

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ЕЕ РАЗЛИЧНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ И ИХ РОЛЬ В УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАРОДОВ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ

*Министерство здравоохранения Республики Узбекистан г.Ташкент
Ташкентский государственный стоматологический институт (ТГСИ) Научный
руководитель*

Мухамедов Иламан Мухамедович

*Доктор медицинских наук, профессор кафедры микробиологии Таш ГосСИ
Исполнительница*

Хакимова Парвина Саидхановна

Аннотация

Статья представляет собой обзор основных аспектов микробиологии, науки о живых организмах размером менее 1 мм, невидимых невооруженным глазом. В ней обсуждаются объекты микробиологии, включая прокариотические (бактерии и археи) и эукариотические организмы (простейшие, микроскопические водоросли, низшие грибы), а также их роль в природных процессах и человеческой деятельности.

Ключевые слова

Микробиология, прокариотические организмы, эукариоты, метаболизм микроорганизмов, Пастеризация, Брожение

ВВЕДЕНИЕ

Микробиология - наука о живых организмах, не видимых невооруженным глазом, размером менее 1 мм. Объекты микробиологии прокариотические организмы (бактерии и археи) и эукариоты (простейшие, микроскопические водоросли, низшие грибы).

Роль микробиологии как науки определяется значением микроорганизмов в природных процессах и человеческой деятельности: 1) микроорганизмы участвуют в глобальном круговороте элементов, причем некоторые стадии невозможны без них, например фиксация молекулярного азота, денитрификация или минерализация сложных органических веществ в анаэробных условиях; 2) на метаболизме микроорганизмов основан ряд необходимых человеку производств (хлебопечение, пивоварение, виноделие и др.); 3) микроорганизмы используются для очистки окружающей среды от различных природных и антропогенных загрязнений; 4) многие микроорганизмы являются возбудителями заболеваний человека, животных, растений, а также вызывают порчу продуктов питания и различных промышленных материалов.

Исходя из выполняемых задач микробиология подразделяется на общую, частную, медицинскую, ветеринарную, сельскохозяйственную, промышленную и т.д.

Основная Часть

Представители мира микробов

Микромир весьма многообразен и многочислен и включает представителей как растительного, так и животного происхождения. К нему относятся бактерия, грибы, гельминты, простейшие и вирусы. Всех их можно объединить единым термином – микробы

По молекулярно-биологической организации микробы существенно различаются: одни из них представляют собой молекулы (ДНК, РНК, прионы) или сложные частицы (вирусы), не способные к самостоятельному существованию, другие - сложно устроенные организмы, имеющие биологические системы, необходимые для проявления жизнедеятельности и обеспечивающие автономное существование (бактерии, грибы, простейшие). Сложность молекулярно-биологической организации, биологические особенности представителей микромира обусловлены объемом, т.е. строением и составом, их генома. Так, геном бактерий и грибов включает до 5000 генов, вирусов – до 100 генов, а простейших – примерно 5000-10000 генов.

Распространенность микробов

Микробы чрезвычайно широко распространены. Они обитают в почве, воде, атмосфере (даже в космосе), а также в организме человека, животных, растений. Видовой состав их очень разнообразен. Например, только бактерий насчитывается более 100 000 видов, грибов - до 250 000 видов. В организме каждого человека обитает до 10¹⁴ только бактерий, не считая грибов, вирусов и простейших, т.е. на каждую клетку организма человека приходится более чем одна бактериальная клетка. Если сложить число бактерий, обитающих в проживающей на Земле человеческой популяции, то мы получим огромную цифру порядка 10³⁰ бактерий. Микробы, населяющие организм каждого человека, составляют его микроэкологию, играющую большую роль как в обеспечении нормальной жизнедеятельности организма, так и в патологии человека. Огромное число микробов, обитающих в окружающей среде (почва, вода, атмосфера, жилые помещения, пищевые продукты и т.д.), а их количество огромно, составляют микроэкологию, которая также влияет на биологические и природные процессы на планете, прежде всего на санитарное благополучие той среды, в которой обитает человек. Подсчитано, что общая биомасса микробов даже превышает биомассу растений и животных.

Роль микробов в патологии человека

Среди огромного числа микробов, патогенных для человека, т.е. вызывающих инфекционные болезни, насчитывается порядка 3500 видов, из которых около 1000 видов являются вирусами - Если учесть, что человек подвержен примерно 10 000 болезням, т.е. самостоятельным нозологическим формам, то на долю инфекционных болезней приходится около одной трети всех заболеваний, которыми страдает

человек. Однако на эту одну треть нозоформ приходится примерно 70% всех случаев болезней, регистрируемых у человека

Структура микробиологии	
МИКРОБИОЛОГИЯ	
ОБЩАЯ	ЧАСТНАЯ
Анатомия (структура микробов)	Медицинская
Физиология микробов	Бактериология
Биохимия микробов	Вирусология
Генетика микробов	Микология
Эволюция микробов	Протозоология
Экология микробов	Санитарная микробиология
	Ветеринарная
	Сельскохозяйственная
	Морская
	Космическая
	Техническая (биотехнология)

История микробиологии исчисляется примерно с 1661 г., когда голландский торговец сукном Антони ван Левенгук впервые увидел микроскопические существа, наблюдаемые им в микроскоп собственного изготовления. Он описал их основные группы, а также сделал вывод о том, что они вездесущи. Этот период истории микробиологии можно условно назвать описательным или морфологическими .

Физиологический этап развития микробиологии начался приблизительно с середины XIX в. и связан с именами прежде всего французского химика-кристаллографа Луи Пастера и немецкого сельского врача Роберта Коха. Эти ученые положили начало экспериментальной микробиологии и существенно обогатили методологический арсенал этой науки.

Л. Пастер доказал, что причиной химических изменений субстратов являются микроорганизмы, и опроверг теорию их самозарождения. Исследования природы брожений стали продолжением работы по выяснению причины прокисания вина. Л. Пастер показал, что каждое брожение имеет главный конечный продукт и вызывается микроорганизмами определенного типа. Эти исследования привели к открытию неизвестного ранее «образа жизни» - анаэробного метаболизма. Изучая на примере дрожжей возможность переключения с одного типа обмена веществ на другой, Л. Пастер показал, что анаэробный метаболизм энергетически менее выгоден. Работы по изучению возбудителей «болезней» пива и вина позволили Л. Пастеру предложить способ тепловой обработки этих продуктов, предохраняющий их от порчи, получивший название «пастеризация». Они же навели ученого на мысль о том, что микроорганизмы, возможно, являются возбудителями и инфекционных болезней человека. Исследования микробной природы многих заболеваний человека в дальнейшем велись институтами Л. Пастера (в Париже) и Р.Коха (в Берлине) параллельно.

На рубеже XIX-XX вв. Дмитрий Иванович Ивановский открыл вирус табачной мозаики, тем самым обнаружив особую группу биологических объектов, не имеющих клеточного строения.

В XX в. микробиология развивалась, опираясь в том числе и на открытия, сделанные в других областях биологии.

Развитие отечественной микробиологии в XX в. представлено различными направлениями и деятельностью многих ученых с мировым именем. Перечислим лишь некоторые из них. Большой вклад в геносистематику микроорганизмов внесли А.Н. Белозерский и А.С. Спирин. В. Н. Шапошников создал теорию физиологической двухфазности брожений, что позволило управлять процессами получения важных продуктов в микробиологических производствах. Физиология и биохимия многих фототрофных и хемолитотрофных микроорганизмов были подробно изучены Е.Н. Кондратьевой с сотрудниками.

Экологическое направление представлено работами В.Л. Омелянского, который разработал схемы круговорота веществ в природе и изучил жизнедеятельность микроорганизмов, участвующих в глобальных циклах азота (нитрификаторы и азотфиксаторы), серы (гнилостные, сульфатредуцирующие и тионовые бактерии) и железа (железобактерии). Методы прижизненного наблюдения микроорганизмов, внедренные в микробиологическую практику, капилляры Перфильева, стекла обрастания Росси - Холодного, почвенная камера и метод проращивания почвенной пыли по Холодному, активно используются и в настоящее время. Роль микробных сообществ в разных природных и искусственных местообитаниях изучают М. В. Иванов и Г.А. Заварзин с сотрудниками. В области управляемого культивирования микроорганизмов Н.Д. Иерусалимским была разработана теория роста и развития микробов. В современной микробиологии развиты следующие основные направления:

- 1) фундаментальные исследования (выяснение путей метаболизма, выделение, очистка ферментов, регуляция обмена веществ и т.д.);
- 2) систематика микроорганизмов и построение филогенетических древ;
- 3) экологическая микробиология (роль микроорганизмов в природных экосистемах и пищевых цепях);
- 4) популяционная микробиология (выяснение природы межклеточных контактов и взаимосвязь клеток в популяции);
- 5) медицинская, ветеринарная и сельскохозяйственная микробиология;
- 6) техническая (промышленная) микробиология (включает все практические аспекты). Необходимо иметь в виду, что многие исследования происходят на стыке дисциплин (например, молекулярная микробиология, генная инженерия).

Основными методами микробиологических исследований являются:

- 1) микроскопия (световая, люминесцентная, электронная, лазерная);

- 2) выделение чистых культур и контролируемое культивирование;
- 3) аналитические методы (физиолого-биохимические, генетические и т.д.);
- 4) молекулярно-биологические методы (в том числе обнаружение микроорганизмов без выделения в чистые культуры).

Мир микробов включает любой организм микроскопических размеров, поэтому понятно, что термин «микроорганизм» не имеет таксономического смысла. Микроорганизмы встречаются в самых разных таксономических группах, причем другие члены этой группы могут быть и макроорганизмами (например, водоросли и грибы). Микроорганизмы - самая обширная по количеству представителей группа, и ее члены распространены повсеместно. У микроорганизмов встречаются все известные типы обмена веществ. Именно микроорганизмы были первыми живыми существами на нашей планете, которые и сформировали ее облик.

Накопление огромного фактического материала в микробиологии для удобства работы потребовало классифицировать изучаемые объекты. Под классификацией понимают отнесение конкретного биологического объекта к определенной группе однородности (таксону) по совокупности присущих ему признаков. Отношения между таксонами организмов изучает систематика. В современной классификации микроорганизмов принята следующая иерархия таксонов: домен, филум, класс, порядок, семейство, род, вид. Вид основная таксономическая единица. Микробиологи пользуются биномиальной системой обозначения объекта (номенклатуры), включающей родовое и видовое названия, например *Escherichia coli*.

Результаты и обсуждение

В настоящее время определение микроорганизмов (идентификация) базируется на морфофизиологических, биохимических и молекулярно-биологических критериях.

Для идентификации микроорганизмов-прокариот исследователи пользуются определителем Берджи.

Представление о месте микроорганизмов среди других живых существ эволюционировало с течением времени от отнесения их к животным или растениям до выделения в три отдельных домена (надцарства, империи). Согласно современным представлениям, микроорганизмы делятся на прокариот и эукариот в зависимости от строения их клеток. Из-за того что большинство микроорганиз-

мов устроено крайне примитивно и для их классификации простого описания было недостаточно, исследователи привлекали функциональные характеристики. Как правило, микробиологический объект невозможно классифицировать, не применив совокупность морфофизиологических, биохимических и молекулярно-биологических данных. При этом эти признаки могут иметь неодинаковую значимость.

Существует также более формальная нумерическая таксономия, где все признаки альтернативны и имеют «одинаковый вес». Это позволяет дать количественную оценку степени сходства и различия организмов путем вычисления коэффициентов сходства или соответствия. Для использования нумерической

классификации необходимо как можно полнее изучить фенотипические признаки микроорганизма, так как от этого зависит точность помещения его в данную группу.

В настоящее время преобладает филогенетический подход к систематике микроорганизмов, который учитывает родственные связи и пути эволюции организмов. При такой классификации иерархия таксонов отражает генеалогическое древо. Однако из-за отсутствия в большинстве случаев ископаемых остатков микроорганизмов невозможно напрямую установить исторический путь эволюции.

На основе исследований профессора Иллинойского университета К. Вёза (C. Woese, 1985) сделана попытка перехода к филогенетической классификации микроорганизмов путем сравнения нуклеотидных последовательностей 16S рРНК, состоящей из 1500 нуклеотидов, из которых 900 консервативны. Эта молекула обладает достаточно большой, но не чрезмерной информацией и считается своеобразным «биологическим хронометром». На основе множества сравнений с помощью компьютера было построено Филогенетическое древо (рис. 1). Одновременно было доказано, что митохондрии и хлоропласты имеют бактериальное симбиотическое происхождение. Анализ 16S рРНК позволяет определить место микроорганизма на филогенетическом древе, а дальше определение видового названия ведется традиционными микробиологическими методами. При этом 90% совпадений свидетельствуют о принадлежности к определенному роду, 97% - к определенному виду. Более точный метод - ДНК-ДНК-гибридизация, который дает более 30% совпадений в пределах рода и более 70% - в пределах вида.

Для более четкой дифференцировки микроорганизмов на уровне рода и вида американским микробиологом Ритой Колвелл (1970) была предложена полифилетическая (полифазная) таксономия, предполагающая использование многоуровневой информации от молекулярной до экологической. Для этого необходимо предварительно найти группы схожих штаммов, определить филогенетические позиции этих групп, измерить различия между группами и их ближайшими соседями, собрать различные данные, дифференцирующие группы, предпочтительно на разных уровнях клеточной организации.

В настоящее время разрабатывается классификация всех живых существ, в которой выделены три домена (надцарства): Bacteria, Archaea и Eukarya на основе анализа нуклеотидной последовательности 16S рРНК. В домен Eukarya вошли все эукариотические организмы как одноклеточные, так и многоклеточные, в том числе человек. Домен Bacteria включает прокариотические микроорганизмы, имеющие типичные признаки бактерий, в частности клеточные оболочки, содержащие пептидогликан.

Частная микробиология обычно относится к изучению микроорганизмов в контексте конкретных приложений или отраслей. В отличие от общей микробиологии, которая изучает микроорганизмы в целом, частная микробиология

фокусируется на определенных аспектах, таких как медицинская микробиология, промышленная микробиология, сельскохозяйственная микробиология и другие.

Основная Часть

Примеры частных областей микробиологии:

Медицинская микробиология - изучает микроорганизмы, вызывающие болезни у человека, и методы их контроля и лечения.

Медицинская микробиология - это область медицины, которая изучает микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы и простейшие), их структуру, функции, способы жизни, а также их воздействие на организм человека. Эта наука играет важную роль в диагностике, профилактике и лечении инфекционных заболеваний.

Медицинская микробиология занимается идентификацией патогенных микроорганизмов, изучением их чувствительности к антибиотикам и другим лекарственным препаратам, а также разработкой методов борьбы с инфекционными заболеваниями.

Среди ключевых областей медицинской микробиологии можно выделить:

Бактериология: изучение бактерий, их свойств, классификации и влияния на человека.

Особую важность занимают Острые Кишечные Инфекции

Под бактериальными острыми кишечными инфекциями подразумеваются заразные заболевания людей с явными клиническими признаками расстройства функции желудочно-кишечного тракта, вызванные патогенными бактериями: брюшной тиф, паратифы, прочие сальмонеллезы, бактериальная дизентерия, диареи, этиологическими факторами которых являются энтеропатогенные бактерии.

Острые кишечные инфекции (ОКИ) вызывали ежегодно в Узбекистане тысячи случаев заболеваний. Так, в 1965г. регистрировалось 141 675 больных, в 1970г. - 144 458, в 1980 г - 90 128, что в интенсивных показателях на 100 тыс. человек составляло соответственно 1720,0; 1580,6; 679,0 (Искандаров с соавт., 1996). В 1981-1993 гг. заболеваемость ОКИ стабилизировалась в тех же показателях на уровне 570,0 - 752,3, а в 1994-1999 гг. снизилась до 180,0-350,8 на 100 тыс. чел.

Вирусология: изучение вирусов, их структуры, репликации, патогенеза и методов борьбы с вирусными инфекциями. (ОРВИ ,COVID-19)

Микология: изучение грибковых инфекций и их лечение. (кандиды)

Паразитология: изучение паразитических организмов, таких как простейшие, гельминты и арахниды, их жизненного цикла, патогенеза и методов контроля и профилактики. (По данным республиканской СЭС, в Узбекистане ежегодно обследуют на гельминтозы около 6 млн. человек, из которых около 200 тыс. инвазированы, в основном карликовым цепнем и острицами, а также тениидами, аскаридами, власоглавами, частично (до 500 случаев в год) эхинококками и другими гельминтами. Истинная пораженность населения значительно выше. Например, по данным специальных обследований некоторых коллективов, энтеробиозом поражено

30 – 50% детей. В эндемических зонах аскаридоз и трихоцефалез установлены у 20 – 30% населения.)

Медицинская микробиология играет важную роль в борьбе с инфекционными заболеваниями, такими как:

- грипп (Influenza virus A, B, C),
- туберкулез (Mycobacterium tuberculosis),
- вич-инфекция ,
- малярия(паразит рода Plasmodium),
- холера (Vibrio cholerae)

Современные методы в этой области включают в себя бактериологические и вирусологические анализы, молекулярно-генетические методы исследования, а также методы биоинформатики для анализа геномов патогенных микроорганизмов.

Протозоология - изучает биологию и экологию представителей царства Monocytzoa, являющихся возбудителями болезней человека, а также вопросы эпидемиологии, патогенеза, клиники, диагностики, лечения и профилактики вызываемых ими заболеваний.

Санитарная микробиология - наука, изучающая микрофлору окружающей среды (в том числе патогенные бактерии и вирусы), ее жизнедеятельность и вызываемые в результате этого процессы, которые могут непосредственно или косвенно оказывать неблагоприятное влияние на окружающую среду и здоровье людей.

Клиническая микробиология - раздел медицинской микробиологии, изучающий взаимоотношения, складывающиеся между организмом и микробами в норме, при патологии, в динамике воспалительного процесса с учетом проводимой терапии до констатации клиницистом состояния клинического или полного выздоровления.

Сельскохозяйственная микробиология - это область микробиологии, которая изучает роль микроорганизмов в сельском хозяйстве и их влияние на растения, почву, животных и окружающую среду. Эта область науки включает в себя изучение биологических процессов, которые происходят в агроэкосистемах, а также разработку методов использования микроорганизмов для увеличения урожайности, борьбы с болезнями растений и животных, улучшения качества почвы и снижения негативного воздействия сельского хозяйства на окружающую среду.

Некоторые ключевые аспекты сельскохозяйственной микробиологии включают:

Ризосферная микробиология: Изучение микроорганизмов, которые населяют корневую зону растений (ризосфера), и их взаимодействие с растениями. Некоторые микроорганизмы способствуют увеличению доступности питательных веществ для растений и защищают их от патогенов.

Ферментация: Производство микробиологических продуктов, таких как молочные продукты, крахмал и спиртные напитки.

Биогаз: Производство биогаза из органических отходов сельского хозяйства с помощью анаэробного биодигестора.

Экологическая микробиология- Изучает взаимодействие микроорганизмов с окружающей средой, их роль в экосистемах, биоразложение, очистку воды и почвы и другие аспекты.

Экологическая микробиология - это область микробиологии, которая изучает роль микроорганизмов в экосистемах и их взаимодействие с окружающей средой. Она фокусируется на изучении разнообразия микроорганизмов в природных и антропогенно измененных средах, а также на понимании роли этих микроорганизмов в биогеохимических циклах, разложении органических веществ, очистке воды и почвы, а также в патогенезе.

Некоторые ключевые аспекты экологической микробиологии включают:

Биогеохимические циклы: Изучение роли микроорганизмов в циклах передвижения элементов в природных экосистемах, таких как углеродный, азотный, фосфорный и серный циклы. Микроорганизмы играют важную роль в этих циклах, участвуя в процессах минерализации, фиксации и денитрификации.

Биоразнообразие: Изучение разнообразия микроорганизмов в различных экосистемах, включая почву, водоемы, атмосферу, а также экстремальные среды, такие как горячие источники, соляные озера и ледники.

Микробиологическая очистка: Использование микроорганизмов для очистки сточных вод, почвы и загрязненных природных сред.

Биоремедиация: Применение микроорганизмов для деградации загрязнителей и восстановления загрязненных экосистем.

Патогенез и здоровье окружающей среды: Изучение влияния микроорганизмов на здоровье человека и животных через загрязнение воды, почвы и воздуха.

Микробные сообщества: Изучение взаимодействия между различными видами микроорганизмов в экосистемах и формирование микробных сообществ.

Экологическая микробиология играет важную роль в понимании функционирования природных экосистем, разработке экологически устойчивых методов использования ресурсов и охране окружающей среды.

Биотехнология и генная инженерия - включает в себя использование микроорганизмов для производства биологических продуктов, создания генетически модифицированных организмов и других инновационных технологий.

Частная микробиология играет важную роль в различных сферах науки, промышленности и медицины, обеспечивая основу для разработки новых методов лечения, производства, а также понимания взаимодействия микроорганизмов с окружающей средой.

Результаты и обсуждение

Биотехнология и генная инженерия - это две тесно связанные области, которые используют знания и методы из различных наук, таких как биология, химия, генетика

и инженерия, для создания новых продуктов, процессов и технологий с помощью живых организмов или их компонентов.

Биотехнология: Это область, которая применяет биологические системы, организмы или их компоненты для разработки или улучшения продуктов, технологий и процессов. Это включает в себя использование микроорганизмов, клеток растений и животных, биомолекул и биохимических процессов для создания продуктов, таких как пищевые добавки, лекарственные препараты, биотопливо, ферменты, биополимеры и другие.

Генная инженерия : Это раздел биотехнологии, который специализируется на манипуляциях с генами организмов для изменения их свойств или создания новых. Генная инженерия включает в себя техники, такие как рекомбинантная ДНК-технология, клонирование генов, трансгенез и другие методы, которые позволяют вносить изменения в геном организмов и создавать новые виды со специфическими свойствами.

Примеры приложений биотехнологии и генной инженерии:

Производство лекарственных препаратов, таких как инсулин и вакцины, с использованием микроорганизмов или клеток.

Создание трансгенных растений с улучшенными свойствами, такими как устойчивость к болезням, вредителям или способность к росту в неблагоприятных условиях.

Производство биодизеля и других биотоплив из растений или микроорганизмов.

Разработка биосенсоров для обнаружения загрязнителей в окружающей среде.

Использование генной терапии для лечения генетических заболеваний.

Создание биологических удобрений и пестицидов для сельского хозяйства.

Биотехнология и генная инженерия имеют огромный потенциал в различных областях, и их развитие может привести к созданию новых продуктов и технологий, которые могут значительно улучшить качество жизни и помочь в решении глобальных проблем. Однако, они также вызывают этические и социальные вопросы, которые требуют внимательного обсуждения и регулирования.

Заключение

Таким образом, микробиология остается ключевой областью науки, влияющей на нашу жизнь и окружающую среду, и ее значимость будет только возрастать в будущем.

Частная микробиология представляет собой многообразную и важную область научных исследований и применений. Различные подразделения этой науки, такие как медицинская, промышленная, сельскохозяйственная и экологическая микробиология, играют ключевую роль в современном мире.

Медицинская микробиология помогает бороться с инфекционными заболеваниями и разрабатывать эффективные методы профилактики и лечения. Промышленная микробиология открывает пути для создания новых продуктов и процессов, способствуя развитию биотехнологий и экологически устойчивых методов

производства. Сельскохозяйственная микробиология помогает оптимизировать сельское хозяйство и увеличивать урожайность, снижая при этом вредное воздействие на окружающую среду. Наконец, экологическая микробиология позволяет понять взаимодействие микроорганизмов с окружающей средой и применять этот знания для сохранения экосистем и биоразнообразия.

Все эти аспекты частной микробиологии имеют огромное значение для нашего здоровья, экономики и окружающей среды. В дальнейшем исследования и применения в этой области будут продолжать способствовать прогрессу человечества и улучшению качества жизни.

Таким образом, микробиология остается ключевой областью науки, влияющей на нашу жизнь и окружающую среду, и ее значимость будет только возрастать в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мухамедов И.М. Медицинская , микробиология , вирусология и иммунология / И.М. Мухамедов , Ж.А. Ризаев , Г.Т. Искандарова , Ш.А. Хужаева – М.: Изд-НИЛОЛ MEDIA , 2022
2. Бабьева И.П. Биология почв / И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. - М.: Изд- во МГУ, 1983. Биотехнология / под ред. А.А. Баева М.: Наука, 1984.
3. Варфоломеев С.Д. Биотехнология. Кинетические основы микробиологических процессов / С.Д. Варфоломеев, С. В. Калюжный.- М.: Высшая школа, 1990.
4. Готтшалк Г. Метаболизм бактерий. М.: Мир, 1982.
5. Гусев М.В. Микробиология / М. В. Гусев, Л.А. Минеева. М.: ИЦ Академия, 2005.
6. A'zamxonov S.X. Ta'lim jarayonida o'qituvchi faoliyatining o'ziga xos xususiyatlari
<https://bestpublication.org/index.php/ozf/article/view/1313/1272>