известный



П. Эрлих
(1854–1915)



И.И. Мечников
(1845–1916)

американский вирусолог У. Стенли писал: «Я полагаю, что имя Ивановского в науке о вирусах следует рассматривать почти в том же свете, как имена Пастера и Коха в микробиологии».

Большой вклад в изучение инфекционного процесса и борьбу с эпидемиями внесли многие отечественные микробиологи. Н.Ф. Гамалею (1859–1949) принадлежат заслуги в области ликвидации оспы в нашей стране. Он был автором многочисленных научных исследований, в том числе посвященных бешенству, холере, чуме и другим серьезным проблемам. Чрезвычайно большую роль имели работы Л.С. Ценковского (1822–1887) по борьбе с сибирской язвой.

Благодаря самоотверженной деятельности Г.Н. Габричевского (1860–1907) в России было организовано производство противодифтерийной сыворотки, создана вакцина от скарлатины. Г.Н. Габричевский основал первый в России бактериологический институт и первую кафедру микробиологии в Московском государственном университете.

В работах С.Н. Виноградского (1856–1953) заложены основы современного понимания метаболизма прокариот и возникла новая наука — почвенная микробиология.

Большой вклад в развитие отечественной микробиологии и эпидемиологии внесли отечественные ученые-микробиологи Л.А. Тарасевич (1868–1927), Д.К. Заболотный (1866–1929), П.В. Циклинская (1859–1923).

В 1943 г. благодаря работам З.В. Ермольевой (1898–1979) и Г.Ф. Гаузе были получены первые отечественные антибиотики — пенициллин, грамицидин С, стрептомицин, создан первый в России институт получения антибиотиков.

Широкую известность за рубежом получили работы советских ученых: П.Ф. Здродовского (1890–1976) — по исследованию риккетсиозов, вирусно-генетическая теория канцерогенеза А.А. Зильбера (1894–1966), М.П. Чумакова и А.А. Смородинцева (1901–1986) — по исследованию вирусных энцефалитов и созданию отечественной вакцины против полиомиелита, П.Н. Кашкина (1902–1992) — по исследованию грибов и созданию отечественной медицинской микологии, Н.П. Елинова, А.А. Воробьева — по созданию новых микробных биотехнологий и многих других.

Задания для самоподготовки (самоконтроля)

- А.** Отметьте ученого, кому принадлежала честь в создании первой вакцины против бешенства:
1. Л. Пастер.
 2. Р. Кох.
 3. И. Мечников.
 4. А. Левенгук.
- Б.** Отметьте ученого, кому принадлежала честь создать фагоцитарную теорию иммунитета, за которую он был удостоен Нобелевской премии:
1. Л. Пастер.
 2. Р. Кох.
 3. И. Мечников.
 4. П. Эрлих.
- В.** Отметьте ученого, кому принадлежала честь первому культивировать и описать возбудителей туберкулеза и холеры:
1. П. Эрлих.
 2. И. Мечников.
 3. Л. Пастер.
 4. Р. Кох.

Глава 2

МОРФОЛОГИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ МИКРОБОВ

2.1. Систематика и номенклатура микробов

Мир микробов можно разделить на клеточные и неклеточные формы. Клеточные формы микробов представлены бактериями, грибами и простейшими. Их можно называть микроорганизмами. Неклеточные формы представлены вирусами, вирионами и прионами.

Новая классификация клеточных микробов включает следующие таксономические единицы: домены, царства, типы, классы, порядки, семейства, роды, виды. В основу классификации микроорганизмов положены их генетическое родство, а также морфологические, физиологические, антигенные и молекулярно-биологические свойства.

Вирусы нередко рассматриваются не как организмы, а как автономные генетические структуры, поэтому они будут рассмотрены отдельно.

Клеточные формы микробов разделены на три домена. Домены *Bacteria* и *Archaeobacteria* включают микробы с прокариотическим типом строения клетки. Представители домена *Eukarya* являются эукариотами. Он состоит из 4 царств:

- царства грибов (*Fungi*, *Eumycota*);
- царства простейших (*Protozoa*);
- царства *Chromista* (хромовики);
- микробов с неуточненным таксономическим положением (*Microspora*, микроспоридии).

Различия в организации прокариотической и эукариотической клеток представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Признаки прокариотической и эукариотической клетки

Отличительный признак	Эукариотическая клетка	Прокариотическая клетка
Наличие истинного ядра, отделенного от цитоплазмы ядерной мембраной, в котором присутствуют ядрышко и связанные с молекулой ДНК белки-гистоны	+	Истинное ядро отсутствует, вместо него присутствует нуклеоид с гаплоидным набором генов
Наличие в цитоплазме вторичных мембранных образований (митохондрии, аппарат Гольджи, эндоплазматический ретикулум)	+	—
Присутствие стеролов в цитоплазматической мембране	+	— (за исключением микоплазм)
Рибосомы	Типа 80S	Типа 70S
Наличие в клеточной стенке пептидогликана	—	+

2.2. Классификация и морфология бактерий

Термин «бактерия» происходит от слова *bacterion*, что означает палочка. Бактерии относятся к прокариотам. Их разделяют на два домена: *Bacteria* и *Archaeobacteria*. Бактерии, входящие в домен *Archaeobacteria*, представляют одну из древнейших форм жизни. Они имеют особенности строения клеточной стенки (у них отсутствует пептидогликан) и рибосомальной РНК. Среди них отсутствуют возбудители инфекционных заболеваний.

Внутри домена бактерии подразделяются на следующие таксономические категории: класс, тип, порядок, семейство, род, вид. Одной из основных таксономических категорий является вид (*species*). Вид — это совокупность особей, имеющих единое происхождение и генотип, объединенные по близким свойствам, отличающим их от других представителей рода. Название вида соответствует бинарной номенклатуре, т.е. состоит из двух слов. Например, возбудитель дифтерии пишется как *Corynebacterium diphtheriae*. Первое слово — название рода и пишется с прописной буквы, второе слово обозначает вид и пишется со строчной буквы.

При повторном упоминании вида родовое название сокращается до начальной буквы, например *C. diphtheriae*.

Совокупность однородных микроорганизмов, выделенных на питательной среде, характеризующихся сходными морфологическими, тинкториальными (отношение к красителям), культуральными, биохимическими и антигенными свойствами, называется *чистой культурой*. Чистая культура микроорганизмов, выделенных из определенного источника и отличающихся от других представителей вида, называется *штаммом*. Близким к понятию «штамм» является понятие «клон». Клон представляет собой совокупность потомков, выращенных из единственной микробной клетки.

Для обозначения некоторых совокупностей микроорганизмов, отличающихся по тем или иным свойствам, употребляется суффикс «вар» (разновидность), поэтому микроорганизмы в зависимости от характера различий обозначают как морфовары (отличие по морфологии), резистентовары (отличие по устойчивости, например, к антибиотикам), серовары (отличие по антигенам), фаговары (отличие по чувствительности к бактериофагам), биовары (отличие по биологическим свойствам), хемовары (отличие по биохимическим свойствам) и т.д.

Раньше основу классификации бактерий составляла особенность строения клеточной стенки. Подразделение бактерий по особенностям строения клеточной стенки связано с возможной вариабельностью их окраски в тот или иной цвет по методу Грама. Согласно этому методу, предложенному в 1884 г. датским ученым Х. Грамом, в зависимости от результатов окраски бактерии делятся на грамположительные, окрашиваемые в сине-фиолетовый цвет, и граммотрицательные, окрашиваемые в красный цвет.

В настоящее время основу классификации составляет степень генетического родства, основанная на изучении строения генома рибосомных РНК (рРНК) (см. главу 5), определении процентного содержания в геноме гуанинцитозиновых пар (ГЦ-пары), построении рестрикционной карты генома, изучении степени гибридизации. Также учитываются и фенотипические показатели: отношение к окраске по Граму, морфологические, культуральные и биохимические свойства, антигенная структура.

Домен *Bacteria* включает 23 типа, из которых медицинское значение имеют нижеизложенные.

Большинство грамотрицательных бактерий объединены в тип *Proteobacteria* (по имени греческого бога *Proteus*, способного принимать различные облики). Тип *Proteobacteria* подразделен на 5 классов:

- класс *Alphaproteobacteria* (роды *Rickettsia*, *Orientia*, *Erlichia*, *Bartonella*, *Brucella*);
- класс *Betaproteobacteria* (роды *Bordetella*, *Burholderia*, *Neisseria*, *Spirillum*);
- класс *Gammaproteobacteria* (представители семейства *Enterobacteriaceae*, роды *Francisella*, *Legionella*, *Coxiella*, *Pseudomonas*, *Vibrio*);
- класс *Deltaproteobacteria* (род *Bilophila*);
- класс *Epsilonproteobacteria* (роды *Campilobacter*, *Helicobacter*).

Грамотрицательные бактерии входят также в следующие типы: тип *Chlamydiae* (роды *Chlamydia*, *Chlamydophila*), тип *Spirochaetes* (роды *Spirocheta*, *Borrelia*, *Treponema*, *Leptospira*); тип *Bacteroides* (роды *Bacteroides*, *Prevotella*, *Porphyromonas*).

Грамположительные бактерии входят в следующие типы:

- тип *Firmicutes* включает класс *Clostridium* (роды *Clostridium*, *Peptococcus*), класс *Bacilli* (*Listeria*, *Staphylococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*) и класс *Mollicutes* (роды *Mycoplasma*, *Ureaplasma*), которые являются бактериями, не имеющими клеточную стенку;
- тип *Actinobacteria* (роды *Actinomyces*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Mycobacterium*, *Gardnerella*, *Bifidobacterium*, *Propionibacterium*, *Mobiluncus*).

2.2.1. Морфологические формы бактерий

Различают несколько основных форм бактерий: кокковидные, палочковидные, извитые и ветвящиеся (рис. 2.1).

Сферические формы, или кокки — шаровидные бактерии размером 0,5–1 мкм, которые по взаимному расположению делятся на микрококки, диплококки, стрептококки, тетракокки, сарцины и стафилококки.

Микрококки (от греч. *micros* — малый) — отдельно расположенные клетки.

Диплококки (от греч. *diploos* — двойной), или парные кокки, располагаются парами (пневмококк, гонококк, менингококк), так как клетки после деления не расходятся. Пневмококк (возбудитель пневмонии) имеет с противоположных сторон ланцетовидную форму, а гонококк (возбудитель гонореи) и менингококк (возбу-

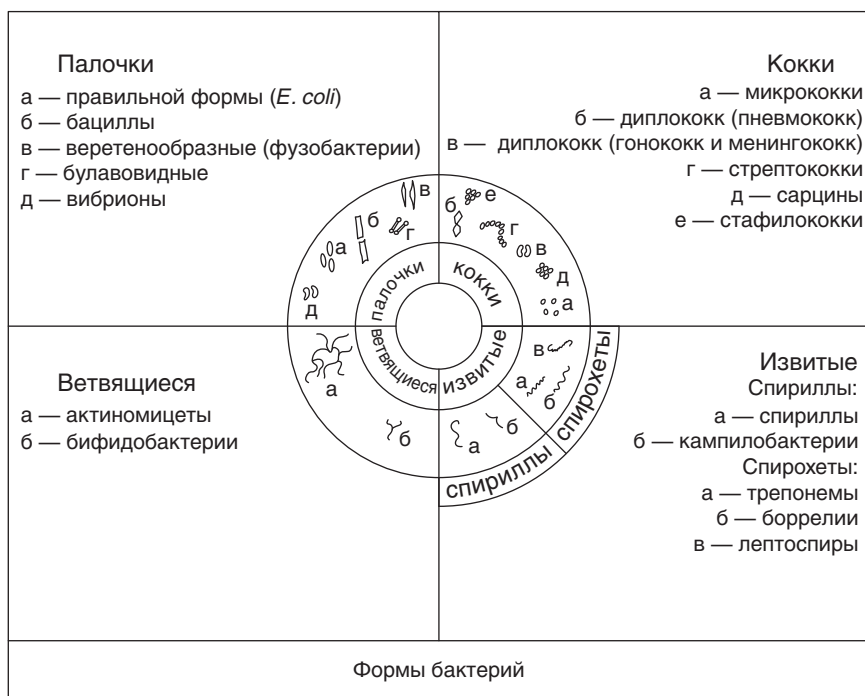


Рис. 2.1. Формы бактерий

датель эпидемического менингита) имеют форму кофейных зерен, обращенных вогнутой поверхностью друг к другу.

Стрептококки (от греч. *streptos* — цепочка) — клетки округлой или вытянутой формы, составляющие цепочку вследствие деления клеток в одной плоскости и сохранения связи между ними в месте деления.

Сарцины (от лат. *sarcina* — связка, тук) располагаются в виде пакетов из 8 кокков и более, так как они образуются при делении клетки в трех взаимно перпендикулярных плоскостях.

Стафилококки (от греч. *staphyle* — виноградная гроздь) — кокки, расположенные в виде грозди винограда в результате деления в разных плоскостях.

Палочковидные бактерии различаются по размерам, форме концов клетки и взаимному расположению клеток. Длина клеток 1–10 мкм, толщина 0,5–2 мкм. Палочки могут быть правильной