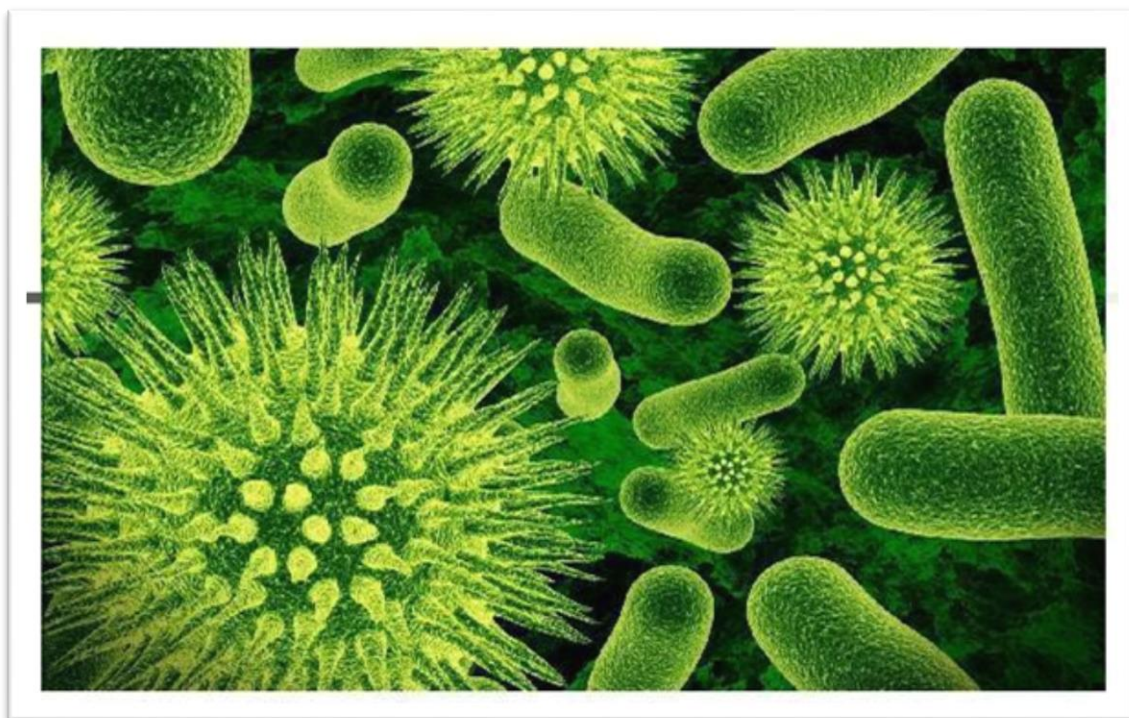


**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Биологотехнологический факультет

***ВВЕДЕНИЕ* В МИКРОБИОЛОГИЮ С
ОСНОВАМИ ВИРУСОЛОГИИ**

Учебное пособие



Новосибирск, 2022

УДК 579:578(075)
ББК 28.4:28.3,Я73
В 24

Кафедра Экологии

Составитель: канд.биол.наук, доцент *Л.А. Литвина*

Рецензент: канд. биол. наук, доцент *В.Г. Маренков*

Введение в микробиологию с основами вирусологии: учебное пособие / Новосибир. гос. аграр. ун-т., Биол.-технолог. фак.; сост.: Л.А. Литвина. – 2-ое изд., доп. и исп. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2022. – 99 с.

Предназначено для студентов всех форм обучения по направлениям подготовки 06.03.01 Биология и 36.03.02 Зоотехния.

Данное пособие может быть использовано на лабораторно-практических занятиях по дисциплинам микробиологического направления и по экологии.

Утверждено и рекомендовано к изданию учебно-методическим советом биолого-технологического факультета (протокол №6 от 21 июня 2022 г.).

© Новосибирский государственный
аграрный университет, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие предназначено для бакалавров, обучающихся по направлениям подготовки ВПО 06.03.01 Биология, 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, 36.03.02 Зоотехния очной и заочной форм обучения. Данное пособие может быть использовано на лабораторно-практических занятиях по дисциплине «Микробиология с основами вирусологии», «Специальная микробиология», а также для самостоятельной работы студентов. Название учебного пособия соответствует его содержанию, а также соответствует государственному образовательному стандарту дисциплины и рабочему плану для перечисленных направлений подготовки.

Пособие содержит 2 раздела, которые охватывают следующие темы:

Раздел 1. Определение термина «микробиология»; краткая историческая справка. Предмет изучения и задачи микробиологии. Определение термина «вирусология»; краткая историческая справка. Предмет изучения и задачи вирусологии. Биоразнообразие микроорганизмов. Микроорганизмы клеточной организации (прокариоты и эукариоты) и микроорганизмы, не имеющие клеточного строения. Положение микроорганизмов в общей системе живых существ. Систематика прокариот. Особенности строения клетки прокариот по сравнению с клеткой эукариот.

Раздел 2. Значение изучения микробиологии для студентов различных направлений подготовки. В каждом разделе, в зависимости от названия, приводятся соответствующие обобщенные данные, которые вводят студента в суть явлений, о которых идет речь. Становится понятным, что полученные наукой сведения добывались нелегко, путем проб и ошибок, путь к истине был трудным. Многие ученые, отстаивая свое мнение, спорили годами.

Рассматриваются различные представители мира микробов, имеющие клеточное строение (бактерии, грибы), и не имеющие его (вирусы, вирионы и др.). Подробно разбирается вопрос об археях, открытие которых перевернуло прежние представления о родственных связях в мире живых существ. Все эти сведения подготовят студентов к восприятию большого и сложного материала, который им придется осваивать в процессе изучения науки о жизни малых существ.

Пособие написано по просьбе студентов, которые по окончании изучения курса высказали пожелание о предварительном введении в дисциплину, что облегчило бы ее восприятие за то короткое время, которое определено программой. В пособии уделено особое внимание работам русских ученых, сделавших очень много для становления микробиологии и вирусологии и не всегда упоминаемым в обычных руководствах.

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ

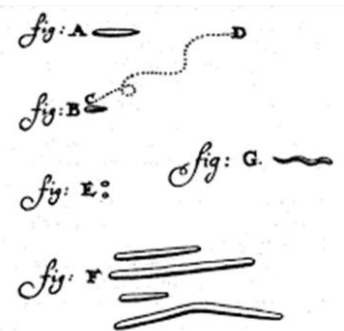
1. Общие сведения о дисциплине микробиология

1.1 Определение термина «микробиология», краткая историческая справка о развитии науки

МИКРОБИОЛОГИЯ – в дословном переводе – наука о жизни малых существ (от греч. *μικρος* – малый, лат. *bios* – жизнь, др. греч. *λόγος* – лóгос - слово, смысл, понятие, наука). Микробиология – одна из трех составных частей биологии, науки о жизни, две другие части – это ботаника и зоология.

Малыми существами являются те, которых мы не видим, т.к. они находятся за пределами возможностей нашего глаза. Человек воспринимает окружающий мир на 90% с помощью зрения, поэтому невидимый мир микроскопических существ был долго ему неизвестен. Впервые подробно описал микроорганизмы, увиденные с помощью простейшего, созданного им самим микроскопа в виде одинарных двояковыпуклых линз, голландский естествоиспытатель Антони ван Левенгук (1632-1623) в конце XVII века. Линзы давали увеличение в 200-300 раз.

Он представил миру рисунки нескольких форм бактерий (шаровидные, палочковидные, извитые) и увидел дрожжи, простейших, т.е. существа, о которых люди не имели представления. Все эти маленькие существа получили от первооткрывателя название «анималькули», т.е. маленькие зверьки, и только значительно позже оказалось, что за этим термином скрывается множество разнообразных по всем признакам существ.



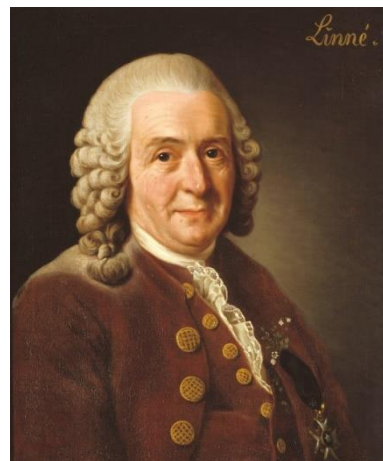
Первооткрыватель микроорганизмов
Антони ван Левенгук и его «анималькули»

Левенгука считают прекрасным для своего времени микроскопистом, т.к. он описал, кроме анималькулей, еще и эритроциты, сперматозоиды, строение глаз насекомых, мышечных волокон и др.

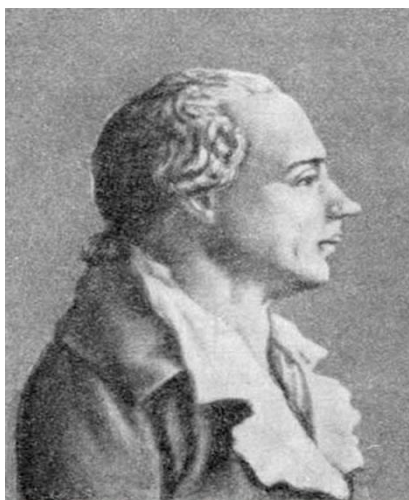
Левенгук является родоначальником **описательного периода развития микробиологии**, первооткрывателем невидимых существ, но не считается основоположником микробиологии, т.к. его открытие не показало связь микроорганизмов ни с какими процессами в природе, а скорее воспринималось, как увлекательное развлечение. Тем не менее научная общественность оценила исследования естествоиспытателя, и Левенгук был принят в члены Лондонского Королевского общества наряду с великими учеными того времени.

Карл Линней (1707-1778), составляя систематику живого мира и вводя бинарную номенклатуру, не взялся систематизировать описанные Левенгуком микроорганизмы, объединив их в один род «Хаос инфузорий», или «таинственные живые молекулы».

В мире между тем свирепствовали различные эпидемии (массовые заболевания человека) – оспа, чума, холера, вынуждавшие порой идти на крайние меры введением карантина (ограничение контакта на 40 дней с прибывающими кораблями или караванами из других мест). Но понимания причин массовых заболеваний не было. В России отдельные прогрессивные ученые и врачи высказывали предположение об особых причинах болезней, но в соответствии с уровнем развития науки в тот период.



Карл Линней

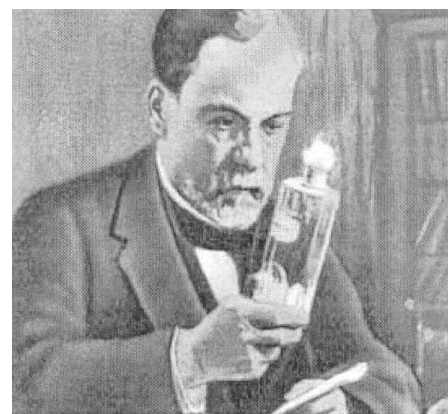


Самойлович
Данила Самойловиче

Сохранились сведения о Даниле Самойловиче Самойловиче (1742-1805), боровшимся с чумой, охватившей Москву в 1771-1772 гг. (из 100 заболевших выживало 5). С введением карантина запоздали, и болезнь распространялась молниеносно. Он установил, что заболевание передается при контакте с больным, а не по воздуху, разрабатывал прототип противочумного костюма, окуривая ткань костюма различными составами, пропитывая уксусом, дегтем. Надевал на себя костюмы больного чумой, предварительно окуривая их. Труды Д. Самойловича были известны всему научному миру тех лет, а сам он был членом 15 зарубежных академий. Не боясь инфекции, он подвергал свою жизнь опасности и трижды переболел чумой сам, полагая, что возбудителем чумы является

«особливое и совсем отменное существо». Но все это не приближало к открытию роли микроорганизмов, скорее способствовало началу развития эпидемиологии, как науки о закономерностях распространения и предупреждения инфекционных болезней.

Сведения об открытии мира микроскопических существ привлекали внимание ученых, но изучение нового мира продвигалось медленно. Первым российским микробиологом считается Тереховский Мартын Матвеевич (1740-1796). Его диссертационная работа под названием «О наливочном хаосе Линнея» посвящена доказательству того факта, что мельчайшие существа этого хаоса являются живыми. Были поставлены многочисленные опыты по влиянию физических и химических факторов, в ко-



Тереховский
Мартын Матвеевич

торых Тереховский показал, что «двигающиеся наливочные существа – это не неодушевленные тельца и не органические молекулы среднего (между неживыми и живыми) и хаотического царства, а истинные мельчайшие животные». В сущности, работы Тереховского были начальным этапом изучения экологии микроорганизмов.

Увидеть микроорганизмы, как это сделал Левенгук – это еще не значит иметь полное представление об особенностях их жизненных процессов и роли, которую они играют в окружающем мире. С момента открытия невидимого мира до начала глубоких исследований прошло почти 300 лет. Основные вопросы, волновавшие ученых тех лет – причины брожения, гниения, заболеваний и возможность самозарождения жизни, оставались без ответа.



Лавуазье
Антуан Лоран

Первым, кто обратил внимание на значимость микроорганизмов в этих процессах, был французский ученый, химик по образованию Луи Пастер (1822-1895).

Пастер обнаружил разнообразие жизнедеятельности микроорганизмов, он по праву считается основоположником микробиологии, а именно – **физиологического периода ее развития**. Он первым открыл природу брожения, назвав его не химическим, а биологическим процессом, что противоречило принятой в то время точке зрения, и показал, что у каждого вида брожения есть «свои» микроорганизмы, вызывающие этот вид брожения.

Термин «брожение», как процесс, идущий с выделением газа, получил название «fermentatio» еще в средние века (J.V. van Helmont, 1577-1644).

А.Л. Лавуазье (1743-1794) высказывал предположение о связи брожения с дрожжами – «Достаточно немного пивных дрожжей, чтобы дать толчок брожению: оно потом продолжается само собой». К сожалению, он не смог довести свои опыты и рассуждения до конца из-за ранней гибели.

Пастер назвал брожение жизнью без воздуха, что само по себе представляло открытие новой, анаэробной, формы жизни. Изучая уксуснокислое брожение, он установил его отличие от других типов брожений (молочнокислого и маслянокислого), показав необычную роль кислорода именно в этом типе брожения, назвав его «окислительным брожением». Пастер опроверг спорную в те времена теорию самозарождения жизни, проведя простой, но такой показа-

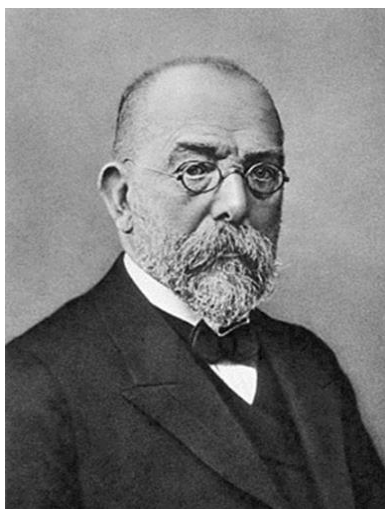


Луи Пастер



Жан Батист Ван Гельмонт

тельный эксперимент с колбой, наполненной стерильным питательным бульоном. В бульоне до конца эксперимента не произошло «самозарождения жизни»,



Роберт Кох

т.к. поступающие с воздухом в изогнутую трубку микроорганизмы оседали в изгибе трубки и в бульон не попадали, а в самом бульоне «самозарождения» так и не произошло (бульон остался прозрачным и стерильным). Самозарождение оказалось невозможным даже на примере простейших существ – микроорганизмов. Л. Пастер впервые связал понятия болезнь и микроорганизмы, сказав о порче вин – «вина заболели». Установив природу болезни, предложил щадящий метод уничтожения микроорганизмов, не вредящий самому вину – пастеризацию (прогревание вина и пива при невысоких температурах 60-80 °С). Этот метод стал применяться и для молока с целью уничтожения образующих споры патогенных микроорганизмов. Пастер изучил этиологию нескольких инфекционных заболе-

ваний, в частности, болезни шелковичных червей. Он ввел микроскопический анализ бабочек, производящих яйцекладку, из которой затем появлялись гусеницы шелкопряда, и предотвратил дальнейшее заболевание гусениц пембриной. Он помог ликвидировать и другое заболевание шелкопряда, вызываемое стрептококком и называемое фляшерией. Кроме того, Пастер изучал этиологию сибирской язвы, куриной холеры (получившей впоследствии название пастереллез), бешенства, поскольку природа их не была ясна.

Пастер стал основоположником иммунологии, разработав принцип получения вакцин, превратив возбудителя в средство борьбы с ним – «вакцина – это микроб, вирулентность которого понижена тем или иным способом». Создал спасительные вакцины от бушевавшей в Европе среди животных сибирской язвы, а также от рожи свиней. Культивируя возбудителя сибирской язвы при неподходящей для него температуре, он селекционировал ослабленные микроорганизмы и поставил публичный опыт, где доказал всем (врачам, журналистам, писателям) эффективность своей вакцины. Особо необходимо отметить вакцину от бешенства, которое приводило к 100 % гибели людей и животных, а возбудитель заболевания не был открыт. Эта гениальная работа Пастера с неизвестным возбудителем и апробированием эффективности вакцины на человеке, спасла в дальнейшем тысячи жизней во многих странах, развернувших у себя Пастеровские станции по вакцинации от бешенства. Так Пастер явился основоположником не только микробиологии, но и иммунологии (наука о защитных силах организма), и в начале своего пути еще и осно-



Виноградский
Сергей Николаевич

воположником стереохимии (область химии, изучающая пространственное строение молекул и влияние этого строения на физические свойства). Пастер не был чистым теоретиком, все его работы носили прикладной характер и помогли спасти во Франции от разорения шелковую промышленность, виноделие и животноводство, а миру подарить принцип получения вакцин, которым пользуются до сих пор.

Замечательные достижения Луи Пастера уложились в несколько строк на табличке, вывешенной на здании, где он работал:

1857 г. – Брожения.

1860 г. – Самопроизвольное зарождение.

1865 г. – 1868 г. Болезни шелковичных червей.

1881 г. – Зараза и вакцина.

1885 г. – Предохранение от бешенства.

Для понимания процессов, вызываемых микроорганизмами при их попадании в организм животных и человека, необходимо было изолировать микро-



Исаченко
Борис Лавреневич

организмы от больных людей, животных или из природы, культивировать (выращивать) на различных по составу питательных средах, при доступе кислорода и в его отсутствии, при разных температурных режимах, и т.д. Именно такие задачи решали другие микробиологи одновременно с Пастером или вслед за ним. Основоположником медицинской микробиологии стал немецкий ученый Р. Кох (1843-1910), получивший за свои исследования Нобелевскую премию (1905).

Среди его многочисленных достижений необходимо отметить «триаду Коха» – доказательство того, что именно этот микроб является возбудителем данной болезни, поскольку обычные опыты не вызывали доверия у ученых и врачей и они не принимали их. Впервые выделив чистую культуру возбудителя сибирской язвы, Кох доказал ее способность к спорообразованию. Предложил способы дезинфекции.

Он стал проводить многочисленные микробиологические исследования, используя мышей в качестве подопытных животных, при этом использовал не белых, лабораторных, а обычных домашних мышей.

В 1881 г. ученый опубликовал работу «Методы изучения патогенных организмов», в которой описал способ выращивания микробов на твердых питательных средах. Этот способ был чрезвычайно важен для изолирования и изучения отдельных колоний и получения из них чистых бактериальных культур по срав-



Омелянский
Василий Леонидович

нению с жидкими средами, в которых можно было наблюдать только помутнение, пленку или осадок, но не колонии. Он ввел в практику использование красителей для изучения микроорганизмов, т.к. при окраске можно было лучше изучать бактерии под микроскопом.



Шапошников
Владимир Николаевич

Работы Коха несколько пошатнули авторитет Луи Пастера, который в то время считался выдающимся микробиологом. После того как Кох опубликовал критические отзывы об исследованиях Пастера, касающихся сибирской язвы, между двумя учеными вспыхнула острая дискуссия. На протяжении нескольких лет они вели ее как на страницах прессы, так и в публичных заявлениях.

Кох заметил, что в окрестностях г. Волькенштейн распространилась сибирская язва – эндемическая болезнь крупного рогатого скота и овец. Она поражает легкие, вызывает карбункулы кожи и изменения лимфоузлов. Коху было известно об опытах Луи Пастера с животными, больными сибирской язвой, и он решил провести собственное исследование. Используя микроскоп, он проследил весь жизненный цикл бактерий сибирской язвы, увидев, как одна палочка (*Bacillus anthracis*) превращается во множество себе подобных. В результате исследований, независимо друг от друга, Кох открыл возбудителя, а Пастер создал вакцину против сибирской язвы.

В 1882 г. Кох открыл возбудителя туберкулеза (*Mycobacterium tuberculosis*), а затем создал неудачную вакцину «Туберкулин», вызывавшую заболевание туберкулезом, и нашедшую в дальнейшем применение в качестве диагностикума туберкулеза в аллергических реакциях у животных и человека.

В 1883 г. Кох открыл возбудителя холеры *Vibrio cholerae*. В настоящее время известны возбудители холеры серогрупп O1 и O139, а также открыт возбудитель Эль-Тор, сохраняющийся в воде более длительно, чем классический вибрион.

Русский микробиолог Сергей Николаевич Виноградский (1856-1953) явился основателем совершенно другого направления микробиологии, не связанного с болезнями человека и животных. Он предположил, что микроорганизмы живут в природе сами по себе, они не будут расти на тех средах, которыми пользовались Пастер и Кох; природным микроорганизмам необходимы подходящие только им, избирательные, или элективные среды.

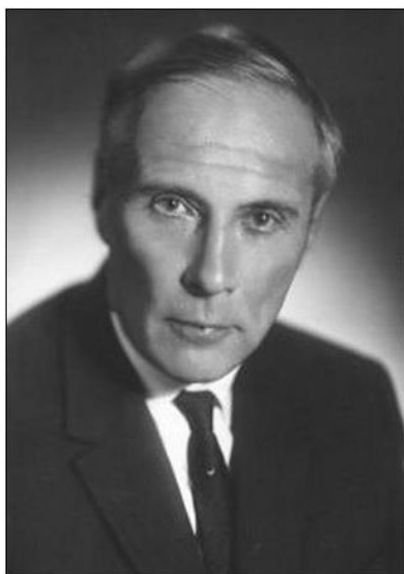


Ермольева
Зинаида Виссарионовна

Создавая такие среды, Виноградский открыл неизвестные ранее микроорганизмы, а основанное им направление микробиологии явилось экологическим. Большой интерес у исследователя вызвал вопрос о том, как азот, находящийся в воздухе, становится доступным для растений. Этот вопрос интересовал и земледельцев, поэтому ответив на него, Виноградский стал основоположником с.-х. микробиологии. Он показал, что в природе существуют бактерии, которые в бескислородных условиях способны фиксировать атмосферный азот и назвал их в честь Пастера *Clostridium pasteurianum*. Продолжая исследования, он открыл и другие микроорганизмы, участвующие в преобразовании минеральных соединений азота – нитрифицирующие и денитрифицирующие бактерии, а выделяемая в ходе окислительно-восстановительных реакций энергия используется бактериями для создания органического вещества. Это, ранее неизвестное явление, получило название хемосинтез, т.е. синтез веществ за счет химической энергии неорганических веществ. Виноградский исследовал в природе деятельность серных бактерий, железобактерий и других, что привело его к глобальным обобщениям.



.Красильников
Николай Александрович



Иерусалимский
Николай Дмитриевич

бактерий в почве.

Не останавливаясь подробно, перечислим еще несколько имен, без которых достижения микробиологии были бы невозможны.

Василий Леонидович Омелянский (1867-1928), ученик С.Н. Виноградского, продолживший исследования в области экологической микробиологии. В 1909 г. вышла его ставшая классической книга «Основы микробиологии», одно из первых учебных пособий такого рода, а в 1922 г. – «Практическое руковод-

В 1896 г. в Императорском институте экспериментальной медицины в Петербурге он произносит речь с необычным для того времени названием: «О роли микробов в общем круговороте жизни». В краткой, общедоступной, форме Виноградский рассказал о том, как разные бактерии, действуя сообща, заставляют двигаться по кругу основные химические элементы, используемые живыми организмами. Фактически тогда он подошёл вплотную к современным представлениям о биосфере, как о системе глобальных (т.е. охватывающих всю Землю) геохимических круговоротах, ускоряемых деятельностью организмов. Но о «биосфере» заговорили только через 30 лет, после появления очерка В. И. Вернадского. Многочисленные конкретные работы Виноградского были посвящены процессам, происходящим при участии

ство по микробиологии», первое на русском языке методическое пособие по общей микробиологии.

Борис Лаврентьевич Исаченко (1871-1948) стал основоположником морской микробиологии, изучая микробиоту северных морей. Его именем назван остров в Карском море.



Имшенецкий
Александр Александрович

Владимир Николаевич Шапошников – (1884-1968) основатель отечественной промышленной микробиологии. Его работы по брожению легли в основу организации производств органических кислот и растворителей микробиологическим способом. Выдвинул и развил оригинальную концепцию двухфазности микробиологических процессов. Это понимание развития процесса изучаемого микроорганизма позволили осознанно вмешиваться в процесс и направлять его в нужную сторону, получая бутанол и ацетон.

Зинаида Виссарионовна Ермольева (1898-1974) явилась основоположником изучения антибиотиков в нашей стране. Выделение оригинального продуцента пенициллина – *Penicillium crustosum*, создание первых схем его получения как лекарственного препарата – наиболее яркая страница в биографии Зинаиды Виссарионовны.

Николай Александрович Красильников (1896-1973) создал ряд новых направлений в почвенной и сельскохозяйственной микробиологии – изучение закономерностей распределения микроорганизмов в почве, взаимодействия почвенных микроорганизмов с высшими растениями, роль микробиологического фактора в генезисе и плодородии почв, возможности использования микробных метаболитов в растениеводстве и животноводстве, разработка вопросов применения бактериальных удобрений. Его книги «Микроорганизмы почвы и высшие растения», «Определитель бактерий и актиномицетов» были очень значимы для науки и практики.



Белозерский
Андрей Николаевич

Николай Дмитриевич Иерусалимский (1901-1967) – исследователь в области физиологии развития чистых бактериальных культур, разработал теорию роста и развития микроорганизмов.

Александр Александрович Имшенецкий (1905-1992) установил отличие ядерного аппарата бактерий от клеточных ядер высших организмов. Показал, что термофильные бактерии размножаются быстрее мезофильных и обладают ферментами, сохраняющими активность при 90 °С.; изучал закономерности из-

менчивости микроорганизмов под влиянием мутагенов и физиологию образующихся мутантов, представляющих практический интерес.

Андрей Николаевич Белозерский (1905-1972), биохимик, ставший основоположником исследований в области молекулярной биологии в нашей стране. Проводил исследования по составу нуклеиновых кислот и их распространению у различных организмов, получил первое доказательство о существовании м-РНК, заложив основы геносистематики.

Александр Сергеевич Спирин (1931-2020), ученик и соратник Белозерского, биохимик, молекулярный генетик, исследователь особенностей функционирования рибосом в процессе биосинтеза белка.

История микробиологии – это увлекательная, порой с трагическими страницами, книга, которую можно перечитывать много раз и каждый раз восхищаться всеми, кто творил эту историю.



Спирин
Александр Сергеевич

1.2 Предмет изучения и задачи микробиологии

Предметом изучения микробиологии является огромный мир микроскопических существ, называемых общим термином – микроорганизмы, или микроскопические организмы, т.к. их можно увидеть только с помощью микроскопа. В эту группу входят разнообразные по строению и физиологическим особенностям существа, являющиеся представителями различных царств живой природы, представленные клеточными организмами прокариотического и эукариотического типа, неклеточными формами, организмами с невыясненной до конца природой. Поскольку среди микроскопических существ встречаются представители разных царств, в приведенных примерах подчеркиваются особенности клеточной организации этих организмов – **прокариоты** (доядерные), от лат. *Procaryota*, от др.-греч. πρό ‘перед’ и κάρυον ‘ядро’, или **эукариоты** (истинно ядерные), от лат. *Eukaryota*, от др.-греч. εὖ- «хорошо; полностью» + κάρυον «орех; ядро»); в эволюционном плане эукариоты самые совершенные клетки, стоящие на более высокой ступени эволюции по сравнению с прокариотами.

Значительно отличаясь между собой, микроорганизмы имеют одну общую черту – у них **малые размеры**. В микромире используют для измерения объектов следующие единицы измерения:

1. Микрометр (1мкм = 10^{-3} мм), в микрометрах измеряются многие бактерии, простейшие, водоросли. Чтобы представить истинную мизерную величину микроорганизмов, необходимо сравнить их размеры с привычным нам метром: **1 мкм – это миллионная доля метра (1 мкм = 0,000001 м).**

2. Нанометр ($1\text{нм} = 10^{-6}\text{мм}$), а по сравнению с метром **1 нм** – это миллиардная доля метра ($1\text{нм}=0,0000001\text{м}$); нанометры используются для измерения размеров вирусов.

3. Ангстрем – ($1\text{А}^\circ=10^{-7}\text{мм}$) – внесистемная единица измерения длины, **1 А°** - это десяти миллиардная доля метра ($1\text{А}^\circ=0,00000001\text{ м}$). Названа в честь шведского физика и астронома Андерса Ангстрема, предложившего её в 1868 г. Ангстрем используется для измерения клеточных структур и деталей строения вирусов.

4. В настоящее время для характеристики микроорганизмов используется не только определение их размеров, но и измерение длины ДНК микроорганизмов; данные получают в результате расшифровки (секвенирования) геномов.

Килобаза, кб (kilobase, kb) [франц. *kilo*, от греч. *Chilioi* – тысяча и англ. *base* – основание] – единица измерения, используемая для выражения длины нуклеиновых кислот. $1\text{ кб} = 1000$ нуклеотидов в РНК и одноцепочечной ДНК или пар нуклеотидов (п.н.) в двухцепочечной ДНК.

Мегабаза (megabase, Mb) [греч. *megas* – большой и *basis* – основание] – единица измерения длины молекулы ДНК, равная млн п.н.

ПРИМЕРЫ РАЗМЕРОВ МИКРООРГАНИЗМОВ

Бактерии - *Escherichia coli* (кишечная палочка) ($0,5 \times 1,0\text{-}2,0$ мкм); прокариот.

Бациллы *Bacillus subtilis* (сенная палочка) ($1,0\text{-} 2,0 \times 2,0\text{-}3,0$ мкм); прокариоты.

Риккетсии *Rickettsia prowazekii* (риккетсии Провачека). Названы по именам двух погибших исследователей, занимавшихся их изучением – Риккетс (амер.ученый) и Провачек (чешский ученый). Риккетсии – внутриклеточные паразиты, что нетипично для бактерий; небольшая неподвижная палочка- ($0,3 \times 1,0$ мкм); прокариоты.

Микоплазмы – *Mycoplasma pneumoniae* (микоплазмы – возбудители воспаления легких), часто видны как сферические формы, $\text{Ø } 0,15\text{-}0,20$ мкм, прокариоты; самые мелкие из бактерий.

Хламидии *Chlamydia pneumoniae*, возбудители воспаления легких, имеют уникальный жизненный цикл развития, что отличает их от обычных бактерий, по форме кокковидные бактерии (Ø клетки $0,15$ мкм); прокариоты.

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, безмицелиальные грибы, достаточно крупные, округлые клетки (Ø клетки $5,0\text{-}10,0$ мкм), эукариоты.

Простейшие *Plasmodium malariae* (малярийный плазмодий, микроскопическое простейшее, $\text{Ø } 10,0\text{-}35,0$ мкм), эукариоты.

Микроводоросли *Chlorella* (хлорелла, $\text{Ø } 2,0\text{-}10,0$ мкм), микроскопическое растение, эукариот.

Структуры бактерий измеряются в нанометрах (нм), например, рибосомы бактерий имеют $\text{Ø } 18\text{-}20$ нм.

Длина (L) генома измеряется в парах нуклеотидов (пн) или нп (нуклеотидных пар) ДНК. Например, в хромосоме кишечной палочки (*Escherichia coli*) содержится 4 млн. пар нуклеотидов (пн). в L (Мб). *Methanobacterium*

thermoautotrophicum – 1.751 L (Мб). *Archaeoglobus fulgidus* – 2.178 . В генетической инженерии измеряется также размер плазмид, который составляет у *E. coli* 1000-2000 пн.

РАЗМЕРЫ НЕКЛЕТОЧНЫХ ФОРМ

Вирус ящура – *Picornavirus*, имеет сферическую форму, Ø – 25 нм.

Вирус бешенства – *Rhabdovirus*, похож по форме на пулю, 180 x 75 нм.

Вирус ВИЧ – ретровирус семейства *Retroviridae*, род лентивирусов (*Lentivirus*), вызывающий медленно прогрессирующее заболевание иммунной системы; имеет форму, близкую к сферической, диаметр 100-120 нм.

Детали строения вирусов измеряются в ангстремах (Å⁰).

Говоря в целом о размерах микроскопических существ, мы встречаемся с их большим диапазоном – от тех, которые видны на грани разрешающей способности микроскопа – микоплазмы (0,2 мкм), до огромных по меркам микромира размеров *Epulopissium fishelsoni* симбионт рыбы-хирурга, обитающей в красном море. Эта бактерия считается самой большой на сегодня, достигая 600 мкм. Существует и мир, за гранью клеточных форм.

Задачи микробиологии.

В связи с разнообразием объектов исследования, в микробиологии появилось много самостоятельных направлений, но началом всего является **общая микробиология**. Общая микробиология рассматривает характерные для большинства микроорганизмов закономерности строения и функционирования, при этом изучается:

морфология – наука о формах, расположении микроорганизмов в световом микроскопе и их строении – в электронном микроскопе;

физиология – наука о способах питания и получения энергии, особенностях обмена веществ у микроорганизмов;

биохимия – наука о химическом составе и химических процессах, протекающих в живой клетке, особенностях биохимического состава;

генетика – наука о наследственности и изменчивости организмов; особенностях генетической рекомбинации у бактерий;

экология – наука, изучающая взаимоотношения организмов между собой и с окружающей средой.

Кроме того, в общей микробиологии рассматриваются теории происхождения жизни, и обсуждается роль микроорганизмов в поддержании жизни на планете.

Задачей микробиологии является всестороннее изучение представителей микромира, в какой бы среде они не обитали (почве, воде, воздухе, внутри организма животных и человека) с целью понимания многогранности связей между макро- и микромирами.

1.3 Дифференциация микробиологии по направлениям

В связи с разнообразием объектов исследования, в микробиологии появилось много самостоятельных направлений, что отражено в дифференциации микробиологии, т.е. в ее разделении. Как видно из исторического обзора, первые работы в области микробиологии были связаны с открытием микроорганизмов – возбудителей болезней человека и животных, с разработкой способов борьбы с ними. Эти работы дали в дальнейшем направления медицинской и ветеринарной микробиологии, а затем появились и другие направления.

1. Общая микробиология – основа для каждого из последующих направлений (разрабатывает методы для изучения морфологию, физиологию, биохимии, генетики и экологии определенных групп микроорганизмов).

2. Медицинская микробиология – изучает возбудителей инфекционных болезней человека и методы борьбы с ними, изучает методы микробиологической диагностики и специфической профилактики инфекционных болезней. В связи с большим разнообразием микроорганизмов, в этой микробиологии появились разделы, изучающие определенные группы микроскопических существ:

Бактериология – изучает бактерии - возбудителей заболеваний, и микробиоту тела человека в норме и при патологии.

Микология – изучает грибы - возбудители микозов и микотоксикозов.

Вирусология – исследует вирусы их взаимоотношения с клеткой.

Паразитология – изучает микроскопических **паразитических простейших** (объектом изучения являются лямблии, трихомонады, малярийный плазмодий, дизентерийная амеба, лейшмании, возбудители сонной болезни, и др.) (обычных, не паразитических простейших, изучает протозология).

3. Ветеринарная микробиология изучает возбудителей инфекционных болезней сельскохозяйственных, промысловых и диких животных, тесно связана с медицинской, т.к. изучает также возбудителей болезней, общих для животных и человека. Подобно медицинской, кроме бактерий изучает вирусы и грибы – возбудители дерматомикозов и микотоксикозов, служит основой для понимания эпизоотологии.

4. Санитарная микробиология является самостоятельной дисциплиной, но одновременно и необходимым разделом при изучении медицинской и ветеринарной микробиологии. Она изучает санитарно-микробиологическое состояние объектов окружающей среды, пищевых продуктов и напитков, и разрабатывает санитарно-микробиологические нормативы содержания микроорганизмов в воде, почве, воздухе, и методы индикации патогенных микроорганизмов в различных объектах и продуктах.

5. Сельскохозяйственная микробиология изучает микробные сообщества, обитающие в различных почвах, на растениях, особенности взаимодействия сообществ, изучает роль микроорганизмов в минерализации органических веществ, обогащении почвы азотом, применении биопрепаратов для защиты растений вместо химических методов.

6. Техническая микробиология пищевых продуктов изучает микроорганизмы, находящиеся в сырье животного и растительного происхождения, ис-

пользование микроорганизмов для получения молочных продуктов, хлебопечения, пивоварения, виноделия, ферментных препаратов и витаминов.

7. Промышленная микробиология (на примере предприятия «Сиббиофарм» в г. Бердске) – многотоннажное производство разнообразной продукции микробного синтеза, основанное на использовании определенных штаммов микроорганизмов-продуцентов – микробиологических средств защиты растений, ферментных препаратов для животноводства и птицеводства, препаратов для ликвидации нефтяных загрязнений, и др.

8. Космическая микробиология – изучает возможность жизни микроорганизмов в условиях космоса, использует бактерии для определения радиации в кабинах космических кораблей, контролирует занос внепланетных бактерий на территорию Земли, изучает влияние условий космоса на микробиоту человека.

9. Молекулярная микробиология – изучает молекулярные основы генетики микроорганизмов, возможности перестройки генетического аппарата с целью получения микроорганизмов с заданными свойствами (генно-инженерные исследования), использует современные приемы и методы работы с носителями генетической информации микроорганизмов – молекулами ДНК и РНК, выделяемыми из различных образцов. Является основой для разработки молекулярно-генетической классификации микроорганизмов.

10. Экологическая микробиология объединяет несколько направлений:

а) геологическая микробиология, основным направлением развития которой является изучение роли микроорганизмов в круговороте химических элементов и соединений в горных породах и подземных водах; роли микроорганизмов в круговороте веществ в природе, в образовании и разрушении полезных ископаемых, а также методов получения ископаемых с помощью микроорганизмов (выщелачивание ценных металлов из бедных руд);

б) водная (морская) – исследует жизнь микроорганизмов пресных водоемов и морей на различных глубинах, в присутствии разных концентраций солей, в организме рыб и других обитателей водного царства;

в) почвенная – изучает эколого-географические особенности микроорганизмов почв, сукцессии микроскопических грибов и водорослей, антропогенное влияние на микробиоту почв, роль почвенных микроорганизмов в разрушении органических веществ, ксенобиотиков.

Альгология – самостоятельная дисциплина, занимается изучением всех водорослей. Микроскопические водоросли являются предметом изучения как альгологии, так и микробиологии и в основном тех видов, которые могут быть использованы как объекты, применяемые в дальнейшем в биотехнологии для получения новых видов пищи и кормов – белка одноклеточных. К ним относится, например, *Chlorella vulgaris* (хлорелла), размер в диаметре от 1,5 мкм до 12 мкм, это микроскопическое растение, эукариот, представляющее интерес для микробиологии как потенциальный источник кормового белка и пищевой добавки. Большое значение имеет изучение водорослей для экологической, морской микробиологии.

Микология – отделилась от микробиологии в самостоятельную дисциплину, изучающую грибы. В микробиологии изучаются, в основном, микроскопические грибы, вызывающие заболевания или токсические отравления человека или животных, а также представляющие интерес для биотехнологии - продуценты антибиотиков, или новых видов кормов и пищи; грибы и дрожжи - показатели порчи продукции в пищевой промышленности и в продукции, получаемой в общественном питании.

Иммунология (от лат. *Immunis* – свободный, освобождённый, избавленный от чего-либо + греч. *Λόγος* – знание) – медико-биологическая наука, изучающая реакции организма на чужеродные структуры (антигены): механизмы этих реакций, их проявления, течение и исход в норме и патологии, а также разрабатывающая методы предупреждения и лечения патологий.

Необходимо упомянуть некоторые факты из истории иммунологии. Иммунология, а именно ее инфекционная ветвь, формировалась как часть микробиологии благодаря изучению способов предупреждения болезней у человека и животных. К этому направлению относится борьба с оспой, от которой люди не только массово умирали в средние века, но и, оставшись живыми, слепли и имели обезображенные зарубцевавшимися язвами лица. Практиковалась прививка или вариоляция (вариоляция от слова *variola* «отметка на коже»), когда содержимое пустул с кожи больного оспой наносилось под кожу здоровому человеку для предупреждения заболевания.

Эдвард Дженнер (1749-1823) в течение многих лет слышал рассказы о том, что доярки были защищены от натуральной оспы после того, как они пострадали от коровьей оспы. Размышляя об этом, Дженнер пришел к выводу, что коровья оспа защищает от оспы человеческой. В мае 1796 г. Эдвард Дженнер выбрал доярку Сару Нельмс, у которой на руках были свежие следы коровьи оспы. 14 мая 1796 года, используя вещество из поражений Нельмс, он привил 8-летнего мальчика Джеймса Фиппса. Впоследствии мальчик оказался устойчив к введению материала от больного натуральной оспой. Так появилась вакцина от оспы (от лат. *vacca* – корова). Постепенно вакцинация заменила вариоляцию, которая была запрещена в Англии в 1840 году, т.к. вакцинация представляла меньшую опасность, чем вариоляция. В те годы никакого представления о вирусах не было, поэтому опыт Дженнера с коровьей оспой для предупреждения оспы натуральной был гениален и предвосхитил развитие иммунологии.

Работы основоположника микробиологии Луи Пастера (1822-1895), провозгласившего принцип получения вакцин против возбудителей опасных инфекционных заболеваний и создавшего вакцины против куриной холеры, сибирской язвы и бешенства, положили начало иммунологии. Создание вакцины против бешенства было также связано с испытанием ее на мальчике, искусанного бешеной собакой, и испытание закончилось успешно.

Неоспоримы заслуги в развитии иммунологии Нобелевского лауреата Ильи Ильича Мечникова (1845-1916), показавшего роль клеток – фагоцитов, в поглощении и «переваривании» патогенов, попавших в организм, и разделившего премию со своим многолетним оппонентом Паулем Эрлихом, доказавшим

роль антител в борьбе с инфекционным началом. Стало понятным, что фагоцитарная теория иммунитета Мечникова и гуморальная теория Эрлиха являются двумя сторонами иммунитета, защищающего человека и животных от инфекций.

Инфекционная иммунология дала в дальнейшем начало неинфекционной иммунологии, связанной с возможностью пересадки органов и тканей, т.е. трансплантологии.

Таким образом, микробиология, начав свое развитие как дисциплина, изучающая множество объектов, разделилась на самостоятельные направления, порой далеко отстоящие друг от друга, и одновременно связанные друг с другом.

Достижения микробиологии XX века

Современная микробиология развивается сразу в нескольких направлениях, поэтому все ее достижения перечислить невозможно. Понятно, что науки взаимосвязаны, и успехи микробиологии зависят от развития смежных областей – биохимии, генетики, молекулярной биологии, генетической инженерии и др.

В XX в. были подробно изучены многие особенности физиологии и биохимии микроорганизмов, начало этим исследованиям положено А. Клюйвером (1888-1956) и К. ван Нилем (1897-1985) в конце предыдущего века. Было доказано биохимическое единство всех живых организмов, которое выражается в следующем: все живые организмы состоят из однотипных химических макромолекул; универсальной единицей биологической энергии служит АТФ; в основе физиологического разнообразия организмов лежит несколько метаболических путей.

Активно изучались микробные сообщества природных микроорганизмов, находящихся в разных экологических нишах, в том числе внутри организма человека и животных. Изучена микробиота кишечника, развито учение о пробиотиках, доказано положительное влияние пробиотических продуктов на здоровье человека. Исследованы фотосинтетические прокариоты, создана уникальная коллекция бактерий-фототрофов, изучен метаболизм метаногенных микроорганизмов.

Большие достижения имеются в учении об антибиотиках. С того момента, когда русский терапевт Манассеин В. А. (1841-1901) описал антибиотические свойства зеленой плесени, русский дерматолог Полотебнов А.Г. (1838-1908) рассмотрел значение зеленой плесени для заживления гнойных ран, прошло 40 лет. В 1922 г. английский микробиолог Александр Флеминг (1881-1905) открыл лизоцим (антибиотик животного происхождения) и в 1928 г. – пенициллин, продуцируемый плесенью *Penicillium notatum* и лизирующей (растворяющей) колонии патогенного стафилококка. Получил вместе с Х. Флори и Э. Чейн в 1940 г. из питательного бульона с грибом пенициллин в чистом виде (Нобелевская премия, 1945 г.). В настоящее время (2020 г.) секвенирован геном этого гриба, что поможет лучшему пониманию эволюции антибиотиков и причин выработки устойчивости к ним.

Работы по антибиотикам успешно проводились и в нашей стране в период Великой отечественной войны под руководством З.В. Ермольевой (1898-

1974) во Всесоюзном институте экспериментальной медицины; в 1942 году впервые в СССР она получила пенициллин (крустазин ВИЭМ) и активно участвовала в организации его промышленного производства. Это спасло сотни тысяч жизней воинов, как в полевых госпиталях, так и в больницах тыла. Работы продолжались, и были получены отечественные антибиотики (стрептомицин, левомецетин, тетрациклин, эритромицин).

В настоящее время в мире открыто и изучено несколько тысяч видов антибиотиков, получены противоопухолевые антибиотики, раскрыты механизмы их действия, разработана систематика. Все это способствовало снижению смертности от инфекционных болезней у человека, а также ветеринарные врач получили в руки препараты для лечения животных. XX век называют эрой антибиотиков, которая, к сожалению, заканчивается из-за широкого и неоправданного их применения и появления супербактерий.

Разработаны методы экспресс диагностики инфекционных заболеваний, которые обеспечили: получение результатов анализа в максимально короткие сроки; проведение и завершение анализа без выделения микроорганизма в чистой культуре при использовании только нативного материала, в крайнем случае, с привлечением селективных биосред для быстрого накопления возбудителей; результат экспресс-диагностики - высокая специфичность и высокая чувствительность; высокая степень производительности, простота, доступность и воспроизводимость анализов.

С 1972 г. начался новый, называемый молекулярно-генетическим, период микробиологии, когда стало возможным получать микроорганизмы с заранее заданными свойствами. Микробиологи обязаны открывшимся возможностям работам Пола Берга (лауреат Нобелевской премии 1980 г.), который впервые получил рекомбинантную, т.е. перестроенную, молекулу ДНК. Она состояла из фрагментов ДНК разных микроорганизмов – кишечной палочки, обезьяньего вируса SV40 и бактериофага λ (лямбда). Берг сделал то, что противоречило законам биологии – особи разных видов в природе не скрещиваются, но на уровне микромира это оказалось возможным. В результате дальнейших разработок были получены бактерии, которые стали производить для человека в промышленных масштабах инсулин, гормон роста и интерферон, т.к. в бактерии были перенесены соответствующие гены из клеток макроорганизмов, ответственные за синтез этой продукции. Генетическая инженерия дала возможность создавать несуществующие в природе штаммы, необходимые человеку для производства разнообразной продукции.

Больших успехов достигли молекулярно-генетические исследования микроорганизмов, в которых изучалась последовательность нуклеотидов в рибосомной 16S рРНК. Она состоит из 1500 нуклеотидов, из которых 900 – консервативны. Именно эта молекула, взятая за основу, стала причиной разделения прокариот на два Домена истинных бактерий и архей, т.к. последовательность нуклеотидов у них в этой молекуле у них разная.

С развитием молекулярно-генетического направления появилась возможность для развития филогенетической классификации микроорганизмов. Уста-

новлены критерии при определении вида по сходству или его отсутствию по следующим показателям: у бактерий одного вида последовательность нуклеотидов в 97% одинаковая; на уровне рода – 94%. Принадлежность к одному семейству соответствует наличию 92% одинаковых последовательностей, и соответственно для принадлежности к одному и тому же порядку, классу, филуму эти цифры составляют 90%, 85% и 80%. Эти исследования положили начало составлению новой систематики бактерий, во многом отличающейся от предыдущих, основанных на морфофизиологических признаках бактерий.

Генетически модифицированные микроорганизмы (ГЕМОМ) стали получать не только для медицины, а также для того, чтобы заселить ими природные биоценозы. Это необходимо, например, чтобы модифицированные бактерии, несущие способность расщеплять опасные гербициды, «работали» в природе, т.к. без них гербициды будут сохраняться слишком долго, и включаться в пищевые цепочки. Вопрос о длительности выживания ГЕМОМа в природе и возможности передачи новых свойств микробам-аборигенам изучается.

Иммунология, хоть и выделилась от микробиологии в самостоятельную дисциплину, но являясь ее логическим продолжением, достигла в настоящее время больших успехов. Об этом можно судить по быстрому созданию первой в мире вакцины **Спутник V** от коронавируса SARS-COV-2, вызвавшего пандемию COVID-19. Разработчик вакцины – Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почётного академика Н.Ф. Гамалеи, основанный в 1891 году, является ведущим в своей сфере исследовательским учреждением в мире. На базе лабораторий центра функционируют 9 Центров Минздрава России по бактериальным инфекциям (риккетсиозам, лептоспирозам, бруцеллезу, туляремии, легионеллезу, микоплазмозам, хламидиозам, клостридиозам, боррелиозам), большинство которых являются единственными в РФ специализированными медицинскими лабораториями соответствующего профиля.

В течение последних лет центр привлекался к выполнению следующих федеральных, региональных и ведомственных целевых программ научных исследований: "Вирусные инфекции", "Вакцинопрофилактика" (Минздрав РФ), "Антигепатит", "СПИД" (РАМН), "Вакцины нового поколения и медицинские диагностические системы будущего" (Минпромнауки РФ).

Из этого примера видно, как тесно взаимодействуют микробиология, вирусология и иммунология, составляя единое целое.

Таким образом, предметом изучения микробиологии являются разнообразные микроскопические организмы различных Доменов и царств. В настоящее время известны далеко не все представители мира микробов, и задача микробиологии – продолжать поиск новых видов, разрабатывать новые методы и подходы к изучению роли микроорганизмов в существовании планеты, а также совершенствовать способы защиты от патогенных микроорганизмов.

1.4 Определение термина «вирусология», краткая историческая справка. Предмет изучения и задачи вирусологии

Ви́рус (от лат. *Virus* – яд) – неклеточный инфекционный агент, который может воспроизводиться только внутри живых клеток, а **вирусология** – наука, изучающая вирусы.

Ивановский Дмитрий Иосифович (1864-1920) – русский ботаник, неожиданно ставший основоположником вирусологии. Первым открытым вирусом,



Ивановский
Дмитрий Иосифович

т.е. микроорганизмом, не имеющим клеточного строения, был вирус табачной мозаики – ВТМ. Ивановский положил начало вирусологии, выросшей в самостоятельную область науки. Открытие вирусов сыграло огромную роль в развитии ряда научных дисциплин: биологии, медицины, ветеринарии и фитопатологии. Оно позволило расшифровать понимание этиологии (причины возникновения) таких заболеваний, как бешенство, оспа, энцефалиты, грипп, ящур и многих других.

Еще студентом Ивановский интересовался болезнями растений, изучал на Украине и в Молдавии распространение рябухи, уничтожавшей урожай табака. Позднее его заинтересовала мозаичная болезнь этого растения, ранее смешиваемая с другим заболеванием – рябухой. Годы работы Ивановского пришлись на время бурного развития микробиологии. Везде искали бактерии. Мозаичная бо-

лезнь табака наносила большой урон производителям табачной продукции, т.к. больные растения выбраковывались. При мозаике пожелтение затрагивает отдельные участки листьев. Ивановский высказал гипотезу о ее бактериальном происхождении. Но в препаратах под микроскопом бактерий он не увидел. В момент открытия вирусов не было методов их исследования, но начинающий работу молодой ученый – ботаник, применил известное тогда фильтрование жидкостей через фарфоровый фильтр Шамберлана для механической очистки (стерилизации) жидкостей от бактерий (все бактерии задерживаются на фильтре, а проходит через него уже стерильная жидкость).

Профильтровав сок больных табачной мозаикой растений Д.И. Ивановский обнаружил, что «заразное начало» прошло через фильтр, т.к. фильтрат вызывал заболевание здоровых растений, если их натереть фильтратом. Он предположил, что заболевание вызывается либо мелкими бактериями (они не задерживаются фильтром), либо ядом, который, возможно, вырабатывают бактерии. В световом микроскопе, далеко не совершенном в то время, исследователь не мог увидеть ничего, кроме неких скоплений, кристаллов, но рассмотреть более подробно эти образования не представлялось возможным. Ивановский доложил о своих наблюдениях, сделанных на Одесской бактериологической станции, руководимой Н.Ф. Гамалея, в Академию наук. Шел 1892 год, и эта дата считается годом начала вирусологии.

Через 6 лет после наблюдения Ивановским факта фильтрации «инфекционного начала» растений (т.е. прохождения этого «начала» через мельчайшие поры фильтра, задерживающие все бактерии), голландский ботаник и микробиолог М. Бейеринк повторил опыт Ивановского. Он назвал это начало «*contagium vivum fluidum*», т.е. «живое жидкое начало», отделив это понятие от твердого начала, «*contagium fixum*», под которым подразумеваются бактерии. М. Бейеринг дал новому «инфекционному началу» название «*virus*», что по латыни значит «яд». Название закрепилось, хотя и не отражало сути открытия.

Академик Н.Ф. Гамалея (1859-1949) – врач, микробиолог, эпидемиолог, гигиенист и организатор отечественного здравоохранения. Институт им. Н.Ф.Гамалея первым разработал вакцину Спутник V против нового коронавируса SARS-COV-2, вызвавшего пандемию COVID-19.

Тем временем, другие исследователи начали фильтровать возбудителей болезней, природа которых была неясна. Так были открыты возбудители ящура (Леффлер, Фрош, 1897) и куриной саркомы Рауса (Раус, 1910), проходившие через фильтр и оказавшиеся вирусами. В 1901 г. У. Рид с сотрудниками выделили фильтрующийся вирус из органов и тканей людей, умерших от желтой лихорадки. В 1909 г. К. Ландштейнер и Э. Поппер установили вирусную природу полиомиелита. Ф. Туорт в 1915 г. и Ф. д'Эррель в 1917 г. открыли вирусы бактерий – бактериофаги.

Природа вирусов по-прежнему оставалась неясной, часть исследователей продолжало настаивать, что вирус – это «жидкое начало». Увидеть вирусы в то время было невозможно, т.к. электронный микроскоп еще не был создан (его изобрели немецкие ученые Э. Руска, М. Кноль, в 1933). За создание электронного микроскопа, открывшего человечеству глаза на мир вирусов, была присуждена Нобелевская премия в 1939 г. Впервые увидели ВТМ в электронном микроскопе только в 1939 г.

До того, как ученые увидели вирусы, в 1935 г. молодой американский биохимик и начинающий вирусолог Уэнделл Стэнли впервые очистил и выделил в кристаллическом виде вирус табачной мозаики, исследовал его биохимию и обнаружил, что вирус табачной мозаики – не жидкость, по большей части он состоит из белка. Работа удостоена Нобелевской премии (1946). Как сам Стэнли писал, он, к сожалению, кроме белка ничего не обнаружил в ВТМ. Вскоре, однако, была открыта в составе вируса табачной мозаики РНК. Фредерик Боуден и Норман Пири выяснили, что вирус табачной мозаики содержит около 5% РНК (1936). РНК оказалась носителем наследственной информации, т.к. ДНК в вирусе отсутствовала. Это было невероятным, удивительным, т.к. в биологии господствовало мнение, что носителем наследственной информации может быть только



Гамалея
Николай Федорович

молекула ДНК. Макс Шлезингер (1934) доказал нуклеопротеиновую природу вирусов при исследовании бактериофагов *E. coli*.

Развитие вирусологии затруднялось отсутствием методов исследования, т.к. вирусы развиваются только в живых клетках. Ученые сначала использовали животных (в основном новорожденных или взрослых мышей) для заражения и моделирования вирусных инфекций. В 1931 г. (Гудпасчер и Элис Вудрафф), в 1933 г. (Бернет) предложили для культивирования вирусов использовать эмбрионы кур, особенно подходящие для изучения вирусов гриппа и кори.

Вирусы растений необходимо было культивировать на растительных организмах. На первых микрофотографиях ВТМ имел вид палочки, оболочка которого (капсид) состояла из отдельных фрагментов (капсомеров), повторявших ход спирали, находящейся внутри капсида. Капсид вируса представлял собой спираль, поэтому ВТМ получил название вируса со спиральной симметрией. В дальнейшем оказалось, что есть вирусы, похожие на многогранники, получившие название вирусы с икосаэдрической, или кубической симметрией, внутри которых в свернутом виде находится нуклеиновая кислота. В случае спиральной симметрии, например, у вируса табачной мозаики, составные части капсида формируют цилиндр из уложенных по спирали капсомеров. У бактериофагов обнаружили смешанную симметрию – головка имеет форму икосаэдра, но от нее отходит отросток с нитями, которые прикрепляются к бактерии и дают возможность фагу впрыснуть свою нуклеиновую кислоту внутрь бактерии.

Расцвет вирусологии начался в 50-ые годы XX в. и связан он с созданием культуры клеток тканей (выращивание постоянно размножающихся, например, раковых клеток на питательной среде вне организма, на плоской поверхности – в «матрасе» или чашках Карреля, для культивирования вирусов). Появилось множество разнообразных культур клеток – Hela, Нер, ППТ, выращиваемых в питательной среде 199, или другой, аналогичной составу крови. Спектр клеточных культур и питательных сред расширился, что позволило за достаточно короткое время открыть и изучить около 2 тыс. вирусов млекопитающих, а к настоящему времени число известных вирусов достигло 7 тыс. и продолжает увеличиваться. Вирусы поражают множество организмов - все известные формы жизни – растения, позвоночных и беспозвоночных животных, бактерии, грибы, простейших, архей, и др., а методы их поиска совершенствуются.

Интересно отметить, что вирус табачной мозаики, как и дрозофила в генетике, и кишечная палочка в микробиологии, стал излюбленным объектом для исследования. Именно на ВТМ американский ученый Уотсон и его команда (Крик, Уилкинс) начали работу по созданию модели строения нуклеиновой кислоты (1953), за что вскоре получили Нобелевскую премию.

В 1970 г. Темин и Балтимор, независимо друг от друга, открыли **фермент**, названный **обратной транскриптазой** (она же ревертаза или РНК-зависимая ДНК-полимераза). Темин выявил фермент у вируса саркомы Рауса, а Балтимор – у вируса лейкоза мышей. Наличие ревертазы объяснило возможность существования РНК-геномных вирусов и переписывание информации в обратную сторону

– с молекулы РНК на ДНК, что лежит в основе функционирования ряда ретровирусов, имеющих этот фермент.

В 1983 г. и в 1984 г. два исследователя (Люк Монтанье во Франции и Роберт Галло в Америке), независимо друг от друга, открыли вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), вызывающий медленную деградацию иммунной защиты организма, т.е. синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД). Вскоре стало очевидным, что вирус распространяется от больного человека к здоровому через жидкие среды (кровь, сперму, секрет влагалища, материнское молоко) и представляет большую опасность для человечества.

Следующей проблемой для населения планеты стала пандемия, вызванная коронавирусом SARS-CoV-2, унесшая миллионы жизней в 2020-2021 гг. Изучение этого вируса и его многочисленных вариантов продолжается.

В истории открытия вирусов, начавшейся в 1892 г. с работ Д.И. Ивановского, и продолжающейся сейчас, все было удивительным. По существу, с вирусами начали работать гораздо раньше, не зная об их существовании. **Были созданы вакцины против самых опасных вирусных инфекций – вируса черной или натуральной оспы человека (1796 г. – английский врач Э. Дженнер) и против бешенства (1885 г. Луи Пастер).** Эти гениальные люди так и не узнали, что представляют собой вирусы, с которыми они работали, но они спасли тысячи жизней благодаря созданию своих вакцин.

Необычным было и то, что, не видя вирусы, ученые определили их биохимический состав, а затем и РНК в качестве носителя наследственной информации. И то, что увидели ученые в электронном микроскопе, никак не походило на клетку, к которой привыкли биологи. Вирусы не имеют клетки.

1.5 Предмет изучения, задачи вирусологии и разнообразие вирусов. Современные достижения вирусологии

Предметом изучения вирусологии являются вирусы, вызывающие заболевания практически всех видов живых существ – (человека и других позвоночных и беспозвоночных животных, бактерий, архей, грибов, растений и микроскопических водорослей). Исследования показали, что вирусы могут быть двух групп – ДНК-геномные или РНК-геномные, и содержат только один тип нуклеиновой кислоты. Кроме этого важнейшего биохимического отличия вирусов от всего живого, у них отсутствует клетка – эти не имеющие клетки существа похожи на геометрические фигуры, которые «оживают» и дают потомство в живой чужой клетке, а вне клетки они существуют в виде вириона. Вирусы реплицируются (воспроизводят себе подобных) за счет белок-синтетической системы клеток животных, растений, бактерий и других организмов, которые они поражают.

На сегодня классифицировано 6 реалмов вирусов. Реалм – высший ранг в классификации вирусов. Помимо *Riboviria*, т.е. содержащих РНК, выделяют три реалма ДНК-вирусов: *Monodnaviria*, *Duplodnaviria*, и *Varidnaviria*. Поскольку большинство вирусов, поражающих эукариот, имеют РНК-геном, большинство их относятся именно к реалму *Riboviria* (2686 видов вирусов). В каждом реалме

имеются царства: всего 10 царств вирусов распределено в 6 реалмах, например, реалм *Adenaviria* содержит 1 царство, *Duplodnaviria* – 1 царство, *Varidnaviria* – 2 царства, *Monodnaviria* содержит семейства – *Papillomaviridae* и *Polyomaviridae*.

Примерами могут служить следующие вирусы, вызывающие опасные заболевания человека и животных.

Вирус ящура – Семейство *Picornaviridae*, под *Aphthovirus* (Ø – 25 нм), один из самых мелких вирусов, содержит РНК, имеет 32 капсомера, образующих ромбический триконтаэдр; поражает молодых парнокопытных сельскохозяйственных животных (крупный рогатый скот, свиньи, козы, овцы, олени), вызывая у них эпизоотии. Вирус можно культивировать на куриных эмбрионах и культурах переживающих и растущих тканей (эпителий языка, почек). Редко, но болеет ящуром и человек. Имеется противоящурная вакцина. Вирус имеет сложный антигенный состав: различают 7 серологических типов (О, А, С, САТ-1, САТ-2, САТ-3, Азия-1). Каждый тип имеет определенное число вариантов (подтипов): тип А имеет 32 варианта, О-13, С-5, САТ-1-7, САТ-2-3, САТ-3-4, Азия-1-2. В мире тип О вызывает заболевание в 38 % случаев, А – в 33%, С – в 26 %. На территории нашей страны за годы эпизоотии регистрировали в основном ящур типов А (76,4%) и О (19,2%). Однако в последние годы преобладающим, как и в остальном мире, стал ящур типа О. Типы и варианты вируса различаются иммунологически: каждый из них может вызывать заболевание животного, иммунного к другим типам и вариантам вируса.

Вирус болезни Ньюкасл. Возбудителем является РНК-содержащий вирус (NDV – *Newcastle Disease Virus*) из семейства *Paramyxoviridae*. Псевдочума птиц (*Pseudopestis avium*) впервые описана в 20-х годах XXв. на острове Ява. Тогда же очаг этой инфекции был обнаружен около британского города Ньюкасл, откуда и появилось второе название заболевания. Болезнь передаётся воздушно-капельным путём, для человека она не опасна, но заразиться все-таки можно. Передаётся болезнь по воздуху с огромным радиусом распространения – до 10 км. Это тяжёлая патология вирусной природы домашней птицы, вызывающая симптомы нервнопаралитического характера. Она известна также под названиями азиатская чума, пневмоэнцефалит и т. д.), и представляет собой вирусное заболевание птиц – главным образом, куриных, характеризующееся пневмонией, энцефалитом и множественными точечными геморрагическими поражениями внутренних органов. Летальность птицы составляет 15-30%.

Вирус бешенства – Семейство *Rhabdoviridae*, род *Lyssavirus*, размер 180 x 75 нм, имеет пулевидную форму, оболочку и спиральную симметрию. Один из самых крупных вирусов, содержит однонитевую РНК, болеют животные и человек.

Вирус вызывает 100% смертность, т.к. поражает клетки головного мозга. Имеется антирабическая вакцина. Первая вакцина, созданная Луи Пастером, содержала ослабленный, «фиксированный вирус», который был эффективен против дикого, «уличного штамма», возбудителя бешенства. Эффективность вакцины была испытана и подтверждена в опыте на мальчике (1885 г.).

Вирус натуральной оспы человека – Семейство *Poxviridae*, род *Orthopoxvirus*, один из самых крупных ДНК содержащих вирусов, имеющий сложное строение и кирпичеобразную форму, размер 90-170 до 110-200 нм. **Единственный побежденный в 1980 г. в мире вирус.**

Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) – *Human immunodeficiency virus* – Семейство *Retroviridae*, род *Lentivirus*. имеет сферическую форму (Ø 100-120 нм), РНК, ретровирус, содержащий обратную транскриптазу, вызывающий медленно прогрессирующее заболевание иммунной системы – СПИД (синдром приобретенного иммунодефицита). В современной классификации различают два основных вида ВИЧ – ВИЧ-1 и ВИЧ-2. Эти вирусы предположительно возникли в результате независимой передачи людям SIV (вируса иммунодефицита обезьян) шимпанзе и мангабеев соответственно.

Вирус Эбола *Ebolavirus*(эбòлавíрус или Эбола) – род вирусов из семейства филовирусов (*Filoviridae*), нитевидный, вызывающий геморрагическую лихорадку Эбола у высших приматов. Морфологические признаки эболавирусов схожи с вирусом Марбург.

Вирус птичьего гриппа. Заболевание, вызываемое этим вирусом, носило название «чума птиц», т.к. сопровождалось большой, неконтролируемой гибелью птицы. **Птичий грипп** (лат. *Grippus avium*) или классическая чума птиц – острая инфекционная вирусная болезнь птиц, характеризующаяся поражением органов пищеварения, дыхания и летальностью птиц около 56%. Болеют домашние куры, индюки, утки, перепела и гуси, а также голуби и многие виды диких птиц, от которых предположительно вирус передается домашним птицам. Достоверно не установлены пути передачи вируса от одних видов другим, но по некоторым данным передача идет воздушно-капельным путем. Это инфекционная болезнь птиц, вызываемая штаммами РНК-вирусов гриппа типа А и его подтипами H5N1 и H9N2.

Отношение к этому вирусу изменилось, когда вирус птичьего гриппа начал заражать человека. В 1997 г., во время эпизоотии птичьего гриппа в Гонконге, появились случаи заболевания и смерти людей, которые были вызваны подтипом вируса птичьего гриппа H5N1, циркулирующим среди домашней птицы. Ведущие российские специалисты по гриппу и эксперты ВОЗ считают, что опасность заражения повышается: вирус «птичьего гриппа» стал более вирулентным и преодолел межвидовой барьер птица-человек. Пока вирус не передается напрямую от человека к человеку, что является необходимым условием для возникновения пандемии. Новосибирские ученые из центра «Вектор» и Института систематики и экологии животных СО АН РФ проводят мониторинг этого вируса у диких птиц.

Вирус гриппа человека. Вызывается грипп вирусами, относящимися к семейству *Orthomyxoviridae* (ортомиксовирусы), которое имеет три рода вирусов, вызывающих в основном грипп у человека – вирусы А, В, С: (*Influenzavirus A*, *Influenzavirus B* и *Influenzavirus C*). Это группа одноцепочечных, с минус цепью РНК вирусов, относящихся к группе V по классификации Балтимора V: (-) оцРНК-вирусы. В Европе эта болезнь известна как «инфлюэнция» – от итальян-

ского слова *influenza*, то есть «воздействие». Полагают, что оно появилось в эпоху Возрождения, когда причиной массовых заболеваний считалось неблагоприятное влияние звезд. Инфлюэнция или грипп является очень заразным заболеванием. Вирус выделяется во внешнюю среду с мельчайшими капельками слюны при разговоре, во время кашля, чихания и может попасть в организм других людей, находящихся вблизи.

Пандемия гриппа 1889-1890 годов, также известная как «азиатский грипп» или «русский грипп» – тяжёлое заболевание, унесшее жизни около 1 миллиона человек по всему миру. Учитывая, что население планеты не было таким большим, как сейчас, это была значительная цифра. В XX веке произошло три пандемии гриппа: «испанский грипп» 1918 года, «азиатский грипп» 1957 года и «гонконгский грипп» 1968 года. В 1918 году пандемия унесла жизни около 40-50 миллионов человек по всему миру.

Вирус H2N2, который появился в 1957 году (азиатский грипп), и вирус H3N2, который появился в 1968 г. («гонконгский грипп»), произошли в результате комбинации штаммов вирусов птичьего и человеческого типа.

Вирус свиного гриппа. Последняя пандемия произошла в 2009 г. и была вызвана вирусом гриппа А (H1N1), получившего название свиной грипп, т.к. передался он человеку от свиней. В глобальном масштабе, эта пандемия стала причиной от 100 000 до 400 000 случаев смерти только за первый год, а пандемия продолжалась 1,5 года.

Вирус передается от человека к человеку воздушно-капельным путем, а весной 2020 г. появились случаи этого заболевания, в связи, с чем Роспотребнадзор разработал документ о необходимости соблюдать меры безопасности, как и при коронавирусе.

Энтеральные коронавирусы свиней. По данным ученых за последние годы значительно увеличилось количество ранее неизвестных коронавирусов свиней CoVs. Классическим считался инфекционный гастроэнтерит свиней (ИГС) (трансмиссивный гастроэнтерит свиней – ТГС, болезнь Доила и Хитчингса) - остро протекающая высококонтагиозная болезнь, главным образом поросят до 3-мес возраста, проявляющаяся рвотой, тяжелой диареей и высокой смертностью (часто до 100%) среди поросят до 2-недельного возраста. Распространение вируса ТГС по эпителию кишечника происходит путем выделения вируса из инфицированных клеток в просвет кишечника, а затем заражаются близлежащие клетки через апикальный домен. Вирусную этиологию подтвердили Doyle и Hutchings (1946 г.), когда они описали фильтруемость этиологического агента. Вирус относится к семейству *Coronaviridae* роду *Coronavirus*. Вирус инфекционного гастроэнтерита свиней (ВИГС) впервые выделил и описал японский исследователь Тайима (1970 г.). Болезнь вызывает РНК-содержащий вирус. Вирионы полиморфны, величиной 75-120 нм, на поверхности имеются шипы с S белком. Вирус легко адаптируется и реплицируется в цитоплазме клеток первичных и перевиваемых культур, не вызывая в первых пассажах ЦПД (цитопатическое действие, т.е. характерное изменение клетки в культуре под действием вируса).

Лабораторные животные к вирусу невосприимчивы. Экспериментальную инфекцию можно вызвать лишь у свиней и собак введением вируса per os или интраназально. Диагностическую биопробу рекомендуется проводить на поросятах-сосунах и супоросных свиньях (перед опоросом). Увеличение числа новых коронавирусов затрудняет диагностику заболеваний, но способствует более глубокому изучению этих вирусов.

Вирус SARS-CoV-2 – Семейство *Coronaviridae*, род

Betacoronavirus B, выявлен как вызвавший пандемию пневмонии нового типа (*COVID-19*) в 2019 г. и ставший сейчас всемирной проблемой, в результате которой были закрыты многие границы и в странах введены экстренные меры безопасности (ограничение контактов, комендантский час, дистанционное обучение, ношение масок и перчаток, самоизоляция, сдача тестов ПЦР на наличие вируса).

Впервые представители семейства коронавирусов были выделены от больного ринитом в 1965 г. (Д. Тирелл и М. Бино). Затем последовало выделение новых вирусов, но никто не видел в них большой опасности. Считалось, что они вызывают легкие формы заболевания. Однако, в 2002 году, во время вспышки в Юго-восточной Азии заболевания ТОРС (тяжелый острый респираторный синдром), врач Карло Урбани, установивший эпидемическую опасность болезни, заразился от больного и умер. Вскоре было установлено, что причиной был ранее неизвестный вирус SARS-CoV. Семейство коронавирусов на май 2020 года насчитывало 43 вида РНК-геномных вирусов, объединённых в два подсемейства, которые поражают млекопитающих, включая человека, птиц и земноводных. Название связано со строением вируса, шиповидные отростки которого напоминают солнечную корону. Все коронавирсы имеют сферическую форму, диаметр 80-220 нм, окружены внешней липидной оболочкой, тип симметрии капсида – спиральный.

В настоящее время полагают, что коронавирусы вызывают заболевания млекопитающих (людей, летучих мышей, кошек, собак, свиней, крупного рогатого скота) и птиц. Источниками коронавирусных инфекций могут быть больной человек, животные. Возможные механизмы передачи: **воздушно-капельный, воздушно-пылевой, фекально-оральный, контактный**. Заболеваемость растёт зимой и ранней весной.

Вспышка **коронавирусной инфекции COVID-19 (пневмония нового типа)** началась в конце декабря 2019 г. У жителей города Ухань провинции Хубэй центрального Китая выявили первые случаи **пневмонии неизвестного происхождения**. Заболевание было связано с местным рынком животных и морепродуктов. 30 января 2020 г. ВОЗ признала вспышку нового коронавируса чрезвычайной ситуацией в области общественного здравоохранения, имеющей международное значение. 11 февраля 2020 года заболевание получило название новой коронавирусной пневмонии – **COVID-2019** (официальное название вызвавшего пандемию вируса – **SARS-CoV-2**). Количество заболевших и умерших в мире нарастало с катастрофической скоростью и 2 марта 2020 г. ВОЗ **объявила о начале пандемии COVID-19 (пандемия – массовое заболевание людей, рас-**

пространенное по всей планете) – семейство вирусов, включающее на май 2020 г. 43 вида РНК – содержащих вирусов, объединённых в два подсемейства, которые поражают млекопитающих, включая человека, птиц и земноводных. Название связано со строением вируса, шиповидные отростки которого напоминают солнечную корону.

Известно 7 коронавирусов, поражающих человека:

НCoV-229E – *A phacoronavirus*, впервые выявлен в середине 1960-х годов;

НCoV-NL63 – *Alphacoronavirus*, возбудитель был выявлен в Нидерландах в 2004 году;

НCoV-OC43 – *Betacoronavirus A*, возбудитель выявлен в 1967 году;

НCoV-HKU1 – *Betacoronavirus A*, возбудитель обнаружен в Гонконге в 2005 году;

SARS-CoV – *Betacoronavirus B*, возбудитель тяжёлого острого респираторного синдрома, первый случай заболевания которым был зарегистрирован в 2002 году;

MERS-CoV – *Btacoronavirus C*, возбудитель ближневосточного респираторного синдрома, вспышка которого произошла в 2015 году;

SARS-CoV-2 – *Betacoronavirus B*, выявленный во второй половине 2019 г., вызвавший пандемию пневмонии нового типа COVID-19 и ставший сейчас всемирной проблемой, в результате чего были закрыты многие границы и введены экстренные меры безопасности. На 02.09.2020 г. в мире заболело COVID-19-25,8 млн. чел., умерло 859 тыс., а на 21.04.2021 г. заболело всего 147 млн., скончались – 3,1 млн. чел. На 26.05.21 г. заболело 168 млн., умерло – 3,5 млн.

В процессе изучения вируса SARS-CoV-2 обнаружилось, что он вызывает не просто пневмонию, а заболевание сосудистой системы всего организма человека, что затруднило лечение и потребовало смены нескольких схем лечения с начала пандемии.

Оказалось, что вирус SARS-CoV-2, как и другие вирусы, мутирует, и стали появляться новые, отличающиеся по вирулентности и скорости распространения от исходного, штаммы. Генетическая последовательность WIV04/2019 вероятно, является исходным штаммом, заражающим людей, известным как «генетическая последовательность ноль».

Британский штамм. В Великобритании объявили о распространении в стране нового коронавируса штамма **V.1.1.7 (VUI202012/1)**, который отличался значительно большей заразностью (на 70% заразнее) по сравнению с исходным вариантом, и тем, что несет мутации D614G. Затем эту мутацию вируса выявили уже в нескольких странах мира, в том числе в Дании, Нидерландах и Австралии, и штамм продолжил распространяться высокими темпами по планете. Штамм 202012/01 (VOC-202012/01), ранее известный как первый штамм, находящийся на рассмотрении в декабре 2020 года.

(VUI – 202012/01), а также как линия V.1.1.7 или 20B/501Y.V1, был впервые обнаружен в октябре 2020 года во время пандемии COVID-19 в Великобритании из образца, взятого в предыдущем месяце. С тех пор его шансы на преобладание удваивались каждые 6,5 дней (предполагаемый интервал между поколе-

ниями вируса). Это коррелирует со значительным увеличением частоты инфицирования COVID-19 в Великобритании. Считается, что это увеличение, по крайней мере, частично, связано с изменением N501Y внутри рецептор-связывающего домена шипового гликопротеина, который необходим для связывания с ACE2 в клетках человека.

https://www.m24.ru/articles/obshchestvo/21122020/157522?utm_source=CopyBuf

Бразильский штамм В.1.1.248 отличается от первоначального вируса мутациями в 38 из 180 геномов. Линия В.1.1.248 была обнаружена в Токио 6 января 2021 года Национальным институтом инфекционных заболеваний (NIID). Новый штамм был обнаружен у четырех человек, прибывших в Токио из штата Амазонас 2 января 2021 года. Государственный бразильский фонд Освальдо Круза подтвердил свое предположение о том, что этот штамм был распространен в тропических лесах Амазонки. Данный штамм SARS-CoV-2 имеет 12 мутаций в спайковом белке, включая N501Y и E484K.

Препринт статьи Каролины М. Волоч и др. идентифицировал новую линию SARS-CoV-2, В.1.1.248, распространенную в Бразилии, и произошедшую от штамма В.1.1.28. В нем описывается, что новый штамм впервые появился в июле и впервые был обнаружен в октябре, но на момент публикации (декабрь 2020 г.), хотя частота его значительно увеличилась, его распространение все еще в основном ограничивалось столицей штата Рио-де-Жанейро.

Данный штамм вызвал вспышку заболеваемости в городе Манаус, несмотря на тот факт, что город уже испытал массовое заражение в мае, и исследование показало высокую распространенность серотипов антител к SARS-CoV-2. 11 февраля 2021 г. глава минздрава Бразилии сообщил о том, что данный штамм в три раза заразнее «оригинального» SARS-CoV-2.

https://www.m24.ru/news/medicina/23122020/146852?utm_source=CopyBuf

Южноафриканский штамм SARS-CoV-2 (501.V2, 20C/501Y.V2 или В.1.351) появился в декабре 2020 г.; распространяется по всему миру. За пределами Южной Африки он был обнаружен в Японии, Великобритании, Австрии и Норвегии. Теперь появился первый подтвержденный случай и в Польше. Секвенирование, проведенное Африканским центром передового опыта в области геномики инфекционных заболеваний в Нигерии, обнаружило штамм с мутацией P681H, общей с VOC-202012/01. Впервые секвенирован в августе, последствия для передачи и вирулентности неясны. Был включен в список новых штаммов Центром по контролю за заболеваниями США. У него нет других общих мутаций с VOC-202012/01, и по состоянию на конец декабря 2020 г. на этот штамм приходится около 1% вирусных геномов, секвенированных в Нигерии. Область мутации у коронавирусов сильно варьирует.

Калифорнийский штамм. Новая мутация коронавируса штамма В.1.427/В.1.429 (CAL.20C) могла появиться еще в июле 2020г., однако начала активно распространяться только в ноябре. Новый штамм был обнаружен в более чем половине образцов, взятых 13 января лабораторией в Лос-Анджелесе. Штамм CAL.20C впервые был обнаружен исследователями из Медицинского центра Cedars-Sinai в июле 2020 г. в одном из 1230 образцов вируса, собранных в

округе Лос-Анджелес. С тех пор этот штамм не обнаруживался в Южной Калифорнии до октября 2020 г. В ноябре 2020 г. на вариант CAL.20C приходилось уже 36 процентов проб, собранных в Медицинском центре Cedars-Sinai, а к январю 2021 г. на штамм CAL.20C приходилось 50% образцов.

<https://www.rbc.ru/rbcfreenews/600796679a79475fc2fffb25>

Новый штамм коронавируса, который получил название В.1.525, обнаружен в Норвегии в февраля 2021 г. **Линия В.1.525, также известная под названиями VUI-202102/03 или UK1188, частично похожа на штамм 501.V2,** но отличается наличием как мутации E484K, так и новой мутации F888L (замещение фенилаланина (F) на лейцин (L) в домене S2 белка-шипа). По состоянию на 16 февраля штамм был обнаружен в 15 странах, включая Великобританию, Данию, Финляндию, Нидерланды, Бельгию, Францию, Испанию, Нигерию, Гану, Иорданию, Японию, Сингапур, Австралию, Канаду и США. Первые случаи были выявлены в декабре 2020 г. в Великобритании и Нигерии, и по состоянию на 15 февраля это наиболее часто выделяемый в Нигерии штамм. По состоянию на 15 февраля в Великобритании было выявлено 38 случаев заражения им. Дания выявила 55 случаев заражения данным штаммом с 14 января по 9 февраля, семь из них были напрямую связаны с зарубежными поездками.

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D1%8B_SARS-CoV-2

Диагностика коронавирусов осуществляется несколькими методами.

1. Молекулярные тесты – ПЦР-анализ (полимеразная цепная реакция, позволяющая в целях диагностики возбудителя добиться значительного увеличения малых концентраций фрагментов нуклеиновой кислоты в исследуемом биологическом материале). В настоящее время в РФ сформированы тест-системы для выявления возбудителя атипичной пневмонии методом ПЦР, функционирует Центр генной диагностики особо опасных инфекционных заболеваний „Микроб“.

2. Иммуноферментный анализ (анг. ELISA enzyme-linked immunosorbent assay) – лабораторный иммунологический метод качественного или количественного обнаружения антител в сыворотке крови больных, взятой на 14-21 день от начала клинических проявлений болезни; **I. Определение антител в сыворотке больного** (в лунках планшеток с сорбированным антигеном) или **II. Определение антигена в сыворотке больного** (в лунках планшеток с сорбированными диагностическими антителами). иммунофлюоресцентные методы для выявления антител.

3. Изоляция на культуре клеток Vero (получена из эпителия почки африканской зеленой мартышки *Chlorocebus aethiops*) вирусных изолятов из клинических образцов – мокроты, крови, испражнений от больных с симптомами SARS-CoV-2.

4. Электронная микроскопия изолированных вирусов, позволяющая увидеть и изучить морфологию вируса.

Вирусы растений. Как и все вирусы, вирусы растений развиваются только внутри клетки, но особенность поражения растений состоит в том, что у них

очень прочная клеточная стенка, через которую вирусу трудно проникнуть в клетку, этому способствуют повреждения растений. Это могут быть насекомые, нематоды, а также вирусы могут попасть в растение через семена или пыльцу. Вирусы сгруппированы в 73 рода, все они являются РНК-геномными и изучены, в основном у культурных растений. Вирусы поражают представителей различных семейств цветковых растений, хвойных, папоротников. Часто резко снижают урожай с.-х. культур и его качество.

Вирусные болезни растений делят на **мозаики** и **желтухи**. Основной симптом мозаик – мозаичная (неравномерная) окраска листьев, обусловленная нарушениями в пластидном аппарате клеток ассимиляционной паренхимы листьев. Из болезней этой группы наиболее вредоносны: мозаика табака, мозаика и стрик томата, морщинистая и полосчатая мозаики картофеля, мозаика свёклы и др. Для желтух характерны: общий хлороз листьев; расстройство (нередко карликовость) роста; скручивание, курчавость листьев; чрезмерное скопление в них углеводов, вызывающее их жёсткость и хрупкость. К желтухам относят желтуху свёклы, закручивание злаков, скручивание листьев картофеля и др.

Мозаики легко передаются с соком больных растений во время пикировки рассады, при пасынковании, при соприкосновении больных и здоровых растений и лёгком взаимном травмировании их, например, при ветре, иногда через семена, а также сосущими насекомыми (главным образом тлями). Перенос вируса при этом происходит чисто механически. Желтухи распространяются преимущественно насекомыми-переносчиками, главным образом цикадами. Переносчиками вируса могут быть и растительноядные клещи, нематоды, низшие грибы. Почти все В. б. р. легко передаются потомству при вегетативном размножении, прививках.

Вирусы зимуют в растениях, в их отмерших остатках, в переносчиках, в посевном и посадочном материале. На скорость размножения вирусов в растительных тканях и на проявление симптомов болезни большое влияние оказывают возраст растений (наиболее восприимчивы молодые растения), условия их питания и другие факторы внешней среды.

Меры борьбы – использование иммунных сортов и борьба с переносчиками и сорняками.

Бактериофаги

Бактериофаги (от др.-греч. φάω «пожираю») – вирусы, поражающие бактерии, причем каждый вид бактериофага поражает своего хозяина, т.е. определенный вид бактерий. Этой специфичностью фагов пользуются для поиска бактерий в том случае, когда бактерии не культивируются по какой-то причине, а также это дает возможность использовать фаги в качестве «лекарства» против патогенных бактерий.

Сейчас известно, что существуют моновалентные фаги, взаимодействующие только с одним видом бактерий, поливалентные, поражающие близкородственные виды и типовые, взаимодействующие с определенным типом данного вида бактерий.

Первые наблюдения о лизировании (растворении) бактерий под действием какого-то фактора были сделаны одним из основоположников отечественной микробиологии Н.Ф. Гамалея. Он наблюдал в 1896 г. лизис колоний сибирской язвы под действием неизвестного фактора, который он назвал «бактериолизин».

Первые сообщения о неизвестном агенте, проходящем через бактериальный фильтр, в 1896 г. сделал британский химик Эрнест Хан Кин. Вдохновленный работой Ивановского он заметил, что после фильтрации через фарфоровый фильтр Шамберлана вода из индийских рек вызывала лизис, т.е. растворение бактерий. Что-то неизвестное проходило через мелкопористый фильтр, а затем разрушало (лизировало) бактерии. В 1915 г. английский микробиолог Ф. Туорт заметил, что стафилококк растворялся под действием какого-то фильтрующегося фактора, который можно было переносить от одной колонии к другой, вызывая «болезнь стафилококков» и их гибель.

По-настоящему бактериофаги были открыты и изучены в 1917 г. французским микробиологом д'Эррелем, а также им было дано это название – пожиратели бактерий. Он установил, что нечто «корпускулярной» природы разрушает бактерии дизентерии, выделив этот фактор из фекальных масс больных дизентерией. Чтобы убедиться в безопасности фагов, он опробовал фаги на себе и сотрудниках. После этого д'Эррель стал применять фаги для лечения дизентерии, а в 1922 г. выпустил труд, «Бактериофаг», посвященный тщательному анализу этих мельчайших существ, изученных насколько позволяли возможности того времени. Лишь много позже стало понятным, что фаги – это очень мелкие вирусы, имеющие разнообразную форму. Наиболее известная форма – в виде сложной симметрии с многогранной головкой (в проекции шестигранник) и хвостовым отростком, покрытого сокращающимся чехлом, и хвостовых нитей, которыми он прикрепляется к бактерии. Средний размер головки 60-100 нм, длина отростка – 100 нм. Фаг впрыскивает в бактерию свою нуклеиновую кислоту, оставаясь снаружи. Фаги могут не иметь отростка или иметь его короткий аналог, или могут иметь нитевидную форму. Размер фагов – 20-200 нм, имеют кубическую или спиральную симметрию. Бактериофаги выделены в 1 отряд, 13 семейств и 31 род. Более 95% известных фагов принадлежит порядку Caudovirales – хвостатые фаги. Три главных семейства порядка Caudovirales различаются строением хвоста: 60 % из охарактеризованных фагов относятся к семейству Siphoviridae с очень длинными, часто гибкими несократимыми хвостами; 25 % – Myoviridae с сократимым хвостом; и 15 % – Podoviridae с короткими несократимыми хвостами. Кроме семейств в классификации большое значение имеют морфологические типы фагов. Они могут содержать либо двунитчатую или одонитчатую ДНК, либо РНК.

Кроме применения фагов в терапии инфекционных заболеваний (стафилококковый, стрептококковый, коли, протейный, синегнойный, клебсиеллезный, брюшнотифозный, дизентерийный, сальмонеллезный и их комбинированных форм), можно применять фаги для обнаружения бактерий в продуктах питания, кормах и объектах внешней среды. В настоящее время разработаны методы фагоиндикации и фагоидентификации энтеробактерий родов *Proteus*, *Citrobacter*,

Enterobacter, *Klebsiella*, видов *Morganella morganii*, *Yersinia enterocolitica* и *Escherichia coli* сероваров 0157:H7 и 0157:H в объектах ветеринарного надзора. Предложено использование сибиреязвенного бактериофага Гамма А-26 для индикации и идентификации возбудителя сибирской язвы.

С точки зрения биологии, фаги выполняют функцию переноса генетической информации от одной бактерии к другой, осуществляя генетическую рекомбинацию бактерий за счет трансдукции генов.

Лизогенизация бактерий (когда фаг не вызывает гибель бактерии, а существует в виде профага в ее геноме) сопровождается изменением их морфологических, культуральных, ферментативных, антигенных и биологических свойств. Так, например, нетоксигенные штаммы коринебактерий дифтерии в результате лизогенизации превращаются в токсигенные.

В задачи вирусологии, помимо выявления новых вирусов, опасных для человека и животных, входит изучение роли вирусов в органическом мире, их происхождение и поиск путей защиты от их патогенных свойств.

Современные достижения вирусологии

Достижения вирусологии обязаны развитию методов культивирования клеток и тканей вне организма с тем, чтобы на них возможно было размножить вирус в нужном количестве. О том, насколько дороги и сложны методы культивирования тканей, можно судить из следующего примера по культивированию аденовирусов. Клеточные культуры – линии клеток А 549 (карцинома легкого человека) и МА-104 (эпителий почки эмбриона макаки) получают из коллекция клеточных линий человека и животных ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева» Минздрава России. Культивирование клеточных культур осуществляют в соответствии с паспортом на соответствующую культуру. Вирусы – Аденовирусы 3, 4, 6 (штамм Tonsill-99), 19 типов и РСВ (респираторно-синцитиальный вирус, штамм Long) получают из коллекции вирусов ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А. Смородинцева» Минздрава России. Для заражения клеточной культуры А 549 используют аденовирусы в дозе от 100 до 1000 ТИД50/мл, для заражения клеточной культуры МА-104 – РСВ в дозе 100 ТИД50/мл. При заражении клеточных культур А 549 клиническими образцами, инфекционный материал вносят в разведении 1:10. Зараженные клеточные культуры инкубируют при 37 °С в СО₂-инкубаторе и ежедневно исследуют под световым микроскопом на наличие признаков цитопатического действия вируса (ЦПД) (образование симпластов в клеточных культурах, зараженных РСВ или появлении круглых клеток и незначительном разрежении монослоя в клеточных культурах, зараженных аденовирусом). Результатом исследований респираторно-синцитиального вируса человека явился тот факт, что РСВ с мая 2016 г. отнесен к роду *Orthopneumovirus* семейства *Pneumoviridae*, геном содержит одноцепочечную (-) РНК, белок F на поверхности вириона вызывает слияние плазматических мембран близлежащих клеток и образование синцития.

Поскольку вирусы с самого начала существования человека вступили с ним в антагонистические отношения и вызывают массовые заболевания, то к до-

стижениям вирусологии, несомненно, можно отнести создание вакцин против вирусных инфекций. Различают несколько вариантов вакцин – **инактивированная** (вирус убит химическими реактивами, температурой, радиацией), вирус не опасен, но иммуногенен (вакцины против вирусов гриппа, полиомиелита); **живая ослабленная** (вакцина против кори, эпидемического паротита и краснухи (КПК) и вакцина против ветряной оспы и опоясывающего лишая), не желательна применение у лиц с ослабленной иммунной системой, т.к. вирус живой; **векторная вакцина**: в этом виде вакцины используется безопасный вирус, который доставляет специфические субэлементы (белки) соответствующего вируса, благодаря чему вакцина способна активировать иммунный ответ, не вызывая болезни. С этой целью в безопасный вирус вводится код для формирования определенных частей соответствующего патогена. Такой безопасный вирус затем используется в качестве платформы или вектора для доставки в клетки организма белка, который активирует иммунный ответ. Примером этого типа вакцин, которые могут быть разработаны в короткие сроки, является вакцина против Эболы.

В **субъединичных вакцинах** используются только специфические фрагменты (субъединицы) вируса или бактерии, которые иммунная система должна распознать. Они не содержат цельных микроорганизмов или безопасных вирусов в качестве вектора. В качестве субъединиц могут использоваться **белки или сахара**. Большинство вакцин, применяемых в календаре детских прививок, являются субъединичными и защищают от болезней, вызываемых бактериями (коклюш, столбняк, дифтерия и менингококковый менингит). **Вакцины на основе генетического материала (нуклеиновых кислот)**. В отличие от вакцин, на основе ослабленных или нежизнеспособных цельных микроорганизмов или их фрагментов, в вакцине на основе нуклеиновых кислот используется участок генетической структуры, содержащий программу для генерации специфических белков, а не цельный микроорганизм. ДНК и РНК содержат код, который используется клетками нашего организма для выработки белков. При этом ДНК сначала превращается в информационную мРНК, которая затем используется в качестве программы для продуцирования специфических белков. Вакцина на основе нуклеиновой кислоты доставляет в клетки нашего организма определенный набор инструкций в виде ДНК или мРНК, побуждая их синтезировать нужный специфический белок, который иммунная система нашего организма должна распознать и дать на него иммунный ответ.

Технология с использованием генетического материала представляет собой новый способ получения вакцин. До пандемии COVID-19 ни одна из них еще не прошла через все стадии процесса одобрения для введения людям, хотя некоторые ДНК-вакцины, в том числе для определенных видов рака, проходили исследования с участием людей. Из-за пандемии исследования в этой области продвигались очень быстро, и на некоторые вакцины против COVID-19 на основе мРНК выдаются разрешения для использования в чрезвычайных ситуациях; а это означает, что теперь они могут вводиться людям, а не только использоваться в клинических исследованиях.

Большая победа одержана над **вирусом оспы**, который благодаря массовым прививкам, продолжавшимся по всему миру с 1966 г. в течение 20 лет, считается ликвидированным в 1980 г. Но это единственный вирус, который удалось победить полностью. С 1997 г. на базе ГНЦ ВБ «Вектор» функционирует один из двух имеющихся в мире центров ВОЗ по диагностике ортопоксвирусных инфекций и музея штаммов и ДНК вируса оспы. По согласованию с ВОЗ, центр проводит исследования вируса натуральной оспы, направленные на разработку средств диагностики, профилактики и лечения этого заболевания. В 2019 г. стартовала первая фаза клинических исследований вакцины против натуральной оспы VАСД6, в которых принимают участие 60 добровольцев. Вакцина, относящаяся к четвертому поколению, является технологически передовым препаратом мирового уровня и призвана стать одним из важнейших элементов в арсенале российских средств противодействия натуральной оспе. Это важно, чтобы оспа не вернулась.

Против других вирусов также созданы вакцины – **полиомиелит** стал управляемым заболеванием благодаря разработке вакцины (1952 г. американский врач Джонас Салк – в виде инъекций и в 1961 г. Альберт Сейбин - вакцинирование через рот.). Заболеваемость этим страшным недугом, вызывающим параоич, в США и Европе резко пошла на спад.

В России в рамках национального календаря профилактических прививок проводится иммунизация детей против полиомиелита в 3 и 4,5 месяца **инактивированной вакциной**, в 6 месяцев – **живой оральной полиомиелитной вакциной (ОПВ)**. В возрасте 18, 20 месяцев и 14 лет также проводится ревакцинация против полиомиелита **живой вакциной**.

Вирус гриппа каждый год вызывает заболевания в России у 35 млн. человек и каждый год фиксируется 250-500 тыс. смертей, а 3-5 млн. случаев протекает очень тяжело. Своевременная вакцинация на 60-80% предотвращает заболеваемость гриппом, поэтому основная работа ведется в направлении разработки вакцин. Вирус гриппа представляет по-прежнему большую опасность.

Если первые вакцины (против оспы, бешенства) создавались интуитивно, то теперь они создаются на основе глубокого изучения вирусов, их состава и свойств.

При создании противовирусных вакцин сначала использовались цельные вирионы возбудителя, которые ослаблялись или убивались, получались живые ослабленные или убитые вакцины. Большие успехи достигнуты в предупреждении эпидемий гриппа, для чего был разработан еще один принцип получения вакцин – создание вакцины на основе не всего вируса, а только одного его белка – гемагглютиниона, отвечающего за прикрепление вируса к клетке. Вирус гриппа – РНК-геномный вирус, на поверхности которого имеются шипы. Многие годы различные штаммы вируса гриппа (преимущественно типа А) вызывали большую смертность на планете («испанка», вирус подтипа Н1N1, в 1914-1920 гг. – причина пандемии, жертвами которой стали от 40 до 100 млн. человек; азиатский Н2N2, в 1957-1958 гг., унесший 1 млн. жизней; гонгконговский А(Н3N2), в 1969-1970 гг.). Затем ученые узнали, что основными поверхностными белками

вируса гриппа являются гемагглютинин (H) и нейраминидаза (N), по первым буквам которых обозначаются вирусы гриппа типа А, чаще всего вызывающие заболевания А(Н1N1) и А(Н3N2). Гемагглютинин обеспечивает прикрепление вируса к клетке, а нейраминидаза отвечает за способность вирусной частицы проникать в клетку хозяина и выходить из нее после репродукции.

Вариантов вируса гриппа много, они подразделяются на типы: А, В, С. Вирусы гриппа А являются самыми опасными, так как именно они ответственны за пандемии и тяжелые эпидемии. Эти возбудители более патогенны и заразны, чем вирусы гриппа В и С. Дело в том, что вирус А содержит два типа нейраминидазы (N1, N2) и четыре типа гемагглютинина (H0, H1, H2, H3), благодаря чему он более изменчив, а вирусы В не подразделяются на подтипы (только на две линии). Вирус гриппа С содержит только гемагглютинин и не содержит нейраминидазу. Вирусы гриппа С, в отличие от вирусов А и В, не вызывают эпидемий, только приводят к заболеваниям в легкой и бессимптомной форме у детей и пожилых пациентов.

Гемагглютинин является основным компонентом гриппозных вакцин, так как именно он индуцирует в организме человека образование защитных антител. На сложной трехмерной структуре этого белка располагаются такие участки, которые очень важны с точки зрения профилактики гриппа, – это антигенные домены. Когда антитела образуются, они блокируются именно с этими участками и лишают вирус возможности входить в клетку. Но вирус гриппа пытается преодолеть иммунную систему человека. В структуре его поверхностных белков происходят различного рода мутации, которые приводят к изменению свойств вируса, или его дрейфу. Нейраминидаза также меняется. Возможно изменение одного или двух антигенов одновременно. В настоящее время известны 18 подтипов гемагглютининов (H1-H18) и 11 подтипов нейраминидаз (N1-N11).

Сейчас изучение вирусов гриппа достигло такого совершенства, что дает возможность предсказывать, какие именно штаммы будут потенциально опасны в конкретном году. Например, в 2019-2020 гг. в Северном полушарии, по данным ВОЗ, были предсказаны как доминирующие, следующие штаммы:

- A/Brisbane/02/2018,(H1N1)pdm09.
- A/Kansas/14/2017(H3N2).
- B/Colorado/06/2017 (линия В/Victoria-подобных).
- B/Phuket/3073/2013 (линия В/Yamagata-подобных).

После таких прогнозов готовят вакцины на основе этих штаммов. Первые три предназначены для трехвалентных вакцин от гриппа, четвертый – дополнительный штамм для включения в четырехвалентные вакцины. В основе вакцин – гемагглютинин. На один штамм уходит 15 мкг, таким образом, трехвалентные вакцины содержат 45 мкг, а новейшая четырехвалентная «Ультрикс Квадри» – 60 мкг гемагглютинина.

Новейшая отечественная четырехвалентная вакцина изготавливается на заводе «ФОРТ» в Рязанской области. Начинается процесс создания вакцины от гриппа – с яиц. Ежедневно в сезон производства на «ФОРТ» привозят более 160 тыс. куриных эмбрионов. Их дезинфицируют и раскладывают по технологиче-

ским ячейкам, после чего машина при помощи «укола» заражает инфекцией каждый куриный эмбрион определенным штаммом вируса гриппа, который будет размножаться 48 часов в аллантаином мешке куриного эмбриона – полости с жидкостью в тупом конце яйца.

Спустя двое суток эту жидкость с вирусом откачивают вакуумом из эмбриона. Из каждого яйца выходит примерно по 8 мл, это чуть больше 1000 литров от ежедневной партии яиц, которая поставляется на «ФОРТ». Далее эту жидкость инактивируют, очищают на фильтрационных установках и крутят в центрифугах на огромных оборотах, выделяя очищенный вирус, и от 1000 литров остается лишь один литр. Затем стартует самый главный процесс – расщепление вируса. Вирус «раскладывают по полочкам», выделяя белок гемагглютинин – основу будущей вакцины. Так же поступают с остальными тремя подтипами вирусов гриппа для четырехвалентной вакцины.

Завершающая стадия производства выполняется в стерильных асептических зонах, в которых гемагглютинин от четырех вирусов объединяется в одном реакторе. После чего следует автоматический розлив вакцины в шприцы. Готовые шприцы с вакциной попадают в зону инспектирования и этикетирования препарата. Там они проверяются на отсутствие повреждений и соответствие дозе с помощью автоматических оптических камер, а затем на них наклеивается этикетка.

На упаковочных машинах шприцы укладываются вместе с инструкцией по применению в пачку и приобретают привычный вид для любого лекарственного препарата. Такую коробочку с гриппозной вакциной можно приобрести в аптеке, а можно привиться бесплатно в любой поликлинике. Традиционно пик распространения гриппа приходится на конец января – начало февраля, но начаться волна может уже в ноябре. Организму требуется 2-4 недели, чтобы выработать иммунитет после прививки.

Наша страна лидирует по изготовлению противовирусных вакцин. В 2022 г. производитель вакцин Ростех планирует занять место в пятерке крупнейших производителей в мире по производству важнейшего компонента для противогриппозных вакцин – гемагглютинина, и произвести его до 5 кг, т.е. для многих миллионов доз противогриппозной вакцины.

Создание вакцин против коронавируса SARS-CoV-2.

Наша страна создала и зарегистрировала **первую в мире вакцину «Спутник V» («Гам-КОВИД-Вак»)** против новой коронавирусной инфекции. Это комбинированная векторная вакцина для профилактики COVID-19.

Разработана российским Национальным исследовательским центром эпидемиологии и микробиологии имени Н.Ф. Гамалеи и 48-м Центральным научно-исследовательским институтом Минобороны России.

Вакцина «Спутник V» получена биотехнологическим путём, при котором не используется патогенный для человека коронавирус SARS-CoV-2. Препарат состоит из двух компонентов, в состав каждого из которых входит рекомбинантный аденовирусный вектор на основе серотипов 5 и 26 аденовирусов человека.

Вакцина была зарегистрирована 11 августа 2020 г. Министерством здравоохранения РФ, 10 декабря 2020 г. в России, в Москве, началась бесплатная вакцинация на добровольной основе. Этим же центром была ранее создана вакцина ГамЭвак-Комби против гемморагической лихорадки Эбола. Вакцина «ГамЭвак-Комби» тоже двух компонентная, в качестве вектора содержит аденовирус 5-го серотипа (Ad5). Первый компонент содержит рекомбинантные вирусные частицы на основе вируса везикулярного стоматита (VSV-), экспрессирующие ген GP вируса Эбола, второй компонент содержит рекомбинантные псевдоаденовирусные частицы, экспрессирующие ген GP вируса Эбола.

Вторая отечественная вакцина «ЭпиВакКорона» против SARS-CoV-2 одноконтинентная пептидная вакцина, разработанная в ГИЦ ВБ «Вектор».

Список веществ, входящих в состав вакцины «ЭпиВакКорона».

0,5 мл (1 доза) вакцины содержит:

Действующие вещества:

- пептидный антиген № 1 белка S вируса SARS-CoV-2, конъюгированный на белок-носитель – (75 ±15) мкг;
- пептидный антиген № 2 белка S вируса SARS-CoV-2, конъюгированный на белок-носитель – (75 ±15) мкг;
- пептидный антиген № 3 белка S вируса SARS-CoV-2, конъюгированный на белок-носитель – (75 ±15) мкг.

Вспомогательные вещества:

- алюминия гидроксид в пересчете на (Al³⁺) – (0,60 ±0,10) мг;
- калия дигидрофосфат – (0,12±0,01) мг;
- калия хлорид – (0,10± 0,01) мг;
- натрия гидрофосфата додекагидрат – (1,82±0,10) мг;
- натрия хлорид – (4,00 ±0,20) мг;
- вода для инъекций – до 0,5 мл.

При изготовлении вакцины «ЭпиВакКорона» клеточные линии не использовались и не будут использоваться. В вакцине «Спутник V» для культивирования аденовирусов применяются клеточные линии.

Большинство коммерческих тестовых наборов нацелены на обнаружение широкого спектра антител к различным участкам оболочечного **белка S нового коронавируса**, и их чувствительности может быть недостаточно для обнаружения небольшого пула ключевых антител, образующихся после прививки вакциной «ЭпиВакКорона». Подобные тест-системы с высокой вероятностью не будут определять антитела у лиц, привитых «ЭпиВакКороной». В связи с этим, для оценки уровня сформировавшегося после введения вакцины иммунитета необходимо использовать специальные ИФА тест-системы «SARS-CoV-2-IgG-Вектор», разработанные в том числе с учетом особенностей формирования иммунитета в ответ на введение пептидной вакцины. Эти ИФА тест-системы поставляются во все регионы, где проводится иммунизация населения вакциной «ЭпиВакКорона».

Третья отечественная вакцина КовиВак – инактивированная вакцина против COVID-19, разработанная ФГБНУ «ФНЦИРИП им. М.П.Чумакова РАН», приготовлена по классическому принципу.

В мире продолжается разработка вакцин против новой коронавирусной инфекции. На платформе аденовирусов созданы Ad26.COV2.S – аденовирусная вакцина разработки Johnson & Johnson.

Ad5-nCoV – аденовирусная вакцина, разработанная китайской фармацевтической компанией CanSino Biologics.

BNT162b2 – вакцина на базе мРНК против COVID-19, разработанная немецкой биотехнологической компанией BioNTech при сотрудничестве с американской Pfizer.

MRNA-1273 – вакцина против COVID-19, разрабатываемая американской компанией Moderna.

AZD1222 – векторная вакцина против COVID-19, разработанная Оксфордским университетом и компанией AstraZeneca.

Работа над созданием вакцин продолжается.

Несмотря на достигнутые успехи в борьбе с вирусами, пандемия, вызванная коронавирусом SARS-CoV-2 в 2019 г. и продолжающаяся до сих пор, показала, что человеку еще предстоит многое узнать о вирусах, и необходима большая исследовательская работа, чтобы научиться ими управлять.

1.6 Биоразнообразие микроорганизмов (объекты микробиологии)

1.6.1 Микроорганизмы клеточной организации – прокариоты.

Предметом изучения микробиологии являются самые разнообразные виды микроскопических существ, размеры которых и основные формы, видимые в световом микроскопе, приводятся ниже. Среди них примеры форм «анималькулей», впервые описанных Антони ван Левенгуком (1632-1723) – палочковидная, шаровидная и извитая формы, а также примеры вновь открытых за последующие триста лет разнообразных по форме и особенностям функционирования микроорганизмы.

Поскольку среди микроскопических существ встречаются представители разных царств, в приведенных примерах подчеркиваются особенности клеточной организации этих организмов – **прокариоты** (доядерные), от лат. *Procaryota*, от др.-греч. πρό ‘перед’ и κάρυον ‘ядро’, или **эукариоты** (истинно ядерные), от лат. *Eukaryota*, от др.-греч. εὖ- «хорошо; полностью» + κάρυον «орех; ядро»); в эволюционном плане эукариотические клетки более совершенны, чем прокариотические.

Бактерии – (от лат. *bacterion*–трость), микроорганизмы палочковидной формы. Самый изученный объект среди прокариота – *Escherichia coli* (кишечная палочка), размер ее 0,3-1,0 x 1,0-3,0 мкм, открыта (выделена из кишечника ребенка) Теодором Эшерихом (1885); постоянно обитает в толстом отделе кишечника теплокровных животных и человека, являясь представителем их нормаль-

ной микробиоты. В процессе своей жизнедеятельности бактерии продуцируют ценные витамины, в том числе витамин К (участвует в механизмах свертывания крови), и ферменты, расщепляющие составные части пищи или корма, что способствует их усвоению макроорганизмом.

E.coli является естественным антагонистом патогенных бактерий, не давая им заселить слизистую кишечника. Вместе с тем, отдельные разновидности (штаммы) кишечной палочки, например, *Escherichia coli O104:H4*, могут сами быть патогенными и вызывать у людей массовые кишечные инфекции, которые были описаны сравнительно недавно в Южной Корее (2005) и в Германии (2011).

Свойство кишечной палочки обитать в условиях толстого кишечника, а не во внешней среде, используется в санитарной микробиологии. Обнаружение *E.coli* в пищевых продуктах или на оборудовании пищевого предприятия свидетельствует об их загрязнении выделениями кишечника человека или животных, т.е. кишечная палочка является в данном случае показателем неудовлетворительного санитарного состояния. *E.coli* относят к одному из важных санитарно-показательным микроорганизмам (СПМ).

E.coli – классический объект исследования молекулярной генетики, на котором изучены наиболее принципиальные проблемы организации генетического материала у прокариот. Для работы с кишечной палочкой был получен штамм, способный размножаться вне кишечника, на питательной среде в лабораторных условиях. Такой штамм *E. coli K-12* был впервые выделен в 1922 г. и с тех пор продолжает использоваться и в наши дни. Другой штамм *E. coli B* изолирован в 1918 г., и активно использовался в работах по исследованию вирусов бактерий (бактериофагов T5 и T7 в 40-х г. XX в.). Штамм также продолжает функционировать и служить ученым сейчас.

Штамм *E. coli K12* был успешно использован Дж. Ледербергом и Э. Тейтумом в 1946 г. для доказательства существования рекомбинаций (перестройки) наследственного материала у бактерий. Позже Дж. Ледерберг построил для нее первую генетическую карту, а Ф. Жакоб и Э. Вольман - первую кольцевую карту. В 1963 г. Дж. Кернс сфотографировал кольцевой геном *E. coli* в процессе его репликации (www.bionet.nsc.ru/vogis/).⁶ *E. coli K12* хорошо приспособлена к росту в лабораторных условиях. Работа по проекту полного секвенирования генома *E. coli K12* была начата в 1991 г. под руководством д-ра Фреда Блаттнера (лаборатория генетики, Висконсинский университет, г. Медисон, США). В январе 1997 г. основные результаты были переданы в компьютерную базу данных *GenBank*, а в сентябре 1997 г. в американском журнале "Science" появилась итоговая статья коллектива участников секвенирования. Полная последовательность ДНК генома *E. coli K12* стала достоянием науки. Размер генома составил 4.639 L (Мб). http://www.bionet.nsc.ru/vogis/vestnik.php?f=2002&p=18_1.

Кишечная палочка широко используется в генетической инженерии для создания новых штаммов, не существующих в природе, с целью получения продукции, которая в норме микроорганизмами не синтезируются (инсулин, сомато-

тропин, интерферон), но необходимы человеку для лечения различных патологических состояний.

К бактериям – микроорганизмам палочковидной формы, относятся многочисленные виды, вызывающие заболевания человека и животных – сальмонеллы, иерсинии, листерии и другие, сведения о которых рассматриваются в медицинской и ветеринарной микробиологии.

Бациллы – (лат. *bacilli*, ед. ч. *bacillum* или *bacillus* – «палочка»), микроорганизмы палочковидной формы, образующие споры, прокариоты.

Bacillus subtilis (сенная палочка), размер 0,7-0,8 x 2,0-3,0 мкм, обычное место обитания – поверхность растений, сено, почва. Детально изучены многочисленные штаммы бактерий этого вида и среди них не обнаружены патогенные для теплокровных животных и человека.

Геном ***Bacillus subtilis*** штамма 168 представлен кольцевой двухцепочечной молекулой ДНК размером 4214814 п.н. и содержит 5279 генов. ***Bac. subtilis*** является продуцентом множества биологически активных веществ ферментов (протеаз, амилаз), аминокислот, полисахаридов, антибиотиков и других соединений. Эти микроорганизмы используются в биотехнологии для промышленного получения ферментных препаратов на основе синтезируемых ими амилаз и протеаз. Препараты – амилосубтилин и протосубтилин находят применение в животноводстве, т.к. расщепляют углеводистые и белковые корма, способствуя их усвоению животными. В растениеводстве препараты из сенной палочки – натуральное средство для борьбы с грибковыми болезнями растений. В медицине и ветеринарии находят применение пробиотики, созданные на основе бацилл. В 1997 г. секвенирован геном сенной палочки, имеющий размер 4.214 L (Мб).

http://www.bionet.nsc.ru/vogis/vestnik.php?f=2002&p=18_1

В санитарной микробиологии наличие сенной палочки в пищевых продуктах может быть показателем загрязнения их почвой, и может привести к порче этих продуктов и, соответственно, к пищевым отравлениям при их употреблении.

Bacillus anthracis (возбудитель сибирской язвы), размер **1,0-2,0 x 6,00-10,0 мкм**; значение микроорганизма как возбудителя сибирской язвы доказано немецким микробиологом, основоположником медицинской микробиологии, Робертом Кохом (1876). Место обитания бацилл – почва, но при попадании в организм животного вызывает опасное заболевание, передающееся человеку через продукцию. Характерным признаком всех бацилл является наличие споры. Спора у бацилл не служит способом их размножения, т.к. из одной споры образуется одна клетка. Спора помогает микроорганизму сохраняться в почве сотни лет, т.к. защищает его от влияния различных неблагоприятных факторов. Спора – видовой признак микроорганизма.

Сибирская язва вызывала массовую гибель животных (эпизоотии) в Европе в XIX в. Вакцину против этого заболевания создал в 1877 г. основоположник микробиологии, а также иммунологии, французский ученый Луи Пастер (1822-1895). Разработанный им принцип аттенуации (ослабления) патогенных микро-

организмов лег в основу сделанных им вакцин против холеры кур, бешенства и подсказал путь для создания вакцин на многие годы вперед.

Кокки – шаровидной формы (от др.-греч. κόκκος – «зерно»), **прокариоты**, в зависимости от взаимного расположения клеток после деления образуют цепочки (**стрептококки**), «грозди винограда» (**стафилококки**), пакеты из 8 и более клеток (**сарцины**), группы из 4-х кокков – (**тетракокки**), пары клеток – (**диплококки**); в последнем случае кокки могут выглядеть как кофейные зерна или иметь ланцетовидную форму, что имеет диагностическое значение при их идентификации. *Staphylococcus aureus* – шаровидные клетки, диаметр **0,5-1,0 мкм**.

Многие виды бактерий, имеющие эти формы, являются представителями микробиоты тела человека и животных, но в определенных условиях становятся патогенными, поэтому относятся к условно-патогенным. Стафилококк, обитатель кожных покровов и носоглотки человека, откуда может попасть в продукты, в раны, и вызвать или пищевое отравление, или гнойный воспалительный процесс, т.к. вырабатывает сильный токсин (ядовитое вещество).

В настоящее время золотистый стафилококк относится к супербактериям, резистентным к антибиотикам, и представляет угрозу не только здоровью, но и жизни человека. Коллектив ученых научно-исследовательской лаборатории «Структурная биология» Казанского университета расшифровал атомную структуру белка стафилококка и на основе одиночных мутаций в его структуре выявил потенциальные участки как мишени для разработки новых эффективных антибиотиков для борьбы с инфекцией. <https://media.kpfu.ru/news/otkrytie-uchenykh-kfu-pozvolit-sozdat-antistafilokokkovyy-antibiotik>

Извитые формы – вибрионы, спираиллы, спирохеты; все прокариоты. **Вибрионы** (от лат. «vibrio» – изогнутый) – клетки имеют форму изогнутых палочек, по форме напоминающие запятую. Такую форму имеют клетки *Vibrio cholerae* (холерный вибрион), его **размер 0,2-0,4 x 1,5-4,0 мкм**. Доказана патогенность вибриона в 1883 г. Робертом Кохом, в связи, с чем за ученым закрепилось открытие микроорганизма.

Кампилобактеры – клетки имеют изгибы, подобные форме крыла чайки; к этим бактериям относится *Helicobacter pylori* (лат. спиралевидная бактерия, обитающая в привратнике желудка). В 1997 г. был секвенирован геном бактерии, имеющий 1.667 L (Мб). В 2005 г. ученые Робин Уоррен и Барри Маршал получили Нобелевскую премию за открытие роли этих микроорганизмов в развитии язвенной болезни, не считавшейся до этого инфекционным заболеванием.

Спириллы (лат. Spirillum, от лат. spira, др.-греч. speira – изгиб, извив, виток) – *клетки характеризуются слабо извитыми формами, с 3–5 завитками; постоянный обитатель воды – Spirillum volutans* – крупная извитая бактерия **размером 1,5-2,0 x 30,0-70,0 мкм**. *Размеры спирилл варьируют у разных видов в широких пределах: ширина от 0,6-0,8 до 2-3 мкм, длина от 1-3,2 до 30-50 мкм и более.*

Спирохеты – клетки с сильно извитыми формами – тонкие, длинные, со множеством завитков.

Спирохеты делят на:

- **лептоспиры** – завитки с загнутыми крючкообразными концами (S-образна форма) *Leptospira interrogans*, размер 0,1 x 6,0-20,0 мкм;

- **боррелии** – род назван в честь французского медика и бактериолога Амадея Борреля (1867-1936) – извитые бактерии с 4-12-ю неправильными завитками. *Borrelia reccurentis* (возбудитель эпидемического возвратного тифа, передаваемого вшами), размер 0,2-0,3 x 10,0-20,0 мкм. Роль микроорганизмов в распространении заболеваний через вшей подтверждена в опытах по самозаражению русского врача-инфекциониста Г.Н. Минха (1835-1896) и известного ученого И.И. Мечникова (1845-1916);

- **трепонемы** – (14-17 равномерных мелких завитков). *Treponema pallidum* (бледная спирохета), возбудитель сифилиса, размер 0,2-0,3 x 6,0-14,0 мкм.

В заключении можно сказать, что извитые формы имеют различные размеры клеток: от небольших 0,2-0,4 x 1,5-4,0 у вибрионов, до 2,0-3,0 x 15,0-20,0 мкм, и даже более. Отдельные виды трепонем могут достигать в длину 200 мкм.

Среди извитых бактерий многие являются возбудителями заболеваний.

Особую группу составляют бактерии, не имеющие определенной формы – микоплазмы, установление природы которых представляло значительные трудности.

Микоплазмы – (мягкотелые, от лат. *Mollicutes*) мельчайшие из прокариот, не имеют клеточной стенки и поэтому не имеют определенной формы. *Mycoplasma pneumonia* (микоплазмы – возбудители воспаления легких), часто видны как сферические формы, диаметром 0,15-0,20 мкм, могут иметь нитевидную форму и больший размер.

Риккетсии – *Rickettsia prowazekii* (риккетсии Провачека, кокковидные формы имеют диаметр 0,5 мкм, палочковидные – в длину 1,0-1,5 мкм, изогнутые формы значительно длиннее. Эти бактерии характеризуются внутриклеточным паразитизмом в организме человека и животных, что не характерно для обычных бактерий, из-за чего они получили название «злейшие враги человечества». Переносятся кровососущими насекомыми. Названы по имени двух исследователей, погибших при их изучении (**Ricketts** Н. Т. 1871-1910 и **Prowacek** S. J. М., 1875-1915).

Хламидии – (от лат. *Chlamydia* - одетые в плащ), *Chlamydia pneumoniae*, возбудители хламидиозной пневмонии; **прокариоты** – но необычные бактерии, существуют в виде внеклеточных инфекционных элементарных телец (ЭТ) – размер в диаметре 0,15-0,20 мкм, и в виде внутриклеточной формы – ретикулярные тельца (РТ), размер в диаметре до 1,0 мкм. Возбудители различных хламидиозов. Эти бактерии отличаются внутриклеточным паразитизмом, не синтезируют АТФ, являясь энергетическими паразитами, имеют необычный для большинства бактерий способ существования и размножения.

Актинобактерии – (*Actinobacteria* – *actis* – луч, лучистые бактерии) (прежнее название актиномицеты или лучистые грибки). Своеобразная группа бактерий, объединяющая в себе грамположительные и грамотрицательные бактерии, часть которых способна к спорообразованию. Размер их клеток колеблет-

ся от длины 2,0-5,0 мкм до длины 7,0-12,0 мкм, иногда длина достигает 16 мкм при ширине 0,7-0,9. Своеобразие состоит в наличии у бактерий тонкого мицелия с диаметром 0,4-1,5 мкм, а также в способности размножаться спорами, что делает их похожими на грибы. Многие актинобактерии образуют пигмент. Примерами актинобактерий могут быть микобактерии, распространенные в воде и в почве. *Mycobacterium tuberculosis* (возбудитель туберкулёза), медленно растущие на питательных средах бактерии, не образующие воздушного мицелия, кислотоустойчивые, не имеющие спор. Микобактерии являются и возбудителями проказы.

Бактерии рода *Bifidum* (*B. bifidum*, *B. adolescentis* и др.) – постоянные обитатели толстого кишечника человека и животных, а также рубца жвачных (*Propionibacterium*). К спороактиномицетам относятся патогенные для человека и животных виды коринебактерий, вызывающие дифтерию, и нокардии, вызывающие микозы. В этой же группе находятся стрептомицеты (род *Streptomyces*), продуценты антибиотика, эффективного против туберкулеза. Актинобактерии используются в биотехнологии как самые многочисленные продуценты разнообразных антибиотиков. Обычная среда обитания микроорганизмов – почва.

Фузобактерии – (лат. *Fusobacteria*) – бактерии, обитающие в рубце у жвачных, в желудочно-кишечном тракте человека и животных, в ротовой полости. Анаэробы, получающие энергию за счет брожения и образующие смесь органических кислот.

Миксобактерии (лат. *Mucococcales*) (от греч. *Μυχα* – слизь и бактерии) своеобразная группа почвенных бактерий, обладающих способностью к скользящим движениям и образующих плодовое тела и миксоспоры. Вегетативные клетки палочковидные (0,7-1,0-3,0-6,0 мкм), размножаются поперечным делением. При образовании плодовых тел клетки образуют устойчивые к высушиванию миксоспоры, сползаясь вместе и изменяя свою форму. Каждая такая миксоспора затем даёт начало вегетативной клетке палочковидной формы, размножающейся поперечным делением. К систематическим признакам миксобактерий относят размер, форму и цвет плодовых тел. Обладают относительно большими для бактерий геномами, состоящими из 9-10 миллионов пар нуклеотидов. Активно разрушают любые органические субстраты, в том числе и бактерии других видов, поэтому их называют бактериальными хищниками.

Sorangium cellulosum (*Polyangium cellulosum*) обладает геномом в 13 с лишним миллионов пар нуклеотидов, на 2007 г. это был самый крупный из известных бактериальных геномов.

Цианобактерии – (лат. *Cyanobacteria*, от греч. *κυανός* – сине-зелёный) – крупные бактерии, ранее относившиеся к сине-зеленым водорослям; в результате изучения строения клетки отнесены к **прокариотам** и переименованы в бактерии. Своеобразная группа, включающая одноклеточные, колониальные и многоклеточные формы. Особенностью микроорганизмов является способность к фотосинтезу с выделением O₂, присущая обычно растениям. Цианобактерии содержат в клетке особые структуры – тилакоиды, в которых локализованы компоненты фотосинтетического аппарата. Цианобактерии распространены повсе-

местно, особенно они заметны в спокойных богатых питательными веществами водах. Некоторые виды цианобактерий производят токсины, воздействующие на животных и людей. Люди могут подвергаться воздействию токсинов цианобактерий, когда пьют зараженную воду или купаются в ней. Самые частые и серьезные последствия для здоровья возникают при употреблении воды, содержащей токсины цианобактерий, или ее попадании в организм при рекреационном водопользовании.

Археи и их особенности

Археи – Archaea Woese and Fox (от др.-греч. ἀρχαῖος «извечный, древний, первозданный, старый»), прокариоты, считаются самыми древними на планете, но открыты были недавно (Карл Вёзе, 1977). Прежнее название – архебактерии, но после изучения ДНК архей, от термина бактерии по отношению к археям, отказались. Формы архей необычны для бактерий (в виде замкнутых и незамкнутых колец, шестиугольной звезды, бактерии, образующие выросты – простеки, и т.д.). Размеры архей варьируют от очень мелких в диаметре – 0,1 мкм; встречаются археи и длиной до 15 мкм. Первоначально археи считались бактериями, пока анализ ДНК не показал, что бактерии и археи – разные группы организмов. Это явилось основанием для ученых создать новую, трёх Доменную систему классификации живых существ. Открытие Архей и изучение их свойств изменило взгляд на многие аспекты биологии (см. Положение микроорганизмов в общей системе живых существ).

Археи - особенная группа микроорганизмов прокариотического типа, отличающаяся от истинных бактерий по всем важнейшим признакам (морфологии, физиологии, биохимии, генетике, экологии), что явилось основанием для выделения их в отдельную группу.

Особенности строения, биохимического состава и синтезируемых ферментов позволяют археям обитать в самых невероятных условиях, в которых жизнь кажется невозможной (археи – это экстремальные галофилы или термофилы, живут в условиях чрезмерно кислой среды, метаболизируют молекулярную серу, восстанавливают сульфаты, образуют метан). У них отсутствует типичная для бактерий пептидогликановая клеточная стенка (вместо муреина у архей – псевдомуреин). Над плазматической мембраной они имеют слой белков или гликопротеинов. Вместо D-глицерина, который находится в составе мембран бактерий и эукариот, у архей – L-изомер глицерина; простые эфирные связи между L-глицерином и фитанилом, имеющие лишь один атом кислорода; фитанил – насыщенный полиизопрен (3,7,11,15-тетраметилгекса-десил) с 4 боковыми CH_3 -группами вместо неразветвленных жирных кислот длиной 16-18 атомов углерода для ранее известных мембран; жгутики бактерий содержат белок – флагеллин, а у архей – это гликопротеин. Для поддержания структуры ДНК и регуляции экспрессии генов у эукариота и архей есть специальные белки – гистоны, которых нет у бактерий. У архей, как и у эукариот в геноме есть интроны (нечитаемые последовательности), а у бактерий в ДНК интронов нет. 16S рРНК – (имеет более 1500 нуклеотидов), характерна для прокариот в отличие от 18S рРНК, характерной для эукариот, консервативна и используется для

характеристики эволюционного положения вида. Последовательность нуклеотидов в этой рибосомальной РНК у прокариот и архей разная, что ставит окончательную точку в доказательстве их отличий друг от друга.

Микроорганизмы – эукариоты

Дрожжи – *Saccharomyces cerevisiae* (сахаромицеты), широко распространенные в природе одноклеточные безмицелиальные грибы, диаметром 5,0 – 10,0 мкм, эукариоты. Геном дрожжей был секвенирован в 1996 г. и составил 12.068 L (Мб). Считается, что они утратили мицелиальное строение в связи с переходом к обитанию в жидких и полужидких, богатых органическими веществами субстратах, превратившись за тысячи лет в «домашних микроорганизмов». Объединяет около 1500 видов, относящихся к отделам *Ascomycota* и *Basidiomycota*. Сахаромицеты относятся к аскомицетам. Дрожжи являются хемоорганогетеротрофами и используют как для получения энергии, так и в качестве источника углерода. Им необходим кислород для дыхания, однако при его отсутствии многие виды способны получать энергию за счёт брожения с выделением спиртов (факультативные анаэробы). В отличие от бактерий, среди дрожжей нет облигатных анаэробов, гибнущих при наличии кислорода в среде. При пропускании воздуха через сброживаемый субстрат дрожжи прекращают брожение и начинают дышать (поскольку этот процесс эффективнее), потребляя кислород и выделяя углекислый газ. Это ускоряет рост дрожжевых клеток (эффект Пастера). Однако даже при доступе кислорода в случае высокого содержания глюкозы в среде дрожжи начинают её сброживать. Представляют интерес в дальнейшем как объект изучения биотехнологии и использования для производства пива, вина, спирта, кисломолочных продуктов.

Грибы – многоклеточные организмы, грибы изучаются подробно микологией, но в микробиологии внимание привлекают грибы, вызывающие заболевания человека и животных – микозы, и пищевые и кормовые отравления – микотоксикозы. Основное внимание уделяется грибам рода *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Candida*, *Cryptococcus*. Первый антибиотик был получен из грибов *Penicillium notatum* и грибы по-прежнему используются в биотехнологии как продуценты антибиотиков. Многочисленная группа (около 100 тыс. видов) обитающих в основном в почве многоклеточных организмов, имеющих тело (мицелий), состоящее из нитей (гифов), эукариоты, размножающихся различными способами – спорами, фрагментами мицелия, половым путем.

Исходя из строения, способов бесполого и полового размножения, химического состава оболочек, воздействию на экологию и других признаков грибы делят на несколько классов:

Хитридиомицеты (*Chytridiomycetes*). Это микроскопические одноклеточные грибы с несколькими ядрами. Их споры и половые клетки имеют на заднем конце по одному бичевидному жгутику. Хитридиомицеты – обитатели водоемов и почвы – широко распространены в природе.

Оомицеты (Oomycetes). Это микроскопические одноклеточные грибы с волокнистым слоевищем без перегородок и с двухжгутиковыми спорами. Они ведут как сапротрофный, так и паразитический образ жизни в пресной воде или в почве. Некоторые виды – паразитируют на различных культурных растениях, вызывают заболевания рыб и икры.

Зигомицеты (Zygomycetes). Эти грибы имеют хорошо развитые гифы без перегородок и неподвижные споры. Живут, главным образом, как сапротрофы в почве и на поверхности земли и разлагают органическое вещество на простейшие неорганические элементы. Они играют большую роль в образовании гумуса (перегноя). Среди них значительное число видов сапротрофов, широко распространенных в почвах разных типов на экскрементах; многие виды развиваются на различных пищевых остатках и продуктах. Ряд видов – паразиты насекомых.

Эндомицеты (Endomycetes). Это одноклеточные или многоклеточные микроскопические грибы, которые размножаются вегетативным способом. Они живут или как сапротрофы в почве, на остатках растений, в органах пищеварения и в помете животных или паразитируют на высших растениях.

Сумчатые грибы аскомицеты (Ascomycetes), которые имеют хорошо развитые гифы с перегородками. Клетки гиф с одним ядром. К аскомицетам относятся дрожжи, плесневые грибки (в том числе продуценты пенициллинов), некоторые съедобные грибы (трюфели, строчки, сморчки) и другие; некоторые виды аскомицетов могут быть возбудителями микозов человека.

Базидиомицеты (Basidiomycetes). Имеют хорошо развитые гифы с перегородками. В их клетки входит по два ядра. Характерный признак класса образование в гимении базидий, на которых экзогенно образуются неподвижные споры – базидиоспоры. Они живут как сапротрофы и очень редко как паразиты.

Дейтеромицеты (Deuteromycetes), несовершенные грибы. Они имеют разветвленные, многоядерные с перегородками гифы как у сумчатых или у базидиальных грибов. Бесполое размножение осуществляется конидиями. Половой процесс отсутствует. В связи с отсутствием полового размножения трудно определить к каким грибам относятся они, к сумчатым или базидиальным.

Простейшие – (лат. Protozoa, от др.-греч. πρῶτος – первый и ζῷα, формы множественного числа от др.-греч. ζῷον живое существо), относятся к микроскопическим животным, группа разнообразных по морфологии гетеротрофов, микроскопических организмов, среди которых хорошо изучены амёбы (питаются за счет пиноцитоза, передвижение осуществляется с помощью ложноножек, размножаются делением надвое).

Паразитические простейшие вызывают множество заболеваний. *Plasmodium vivax* (малярийный плазмодий), диаметр 5,0-8,0 мкм. Возбудителей малярии несколько видов. Все изученные виды имеют по 14 хромосом, одну митохондрию и одну рудиментарную пластиду. Длина каждой хромосомы – от 500 килобаз до 3,5 мегабаз. Полностью просеквенирован геном четырёх видов: *P. falciparum*, *P. knowlesi*, *P. vivax* и *P. yoelli*.

Общий размер генома составляет около 25 мегабаз, геном содержит около 5300 генов. Возбудители малярии – чрезвычайно опасные паразиты, вызывавшие большую смертность в мире от малярии, которая по-прежнему не ликвидирована. Сейчас ВОЗ ставит задачу ликвидации малярии в 25 странах.

Примером других паразитических простейших, изучаемых микробиологией, являются трихомонады *Trichomonas vaginalis*, лямблии *Lambliа intestinalis* (*Giardia* гиардии, или жиардии), дизентерийная амеба *Entamoeba histolytica*, лейшмании *Leishmania tropica*, вызывающие кожный лейшманиоз, трипаносомы *Trypanosoma brucei* – возбудитель сонной болезни, и др. Детальным изучением этих простейших занимается разделы медицинской и ветеринарной микробиологии. Изучением всех простейших занимается **протозология**.

Микроскопические водоросли – относятся к группе разнообразных, растущих в морской и пресной воде или во влажной среде одноклеточных или многоклеточных организмов, способных к фотосинтезу; некоторые имеют тело (таллом) без четкой его дифференциации. Водоросли обладают хлорофиллом или каротиноидами, окрашены в разные цвета, обуславливающие их название (зеленые, бурые, красные, золотистые). Систематика водорослей не завершена, поэтому можно назвать только наиболее изученные группы – динофлагелляты, диатомовые, эвгленовые, зеленые. Размеры водорослей колеблются от долей мкм (кокколитофорида и некоторые диатомеи) до 30-50 м (бурые водоросли – ламинария, макроцистис, саргассум):

В настоящее время водоросли усиленно изучаются, т.к. они – главные производители органических веществ в водной среде. Около 80% всех органических веществ, ежегодно создающихся на Земле, приходится на долю водорослей и других водных растений. Водоросли прямо или косвенно служат источником пищи для всех водных животных. Из водорослей получают: студне- и слизиобразующие вещества – агар-агар (анфельция, гелидиум), агароиды (филлофора, грацилярия), карраген (хондрус, гигартина, фурцелярия), альгинаты (ламинариевые и фукусовые), кормовую муку, содержащую микроэлементы и йод. Известны горные породы (диатомиты, горючие сланцы, часть известняков), возникшие в результате жизнедеятельности водорослей в прошлые геологические эпохи, по диатомовым водорослям определяется возраст этих пород.

Микроскопическая водоросль хлорелла *Chlorella vulgaris* (от греч. χλωρός, «зелёный» и лат. -ella – уменьшительный суффикс), размер в диаметре от 1,5 мкм до 12 мкм, **эукариоты**, не имеют жгутиков. Хлоропласты хлореллы содержат хлорофилл а и хлорофилл b. Для процесса фотосинтеза хлорелле требуются только вода, диоксид углерода, свет, а также небольшое количество минералов для размножения. Микроскопические растения, представляют интерес для микробиологии как объекты, используемые в биотехнологии для получения новых видов пищи и кормов – белка одноклеточных. Изучением всех водорослей занимается **альгология**.

1.6.2 Микроорганизмы, не имеющие клеточного строения

Кроме организмов клеточной организации, в микромире были обнаружены особые «существа», не имеющие клеточного строения. Это открытие явилось потрясением для биологии, т.к. противоречило первому закону биологии – «всё живое состоит из клетки».

Вирусы. Примеры биоразнообразия вирусов отражены ранее в разделе

Вироиды – К неклеточным формам жизни можно отнести кроме вирусов, вироиды. Согласно одной точке зрения, они считаются неживыми и рассматриваются как молекулярные инфекционные агенты, которые не живут сами, а лишь изменяют жизнедеятельность клеток-хозяев. Это мельчайшие инфекционные агенты (молекулярная масса 150 000-170 000). Это низкомолекулярные кольцевые одноцепочечные РНК, не кодирующие собственные белки и не имеющие капсида (белковая оболочка). Вироиды впервые выявлены в 1971 г. Т.О. Динером, который исследовал веретеновидность клубней картофеля.

Вироиды вызывают различные заболевания растений, такие как веретеновидность клубней, карликовость, утончение покровов, обводненность тканей пораженного растения и т.п. Переносчиками являются насекомые (тля), которые питаются клеточным соком, и некоторые паразиты растений (круглые черви). Также они могут распространяться при вегетативном размножении растений и их механической обработке. Некоторые виды распространяются через семена и пыльцу.

Механизм репликации вироидов окончательно не выяснен. Считается, что в клетках растений они индуцируют синтез собственных РНК, используя ферменты растений-хозяев.

Вирусоиды – подобны вироидам, т.к. находятся в клетках растений, содержат РНК, но покрыты белком (капсидом), однако не способны сами кодировать белки и реплицироваться, они зависят от вирусов растений и поэтому их относят к сателлитам

Прионы – особый класс инфекционных агентов, представленных белками с аномальной третичной структурой и не содержащих нуклеиновых кислот. Вызывают у животных смертельное заболевание – губчатую энцефалопатию (ранее называлось коровье бешенство), передающееся человеку через продукты питания. Эти агенты, ввиду их необычности, не нашли пока своего места в систематике.

Прионы – белковые инфекционные агенты, вызывающие ряд заболеваний нервной системы человека и животных. В 1982 г. американский ученый С. Прузинер, изучая губчатую энцефалопатию, предположил, что возбудитель имеет белковую природу. За изучение прионов он получил в 1997 г. Нобелевскую премию.

К прионным инфекциям у человека относятся куру, болезнь Крейтцфельда-Якоба, синдром Герстмана-Штрауслера и т.д. Они имеют инкубационный период, длящийся десятилетиями, и поэтому чаще проявляются у пожилых людей.

Инфекционное влияние прионов связано с патогенной конформацией их белковой молекулы. Прионный белок, имеющий аномальную трехмерную структуру, способствует структурному преобразованию гомологичного ему нор-

мального клеточного белка в новый прион. При этом белок перестает выполнять свои функции. Прионы очень устойчивы: не разрушаются при кипячении в течение 4 часов, под действием пищеварительных ферментов и при обычных методах дезинфекции. Ионизирующее, ультрафиолетовое или микроволновое излучение на них практически не действует. Надежно их ликвидируют дезинфицирующие реактивы – сильные окислители, разрушающие белки.

Человек может заразиться прионами, содержащимися в пище, например, при употреблении зараженной говядины, содержащей нервную ткань из головы скота (болезнь Крейтцфельдта-Якоба, впервые описана в 1920 г.). Прионы могут проникать в тело человека при внутримышечном введении препаратов, изготовленных из человеческих гипофизов (главным образом гормоны роста для лечения карликовости), а также при нейрохирургических операциях.

<https://compendium.su/biology/directory1/11.html>

<https://hightech.fm/2019/04/29/prion-disease>

Таким образом, предметом изучения микробиологии являются разнообразные микроскопические одноклеточные прокариоты и эукариоты, а в задачи дисциплины входит исследование особенностей строения и существования микроорганизмов и разработка новых методов и подходов к их изучению.

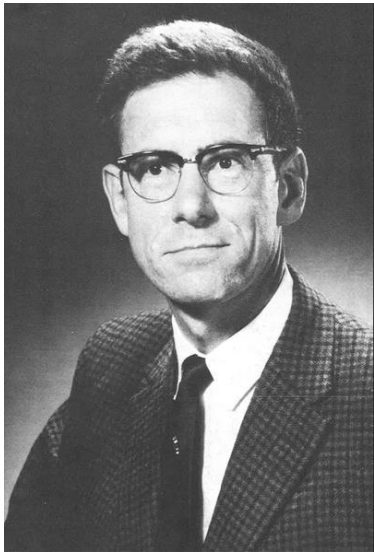
2. ПОЛОЖЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ ЖИВЫХ СУЩЕСТВ

В самом начале изучения живого мира все существа делились на две большие группы, или Царства – Животные и Растения, а затем появилась и третья, отличающаяся от них группа – протисты, или простейшие (Protista). В это царство немецкий естествоиспытатель Э. Геккель (1866) впервые предложил включить микроорганизмы, а также простейших, грибы и некоторых низших многоклеточных. Получилось царство с разнообразными по своим свойствам организмами, но на том уровне знаний такое понимание природы было весьма прогрессивным. Он обосновал деление природы на три царства в труде, ставшем знаменитым – «Монофилетическое древо происхождения организмов». Именно Э. Геккель ввел понятия филогения, онтогенез, антропогенез.

По мере развития науки и совершенствования методов исследования, открытия и описания новых микроорганизмов, знания об организмах увеличивались, уточнялись, было изучено строение клеток в электронном микроскопе. Все это послужило основой для появления нового представления о мире живых существ. В XX в. экологом Робертом Уиттекером (Robert Whittaker, 1969) создается новая система, включающая 5 Царств (рисунок 1):



Эрнст Генрих Филипп
Август Геккель



Роберт Хардинг
Уиттекер

- Растения (*Plantae*).
- Животные (*Animalia*).
- Грибы (*Fungi*).
- *Protista*, объединившее всех одноклеточных эукариот.

- *Monera* представленное прокариотами.

Царство Вирусов (*Virae*), выделенное ранее в отдельное от других существ царство из-за отсутствия клеточного строения и ряда других признаков живого, здесь не упоминается.

Таким образом, среди микроскопических существ по этой систематике бактерии и археи находились в царстве прокариот *Monera*. В царстве *Protista* объединили одноклеточных эукариот других царств (растений *Plantae*, животных *Animalia*, грибов *Fungi*).

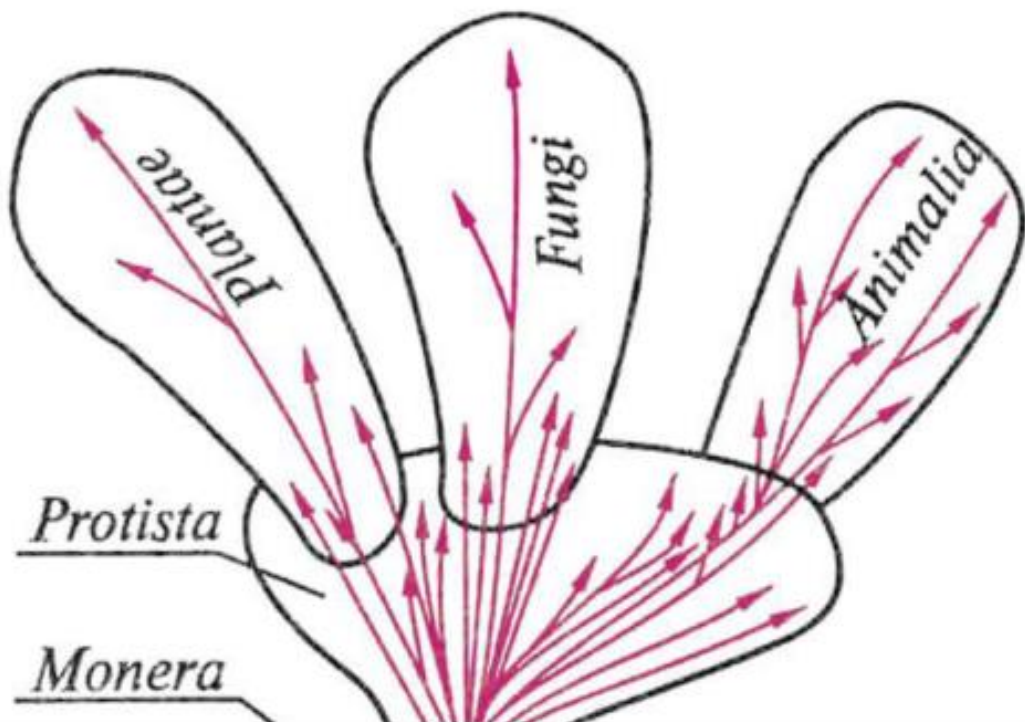


Рисунок 1 – Царства живой природы (Robert Whittaker, 1969)

До какого-то момента это устраивало всех. Но были открыты Археи, и изучение их показало, что, хотя они и прокариоты, но совершенно отличаются от бактерий и находиться в одной группе с бактериями они не могут. Выделение бактерий от архей связано с исследованием последовательности генов, кодирующих синтез 16SpPHK; она оказалась у бактерий и архей различной.

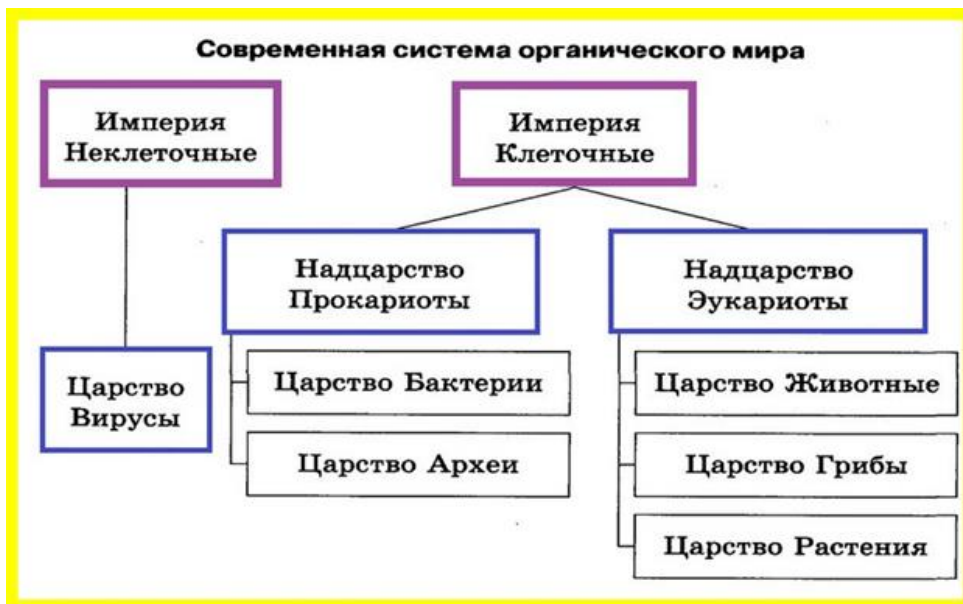


Рисунок 2 – Современная систематика живых существ

По современной систематике (рисунок 2) появились Империи – Империя Неклеточных – к ней относятся вирусы, и Империя Клеточных. В Империи клеточных два Домена (Надцарства) – Домен Прокариот и Домен Эукариот. Внутри Домена Прокариот произошло разделение на Царство Бактерии (*Bacteria*) и Царство Археи (*Archaea*). В Домене Эукариот (*Eukarya*) остались Царства Животных, Растений и Грибов, в том числе микроскопические эукариоты (простейшие, водоросли, грибы).

В настоящее время, основываясь на особенностях строения клеток и последовательностях ДНК, ученые выделяют три **Домена** (надцарства) живой природы (рисунок 3, 4) – большие группы, эволюционно разошедшиеся очень давно и отличающиеся друг от друга целым набором признаков.

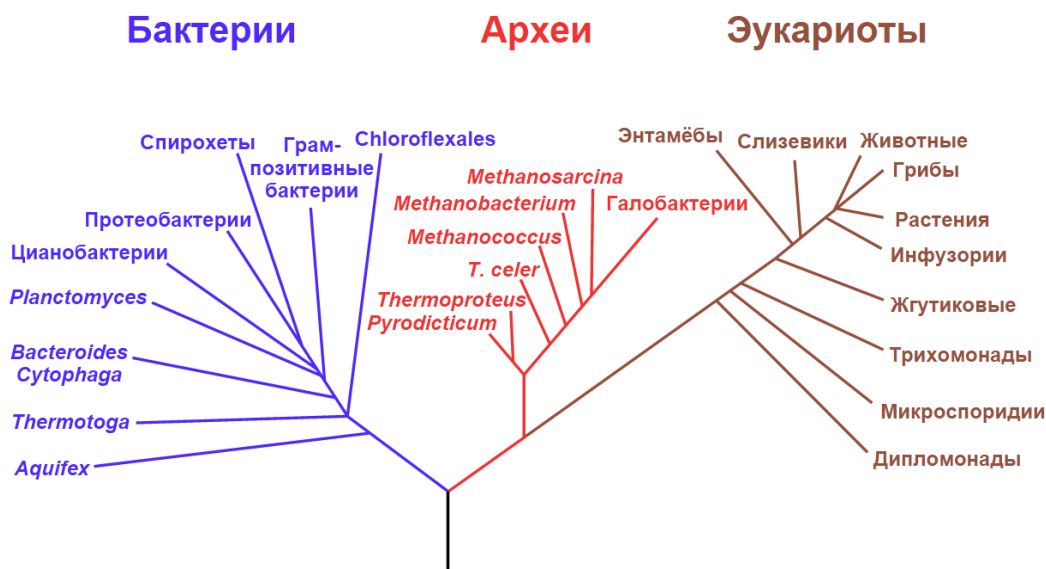


Рисунок 3 – Филогения живых организмов

Особенности строения их клеток различны. **Домены** следующие:

1. **Бактерии** (*Bacteria*) (к этой группе относятся истинные бактерии от лат. эу – истинный, то есть отличающиеся от архей). Здесь находятся и цианобактерии (прежнее название – сине-зеленые водоросли) – фотосинтезирующие прокариоты.

2. **Археи** (*Archaea*) (раньше назывались архебактериями, входили в состав царства *Monera*, прокариоты, но отличающиеся от бактерий по многим признакам, главное, по 16SpPHK).

3. **Эукариоты** (*Eukaryota*) – простейшие, растения, животные и грибы.

Многие ученые не относят вирусы к живым, несмотря на их способность воспроизводить себе подобных за счет клетки-хозяина. По мнению других ученых вирусы представляют собой четвертый Домен *Vira* как самостоятельную часть.



Рисунок 4 – Связь между представителями органического мира

3. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ И БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МИКРООРГАНИЗМОВ ПО СРАВНЕНИЮ С КЛЕТКОЙ ЭУКАРИОТ

Морфология – наука о форме, размерах организмов, в микробиологии – и о расположении бактерий в поле зрения светового микроскопа по отношению друг к другу. Исследуя бактерии в световом микроскопе и применяя различные

методы окрашивания, выявляют те или иные структуры клетки (клеточную стенку, спору, капсулу, жгутики).

Особое место среди методов окрашивания бактерий занимает метод Грама, названный так по фамилии датского ученого, предложившего метод еще в 1884 г. Он позволяет разделить бактерии на две большие группы – бактерии, воспринимающие окраску генцианвиолетом совместно с раствором Люголя (йод в спирте) и окрашивающиеся в фиолетовый цвет, и бактерии, не воспринимающие окраску, которые необходимо докрасить в другой, как правило, в красный цвет. Такая разница в восприятии красителей связана, как оказалось, с особенностями строения клеточной стенки бактерий и в конечном итоге коррелирует с особенностями генотипа бактерий. Бактерии, приобретающие фиолетовый цвет, получили название Грамположительные (Гр+), а не воспринимающие – Грамотрицательные (Гр-). Это разделение бактерий продолжает оставаться актуальным и в самой современной систематике бактерий.



Ганс Кристиан Йоахим
Грамм

Бактерии относятся к одноклеточным организмам. Традиционные формы бактериальной клетки – шаровидная, палочковидная и извитая. Шаровидные клетки (кокки) как правило грамположительные, в зависимости от плоскости деления могут располагаться по двое (диплококки), в виде грозди винограда (стафилококки), цепочкой (стрептококки), по четыре (тетракокки), пакетами (сарцины). Для палочковидных форм, образующих споры, характерно одиночное расположение, или в виде длинных цепочек. Споровые бактерии обычно грамположительные. Неспоровые бактерии (многие из них грамотрицательные) могут располагаться поодиночке, беспорядочно или в виде определенных групп (например, в виде римских цифр, как у листерий).

Спириллы, спирохеты и вибрионы имеют разное количество завитков и выглядят в соответствии с названием как: спиральноизвитые, с большим количеством завитков; длинные, тонкие, спиральнозакрученные и в виде запятой.

В природных сообществах существует множество необычных форм бактерий, часть из которых плохо или совсем не культивируется в условиях лаборатории. Так, к необычным формам можно отнести почкующиеся бактерии с выростами; их морфология отличается тем, что у них имеются выпячивания клеточной стенки с цитоплазматической мембраной в виде гиф и размножение таких бактерий происходит с помощью почек, образующихся на этих гифах. Бактерии могут выглядеть как длинные нити, могут менять морфологию на разных этапах развития и т.д.

Внутреннее строение бактериальной клетки изучают в электронном микроскопе, делая ультратонкие срезы. Установлено, что бактерии состоят из одной клетки, которая не имеет развитых мембранных структур, в том числе ядерной

мембраны, поэтому ядерный материал погружен непосредственно в цитоплазму. Такие клетки, не имеющие истинного ядра, называются прокариотами (pro – до, carios – ядро), или доядерными, а их наследственный материал – подобием ядра – нуклеоидом (nucleus – ядро, -оид – подобный). Поскольку в прокариотической клетке отсутствуют мембраны (кроме одной – цитоплазматической, покрывающей всю клетку), то в бактериальной клетке нет и органелл – митохондрий, аппарата Гольджи и лизосом. Функции этих структур выполняет цитоплазматическая мембрана, покрывающая цитоплазму клетки. Строение этой мембраны универсально – как и в клетках эукариот. Она состоит из двойного слоя фосфолипидов с внедренными поверхностными, а также интегральными белками, как бы пронизывающими насквозь структуру мембраны. Бислой обладает свойством избирательной проницаемости, являясь молекулярным ситом, препятствующим прохождению слишком крупных молекул как внутрь клетки, так и выходу из клетки. Мембрана является осмотическим барьером, играет значительную роль в росте и делении клеток. У некоторых бактерий имеются складки мембраны – мезосомы. Мезосомы – это мембранные системы, состоящие из трубочек, пузырьков и пластинок. Наиболее обычный тип мезосом – мембранные кольцевые, они увеличивают рабочую поверхность мембран в условиях небольшого замкнутого пространства бактериальной клетки. Наследственный материал бактерий представлен одной кольцевой молекулой ДНК; правда, сейчас появились сведения о бактериях, в которых кроме кольцевой есть и линейные хромосомы. По-видимому, с открытием и изучением новых видов бактерий наши знания по этому вопросу будут меняться. В бактериальных клетках есть плазмиды – небольшие кольцевые молекулы ДНК, несущие генетическую информацию и используемые молекулярными генетиками для операций на генетическом аппарате бактерий. Рибосомы бактерий – важнейшие органоиды, осуществляющие синтез белка. У прокариот рибосомы имеют размер в 70S, а субъединицы прокариотических рибосом имеют значения 30S и 50S (для сравнения у эукариот – 80S, т. е. они тяжелее и крупнее, субъединицы эукариотических рибосом – 40S и 60S. Размеры, как самих рибосом, так и субъединиц выражают в скорости их седиментации (осаждения) при центрифугировании. При этом S обозначает константу Сведберга – единицу, характеризующую скорость оседания в центрифуге (чем больше S, тем быстрее частица оседает, а значит тяжелее). Выбор такой единицы измерения связан с очень малыми размерами рибосом – 18-20 нм.

Очень интересно строение клеточных стенок у Gr⁺ и Gr⁻ бактерий, разница между которыми обнаруживается при окраске, а в электронном микроскопе она очевидна. Обнаружены и бактерии, не имеющие клеточной стенки. У грамположительных бактерий непосредственно к цитоплазматической мембране снаружи прилегает толстый слой муреина, что послужило основанием называть такие клетки толстокожими или Firmicutes. Поверх лежат тейхоевые кислоты, выполняющие роль антигенов у Gr⁺ бактерий.

У некоторых бактерий клеточная стенка отсутствует, ее заменяет трехслойная мембрана. Эти микроорганизмы относятся к мягкотелым (Tenericutes), их представителями являются микоплазмы.

У Гр- бактерий клеточная стенка устроена сложнее. Между цитоплазматической мембраной и внешней мембраной образуется небольшое периплазматическое пространство, в котором располагается тонкий слой муреина, в связи с чем бактерии получили название тонкокожие или *Gracilicutes*. По составу наружная, внешняя, мембрана отличается от внутренней, цитоплазматической мембраны. Внешняя мембрана двухслойная, но слои разные – внутренний слой состоит из фосфолипидов, а наружный – из липополисахаридов. На поверхности Гр-бактерий оказываются липополисахариды, являющиеся антигенами грамотрицательных бактерий. Липополисахариды у патогенных энтеробактерий являются эндотоксином, освобождающимся при разрушении клетки и вызывающим пищевые отравления. Сложное строение клеточных стенок Гр-бактерий обуславливает целый ряд их особенностей. Внешняя мембрана имеет белки-порины, создает дополнительный барьер, препятствующий прохождению антибиотиков, продукты метаболизма накапливаются в периплазматическом пространстве при росте бактерий и могут использоваться клеткой, внешняя мембрана удерживает поверхностные структуры клеток – пили, с помощью которых клетки прикрепляются к различным субстратам.

Биохимия микроорганизмов – изучает особенности компонентов, входящих в состав микроорганизмов, а также химические реакции, протекающие в живой клетке. В любой клетке основную массу составляет вода (80-90%), в спорах бактерий ее меньше (50%). Органические вещества представлены белками, жирами, углеводами и нуклеиновыми кислотами. Минеральные вещества составляют от 2 до 14% сухого вещества клеток – это фосфор, калий, натрий, сера, кальций и др., а также микроэлементы – цинк, медь, кобальт, барий, марганец и др. Но помимо общего с другими клетками в биохимическом составе бактерий имеются особенности, отличающие их от всего живого. Например, в составе клеточной стенки бактерий имеется уникальный класс соединений – гетерополимер (пептидогликан) муреин, состоящий из разных компонентов белка (пептид) и углевода (гликан). Это соединение придает особую прочность клеточной стенке бактерий. Муреин построен из чередующихся остатков N – ацетилглюкозамина и N – ацетилмурмовой кислоты, связанных между собой β -1,4 – связями. Кроме того, что сам муреин – необычное вещество, в его состав входят такие компоненты, которые нигде больше не встречаются – это правовращающие аминокислоты D – аланин, D – глутаминовая кислота, а также мезо – D и аминокимелиновая аминокислота. У ряда бактерий с пептидогликановым слоем связаны тейхоевые кислоты, на долю которых приходится иногда до 50% сухой массы клеточных стенок.

Тейхоевые кислоты представляют собой высокомолекулярные полимеры и являются поверхностными антигенами грамположительных бактерий.

К особенностям биохимии бактерий относится разнообразие биохимических реакций, протекающих у анаэробов, аэробов, факультативных анаэробов за счет наличия у них многочисленных ферментов, которыми не обладают другие живые организмы. В результате бактерии могут извлекать энергию из самых разнообразных, в том числе самых устойчивых соединений углерода и использо-

вать любые соединения азота (атмосферный, минеральный, органический). Даже сейчас многие процессы невозможно осуществить без ферментов микроорганизмов. Брожение остается по-прежнему таинственным процессом, так как без ферментов микроорганизмов его осуществить не может даже современный химик-органик, вооруженный новейшими методами.

Биохимической особенностью грибов является то, что их клеточная стенка состоит из глюкоканов, хитина и маннан-белкового комплекса (у дрожжей). Глюканы – полисахариды, построенные из D-глюкозных единиц (крахмал, гликоген), маннаны – полисахариды, построенные из маннозы – разновидности альдогексоз. Те и другие являются гомополисахаридами, так как построены из чередующихся единиц одного типа (в данном случае гексоз). Хитин – распространенный в природе полисахарид, содержащийся в наружном скелете членистоногих. Это линейный β -1,4 – полимер N – ацетилглюкозамина, т.е. тоже полимер из единиц одного типа, он может входить в состав стенки грибов.

Биохимической особенностью вирусов, не имеющих клеточного строения, является наличие в их составе органических соединений всего двух классов – белка и одного типа нуклеиновой кислоты, почему они и носят название нуклеопротеиды. При этом в отличие от всех других клеток и организмов вирусы содержат только один тип нуклеиновой кислоты: либо ДНК, либо РНК, что представляет собой уникальную ситуацию в биологии. Во всех клетках обычно ДНК является носителем наследственной информации, а у вирусов эту роль может выполнять и РНК. Примером вирусов, содержащих РНК, могут быть вирусы ящура, бешенства, чумы свиней, гриппа. К вирусам, содержащим ДНК, относятся вирусы оспы, герпеса. Другие органические соединения, обнаруживаемые у вирусов, являются частью мембраны клеток, в которых вирус репродуцировался и, покидая клетку, унес ее на себе.

4. НОМЕНКЛАТУРА И СИСТЕМАТИКА БАКТЕРИЙ

Номенклатура – раздел таксономии, определяющий правила наименования описываемых объектов. Названия бактериям присваивают в соответствии с правилами Международного кодекса номенклатуры бактерий МКНБ (*International Code of Nomenclature of Bacteria*) ICNB. За многими бактериями сохранились исторические названия, связанные с источником их выделения или с фамилией исследователя.

Систематика – расположение организмов по группам (таксонам) в соответствии со степенью родства на основании тщательного изучения свойств микроорганизмов.

Таксон – это группа микроорганизмов, объединенная по определенным свойствам.

Номенклатура – в микробиологии такая же, как в биологии в целом, **бинарная (биномиальная)**, т.е. двойная, предложенная Карлом Линнеем – Род (пишется с большой буквы) и вид (пишется с маленькой – ***Bacillus (rod) subtilis***

(вид). Но систематикой бактерий К. Линней не занимался, это было сделано позже. К. Линней по поводу систематики бактерий сказал примерно так: «...не стоит внедряться в эту область, Господь Бог создал невидимый мир для себя».

Основной таксономической единицей является вид – вид, это группа близких между собой организмов, имеющих общее происхождение и генотип, и на данном этапе эволюции одинаковые морфологические, физиологические и другие признаки, способные в определенных условиях вызвать одинаковые процессы.

Виды объединяются в таксоны более высокого ранга – в роды.

Род микроорганизмов – это совокупность микроорганизмов одного генотипа, которые в одинаковых условиях имеют одинаковые фенотипические признаки. Роды объединяются в семейства, потом порядки, классы, отделы и царства.

К началу XX века в систематике оформилось семь основных таксономических категорий:

- *Царство* – Regnum.
- *Тип* – Phylum.
- *Класс* – Class.
- *порядок* – Order (-ales).
- *Семейство* – Famili (-ceae).
- *Род* – Genus (-us).
- *Вид* – species.

В настоящее время появились надцарства – Домены, термин царство для прокариот не используется, он применяется для характеристики эукариот.

В микробиологии имеется на сегодня две систематики – искусственная и естественная (филогенетическая).

Искусственная систематика бактерий. В практике используется в основном искусственная систематика, созданная на основе сходства бактерий по ряду фенотипических признаков и используемая для быстрой **идентификации** бактерий (т.е. их распознавания). Многими учеными создавались различные систематики, но преимущественно используют «Определитель бактерий» Берджи (Берджи), составленный первоначально американскими бактериологами в 1923 г. под руководством Д.Н. Bergey (1860-1917), а в дальнейшем определитель стал редактироваться коллективом авторов и издаваться как **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology** (Руководство по систематике бактерий Берджи).

Наличие искусственной систематики связано с недостаточной изученностью бактерий. Предполагается, что большинство видов (до миллиона) еще не открыто, а часть видов пока не культивируется в лабораторных условиях.

Искусственная систематика требует множества сведений о бактериях.

Вид не является конечной единицей систематики в микробиологии.

Штамм – совокупность бактерий одного вида, выделенных из разных источников или из одного источника, но в разное время.

Типовой штамм – это штамм, выбранный в качестве постоянного образца того, что подразумевается под данным видом. Культуры типовых штаммов

находятся в различных коллекциях (например, Всероссийская коллекция микроорганизмов, Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов, Государственная коллекция патогенных микроорганизмов, американская коллекция типовых культур и др.).

Внутри вида у бактерий выделяют варианты микроорганизмов (**вары или var.**), отличающиеся отдельными признаками. Прежде всего, у микроорганизмов необходимо знать цитологию клетки (прокариот или эукариот), а затем исследовать и характеризовать **колонии** (потомство одной клетки, выросшей на питательной среде), морфологию клеток в световом микроскопе, культурально-биохимические признаки (**культура** – видимые глазом микроорганизмы, выросшие на питательной среде), и др. Различают варианты:



Дэвид Хендрикс
Берджи

1) морфовары (морфология клетки включает определение формы, размеров клеток и их взаимного расположения, типа жгутикования, наличия капсулы, способности образовывать споры, окраска по методу Грама и др.). Отношение к окраске называется тинкториальными свойствами и дает возможность определить тип строения клеточной стенки бактерии – один из важнейших признаков для идентификации;

2) **культуривары** – рост бактерий на плотной питательной среде (размер, окраска, форма колоний) и в жидких средах (образование осадка, пленки, взвеси, хлопьев, а также рост при определенной температуре и pH среды);

3) серовары (по антигенной структуре бактерий, serum – сыворотка);

4) хемовары (по чувствительности к химическим веществам); хематаксономия проводит анализ химического состава клеток – определение спектра липидов, тейхоевых, миколовых кислот);

5) фаговары (по чувствительности к фагам, фаги – вирусы бактерий, специфические для каждого вида бактерий);

6) ферментовары (по синтезу ферментов);

7) патовары (по патогенности);

8) бактериоциновары;

9) бактериоциногеновары.

Бактериоцины – вещества, продуцируемые бактериями и губительно действующие на другие бактерии. Они образуются на рибосомах бактерий, в отличие от антибиотиков. По типу продуцируемого бактериоцина различают бактериоциновары, а по чувствительности – бактериоциногеновары. Определяется способность к выработке бактериоцинов наличием плазмиды (например, у *E. coli* за выработку бактериоцинов ответственна Col – плазида).

10) **эковары** – вариант какого-либо вида, в т. ч. микроорганизма, приспособленный к обитанию в определенной экосистеме, например, к виду хозяина,

больничным стационарам, питательному веществу. Часто отличается по ряду признаков от популяций, обитающих в других экосистемах.

Изданий Берджи было несколько. Четырёхтомное издание (первый том выпущен в 1984 г.): том 1 включал информацию обо всех граммотрицательных бактериях, имеющих "медицинское и промышленное значение". Том 2 содержал сведения обо всех типах грамположительных бактерий. Том 3 содержал информацию об остальных, не описанных в первом томе, граммотрицательных бактериях и археях. Том 4 был посвящён способным к филаментации актиномицетам и другим похожим бактериям.

Естественная, или филогенетическая систематика бактерий в настоящее время развивается и совершенствуется, но она не завершена, поскольку до сих пор отсутствуют единые подходы для объединения родственных форм, а эволюция многих видов просто неизвестна. При составлении систематики используют молекулярно-биологические свойства бактерий, позволяющие установить родственные связи между ними. Основой геносистематики является принцип изучения нуклеотидного состава ДНК бактерий. К таким свойствам относятся: молярное содержание суммы гуанина и цитозина (Г+Ц) или (G+C) в процентах от общего количества оснований ДНК у разных объектов (у прокариот этот показатель составляет 25-75%); последовательность нуклеотидов в ДНК у разных объектов; гибридизация нуклеиновых кислот (соединение геномов разных видов для определения их родства). Степень гомологии у представителей одного и того же вида должна быть от 60% до 100%. В основе филогенетической систематики лежит проведение анализа нуклеотидной последовательности 16S РНК, что позволило разделить прокариоты на бактерии и археи.

Последние тома руководства Берджи принципиально отличаются от первых, так как опираются при классификации высших таксонов не на фенотипические признаки, а исключительно на полигению 16Sp РНК, как в случае с классами протеобактерий (том 2, 2005). Сейчас издание справочника состоит из 5 томов:

Том I 2001: "The Archaea and the deeply branching and phototrophic Bacteria",
II C: Other classes of Proteobacteria

Том II 2005: "The Proteobacteria" – в трёх книгах:

- ПА: "Introductory essays".

- ПВ: "The Gammaproteobacteria".

Том III 2009: "The Firmicutes".

Том IV 2010: "The Bacteroidetes, Spirochaetes, Tenericutes, Mollicutes, Acidobacteria, Fibrobacteres, Fusobacteria, Dictyoglomi, Gemmatimonadetes, Lentisphaerae, Verrucomicrobia, Chlamydiae, and Planctomycetes".

Том V 2011: "The Actinobacteria".

Разделение прокариот в филогенетической систематике на два Домена (Археи и Бактерии) на основании исследования 16S рРНК привело к совершенно другому формированию таксонов по сравнению с искусственной систематикой.

Домен Бактерии (*Bacteria*) содержит 26 филогенетических групп (филюмы), объединенных по способности к синтезу пептидогликана, отличительного биополимера бактерий. Внутри филума объединение основано на молекулярно-генетическом подходе. В результате такая систематика отличается от привычной, основанной на фенотипических признаках. В общие группы попадают непохожие одни на другие по морфологии и физиологии бактерии, что непривычно для практикующих микробиологов. Например, Филум *Proteobacteria* содержит 5 классов (*Alfa-*, *Beta-*, *Gamma-*, *Delta-*, *Epsilonproteobacteria*) и 12 фенотипических групп. Внутри классов имеются порядки. У класса *Alfaproteobacteria* шесть порядков (I-VI), у класса *Betaproteobacteria* шесть порядков (I-VI), у класса *Gammaproteobacteria* – 13 порядков, у класса *Deltaproteobacteria* – 7 порядков, у *Epsilonproteobacteria* – два порядка – *Helicobacteriaceae* и *Campylobacteriaceae*. Эти бактерии могут быть по морфологии прямыми или слегка изогнутыми, микроаэрофилы, обитают в кишечнике животных и человека, а также могут быть возбудителями заболеваний. Обладают сильным ферментом – уреазой. Кампилобактеры – хищники микроводорослей, могут внедряться под клеточную оболочку и вызывать лизис клеток. Филум *Firmicutes* содержит преимущественно грамположительные микроорганизмы с низким содержанием Г+Ц в ДНК, содержит 3 класса – *Clostridia*, *Mollicutes* (микроорганизмы без клеточной стенки, которые в прежней систематике были выделены в самостоятельный отдел), *Bacilli*.

1 Домен *Bacteria*

1.1 Отдел B1 *Aquificae*

1.2 Отдел B2 *Thermotogae*

1.3 Отдел B3 *Thermodesulfobacteria*

1.4 Отдел B4 *Deinococcus-Thermus*

1.5 Отдел B5 *Chrysiogenetes*

1.6 Отдел B6 «*Chloroflexi*»

1.7 Отдел B7 *Thermomicrobia*

1.8 Отдел B8 *Nitrospira*

1.9 Отдел B9 *Deferribacteres*

1.10 Отдел B10 *Cyanobacteria*

1.11 Отдел B11 *Chlorobi*

1.12 Отдел B12 *Proteobacteria*

1.13 Отдел B13 *Firmicutes*

1.14 Отдел B14 *Bacteroidetes*

1.15 Отдел B15 *Planctomycetes*

1.16 Отдел B16 *Chlamydiae*

1.17 Отдел B17 *Spirochaetes*

1.18 Отдел B18 *Fibrobacteres*

1.19 Отдел B19 *Fusobacteria*

[1.20 Отдел B20 Acidobacteria](#)

[1.21 Отдел B21 Verrucomicrobia](#)

[1.22 Отдел B22 Dictyoglomi](#)

[1.23 Отдел B23 Gemmatimonadetes](#)

[1.24 Отдел B24 Actinobacteria](#)

Домен *Bacteria*

Отдел В 1 [Aquificae](#)

- Класс [Aquificae](#)
 - Порядок [Aquificales](#)
 - Семейство [Aquificaceae](#)
 - Роды [Aquifex](#), [Calderobacterium](#), [Hydrogenobaculum](#), [Hydrogenobacter](#), [Hydrogenothermus](#), [Persephonella](#), [Sulfurihydrogenibium](#), [Thermocrinis](#)
 - Роды *incertae sedis* [Desulfurobacterium](#), [Thermovibrio](#)

Отдел В 2 [Thermotogae](#)

- Класс [Thermotogae](#)
 - Порядок [Thermotogales](#)
 - Семейство [Thermotogaceae](#)
 - Роды [Thermotoga](#), [Fervidobacterium](#), [Geotoga](#), [Marinitoga](#), [Petrotoga](#), [Thermosiphon](#)

Отдел В 3 [Thermodesulfobacteria](#)

- Класс [Thermodesulfobacteria](#)
 - Порядок [Thermodesulfobacteriales](#)
 - Семейство [Thermodesulfobacteriaceae](#)
 - Род [Thermodesulfobacterium](#)

Отдел В 4 [Deinococcus-Thermus](#)

- Класс [Deinococci](#)
 - Порядок [Deinococcales](#)
 - Семейство [Deinococcaceae](#)
 - Род [Deinococcus](#)
 - Порядок [Thermales](#)
 - Семейство [Thermaceae](#)
 - Роды [Thermus](#), [Marinithermus](#), [Meiothermus](#), [Oceaniothermus](#), [Vulcanithermus](#)

Отдел В 5 [Chrysiogenetes](#)

- Класс [Chrysiogenetes](#)
 - Порядок [Chrysiogenales](#)
 - Семейство [Chrysiogenaceae](#)
 - Род [Chrysiogenes](#)

Отдел В 6 «*Chloroflexi*»

- Класс «*Chloroflexi*»
 - Порядок «*Chloroflexales*»
 - Семейство «*Chloroflexaceae*»
 - Роды *Chloroflexus*, *Chloronema*, *Heliothrix*, *Roseiflexus*
 - Семейство *Oscillochloriaceae*
 - Род *Oscillochloris*
 - Порядок *Herpetosiphonales*
 - Семейство *Herpetosiphonaceae*
 - Род *Herpetosiphon*
- Класс *Anaerolinae*
 - Порядок *Anaerolinales*
 - Семейство *Anaerolinaceae*

Отдел В 7 *Thermomicrobia*

- Класс *Thermomicrobia*
 - Порядок *Thermomicrobiales*
 - Семейство *Thermomicrobiaceae*
 - Род *Thermomicrobium*

Отдел В 8 *Nitrospira*

- Класс *Nitrospira*
 - Порядок *Nitrospirales*
 - Семейство *Nitrospiraceae*
 - Роды *Nitrospira*, *Leptospirillum*, *Magnetobacterium*, *Thermodesulfovibrio*

Отдел В 9 *Deferribacteres*

- Класс *Deferribacteres*
 - Порядок *Deferribacterales*
 - Семейство *Deferribacteraceae*
 - Роды *Deferribacteres*, *Denitrovibrio*, *Flexistipes*, *Geovibrio*

Отдел В 10 *Cyanobacteria*

- Класс *Cyanobacteria*

Отдел В 11 *Chlorobi*

- Класс *Chlorobia*
 - Порядок *Chlorobiales*
 - Семейство *Chlorobiaceae*
 - Роды *Chlorobium*, *Ancalochloris*, *Chlorobalum*, *Chloroherpeton*, *Pelodictyon*, *Prosthecochloris*

Отдел В 12 Proteobacteria

- Класс Alphaproteobacteria
 - Порядок Rhodospirillales
 - Семейство Rhodospirillaceae
 - Роды Rhodospirillum, Azospirillum, Levispirillum, Magnetospirillum, Phaeospirillum, Rhodocista, Rhodospira, Rhodovibrio, Roseospira, Roseospirillum, Skermanella
 - Род incertae sedis «Sporospirillum»
 - Семейство Acetobacteraceae
 - Роды Acetobacter, Acidiphilium, Acidisphaera, Acidocella, Acidomonas, Asaia, Craurococcus, Gluconacetobacter, Gluconobacter, Paracraurococcus, Rhodopila, Roseococcus, Roseomonas, Stella, Zavarzinia
 - Порядок Rickettsiales
 - Семейство Rickettsiaceae
 - Роды Rickettsia, Orientia
 - Семейство Anaplasmataceae
 - Роды Anaplasma, Ehrlichia, Neorickettsia, Wolbachia
 - Род incertae sedis Aegyptianella
 - Семейство Holosporaceae
 - Род Holospora
 - Роды incertae sedis Caedibacter, Lyticum, Odysella, Pseudocaedibacter, Pseudolyticum, Tectibacter
 - Порядок Rhodobacterales
 - Семейство Rhodobacteraceae
 - Роды Rhodobacter, Ahrensia, Amaricoccus, Antarctobacter, Gemmobacter, Hirschia, Hyphomonas, Ketogulonicigenium, Maricaulis, Methylarcula, Octadecabacter, Paracoccus, Rhodobaca, Rhodovulum, Roseibium, Roseinatronobacter, Roseivivax, Roseobacter, Roseovarius, Rubrimonas, Ruegeria, Sagittula, Staleyia, Stappia, Sulfitobacter
 - Род incertae sedis Rhodothermalassium
 - Порядок Sphingomonadales
 - Семейство Sphingomonadaceae

- Роды *Sphingomonas*, *Blastomonas*, *Citromicrobium*, *Erythrobacter*, *Erythromicrobium*, *Erythromonas*, *Porphyrobacter*, *Sandaracinobacter*, *Zymomonas*
- Порядок *Caulobacterales*
 - Семейство *Caulobacteraceae*
 - Роды *Caulobacter*, *Asticcacaulis*, *Brevundimonas*, *Phenylobacterium*
- Порядок *Rhizobiales*
 - Семейство *Rhizobiaceae*
 - Роды *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Allorhizobium*, *Carbophilus*, *Chelatobacter*, *Ensifer*, *Sinorhizobium*
 - Семейство *Bartonellaceae*
 - Род *Bartonella*
 - Семейство *Brucellaceae*
 - Роды *Brucella*, *Mycoplana*, *Ochrobastrum*
 - Семейство *Phyllobacteriaceae*
 - Роды *Phyllobacterium*, *Aminobacter*, *Aquamicrobium*, *Defluviobacter*, *Liberibacter*, *Mesorhizobium*, *Pseudomonobacter*
 - Семейство *Methylocystaceae*
 - Роды *Methylocystis*, *Albibacter*, *Methylosinus*
 - Род incertae sedis *Methylopila*
 - Семейство *Beijerinckiaceae*
 - Роды *Beijerinckia*, *Chelatococcus*, *Methylocella*
 - Семейство *Bradyrhizobiaceae*
 - Роды *Bradyrhizobium*, *Afipia*, *Agromonas*, *Blastobacter*, *Bosea*, *Nitrobacter*, *Oligotropha*, *Rhodoblastus*, *Rhodopseudomonas*
 - Семейство *Hyphomicrobiaceae*
 - Роды *Hyphomicrobium*, *Ancalomicrobium*, *Ancylobacter*, *Angulomicrobium*, *Aquabacter*, *Azorhizobium*, *Blastochloris*, *Devosia*, *Dichotomicrobium*, *Filomicrobium*, *Gemmiger*, *Labrys*, *Methylorhabdus*, *Pedomicrobium*, *Prothecomicrobium*, *Rhodomicrobium*, *Rhodoplanes*, *Seliberia*, *Starkeya*, *Xanthobacter*
 - Семейство *Methylobacteriaceae*
 - Род *Methylobacterium*
 - Семейство *Rhodobiaceae*
 - Род *Rhodobium*

- - Класс [*Betaproteobacteria*](#)
 - Порядок [*Burkholderiales*](#)
 - Семейство [*Burkholderiaceae*](#)
 - Роды [*Burkholderia*](#), [*Cupriavidus*](#), [*Lautropia*](#), [*Pandoraea*](#), [*Paucimonas*](#), [*Polynucleobacter*](#), [*Ralstonia*](#), [*Thermothrix*](#)
 - Семейство [*Oxalobacteraceae*](#)
 - Роды [*Oxalobacter*](#), [*Duganella*](#), [*Herbaspirillum*](#), [*Janthinobacterium*](#), [*Massilia*](#), [*Telluria*](#)
 - Семейство [*Alcaligenaceae*](#)
 - Роды [*Alcaligenes*](#), [*Achromobacter*](#), [*Bordetella*](#), [*Derxia*](#), [*Oligella*](#), [*Pelistega*](#), [*Pigmentiphaga*](#), [*Sutterella*](#), [*Taylorella*](#)
 - Семейство [*Comamonadaceae*](#)
 - Роды [*Comamonas*](#), [*Acidovorax*](#), [*Brachymonas*](#), [*Delftia*](#), [*Hydrogenophaga*](#), [*Lampropedia*](#), [*Macromonas*](#), [*Polaromonas*](#), [*Rhodoferax*](#), [*Variovorax*](#)
 - Роды incertae sedis [*Aquabacterium*](#), [*Ideonella*](#), [*Leptothrix*](#), [*Roseateles*](#), [*Rubrivivax*](#), [*Sphaerotilus*](#), [*Tepidimonas*](#), [*Thiomonas*](#), [*Xylophilus*](#)
 - Порядок [*Hydrogenophilales*](#)
 - Семейство [*Hydrogenophilaceae*](#)
 - Роды [*Hydrogenophilus*](#), [*Thiobacillus*](#)
 - Порядок [*Methylophilales*](#)
 - Семейство [*Methylophilaceae*](#)
 - Роды [*Methylophilus*](#), [*Methylobacillus*](#), [*Methylovorus*](#)
 - Порядок [*Neisseriales*](#)
 - Семейство [*Neisseriaceae*](#)
 - Роды [*Neisseria*](#), [*Alysiella*](#), [*Aquaspirillum*](#), [*Chromobacterium*](#), [*Eikenella*](#), [*Formivibrio*](#), [*Iodobacter*](#), [*Kingella*](#), [*Microvirgula*](#), [*Prolinoborus*](#), [*Simonsiella*](#), [*Vitreoscilla*](#), [*Vogesella*](#)
 - Роды incertae sedis [*Catenococcus*](#), [*Morococcus*](#)
 - Порядок [*Nitrosomonadales*](#)
 - Семейство [*Nitrosomonadaceae*](#)
 - Роды [*Nitrosomonas*](#), [*Nitrosolobus*](#), [*Nitrosospira*](#), [*Nitrosovibrio*](#)
 - Семейство [*Spirillaceae*](#)

- Род *Spirillum*
 - Семейство *Gallionellaceae*
 - Род *Gallionella*
- Порядок *Rhodocyclales*
 - Семейство *Rhodocyclaceae*
 - Роды *Rhodocyclus*, *Azoarcus*, *Azonexus*, *Azospira*, *Azovibrio*, *Dechloromonas*, *Dechlorosoma*, *Ferribacterium*, *Propionibacter*, *Propionivibrio*, *Thauera*, *Zoogloea*
- Класс *Gamma*proteobacteria
 - Порядок *Chromatiales*
 - Семейство *Chromatiaceae*
 - Роды *Chromatium*, *Allochromatium*, *Halochromatium*, *Isochromatium*, *Lamprobacter*, *Lamprocystis*, *Marichromatium*, *Nitrosococcus*, *Pfennigia*, *Rhabdochromatium*, *Thermochromatium*, *Thioalkalicoccus*, *Thiocapsa*, *Thiococcus*, *Thiocystis*, *Thiodictyon*, *Thiohalocapsa*, *Thiolamprovum*, *Thiopedia*, *Thiorhodococcus*, *Thiorhodovibrio*, *Thiospirillum*
 - Семейство *Ectothiorhodospiraceae*
 - Роды *Ectothiorhodospira*, *Arhodomonas*, *Halorhodospira*, *Nitrococcus*, *Thioalkalivibrio*, *Thiorhodospira*
 - Семейство *Halothiobacillaceae*
 - Род *Halothiobacillus*
 - Порядок *Acidithiobacillales*
 - Семейство *Acidithiobacillaceae*
 - Род *Acidithiobacillus*
 - Семейство *Thermithiobacillaceae*
 - Род *Thermithiobacillus*
 - Порядок *Xanthomonadales*
 - Семейство *Xanthomonadaceae*
 - Роды *Xanthomonas*, *Frateuria*, *Luteimonas*, *Lysobacter*, *Nevskia*, *Pseudoxanthomonas*, *Rhodanobacter*, *Schineria*, *Stenotrophomonas*, *Thermomonas*, *Xylella*
 - Порядок *Cardiobacteriales*
 - Семейство *Cardiobacteriaceae*
 - Роды *Cardiobacterium*, *Dichelobacter*, *Suttonella*
 - Порядок *Thiotrichales*

- Семейство *Thiotrichaceae*
 - Роды *Thiothrix*, *Achromatium*, *Beggiatoa*, *Leucothrix*, *Thiobacterium*, *Thiomargarita*, *Thioploca*, *Thiospira*
- Семейство *Piscirickettsiaceae*
 - Роды *Piscirickettsia*, *Cycloclasticus*, *Hydrogenovibrio*, *Methylophaga*, *Thioalkalimicrobium*, *Thiomicrospira*
- Семейство *Francisellaceae*
 - Род *Francisella*
- Порядок *Legionellales*
 - Семейство *Legionellaceae*
 - Род *Legionella*
 - Семейство *Coxiellaceae*
 - Роды *Coxiella*, *Rickettsiella*
- Порядок *Methylococcales*
 - Семейство *Methylococcaceae*
 - Роды *Methylococcus*, *Methylobacter*, *Methylocaldum*, *Methylomicrobium*, *Methylomonas*, *Methylosarcina*, *Methylosphaera*
- Порядок *Oceanospirillales*
 - Семейство *Oceanospirillaceae*
 - Роды *Oceanospirillum*, *Balneatrix*, *Marinomonas*, *Marinospirillum*, *Neptunomonas*
 - Семейство *Alcanivoraceae*
 - Род *Alcanivorax*
 - Семейство *Hahellaceae*
 - Роды *Hahella*
 - Семейство *Halomonadaceae*
 - Роды *Halomonas*, *Caminomonas*, *Chromohalobacter*, *Zymbacter*
- Порядок *Pseudomonadales*
 - Семейство *Pseudomonadaceae*
 - Роды *Pseudomonas*, *Azomonas*, *Azotobacter*, *Cellvibrio*, *Mesoplillobacter*, *Rhizobacter*, *Rugamonas*, *Serpens*
 - Семейство *Moraxellaceae*
 - Роды *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Psychrobacter*
 - Род incertae sedis *Enhydrobacter*
- Порядок *Alteromonadales*

- Семейство *Alteromonadaceae*
 - Роды *Alteromonas*, *Alishewanella*, *Colwellia*, *Ferrimonas*, *Glaciacola*, *Idiomarina*, *Marinobacter*, *Marinobacterium*, *Microbulbifer*, *Moritella*, *Pseudoalteromonas*, *Psychromonas*, *Shewanella*
 - Порядок *Vibrionales*
 - Семейство *Vibrionaceae*
 - Роды *Vibrio*, *Photobacterium*, *Salinivibrio*
 - Порядок *Aeromonadales*
 - Семейство *Aeromonadaceae*
 - Роды *Aeromonas*, *Oceanimonas*
 - Род incertae sedis *Tolumonas*
 - Семейство *Succinivibrionaceae*
 - Роды *Succinivibrio*, *Anaerobiospirillum*, *Ruminobacter*, *Succinimonas*
 - Порядок *Enterobacteriales*
 - Семейство *Enterobacteriaceae*
 - Роды *Escherichia*, *Alterococcus*, *Arsenophonus*, *Brenneria*, *Buchnera*, *Budvicia*, *Buttiauxella*, *Calymmatobacterium*, *Cedecea*, *Citrobacter*, *Edwardsiella*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Ewingella*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Kluyvera*, *Leclercia*, *Leminorella*, *Moellerella*, *Morganella*, *Obesumbacterium*, *Pantoea*, *Pectobacterium*, *Candidatus Phlo-mobacter*, *Photorhabdus*, *Plesiomonas*, *Pragia*, *Proteus*, *Providencia*, *Ralmella*, *Saccharobacter*, *Salmonella*, *Serratia*, *Shigella*, *Sodalis*, *Tatumella*, *Trabulsiella*, *Wigglesworthia*, *Xenorhabdus*, *Yersinia*, *Yokenella*
 - Порядок *Pasteurellales*
 - Семейство *Pasteurellaceae*
 - Роды *Pasteurella*, *Actinobacillus*, *Haemophilus*, *Lonepinella*, *Mannheimia*, *Phocoenobacter*
- Класс *Deltaproteobacteria*
 - Порядок *Desulfurellales*
 - Семейство *Desulfurellaceae*
 - Роды *Desulfurella*, *Hippea*
 - Порядок *Desulfovibrionales*
 - Семейство *Desulfovibrionaceae*
 - Роды *Desulfovibrio*, *Bilophila*, *Lawsonia*
 - Семейство *Desulfomicrobiaceae*

- Род [*Desulfomicrobium*](#)
 - Семейство [*Desulfohalobiaceae*](#)
 - Роды [*Desulfohalobium*](#), [*Desulfonatronovibrio*](#), [*Desulfothermus*](#)
 - Семейство [*Desulfonatronumaceae*](#)
 - Род [*Desulfonatronum*](#)
- Порядок [*Desulfobacterales*](#)
 - Семейство [*Desulfobacteraceae*](#)
 - Роды [*Desulfobacter*](#), [*Desulfobacterium*](#), [*Desulfobacula*](#), [*Desulfobotulus*](#), [*Desulfocella*](#), [*Desulfococcus*](#), [*Desulfofaba*](#), [*Desulfofrigus*](#), [*Desulfonema*](#), [*Desulfosarcina*](#), [*Desulfospira*](#), [*Desulfotignum*](#)
 - Семейство [*Desulfobulbaceae*](#)
 - Роды [*Desulfobulbus*](#), [*Desulfocapsa*](#), [*Desulfofus-tis*](#), [*Desulforhopalus*](#), [*Desulfotalea*](#)
 - Семейство [*Nitrospinaceae*](#)
 - Род [*Nitrospina*](#)
- Порядок [*Desulfarcales*](#)
 - Семейство [*Desulfarculaceae*](#)
 - Род [*Desulfarculus*](#)
- Порядок [*Desulfuromonales*](#)
 - Семейство [*Desulfuromonaceae*](#)
 - Роды [*Desulfuromonas*](#), [*Desulfuromusa*](#), [*Malonomonas*](#), [*Pelobacter*](#)
 - Семейство [*Geobacteraceae*](#)
 - Роды [*Geobacter*](#), [*Trichlorobacter*](#)
- Порядок [*Syntrophobacterales*](#)
 - Семейство [*Syntrophobacteraceae*](#)
 - Роды [*Syntrophobacter*](#), [*Desulfacinum*](#), [*Desul-forhabdus*](#), [*Desulfovirga*](#), [*Thermodesulforhabdus*](#)
 - Семейство [*Syntrophaceae*](#)
 - Роды [*Syntrophus*](#), [*Desulfobacca*](#), [*Desulfomonile*](#), [*Smithella*](#)
- Порядок [*Bdellovibrionales*](#)
 - Семейство [*Bdellovibrionaceae*](#)
 - Роды [*Bdellovibrio*](#), [*Bacteriovorax*](#), [*Micavibrio*](#), [*Vampirovibrio*](#)
- Порядок [*Мухососцаles*](#)
 - Семейство [*Мухососцаceae*](#)

- Роды [Muxococcus](#), [Corallococcus](#), [Puxicoccus](#), [Chondromyces](#)
- Семейство [Cystobacteraceae](#)
 - Роды [Cystobacter](#), [Archangium](#), [Hyalangium](#), [Melittangium](#), [Stigmatella](#)
- Семейство [Polyangiaceae](#)
 - Роды [Polyangium](#), [Byssophaga](#), [Haploangium](#), [Jahmia](#), [Sorangium](#)
- Семейство [Nannocystaceae](#)
 - Род [Nannocystis](#)
- Семейство [Kofleriaceae](#)
 - Род [Kofleria](#)
- Класс [Epsilonproteobacteria](#)
 - Порядок [Campylobacterales](#)
 - Семейство [Campylobacteraceae](#)
 - Роды [Campylobacter](#), [Arcobacter](#), [Sulfurospirillum](#)
 - Семейство [Helicobacteraceae](#)
 - Роды [Helicobacter](#), [Thiovulum](#), [Wolinella](#)

Отдел В 13 [Firmicutes](#)

- Класс [Bacilli](#)
 - Порядок [Bacillales](#)
 - Семейство [Alicyclobacillaceae](#)
 - Роды [Alicyclobacillus](#), [Pasteuria](#), [Sulfobacillus](#)
 - Семейство [Bacillaceae](#)
 - Роды [Alkalibacillus](#), [Amphibacillus](#), [Anoxybacillus](#), [Bacillus](#), [Caldalkalibacillus](#), [Cerasibacillus](#), [Exiguobacterium](#), [Filobacillus](#), [Geobacillus](#), [Gracilibacillus](#), [Halalkalibacillus](#), [Halobacillus](#), [Halolactibacillus](#), [Jeotgalibacillus](#), [Lentibacillus](#), [Lysinibacillus](#), [Marinibacillus](#), [Oceanobacillus](#), [Ornithinibacillus](#), [Paraliobacillus](#), [Paucisalibacillus](#), [Pelagibacillus](#), [Piscibacillus](#), [Pontibacillus](#), [Saccharococcus](#), [Salibacillus](#), [Salimicrobium](#), [Salinibacillus](#), [Salirhabdus](#), [Salsuginibacillus](#), [Tenuibacillus](#), [Terribacillus](#), [Thalassobacillus](#), [Ureibacillus](#), [Virgibacillus](#), [Vulcanibacillus](#)
 - Семейство [Caryophanaceae](#)
 - Род [Caryophanon](#)
 - Семейство [Listeriaceae](#)
 - Роды [Brochothrix](#), [Listeria](#)

- Семейство *Paenibacillaceae*
 - Роды *Paenibacillus*, *Ammoniphilus*, *Aneurinibacillus*, *Brevibacillus*, *Oxalophagus*, *Thermicanus*, *Thermobacillus*
- Семейство *Planococcaceae*
 - Роды *Filibacter*, *Kurthia*, *Planomicrobium*, *Sporosarcina*
- Семейство *Sporolactobacillaceae*
 - Роды *Sporolactobacillus*, *Marinococcus*
- Семейство *Staphylococcaceae*
 - Роды *Staphylococcus*, *Gemella*, *Jeotgalicoccus*, *Macrococcus*, *Salinicoccus*
- Семейство *Thermoactinomycetaceae*
 - Род *Thermoactinomyces*
- Семейство *Turicibacteraceae*
 - Род *Turicibacter*
- Порядок *Lactobacillales*
 - Семейство *Aerococcaceae*
 - Род *Aerococcus*
 - Семейство *Carnobacteriaceae*
 - Род *Carnobacterium*
 - Семейство *Enterococcaceae*
 - Роды *Atopobacter*, *Enterococcus*, *Melissococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*
 - Семейство *Lactobacillaceae*
 - Роды *Lactobacillus*, *Paralactobacillus*, *Pediococcus*
 - Семейство *Leuconostocaceae*
 - Роды *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Weissella*
 - Семейство *Streptococcaceae*
 - Роды *Lactococcus*, *Lactovum*, *Pilibacter*, *Streptococcus*
- Класс *Clostridia*
 - Порядок *Clostridiales*
 - Семейство *Acidaminococcaceae*
 - Роды *Acetonema*, *Acidaminococcus*, *Anaeromusa*, *Dialister*, *Megasphaera*, *Pectinatus*, *Phascolarctobacterium*, *Quinella*, *Schwartzia*, *Selenomonas*, *Sporomusa*, *Succinclasticum*, *Veillonella*, *Zymophilus*

- Семейство *Clostridiaceae*
 - Роды *Acetanaerobacterium*, *Acetivibrio*, *Acidaminobacter*, *Alkaliphilus*, *Anaerobacter*, *Anaerotruncus*, *Anoxynatronum*, *Bryantella*, *Caldanaerocella*, *Caloramator*, *Caloranaerobacter*, *Caminicella*, *Candidatus Arthromitus*, *Clostridium*, *Coprobacillus*, *Dorea*, *Ethanologenbacterium*, *Faecalibacterium*, *Garciella*, *Guggenheimella*, *Hespellia*, *Linmingia*, *Natronincola*, *Oxobacter*, *Parasporobacterium*, *Sarcina*, *Soehngenia*, *Sporobacter*, *Subdoligranulum*, *Tepidibacter*, *Tepidimicrobium*, *Thermobrachium*, *Thermohalobacter*, *Tindallia*
 - Семейство *Eubacteriaceae*
 - Род *Eubacterium*
 - Семейство *Heliobacteriaceae*
 - Роды *Heliobacterium*, *Heliobacillus*, *Heliophilum*, *Heliorestis*
 - Семейство *Lachnospiraceae*
 - Род *Lachnospira*
 - Семейство *Peptococcaceae*
 - Род *Peptococcus*
 - Семейство *Peptostreptococcaceae*
 - Роды *Filifactor*, *Finegoldia*, *Fusibacter*, *Helcococcus*, *Micromonas*, *Peptostreptococcus*, *Tissierella*
 - Семейство *Syntrophomonadaceae*
 - Род *Syntrophomonas*
- Порядок *Halanaerobiales*
 - Семейство *Halanaerobiaceae*
 - Род *Halanaerobium*
 - Семейство *Halobacteroidaceae*
 - Род *Halobacteroides*
- Порядок *Thermoanaerobacteriales*
 - Семейство *Thermoanaerobacteriaceae*
 - Семейство *Thermodesulfobiaceae*
- Класс *Mollicutes*
 - Порядок *Mycoplasmatales*
 - Семейство *Mycoplasmataceae*
 - Роды *Candidatus Hepatoplasma*, *Mycoplasma*, *Ureaplasma*
 - Порядок *Entomoplasmatales*

- Семейство [*Entomoplasmataceae*](#)
 - Роды [*Entomoplasma*](#), [*Mesoplasma*](#)
- Семейство [*Spiroplasmataceae*](#)
 - Род [*Spiroplasma*](#)
- Порядок [*Anaeroplasmatales*](#)
 - Семейство [*Anaeroplasmataceae*](#)
 - Роды [*Anaeroplasma*](#), [*Asteroleplasma*](#)
 - Семейство [*Erysipelotrichaceae*](#)
 - Роды [*Erysipelothrix*](#), [*Holdemania*](#), [*Solobacterium*](#)
- Порядок [*Acholeplasmatales*](#)
 - Семейство [*Acholeplasmataceae*](#)
 - Роды [*Acholeplasma*](#), [*Candidatus Phytoplasma*](#)

Отдел В14 [*Bacteroidetes*](#)

- Класс [*Bacteroidia*](#)
 - Порядок [*Bacteroidales*](#)
 - Семейство [*Bacteroidaceae*](#)
 - Роды [*Acetofilamentum*](#), [*Acetomicrobium*](#), [*Acetothermus*](#), [*Anaerorhabdus*](#), [*Bacteroides*](#)
 - Семейство [*Marinilabiaceae*](#)
 - Роды [*Alkaliflexus*](#), [*Anaerophaga*](#), [*Marinilabilia*](#)
 - Семейство [*Porphyromonadaceae*](#)
 - Роды [*Barnesiella*](#), [*Capsularis*](#), [*Dysgonomonas*](#), [*Odoribacter*](#), [*Oribaculum*](#), [*Paludibacter*](#), [*Parabacteroides*](#), [*Petrimonas*](#), [*Porphyromonas*](#), [*Proteiniphilum*](#), [*Tannerella*](#)
 - Семейство [*Prevotellaceae*](#)
 - Роды [*Hallella*](#), [*Prevotella*](#), [*Xylanibacter*](#)
 - Семейство [*Rikenellaceae*](#)
 - Роды [*Alistipes*](#), [*Rikenella*](#)
 - Класс [*Flavobacteria*](#)
 - Порядок [*Flavobacteriales*](#)
 - Семейство [*Blattabacteriaceae*](#)
 - Род [*Blattabacterium*](#)
 - Семейство [*Cryomorphaceae*](#)
 - Роды [*Brumimicrobium*](#), [*Crocinitomix*](#), [*Cryomorpha*](#), [*Fluviicola*](#), [*Lishizhenia*](#), [*Owenweeksia*](#), [*Sediminitomix*](#)
 - Семейство [*Flavobacteriaceae*](#)
 - Роды [*Actibacter*](#), [*Aequorivita*](#), [*Algibacter*](#), [*Aquimarina*](#), [*Arenibacter*](#), [*Bergeyella*](#), [*Bizionia*](#)

Capnocytophaga, Cellulophaga, Chryseobacterium,
Cloacibacterium, Coenonia, Costertonia, Croceibacter,
Dokdonia, Donghaeana, Elizabethkingia, Empedobacter,
Epilithonimonas, Flagellimonas, Flaviramulus,
Flavobacterium, Formosa, Fulvibacter, Gaetbulibacter,
Gaetbulimicrobium, Galbibacter, Gelidibacter, Gillisia,
Gilvibacter, Gramella, Joostella, Kaistella, Kordia,
Krokinobacter, Lacinutrix, Leeuwenhoekiella, Lutibacter,
Lutimonas, Maribacter, Mariniflexile, Marixanthomonas,
Mesoflavibacter, Mesonina, Muricauda, Myroides,
Nonlabens, Olleya, Ornithobacterium, Persicivirga, Pibocella,
Polaribacter, Psychroflexus, Psychroserpens, Riemerella,
Robiginitalea, Salinimicrobium, Salagentibacter, Sandarakinotalea,
Sediminibacter, Sediminicola, Sejongia, Stanierella,
Stenothermobacter, Subsaxibacter, Subsaximicrobium,
Tamlana, Tenacibaculum, Ulvibacter, Vitellibacter,
Wautersiella, Weeksella, Winogradskyella, Yeosuana, Zeaxanthinibacter,
Zhouia, Zobellia, Zunongwangia

- Класс Sphingobacteria
 - Порядок Sphingobacteriales
 - Семейство Chitinophagaceae
 - Роды Balneola, Chitinophaga, Niastella, Terrimonas, Toxothrix
 - Семейство Cyclobacteriaceae
 - Роды Algoriphagus, Aquiflexum, Belliella, Chimaericella, Cyclobacterium, Echinicola, Hongiella
 - Семейство Cytophagaceae
 - Роды Adhaeribacter, Arcicella, Cytophaga, Dyadobacter, Effluviibacter, Emticicia, Flectobacillus, Flexibacter, Hymenobacter, Larkinella, Leadbetterella, Meniscus, Microscilla, Persicitalea, Pontibacter, Rhodonellum, Rudanella, Runella, Spirosoma, Sporocytophaga
 - Семейство Flammeovirgaceae
 - Роды Fabibacter, Flammeovirga, Flexithrix, Limibacter, Marinicola, Perexilibacter, Persicobacter, Rapidithrix, Reichenbachiella, Roseivirga, Thermonema
 - Семейство Rhodothermaceae
 - Роды Rhodothermus, Salinibacter
 - Семейство Saprospiraceae

- Роды [*Aureispira*](#), [*Haliscomenobacter*](#), [*Lewinella*](#), [*Saprospira*](#)
- Семейство [*Sphingobacteriaceae*](#)
 - Роды [*Mucilaginibacter*](#), [*Nubsella*](#), [*Olivibacter*](#), [*Parapedobacter*](#), [*Pedobacter*](#), [*Pseudosphingobacterium*](#), [*Sphingobacterium*](#)
 - Род incertae sedis [*Niabella*](#)
- «*Bacteroidetes*», Роды incertae sedis [*Flavisolibacter*](#), [*Fulvivirga*](#), [*Prolixibacter*](#), [*Segetibacter*](#)

Отдел B15 [*Planctomycetes*](#)

- Класс [*Planctomycetia*](#)
 - Порядок [*Planctomycetales*](#)
 - Семейство [*Planctomycetaceae*](#)
 - Роды [*Blastopirellula*](#), [*Gemmata*](#), [*Isosphaera*](#), [*Pirellula*](#), [*Planctomyces*](#), [*Rhodopirellula*](#), [*Schlesneria*](#), [*Singulisphaera*](#), [*candidatus Brocadia*](#), [*candidatus Kuenenia*](#), [*candidatus Scalindua*](#), [*candidatus Anammoxoglobus*](#)

Отдел B16 [*Chlamydiae*](#)

- Класс [*Chlamydiae*](#)
 - Порядок [*Chlamydiales*](#)
 - Семейство [*Chlamydiaceae*](#)
 - Роды [*Chlamydia*](#), [*Chlamydophila*](#)
 - Семейство [*Parachlamydiaceae*](#)
 - Роды [*Neochlamydia*](#), [*Parachlamydia*](#)
 - Семейство [*Simkaniaceae*](#)
 - Род [*Simkania*](#)
 - Семейство [*Waddliaceae*](#)
 - Род [*Waddlia*](#)

Отдел B17 [*Spirochaetes*](#)

- Класс [*Spirochaetes*](#)
 - Отдел [*Spirochaetales*](#)
 - Семейство [*Brachyspiraceae*](#)
 - Роды [*Brachyspira*](#), [*Serpulina*](#)
 - Семейство [*Brevinemataceae*](#)
 - Род [*Brevinema*](#)
 - Семейство [*Leptospiraceae*](#)
 - Роды [*Leptonema*](#), [*Leptospira*](#), [*Turneriella*](#)
 - Семейство [*Spirochaetaceae*](#)

- Роды [Borrelia](#), [Clevelandina](#), [Cristispira](#), [Diplocalyx](#), [Hollandina](#), [Pilotina](#), [Spirochaeta](#), [Treponema](#)

Отдел B18 [Fibrobacteres](#)

- Класс [Fibrobacteria](#)
 - Порядок [Fibrobacterales](#)
 - Семейство [Fibrobacteraceae](#)
 - Род [Fibrobacter](#)

Отдел B19 [Fusobacteria](#)

- Класс [Fusobacteria](#)
 - Порядок [Fusobacteriales](#)
 - Семейство [Fusobacteriaceae](#)
 - Роды [Cetobacterium](#), [Fusobacterium](#), [Plyobacter](#), [Propionigenium](#)
 - Семейство [Leptotrichiaceae](#)
 - Роды [Leptotrichia](#), [Sebaldella](#), [Sneathia](#), [Streptobacillus](#)

Отдел B20 [Acidobacteria](#)

- Класс [Acidobacteria](#)
 - Порядок [Acidobacteriales](#)
 - Семейство [Acidobacteriaceae](#)
 - Роды [Acidobacterium](#), [Edaphobacter](#), [Geothrix](#), [Holophaga](#), [Terriglobus](#)

Отдел B21 [Verrucomicrobia](#)

- Класс [Verrucomicrobiae](#)
 - Порядок [Verrucomicrobiales](#)
 - Семейство [Akkermansiaceae](#)
 - Род [Akkermansia](#)
 - Семейство [Rubritaleaceae](#)
 - Род [Rubritalea](#)
 - Семейство [Verrucomicrobiaceae](#)
 - Роды [Luteolibacter](#), [Persicirhabdus](#), [Prostheco-bacter](#), [Roseibacillus](#), [Verrucomicrobium](#)
 - Класс [Opitutae](#)
 - Порядок [Opitutaes](#)
 - Семейство [Opitutaceae](#)
 - Роды [Alterococcus](#), [Opitutus](#)
 - Порядок [Puniceicoccales](#)
 - Семейство [Puniceicoccaceae](#)

- Роды [*Cerasicoccus*](#), [*Coraliomargarita*](#),
[*Pelagicoccus*](#), [*Puniceicoccus*](#)

Отдел В 22 [*Dictyoglomi*](#)

- Класс [*Dictyoglomia*](#)
 - Порядок [*Dictyoglomales*](#)
 - Семейство [*Dictyoglomaceae*](#)
 - Род [*Dictyoglomus*](#)

Отдел В 23 [*Gemmatimonadetes*](#)

- Класс [*Gemmatimonadetes*](#)
 - Порядок [*Gemmatimonadales*](#)
 - Семейство [*Gemmatimonadaceae*](#)
 - Род [*Gemmatimonas*](#)

Отдел В 24 [*Actinobacteria*](#)

- Класс [*Actinobacteria*](#)
 - Порядок [*Acidimicrobiales*](#)
 - Семейство [*Acidimicrobiaceae*](#)
 - Род [*Acidimicrobium*](#)
 - Порядок [*Actinomycetales*](#)
 - Семейство [*Actinomycetaceae*](#)
 - Роды [*Actinobaculum*](#), [*Actinomyces*](#), [*Arcanobacterium*](#), [*Falcivibrio*](#), [*Mobiluncus*](#), [*Varibaculum*](#)
 - Семейство [*Actinospicaceae*](#)
 - Род [*Actinospica*](#)
 - Семейство [*Catenulisporaceae*](#)
 - Род [*Catenulispora*](#)
 - Семейство [*Corynebacteriaceae*](#)
 - Роды [*Bacterionema*](#), [*Caseobacter*](#),
[*Corynebacterium*](#)
 - Семейство [*Dietziaceae*](#)
 - Род [*Dietzia*](#)
 - Семейство [*Gordoniaceae*](#)
 - Роды [*Gordonia*](#), [*Millisia*](#), [*Skermania*](#)
 - Семейство [*Mycobacteriaceae*](#)
 - Род [*Mycobacterium*](#)
 - Семейство [*Nocardiaceae*](#)
 - Роды [*Micropolyspora*](#), [*Nocardia*](#), [*Rhodococcus*](#),
[*Smaragdicoccus*](#)
 - Семейство [*Segniliparaceae*](#)
 - Род [*Segniliparus*](#)

- Семейство *Tsukamurellaceae*
 - Род *Tsukamurella*
- Семейство *Williamsiaceae*
 - Род *Williamsia*
- Семейство *Acidothermaceae*
 - Род *Acidothermus*
- Семейство *Kineosporiaceae*
 - Роды *Cryptosporangium*, *Kineococcus*, *Kineosporia*
- Семейство *Frankiaceae*
 - Род *Frankia*
- Семейство *Geodermatophilaceae*
 - Роды *Blastococcus*, *Geodermatophilus*, *Modestobacter*
- Семейство *Nakamurellaceae*
 - Роды *Humicoccus*, *Nakamurella*, *Quadrisphaera*, *Saxeibacter*
- Семейство *Sporichthyaceae*
 - Род *Sporichthya*
- Семейство *Glycomycetaceae*
 - Роды *Glycomyces*, *Stackebrandtia*
- Семейство *Beutenbergiaceae*
 - Роды *Beutenbergia*, *Georgenia*, *Salana*
- Семейство *Bogoriellaceae*
 - Род *Bogoriella*
- Семейство *Brevibacteriaceae*
 - Род *Brevibacterium*
- Семейство *Cellulomonadaceae*
 - Роды *Actinotalea*, *Cellulomonas*, *Oerskovia*, *Tropheryma*
- Семейство *Dermabacteraceae*
 - Роды *Brachybacterium*, *Dermabacter*
- Семейство *Dermacoccaceae*
 - Роды *Demetria*, *Dermacoccus*, *Kytococcus*
- Семейство *Dermatophilaceae*
 - Роды *Dermatophilus*, *Kineosphaera*
- Семейство *Intrasporangiaceae*
 - Роды *Arsenicicoccus*, *Humibacillus*, *Humihabitans*, *Intrasporangium*, *Janibacter*, *Knoellia*, *Kribbia*, *Lapil-*

licoccus, *Ornithinicoccus*, *Ornithinimicrobium*, *Oryzihumus*, *Phycococcus*, *Serinicoccus*, *Terrabacter*, *Terracoccus*, *Tetrasphaera*

- Семейство *Jonesiaceae*
 - Род *Jonesia*
- Семейство *Microbacteriaceae*
 - Роды *Agreia*, *Agrococcus*, *Agromyces*, *Aureobacterium*, *Clavibacter*, *Cryobacterium*, *Curtobacterium*, *Frigoribacterium*, *Frondicola*, *Gulosibacter*, *Humibacter*, *Labeledella*, *Leifsonia*, *Leucobacter*, *Microbacterium*, *Microcella*, *Microterricola*, *Mycetocola*, *Okibacterium*, *Phycicola*, *Plantibacter*, *Pseudoclavibacter*, *Rathayibacter*, *Rhodoglobus*, *Salinibacterium*, *Subtercola*, *Yonghaparkia*, *Zimmermannella*
- Семейство *Micrococcaceae*
 - Роды *Acaricomus*, *Arthrobacter*, *Citricoccus*, *Kocuria*, *Micrococcus*, *Nesterenkonia*, *Renibacterium*, *Rothia*, *Stomatococcus*, *Zhihengliuella*
- Семейство *Promicromonosporaceae*
 - Роды *Cellulosimicrobium*, *Isoptericola*, *Myceliogenerans*, *Promicromonospora*, *Xylanibacterium*, *Xylanimonas*
- Семейство *Rarobacteraceae*
 - Род *Rarobacter*
- Семейство *Sanguibacteraceae*
 - Род *Sanguibacter*
- Семейство *Yaniellaceae*
 - Род *Yaniella*
- Семейство *Micromonosporaceae*
 - Роды *Actinocatenispora*, *Actinoplanes*, *Amorphosporangium*, *Ampullariella*, *Asanoa*, *Catellatospora*, *Catelliglobospora*, *Catenuloplanes*, *Couchioplanes*, *Dactylosporangium*, *Hamadaea*, *Krasilnikovia*, *Longispora*, *Luedemannella*, *Micromonospora*, *Pilimelia*, *Planopolyspora*, *Planosporangium*, *Polymorphospora*, *Pseudosporangium*, *Salinispora*, *Spirilliplanes*, *Verrucosispora*, *Virgisporangium*
- Семейство *Nocardioideae*

- Роды *Actinopolymorpha*, *Aeromicrobium*, *Friedmanniella*, *Hongia*, *Kribbella*, *Marmoricola*, *Micropruina*, *Nocardioides*, *Pimelobacter*, *Propioniccicella*, *Propionicimonas*
- Семейство *Propionibacteriaceae*
 - Роды *Aestuariimicrobium*, *Arachnia*, *Brooklawnia*, *Granulicoccus*, *Jiangella*, *Luteococcus*, *Microlunatus*, *Propionibacterium*, *Propioniferax*, *Propionimicrobium*, *Tessaracoccus*
- Семейство *Actinosynnemataceae*
 - Роды *Actinokineospora*, *Actinosynnema*, *Lechevalieria*, *Lentzea*, *Saccharothrix*, *Umezawaea*
- Семейство *Pseudonocardiaceae*
 - Роды *Actinoalloteichus*, *Actinobispora*, *Actinomycetospora*, *Actinopolyspora*, *Allokutzneria*, *Amycolata*, *Amycolatopsis*, *Crossiella*, *Faenia*, *Goodfellowiella*, *Kibdelosporangium*, *Kutzneria*, *Prauserella*, *Pseudoamycolata*, *Pseudonocardia*, *Saccharomonospora*, *Saccharopolyspora*, *Streptoalloteichus*, *Thermobispora*, *Thermocrispum*
- Семейство *Streptomycetaceae*
 - Роды *Actinopycnidium*, *Actinosporangium*, *Chainia*, *Elytrosporangium*, *Kitasatoa*, *Kitasatospora*, *Microellobosporia*, *Streptacidiphilus*, *Streptomyces*, *Streptoverticillium*
- Семейство *Nocardiopsaceae*
 - Роды *Nocardiopsis*, *Streptomonospora*, *Thermobifida*
- Семейство *Streptosporangiaceae*
 - Роды *Acrocarpospora*, *Herbidospora*, *Microbispora*, *Microtetraspora*, *Nonomuraea*, *Planobispora*, *Planomonospora*, *Planotetraspora*, *Sphaerisporangium*, *Streptosporangium*, *Thermopolyspora*
- Семейство *Thermomonosporaceae*
 - Роды *Actinocorallia*, *Actinomadura*, *Excellorspora*, *Spirillospora*, *Thermomonospora*
 - «Actinomycetales», Роды incertae sedis *Demequina*, *Ruania*, *Fodinicola*
- Порядок *Bifidobacteriales*

- Семейство *Bifidobacteriaceae*
 - Роды *Aeriscardovia*, *Alloiscardovia*, *Bifidobacterium*, *Gardnerella*, *Metiscardovia*, *Pariscardovia*, *Scardovia*
 - Род incertae sedis *Turicella*
- Порядок *Coriobacteriales*
 - Семейство *Coriobacteriaceae*
 - Роды *Adlercreutzia*, *Asaccharobacter*, *Atopobium*, *Collinsella*, *Coriobacterium*, *Cryptobacterium*, *Denitrobacterium*, *Eggerthella*, *Olsenella*, *Slackia*
- Порядок *Rubrobacterales*
 - Семейство *Conexibacteraceae*
 - Род *Conexibacter*
 - Семейство *Patulibacteraceae*
 - Род *Patulibacter*
 - Семейство *Rubrobacteraceae*
 - Род *Rubrobacter*
 - Семейство *Solirubrobacteraceae*
 - Род *Solirubrobacter*
 - Семейство *Thermoleophilaceae*
 - Род *Thermoleophilum*
- Порядок *Sphaerobacterales*
 - Семейство *Sphaerobacteraceae*
 - Род *Sphaerobacter*

Ранее архей объединяли с **бактериями** в общую группу, называемую **про-кариоты** (или царство **Дробянки** (лат. *Monera*)), и они назывались **архебактерии**, однако сейчас такая классификация считается устаревшей^[1]: установлено, что археи имеют свою независимую **эволюционную историю** и характеризуются многими **биохимическими** особенностями, отличающими их от других форм жизни.

- Домен *Archaea*
 - Отдел A1 *Crenarchaeota*
 - Класс *Thermoprotei*
 - Порядок *Thermoproteales*
 - Семейство *Thermoproteaceae*
 - Роды *Thermoproteus*, *Caldivirga*, *Pyrobaculum*, *Thermoclaudium*, *Vulkanisaeta*
 - Семейство *Thermofilaceae*

- Род [*Thermofilum*](#)
 - Порядок [*Caldisphaerales*](#)
 - Семейство [*Caldisphaeraceae*](#)
 - Род [*Caldisphaera*](#)
 - Порядок [*Desulfococcales*](#)
 - Семейство [*Desulfococcaceae*](#)
 - Роды [*Desulphococcus*](#), [*Acidilobus*](#),
ды [*Desulphococcus*](#), [*Acidilobus*](#), [*Aeropyrum*](#), [*Igneococcus*](#), [*Staphylothermus*](#), [*Thermodiscus*](#)
 - Семейство [*Pyrodictiaceae*](#)
 - Роды [*Pyrodictium*](#), [*Hyperthermus*](#),
ды [*Pyrodictium*](#), [*Hyperthermus*](#), [*Pyrolobus*](#)
 - Порядок [*Sulpholobales*](#)
 - Семейство [*Sulpholobaceae*](#)
 - Роды [*Sulpholobus*](#), [*Acidianus*](#), [*Meta*](#)
[*ilosphaera*](#), [*Sulfurisphaera*](#), [*Sulfurococcus*](#)
- Отдел А2 [*Euryarchaeota*](#)
 - Класс [*Methanobacteria*](#)
 - Порядок [*Methanobacteriales*](#)
 - Семейство [*Methanobacteriaceae*](#)
 - Роды [*Methanobacterium*](#), [*Methano*](#)
ды [*Methanobacterium*](#), [*Methanobrevibacter*](#), [*Methanosphaera*](#), [*Methanothermobacter*](#)
 - Семейство [*Methanothermaceae*](#)
 - Род [*Methanothermus*](#)
 - Класс [*Methanococci*](#)
 - Порядок [*Methanococcales*](#)
 - Семейство [*Methanococcaceae*](#)
 - Роды [*Methanococcus*](#), [*Methanother*](#)
ды [*Methanococcus*](#), [*Methanothermococcus*](#)
 - Семейство [*Methanocaldococcaceae*](#)
 - Роды [*Methanocaldococcus*](#), [*Metha*](#)
ды [*Methanocaldococcus*](#), [*Methanotorris*](#)
 - Класс [*Methanomicrobia*](#)
 - Порядок [*Methanomicrobiales*](#)
 - Семейство [*Methanomicrobiaceae*](#)
 - Роды [*Methanomicrobium*](#), [*Methano*](#)
[*culleus*](#), [*Methanofollis*](#), [*Methanogenium*](#), [*Methan*](#)
[*olacinis*](#), [*Methanoplanus*](#)

- Семейство *Methanocorpusculaceae*
 - Род *Methanocorpusculum*
- Семейство *Methanospirillaceae*
 - Род *Methanospirillum*
 - Род *incertae sedis Methanocalculus*
- Порядок *Methanosarcinales*
 - Семейство *Methanosarcinaceae*
 - Роды *Methanosarcina*, *Methanococoides*, *Methanohalobium*, *Methanohalophilis*, *Methanolobus*, *Methanomicrococcus*
 - Семейство *Methanosaetaceae*
 - Род *Methanosaeta*
- Класс *Halobacteria*
 - Порядок *Halobacteriales*
 - Семейство *Halobacteriaceae*
 - Роды *Halobacterium*, *Haloarcula*, *Halobaculum*, *Halobiforma*, *Halococcus*, *Haloferax*, *Halogeometricum*, *Halomicrobium*, *Halohabdus*, *Haldus*, *Halorubrum*, *Halosimplex*, *Haloterrigena*, *Natrialba*, *Natrinema*, *Natronobacterium*, *Natronococcus*, *Natronomonas*, *Natronorubrum*
- Класс *Thermoplasmata*
 - Порядок *Thermoplasmales*
 - Семейство *Thermoplasmataceae*
 - Род *Thermoplasma*
 - Семейство *Picrophilaceae*
 - Род *Picrophilus*
 - Семейство *Ferroplasmataceae*
 - Род *Ferroplasma*
- Класс *Thermococci*
 - Порядок *Thermococcales*
 - Семейство *Thermococcaceae*
 - Роды *Thermococcus*, *Palaeococcus*, *Pyrococcus*
- Класс *Archaeoglobi*
 - Порядок *Archaeoglobales*
 - Семейство *Archaeoglobaceae*

- Роды [Archaeoglobus](#),
[Ferroglobus](#), [Geoglobus](#)
- Класс [Methanopyri](#)
 - Порядок [Methanopyrales](#)
 - Семейство [Methanopyraceae](#)
 - Роды [Methanopyrus](#)
- Отдел А3 [Korarchaeota](#)
- Отдел А4 [Nanoarchaeota](#)
- Отдел А5 [Thaumarchaeota](#)

РАЗДЕЛ II. ЗНАЧЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ БАКАЛАВРОВ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

1. Направления подготовки «Зоотехния» и «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

Знания микробиологии расширяют представления о физиологии животных, способствуют правильному их кормлению, содержанию, убою, грамотному отношению к получению животноводческой продукции только от здоровых животных, и ее правильному хранению, и переработке.

Знания дают понимание возможности использовать продукцию микробного синтеза (витамины, ферменты, аминокислоты), полученную на микробиологических предприятиях, для выращивания животных и птицы с целью интенсификации производства мяса, молока и яиц. Примером могут быть кормовые дрожжи. Кормовые дрожжи - отселектированные штаммы дрожжей, используемые для промышленного получения кормовых белков, применяемых в качестве биодобавки для сельскохозяйственных животных, пушных зверей, птиц и рыб. Дрожжи содержат до 45% протеина, провитамин D₂, полноценный набор макро- и микроэлементов. Дрожжи могут культивироваться на гидролизатах растительных отходов, что дает возможность решать две проблемы – использовать отходы и получать полезную добавку к кормам.

В процессе эволюции между организмом животного и микроорганизмами сложились взаимовыгодные (симбиотические) отношения и сформировалась определенная микробиота тела животных. Микробы присутствуют на кожных и слизистых покровах, в верхних дыхательных путях, в ротовой полости, в мочеполовой системе, в желудочно-кишечном тракте. Все эти микроорганизмы животного представляют собой постоянных обитателей, состав которых может несколько меняться в зависимости от условий содержания и кормления животных, но в целом представители микробиоты должны быть относительно постоянными. Микроорганизмы обеспечивают рубцовое пищеварение у жвачных, синтезируя целлюлозолитические ферменты, расщепляя клетчатку до органических кислот, т.е. участвуют в образовании предшественников молока.

Молекулярные методы исследования позволили установить, что в рубце содержится в сотни раз больше видов прокариот, чем удается культивировать в лабораторных условиях. Археи, самые древние бактерии на планете, представлены в рубце метанообразующими бактериями вида метанобревибактер и метаноспириллум. В процессе брожения в рубце образуются только у одного животного до 700 л газа в сутки, состоящего из метана, диоксида углерода, аммиака, сероводорода, азота, водорода, которые способствуют созданию анаэробных условий в рубце. Вместе с тем, такое выделение газов в атмосферу при промышленном ведении животноводства превратилось в экологическую проблему, а именно – это способствует развитию парникового эффекта. Оказалось, что метан

оказывает намного большее влияние на повышение температуры на Земле, чем CO₂, но находится в атмосфере меньшее время.

Без участия микроорганизмов невозможно получить силос, сенаж, провести обогащение кормов необходимыми витаминами и аминокислотами. Микробиология кормов заслуживает особого внимания. При заготовке растительных кормов, используемых в животноводстве, необходимо учитывать в них содержание влаги, поскольку от этого зависит развитие микроорганизмов. Для жизни бактерий требуется более высокая влажность, чем для плесеней, поэтому при неправильном хранении может возникнуть плесневение кормов, вызванное токсичными грибами. Такие корма могут быть причиной хронического отравления животных, вызывая у них микотоксикозы и снижая продуктивность.

Сено готовят из скошенных трав влажностью 70-80%, на поверхности которых находится масса микроорганизмов (эпифитная микрофлора). Но в процессе сушки свободная вода испаряется и при влажности сена 12-17% микробиологические процессы протекать не могут. Чем скорее высушиваются растения, тем меньше в них потери питательных веществ. Микробы остаются в сене в анабиотическом состоянии, поэтому при попадании в него воды (внутри скирды или стога) деятельность микроорганизмов возобновляется, в результате чего выделяется энергия, что ведет к повышению температуры до 40...50 °С, а затем, с развитием микроорганизмов-термофилов, до 70...80 °С. Сено становится бурным, возможно обугливание сена, тогда растения становятся черными и, наконец, присоединение химических процессов может привести к самовозгоранию сена.

Сенаж – растительный корм, содержащий 40-50% влаги, готовится из провяленных трав. Основным фактором сохранности корма от разрушения микроорганизмами – физиологическая сухость (превышение водоудерживающей силы растений над сосущей силой микробов). Снижение влажности растений ведет к увеличению водоудерживающей силы их клеток, а если она будет превышать «сосущую силу» микробов, развитие последних приостанавливается. Максимальная сосущая сила большинства бактерий равна 5,0-5,5 МПа, плесневых грибов – 22,0-24,5 МПа, при влажности 50% водоудерживающая сила клеток растений 5,0-5,5 МПа, а при 40% – 7,0-7,2 МПа. Водососущая сила грибов (22,0-29,5) может быть преодолена только при 15%-й влажности растений, так как водоудерживающая сила растений 45-50%. Приостановки роста грибов добиваются не понижением влажности, а уплотнением растительной массы, поскольку грибы-аэробы и не могут развиваться без кислорода, от которого изолируют уплотненную и измельченную растительную массу.

Микробиологические процессы в сенаже протекают крайне медленно, количество накапливаемых органических кислот значительно меньше (в 2,4 раза), чем в силосе, углеводы корма сохраняются. Сенаж по аминокислотному составу приближается к зеленым растениям.

Силос готовится из растительной массы влажностью 70-80%, измельченной, уплотненной и изолированной от кислорода воздуха. В этих условиях в ней начинают развиваться сначала гнилостные бактерии, использующие имеющийся кислород, а затем молочнокислые бактерии, являющиеся факультативными

анаэробами. Они сбраживают углеводы растений до молочной, уксусной, пропионовой кислот. Успешность силосования зависит от количества сахаров в растениях.

По этому признаку определяется силосуемость растений. Сахарный минимум – это процент сахара в растениях, необходимый для накопления молочной кислоты в количестве, обеспечивающем снижение рН силоса до 4,2 при данной буферности исходного сырья. Таким образом, главным консервирующим веществом в силосе является молочная кислота, образующая микроорганизмами при молочнокислом брожении. Достаточное накопление этой кислоты (до рН 4,2) приводит к полной гибели микроорганизмов, в том числе и самих молочнокислых. Так что зрелый силос не должен содержать никаких микроорганизмов. Неправильное приготовление силоса, попадание в него почвы с другими микроорганизмами, в частности, с масляно-кислыми бациллами, приводит к порче силоса, так как эти бациллы сбраживают сахара с образованием масляной кислоты, а также уксусной, пропионовой, муравьиной, спиртов (этиловый, бутиловый) и ацетона. Масляная кислота придает горький вкус и неприятный запах корму, который плохо поедается животными и отражается на качестве молока.

Кисломолочные продукты готовят из молока высокого качества с помощью специальных микробных заквасок. В зависимости от вида используемых микроорганизмов и технологии их применения получают разнообразную кисломолочную продукцию (простоквашу обыкновенную, а также ряженку, кефир, сыр и многие другие продукты). В качестве заквасок используются чистые культуры молочнокислых бактерий с добавлением или без добавления культур молочных дрожжей: молочнокислых стрептококков, болгарской палочки, ацидофильной палочки, ароматобразующих бактерий, бифидобактерий и др.

Как правило, различают две группы кисломолочных продуктов:

- 1 – продукты, получаемые в результате молочнокислого брожения (сметана, простокваша, ряженка, ацидофилин, йогурт, творог).
- 2 – продукты, получаемые в результате смешанного (молочнокислого и спиртового) брожения (кефир, ацидофильно-дрожжевое молоко, кумыс, курунга, шубат).

Продукты первой группы отличаются нежным вкусом, имеют плотный и однородный сгусток. В отличие от них продукты смешанного брожения обладают более резким, слегка щиплющим вкусом, обусловленным присутствием этилового спирта и углекислоты, и нежным сгустком, пронизанным мельчайшими пузырьками углекислого газа.

Ассортимент сегодняшних производителей кисломолочных продуктов очень разнообразен и напрямую связан и используемой закваской, и видом животных, от которых получено молоко.

Использование эубиотиков восстанавливает физиологическую норму животного.

Необходимо знать микрофлору животноводческой продукции – мяса, молока, яиц, козевенно-мехового сырья, чтобы избежать их порчи микроорганизмами.

Микробиология мяса. Перед убоем животное должно находиться в покое не менее 3 суток. Это связано с тем, что во время тяжелой работы, а также транспортировки в организме животного повышается проницаемость кровеносных сосудов и микробы из кишечника могут попасть в органы и ткани. Произойдет прижизненное (эндогенное) обсеменение мяса, что приведет после убоя к быстрому его гниению. В покое, у животного ткани освобождаются от микробов, в мышцах увеличивается содержание гликогена, что после убоя повышает количество молочной кислоты и, следовательно, устойчивость мяса к гнилостным микробам. Мясо упитанных животных и молодняка, в тканях которых больше гликогена, меньше подвержено порче микроорганизмами.

Микробы могут попасть в мясо из внешней среды при снятии шкуры и последующей его разделке, а также с оборудования, одежды, рук рабочих, или при неумелом удалении кишечника. Тогда говорят об экзогенном обсеменении мяса. Попадание микробов приводит к быстрому разложению мяса, поэтому необходимо соблюдать правила гигиены.

Недопустимо использовать мясо животных, больных сибирской язвой, бруцеллезом, туляремией. Мясо не должно содержать никаких микроорганизмов.

Микробиология молока и молочных продуктов. Молоко – секрет молочной железы млекопитающих, служит хорошей питательной средой для микроорганизмов. Они всегда находятся в сосковом канале вымени молочной железы, в выводных протоках и альвеолах. Наибольшее количество молочнокислых бактерий скапливается у соскового канала, где они образуют пробку. Поэтому первые порции молока будут содержать наибольшее количество микробов, и эти порции необходимо сдаивать в отдельную посуду. Для получения молока хорошего качества необходимо предохранять его и от экзогенного обсеменения микробами, т.е. содержать в чистоте вымя, кожные покровы животного, посуду, руки персонала, а также предохранять молоко от попадания пыли и грязи. Молоко должно использоваться только от здоровых коров, так как через молоко передаются человеку возбудители таких опасных болезней, как бруцеллез, туберкулез, ящур. От животного, больного сальмонеллезом, в молоко могут попасть эти микроорганизмы и стать причиной заражения людей. Даже такое заболевание у коров, как мастит (воспаление вымени), может вызвать тяжелые отравления у людей, особенно детей, так как вызывается токсичными стафилококками или стрептококками.

Кисломолочные продукты готовят из молока высокого качества с помощью специальных микробных заквасок. В зависимости от вида используемых микроорганизмов и технологии их применения получают простоквашу обыкновенную, а также ряженку, кефир, сыр и многие другие продукты.

Микробиология яйца. В яйце здоровой птицы содержится природный антибиотик – лизоцим, препятствующий размножению микроорганизмов. Можно длительно сохранять яйцо, если создать дополнительные условия, препятствующие размножению микробов: низкую температуру (2-2,5 °С) и влажность 85%. Но постепенно микробы через поры скорлупы проникают в яйцо, образуют

колонии сначала на подскорлупной оболочке, а затем развиваются в белке. Наступает процесс гниения яиц, который в зависимости от вызвавшего его микроорганизма носит название зеленая, красная, черная или смешанная гниль. Для того, чтобы дольше сохранить яйцо, необходимо избегать попадания микроорганизмов на поверхность яйца из почвы или с загрязненных поверхностей. Разработаны специальные приемы, способствующие длительному сохранению яиц, предохраняющие их от проникновения микробов: обработка растворами извести, парафина, жидкого стекла.

Через яйцо передаются инфекции, общие для человека и птицы, особенно распространен сальмонеллез (возбудители бактерии рода *Salmonella*). Эти бактерии могут находиться в организме куриц (тогда яйцо обсеменяется от больной курицы эндогенно), а также сальмонеллы могут выделяться с навозом от других видов больных животных (овец, коз, свиней, грызунов) и попасть снаружи через скорлупу яйца. ГОСТ Р 57901-2017 рассматривает методы определения сальмонелл в яйце и устанавливает порядки периодичности проверки яиц. Яйцо птицы, особенно водоплавающей, часто служит источником заражения не только сальмонеллезом, но и туберкулезом. Поэтому необходима длительная температура обработки таких яиц (кипячение до 15 мин).

Микрофлора кожевенно-мехового сырья. После снятия шкуры в ней начинают происходить естественные ферментативные процессы (автолиз), разрушающие ткани, что создает благоприятную среду для развития микробов. Источником обсеменения шкуры микробами могут быть навоз, почва, вода, воздух и предметы обработки. Процесс разложения шкуры особенно быстро происходит в местах скопления грязи, в складках и изгибах. Для предохранения шкуры от порчи разделка должна производиться по возможности в сухом, чистом помещении, чтобы избежать излишнее попадание на нее микроорганизмов. Дальнейшая обработка шкуры направлена на то, чтобы предотвратить развитие микробов. Это соление, мокросоленое, сухосоленое или пресно-соленое консервирование, а также замораживание.

На поверхности шерсти всегда имеются микробы. Правила хранения шерсти направлены на то, чтобы предохранить ее от размножения микроорганизмов и, следовательно, от порчи. Так, в сырой слежавшейся шерсти под действием микробов поднимается температура, шерсть может обуглиться, а иногда и воспламениться. При более медленном процессе нагревания она теряет под влиянием микроорганизмов блеск, цвет, товарный вид. Для предохранения от порчи микроорганизмами шерсть надо хранить в тюках, на деревянных брусках, в сухих, хорошо вентилируемых помещениях.

Микрофлора животноводческих помещений. Микроорганизмы окружают животных повсюду, они находятся в воде, которую пьют животные, в корме, который едят, в воздухе, которым дышат, в подстилки, на которой лежат. Поэтому разработаны санитарные нормы содержания микроорганизмов в животноводческих помещениях, кормах, воздухе. В основу норм положено количество кишечной палочки, находящейся в единице объема воды или корма (коэффициент). В воздухе помещения измеряется общее количество микроорганизмов,

среди которых минимальный процент должен приходиться на микроорганизмы, вызывающие при посеве разрушение эритроцитов (гемолитические стрептококки).

Возбудители инфекционных болезней. Микроорганизмы могут вызывать у животных многочисленные заболевания, которые либо приводят к их массовой гибели, либо к снижению продуктивности. Примером болезней первого типа могут быть заболевания вирусной природы (ящур, чума свиней), бактериальной (сибирская язва), бактериальной (сальмонеллез) и др. Такие заболевания, как туберкулез и бруцеллез, протекают скрытно, хронически, и опасны не только сами по себе, но и тем, что через животноводческую продукцию передаются человеку. Необходимо знать внешние признаки всех этих инфекций и опасность, которую они несут. Инфекционные болезни изучаются в курсе ветеринарии, но возбудители болезней – в курсе микробиологии.

Вакцины. Методы предохранения животных от заболеваний основаны на знании физиологии микроорганизмов. Впервые получены такие препараты – вакцины Луи Пастером против пастереллеза (холера кур), рожи свиней, сибирской язвы и бешенства за счет селекции ослабленных штаммов микроорганизмов – возбудителей заболеваний. Принцип, положенный Л. Пастером в основу получения вакцин, используется и в настоящее время. Таким образом, вакцина – это сам микроб, но с низкой вирулентностью (способностью вызывать заболевания).

Сыворотки. Кроме вакцин, с помощью микроорганизмов получают сыворотки, предназначенные для экстренной помощи животным. Сыворотка – кровь, содержащая антитела против конкретного микроорганизма, полученная, как правило, от лошади путем ее предварительной гипериммунизации с помощью вакцины. Взятая у лошади кровь, в которой содержатся антитела, освобождается от форменных элементов, поэтому она превращается в сыворотку. Сыворотку вводят для лечения животного в тяжелых случаях течения болезни, или для кратковременной профилактики, когда вакцинировать поздно.

Микробиологическая диагностика. Владея знаниями микробиологии, можно в мазках, приготовленных из крови, выделений животного, найти возбудителя заболевания, для каждого из которых характерна определенная морфология. Но эти исследования необходимо проводить в лаборатории, куда направляется материал от больного животного.

Аллергическая диагностика. Диагностику инфекционных заболеваний можно проводить с помощью убитых культур микроорганизмов – возбудителей, вводя их внутрикожно или подкожно, а также на слизистую оболочку нижнего века у крупного рогатого скота, лошадей. При наличии у животных заболевания введение убитых микробов – диагностикумов, вызовет специфическую аллергическую реакцию: отечность, припухлость, красноту кожи, а при введении в веко – не только гиперемия и набухание слизистой, но и выделение из внутреннего угла глаза слизисто – гнойного экссудата в виде толстого тяжа. Такую диагностику проводят при туберкулезе, бруцеллезе и других заболеваниях.

Микробиология навоза. В навозе содержится огромное количество микроорганизмов (в 1 г до 90 млрд. живых клеток), так как он представляет собой

хорошую питательную среду для микробов. В навозе могут содержаться и возбудители инфекционных болезней, поэтому необходимо его правильно хранить и обеззараживать. Для этого используют симбиотические микроорганизмы, которые при биотермическом методе, усиленно размножаясь, разогревают массу навоза до 70...80 °С, при этом погибают неспорные возбудители инфекций – сальмонеллы, колибактерии, бруцеллы и др.). Навоз, полученный от больных или подозреваемых в заболевании сибирской язвой, эмкаротом, сапом, инфекционной анемией, энцефаломиелитом, эпизоотическим лимфангоитом, браздотом, туберкулезом, паратуберкулезом, чумой, увлажняют дезинфицирующим раствором и сжигают. Навоз, полученный от здоровых животных, благодаря жизнедеятельности микроорганизмов, превращается при определенных условиях хранения в органическое удобрение, при этом необходимо избежать потери ценных для земледелия азота, фосфора и калия. Используют различные методы хранения: под скотом, плотный (анаэробный), рыхло – плотный (аэробно – анаэробный), рыхлый (аэробный). в каждом из них преобладает развитие различных групп микроорганизмов, что позволяет целенаправленно вести переработку навоза.

В ряде стран (Индия, Китай) навоз перерабатывают с помощью микроорганизмов на биогаз – метан. В фермерских хозяйствах это оказывается рентабельным: 200-300 м³ этого эквивалентны 100 л бензина. Кроме того, биогаз используется для отопления помещений.

Мы перечислили лишь основные моменты, которые свидетельствуют о важности знания микробиологии для зооинженера. Кроме того, эти знания являются базой для изучения других дисциплин – ветеринарии, зоогигиены, молочного дела, кормопроизводства, кормления и др.

Современные промышленные комплексы, предусматривающие содержание большого количества животных и птицы, представляют потенциальную опасность для развития в них условно-патогенных, а порой и патогенных микроорганизмов. Знания микробиологии дают понимание необходимости соблюдения предписываемых нормативной документацией санитарно-гигиенических правил содержания животных и птицы.

Значительные отходы, образующиеся при промышленном животноводстве и птицеводстве, выдвигает проблему их утилизации, и это возможно сделать с использованием микроорганизмов. Биоконверсия – получение биогаза – метана из органических отходов – в том числе навоза и других отходов, методом их сбраживания в специальных реакторах – метантенках в анаэробных условиях.

2. Направление подготовки «Биология»

Микробиология в современном мире является одной из самых перспективных и актуальных наук, влияющих на развитие цивилизации. И это не только производство с помощью микроорганизмов традиционной продукции – антибиотиков, пробиотиков, кисломолочных продуктов, пива и вина, это возможность положительно влиять на экологию и климат планеты.

Одним из практических направлений микробиологии является новейшая биотехнология – наука о генно-инженерных и клеточных методах и технологиях

создания и использования генетически трансформированных (модифицированных) растений, животных, микроорганизмов и вирусов в целях интенсификации производства и получения новых видов продуктов различного назначения.

Открытие архей с их уникальными способностями выживать в экстремальных условиях может быть использовано в практических целях. Микроорганизмы экстремальных мест обитаний могут быть применены для разработки новых направлений биотехнологии, где бактерии будут производить, например, водород и биотопливо, а также поглощать углекислый и другие парниковые газы. Разрабатывается на основе изучения микроводорослей биотопливо третьего поколения, когда водоросли смогут выращиваться в открытых прудах и биореакторах.

Один из выдающихся микробиологов современности академик Георгий Александрович Заварзин (1933-2011) предсказал большое будущее природоведческой микробиологии. Он отмечал, что развитие общей микробиологии в ближайшие годы будет определяться широким применением метагеномики (раздел молекулярной генетики, в котором изучается генетический материал, полученный из образцов окружающей среды) и протеомики (объектом изучения протеомики являются белки, которые экспрессируются в данной клетке в данный момент времени (то есть протеом)). Г.А. Заварзин определил несколько направлений актуальных исследований в микробиологии: использование рибосомальной классификации микроорганизмов, дискретной математики и комбинаторики, взаимодействие микроорганизмов с минералами, геобиофизика гетерогенных систем, системный подход к анализу компонентов и их взаимодействии от микроколоний до сообществ со средой обитания и интегральная оценка деятельности микробных сообществ.

Интересным направлением является интродукция в природу генетически модифицированных микроорганизмов, получивших название ГЕМОМ. Здесь остаются невыясненными вопросы – как долго сохраняются модифицированные микроорганизмы в природе и передается ли их генетическая информация природным микроорганизмам? На одном из примеров применения генетически модифицированной бактерии *Pseudomonas sp.* с целью расщепления остатков гербицида было показано, что через несколько дней после применения она не обнаруживалась в почвенных образцах, однако затем стала появляться вновь. Согласно разным точкам зрения ДНК погибших бактерий гомома может расщепляться ферментами почвенных микроорганизмов, а по другим данным – она длительно сохраняется в почве, находясь на комочках почвы виммобилизованном состоянии, а затем участвует в процессах трансформации местных бактерий.



Заварзин
Георгий Александрович

Подтверждением служит тот факт, что через год в жтой местности, где никогда ранее не обнаруживали бактерии, оасщепляющие этот гербицид, они стали выжедаться из почвенных образцов. Генетические исследования подтвердили у «новх бактерий» наличие последовательностей, принадлежащих гемому. Отсюда сделан вывод, что внесенный в экологическую нишу микроорганизм может переадть часть генетической информации бактериям-аборигенам, но приведет ли это к пользе или к нарушению стабильности сообщества – предстоит выяснять вкаждом конкретном случае.

Изучение микробиологии расширяет представление биологов о разнообразии живых существ на планете, показывает наличие, кроме изученного макромира, невидимого и такого необычного мира малых существ. Среди них есть те, которые имеют другое, по сравнению с клетками животных и растений, строение, обладают особенностями биохимического состава и обмена веществ, не имеют клеточного строения и даже не содержат нуклеиновых кислот.

Именно микроорганизмы играют главенствующую роль в круговороте всех веществ в природе, обеспечивая постоянство жизни. Микроорганизмы делают доступным для всего живого атмосферный азот, так необходимый всем, но неусвояемый без микроорганизмов.

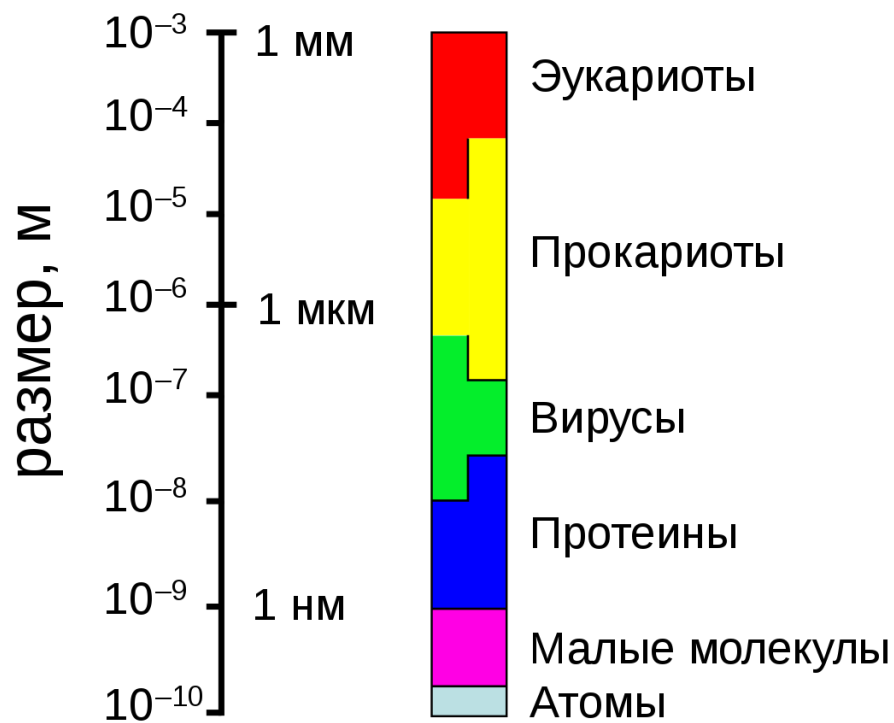
Биологи узнают разнообразие способов получения энергии, микроорганизмами, отличающиеся от имеющихся у растений и животных.

Необычность биохимического состава клеточных стенок бактерий, наличие правовращающих аминокислот, способность архей выносить экстримальные условия среды свидетельствуют о древнем происхождении мира микроорганизмов и необходимости продолжать его исследования.

Множество микроорганизмов, населяющих организм человека и получившее название микробиом, привлекает большое внимание ученых. Проект «Микробиом человека» реализуется в рамках идентификации и характеристики микроорганизмов, ассоциированных с человеком в его различных анатомических областях. В задачи проекта входит изучение внутри и межиндивидуальных нарушений микробиома и их возможных влияний на здоровье людей, в том числе на возникновение рака и психических расстройств. Теория и практика микробиома создает большой потенциал для обоснования здоровых стереотипов питания, поведения и развития новых терапевтических приемов для профилактики заболеваний. Есть предположение, что многие терапевтические заболевания на самом деле вызываются бактериями и являются по-сути, инфекционными (так получилось с открытием *Helicobacter pylori*–возбудителем язвенной болезни). Проект «Микробиом человека» не менее важен и интересен, чем выполненный до этого «Микробиом человека» проект «Геном человека» (Human Genome Project) – Международная программа, целью которой являлось построение генетической и физической карт генома человека и определение полной нуклеотидной последовательности ДНК.

В настоящее время микробиология разрабатывает вопросы, связанные с экологией (охрана окружающей среды) и генетической инженерией (построение микроорганизмов с заранее заданными свойствами).

Можно сказать, что мир микробов пока остается для человека *Terra incognita*, и многие открытия в этой науке еще предстоит сделать.



Шкала относительных размеров эукариот, прокариот, вирусов, протеинов, молекул и атомов

Рекомендуемая литература

1. Гернет, М. В. Микробиология: учебник / М.В. Гернет, Н.Г. Ильяшенко, Л.Н. Шабурова. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2020. – 263 с. – ISBN 978-5-16-015357-5. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1081661>
2. Пиневи́ч, А.В. Вирусология: учебник / А.В. Пиневи́ч, А.К. Сироткин, О.В. Гаврилова, А.А. Потехин; под ред. А.В. Пиневи́ча. – 2-е изд., доп. – С.-П.: СПбГУ, 2020. – 442 с. – ISBN 978-5-288-06011-3. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1244714>
3. Сидоренко, О.Д. Микробиология: учебник / О.Д. Сидоренко, Е.Г. Борисенко, А.А. Ванькова, Л.И. Войно. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 286 с. – (ВО: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-009743-5. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1227524>
4. Пономарева, М.С. Микробиология: руководство к лабораторным занятиям: учебно-методическое пособие / М.С. Пономарева, Л.Н. Шабурова, Н.Г. Ильяшенко, М.В. Гернет. – М.: ИНФРА-М, 2021. – 246 с.: ил. – (ВО: Бакалавриат, Магистратура). – ISBN 978-5-16-017113-5. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1764800>
5. Кисленко, В.Н. Микробиология. Практикум: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 239 с. – ISBN 978-5-16-016186-0. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1085571>
6. Ильяшенко, Н.Г. Микроорганизмы и окружающая среда: учеб. пособие / Н.Г. Ильяшенко, Л.Н. Шабурова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 195 с. – [www.dx.doi.org/ 10.12737/25060](http://www.dx.doi.org/10.12737/25060). – ISBN 978-5-16-012636-4. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1031519>
7. Мудрецова-Висс, К.А. Основы микробиологии: учебник / К.А. Мудрецова-Висс, В.П. Дедюхина, Е.В. Масленникова. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. – 3 84 с. – ISBN 978-5-8199-0909-6. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1065571>
8. Нетрусов А.И. Микробиология. Университетский курс: учебник для студ.учреждений высш.проф образования / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова // 4-ое изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом «Академия», 2012. – 384 с. – (Сер.Бакалавриат). ISBN 978-5-7695-7979-0
9. Пиневи́ч А.В. Вирусология: учебник / А.В. Пиневи́ч, А.К. Сироткин, О.В. Гаврилова, А.А. Потехин; под ред. А.В. Пиневи́ча. – 2-е изд., доп. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2020. – 442 с. – ISBN 978-5-288-06011-3. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1244714>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ.....	4
1. Общие сведения о дисциплине Микробиология.....	4
1.1 Определение термина «микробиология», краткая историческая справка о развитии науки.....	4
1.2 Предмет изучения и задачи микробиологии.....	12
1.3 Дифференциация микробиологии по направлениям.....	14
1.4 Определение термина «вирусология», краткая историческая справка. Предмет изучения и задачи вирусологии.....	20
1.5 Предмет изучения, задачи вирусологии и разнообразие вирусов. Современные достижения вирусологии.....	24
1.6 Биоразнообразие микроорганизмов (объекты микробиологии)...	40
1.6.1 Микроорганизмы клеточной организации – прокариоты.....	40
1.6.2 Микроорганизмы, не имеющие клеточного строения.....	49
2. Положение микроорганизмов в общей системе живых существ.....	51
3. Особенности строения бактериальной клетки и биохимического состава микроорганизмов по сравнению с клеткой эукариот.....	54
4. Номенклатура и систематика бактерий.....	58
РАЗДЕЛ II ЗНАЧЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ БАКАЛАВРОВ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ.....	86
1. Направления подготовки «Зоотехния» и «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».....	86
2. Направления подготовки «Биология».....	92
Рекомендуемая литература.....	96

Составитель
Литвина Лидия Алексеевна

Введение в микробиологию с основами вирусологии

Учебное пособие

Печатается в авторской редакции
Компьютерная вёрстка Н.Е. Карачева

Подписано в печать _____ г.
Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Объем _____ уч.-изд. л., 6,2 усл. печ. л.
Тираж _____ экз. Изд. № ____ . Заказ № _____

Отпечатано в Издательстве
Новосибирского государственного аграрного университета
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел./факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru