

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ МИКРОБИОЛОГИИ

**ИНСТИТУТ
МИКРОБИОЛОГИИ 1934-1984**

Ответственный редактор
доктор биологических наук Г.И. КАРАВАЙКО
ИЗДАТЕЛЬСТВО "НАУКА"
Москва 1984

Официальным "днем рождения" Института микробиологии (ИНМИ) АН СССР следует считать 5 ноября 1934 г., когда на заседании Президиума АН СССР существовавшая в Академии наук с 1930 г. Микробиологическая лаборатория была реорганизована в Институт (протокол заседания Президиума АН СССР № 22).

Постановлением Президиума Российской академии наук от 9 декабря 2003 года № 337 Институту присвоено имя С.Н. Виноградского.

Переезд Института из Ленинграда в Москву состоялся осенью 1934 г., и биологические институты и лаборатории расположились на Большой Калужской улице, ныне Ленинский проспект, д. 33.

Организатором и первым директором Института микробиологии был выдающийся советский биолог, заслуженный деятель науки РСФСР академик Г.А. Надсон (1867–1939) – основатель учения об экспериментальной изменчивости микроорганизмов, широко известный также своими работами по общей и геологической микробиологии.

Многие ученики академика Г.А. Надсона – академик А.А. Имшенецкий, чл.-корр. АН СССР М.Н. Мейсель, докт. биол. наук А.Е. Крисс, докт. биол. наук Я.И. Раутенштейн всю свою научную жизнь провели в стенах Института микробиологии, развивая и углубляя творческое наследие своего учителя.

Уже в предвоенные годы Институт микробиологии стал ведущим научным учреждением страны в области общей микробиологии, широко развернув работы по изучению фундаментальных проблем систематики, цитологии, генетики, биохимии и экологии различных групп микроорганизмов, а также по промышленной (технической), почвенной и водной микробиологии. Этому в значительной степени способствовало привлечение в Институт таких известных исследователей, как биохимики А.Р. Кизель и А.Н. Белозерский, вирусологи Л.А. Зильбер, В.Д. Тимаков, М.П. Чумаков и В.Л. Рыжков, систематики Н.А. Красильников и В.И. Кудрявцев, физиологи В.Н. Шапошников, Н.Д. Иерусалимский, С.И. Кузнецов, специалисты по общей и почвенной микробиологии Е.Н. Мишустин и Д.М. Новогрудский.

С 1939 по 1948 г. Институт микробиологии возглавлял академик АН СССР и АН УССР Б.Л. Исаченко (1871–1948), крупный специалист в области общей микробиологии и

экологии микроорганизмов, с именем которого связаны пионерские работы по морской и геологической микробиологии, заложившие основы понимания роли микроорганизмов в круговороте веществ в биосфере.

В годы Великой Отечественной войны научная деятельность Института микробиологии проходила в г. Фрунзе и была направлена на решение ряда прикладных задач технической и почвенной микробиологии.

В 1949 г. директором Института был назначен чл.-корр. АН СССР А.А. Имшенецкий, избранный в действительные члены АН СССР в 1962 г. На этом посту Герой Социалистического Труда академик А.А. Имшенецкий оставался в течение 35 лет (до 1984 г.). Именно в этот период сформировался коллектив Института, определились основные направления его научной и научно-организационной деятельности.

Традиционными основными направлениями научной деятельности ИНМИ является изучение многообразия микробного мира и систематики микроорганизмов, эколого-геохимические исследования и работа по технической (промышленной) микробиологии в качестве важной составной части в биотехнологии.

Изучение многообразия мира микроорганизмов развивалось в нескольких направлениях. Мировое признание получили результаты фундаментальных исследований чл.-корр. АН СССР Н.А. Красильникова, разработавшего основы систематики актиномицетов, что позволило вести целенаправленный поиск продуцентов антибиотиков. Профессором В.И. Кудрявцевым проведено всестороннее изучение спорообразующих дрожжей и созданы основы систематики этой группы микроорганизмов.

Большое внимание уделялось физиолого-биохимическим исследованиям, а также экологии и систематике различных специализированных групп микроорганизмов. В разных отделах Института выделены и подробно изучены представительные коллекции азотфиксирующих, водородных, метанообразующих, фотосинтезирующих, сульфатредуцирующих, тионовых бактерий, карбоксидобактерий, железобактерий, олиготрофных микроорганизмов. В 1971 г. Госкомитетом Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий зарегистрировано открытие микроорганизма, использующего в качестве энергетического источника для хемосинтеза окисление соединений сурьмы (Д.б.н. Н.Н. Ляликова-Медведева).

Большой общебиологический интерес представляют исследования микроорганизмов, развивающихся в экстремальных условиях окружающей среды: термофильных, галофильных и ацидофильных (отделы докт. биол. наук Л.Г. Логиновой, Г.И. Каравайко, В.К. Плакунова, чл.-корр. АН СССР Г.А. Заварзина).

Наряду с изучением представителей различных групп бактерий, микроскопических грибов и актиномицетов в работах ряда ведущих ученых ИНМИ большое внимание уделялось также исследованию вирусов и вызываемых ими болезней растений (чл.-корр. АН СССР В.Л. Рыжков) и изучению явлений фаголизиса промышленных культур различных микроорганизмов (докт. биол. наук Я.И. Раутенштейн). Успешно развивался ряд разделов молекулярной вирусологии, исследования механизмов функционирования и репликации вирусов растений (академик ВАСХНИЛ И.Г. Атабеков).

Широко известны как у нас в стране, так и за рубежом работы по экологии микроорганизмов, выполненные в разные годы академиками Б.Л. Исаченко и Е.Н.

Мишустиним, чл.-корр. АН СССР С.И. Кузнецовым, докт. биол. наук. А.Е. Криссом и их многочисленными учениками. В ходе этих исследований детально изучено распространение микроорганизмов в различных типах почв, в озерах и водохранилищах, а также в водной толще и донных осадках Мирового океана. Жизнеспособные клетки микроорганизмов обнаружены в кернах материкового льда Антарктиды, причем время консервации микроорганизмов в антарктических льдах составляет не менее 12 тыс. лет (канд. биол. наук С.С. Абызов). Исследованиями академика Е.Н. Мишустина и его сотрудников на количественной основе оценена роль свободноживущих и симбиотических азотфиксаторов в снабжении почвы биологическим азотом.

В отделе, возглавляемом академиком А.А. Имшенецким, большое внимание уделялось изучению проблем экзобиологии: исследовано влияние на микроорганизмы факторов, характерных для космического пространства, а также экологических условий, моделирующих марсианские.

Наряду с эколого-географическим направлением в работах сотрудников Института микробиологии успешно развивались эколого-геохимические исследования, главной задачей которых является выявление роли микроорганизмов в круговороте веществ в биосфере.

Сотрудниками школы чл.-корр. АН СССР С.И. Кузнецова детально исследована роль микроорганизмов в круговороте основных биогенных элементов (углерод, кислород, сера и азот) и некоторых металлов во внутренних водоемах, а также в процессах образования, видоизменения и разрушения различных месторождений полезных ископаемых: сульфидные и марганцевые руды, осадочные и вулканогенные месторождения самородной серы, нефтегазовые месторождения. На основе этих работ оценена роль микроорганизмов в процессах рудообразования и миграции элементов в зоне гипергенеза (докт. биол. наук Г.А. Дубинина и докт. биол. наук Н.Н. Медведева, чл.-корр. АН СССР М.В. Иванов, канд. биол. наук Е.П. Розанова) и созданы научные основы новой для СССР области биотехнологии – бактериальной гидрометаллургии (докт. биол. наук Г.И. Каравайко).

Крупным разделом научно-исследовательской деятельности Института является изучение функциональной морфологии и цитологии микроорганизмов. В течение многих лет это направление возглавляет чл.-корр. АН СССР М.Н. Мейсель, в работах которого детально изучена структурная организация микроорганизмов, а также расшифрованы механизмы воздействия на микробную клетку ионизирующих излучений, канцерогенных веществ, углеводов, гербицидов и ряда других соединений. В последние годы цитологические исследования развернуты и в других отделах Института и распространены на такие малоизученные группы бактерий, как олиготрофные микроорганизмы, архебактерии и фототрофы.

Совместными усилиями цитологов и биохимиков изучен новый механизм саморегуляции роста, развития и клеточной дифференциации бактерий и, в частности, перехода клеток в анабиотическое состояние. Специфическими регуляторами этих процессов являются мембрано-активные соединения, относящиеся к алкилоксибензолам (докт. биол. наук В. И. Дуда, канд. биол. наук Г. И. Эль-Регистан).

С самых первых лет организации Института в нем были широко развернуты работы по микробной биотехнологии. Разработанная академиком В.Н. Шапошниковым на примере ацетано-бутилового брожения концепция двухфазности была не только подтверждена при изучении большого числа других микробиологических процессов, но и явилась основой для организации в СССР промышленного получения ацетона и бутанола (академики В.Н. Шапошников, Н.Д. Иерусалимский, докт. биол. наук М.Н. Бехтерева). Многолетние исследования чл.-корр. АН СССР Н.А. Красильникова по всестороннему изучению актиномицетов легли в основу отечественной промышленности антибиотиков как медицинского, так и сельскохозяйственного назначения.

Академик Н.Д. Иерусалимский явился пионером разработки в СССР научных основ непрерывного культивирования микроорганизмов и внедрения этого прогрессивного способа как в исследовательскую работу, так и в промышленность. Большой вклад в исследование физиологических основ лимитирования и ингибирования роста микроорганизмов при непрерывном культивировании был сделан докт. биол. наук И.Л. Работновой.

Сотрудники Института (академики Г.К. Скрябин и Н.Д. Иерусалимский, чл.-корр. АН СССР М.Н. Мейсель) приняли активное участие в разработке научных основ промышленного получения дрожжевого белка на углеводородах нефти. Работы по получению микробного белка проводились также в отделе чл.-корр. АН СССР Г.А. Заварзина и были направлены на выделение и детальное исследование культур водородоокисляющих микроорганизмов.

Из других крупных биотехнологических разработок сотрудников Института, уже внедренных в промышленность, необходимо упомянуть об исследованиях по микробной трансформации стероидов, которые явились научной основой для организации в СССР производства преднизона и других стероидов (академик Г.К. Скрябин), и о работах докт. биол. наук М.Н. Бехтеревой и докт. биол. наук В.Д. Кузнецова, которые завершились промышленным производством в СССР кормового препарата микробиологического β -каротина.

Большое внимание уделено поиску активных продуцентов ферментов. В отделе академика А.А. Имшенецкого выделены и изучены продуценты ферментных препаратов, представляющих интерес для медицины: холестериноксидазы и препарата террилитина, выпускаемого в промышленном масштабе и применяющегося для лечения гнойных ран и ожогов.

В отделе докт. биол. наук Л.Г. Логиновой исследован ряд ферментов термофильных микроорганизмов: сериновая и другие протеиназы, амилазы, целлюлазы, ксиланазы, щелочные фосфатазы. Они также представляют интерес для медицины и сельского хозяйства. Кроме того, в Институте большое внимание уделялось микробному синтезу липидов; выделены продуценты арахидоновой и других незаменимых жирных кислот - предшественников простагландинов (докт. биол. наук М.Н. Бехтерева и докт. биол. наук Ю.Н. Карасевич). Таким образом, одним из важнейших направлений исследований в ИНМИ является разработка научных основ биосинтеза микроорганизмами веществ, представляющих интерес для народного хозяйства.

Выше уже упоминалось о крупнейшем для своего времени открытии явления лучевого и химического мутагенеза, сделанном основателем Института академиком Г.А. Надсоном. Работы по экспериментальной изменчивости и селекции микроорганизмов были продолжены и получили свое развитие в исследованиях академика А.А. Имшенецкого, чл.-корр. АН СССР М.Н. Мейселя и докт. биол. наук Ю.Н. Карасевича.

Таким образом, на протяжении всей истории Института его сотрудники принимали самое активное участие не только в изучении фундаментальных проблем биологии, но и в решении актуальных задач рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, развития сельского хозяйства и здравоохранения, в становлении отечественной антибиотической и микробиологической промышленности; а также в повышении научно-технического уровня горнодобывающей, пищевой и легкой промышленности.

Наряду с научной деятельностью Институт микробиологии АН СССР проводил большую научно-организационную работу. В 1956 г. по инициативе Института было создано Всесоюзное микробиологическое общество при Академии наук СССР, в рядах которого объединились микробиологи как академических институтов и высших учебных заведений, так и работники предприятий различных отраслей промышленности, использующих микроорганизмы (в 2004 г. Всесоюзное микробиологическое общество было преобразовано в Межрегиональную общественную организацию «Микробиологическое общество»).

По инициативе ИНМИ была создана Всесоюзная коллекция культур микроорганизмов, ставшая ныне ценным микробным фондом страны. Наконец, ИНМИ послужил базовой организацией для создания второго крупного микробиологического института Академии наук СССР – Института биохимии и физиологии микроорганизмов, входящего в состав Научного центра биологических исследований в Пущино. В области международных научных связей ИНМИ имеет прочные творческие контакты с микробиологическими институтами академий наук зарубежных стран, ученые Института неоднократно представляли результаты своих исследований на самых представительных международных научных форумах, а в 1966 г. ИНМИ был одним из организаторов Международного конгресса микробиологов в Москве.

Лучшие научно-исследовательские работы, монографии и учебники сотрудников ИНМИ, хронологический список которых приведен в конце этого очерка, неоднократно отмечались самыми почетными в нашей стране общесоюзными премиями, а также премиями Академии наук СССР. Только за послевоенные годы работы ведущих ученых ИНМИ 8 раз отмечались Государственными премиями СССР, лауреатами которой стали чл.-корр. АН СССР В.Л. Рыжков (1946 г.), академик В.Н. Шапошников (1950 г.), дважды чл.-корр. АН СССР Н.А. Красильников (1951, 1972 гг.), чл.-корр. АН СССР М.Н. Мейсель (1970 г.) и трижды академик Е.Н. Мишустин (1950, 1970, 1982 гг.). За монографию "Морская микробиология (глубоководная)" докт. биол. наук А.Е. Криссу была присуждена Ленинская премия 1960 года, а двое сотрудников института (докт. биол. наук М.Н. Бехтерева и докт. биол. наук В.Д. Кузнецов) стали лауреатами Премии Совета Министров СССР 1984 года.

Институт микробиологии в течение всей своей 50-летней истории являлся кузницей кадров микробиологов высшей квалификации. В юбилейном году в Институте работали

академики АН СССР – А.А. Имшенецкий и Е.Н. Мишустин, академик ВАСХНИЛ И.Г. Атабеков, члены-корреспонденты АН СССР С.И. Кузнецов, М.Н. Мейсель, Г.А. Заварзин и М.В. Иванов, а также 13 докторов наук и 90 кандидатов наук.

За большие заслуги в развитии общей и технической микробиологии и подготовку высококвалифицированных кадров академики А.А. Имшенецкий и Е.Н. Мишустин были удостоены почетного звания Героя Социалистического Труда, а многие сотрудники ИНМИ награждены орденами и медалями.

Директор Института, чл.-корр. АН СССР М.В. ИВАНОВ

СТРУКТУРНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ИНМИ АН СССР в 1984 г.

ОТДЕЛ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЦИТОЛОГИИ МИКРООРГАНИЗМОВ

Заведующий – член-корреспондент АН СССР М.Н. МЕЙСЕЛЬ

Состав: ст. научн. сотр. –3 (докт. наук –1, канд. наук –2), мл. научн. сотр. –4 (канд. наук –3), лаборанты –3.

Цитологические исследования микроорганизмов были начаты еще в Ленинграде в Микробиологической лаборатории АН СССР, основанной в 1930 г., под руководством академика Г.А. Надсона, уделявшего большое внимание структурно-физиологическим перестройкам дрожжей при действии мутагенными факторами. С момента организации отдела сравнительной цитологии микроорганизмов и по 1986 г. его возглавлял чл.-корр. АН СССР М.Н. Мейсель.

Исследования проводились с помощью классических светооптических методов (в том числе цитохимических) с использованием фазово-контрастного, аноптрального устройств и других приспособлений к различным специальным (флуоресцентным и ультрафиолетовым) микроскопам, а также с помощью электронных микроскопов.

Работы по развитию новых цитологических методов, в частности, по применению флуоресцентной микроскопии в вирусологии, микробиологии, онкологии и радиобиологии, положили начало использованию люминесцентной микроскопии в научной и практической биологии и медицине.

По инициативе и при активном участии М.Н. Мейселя в нашей стране было налажено производство флуоресцентных красителей и индикаторов, осуществлена подготовка многочисленных кадров специалистов и внедрен ряд ценных методов, в том числе экспресс-методов, необходимых для санитарных, медицинских и ветеринарных целей. Подробно изучена возможность применения новых флуорохромов, осуществлена оценка новых флуоресцентных красителей, выпускаемых для научных целей.

Основным направлением работы отдела было изучение взаимосвязи структуры и функции клеток в различных физиологических и экстремальных условиях существования с использованием цитологических, физиологических и биохимических методов. Прежде всего, особенно детально были исследованы органеллы различных представителей ряда физиологических групп дрожжей как представителей эукариот, их функциональные свойства и генезис. Сюда следует отнести ядро, митохондрии, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, клеточную стенку, лизосомы, пероксисомы, запасные

вещества: гликоген, волютин, липиды и другие компоненты клеток. Показано, что дрожжи по структурной организации не уступают клеткам высших организмов, стоящим на более высокой ступени эволюционного развития.

В результате выяснения функционально-цитологической реакции дрожжевых клеток при их переходе от аэробных условий развития к анаэробным предложены различные тесты для бродильной и хлебопекарной промышленности. Практическое значение имели работы по выявлению цитолого-физиологических перестроек дрожжей при переходе в анабиотическое состояние.

Была тщательно изучена цитология и физиология дрожжей в условиях витаминного дисбаланса (гипо- и гипервитаминозы). Проведены исследования, выяснившие возможность обогащения витаминами пищевых продуктов и количественного определения витаминов в различных субстратах микробиологическими методами. Эта работа имела большое значение для развития витаминной промышленности в СССР и была отмечена правительственными наградами.

В 80-е годы завершена большая работа по изучению стеринаобразования у дрожжевых организмов и получению эргостерина – предшественника витамина D – из отходов пивоваренной промышленности.

В отделе проведено углубленное исследование дрожжевых организмов, подвергнутых действию ионизирующей радиации. Установлена радиочувствительность структур и функций клетки, выяснена их патология и реактивность, обнаружена причина задержки размножения дрожжей. Специальный цикл работ был посвящен механизму реактивации дрожжевых организмов, поврежденных массивным ионизирующим облучением и радиомиметическими химическими агентами. При детальном исследовании радиорезистентных и радиочувствительных дрожжей выяснены фенотипические особенности радиочувствительных организмов и причины устойчивости у радиоустойчивых. Показано, что микробные клетки могут быть использованы в качестве удобной модели при исследовании механизма действия радиации, а результаты работ имеют общебиологическое значение.

В связи с развитием в нашей стране микробиологической промышленности приобрел значительный интерес комплекс вопросов, касающихся путей и механизмов усвоения дрожжевыми клетками водонерастворимых веществ (высших жирных кислот, спиртов, н-алканов, полициклических ароматических углеводов). Установлено, что эти вещества у определенных представителей дрожжей проникают через систему пор клеточной стенки в периплазматическое пространство. Далее они транспортируются в клетку, где и подвергаются ферментативным окислительным превращениям. Избыток высших жирных кислот и н-алканов накапливается в неизменном виде в липидных внутриклеточных включениях. Эти исследования были отмечены Государственной премией СССР, как имеющие существенное значение для развития дрожжевой промышленности.

Изучение ассимиляции полициклических углеводов позволило расшифровать некоторые вопросы, связанные с канцерогенезом клеток, и продемонстрировало возможность использования микроорганизмов в качестве модельной системы для определения канцерогенности исследуемых веществ. Это исследования значимы в связи с решением вопросов, связанных с охраной окружающей среды.

Параллельно с исследованием микроорганизмов-эукариот в Отделе постоянно (с 1943 г.) изучалась структурно-функциональная организация различных представителей прокариот. Установлено, что бактериальные клетки достаточно дифференцированы. У них идентифицированы нуклеоид, полноценная белок-синтезирующая система, многочисленные мембранные структуры, выполняющие роль аналогов органоидов эукариотической клетки. Доказано существование аналогов митохондрий, аппарата Гольджи и эндоплазматического ретикулула. Показана структурно-функциональная гетерогенность мембран, объединяемых термином "мезосома". Среди них выявлены истинные мезосомы, ответственные за синтез материала клеточной стенки, и нуклеоидосомы, участвующие в репликации и сегрегации ДНК. Изучены базальные мембраны жгутиков.

Показано, что каждая из этих мембранных систем обеспечивает ход определенных метаболических реакций, выполняет строго определенные биохимические процессы, обусловленные локализацией на мембранах специфических для этих процессов ферментов.

Данные об органоидоподобной гетерогенности бактериальных мембран позволили сделать заключение о том, что структурно-биохимическая организация определенных метаболических процессов в силу древности своего происхождения (на уровне первичной клетки) может быть одинаковой как у про-, так и у эукариот.

Гетерогенность мембран клеток прокариот подтверждена и детализирована при изучении структурно-функциональных перестроек бактерий и актиномицетов как в процессе их онтогенетического развития, так и при воздействии на них различными экстремальными факторами.

Подтверждено, что экстремальные изменения окружающей среды являются ведущими факторами, обуславливающими структурно-функциональную дифференциацию бактериальных мембран.

Изучение действия антиметаболитов показало, что цитологический метод может быть использован для уточнения механизма действия этих веществ. Показано, например, что В-лактамовые антибиотики непосредственно взаимодействуют не только с ферментами, обеспечивающими синтез материала клеточной стенки, но и с ДНК клеток, изменяя пространственную конфигурацию ее молекулы.

Обнаружено, что ДНК клеток, резистентных к антибиотикам (пенициллину, левомицетину, грамицидину) и дезинфицирующим веществам (сульфахлорантину), способна к обратимой сверхспирализации, характеризующей ее физиологическую пассивность. Выживаемость резистентных микроорганизмов при действии этих агентов превышает 80%. Сверхспирализации ДНК у чувствительных к таким веществам бактерий не наблюдается. В результате этих исследований сделан вывод о том, что одной из причин, обеспечивающих резистентность бактерий, является способность их ДНК к обратимым конформационным перестройкам в ответ на воздействие экстремальными факторами.

Сотрудники отдела оказывали консультативную помощь и участвовали в выполнении совместных исследований с сотрудниками других отделов Института и различных учреждений СССР. Сюда можно отнести работы по изучению структурной организации

термофильных, сульфатредуцирующих, водородных бактерий, а также психрофильных дрожжей, мицелиальных грибов и актиномицетов – продуцентов биологически активных веществ. Совместно с сотрудниками Института биохимии им. А.Н. Баха выполнены работы, касающиеся молекулярно-структурной организации бактериальных мембран.

ОТДЕЛ ФИЗИОЛОГИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Заведующий – доктор биологических наук И.Л. РАБОТНОВА

Состав: ст. научн. сотр., канд. наук – 1; мл. научн. сотр. – 4 (3 канд. наук); лаборант – 1, стажер-исследователь – 1.

Отдел создан в 1961 г. под руководством чл.-корр. АН СССР, а позднее академика Н.Д. Иерусалимского на базе лаборатории, которая выделилась в 1959 г. из Отдела технической микробиологии Института микробиологии АН СССР, руководимого академиком В.Н. Шапошниковым. Основным направлением работ отдела являлось изучение физиологии роста и развития микроорганизмов. В 1984 г. отдел объединен с отделом регуляции микробного метаболизма.

Изучение физиологии микроорганизмов, в том числе роста и развития, началось в Институте микробиологии с 1937 г., когда был создан отдел технической микробиологии. С 1920 г. в течение 45 лет В.Н. Шапошников принимал активное участие в организации в СССР микробиологических производств. Работы В.Н. Шапошникова и его школы заложили основы технической микробиологии в СССР. Им был выдвинут принцип двухфазности процессов брожения (ацетонобутилового, ацетонэтилового, молочнокислого, пропионовокислого, маслянокислого). В.Н. Шапошников придавал огромное значение условиям среды, считая что они являются средством управления микробиологическими процессами. Принцип изучения микробиологических процессов в динамике роста и развития периодических культур оказался крайне продуктивным и широко используется во всем мире.

Другой идеей В. Н. Шапошникова было рассмотрение бактериальных брожений с точки зрения их эволюции в природе. Им показано, что приспособление к различным условиям, особенно питания, шло по линии изменения и усложнения энергетических процессов. Бактериальные брожения были систематизированы в стройную схему: от гомоферментативного молочнокислого до ацетонобутилового.

С момента создания отдела физиологии роста и развития микроорганизмов во главе с Н.Д. Иерусалимским велось изучение закономерностей роста бактериальных культур. Исследовались периодические культуры, а также была разработана техника непрерывного культивирования в стеклянных аппаратах. Целью исследований явилась разработка принципов управляемого культивирования для технической микробиологии. Основными моделями служили пропионовокислые бактерии и *Bacillus megaterium* – продуценты витамина В₁₂. На основании полученных экспериментальных данных Н.Д. Иерусалимским был сформулирован ряд основных положений физиологии микроорганизмов. Им выдвинуто положение о том, что цикл развития популяций – культур микроорганизмов – зависит не от внутренних причин (старения), а исключительно от изменения внешних условий. В постоянных условиях среды микробные клетки могут быть вечно юными. Это доказано на проточных культурах ацетонобутиловых бактерий, которые десятки

генераций не переходили к спорообразованию, поскольку для этого не создавались необходимые условия. Цикличность изменений внешних условий приводит к циклическому изменению развития культур. Ход развития направляется внешними факторами, в том числе изменениями среды, производимыми самой популяцией клеток.

Большой вклад сделан Н.Д. Иерусалимским в теорию непрерывного культивирования. Им впервые высказан принцип "узкого места" в метаболизме – ограничения роста одним фактором среды, находящимся в минимуме. Этот принцип в мировой литературе связан с именем Н.Д. Иерусалимского и является основным в теории непрерывного хемостатного культивирования. Н.Д. Иерусалимским предложено уравнение, описывающее зависимость скорости роста от накопления токсичных продуктов метаболизма, которое совпадает по форме с уравнением неконкурентного торможения ферментативных реакций. Большая заслуга Н.Д. Иерусалимского состоит в том, что он впервые сформулировал количественные понятия физиологической активности – удельной скорости метаболизма (q) и основного обмена (m). "Целесообразность" метаболизма микроорганизмов, согласно Н.Д. Иерусалимскому, объясняется тем, что они являются кибернетической самонастраивающейся системой, нацеленной природой на самовоспроизведение в данных условиях. Особенно много сил отдано им развитию теории непрерывного культивирования и широкой пропаганде этого метода не только для использования в промышленности, но и для изучения физиологии микроорганизмов на современном уровне.

В 1963 г. Н.Д. Иерусалимским был развернут комплекс исследований роста микроорганизмов на нефтепродуктах с целью получения кормового белка и осуществлена подготовка кадров для организованного в 1964 г. Института биохимии и физиологии микроорганизмов АН СССР. Н.Д. Иерусалимский и чл.-корр. АН СССР Г.К. Скрыбин (впоследствии академик) были основными организаторами этого института.

С 1967 г. заведование отделом приняла докт. биол. наук И.Л. Работнова. Основной проблемой, которую решал коллектив отдела, являлось изучение влияния внешних факторов на физиологическое состояние микробных культур с целью выяснения принципов управляемого культивирования. Средством управления метаболизмом популяций было лимитирование роста отдельными элементами питания, а также ингибирование роста или отдельных процессов в клетке токсическими веществами. Эти воздействия приводили не только к торможению одних процессов в клетке, но и усилению других, что позволило найти оптимальные условия сверхсинтезов практически важных веществ. Для изучения "влияния каждого фактора в отдельности (экстремальных значений рН, ингибирующих рост концентраций тяжелых металлов, недостатка основных элементов питания – С, N, P, K, Mg), как и ранее, применялся метод непрерывного культивирования и метод коротких "острых" опытов по Н.Д. Иерусалимскому. Отделом создан и широко используется кабинет ферментационных процессов, переросший со временем в общеинститутский и оснащенный современными стендами для проточного культивирования с регистрацией и автоматическим поддержанием на заданном уровне ряда параметров.

Особое внимание уделялось изучению влияния на микроорганизмы тепла при повышенных по сравнению с оптимальными – супраоптимальных температурах. Показано, что эти температуры можно разделить на начальные – T_1 и конечные

супраоптимальные – T_2 . Температуры T_2 характеризовались тем, что при них скорость отмирания клеток больше скорости размножения; поэтому стационарный рост в хемостате невозможен. При температурах T_1 происходит неограниченно длительный рост в непрерывных условиях, так как его скорость больше скорости отмирания клеток; он может быть таким же быстрым, как и при оптимальной температуре, но со сниженным экономическим коэффициентом. Установлено, что при температурах в диапазоне T_1 изменяются многие стороны конструктивного и энергетического обмена у дрожжей *Candida utilis*, но эти изменения обратимы. В диапазоне T_2 они становятся более стойкими. Особенно сильно повреждаются конструктивные процессы, в частности синтез РНК. Предложена схема последовательности повреждений внутриклеточных процессов у микроорганизмов теплом. Изменения при supraоптимальных температурах начинаются с процессов репликации ДНК.

Изучение особенностей влияния тепла при T_1 позволило найти способ преодоления повреждающего действия при многотоннажном выращивании дрожжей. Саморазогревание крупных ферментеров требует охлаждения. Оказалось, что это охлаждение можно осуществлять с перерывами на время генерации. Показано, что клетки, подвергнутые перегреву на срок одной генерации, восстанавливают нормальное состояние, и что при переменном режиме возможен длительный рост культур без снижения экономического коэффициента.

Впервые детально охарактеризован рост популяции при состоянии "неспецифического стресса", когда при действии различными факторами наблюдаются одинаковые явления.

1. Микроорганизмы медленно размножаются неограниченное время. Значительные физиолого-биохимические и цитологические изменения обратимы. Мутагенеза не отмечено, наоборот, наблюдается физиологическая адаптация к новым условиям.
2. Наиболее повреждаются различными ингибирующими факторами конструктивные процессы, притом разные при действии разных ингибиторов. Тормозится особенно сильно синтез белков и нуклеиновых кислот. Менее заторможены или даже усилены более простые синтезы резервных полимеров клетки – липидов и полисахаридов. Усилен синтез полимеров стенки; у дрожжей она утолщается.
3. Клетки в состоянии стресса тратят повышенное количество энергетического материала.
4. Энергетические процессы резко изменяются. Сложный поток энергодающих реакций становится менее сбалансированным и эффективным. У дрожжей более устойчивы флавиновые переносчики, менее – цитохромы. Появляются продукты неполного окисления. Экономический коэффициент усвоения углеродного субстрата снижается, что очень характерно для ингибированного роста многих дрожжей и бактерий.
5. Отмечается повышение проницаемости дрожжевой клетки, не ведущее, однако, к лизису. Облегчено проникновение субстратов в клетку.
6. В асинхронной популяции чувствительность к ингибиторам у клеток разного возраста различна. Популяция в состоянии стресса становится гетерогенной, от почти неповрежденных клеток до отмирающих.

Впервые показана возможность длительного размножения популяции в состоянии "специфического стресса". Под постоянным воздействием ингибиторов – антибиотиков,

специфически подавляющих отдельные процессы биосинтеза в клетках, – возможно направленное изменение соотношений в образовании биополимеров в течение многих генераций.

Установлено, что на шоковую смену условий (рН, температуры, скорости потока среды) популяция дрожжей отвечает затухающими осцилляциями скорости роста и синтеза клеточных полимеров, а также поглощения субстрата из среды. Длительность этих осцилляций измеряется минутами, и все они завершаются в течение одного цикла деления. Если же осуществляются частые многократные изменения рН и рО₂ в широких диапазонах, то такие переменные условия не приводят к угнетению роста и хорошо переносятся клетками. Пульсации метаболизма у дрожжей после толчка извне или навязанные клетке частые смены условий являются еще очень мало изученным явлением, которое, однако, может иметь большое теоретическое и практическое значение.

При изучении физиологии *Bacillus thuringiensis* показана возможность получения спор и кристаллов энтомопатогенного токсина при двустадийном проточном культивировании. Найдены условия для сверхсинтеза α-амилазы при одностадийном непрерывном культивировании *Bacillus stearothermophilus*.

Совместно с отделом общей и сравнительной вирусологии показано, что при культивировании лизогенной культуры *B. thuringiensis* в хемостате у нее индуцируется профаг, лизирующий исходную культуру хозяина на твердой среде. В то же время происходит диссоциация культуры на R и S формы с преобладанием R формы, которая устойчива к фагу. Установлено, что индукция профага связана с условиями питания бактерии-хозяина: она менее всего выражена при голодании по фосфору и во много раз сильнее при лимитации роста азотом или углеродом. Эти наблюдения могут быть использованы при промышленном получении энтомопатогенного токсина.

ОТДЕЛ ФИЗИОЛОГИИ МУТАНТОВ МИКРООРГАНИЗМОВ

Заведующий – академик А.А. ИМШЕНЕЦКИЙ

Состав: ст. науч. сотр., канд. наук – 12; мл. науч. сотр. – 11 (канд. наук – 7); стаж.-исследователи – 2; инженеры – 2, лаборанты – 7.

Четыре сотрудника отдела, ранее прошедшие в нем подготовку и защитившие докторские диссертации, возглавили в дальнейшем четыре отдела Института.

Отдел ранее назывался отделом растительного сырья и возглавлял его профессор В.И. Шапошников. В 1941 г. руководство отделом было возложено на докт. биол. наук А.А. Имшенецкого. В дальнейшем отдел стал называться отделом экспериментальной изменчивости микроорганизмов. Стремление усилить внимание к физиологии мутантов побудило изменить направление работы отдела и дать ему название.

За 43 года существования в отделе последовательно разрабатывали ряд проблем. Длительное время велись исследования по цитологии бактерий. Особенное внимание было уделено ядру бактерий. С участием академика А.И. Белозерского было показано наличие ДНК в бактериальных клетках, которая равномерно распределена в цитоплазме. Эти данные были подтверждены многочисленными электронно-микроскопическими исследованиями. У более сложно организованных миксобактерий были обнаружены

морфологически обособленные и делящиеся при размножении клеток ядра. Эти данные общепризнаны и представляют бесспорный интерес для эволюционной цитологии бактерий. Детально была изучена роль микроорганизмов в разложении целлюлозы. Впервые установлено, что различные виды миксобактерий являются основными аэробными разрушителями клетчатки. Вопреки существовавшим взглядам показано, что чистые культуры анаэробных целлюлозных бактерий не образуют метана. Работами, проведенными в отделе, было установлено, что описанный С.Н. Виноградским новый нитрифицирующий микроорганизм – *Nitrosocystis*, является миксобактерией *Sorangium*. Его чистая культура не обладала нитрифицирующей способностью, но питалась клетками *Nitrosomonas*, растущего на средах для нитрификаторов. Способность питаться клетками бактерий широко распространена среди представителей миксобактерий. Изучена биология ряда термофильных бактерий. Выяснены закономерности их роста. Показано также, что образуемые ими ферменты могут быть активными при 80–90°C и в этих условиях более активны, чем ферменты мезофильных бактерий. Микробиологические процессы протекают при участии термофилов гораздо быстрее, и некоторые из них имеют промышленное значение.

Длительное изучение экспериментальной изменчивости микроорганизмов, проводившееся в отделе, позволило внести ценный вклад в представления о наследственном изменении различных свойств у микроорганизмов и параллельно усилить работы по селекции культур, имеющих практическое значение. Так, было установлено, что мало привлекавшая к себе внимание "спонтанная" изменчивость заслуживает тщательного изучения. Этим путем иногда удавалось получить штаммы на 70% активнее, чем исходная культура. Существенно также и то, что спонтанное образование менее активных, но хорошо размножающихся форм в микробиологических производствах является основной причиной понижения производительности в различных отраслях микробиологической промышленности. Широкое применение различных физических и химических мутагенов для получения культур, представляющих практический интерес, получило распространение в 30–40-е годы, когда начала развиваться техническая микробиология и ее разделы, связанные с получением физиологически активных и других веществ (антибиотики, витамины, токсины, белок, липиды, ферменты, органические кислоты и др.).

В отделе изучалась возможность выявления среди колоний, вырастающих после действия на микроорганизм мутагена, тех измененных форм, которые обладают полезными свойствами, как, например, продуцирующих протеолитические ферменты, разлагающие холестерин, образующие повышенное количество определенных витаминов или незаменимых аминокислот и т.п.

Сравнительное изучение биосинтеза различных соединений, скорости роста, устойчивости к ядовитым веществам и многих других особенностей мутантов может быть осуществлено путем модификации условий выращивания колоний на чашках с плотной питательной средой. Было установлено, что, как правило, значительные изменения физиологических особенностей у полученного мутанта сопровождаются изменением морфологии его колоний. Это подтверждается и на практике. Так, при одновременном изучении морфологии колоний производственных и исходных (диких) культур легко убедиться, что обычно колонии промышленных культур значительно отличаются от

выделенных из природы неизменных форм. Это особенно выражено при сопоставлении культур аспергиллов, применяемых для получения лимонной кислоты, пенициллов, производящих пенициллин, аспергиллов, образующих протеиназу – террилитин, с культурами, от которых они произошли. Снижение или потеря физиологической активности также сопровождаются изменением форм колоний.

Всякий вновь полученный и представляющий практический интерес мутант микроорганизма тщательно изучался в физиологическом и биохимическом отношении. Имеющиеся у него изменения в обмене веществ и биосинтезе определенных соединений, как правило, изменяют его отношение к составу питательной среды. Его новые потребности всегда изучались, и соответственно изменялись условия его культивирования (состав и рН питательной среды, температура выращивания, степень аэрации и т.д.).

Длительное время было затрачено на получение мутантов пеницилла, образующих повышенное количество пенициллина. Образование пенициллина является в этом случае классическим примером, так как активность мутантов, образующих этот антибиотик, была за 40 лет увеличена в 500 раз. Такое усиление биосинтеза других веществ у полученных мутантов не наблюдалось.

В дальнейшем внимание отдела было сосредоточено на получении мутантов микроорганизмов, образующих ферменты. Так, протеолитический фермент террилитин успешно был применен для лечения гнойных и ожоговых ран.

Выделены культуры микроорганизмов, синтезирующие ферменты, растворяющие тромбы в кровеносных сосудах у животных, а также фермент холестериноксидазу, которая разлагает холестерин в крови животных до холестерина. Последовательно были получены активные мутанты у аспергилла, образующего амилазу, осахаривающую крахмал, а у другого вида аспергилла – мутант, синтезирующий повышенное количество лимонной кислоты.

Изучалась изменчивость клубеньковых бактерий сои, клевера и люцерны. Проверка эффективности азотфиксации полученных штаммов проводилась путем инокуляции семян бобовых растений, выращиваемых на агаризованной среде в отсутствие других бактерий. Последовательный отбор позволил обнаружить два более активных штамма. Эти культуры были переданы для проверки их азотфиксирующей активности в широкой географической сети.

Селекция сельскохозяйственных культур на протяжении очень длительного периода неразрывно связана с получением у них полиплоидных форм. У микроорганизмов этот путь повышения их полезных свойств не получил распространения.

Разработаны методы получения полиплоидных форм под действием полиплоидогенов – аценафтена, колхицина и камфоры. Получены полиплоидные культуры разных уровней пloidности, от диплоида до тетраплоида, у *Candida scottii*, *C. guilliermondii*, *C. utilis*, *Pullularia pullulans*. Изучены некоторые особенности их морфологии, биохимии и физиологии. Показано, что у полиплоидных культур увеличиваются размеры клеток, ядер, изменяется ядерно-плазменное отношение. Отмечено изменение структуры клеточных стенок у *C. scottii*, увеличение размеров митохондрий.

Особенно большое внимание уделено изучению физиологии полиплоидных культур, которое позволило сделать ряд теоретических обобщений о влиянии полиплоидии на свойства организма. Наиболее важными из них являются следующие:

1. Полиплоидизация сопровождается разнообразными мутациями, часто затрагивающими количественные признаки, представляющие практический интерес. Так, у некоторых полиплоидных форм *P. pullulans* наблюдается повышенный биосинтез полисахарида пуллулана, рассматриваемого в качестве заменителя плазмы крови.

2. С ростом уровня плоидности повышается частота разнообразных спонтанных и индуцированных мутаций, что позволяет рекомендовать получение полиплоидных форм у несовершенных грибов как первый этап экспериментальной селекции, увеличивающий разнообразие и количество исходного материала для дальнейшей селекционной работы.

3. У полиплоидных культур возрастает размах спонтанной и индуцированной изменчивости количественных признаков (активность синтеза биомассы, рибофлавина, пуллулана) в сторону повышения частоты встречаемости плюс-вариантов, что увеличивает вероятность отбора высокоактивных культур среди полиплоидов. Под действием УФ-лучей на диплоидный и тетраплоидный штаммы *P. pullulans* были выделены мутанты, синтезирующие в 2–3 раза больше пуллулана, чем исходная гаплоидная культура.

4. Показано, что полиплоидогены аценафтен и колхицин помимо полиплоидии вызывают разнообразные мутации.

5. Полиплоидные культуры благодаря большей изменчивости признаков легче приспособляются к действию неблагоприятных факторов среды. Так, у полиплоидных штаммов *P. pullulans* активность синтеза полисахарида менялась в меньшей степени при изменении температуры выращивания, рН среды, аэрации, источников углерода и азота, чем у гаплоидной культуры.

6. Изучение устойчивости полиплоидных штаммов *C. scottii* и *P. pullulans* к действию УФ-лучей привело к заключению, что у несовершенных грибов, гаплонтов в природных условиях, большей устойчивостью обладают исходные гаплоидные культуры, тогда как у диплоидов *Saccharomyces* – диплоидные. Полученные результаты позволили утверждать, что значительную роль в устойчивости культур к действию излучений играет активность систем восстановления и уровень плоидности природных штаммов.

Обособленный раздел изменчивости микроорганизмов связан с адаптацией микроорганизмов к изменяющимся условиям существования и размножения. Такое "приучение" проводится к новому составу питательной среды или культивированию в присутствии ядовитых веществ. Практически оно осуществляется путем пересевов в питательную среду, в составе которой постепенно повышается действие фактора, к которому необходимо адаптировать определенную культуру микроорганизмов. Лучшие результаты получаются при непрерывном культивировании, при котором состав среды постепенно изменяют. Проведенные исследования позволили установить определенные факты, которые должны учитываться при изучении такой изменчивости. Независимо от систематического положения микроорганизмов адаптация их к минеральным и органическим ядам и антибиотикам осуществляется хотя и постепенно, но сравнительно легко. В противоположность этому адаптировать микроорганизмы к повышению

температуры культивирования невозможно, и экспериментальное получение термотолерантных форм из мезофильных практически неосуществимо. Если адаптация к различным факторам широко и с успехом применяется, повысить биосинтетическую способность у микроорганизмов (образование спиртов, органических кислот, биосинтез различных физиологических веществ и др.) путем адаптации к росту в среде с повышенным содержанием соединений, из которых последние образуются, таким путем не удастся. Процесс адаптации объясняется образованием неспецифических сравнительно более устойчивых мутаций и последующего отбора потомства таких форм. Физиология микроорганизма и характер действующего физического или химического фактора определяют скорость возникновения адаптированных к этим факторам культур. В процессе работы были получены культуры микроорганизмов, устойчивые к повышенной концентрации сулемы, раствору сернокислой меди, пенициллину, стрептомицину, бактерицидным покрытиям, применяемым для окраски подводных частей морских судов и др.

Одновременно с возникновением космической биологии перед микробиологией возник ряд новых задач. Для выяснения верхних "границ жизни" были запущены на высоту от 48 до 85 км ракеты, снабженные приборами для взятия в стерильных условиях проб атмосферы. Таким путем было показано, что земные микроорганизмы могут с помощью воздушных течений достигать высоты в 85 км и сохранять жизнеспособность. В отделе изучалось действие ряда экстремальных факторов на различные микроорганизмы. Установлено, что низкая температура и вакуум не вызывают гибели изучавшихся микроорганизмов. Отмечено изменение у некоторых микроорганизмов их биологии в условиях пониженной гравитации. Сконструирован специальный прибор, в котором имитировано влияние ряда физических факторов (излучение, состав атмосферы, изменение температуры, пониженное атмосферное давление и др.). Различные по своему систематическому положению микробы длительное время находились в этом приборе и сохраняли свою жизнеспособность. Произведена сравнительная оценка различных методов, предложенных для обнаружения микроорганизмов. Установлено, что некоторые из них не позволяют получить прямых доказательств существования жизни в экстремальных условиях. Наиболее надежным доказательством присутствия жизни в этом случае следует считать обнаружение роста и размножения микроорганизмов в питательной среде после внесения в нее изучаемого образца. Проведенные в Институте исследования позволили разработать методологические и методические принципы создания автоматических приборов для поисков жизни в экстремальных условиях.

При консультации сотрудников отдела были организованы исследования по биоповреждениям различных материалов и изделий, а также совместно с отраслевыми институтами были предложены и испытаны в производственных условиях доступные и наиболее активные вещества, позволяющие повысить устойчивость изделий к биоповреждениям. Это касалось электрических кабелей, металлических труб, различных текстильных изделий, обрастаний подводных поверхностей морских судов, изделий из целлюлозы, архивных документов, производимых промышленностью полимерных материалов, авиационных материалов, различных антикоррозийных покрытий и др.

В довоенные годы в связи с предполагаемым строительством Куйбышевской плотины несколько научных учреждений должны были выяснить возможность разрушения

бетонных сооружений. В этой работе участвовал и отдел, организовавший экспедиции для изучения состояния бетона на уже возведенных гидротехнических сооружениях и изучения микрофлоры обрастаний. Параллельно в лабораторных условиях определялась устойчивость бетона к действию различных физиологических групп бактерий (окисляющих серу, аммиак, образующих органические кислоты). В результате было установлено, что обрастания бетона в реках с проточной водой не могут быть причиной значительного его разрушения.

Учитывая огромный материальный ущерб, приносимый биокоррозией различных материалов и изделий, можно считать, что длительно проводимая работа по изучению биокоррозии самых различных материалов и изделий была значительным вкладом в экономику нашей страны.

ОТДЕЛ РЕГУЛЯЦИИ МИКРОБНОГО МЕТАБОЛИЗМА

Заведующий – доктор биологических наук В.К. ПЛАКУНОВ

Состав: ст. научи. сотр., канд. наук – 3, мл. научи. сотр. – 3 (канд. наук – 2),

стаж.-исследователи – 1, лаборанты – 1

Отдел существовал в составе Института микробиологии АН СССР с 1960 г. Сначала он носил название отдела микробиологической трансформации стероидов. Первым его заведующим являлся академик Г.К. Скрыбин. Под руководством Г.К. Скрыбина впервые в Советском Союзе началась разработка проблемы трансформации стероидов с помощью микроорганизмов. Был организован широкий поиск микроорганизмов, способных осуществлять трансформацию стероидных соединений с образованием продуктов, обладающих лекарственным действием (или их предшественников).

Удалось осуществить систему поиска штаммов-трансформаторов, ускоряющую процесс обнаружения и выделения штаммов микроорганизмов, обладающих высокой активностью соответствующих ферментов. Оказалось, что в разных таксонах микроорганизмы, входящие в состав одного и того же биологического вида, осуществляют качественно однотипное превращение субстрата.

Среди исследованных 1500 культур были отобраны активные штаммы, гидроксилирующие или дегидрирующие стероидную молекулу. Так были выделены высокоактивные штаммы микроорганизмов, осуществляющие с высоким выходом процесс Δ^1 -дегидрирования стероидов, впервые описано микробиологическое гидроксилирование боковой цепи стероидов, обнаружена неизвестная ранее способность актиномицетов проводить 17 α -гидроксилирование стероидов, а также открыта новая реакция, осуществляемая микроорганизмами при трансформации желчных кислот – дегидрирование стероидного кольца С в положении 8, 9.

На основании изучения структуры промежуточных продуктов превращения холевой и дезоксихолевой кислот предложена общая схема микробиологической трансформации желчных кислот.

Исследована дезацетилирующая способность микроорганизмов разной таксономической принадлежности, и выделены активные штаммы, способные осуществлять ферментативный гидролиз эфиров стероидов с высоким выходом продуктов.

Принципиальную новизну представлял разработанный в отделе способ одновременного дезацетилирования и дегидрирования стероидных субстратов при помощи смешанных культур микроорганизмов.

Впервые в опытах с интактными клетками микроорганизмов и клеточными экстрактами установлена зависимость направленности процессов дегидрирования стероидов от окислительно-восстановительного потенциала среды. Выявлена связь между морфологическими особенностями ряда микобактерий и их дегидрирующей активностью.

Закономерности, установленные при изучении физиолого-биохимических особенностей микроорганизмов, осуществляющих гидрокслирование и дегидрирование стероидной молекулы, послужили научными основами для управления процессами микробиологического получения ряда лекарственных препаратов и интенсификации этих процессов.

Разработаны регламенты для производства на микробиологической основе высокоэффективных лекарственных препаратов стероидных гормонов: гидрокортизона, преднизолона, преднизона, дианабола. Способы получения преднизона и преднизолона внедрены в производство.

В 1969 г. отдел получил название "Биосинтез ферментов микроорганизмов" и его возглавила докт. биол. наук Е.Л. Рубан. Начались работы по изучению ферментов липидного обмена у микроорганизмов. Были осуществлены широкие сравнительные исследования липолитической активности прокариотных и эукариотных микроорганизмов, выделенных из различных природных источников. Эти исследования позволили выявить высокоактивные продуценты липаз, представляющие интерес как для научно-исследовательских целей, так и для практики народного хозяйства и медицины.

Изучение высокоактивных продуцентов липаз, их физиологии, условий биосинтеза липолитических ферментов и разработка способов выявления этих ферментов позволили получить в высокоочищенном и гомогенном состоянии липазы ряда микроорганизмов: *Pseudomonas fluorescens*, *Penicillium roquefortii*, *Geotrichum asteroides* и др.

Удалось определить молекулярные массы, аминокислотный и углеводный состав ряда липаз, подробно изучить физико-химические свойства этих ферментов: влияние температуры и рН, чувствительность к ингибиторам и активаторам, субстратную специфичность. Подобные широкие исследования липолитических ферментов имели в тот период приоритетный характер.

Был разработан быстрый и эффективный способ выделения эндолипазы *Serratia marcescens* с применением солей желчных кислот, впервые выделена и очищена внутриклеточная липаза этого микроорганизма, что позволило детально сопоставить свойства эндо- и экзолипаз у одного и того же продуцента. Установлена возможность регулирования соотношения скорости биосинтеза эндо- и экзолипаз в зависимости от условий культивирования этого микроорганизма.

Совместно с отделом электронно-микроскопических исследований Института биохимии и физиологии микроорганизмов АН СССР методами цитохимии и иммунохимии впервые установлена локализация липазы дрожжей *Candida paraliopolytica* на наружной поверхности цитоплазматической мембраны, обоснована гипотеза о биосинтезе липазы на рибосомно-мембранном комплексе.

Предложен способ очистки внеклеточной липазы *Geotrichum asteroides* методом афинной хроматографии на носителях, приготовленных в Институте прикладной биохимии НПО "Биохимреактив" на основе силохрома с различными лигандами. Показана возможность иммобилизации этой липазы на ДЭАЭ- и эктеолцеллюлозе, а также иммобилизации в полиакриламидном геле клеток *Mycobacterium rubrum* с сохранением липолитической активности. Показано, что такая иммобилизация приводит к повышению стабильности фермента и расширяет оптимальные для его активности диапазоны температуры и pH.

Большое внимание было уделено изучению механизмов регуляции ферментативной активности путем взаимодействия ферментов с липидами биомембран. Сравнительные исследования 3-оксостероид- Δ^1 -дегидрогеназы в растворе и в системах, моделирующих условия адсорбции фермента на биомембранах (фосфолипиды, адсорбированные на силикагеле, и липосомы из фосфолипидов микроорганизма-продуцента) показали, что в зависимости от природы сил взаимодействия (электростатических или гидрофобных) наблюдается активация фермента или его переход в латентное состояние.

Фундаментальные исследования, проведенные в отделе по указанной тематике, позволили разработать ряд прикладных аспектов применения липолитических ферментов.

Выделенные и детально изученные липазы *Penicillium roquefortii*, *Rhizopus nigricans* и *Geotrichum candidum* оказались весьма полезными в прикладном отношении. Они прошли полупроизводственную проверку в НПО маслодельной и сыродельной промышленности "Углич". Продуценты были переданы во ВНИИбиотехника Главмикробиопрома для организации производства липаз и использования их в производстве сыров с целью ускорения созревания и улучшения органолептических свойств этих продуктов.

Проверка препарата липазы *Pseudomonas fluorescens* показала, что этот препарат перспективен для расщепления остатков молочного жира в сточных водах молочной промышленности.

Испытание препарата липазы *Geotrichum asteroides* позволило установить, что этот препарат не уступает зарубежным образцам и перспективен для использования в медицинских целях, а также в пищевой промышленности, для производства моющих и косметических средств.

С 1980 г. руководство отделом возглавил докт. биол. наук В.К. Плакунов. Были начаты широкие исследования взаимосвязей регуляторных механизмов, функционирующих в клетках микроорганизмов и определяющих как сбалансированный рост популяции, так и "сверхсинтез" различных метаболитов, в том числе физиологически активных веществ.

В 1983 г. отдел стал называться "Регуляция микробного метаболизма". С этого времени значительное внимание стало уделяться детальному изучению путей проникновения субстратов в клетки бактерий, исследованиям биохимической природы, кинетическим свойствам и способам регуляции мембранных транспортных систем, специфичных для аминокислот, углеводов, органических кислот и других органических веществ.

Основное внимание уделялось связям между процессом транспорта субстратов и первыми этапами их метаболизма внутри клеток, поскольку именно на этом уровне реализуются многие важные регуляторные механизмы. Например, механизмы так называемого "глюкозного эффекта", или катаболитной репрессии у ряда бактерий, связанной с процессом фосфорилирования глюкозы при ее транспорте с помощью фосфотрансферной системы.

Проводилось изучение способов регуляции внутриклеточного резерва различных метаболитов, представляющее интерес в плане возможной интенсификации биосинтеза физиологически активных веществ.

Показано, что в некоторых случаях в мембране бактериальных клеток существуют специальные механизмы энергозависимого выброса избытка субстрата, причем компоненты такой системы могут кодироваться внехромосомными генетическими элементами – плазмидами. Именно так, например, обстояло дело с регуляцией внутриклеточного уровня антибиотиков-тетрациклинов у устойчивых к ним бактерий. Эти результаты получили подтверждение в ряде зарубежных лабораторий.

В качестве объектов исследования в отделе использовались микроорганизмы различных физиологических групп, в том числе потенциальные продуценты физиологически активных веществ. Проводилось всестороннее изучение транспортных и регуляторных механизмов у микроорганизмов, развивающихся в экстремальных условиях среды, в частности у экстремально галофильных бактерий родов *Halobacterium* и *Halococcus*. Эти микроорганизмы относят к так называемым "архебактериям", рассматриваемым как одна из древнейших групп живых существ на Земле.

Получены сведения о существенных особенностях транспортных процессов у этих микроорганизмов, позволяющие с новых позиций оценить представления об их физиологической и биохимической обособленности, в частности, обнаружены выраженные "трансингибиторные" эффекты внутриклеточных субстратов на собственный транспорт из среды, нехарактерные для типичных прокариот.

Изучены способы приготовления из клеток галобактерий мембранных модельных систем (везикул), необходимых для изучения механизмов энергетического сопряжения транспорта с внутриклеточным метаболизмом. Такие везикулы оказались способными осуществлять аккумуляцию многих субстратов в ответ на искусственный градиент ионов натрия.

Эти исследования важны для уточнения систематического положения изучаемых архебактерий и выяснения путей эволюции микробного мира в целом.

ОТДЕЛ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ ГЕТЕРОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Заведующий - доктор биологических наук Ю.Н. КАРАСЕВИЧ

Состав: ст. науч. сотр. – 4 (докт. наук – 2, канд. наук – 2), мл. науч. сотр. – 9 (канд. наук – 4), лаборанты – 3, инженер – 1.

В 1938 г. в Институте микробиологии АН СССР был организован отдел бродильных микроорганизмов под руководством крупного специалиста в области технической

микробиологии профессора В.Н. Шапошникова, в будущем действительного члена Академии наук СССР. В 1943 г. этот отдел был переименован в отдел технической микробиологии. С 1963 по 1981 г. отделом руководил доктор биологических наук, профессор М.Н. Бехтерева – ученик и ближайший соратник В.Н. Шапошникова.

В 1970 г. отдел был переименован в отдел физиологии и биохимии гетеротрофных микроорганизмов.

В 1981 г. произошло его объединение с отделом адаптации микроорганизмов. Руководителем отдела назначен доктор биологических наук Ю.Н. Карасевич, ранее руководивший отделом адаптации микроорганизмов.

В довоенные годы основным научным направлением в отделе являлось изучение физиологии анаэробных микроорганизмов, возбудителей различных брожений. С исчерпывающей полнотой были решены многие вопросы, связанные с синтезом ацетона и бутанола. Большое внимание уделялось изучению возбудителей маслянокислого и молочнокислого брожений. В результате этих исследований был разработан способ получения в промышленном масштабе ацетона и бутанола и организовано в СССР промышленное производство этих продуктов, в частности в условиях проточного культивирования (батареиный способ).

Работы, проводившиеся в отделе, послужили экспериментальной основой для разработки В.Н. Шапошниковым теоретической концепции о тесной зависимости физиологического состояния микроорганизмов от условий культивирования. Предложенная В.Н. Шапошниковым концепция двухфазности течения процесса ацетонобутилового брожения получила подтверждение при исследовании других микробиологических процессов, в том числе и проходящих в аэробных условиях, т.е. оказалась одной из основных фундаментальных закономерностей микробиологии.

В послевоенные годы, в связи с организацией в СССР ряда микробиологических производств, в отделе начали интенсивное изучение физиологии продуцентов антибиотиков, витаминов, аминокислот и других биологически активных соединений. Была установлена возможность направленно изменять течение биосинтетических реакций микроорганизмов путем изменения условий культивирования.

Эти исследования явились экспериментальной базой для разработки фундаментальных основ учения о росте и развитии микроорганизмов, что в свою очередь послужило теоретической базой для разработки методов непрерывного культивирования микроорганизмов.

В 70–80-х гг. основным направлением научно-исследовательской работы в отделе явилось изучение физиологии микроорганизмов – продуцентов липидов и физиологически активных соединений липидной природы. Детально изучены закономерности роста и развития гетероталлических микроскопических грибов семейства *Choanephoraceae*, особенности метаболизма разнополюх штаммов, способы селекции и отбор высокоактивных пар грибов. Выявлены условия, обеспечивающие сверхсинтез провитамина А (β -каротина). Это позволило организовать в СССР производство β -каротина в промышленном масштабе. По предложению М.Н. Бехтеревой, с 1977 г. в отделе развернулась работа по исследованию липогенеза у грибов с целью применения микробных липидов в различных отраслях народного хозяйства.

За этот период были разработаны условия для укрупненного получения липидов типа оливкового масла, пальмоядрового масла, а также препаратов полиненасыщенных жирных кислот и арахидоновой кислоты.

Проведены исследования состава липидов у представителей различных родов микроскопических грибов с целью отбора продуцентов, перспективных для народного хозяйства, в частности для лакокрасочной промышленности (липиды типа подсолнечного масла), а также направленные на разработку фундаментальных аспектов этого направления в микробиологии.

Другим направлением работы отдела было исследование механизмов приспособления микроорганизмов к утилизации новых источников питания. Учитывая необходимость решать в первую очередь наиболее важные в теоретическом и практическом плане проблемы, работа отдела была сосредоточена на изучении адаптации микроорганизмов к синтетическим органическим соединениям как основным или единственным источникам питания, так как подобные модели являются наиболее корректными при изучении микроэволюции микроорганизмов.

На первом этапе работы, при исследовании адаптации дрожжей к синтетическим пентозам (L-ксилозе; D-лихтозе), была установлена принципиальная возможность экспериментального получения микроорганизмов, способных к утилизации синтетических соединений. В основе экспериментальной адаптации к этим соединениям лежат мутации, затрагивающие структурные или регуляторные гены некоторых ферментов. На основании этих исследований сформулирована концепция подготовительного метаболизма: чтобы данное органическое соединение могло служить источником питания для микроорганизмов, оно должно претерпеть ряд последовательных трансформаций, в результате которых превращается в субстрат для ферментов одного из циклов основного обмена микробной клетки. Большинство отдельных этапов таких превращений катализируют специфические ферменты, хотя некоторые реакции могут протекать спонтанно. Установлено, что, изменяя среду для культивирования микроорганизмов, можно индуцировать мутагенный процесс в результате разбалансированности системы "организм–среда".

Известно, что синтетические пентозы отличаются от природных только своей стереоконфигурацией. Кроме того, они не оказывают токсического действия на микроорганизм при относительно высоких концентрациях.

Поэтому на втором этапе работы была поставлена задача выяснения методами экспериментальной адаптации возможности получения микроорганизмов, способных утилизировать синтетические соединения, оказывающие токсическое действие на микроорганизмы (субстраты-яды) и отличающиеся от природных соединений по строению молекулы. Основное внимание уделили пестицидам и стойким продуктам их частичной трансформации. Оказалось, что в этом случае методами экспериментальной адаптации получить культуры микроорганизмов, утилизирующих синтетические соединения значительно труднее, а в ряде случаев невозможно. В то же время, применяя методы накопительных культур, сравнительно легко удается получить такие микроорганизмы.

Успешные примеры адаптации к синтетическим соединениям позволили сформулировать принцип аналогии, согласно которому появление способности к утилизации следует ожидать только у таких микроорганизмов, которые располагают ферментами подготовительного метаболизма сходных по структуре природных субстратов.

Следовательно, принцип аналогии ограничивает возможности метода экспериментальной адаптации. Очевидно, что это касается также методов индуцированного мутагенеза и генетической инженерии.

Поэтому основной задачей этого раздела работы являлось исследование типов подготовительного метаболизма различных природных соединений, так как без их знания невозможно прогнозировать направления работ по селекции микроорганизмов, утилизирующих различные синтетические соединения. Главное внимание было уделено изучению индивидуальных ферментов подготовительного метаболизма.

В отделе создан музей штаммов микроорганизмов, утилизирующих следующие синтетические соединения: хлор- и фторбензойные кислоты, хлоранилины.

С их помощью исследована возможность интродукции полученных штаммов в природные микробные биоценозы для разрушения стойких, токсичных соединений, во все больших масштабах накапливающихся в природе в результате широкого применения пестицидов. Этот раздел работы отдела связан с проблемами охраны окружающей среды и разработкой новой технологии сельскохозяйственных производств.

ОТДЕЛ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ ТЕРМОФИЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Заведующий - доктор биологических наук Л.Г. ЛОГИНОВА

Состав: ст. научн. сотр., канд. наук – 3; мл. научн. сотр. – 5 (канд. наук – 1); лаборанты – 1

Отдел создан в 1960 г. Исследования проводились по следующим основным направлениям: выделение из природных субстратов термофильных микроорганизмов, исследование их физиологии, биохимии, морфо-цитологических особенностей, экологии; изучение причин термофилии микроорганизмов, главным образом физико-химических свойств белков, в том числе ферментов. Большое внимание уделено применению термофильных микроорганизмов-продуцентов практически ценных веществ в биотехнологии.

В отделе создана уникальная в Советском Союзе коллекция культур облигатно- и экстремально-термофильных бактерий, в том числе относящихся к новым видам. Создание указанной коллекции явилось результатом обследования районов термальных источников, расположенных на Южном Урале, Камчатке, Курильских островах, Южном Сахалине, а также в Забайкалье, Таджикистане, Казахстане, Узбекистане и в Киргизии.

Среди неспорозных облигатно-термофильных бактерий три новых вида – *Thermus ruber*, *Thermus flavus* и *Flavobacterium thermophilum*, растущих при 65–70°C.

Среди новых видов облигатно- и экстремально-термофильных бактерий имеются продуценты ряда ферментов: α -амилаз, новой сериновой тиолзависимой протеиназы, щелочной фосфатазы, комплекса целлюлолитических ферментов, состоящего из целлюлаз, β -глюкозидаз, экзо-1,4- β -глюкозидаз, экзоцеллобиогидролаз, эндо-1,3- β -

ксиланаз, а также рибофлавина. Имеются штаммы, растущие на твердых и жидких парафинах.

Экологические исследования термальных источников Советского Союза показали, что в них существуют определенные взаимоотношения между неспороносными и спороносными формами бактерий. Если в обычных источниках с нормальной температурой преобладает из неспороносных форм главным образом *Pseudomonas*, то в термальных источниках эта форма не обнаружена, однако в них широко представлены экстремально- и облигатно-термофильные бактерии *Thermus flavus*, *T. ruber*. Среди спороносных форм преобладающей является *Bacillus stearothermophilus*.

При изучении физиологии термофильных бактерий установлено, что с повышением оптимальной температуры роста значительно возрастает количество цитохромов, в особенности цитохромов типа *b* и *c*, в клетках *Bacillus circulans*, *Bac. stearothermophilus*, *Bac. brevis*. Показано, что термогенез развивающихся термофильных микроорганизмов превышает термогенез мезофильных культур, что выделенные из горячих источников Камчатки облигатно- и экстремально-термофильные бактерии *T. flavus* и *T. ruber* обладают высоким содержанием АТФ, низкомолекулярных полифосфатов, значительной активностью щелочной фосфатазы и пиррофосфатазы. У *T. ruber* изучен жирнокислотный состав липидов и показано, что он так же, как у *T. flavus*, аналогичен составу жирных кислот липидов грамположительных бактерий, хотя бактерии рода *Thermus* являются грамотрицательными.

В результате изучения транспорта моносахаров и аминокислот в клетки термофильных бактерий рода *Thermus* установлено, что скорость его близка к скорости транспорта этих соединений в клетки мезофильных бактерий, и что температурный оптимум этого процесса у представителей рода *Thermus* на 20–25°C ниже оптимальной температуры их роста (60–75°C). Показано, что у бактерий из рода *Thermus* соли органических кислот легче усваиваются в качестве источника углерода, чем сахара. При развитии на средах с солями органических кислот температурный оптимум роста указанных бактерий выше оптимальной температуры их роста на питательных средах с сахарами на 5–10°C.

Детально изучена цитология клеток *T. ruber*. Изучены морфолого-цитологические и физиолого-биохимические свойства термофильной анаэробной бактерии *Clostridium thermocellum*, развивающейся при 60°C. Ферменты, синтезируемые термофильными микроорганизмами, служат не только для изучения физико-химических свойств белков термофилов, но также представляют значительный интерес для разных областей народного хозяйства. Наиболее активными продуцентами ферментов – целлюлаз, ксиланаз, α -амилаз, протеаз, щелочной фосфатазы и некоторых других, – имеющимися в коллекции отдела, являются штаммы таких бактерий, как *B. brevis*, *B. circulans*, *B. stearothermophilus*, *T. ruber*, *T. flavus*, *Thermoactinomyces vulgaris* и микроскопических грибов *Aspergillus terreus*, *Myceliophthora thermophila*. Все штаммы микроорганизмов – продуцентов ферментов защищены авторскими свидетельствами СССР. В отделе проводилась большая работа по изучению биосинтеза ферментов, спонтанной изменчивости их продуцентов и подбору оптимальных условий для хранения.

Работа по очистке и изучению свойств α -амилаз и протеаз термофильных бактерий проводилась совместно с Институтом кристаллографии АН СССР, кафедрой химии природных соединений химфака МГУ им. М.В. Ломоносова. Показано, что в основе

механизма, обуславливающего температурную устойчивость белков термофилов, лежит структура молекулы и ее стабилизация ионами Ca^{2+} . Установлена структура молекулы α -амилазы термофильной бактерии *B. circulans*; в ее молекуле обнаружено большое количество цистеина, аспарагиновой, глутаминовой аминокислот, а также некоторых гидрофобных аминокислот по сравнению с α -амилазой мезофильных бактерий (*Bacillus subtilis*). Установлено, что α -амилаза облигатно-термофильной бактерии *B. circulans* связывает 30 ионов кальция на одну молекулу, тогда как α -амилаза термотолерантного и мезофильного штаммов *Bac. subtilis* – вдвое меньше. Высокое содержание кальция обуславливает большую термоустойчивость молекулы фермента, синтезированного термофильной бактерией *B. circulans*. Доказано, что α -амилаза последней, подобно термостабильной протеиназе – термолизину, существует в виде компактной глобулярной структуры, устойчивой к различным воздействиям. Между величиной молекулярной массы α -амилазы и температурой роста бактерий существует определенная зависимость: с повышением оптимальной температуры роста продуцента молекулярная масса фермента понижается. У термофильной бактерии *B. circulans* шт. 186 молекула α -амилазы представляет собой компактную глобулу с массой 17 000. Аналогичные данные получены и для α -амилазы *B. stearothermophilus* шт. 214. Показано, что протеолитические ферменты термофильных микроорганизмов *B. brevis* (металлопротеиназа) и *T. vulgaris* шт. 42, ИНМИ-4а (сериновые протеиназы, карбоксипептидазы) различаются между собой, однако общим для них является преобладание в молекуле протеазы гидрофильных аминокислот, в особенности аспарагиновой и глутаминовой. Кроме того, металлопротеиназа *B. brevis* характеризуется тем, что не имеет в своем составе серосодержащих и ароматических аминокислот. В активном центре изученных металлопротеиназ находится Zn, активный центр сериновых протеиназ представлен аспарагиновой кислотой – гистидином–серином. Установлено, что сериновые протеиназы термофильных актиномицетов относятся к новой группе тиолзависимых сериновых протеиназ, требующих для проявления каталитической активности обязательного присутствия SH-группы и обладающих также высокой литической активностью по отношению к клеткам дрожжей, водорослей, грамположительных и грамотрицательных бактерий. Показано, что металлопротеиназы обладают специфичностью действия, сходной со специфичностью других нейтральных протеиназ мезофильных и термофильных организмов, предпочтительно гидролизующих пептидные связи, содержащие остатки гидрофобных аминокислот. Они ингибируются металлхелатирующими агентами. Сериновые протеиназы изученных термофильных актиномицетов *T. vulgaris* являются слабощелочными, ингибируются типичными ингибиторами серингидролаз, такими, как диизопропилфторфосфат, а также ингибитором тиоловых протеиназ *p*-хлормеркурибензоатом. Свойства протеиназ *T. vulgaris* аналогичны свойствам ферментов некоторых мезофильных бацилл (*B. cereus*, *B. thuringiensis*), но отличаются от других сериновых протеиназ. Установлено, что физико-химические свойства, первичная структура и специфичность действия карбоксипептидазы (продуценты – штаммы *T. vulgaris*) имеют сходство с аналогичными свойствами карбоксипептидаз мезофильного стрептомицета (*Streptomyces griseus*) и карбоксипептидаз животного происхождения.

Изучены экологические, физиологические, биохимические и морфологические особенности термофильных мицелиальных грибов *Aspergillus fumigatus*, *Asp. terreus* 17p, *Myceliophthora thermophila*, впервые выделенных в нашей стране из природных

источников в Средней Азии и разлагающих целлюлозосодержащие растительные субстраты.

Показано, что оптимальная температура их роста 40–50°C. На содержащих целлюлозу остатках они синтезируют и выделяют в среду значительное количество полноценного белка, активные целлюлозоразрушающие комплексы ферментов, затрагивающие лигнинный каркас нативной целлюлозы.

Получен активный ферментный препарат целлотеррин и белково-ферментный комплекс (БФК) гриба *M. thermophila*, содержащие хорошо сбалансированный полный набор ферментов (глюканазы, глюкозидазы), гидролизующий целлюлозу до глюкозы. Изучены физико-химические свойства комплекса ферментов целлотеррина и факторы, регулирующие их синтез. Активные культуры грибов переданы для внедрения в сельское хозяйство страны в целях использования их для повышения кормовой ценности грубых кормов и создания безотходных производств.

Впервые в Советском Союзе получена термостабильная высокоочищенная сериновая протеиназа *T. vulgaris*. Отработан технологический регламент ее получения при использовании аффинной хроматографии для очистки. Внедрение производится на заводах НПО "Фермент" и "Биохимреактив". Свойства ферментов, синтезируемых *T. vulgaris* (тиолзависимая сериновая протеиназа и карбоксипептидаза), представляют большой интерес для научных исследований. Они могут использоваться в бессеребряной фотографии, для приготовления белковых гидролизатов, используемых в пищевой и микробиологической промышленности, а также в медицине.

ОТДЕЛ СИСТЕМАТИКИ И ФИЗИОЛОГИИ АКТИНОМИЦЕТОВ

Заведующий – доктор биологических наук В.Д. КУЗНЕЦОВ

Состав: ст. научн. сотр., канд. наук – 2, мл. научн. сотр. – 3 (канд. наук – 2), лаборанты – 3

В 1935 г. в Институте микробиологии АН СССР был создан отдел микобактерий и актиномицетов, которым руководил член-корреспондент АН СССР Н.А. Красильников. В дальнейшем он был преобразован в отдел взаимодействия микроорганизмов.

В 1970 г. из него выделилась лаборатория физиологии актиномицетов, возглавлявшаяся докт. биол. наук Л.В. Калакуцким. В 1976 г. на базе этой лаборатории был создан существующий ныне отдел систематики и физиологии актиномицетов.

В течение многих лет деятельность отдела, возглавляемого Н.А. Красильниковым, была направлена на изучение биологии и систематики актиномицетов. Результатом этих исследований явилось опубликование первого отечественного определителя лучистых грибов, в котором были заложены основы ботанического принципа систематики актиномицетов с учетом филогенетических связей между родами, основанных на данных экспериментальной изменчивости этих организмов. Одновременно изучалось явление антагонизма у микроорганизмов и использование его в борьбе с фитопатогенными микроорганизмами. Позже эти исследования привели к выделению из культуры актиномицета антибиотика мицетина, что положило начало поискам актиномицетов – продуцентов антибиотиков в СССР и за рубежом. Большое внимание уделялось изучению

взаимоотношений между микроорганизмами почвы и высшими растениями, совершенствованию технологии производства и применения бактериальных удобрений.

На протяжении 50-60-х годов отдел занимался поисками продуцентов антибиотиков и систематикой актиномицетов. В эти годы был выделен антибиотик хризомаллин. Получены и внедрены в практику животноводства кормовые препараты кормогризин и витаминин, стимулирующие рост сельскохозяйственных животных. В этот же период Н.А. Красильниковым было высказано положение о видовой специфичности комплекса антибиотиков, синтезируемых отдельными культурами актиномицетов. Таксономическое изучение актиномицетов завершилось опубликованием в 1970 г. монографии "Лучистые грибки (высшие формы)", получившей мировую известность.

Основные направления исследований, проводившихся в отделе под руководством Н.А. Красильникова, продолжают развиваться в настоящее время в отделе систематики и физиологии актиномицетов с учетом современных знаний в области экологии, физиологии, биохимии и генетики данных микроорганизмов. Этими направлениями являются систематика актиномицетов и получение препаратов актиномицетного происхождения, представляющих интерес для медицины и народного хозяйства.

Известно, что роль систематики состоит не только (и не столько) в инвентаризации живых организмов, хотя это имеет большое значение для обнаружения скрытых резервов их практического использования, но и в раскрытии различных связей в эволюции микроорганизмов в быстро изменяющихся под влиянием человеческой деятельности условиях окружающей среды. Кроме того, систематика, отражающая реально существующие в природе виды, способствует повышению эффективности исследований, направленных на поиски продуцентов практически важных физиологически активных веществ, позволяет быстро и безошибочно идентифицировать выделяемые из природы штаммы и, обладая высокой прогностической ценностью, дает возможность предсказывать их биосинтетические способности.

Поскольку существующие системы классификации актиномицетов, особенно видовая, мало удовлетворяют этим требованиям, актуальной задачей отдела являлся пересмотр и совершенствование видовой систематики этих организмов, избыточной синонимами и номинальными видами. Одной из задач, над решением которой работал отдел, было совершенствование систематики наиболее обширного семейства актиномицетов – *Streptomycetaceae*, насчитывающего несколько сотен видов, и систематика которого наиболее запутана. В то же время представители этого семейства широко применяются в промышленности как продуценты антибиотиков, ферментов, витаминов и других физиологически активных веществ и, как показывает мировой опыт, представляют собой наиболее перспективную группу продуцентов новых, ценных для народного хозяйства, веществ.

Теоретической базой исследований отдела в области систематики является открытие явления параллелизма в наследственной изменчивости актиномицетов. Это дало возможность разобраться в "хаосе" спонтанных вариантов, составляющих популяции видов, распределить их в параллельные ряды, выявить степень их генетического родства, определить наличие "перекрестных" вариантов в популяциях сравниваемых штаммов, устранить из систематики номинальные виды, создать более совершенную систему, учитывающую родственные взаимоотношения между видами, и тем самым повысить

прогностическую ценность систематики актиномицетов. Осуществлен пересмотр и проведено упорядочение систематики пяти таксономических групп стрептомицетов на основе широкого популяционного анализа.

В отделе проведены также работы по изучению физиологии актиномицетов – продуцентов антибиотиков и других вторичных метаболитов, влияние факторов окружающей среды на регуляцию процессов биосинтеза вторичных метаболитов. Показано регулирующее влияние температуры на биосинтез актиномицина и меланина. На примере мезофильного стрептомицета установлена стадия, на которой осуществляется разветвление путей биосинтеза указанных метаболитов, – стадия накопления оксикинурина. При 28°C путь биосинтеза заканчивается образованием актиномицина из оксикинурина через метилоксиантраниловую кислоту. При 42°C происходит переключение биосинтеза на образование меланина из оксикинурина через оксиантраниловую кислоту, о-аминофенол, пирокатехин. Подобный процесс, по всей вероятности, имеет место и в естественных условиях при повышении температуры обитания, которое сопряжено в большинстве случаев с воздействием солнечной радиации, а следовательно, и УФ-облучения. Вредное воздействие этого фактора на организм ослабляется благодаря переключению путей биосинтеза вторичных метаболитов на путь образования меланиновых пигментов, выполняющих защитные функции.

В отделе, в комплексе с отраслевыми институтами соответствующих профилей, проводились также исследования, имеющие прикладное значение. В частности, поиски актиномицетов – продуцентов ферментов, витаминов и других физиологически активных соединений, стимулирующих рост сельскохозяйственных животных и птиц.

В отделе получены и селекционированы штаммы, синтезирующие дрожжелитические (дрожжелитин), стрептолитические (стрептолитин) ферменты, а также глюкозоизомеразу. Разработан регламент получения дрожжелитина, который внедрен в производство. Дрожжелитин дает возможность повысить кормовую ценность белково-витаминного концентрата (БВК), получать лизаты дрожжей, заменяющие дорогостоящий пептон в питательных средах для микробиологической промышленности, а также использовать их при приготовлении заменителей цельного молока, необходимых при выращивании молодняка крупного рогатого скота. Глюкозоизомеразу предназначена для использования в кондитерской и пищевой промышленности. Получен также препарат актиномицетного происхождения, который при добавлении его в корм стимулирует рост домашней птицы.

ОТДЕЛ ФИЗИОЛОГИИ СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ

Заведующий – доктор биологических наук В.И. ДУДА

Состав: ст. научн. сотр., канд. наук – 1; мл. научн. сотр. – 4 (канд. наук – 1), лаборанты – 1

Отдел организован в 1973 г. Исследования отдела проводились на молекулярном, органоидном, клеточном и популяционном уровнях и направлены на изучение многообразия спорообразующих анаэробных и аэробных бактерий, решение фундаментальных вопросов биологии бактериальной клетки и клеточной дифференциации микроорганизмов. Большое внимание уделялось также использованию результатов теоретических исследований в практике.

В области фундаментальных исследований выполнен цикл работ по проблеме "Функциональная цитология и клеточная дифференциация микроорганизмов", в которых основными объектами являлись спорообразующие бактерии.

Полученные результаты внесли существенные изменения в представления об ультраструктурной организации прокариотной клетки, механизмах клеточной дифференциации, регуляции роста и развития микроорганизмов.

Открыты новые классы структур бактериальных клеток.

1. Крупные выросты на спорах (у многих видов клостридий), обладающие специфической ультраструктурной организацией и сложным биохимическим составом (белки, полисахариды, липиды). Установлено, что выросты являются структурами, обеспечивающими пространственную организацию процессов (компарментализацию) и регуляцию эндотрофного метаболизма спорообразующих клеток.

2. Экстрацеллюлярные газовые пакеты, обладающие тонкой специфической мембраной и прочно прикрепленные к поверхности клеток (клеточным стенкам).

3. Газовые колпачки на спорах (ряда видов рода *Clostridium*). Показано, что эти структуры придают клеткам свойство высокой плавучести и тем самым обеспечивают их распространение в природных субстратах. Продолжается изучение других возможных функций газо-накопительных структур прокариот, их строения и состава.

Вскрыты специфические закономерности поведения ядерного вещества в процессе спорообразования: флуктуации нуклеотидного состава хромосомной ДНК, изменения в строении нуклеоидов.

Установлено, что споры анаэробных бактерий содержат вещества, обладающие радиопротекторными свойствами. Введение этих метаболитов бактериям животным приводит к повышению их радиоустойчивости (увеличивает процент выживаемости облученных животных и среднюю продолжительность жизни).

На основе глубокого физиолого-биохимического изучения и ультраструктурного анализа дифференцирующихся бактериальных клеток развито новое представление об эндогенном спорообразовании прокариот, как единстве двух одновременно протекающих, но разнонаправленных процессов – дифференциации и дедифференциации клеток.

Обнаружен новый тип покоящихся (анабиотических) рефрактивных клеток, формирующихся как неспороносными, так и спорообразующими бактериями. Эти данные позволяют объяснить выживаемость некоторых неспорообразующих бактерий в неблагоприятных условиях внешней среды.

Установлена связь между составом клеточных стенок и способностью различных видов бактерий образовывать эндогенные термоустойчивые споры. Выявлена несовместимость таких признаков бактерий, как грамотрицательный тип строения клеточной стенки (липопротеидно-муреинового состава) и способность к эндогенному спорообразованию. Дано объяснение причин несовместимости данных признаков, которая обусловлена спецификой клеточных механизмов эндогенного спорообразования, прежде всего полной потерей клеточной стенки у клеток на стадии проспоров.

Полученные результаты и обобщения явились теоретическими предпосылками для объяснения разнообразия мира прокариот; кроме того, они позволили уточнить диагнозы высших таксонов эубактерий – отделов Gracilicutes и Firmicutes.

Выделен ряд новых форм анаэробных бактерий: трихомные многоклеточные грамотрицательные бактерии, клетки которых обладают необычно большой по объему периплазматической зоной; анаэробные спорообразующие бактерии, формирующие крупные экстрацеллюлярные (околоклеточные) газовые пакеты; новые спорообразующие сульфатвосстанавливающие бактерии. Принципиальное значение имеет выделение анаэробных бактерий, образующих в одной клетке до четырех эндоспор. Эти бактерии являются важной моделью для решения вопросов биологии бактериальной клетки, циклов развития культур и клеточной дифференцировки.

Изучена саморегуляция роста, развития и клеточной дифференциации бактерий, осуществляющаяся с участием специфических мембраноактивных веществ – алкилоксибензолов. Эти вещества выявлены как у грамположительных и грамотрицательных эубактерий, так и у архебактерий. Показано физиологическое значение этих метаболитов у микроорганизмов, заключающееся в индукции перехода вегетативных клеток в анабиотическое состояние. Полученные данные представляют интерес в связи с расшифровкой механизмов перехода клеток в анабиотическое состояние и перспективны для практического применения с целью стабилизации и повышения жизнеспособности клеток в различных бактериальных препаратах и вакцинах, а также при хранении культур микроорганизмов.

Исследования отдела способствовали разработке и внедрению в нашей стране новой технологии анаэробных ферментаций и позволили впервые в мире осуществить в промышленном масштабе производство ферментных препаратов (содержащих пектинолитические ферменты) при использовании в качестве продуцентов анаэробных бактерий.

Совместно с ВНИИбиотехника Главмикробиопрома создана серия мацерующих бактериальных препаратов, которые прошли опытно-промышленные испытания и внедряются на льнозаводах Минлегпрома СССР (препараты "Мацеробациллин-ГЗх", "Пектоклостридин-ГЗх" и др.). Композиционно разнообразные препараты (пектолитические ферменты) имеют значительные перспективы использования в пищевой и медицинской промышленности, а также в животноводстве.

Изучены некоторые метаболиты микроорганизмов, влияющие на автолитические процессы. Показано, что активным началом этих факторов являются высшие ненасыщенные жирные кислоты; предложено использовать их в микробиологической и медицинской промышленности для получения автолизатов микробных клеток и их белковых изолятов, применяемых в комбикормовой, пищевой и медицинской промышленности.

Продолжено изучение закономерностей роста и развития спорообразующих бактерий. Особое внимание уделено изучению новых форм анаэробных бактерий, их физиолого-биохимических и цитологических особенностей, а также образованию ими физиологически активных соединений.

ОТДЕЛ ЛИТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Заведующий – член-корреспондент АН СССР Г.А. ЗАВАРЗИН

Состав: ст. научн. сотр., канд. наук – 3, мл. научн. сотр. – 9 (канд. наук – 6), инженеры – 1, лаборанты – 2

Отдел образован в 1979 г. путем слияния отделов физиологии фототрофных микроорганизмов и физиологии хемоавтотрофных микроорганизмов, самостоятельно существовавших в Институте с 1961 г.

Изучение роли литотрофных микроорганизмов в биосфере традиционно для Института микробиологии АН СССР и было начато работами академиков Г.А. Надсона и Б.Л. Исаченко.

В отделе выполнены работы по изучению многих групп хемолитотрофных микроорганизмов, окисляющих неорганические соединения азота, железа, серы, водорода, окиси углерода. Эти исследования имеют принципиальное значение для понимания процессов формирования осадочных руд, защиты окружающей среды от вредных газов, создания систем жизнеобеспечения, производства белка одноклеточных, биотехнологии. Открыт ряд новых ранее неизвестных микроорганизмов (*Methanosarcina vacuolata*, *Methanococcus halophilus*, *Calderobacterium hydrogenophilum*, *Methanothrix thermoacetophila*, *Seliberia carboxydohydrogena*, *Pseudomonas carboxydoflava*, *Ps. gazotropha*, *Comamonas compransoris*, *Achromobacter carboxydus*).

Изучение фототрофных микроорганизмов – зеленых водорослей и цианобактерий как объектов микробиологии было начато С.В. Горюновой. Исследовали прижизненные выделения цианобактерий, физиологически активные вещества, продуцируемые водорослями, пурпурные бактерии. В результате этих работ выяснено взаимоотношение между продуцентами органических веществ и организмами, использующими их. Результаты исследований физиологических и биохимических особенностей водорослей, природы и химического состава выделяемых ими веществ обобщены в ряде монографий. Установлена природа нуклеотидпептидных соединений – регуляторов процессов репродукции водорослей, и способность этих веществ как экзогенных факторов оказывать влияние на цикл их развития.

Основная тематика отдела – изучение бактерий с газовым обменом.

Литотрофные микроорганизмы ответственны за формирование газовой оболочки Земли на протяжении ее геологической истории. Исследование геохимической деятельности водорослево-бактериальной системы дает возможность понять происхождение биосферы и ее роль в истории современной атмосферы.

Ведущую роль во взаимодействии атмосферы и биосферы имеет кислород-углекислотный цикл, в установлении которого первостепенное значение приписывается цианобактериям. Нефотосинтезирующие литотрофные бактерии и в настоящее время играют ключевую роль в судьбе таких компонентов атмосферы, как окислы азота, метан, окись углерода, водород. Таким образом, тематика отдела литотрофных микроорганизмов достаточно полно охватывает воздействие бактерий на соединения с газовой формой миграции.

Изучена газовая функция термофильных микроорганизмов, входящих в развивающееся в газотермах Камчатки микробное сообщество. Показано, что цианобактериальное

сообщество представляет собой газовый фильтр для таких глубинных газов, как H_2S и H_2 , и совершенно инертно относительно метана. Лабораторные исследования с чистыми культурами и модельными сообществами подтвердили полевые наблюдения и выявили ведущие организмы в данном процессе. Эти исследования в сотрудничестве с геологами дали основу для более глубокого понимания биогенных процессов в геологическом прошлом Земли, что необходимо для понимания генезиса минералов и эволюции газовой оболочки в эпоху образования месторождений полезных ископаемых.

В связи с исследованиями газообмена микроорганизмов большие усилия были направлены на изучение водородных бактерий, окисляющих H_2 , и карбоксибактерий, окисляющих CO . В отделе была создана уникальная коллекция культур водородных бактерий, которые используются для практического получения микробного белка. Водородные бактерии осуществляют наиболее короткий и энергетически выгодный путь трансформации энергии в биомассу. На штамме *Alcaligenes eutrophus* Z-1, выделенном в отделе, проведено большинство работ по синтезу белка за счет использования молекулярного водорода. В последнее время внимание привлекли экстремально-термофильные водородные бактерии с оптимумом роста $75-78^\circ C$, образующие термостабильную гидрогеназу, которые были выделены из гидротерм Камчатки. Проведено подробное физиолого-биохимическое изучение этих микроорганизмов, отнесенных к новому роду бактерий – *Calderobacterium*. Экстремально термофильная водородная бактерия, благодаря высокой эффективности использования газов и скорости роста, конкурентоспособности в условиях неполной стерильности, как показали исследования, может найти практическое применение. Установлена высокая стабильность к кислороду и термостабильность ключевого фермента метаболизма водородных бактерий – гидрогеназы у *C. hydrogenophilum*. Совместно с другими учреждениями разработаны подходы для использования высокоактивной и стабильной гидрогеназы *C. hydrogenophilum* в качестве составной части биохимических топливных элементов.

В отделе впервые подробно описана физиологическая группа карбоксибактерий – бактерий, окисляющих окись углерода; выделено пять новых видов, подробно изучена их физиология. Показано, что эти бактерии широко распространены в природе и предотвращают загрязнение воздуха этим опасным дыхательным ядом. В настоящее время выделенные штаммы карбоксибактерий широко используются для исследования аэробного разрушения окиси углерода.

Важным этапом биогеохимического цикла углерода в природе является образование метана, так как им завершается анаэробная деструкция органического вещества. Процесс метаногенеза широко применяется в очистных сооружениях, а также для получения биотоплива из возобновляемых ресурсов. В отделе создана коллекция культур метанобразующих бактерий, использующих все известные субстраты метаногенеза. Исследуются термофильные и галофильные виды. Описано несколько новых видов метанобразующих бактерий: *Methanosarcina vacuolata*, *Methanotherix thermoacetophila*, *Methanococcus galophilus* и др. Проведено подробное сравнительное исследование метаносарцин как наиболее важных компонентов при интенсивном процессе образования метана. Метанобразующие бактерии, изучаемые в отделе, представляют большой интерес не только как источники биогаза, но и с биохимической точки зрения – как обладатели

уникальных ферментативных механизмов и как продуценты необычных органических соединений.

Метанообразующие бактерии развиваются в составе сообщества микроорганизмов, разлагающих органические соединения. Закономерности развития таких сообществ существенно отличаются от тех, которые могут быть установлены на основании изучения чистых культур. Такими типичными сообществами являются ассоциации микроорганизмов, развивающиеся в анаэробных условиях на целлюлозе, в цианобактериальном сообществе, в сточных водах.

Изучен процесс метаногенеза на целлюлозе, изучаются процессы анаэробного разложения биомассы водорослей, навоза и других субстратов. Исследования ведутся с целью расшифровки путей образования метана из сложных органических веществ, обнаружения и выделения микроорганизмов, осуществляющих их. Эти работы важны для контроля и интенсификации процессов, которые ведутся спонтанно развивающимся биоценозом.

Из соединений азота наибольший интерес представляет судьба закиси азота в связи с ее возможным глобальным эффектом в атмосфере Земли. В результате проведенных исследований обнаружена неспецифическая реакция окисления закиси азота микроорганизмами при разложении перекисей. В настоящее время проводятся работы по метилотрофной денитрификации. В отделе изучались микроорганизмы, связанные с одним из самых мощных в геологической истории Земли процессов потребления кислорода – образованием окислов железа и марганца. Особое внимание привлекли близкие к микоплазмам микроорганизмы, такие, как *Metallogenium*, которому была посвящена большая серия работ. Удалось показать на примере ряда организмов, в том числе *Acholeplasma laidlawii*, катализ окисления двухвалентного железа при активации кислорода микоплазмами.

Подробно изучена автотрофная ассимиляция углекислоты в восстановительном пентозофосфатном цикле, осуществляемая хемолитотрофными бактериями.

Таким образом, на основании изучения микроорганизмов с газовой функцией удалось дать не только исходный материал для решения некоторых практических задач, таких, как создание систем жизнеобеспечения, получения биогаза, белка одноклеточных, защиты окружающей среды от токсических соединений, но и получить более полное представление о роли микроорганизмов в поддержании определенного состава атмосферы.

ОТДЕЛ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Заведующий – академик Е.Н. МИШУСТИН

Состав: ст. научн. сотр., канд. наук – 4; мл. научн. сотр. – 14 (канд. наук – 8);

инженеры – 1, лаборанты – 4

Отдел почвенной микробиологии был организован в 1937 г., исполняющим обязанности заведующего отделом был назначен Н.А. Красильников, который в 1946 г. был избран член-корреспондентом АН СССР.

В 1946 г. Н.А. Красильников организует отдел взаимодействия микроорганизмов, а во главе отдела почвенной микробиологии становится Е.Н. Мишустин, впоследствии действительный член АН СССР.

Наряду с исследованиями, проводившимися академиком Е.Н. Мишустиним, в отделе, руководимом чл.-корр. АН СССР Н.А. Красильниковым, также продолжались работы в области почвенной микробиологии. Большое внимание в отделе Н.А. Красильникова было уделено систематике микроорганизмов вообще и почвенных в частности. Итогом этой работы была публикация монументального труда "Определитель бактерий и актиномицетов" (1949), за который Н.А. Красильникову в 1951 г. была присуждена Государственная премия СССР.

Большое влияние на формирование ценоза почвенных микроорганизмов Н.А. Красильников приписывал высшей растительности. Им показана специфика микрофлоры ризосферы, наличие в ней организмов, стимулирующих и угнетающих рост растений, а также вызывающих явление "утомления почвы". В результате этих исследований был разработан метод получения одного из биостимуляторов роста растений – советского гиббереллина.

Были проведены также работы по изучению взаимоотношения клубеньковых бактерий с высшими растениями, и выяснен ряд вопросов экологии отмеченных микроорганизмов.

Обнаружено наличие антагонистических отношений между некоторыми сапрофитными микроорганизмами почвы и фитопатогенной микрофлорой. Это дало основание рекомендовать биологический метод борьбы с рядом заболеваний растений (хлопчатника, сосны и т.д.).

В 1958 г. Н.А. Красильников опубликовал фундаментальный труд "Микроорганизмы почвы и высшие растения", переведенный за рубежом.

Одним из основных вопросов, который разрабатывался в отделе, руководимом Е.Н. Мишустиним, был вопрос о структуре ценоза почвенных микроорганизмов и специфики микрофлоры почвенных типов. В основу этого направления работы положен закон В.В. Докучаева о зонах природы и положение С.Н. Виноградского об основных группировках почвенных микроорганизмов. Последний в своих классических работах высказал мнение, что почвенное микронаселение может быть разбито на две группировки – зимогенную и автохтонную. Первая разлагает органические остатки, вторая трансформирует перегнойные соединения. О конкретном составе этих группировок какого-либо представления он не дал.

Накопленный к настоящему времени в отделе материал к отмеченным двум группировкам позволил добавить еще две – олиготрофную, способную существовать на средах с весьма низкой концентрацией питательных органических веществ и завершающих их минерализацию, а также хемоавтотрофную, трансформирующую неорганические соединения.

Микроорганизмы чрезвычайно широко распространены в почвах, однако в силу разной скорости трансформации органических остатков (преимущественно растительных) в различных почвенно-климатических зонах создаются специфические доминантные их группировки. Это показано на ряде систематических групп микроорганизмов.

При анализе зимогенной микрофлоры установлено, что северные почвы бедны бациллами и актиномицетами, что резко их отличает от почв южной зоны. Некоторые виды (как *Pseudomonas fluorescens*), являющиеся пионерами освоения свежего органического вещества, значительно богаче представлены в ценозе микроорганизмов северных почв, а представители рода *Arthrobacter* преобладают в почвах Юга. Для каждого почвенного типа свойственны свои доминантные бациллы и грибы, а также группировка целлюлозных микроорганизмов и т.д.

Это связано с тем, что распад органических остатков сопровождается сукцессией микробных группировок, отражающих скорость разложения органических веществ.

Новые данные получены об автохтонной микрофлоре и о том, что распад гумуса вызывается представителями родов *Nocardia* и *Pseudomonas*. Почвы юга более богаты бактериями рода *Nocardia*, разлагающими перегной.

Большая работа проведена по изучению олиготрофных микроорганизмов, значительная часть которых описана впервые.

Многие из них обладают необычной морфологией и своеобразными физиологическими функциями. Показано, что олиготрофы существенно отличаются от евтрофов по химическому составу клеточных мембран, в которых преобладают отдельные ненасыщенные жирные кислоты. В энергетическом обмене у них значительную роль играют неорганические полифосфаты. Это эколого-трофическая группа бактерий, широко распространенная и численно доминирующая в почвах и других природных субстратах.

Отличительным признаком олиготрофных микроорганизмов является их высокая выживаемость при длительном голодании и экономичное расходование энергетических ресурсов, а также большая устойчивость к неблагоприятным условиям среды.

Другой особенностью олиготрофов, усиливающей их конкурентоспособность в природе, представляется их способность к миксотрофизму, особенно к утилизации летучих источников энергии. Среди этой группы микроорганизмов выделен ряд новых организмов, обладающих эффективным газовым питанием способностью использовать в качестве единственного источника энергии водород, метан, этилен, а также другие простые вещества (спирты, органические кислоты, некоторые аминокислоты и т.д.), но не способных гидролизовать биополимеры и циклические соединения. Это свойство определяет их экологическую нишу.

Окультуривание почв и внесение удобрений вызывают характерные изменения в составе почвенной микрофлоры.

Все отмеченное позволяет использовать микробиологическую диагностику для установления направленности почвообразовательного процесса и плодородия почв.

Обнаружено, что микроорганизмы, являющиеся пионерами освоения органических соединений, проявляют резко выраженную адаптационную реакцию к условиям климата. В частности, у южных рас микробов резко повышен температурный оптимум и максимум. При оптимальных условиях они быстрее размножаются, чем микроорганизмы Севера.

Используя микробиологическую диагностику, в отделе проведена существенная работа по созданию теоретической основы методов обработки почвы. С помощью обычной микробиологической техники и "апликационных" тестов, предложенных сотрудниками

отдела, удалось показать, что в верхнем горизонте пахотного слоя идут более энергичные мобилизационные процессы. В силу этого он обладает значительно большим плодородием, чем нижний горизонт пахотного слоя.

Обнаружено, что обработка почвы существенно влияет на структуру корневой системы растения, которая распространяется в более плодородных горизонтах почвы. Следовательно, система обработки почвы должна творчески определяться на месте с учетом хозяйственных потребностей и природных условий.

Создание высокоплодородной почвы связано с повышением содержания в ней перегноя. Сельскохозяйственными опытными учреждениями доказано, что минеральные удобрения лишь стабилизируют содержание перегноя в почве. Повышение гумусности почвы достигается внесением органических удобрений (навоза, компостов и т.д.).

Показано, что внесение минеральных удобрений активизирует почвенную микрофлору и ускоряет распад перегноя. Это объясняет появление в почве после ее удобрения минеральными туками так называемого "экстраазота", связанного с распадом перегноя. Стабилизирующее действие минеральных удобрений на содержание гумуса в почве объясняется тем, что они увеличивают массу корневых и пожнивных остатков.

Изучен ряд грибов и бактерий – образователей гумусоподобных соединений, которые имеют несомненное значение в обогащении почвы перегноем.

Образование в почве перегноя связывается с ее оструктурированием, которому в агрономической практике придается большое значение. Исследования, проведенные в отделе, показали, что оструктурирование почв происходит не только под влиянием цементирующего действия перегноя, но также бактериальных слизей и микробного мицелия. Структура последнего типа не обладает стабильностью. Оструктурироваться способны лишь почвы, богатые коллоидной фракцией.

В увеличении плодородия почвы огромное значение придается процессу биологической фиксации атмосферного азота. В Отделе проведена значительная работа по изучению свойств и экологии ряда свободноживущих азотфиксаторов. Детально были изучены бактерии, относящиеся к родам *Clostridium* и *Azotobacter*. Выяснилось, что разные виды рода *Clostridium* связаны с различными типами почв. *Azotobacter* распространен только в хорошо окультуренных почвах всех зон и в целинных почвах, обладающих высоким плодородием.

Описана серия новых для почв СССР азотфиксаторов. Показано, что представители рода *Azospirillum* распространены преимущественно в почвах южной зоны. В лесных почвах умеренной зоны доминируют группировки родов *Klebsiella* и *Achromobacter*. Представители рода и *Xanthobacter flavus*, обладающие высокой солеустойчивостью и имеющие высокий температурный оптимум (он особенно широко распространен в засоленных такыровидных почвах), могут существовать автотрофно, используя углекислоту как единственный источник углерода и получая энергию путем окисления молекулярного водорода.

Повысить активность ценоза свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов можно внесением в почву органического вещества, в частности соломы.

Особенно высокий эффект получается при удобрении соломой почв, занятых культурой риса.

Спорным является вопрос об использовании для бактеризации культуры *Azotobacter chroococcum*. Проведенные опыты, особенно с монобактериальными культурами, позволили заключить, что этот микроорганизм дает на хорошо окультуренных фонах заметную стимуляцию роста сельскохозяйственных культур. Это связано с продукцией азотобактером ряда ростовых веществ. Препарат азотобактера, очевидно, можно применять для закрытого грунта и на огородных, хорошо удобренных почвах.

Изучение симбиотической азотфиксации у бобовых растений было связано с выяснением влияния на урожай инокуляции высеваемых семян культурами клубеньковых бактерий. Комплексная работа с рядом учреждений позволила установить эффективность этого приема во всех почвенных зонах СССР. Это объясняется уменьшением численности клубеньковых бактерий и ослаблением их активности в период пребывания в севообороте небобовых растений.

Длительное время дискутировался вопрос об экологических расах *Rhizobium*, адаптированных к местным условиям. Исследования отдела дали возможность заключить, что клубеньковые бактерии, тесно связанные с растениями, не показывают резко выраженной экологической адаптации, подобно ряду почвенных сапрофитов. Это позволяет использовать одни и те же штаммы в разных почвенно-климатических условиях.

Большое внимание уделено разработке быстрых косвенных методов определения азотфиксирующей способности клубеньковых бактерий.

Разработан ряд методов, из которых самым удачным может считаться показатель накопления в клетках поли-β-оксибутирата. Это соединение синтезируется в клетках малоактивных штаммов в гораздо большем количестве, чем в клетках активных. Разработан экспресс-метод прижизненной окраски поли-β-бутирата фосфином 3R. При просмотре колоний *Rhizobium* в ультрафиолете флуоресцируют лишь малоактивные штаммы.

В результате работ по выяснению влияния азотных минеральных удобрений на урожай бобовых культур и их азотфиксирующую способность в симбиозе с микроорганизмами установлено, что реакции отдельных культур на азотные удобрения весьма индивидуальны. Отмеченные удобрения очевидно целесообразно применять лишь для зернобобовых культур в небольших стартовых дозах. Проведенные исследования позволили составить уточненный баланс азота в пахотных почвах СССР и предложить подходы его улучшения путем более широкого использования процесса симбиотической азотфиксации и усиления деятельности свободноживущих микроорганизмов, связывающих молекулярный азот.

Определенное внимание отделом было посвящено микотрофии древесных пород (докт. биол. наук Н.М. Шемаханова). Эти исследования проводились в связи с микоризацией лесных пород в зоне степи, где микориза спонтанно не образовывалась. Искусственная инокуляция грибами-микоризообразователями в этих условиях дала хороший результат.

Установлены показатели загрязнения почвы и выживаемость в ней патогенных микроорганизмов. Проведены исследования по микробиологии кормов – приготовлению

силоса и сенажа. Изучена микрофлора зерна и ее изменение при разных условиях хранения; проведены работы по использованию ряда микроорганизмов (преимущественно олиготрофов) в биотехнологии.

К основным достижениям отдела можно отнести следующие. Разработана микробиологическая диагностика типа, состояния и загрязнения почвы, получены данные, характеризующие влияние обработки почвы на мобилизационные процессы.

В области биологической фиксации молекулярного азота уточнена роль свободноживущих азотфиксаторов в азотном балансе почвы, обосновано применение инокуляции бобовых растений и разработана косвенная методика селекции активных клубеньковых бактерий. Установлены целесообразные дозировки стартовых доз азотных удобрений для зернобобовых культур.

Проанализирован азотный баланс пахотных почв и дано заключение о рациональном сочетании минеральных и органических удобрений. Изучена большая группа олиготрофных микроорганизмов почв и сделаны предложения об их использовании в биотехнологии.

ОТДЕЛ ПРЭСНОВОДНОЙ И МОРСКОЙ МИКРОБИОЛОГИИ

Заведующий – доктор биологических наук Г.А. ДУБИНИНА

Состав: ст. науч. сотр. – 2 (докт. наук – 1, канд. наук – 1); мл. научн. сотр. – 2 (канд. наук – 1); стаж.-исследователь – 1, лаборанты – 2

Отечественной науке принадлежит большая роль в создании и развитии морской микробиологии как научной дисциплины. Возникновение ее связано с именем академика Б.Л. Исаченко, опубликовавшего в 1914 г. книгу "Исследования над бактериями Северного Ледовитого океана". Эта монография положила начало выяснению роли микроорганизмов в процессах круговорота веществ в морях и океанах. В дальнейшем созданная Б.Л. Исаченко школа морских микробиологов развивала различные разделы составленной им обширной программы исследований по морской микробиологии, охватывающей широкий круг вопросов.

Возникновение другого направления исследований в морской микробиологии, связанного с биологической продуктивностью, получило отражение в трудах чл.-корр. АН СССР В.С. Буткевича.

В Институте микробиологии АН СССР микробиологические исследования морей и океанов начали проводиться с 1936 г. Вначале они осуществлялись под непосредственным руководством Б.Л. Исаченко в отделе общей микробиологии. В 1948 г. был создан отдел географии микроорганизмов, которым заведовал Б.Л. Исаченко.

В 1950 г. этот отдел был переименован в отдел морской микробиологии, который возглавил докт. биол. наук А.Е. Крисс.

Черное море стало первой лабораторией, где проводилась сравнительная оценка различных методов для применения их в морских микробиологических исследованиях. Впервые были изучены количество и видовой состав сапрофитных бактерий, дрожжей и других грибов в толще воды и грунта водоема; выявлено содержание в них различных

физиологических групп микроорганизмов, определена общая численность микробного населения, рассмотрено влияние на нее некоторых экологических факторов.

С появлением в Академии наук СССР флота научно-исследовательских судов ("Витязь", "Академик Курчатов", "Дмитрий Менделеев" и др.) расширилась "география" исследований в открытых областях Атлантического, Тихого и Индийского океанов.

Основное направление исследований отдела было связано с изучением эколого-географических закономерностей распределения микроорганизмов в различных океанических областях.

Проведение микробиологических исследований по единому плану на обширных акваториях Мирового океана привело к выводам о существовании четко выраженной географической зональности в распределении микробного населения.

Выявлены закономерности широтного и вертикального распределения сапрофитных бактерий, обусловленные главным образом распределением органического вещества и продуктивностью вод океана. В дальнейшем было показано, что эти же факторы влияют и на общую численность и биомассу бактерий в воде различных зон Атлантического, Индийского и Тихого океанов, а также в районах, прилегающих к Антарктиде и Северному полюсу.

Наиболее высокая концентрация клеток в воде наблюдается в экваториально-тропическом поясе Мирового океана, тогда как полярные области – арктические и антарктические, субарктические и субантарктические – отличаются малой плотностью микробного населения. Умеренный пояс занимает в этом отношении промежуточное положение.

Микробиологическими исследованиями доказано существование устойчивой стратификации в вертикальном распределении как сапрофитных бактерий, так и общей численности микроорганизмов. Обнаружена достаточно четко выраженная "микробиологическая" структура океана, обусловленная своеобразием гидрологического и гидрохимического режимов. Наряду с общей тенденцией к снижению численности микроорганизмов с увеличением глубины в промежуточных и глубинных водах (200–250, 400–600, 1000–1500 м и 3500–4000 м), обнаружены слои с повышенным содержанием микроорганизмов, получено представление о видовом разнообразии морских сапрофитных бактерий. Изучение географических закономерностей в распределении видового состава сапрофитных бактерий позволило выявить "индикаторные" микроорганизмы, характеризующие своеобразие микробного населения различных районов и связь между акваториями Мирового океана.

Сотрудникам отдела принадлежит приоритет в проведении микробиологических исследований в водах Северного Ледовитого океана, в том числе и в районах Северного полюса относительной недоступности, осуществленных во время дрейфа станций "Северный полюс-3", "Северный полюс-4", "Северный полюс-5".

Другое направление исследований в отделе было связано с изучением действия специфических экологических факторов морской среды на микроорганизмы. Основное внимание было уделено действию гидростатического давления. Показано, что давление в несколько сот атмосфер, влияя на активность ферментных систем, вызывает у морских баротолерантных бактерий заметные сдвиги в углеводном обмене, повышая выход недоокисленных продуктов. Высокое гидростатическое давление приводит и к другим

нарушениям в обмене – в синтезе РНК, полисахаридов, а также в процессах деления клеток.

В 1981 г. отдел морской микробиологии был преобразован в отдел пресноводной и морской микробиологии, который возглавила докт. биол. наук Г.А. Дубинина. Наряду с исследованиями по морской микробиологии, в отделе велись работы по изучению микроорганизмов пресных водоемов, ранее развивавшиеся в отделе геохимической деятельности микроорганизмов.

Основателем пресноводной микробиологии, как самостоятельного раздела общей микробиологии, является чл.-корр. АН СССР С.И. Кузнецов. Им создано новое научное направление – экология водных микроорганизмов, выявлена их роль в круговороте веществ в водоемах. Основные итоги изучения водных микроорганизмов обобщены С.И. Кузнецовым в его монографиях "Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах" (М.: Изд-во АН СССР, 1952), "Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность" (М.: Наука, 1970, которая была удостоена премии им. С.Н. Виноградского), а также совместно с его учениками и сотрудниками в монографии "Экология водных микроорганизмов" (М.: Наука, 1977).

Основное направление исследований отдела в области морской микробиологии связано с изучением геохимической роли микроорганизмов в круговороте веществ в океане. Роль микроорганизмов как наиболее активных агентов биогеохимических превращений элементов ярче всего проявляется в их участии в круговороте углерода и, кроме того, в связанных с ним циклах других химических элементов.

Одним из важных и наименее изученных вопросов круговорота углерода является выяснение роли микроорганизмов в деструкции рассеянного органического вещества, составляющего 98% общей массы органического углерода в океане.

Эти исследования предусматривают всестороннее изучение качественного и количественного состава микроорганизмов и их функциональной активности в специфических условиях океана.

В отделе разработаны методы, позволяющие выделять на питательных средах до 20% представителей морской автохтонной микрофлоры, учитываемой методом прямого подсчета клеток на фильтрах.

Положено начало созданию коллекции культур морских микроорганизмов, насчитывающей более 150 штаммов. Среди них имеются морские олиготрофные бактерии, видовой состав и свойства которых существенно отличаются от представителей сапрофитной микрофлоры, выделяемых на богатых питательных средах и составляющих в численном отношении сотые и тысячные доли процента от общего количества бактерий в воде.

Показано, что значительная часть морского бактериального планктона представлена клетками мелких размеров. Выяснение состава и физиологической активности этой функции планктона представляет задачу дальнейших исследований.

Второе направление работ по морской микробиологии связано с выяснением роли биогенного фактора в образовании морских и океанических железо-марганцевых руд. На примере исследований, проведенных в Черном море и Атлантическом океане, показано,

что микроорганизмам принадлежит огромная роль на этапах седиментации рудообразующих элементов и в формировании конкреций в ходе диагенеза донных осадков. Наряду с железо- и марганец-окисляющими микроорганизмами в диагенезе осадков при образовании конкреций непосредственное участие принимают сульфатредуцирующие бактерии, что подтверждено с применением радиоизотопного метода. Исследования, проведенные в Балтийском море, показали, что в условиях усиливающегося антропогенного загрязнения морских бассейнов процессы сульфатредукции могут оказывать существенное неблагоприятное влияние на кислородный и химический режимы водной толщи, что, в конечном итоге, должно отражаться на биопродуктивности всей экосистемы моря. Еще одним аспектом этой темы было выяснение последствий добычи морских руд на изменение микробиологической активности и состояние гидрохимического режима бассейнов.

Процессы биологической фиксации молекулярного азота имеют важнейшее значение для биопродуктивности морских экосистем, и, в частности, продукционных процессов биоценозов литорали. В отделе проведены исследования по изучению видового состава и интенсивности процессов азотфиксации на литорали Баренцева и Японского морей, обусловленной деятельностью эпифитной микрофлоры водорослей. Впервые показано, что к числу фиксирующих азот микроорганизмов принадлежат некоторые морские представители рода *Flavobacterim*. В задачу исследований входило также изучение видового разнообразия морских азотфиксаторов, их вклада в продукционные процессы на литорали моря.

Работы по пресноводной микробиологии связаны с изучением групп литотрофных бактерий, участвующих в круговороте серы, железа и марганца и имеющих значение для решения таких проблем, как генезис железо-марганцевых руд и охрана водоемов от сероводородного заражения.

Обобщены результаты изучения роли микроорганизмов в образовании озерных железо-марганцевых руд. Установлены закономерности распространения железобактерий в водоемах разного типа, изучена их экология и показана решающая роль этих микроорганизмов в окислении и седиментации железа и марганца. Расшифрован тонкий механизм формирования конкреций в ходе диагенеза донных осадков. Установленный биогенный механизм формирования конкреционных "стяжений" имеет методологическое значение при решении проблем генезиса морских и океанических руд осадочного происхождения.

В отделе создана единственная в мире коллекция культур бесцветных серобактерий и коллекция культур железобактерий. Впервые выделены чистые культуры многих известных представителей железобактерий и одноклеточных серобактерий. Изучение их физиологии, выяснение механизмов окисления железа, марганца и серы позволило изменить сложившиеся представления о биологии этих двух групп микроорганизмов.

В отличие от облигатно-ацидофильных хемолитоавтотрофных железобактерий, окисление железа и марганца у известных представителей железобактерий, развивающихся при нейтральной и слабощелочной реакции среды, не связано с получением энергии, а является побочной функцией и обусловлено взаимодействием с перекисью водорода, образуемой при дыхании. Физиологическая роль этих реакций состоит в удалении токсического действия продуктов обмена.

Установлено, что различные представители бесцветных серобактерий характеризуются разнообразием типов питания и функционального использования соединений серы. Наряду с хемолитоавтотрофными нитчатými серобактериями, открытыми С.Н. Виноградским, существование которых доказано Янношем с соавторами (США), известны представители, способные к гетеротрофному росту. Однако для них оставался неясным механизм накопления внутриклеточной серы в присутствии сульфида в среде. В отделе доказано наличие перекисного механизма окисления восстановленных соединений серы у нитчатых серобактерий. Среди известных видов нитчатых бесцветных серобактерий впервые обнаружены факультативные анаэробы, способные осуществлять диссимиляторную редукцию соединений серы, используя их в качестве акцепторов электронов.

ОТДЕЛ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ

Заведующий – член-корреспондент АН СССР С.И. КУЗНЕЦОВ.

Состав: ст. научн. сотр. – 3 (докт. наук – 2, канд. наук – 1), мл. научн. сотр. – 2 (канд. Наук – 1), лаборанты – 3.

При основании Института в 1934 г. был создан отдел общей микробиологии. Во главе его стоял академик Б.Л. Исаченко, а с 1947 г. – докт. биол. наук С. И. Кузнецов, который в 1960 г. был избран чл.-корр. АН СССР. В 1948 г. на базе этого отдела был организован отдел геологической деятельности микроорганизмов. Основными его задачами были: 1) выяснение роли микроорганизмов в образовании и разрушении месторождений серы; 2) изучение микроорганизмов нефтяных месторождений; 3) выяснение роли микроорганизмов в разрушении горных пород и выщелачивании из них цветных металлов; 4) изучение экологии фотосинтезирующих бактерий.

В основу исследований отдела положены принципы, провозглашенные С.Н. Виноградским. Это: точная формулировка задач исследования, наблюдения данного процесса в природе, выделение микроорганизмов в чистую или бинарную культуру, изучение физиологии, морфологии, тонкого строения данного организма и постановка опытов, имитирующих процесс в природных условиях или определение интенсивности самого процесса.

Была изучена геохимическая деятельность микроорганизмов в рудных месторождениях сурьмы, молибдена, никеля и других металлов. Из сурьмяных месторождений выделен новый автотрофный микроорганизм *Stibiobacter senarmontii*, окисляющий закисные соединения сурьмы до окисных с использованием выделяющейся энергии для усвоения углекислоты. Получено свидетельство на открытие хемосинтеза за счет использования энергии окисления закисных соединений сурьмы (докт. биол. наук Н.Н. Медведева-Ляликова). Исследование молибденовых месторождений показало, что в рудничных водах содержатся растворимые соединения шестивалентного молибдена. Получена накопительная культура мезофильного микроорганизма, способного окислять четырехвалентный молибден до шестивалентного с образованием минералов, распространенных в зоне окисления молибденовых месторождений. По-видимому, процесс идет в автотрофных условиях и, как в случае окисления сульфида сурьмы,

проходит в две стадии – сначала окисляется сульфидная сера молибденита, а затем молибден.

Изучалась геохимическая роль нитрифицирующих бактерий в образовании никелевых месторождений, связанных с корой выветривания. Как показали лабораторные опыты, нитрификаторы, широко распространенные в этих месторождениях, способны переводить в раствор кальций, магний и кремний, не разрушая силикатов никеля. Таким образом, нитрифицирующие бактерии изменяют ультраосновные породы в том же направлении, в каком эти породы изменяются в природе при образовании остаточных месторождений никеля, и участвуют в этом процессе.

Установлена способность нитрифицирующих бактерий использовать аммоний, замещающий калий в кристаллической решетке силикатных минералов. Эти исследования значительно расширяют понимание геохимической роли нитрификаторов.

Работы по изучению фотосинтезирующих серобактерий проводились под руководством докт. биол. наук В.М. Горленко. Выделено около 30 чистых культур зеленых, пурпурных, серных и несерных фотосинтезирующих бактерий, среди них 5 новых родов и 12 новых видов. Впервые описаны и выделены в чистую культуру мезофильные нитчатые зеленые бактерии сем. Chloroflexaceae. Показана способность к хемосинтезу у пурпурных серобактерий *Amoebobacter roseus* и *Lamprobacter modestohalophilus*, а также возможность использовать сульфид у ряда несерных пурпурных бактерий, как на свету, так и в темноте. У почкующихся и делящихся видов несерных пурпурных бактерий исследованы циклы развития в зависимости от условий среды. Впервые для граммотрицательных бактерий показано существование нового типа покоящихся клеток типа экзоспор.

Экология и геохимическая деятельность фототрофных бактерий изучали с точки зрения познания их роли в продуктивности водоемов, а также выяснения условий образования древнего органического вещества и других полезных ископаемых, таких, как нефть, горючие сланцы, самородная сера, сульфидные минералы. Изучено действие ведущих экологических факторов: кислорода, сероводорода, температуры, солевого состава воды на бентосные сообщества в конкретных водоемах и минеральных источниках. Показано, что фототрофные микроорганизмы играют одну из главных ролей в продукции органического вещества в сульфидсодержащих озерах и активно участвуют в окислении сероводорода и образовании серы как в анаэробных, так и в аэробных условиях существования.

Изучение экологии, физиологии, состава ДНК, пигментного состава и тонкого строения клеток пурпурных и зеленых бактерий дало возможность обосновать эколого-физиологический подход к систематике группы фототрофных бактерий. Намечены пути использования фототрофных бактерий для очистки водной и воздушной среды от восстановленных соединений серы.

Геохимическая деятельность сульфатредуцирующих бактерий изучалась в основном в нефтяных месторождениях и, в меньшей степени, в месторождениях сульфидных руд.

Проведено изучение видового состава сульфатредуцирующих бактерий и выделено несколько новых видов этих микроорганизмов, в частности термофилов.

Так как развитие сульфатредукции приводит к коррозии нефтяного оборудования, в отделе разработан ряд методов борьбы с этим процессом.

Сульфатредуцирующие бактерии и продукты их жизнедеятельности впервые были использованы во флотационном процессе. Проведены полупромышленные испытания по сульфидизации окисленных свинцовых руд.

Изучение распределения и геохимической активности микроорганизмов в ряде нефтяных месторождений показало, что микробиологические процессы связаны с гидродинамическим режимом пласта. Призабойная зона нагнетательных скважин, где длительное время проводится закачка пресной и морской воды, характеризуется максимумом общей численности бактерий. По мере удаления от забоя их количество снижается. В призабойной зоне происходит массовое развитие бактерий, окисляющих углеводороды нефти с образованием жирных кислот. Хотя эти бактерии могут распространяться током воды до 200 м и дальше, их активность, как показали изотопные методы, падает в связи с возникновением анаэробной зоны.

В эксплуатационных скважинах, удаленных от зоны нагнетания, обнаружены клостридиальные формы, разлагающие жирные кислоты до ацетата, углекислоты и молекулярного водорода. Продукты их жизнедеятельности, в свою очередь, усваиваются сульфатредуцирующими и метанобразующими бактериями. Современное микробиологическое образование метана и сероводорода в нефтяных пластах установлено изотопными методами. В лабораторных опытах подтверждена возможность образования метана и сероводорода из нефти в ходе аэробно-анаэробной микробиологической сукцессии. При развитии бродильных микроорганизмов на продуктах окисления нефти углеводородокисляющими микробами впервые показано образование молекулярного водорода. Последний служит субстратом для метанобразующих и сульфатвосстанавливающих бактерий. Развитие сульфатредуцирующих бактерий за счет использования ацетата, содержание которого достигает в пластовых водах 40 мг/л, происходит в синтрофной культуре. При этом сульфатредуцирующие бактерии используют молекулярный водород как источник энергии, а жирные кислоты – в конструктивном обмене.

Таким образом, определены круг микроорганизмов и условия окружающей среды, способствующие разрушению нефти до газообразных продуктов. Тем самым разработаны теоретические основы микробиологического метода увеличения нефтеотдачи пластом.

В отделе создана единственная в СССР коллекция чистых культур фотосинтезирующих, сульфатредуцирующих и нитрифицирующих бактерий.

ОТДЕЛ МИКРОБИОЛОГИИ ГОРНЫХ ПОРОД

Заведующий – доктор биологических наук Г. И. КАРАВАЙКО

Состав: мл. научн. сотр. – 6 (канд. наук – 2), лаборанты – 1

Отдел был выделен в 1982 г. из отдела геохимической деятельности микроорганизмов, где группа сотрудников под руководством докт. биол. наук Г.И. Каравайко в течение 10 лет разрабатывала научные основы биогеотехнологии металлов. В связи с этим основные усилия были направлены на всестороннее изучение физиологии, цитологии, биохимии, закономерностей роста, развития и экологии микроорганизмов, важных для гидрометаллургии.

Впервые в стране создана коллекция культур тионовых бактерий, позволившая обеспечить решение не только теоретических, но и прикладных задач выщелачивания металлов. Выделен и изучен новый род факультативно-термофильных бактерий *Sulfobacillus*, окисляющих серу, Fe^{2+} и сульфидные минералы, а также новые термофильные археобактерии круговорота серы, развивающиеся при температуре 70–80°C. Из горных пород выделены и изучены гетеротрофные бактерии, развивающиеся при высоких значениях рН среды (8–10) и активно разрушающие силикатные минералы. Разработаны научные основы селекции высокоактивных штаммов бактерий, окисляющих сульфидные минералы. Показано, что только бактерии, адаптированные к комплексу факторов, возникающих при выщелачивании металлов в условиях ведения этого процесса, являются кинетически устойчивыми и активными в окислении сульфидных минералов.

Таким образом, собрана коллекция культур микроорганизмов, важных для круговорота ряда химических элементов в природе и полезных для гидрометаллургии. Изучены принципы их использования в биогеотехнологии получения цветных, редких и благородных металлов.

Исследования в области физиологии, цитологии и биохимии изучаемых микроорганизмов были направлены, главным образом, на познание механизма бактериального окисления сульфидных минералов и элементарной серы – субстратов, нерастворимых в воде.

Впервые у тионовых бактерий детально изучены поверхностные структуры, открыты пили и поры двух типов в клеточной стенке, а также обнаружены мембранные структуры различных типов.

Показана важная функциональная роль периплазматического пространства как в образовании серы при окислении сульфидов, так и в окислении элементарной серы. Так, при окислении двухвалентной серы (S^{2-}) *Thiobacillus thioparus* образуется коллоидная сера, которая откладывается в периплазматическом пространстве и простых инвагинатах цитоплазматической мембраны. Установлено, что одним из способов транспорта серы из клетки является экзоцитоз. При окислении элементарной серы тионовыми бактериями она растворяется экзолипидами и поступает в комплексе с ними в периплазматическое пространство клетки, где и окисляется до серной кислоты. При определенных условиях сера накапливается в периплазматическом пространстве и может быть использована в качестве эндогенного энергетического материала.

При изучении механизма бактериального окисления сульфидных минералов совместно с Московским институтом стали и сплавов (МИСиС) впервые показано, что их окисление имеет ту же направленность, что и электрохимическое растворение, однако оно протекает значительно скорее под воздействием ферментов бактерий. Эти работы позволили развить представление о том, что окисление сульфидных минералов бактериями осуществляется по законам электрохимической коррозии. Совместно с кафедрой минералогии МГУ им. М.В. Ломоносова впервые установлено, что для осуществления процесса бактериального окисления сульфидных минералов большое значение имеют отклонения их реальной электронной конституции от идеальной. Прежде всего, важным является наличие катионного или анионного дефицита в их составе, обеспечивающего характер положительной (дырочной) или отрицательной (электронной) проводимости, величину энергии выхода электронов из кристаллической структуры (положение уровня Ферми), а также величину электрохимического и электродного потенциала. Эти работы легли в

основу технологических схем бактериального чанового способа переработки сложных концентратов, содержащих олово, золото, серебро, медь, цинк.

В 80-е годы начаты работы по изучению механизма бактериального разрушения силикатных минералов – носителей таких ценных элементов, как Li, Al, Be и др.

Показано, что бактерии, а также их метаболиты активно разрушают силоксанную связь Si-O-Si и переводят в раствор кремний. Процесс этот наиболее активно протекает при высоких значениях pH и зависит также от состава среды. Разрушение алюмосиликатов происходит в широком диапазоне pH с участием различных гетеротрофных бактерий. При низких значениях pH в раствор переходят такие элементы, как Li, Al, Ni и др., а при высоких – Si.

Исследование экологии микроорганизмов в рудных месторождениях различных климатических зон являлось одной из основных проблем отдела. Исследования проводились в таком плане, чтобы, в конечном счете, можно было решить вопрос о том, как нужно вести процесс выщелачивания металлов из руд в природных условиях. Это потребовало, прежде всего, изучения активности бактерий в рудных месторождениях. Показано, что бактерии определяют активность биodeградации минералов и руд в области pH от 0,5 до 10 при температуре от 2 до 80–90°C. Распространение различных групп бактерий зависит от pH, Eh, литологических особенностей руд, их минерализации и в меньшей степени от температуры и климатических особенностей зон. Активность же бактерий в рудах и дренирующих их водах определяется комплексом факторов, главным образом pH, Eh, температурой и стабильностью таких факторов среды, как солевой состав поровых растворов, концентрация в них химических элементов, а также гидродинамическими особенностями рудного тела, степенью измельчения руды и т.д.

Изучение физиологии и экологии микроорганизмов позволило создать научные основы управления микробиологическими процессами кучного, подземного и чанового выщелачивания металлов из руд и концентратов.

Намечены пути использования гетеротрофных бактерий для выщелачивания кремния и обогащения бокситов и других силикатных и алюмосиликатных продуктов, очистки марганцевых руд от фосфора, выщелачивания самородного золота и марганца.

Совместно с Московским институтом стали и сплавов разработана принципиально новая технология непрерывного бактериального чанового способа переработки олово- и золотосодержащих, а также медно-цинковых концентратов. Она позволяет удалить из них мышьяк как вредную примесь, повысить извлечение олова на 5–10%, меди до 80% и цинка и кадмия до 90%. Эти технологические схемы испытаны в полупромышленном масштабе. Экономические расчеты показывают их высокую эффективность.

Бактериально-химический способ кучного и подземного выщелачивания меди используется в практике ее добычи. Совместно с институтами "Уралмеханобр" и "Унипромедь" разработаны научные и прикладные вопросы этой технологии, реализованной на ряде месторождений СССР. Изучены пути интенсификации жизнедеятельности бактерий в условиях низкой температуры, характерной для природных сред (отвалы, рудные тела). Таким образом, создано и развито новое научное направление – биогеотехнология металлов – наука об извлечении металлов из руд, концентратов,

горных пород и растворов под воздействием микроорганизмов или их метаболитов при нормальном давлении и температуре от 5 до 80°C.

К основным направлениям исследований отдела относятся следующие:

1. Изучение многообразия микроорганизмов горных пород, поиск микроорганизмов, активно осуществляющих их разрушение и вскрытие элементов.
2. Изучение физико-химических особенностей поровых растворов горных пород как среды обитания микроорганизмов.
3. Изучение молекулярно-биохимических и физико-химических основ механизма бактериального разрушения кристаллических решеток сульфидных и силикатных минералов.
4. Создание научных основ применения микроорганизмов в комбинированных схемах переработки сложных руд и концентратов.

По тематике отдела получено 7 авторских свидетельств, опубликовано две книги и ряд обзоров.

ОТДЕЛ ОБЩЕЙ И СРАВНИТЕЛЬНОЙ ВИРУСОЛОГИИ

Заведующий – академик ВАСХНИЛ И.Г. АТАБЕКОВ

Состав: ст. научн. сотр., канд. биол. наук – 2, мл. научн. сотр., канд. биол. наук – 7,
лаборанты – 4

Отдел создан в 1979 г. на базе двух отделов: вирусы растений (заведующий – академик ВАСХНИЛ И.Г. Атабеков) и бактериофагия и актинофагия (заведующий – докт. биол. наук Я.И. Раутенштейн).

В 1935 г. в Москве в Институте микробиологии АН СССР был организован отдел вирусов животных и человека, который возглавил академик АМН СССР Л.А. Зильбер. В отделе проводились исследования вирусов человека, животных, микроорганизмов, решались вопросы общей и медицинской вирусологии. В этом отделе была организована группа по изучению вирусов растений под руководством профессора В.Л. Рыжкова. В дальнейшем изучение вирусов растений стало основным направлением работы отдела, и в 1937 г. он был переименован в отдел вирусов растений, его руководителем стал чл.-корр. АН СССР В.Л. Рыжков.

С самого начала в отделе изучалась природа растительных вирусов, механизм их размножения, влияние метаболитов и антиметаболитов на этот процесс; циркуляция вирусов в природе, участие насекомых в передаче вирусов растениям; взаимодействие вирусов с растениями-хозяевами, включения, образующиеся в клетках пораженных растений; особенности обмена веществ у высших растений, пораженных вирусами; механизм устойчивости растений к вирусным инфекциям и другие вопросы общей и сравнительной вирусологии. Основные этапы работы отдела в области биохимии и физиологии вирусных болезней растений были изложены В.Л. Рыжковым в монографии "Основы учения о вирусных болезнях растений" (1944 г.). За эту книгу В.Л. Рыжкову в 1946 г. была присуждена Государственная премия СССР, в том же году он был избран членом-корреспондентом АН СССР.

Всестороннему, глубокому изучению вирусных включений, образующихся в клетках пораженных вирусами растений, были посвящены работы докт. биол. наук М.И. Гольдина. Им был описан ряд новых включений, показано, что вирусные включения, помимо своего самостоятельного значения как объектов патологической анатомии и цитологии растений, могут быть с успехом использованы для решения ряда вопросов теоретической и практической вирусологии.

Выяснялись закономерности развития вирусных эпифитотий, естественные пути распространения вирусов, взаимоотношения вирус–переносчик–растение–хозяин. Особое внимание уделялось изучению вирусных инфекций злаков, распространенных на территории нашей страны. Эти работы выполнялись под руководством докт. биол. наук К.С. Сухова.

Изучение вирусных болезней растений, их симптомов, а также самих вирусов при помощи электронной микроскопии позволили докт. биол. наук А.Е. Проценко совместно с В.Л. Рыжковым создать и опубликовать цветной атлас вирусных болезней растений.

В 1955 г. в отделе были начаты работы по вирусам насекомых под руководством д.б.н. Л.М. Тарасевич. Главным образом изучались условия размножения вируса полиэдрической болезни тутового шелкопряда и влияние на этот процесс метаболитов и антиметаболитов нуклеинового обмена. Эта работа, помимо теоретического, имела и большое народно-хозяйственное значение в практике шелководства.

Изучалась также ДНК вирусов, перспективных или применяющихся в биологической борьбе с вредными насекомыми: озимой совкой, сибирским и сосновым шелкопрядами. Исследована в электронном микроскопе молекула ДНК вируса гранулеза сибирского шелкопряда.

Впервые в Советском Союзе в отделе было начато изучение новой группы микроорганизмов – микоплазм, вызывающих заболевания растений, исследована природа фитопатогенных микоплазм, их морфология, особенности ультраструктуры и жизненного цикла, способы размножения в естественной среде обитания – в клетках пораженных растений и на искусственных питательных средах. Выявлены также биохимические, физиологические, антигенные свойства микоплазм, идентифицированы новые, ранее не описанные виды микоплазм, изучены ареалы их распространения на территории Советского Союза. Показано отсутствие семенной передачи микоплазм, разработан способ освобождения растений от микоплазменной инфекции методом культуры ткани.

В 1970 г. отдел был объединен с отделом бактериофагии и актинофагии и стал называться отделом общей вирусологии, бактериофагии и актинофагии. Возглавил его докт. биол. наук Я.И. Раутенштейн.

Систематические исследования в области изучения бактериофагов были начаты в ИНМИ в 1948 г. в отделе взаимодействия микроорганизмов (зав. отделом чл.-корр. АН СССР Н.А. Красильников).

В 1960 г. в Институте был создан самостоятельный отдел бактериофагии и актинофагии (зав. отделом д.б.н. Я.И. Раутенштейн), в котором наряду с актинофагами, широко изучались фаги спорообразующих, клубеньковых, водородных и других бактерий. В отделе развивались исследования, направленные на выяснение распространения вирусов

актиномицетов, спорообразующих, клубеньковых, водородных и др. бактерий и особенностей их взаимоотношений с клеткой хозяина.

Было установлено, что лизогения, в том числе поли- и дефектная, широко распространена среди бактерий, в том числе среди актиномицетов.

Впервые показано, что лизогенными являются продуценты следующих антибиотиков: стрептомицина, эритромицина, хлортетрациклина, окситетрациклина, неомицина, ристомицина, гризина, туримицина, ванкомицина, новобиоцина и ряда других. Установлено наличие дефектной лизогении у продуцентов стрептомицина, гризина, а также у клубеньковых и водородокисляющих бактерий.

Проведенные исследования позволили выяснить, что лизогенные культуры, даже одного и того же вида могут существенно различаться по особенностям лизогении (количеству и свойствам содержащихся в них фагов, стабильности связи профагов с клеткой хозяина, способности к спонтанной и экспериментальной индукции, способности образования вирулентных мутантов) и другим важным свойствам.

Установлено, что большинство фагов, выделенных из лизогенных культур, как правило, отличалось своей специфичностью. Это позволило успешно использовать их при систематике ряда видов актиномицетов и бактерий.

Изучены биологические (тонкая структура фаговых частиц, антигенные свойства, особенности взаимодействия фага с клеткой хозяина) и физико-химические свойства ряда бактерио- и актинофагов, а также их ДНК (нуклеотидный состав, молекулярная масса, спектральные свойства, отношение к рестриктазам, гомология нуклеотидных последовательностей).

Детальное изучение особенностей взаимодействия фага с микробной клеткой позволило выявить ряд механизмов, придающих клетке устойчивость к активным против нее фагам. В результате проведенных исследований удалось выделить и внедрить в производство активный фагоустойчивый штамм продуцента кормового антибиотика гризина. Этот штамм успешно применялся в течение ряда лет на заводах Главмикробиопрома. Исследования по выяснению причин фаголизиса на ряде микробиологических производств показали, что одним из важнейших источников фагов являются вирулентные мутанты умеренных фагов лизогенных производственных культур.

Совместно с Институтом антибиотиков Минмедпрома СССР разработаны рекомендации по борьбе с фаголизисом при производстве антибиотиков.

В 1979 г. отдел был переименован в отдел общей и сравнительной вирусологии, который возглавил академик ВАСХНИЛ И.Г. Атабеков. Исследования стали проводить в следующих двух основных направлениях.

1. Фундаментальные исследования, направленные на изучение структуры и выражения вирусного генома, а также особенностей взаимоотношений вируса с клеткой хозяина.
2. Прикладные исследования, имеющие своей целью разработку и внедрение в сельскохозяйственное производство новых методов иммунодиагностики с целью оздоровления сельскохозяйственных культур (главным образом картофеля) от вирусных инфекций.

Проведен анализ структуры генома вирусов (ВТМ, X-вирус картофеля, вирус мозаики, ячменя) методом "адресованного" разрезания геномных РНК и комплементарных олигодезоксинуклеотидов с помощью РНКазы Н. Отработаны условия "адресованного" разрезания РНК, изучены продукты разрезания и установлена возможность кодирования вирус-специфических белков *in vitro* полученными фрагментами генома.

Изучена специфичность акцептирования аминокислот геномными РНК штаммов ВТМ, выделенных из разных видов растений-хозяев (табачные, фасолевый, пшеничный, огуречные, томатный штаммы). Показано, что РНК у десяти изученных штаммов ВТМ акцептируют гистидин, а РНК у двух штаммов – валин.

В условиях abortивной инфекции растений вирусом мозаики озимой пшеницы (ВМП) обнаружены дефектные субвирусные структуры, не описанные ранее при исследовании рабдовирусов растений и животных. Выявлены и исследованы три типа неизвестных ранее структур. Показано, что в условиях abortивной инфекции репликация фитопатогенного рабдовируса блокируется на этапе созревания вирусных частиц на клеточных мембранах. Выделен очищенный препарат вируса мозаики озимой пшеницы (рабдовирус), изучены субструктурные компоненты этого вируса и получена антисыворотка. Это позволит оценить структурную взаимосвязь между ВМП и антигеном вируса (низкомолекулярный белок), присутствующим в разных растениях-хозяевах. Исследован транспорт генетического материала вируса из первично зараженных в соседние здоровые клетки при системном распределении инфекции. Показано, что транспорт вирусного генетического материала в здоровые клетки – функция, кодируемая вирусным геном. Функция транспорта неспецифична, так как может быть комплементирована как родственными, так и отдаленными вирусами. Изучаются продукты трансляции *in vitro* РНК ряда вирусов картофеля. Одновременно продолжаются исследования по проблеме лизогении у микроорганизмов.

Получены новые данные, касающиеся особенностей лизогении, биологических и физико-химических свойств фагов культур вида *Streptomyces hygroscopicus*. Показано, что образование лизогенной культуры может вызываться не только фагами узкого спектра литического действия, но и полифагами. Лизогенизация микроорганизмов полифагами приводит к образованию менее стабильных лизогенных систем, чем при лизогенизации узкоспецифичными фагами.

Идентифицированы рестрикционно-модификационные системы в определенных штаммах актиномицетов с помощью умеренного актинофага. Показано включение эндонуклеазы актиномицета в рестрикцию актинофага.

Изучаются биологические и физико-химические свойства умеренного актинофага SH10+ и его спонтанно возникающих мутантов. В ДНК мутантов обнаружены делеции. Полученные данные позволяют выяснить механизм устойчивости актиномицетов к актинофагам, а также использовать мутанты в качестве векторов в экспериментах по молекулярному клонированию.

Изучаются особенности "развития лизогенных культур спорозных бактерий в условиях хемостата. Показано, что степень спонтанной индукции фагов зависит от скорости протока и факторов, лимитирующих их рост. Возникающие при индукции в хемостате фаги могут существенно отличаться по своим литическим свойствам от фагов в условиях

периодического культивирования. Одновременно наблюдается изменчивость культуры в хемостате в сторону появления вариантов, различающихся по фагочувствительности.

В области прикладных исследований впервые использован вирус растений в биологической борьбе с сорной растительностью: предложен новый способ борьбы с карантинным сорняком чайных плантаций – пасленом каролинским, основанный на применении патогенного агента – ВТМ, штамм "Алке".

Разработан новый экспресс-метод иммунодиагностики фитовирусов – реакция виробактериальной агглютинации (АБВ-тест), основанный на агглютинации в присутствии вируса клеток протеин А-содержащего штамма золотистого стафилококка Кован 1, сенсibilизированного гомологичной антисывороткой. Метод характеризуется высокой скоростью реакции, высокой чувствительностью, специфичностью и экономичностью в отношении расхода антивирусных сывороток. Использование АБВ-теста в практике сельскохозяйственного производства позволяет определять мозаичные вирусы картофеля в глазках и ростках зараженных клубней и в листьях на различных стадиях вегетации, вирусы цветочно-декоративных растений – в растениях, оздоровленных методом культуры меристемы, вирусы шампиньона – в мицелии гриба.

ОТДЕЛ БИОТЕХНОЛОГИИ

Заведующий – кандидат технических наук Г.А. КАЗАКОВ

Состав: ст. научн. сотр., канд. наук – 1, мл. научн. сотр. – 4 (канд. наук – 2),

инженеры – 4, лаборанты – 4

Отдел биотехнологии (до 1981 г. назывался отделом микробиологической технологии) был создан в 1960 г. на базе опытной установки института, где уже с 1957 г. проводились первые технологические работы по культивированию актиномицетов с целью получения кормовых антибиотических препаратов для животноводства и работы по выделению, очистке и получению гомогенных антибиотических препаратов, а также изучению их свойств.

Химическую группу отдела возглавляла канд. хим. наук Ю.М. Хохлова. Уже в 1958 г. сотрудниками этой группы был получен в чистом виде первый антибиотик лонгиспорин. Позднее была разработана технологическая схема получения промышленного препарата гиббереллина, а затем выделен и получен впервые в СССР кристаллически чистый препарат гиббереллин.

Выделен и изучен антибиотик, образуемый *Actinomyces violaceus*, относящийся к группе мицетина-виоларина, получены противогрибковые антибиотики – гептаены группы кандидина-кандицидина и ряд других. Работы по выделению различных антибиотиков, проведенные в химической группе отдела, были использованы Н.А. Красильниковым при составлении определителя актиномицетов. Они дали возможность разработать универсальную систему классификации и ранней идентификации антибиотиков на основе сочетания хроматографии на бумаге и спектрофотометрии. Эта система оказалась пригодной также при изучении пигментов и других продуктов метаболизма.

С 1960 г. исследования по технологии получения физиологически активных веществ были расширены и велись не только с актиномицетами, но и с микроскопическими мицелиальными грибами, бактериями, дрожжевыми культурами.

На технологическом оборудовании стендовой установки Института сотрудниками отдела биотехнологии совместно с сотрудниками других научных подразделений отработаны технологические основы получения физиологически активных веществ, наработаны опытные партии этих веществ и составлены регламенты и другая техническая документация по реализации научных достижений в практике.

Сочетание усилий научных подразделений Института, научных кадров отдела биотехнологии и технических сил опытной установки позволили разработать технологические основы получения ряда физиологически активных веществ, в частности антибиотических препаратов – витаминина, кормогризина, мицетина, аспергиллина, хризомаллина, глобиспорина, кормарина и др. Предложены практические схемы их получения, эти схемы экспериментально проверены на опытной установке института и внедрены в практику в соответствующих отраслевых институтах.

Продукты биосинтеза, технологические регламенты получения которых отрабатываются в отделе, довольно разнообразны – это ферменты, антибиотики, пигменты, витамины, гормоны, липиды, полисахариды и др.

Основные разделы работы отдела :

Первым направлением работы является изучение процессов микробного синтеза в полупромышленных условиях в ферментерах объемом до 100 л, определение оптимального пути биосинтеза образующихся продуктов в зависимости от физиологических, физико-химических и технологических факторов.

Вторым направлением работы является выяснение оптимальных методов выделения и очистки физиологически активных веществ, получение гомогенных веществ в количествах, достаточных для их всестороннего изучения, определение физико-химических свойств этих веществ, их структуры, субстратной специфичности. На основе изучения свойств гомогенных препаратов разработаны лабораторные схемы очистки и проведен выбор оптимальных схем выделения и очистки препаратов для пилотной установки, их экспериментальная проверка на этой установке, оценка технологичности и экономичности, а также выдача рекомендаций по очистке и выделению определенных физиологически активных веществ в полупромышленных условиях.

Следующее направление работ – накопление продуктов биосинтеза на пилотной установке, включая стадии биосинтеза, выделения и очистки, при необходимости стабилизации и стандартизации готового продукта. Передача готового продукта в отделы института или в отраслевые НИИ на испытания и исследования.

Отделом проводится оформление технической документации – составление инструкций, технических условий на производство, хранение и использование препарата, лабораторных и опытно-промышленных регламентов.

В 80-е гг. основное внимание коллектива отдела было направлено на биосинтез липидов, в частности на получение и накопление липидсодержащей биомассы, изучение жирнокислотного состава липидов в зависимости от изменения технологических

параметров культивирования, выявление корреляционных зависимостей, определяющих ненасыщенность жирных кислот, разработку методов экстракции липидов с помощью хладонов (сжиженных газов) и разработку метода фракционирования липидов.

Большое внимание уделено также изучению ферментных препаратов медицинского назначения, в частности, снижающих содержание холестерина в крови и лизирующих тромбы в кровеносных сосудах. Работы по этим ферментам медицинского назначения проводились совместно с отделом физиологии мутантов микроорганизмов.

За 1974–1984 гг. предложено 54 технологических регламента для получения ферментов, антибиотиков, витаминов, липидов и т.п. Получено 18 авторских свидетельств на способы их производства. Наиболее перспективные штаммы переданы в отраслевые институты для реализации в практике, часть из них внедрена в производство. Так, например, с деятельностью отдела связана разработка промышленного получения террилитина, β -каротина и кормогризина.

При реализации биотехнологических процессов получения физиологически активных веществ сотрудниками отдела были найдены новые решения отдельных этапов технологического процесса. К ним относятся:

- предварительное осаждение балластных белков непосредственно в ферментере перед фильтрацией, что позволило увеличить активность нативной жидкости на 10–15% и упростить дальнейшую технологическую схему очистки препарата;
- использование новых фильтрующих материалов, созданных на основе фильтрующей ткани и базальтового волокна. Фильтры применялись для обработки нативной жидкости перед фильтрацией. Такая схема позволила уменьшить потерю активности и повысить производительность ультрафильтрационной установки;
- применение органических растворителей для экстракции физиологически активных веществ по схеме противотока. Это позволило проводить экстракцию до полного насыщения растворителя экстрагируемыми компонентами и уменьшить расход растворителей;
- использование отработанной биомассы продуцентов или биомассы, полученной из отходов других микробиологических производств для биосинтеза физиологически активных веществ, что позволило уменьшить количество ценных субстратов, добавляемых в питательную среду, например, соевой муки при биосинтезе липаз для сыроделия до 20%;
- разработка способов получения различных продуктов биосинтеза, например липаз и микробных липидов, белка и полисахаридов и других веществ;
- применение хладонов (сжиженные газы) для экстракции липидов. При этом получено четкое распределение липидрастворимых биологически активных веществ, например, каротиноидов в липидах и водорастворимых веществ – ферментов, полисахаридов и др., остающихся в биошроте. Последний обладает повышенной сорбционной способностью к ионам различных металлов.

При выделении и очистке физиологически активных веществ широко применение нашли методы гель-фильтрации, ионнообменной и аффинной хроматографии, хроматографии на биоспецифических сорбентах. Это позволило установить, что действующим началом

антибиотического препарата витамицина является пирил-дипиррил-метеновое соединение, а препарат кормогризин содержит антибиотик типа стрептотрицина.

При последующем изучении культур-продуцентов кормогризина, инфицированных фагом, была выделена протеаза, обладающая литическим действием. Последнее наиболее выражено у продуцентов, склонных к фаголизису. Дальнейшая селекция культур, обладающих минимальной активностью протеолитических ферментов с литическими свойствами позволила получить фагоустойчивые продуценты кормогризина.

Биохимические и биотехнологические исследования по отработке технологической схемы получения липаз для сыроделия послужили основой первой промышленной схемы получения липаз.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ

Институт микробиологии АН СССР поддерживает многолетние деловые контакты со многими научными учреждениями зарубежных стран.

Партнерами Института по плановым долгосрочным исследованиям на основе двустороннего сотрудничества являются 9 академических научных учреждений НРБ, ВНР, ГДР, Кубы и ЧССР.

Результатом двустороннего сотрудничества было успешное решение интересующих обе стороны научных проблем, взаимное обогащение опытом, совместные научные публикации.

В рамках межправительственных соглашений о научно-техническом сотрудничестве между СССР и Бельгией, СССР и Данией ИНМИ АН СССР был утвержден в качестве соисполнителя по проблеме: "Микробиологическая фиксация азота".

По соглашению о научно-техническом сотрудничестве между Академией наук СССР и Индийской национальной академией наук Институт участвует в совместной разработке проблемы "Биологическая фиксация азота".

Институт поддерживает плодотворные научные контакты с учеными Англии, Италии, Индии, Канады, США, Франции, ФРГ, Швеции, Перу, Японии.

Ведущие ученые института – А.А. Имшенецкий, Е.Н. Мишустин, С.И. Кузнецов, Г.А. Заварзин, М.В. Иванов, В.М. Горленко, Г.И. Каравайко, В.Д. Кузнецов, И.Л. Работнова представляют Академию наук СССР в международных научных организациях, в редакциях международных микробиологических журналов.

Многие сотрудники Института выступают в качестве лекторов и приглашенных докладчиков на международных научных форумах, пропагандируя достижения советской микробиологии за рубежом.

В 1982 г. ИНМИ АН СССР явился базовой организацией по подготовке и проведению международного проекта "Микробиологическое выщелачивание металлов из руд" для представителей развивающихся стран.

В рамках аспирантуры и долгосрочных стажировок институт помогает готовить высококвалифицированные кадры микробиологов для социалистических и развивающихся стран (НРБ, ВНР, Кубы, СРВ, ЧССР, Бангладеш, Индии и др.).

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

- Атабеков И.Г. Реализация генетической информации вирусных РНК. М.: Наука, 1972. 299 с.
- Балашова В.В. Микоплазмы и железобактерии. М.: Наука, 1974. 65 с.
- Бирюзова В.И. Мембранные структуры микроорганизмов. М.: Наука, 1973. 137 с.
- Гальцова Р.Д. Стеринообразование у дрожжеподобных организмов. М.: Наука, 1980. 224 с.
- Гольдин М.И. Вирусные включения в растительной клетке и природа вирусов. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 204 с.
- Горленко В.М., Дубинина Г.А., Кузнецов С.И. Экология водных микроорганизмов. М.: Наука, 1977. 188 с.
- Горюнова С.В., Демина Н.С. Водоросли – продуценты токсических веществ. М.: Наука, 1974. 256 с.
- Горюнова С.В., Герасименко Л.М., Пушева М.А. Роль нуклеотидпептидов в клеточном делении водорослей. М.: Наука, 1980. 199 с.
- Горюнова С.В., Ржанова Г.Н., Орлеанский В.К. Синезеленые водоросли (биохимия, физиология, роль в практике). М.: Наука, '1969. 229 с.
- Горюнова С.В. Химический состав и прижизненные выделения синезеленой водоросли *Oscillatoria splendida*. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 159 с.
- Заварзин Г.А. Водородные бактерии и карбоксидобактерии. М.: Наука, 1978. 206 с.
- Заварзин Г.А. Литотрофные микроорганизмы. М.: Наука, 1972. 323 с.
- Заварзин Г.А. Фенотипическая систематика бактерий. Пространство логических возможностей. М.: Наука, 1974. 142 с.
- Иванов И.Д., Рахлеева Е.Е. Полярнография структуры и функции биополимеров. М.: Наука, 1968. 344 с.
- Иванов М.В. Роль микробиологических процессов в генезисе месторождений самородной серы. М.: Наука, 1964. 368 с.
- Иерусалимский Н.Д. Азотное и витаминное питание микробов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. 167 с.
- Иерусалимский Н.Д. Основы физиологии микробов. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 244 с.
- Имшенецкий А.А. Луи Пастер. Жизнь и творчество. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 69 с.
- Имшенецкий А.А. Микробиологические процессы при высоких температурах. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1944. 164 с.
- Имшенецкий А.А. Микробиология целлюлозы. М.: Изд-во АН СССР. 1953, 439 с.
- Имшенецкий А.А. Отбор активных рас *Penicillium*. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 116 с.
- Имшенецкий А.А. Строение бактерий. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 211 с.

- Имшенецкий А.А. Экспериментальная изменчивость микроорганизмов. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 46 с.
- Имшенецкий А.А. Биологические эффекты экстремальных условий окружающей среды. – В кн.: Основы космической биологии и медицины. М.: Наука, 1975. Т. 1. 271 с.
- Исаченко Б.Л. Избранные труды. В 2-х т. / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Т. 1, 408 с.; Т. 2, 428 с.
- Калакуцкий Л.В., Агре Н.С. Развитие актиномицетов. М.: Наука, 1977. 287 с.
- Каравайко Г.И. Биоразрушения. М.: Наука 1976. 50 с.
- Каравайко Г.И., Кузнецов С.И., Голомзик А.И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. М.: Наука, 1972. 248 с.
- Карасевич Ю.Н. Основы селекции микроорганизмов, утилизирующих синтетические органические соединения. М.: Наука, 1982. 142 с.
- Карасевич Ю.Н. Экспериментальная адаптация микроорганизмов. М.: Наука, 1975. 179 с.
- Каталог культур Всесоюзной коллекции непатогенных микроорганизмов. М.: Наука, 1976. 235 с.
- Каталог культур микроорганизмов, поддерживаемых в учреждениях СССР. М.: Наука, 1981. 246 с.
- Красильников Н.А. Актиномицеты-антагонисты и антибиотические вещества. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 303 с.
- Красильников Н.А. Антагонизм микробов и антибиотические вещества: Учебное пособие для гос. ун-тов. М.: Сов. наука, 1958. 340 с.
- Красильников Н.А. Лучистые грибки. Высшие формы. М.: Наука, 1970. 535 с.
- Красильников Н.А. Лучистые грибки и родственные им организмы. Actinomycesetales. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. 328 с.
- Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 463 с.
- Красильников Н.А. Определитель бактерий и актиномицетов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. 830 с.
- Красильников Н.А. Определитель лучистых грибов Actinomycesetales. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1941. 148 с.
- Крисс А.Е. Жизненные процессы и гидростатическое давление. М.: Наука, 1973. 272 с.
- Крисс А.Е. Изменчивость актиномицетов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. 103 с.
- Крисс А.Е. Микробиологическая океанография. М.: Наука, 1976. 268 с.
- Крисс А.Е. Морская микробиология (глубоководная). М.: Изд-во АН СССР, 1959. 455 с.
- Крисс А.Е., Мишустина И.Е., Мицкевич И.Н., Земцова Э.В. Микробное население мирового океана. М.: Наука, 1964. 299 с.
- Кудрявцев В.И. Систематика дрожжей. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 427 с.
- Кузнецов С.И., Иванов М.В., Ляликова Н.Н. Введение в геологическую микробиологию. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 239 с.
- Кузнецов С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л.: Наука, 1970. 440 с.

- Кузнецов С.И. Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 300 с.
- Логинова Л.Г. Анаэробные термофильные бактерии. М.: Наука, 1982. 100 с.
- Логинова Л.Г., Головачева Р.С., Егорова Л.А. Жизнь микроорганизмов при высоких температурах. М.: Наука, 1966. 295 с.
- Логинова Л.Г., Егорова Л.А. Новые формы термофильных бактерий. М.: Наука, 1977. 175 с.
- Логинова Л.Г., Головачева Р.С., Головина И.Г., Егорова Л.А., Позмогова И.Н., Хохлова Ю.М., Цаплина И.А. Современные представления о термофилии микроорганизмов. М.: Наука, 1973. 275 с.
- Логинова Л.Г. Физиология экспериментально полученных термофильных дрожжей. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 218 с.
- Лях С.П. Адаптация микроорганизмов к низким температурам. М.: Наука, 1976. 160 с.
- Лях С.П., Рубан Е.Л. Микробные меланины. М.: Наука, 1972. 185 с.
- Лях С.П. Микробный меланиногенез и его функции. М.: Наука, 1981. 274 с.
- Мейсель М.Н. О биологическом действии ионизирующих излучений на микроорганизмы. М.: Изд-во АН СССР, 1955.
- Мейсель М.Н. Функциональная морфология дрожжевых организмов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 367 с.
- Мирзоева В.А. Бактерии группы сенной и картофельной палочек (*Bac. subtilis* и *Bac. mesentericus*). М.: Изд-во АН СССР, 1959. 174 с.
- Мишустин Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов. М.: Наука, 1975. 107 с.
- Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. М.: Наука, 1968. 531 с.
- Мишустин Е.Н. Биологический азот в сельском хозяйстве и использование бактериальных удобрений. Л., 1962. 31 с.
- Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М.: Наука, 1973. 288 с.
- Мишустин Е.Н., Рудаков К.И., Рунов Е.В. Курс сельскохозяйственной микробиологии: Учебное пособие для растениеводческих вузов. М.; Л.: Сельхозгиз; 1934. 208 с.
- Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Микробиология. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1978. 351 с.
- Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Микробиология. М.: Колос, 1970. 344 с.
- Мишустин Е.Н., Трисвятский Л.А. Микробиология зерна и муки. М.: Хлебиздат, 1960. 407 с.
- Мишустин Е.Н., Трисвятский Л.А. Микробы и зерно. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 292 с.
- Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 247 с.
- Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. 343 с.
- Мишустин Е.Н. Перцовская М.И. Микроорганизмы и самоочищение почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 651 с.
- Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Почвенные азотфиксирующие бактерии рода *Clostridium*. М.: Наука, 1974. 251 с.

- Мишустин Е.Н., Перцовская М.И., Горбов В.А. Санитарная микробиология почвы. М.: Наука, 1979. 304 с.
- Мишустин Е.Н. Термофильные микроорганизмы в природе и практике. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 391 с.
- Мишустин Е.Н. Эколого-географическая изменчивость почвенных бактерий. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947. 326 с.
- Мишустина И.Е., Батурина М.В. Ультрамикрорганйзмы и органическое вещество океана. М.: Наука, 1984. 96 с.
- Надсон Г.А. Избранные труды. Т. 1–2 / Под ред. В.И. Кудрявцева. М.: Наука, 1967.
- Т. 1. Вопросы общей микробиологии.
- Надсон Г.А. Избранные труды. Т. 1-2 / Под ред. М.Н. Мейселя. М.: Наука, 1967, 76 с. Т. 2. Действие излучений на микроорганизмы и экспериментальный мутагенез.
- Никитин Д.И., Васильева Л.В., Лохмачева Р.А. Новые и редкие формы почвенных микроорганизмов. М.: Наука, 1966. 69. с.
- Никитин Д.И., Никитина Э.С. Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты бактерий (род *Bdellovibrio*). М.: Наука, 1978, 205 с.
- Позмогова И.Н. Термотолерантные и термофильные микроорганизмы, использующие жидкие n-алканы. М., 1973. 44 с.
- Позмогова И.Н. Культивирование микроорганизмов в переменных условиях. М.: Наука, 1983. 102 с.
- Проценко А.Е. Морфология и классификация фитопатогенных вирусов. М.: Наука, 1966. 187 с.
- Проценко А.Е., Легункова Р.М. Техника электронно-микроскопических исследований в фитопатологии. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 48 с.
- Проценко А.Е., Легункова Р.М. Электронная микрофотография фитопатогенных вирусов. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 96 с.
- Работнова И.Л. Роль физико-химических условий (рН и rH₂) в жизнедеятельности микроорганизмов. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 275 с.
- Работнова И.Л., Позмогова И.Н. Хемостатное культивирование и ингибирование роста микроорганизмов. М.: Наука, 1979. 207 с.
- Раутенштейн Я.И. Бактериофагия. Общие сведения о явлении фагии и его значении в ряде производств. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 142 с.
- Розанова Е.П., Кузнецов С.И. Микрофлора нефтяных месторождений. М.: Наука, 1974. 198 с.
- Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л.: Наука, 1974. 194 с.
- Романова А.К. Биохимические методы изучения автотрофии у микроорганизмов. М.: Наука, 1980. 159 с.
- Рубан Е.Л., Вербина Н.М., Бутенко С.А., Озолинь Р.К., Заринь Д.Г. Биосинтез аминокислот микроорганизмами. М.: Наука, 1968. 293 с.
- Рубан Е.Л. Микробные липиды и липазы. М.: Наука, 1977. 216 с.
- Рубан Е.Л. Физиология и биохимия нитрифицирующих микроорганизмов. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 175 с.

- Рудаков О.Л. Микофильные грибы, их биология и практическое значение. М.: Наука, 1981. 157 с.
- Рыжков В.Л. Атлас вирусных болезней растений. М.: Наука, 1968. 135 с.
- Рыжков В.Л. Природа фильтрующихся вирусов и вирусные болезни растений: Успехи в изучении вирусных болезней растений. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. 76 с.
- Рыжков В.Л. Фитопатогенные вирусы. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946. 227 с.
- Рыжков В.Л. Основы учения о вирусных болезнях растений. М.: Изд-во АН СССР, 1944. 224 с.
- Соколова Г.А., Каравайко Г.И. Физиология и геохимическая деятельность тионовых бактерий. М.: Наука, 1964. 333 с.
- Сухов К.С. Вирусы растений и насекомые-переносчики. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1942. 67 с.
- Сухов К.С., Вовк А.М. Заукливание культурных злаков и пути его распространения в природе. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946. 45 с.
- Тарасевич Л.М. Вирусы насекомых. М.: Наука, 1975. 198 с.
- Труды Института микробиологии АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, вып. I, 1951. 189 с.; вып. II, 1952. 187 с.; вып. III, 1954. 231 с.; вып. IV, 1955. 219 с.; вып. V, 1958. 306 с.; вып. VI. Физиология и биохимия микроорганизмов, 1959. 287 с.; вып. VII. Изучение влияния обработки почвы на микробиологические процессы, 1960. 336 с.; вып. VIII. Биология отдельных групп актиномицетов-продуцентов антибиотиков. 1960. 346 с.; вып. IX. Геологическая деятельность микроорганизмов, 1961. 151 с.; вып. X. Экспериментальное получение полезных форм микроорганизмов, 1961. 198 с.; вып. XI. Микроорганизмы и эффективное плодородие почвы, 1961. 352 с.
- Успехи микробиологии. Вып. 1–18 / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: Наука, 1964–1983.
- Феофилова Е.П. Клеточная стенка грибов. М.: Наука, 1983. 248 с.
- Феофилова Е.П. Пигменты микроорганизмов. М.: Наука, 1974. 218 с.
- Шапошников В.Н. Основные физико-химические закономерности физиологии обмена веществ микроорганизмов. М.: Наука, 1968. 122 с.
- Шапошников В.Н. Техническая микробиология: Учебное пособие для университетов. М.: Сов. наука, 1948. 411 с.
- Шапошников В.Н. Физиология обмена веществ микроорганизмов в связи с эволюцией функций. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 162 с.
- Шемаханова Н.М. Микотрофия древесных пород. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 375 с.

РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

- Адаптация у микроорганизмов / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: Изд-во иностр. лит., 1956. 519 с.
- Бетина В. Путешествие в страну микробов. Пер. со словацк. / Под ред. Б.Г. Мурзакова. М.: Мир, 1976. 271 с.
- Биологический азот и его роль в земледелии. Сб. статей / Под ред. Е. Н. Мишустина. М.: Наука, 1976. 367 с.

- Биология лучистых грибов. Сб. статей / Под ред. А.А. Имшенецкого, Н.А. Красильникова. М.: Наука, 1975. 207 с.
- Биология отдельных групп актиномицетов. Сб. статей / Под ред. Н.А. Красильникова. М.: Наука, 1965. 371 с.
- Буткевич В.С. Избранные труды / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: Изд-во АН СССР, 1957–1958. Т. 1. 632 с.; Т. 2. 390 с.
- Биосинтез микроорганизмами нуклеаз и протеаз / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: Наука, 1979. 295 с.
- Биосинтез и метаболизм липидов у микроорганизмов. Докл. 11 Всесоюзной конференции (12–14 ноября 1979 г.) / Под ред. Е.Л. Рубан. М.: 1982. 267 с.
- Биосинтез ферментов микроорганизмами и применение их в народном хозяйстве. Тез. докл. Всесоюз. совещ. 23–27 декабря 1968 г. М.: 1968. 171 с.
- Виноградский С.Н. Микробиология почвы / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 792 с.
- Геохимическая деятельность микроорганизмов в водоемах и месторождениях полезных ископаемых. Сб. научн. работ / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: 1973. 338 с.
- Достижения советской микробиологии. Сб. статей / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 128 с.
- Жизнь вне Земли и методы ее обнаружения. Сб. статей / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: Наука, 1970. 208 с.
- Жизнь растений. В 6-ти т. Т. 1. Введение. Бактерии и актиномицеты / Под ред. Н.А. Красильникова М.: Просвещение, 1974. 487 с.
- Использование соломы как органического удобрения. Сб. статей / Под ред. Е.Н. Мишустина. М.: Наука, 1980. 270 с.
- Итоги науки и техники. Сер. микробиология, т. 4 / Под ред. И.Л. Работновой. М.: ВИНТИ АН СССР, 1975. 211 с.; то же – т. 5, 1976. 116 с.; то же – т. 11, 1981. 215 с.; то же – т. 13, 1984. 123 с.; то же – т. 14, 1984. 286 с.
- Костычев С.П. Избранные труды по физиологии и биохимии микроорганизмов / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: Изд-во АН СССР, 1956, Т. 1. 354 с.; Т. 2. 510 с.
- Круговорот и баланс азота в системе почва–удобрение–растение–вода. Сб. статей / Под ред. Е.Н. Мишустина. М.: Наука, 1979. 334 с.
- Лимитирование и ингибирование процессов роста и микробиологического синтеза / Под ред. И.Л. Работновой. Пушино, 1976. 208 с.
- Люминесцирующие антитела (В изучении патогенных микроорганизмов) / Под ред. М.Н. Мейселя. М.: Медицина, 1972. 144 с.
- Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов / Под ред. И.А. Красильникова. М.: Изд-во МГУ, 1966. 215 с.
- Методы хранения коллекционных культур микроорганизмов. Сб. статей / Под ред. И.А. Красильникова. М.: Наука, 1967. 149 с.
- Микробные ценозы торфяных почв и их функционирование / Под ред. Е.Н. Мишустина. Минск: Наука и техника, 1983. 180 с.
- Микрофлора почв северной и средней части СССР. Сб. статей / Под ред. Е.Н. Мишустина. М.: Наука, 1966. 390 с.

Микрофлора почв южной части СССР. Сб. статей /Под ред. Е.Н. Мишустина. М.: Наука, 1966. 264 с.

Непрерывное брожение и выращивание микроорганизмов (материалы совещания, проведенного Институтом микробиологии АН СССР) / Под ред. Н.Д. Иерусалимского. М.: Пищепромиздат, 1960. 238 с.

Непрерывное и периодическое культивирование микроорганизмов. (Материалы II Всесоюз. совещ. по управляемому биосинтезу и биофизике популяций) / Под ред. И.Л. Работновой. Красноярск, 1972. 272 с.

Новое в изучении биологической фиксации азота. Сб. статей / Под ред. Е.Н. Мишустина. М.: Наука, 1971. 215 с.

Омелянский В.Л. Избранные труды / Под ред. А.А. Имшенецкого. Изд-во АН СССР, 1953, Т. 1. 559 с.; Т. 2. 435 с.

Онтогенез вирусов. Сб. статей / Под ред. В.Л. Рыжкова. М.: Изд-во иностр. лит., 1956. 278 с.

О природе вирусов. (Докл. конференции 6–9 окт. 1964 г.) / Под ред. В.Л. Рыжкова. М.: Наука, 1966. 227 с.

Пастер Луи. Избранные труды. Пер. с фр. /Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: Изд-во АН СССР, 1960, Т. 1. 1012 с.; Т. 2. 834 с.

Перт С.Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток. Пер. с англ. / Под ред. И.Л. Работновой. М.: Мир, 1978. 331 с.

Перфильев Б.В. Микрозональное строение иловых озерных отложений и методы его исследования / Под ред. С.И. Кузнецова. Л.: Наука, 1972. 215 с.

Повышение плодородия почв рисовых полей. Сб. статей / Под ред. Е.Н. Мишустина. М.: Наука, 1977. 270 с.

Практикум по общей вирусологии / Под ред. И.Г. Атабекова. М.: Изд-во МГУ, 1981. 191 с.

Природа размножения вирусов / Под ред. и с предисловием В.Л. Рыжкова. М.: Изд-во иностр. лит., 1956. 390 с.

Роль микроорганизмов в круговороте газов в природе / Под ред. Г.А. Заварзина. М.: Наука, 1979. 288 с.

Сборник методик по генетике дрожжей-сахаромицетов / Под ред. М.Н. Мейселя. Л.: Наука, 1976. 112 с.

Теория и практика непрерывного культивирования / Под ред. И.Л. Работновой. М.: Наука, 1980.

Управляемый биосинтез / Под ред. Н.Д. Иерусалимского М., 1966. 370 с.

Ферменты микроорганизмов. Сб. статей / Под ред. А.А. Имшенецкого. М.: Наука, 1973, 315 с.

В редакции д.б.н. Мысякиной И.С., 2019 г.