

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
биологический факультет

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан биологического факультета,
академик

 М.П. Кирпичников/

» _____ 2022 г.

ВРЕМЕННАЯ ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности

1.5.22. Клеточная биология

Кафедра биоинженерии биологического факультета МГУ

Шифр и наименование области науки: 1.5. Биологические науки

Наименование отраслей науки,

по которым присуждаются ученые степени: Биологические науки

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Ученым советом факультета
(протокол № 4 от 31 марта 2022 г.)

Москва 2022

I. Описание программы:

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы и области знания, в основе данной программы лежат следующие дисциплины: Современные проблемы биологии по специальности «клеточная биология» (кафедра биоинженерии).

II. Основные разделы и вопросы к экзамену:

1. ЦИТОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

1. Предмет и задачи цитологии микроорганизмов. Цитология микроорганизмов – наука о структурно-функциональной организации клеток микроорганизмов, клеточных циклах и дифференцировке, о структурных основах взаимодействия клеток между собой и с внешними факторами.
2. Объекты цитологии микроорганизмов – прокариоты (бактерии и археи), эукариотные микроорганизмы (микроводоросли, грибы простейшие).

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КЛЕТОК

1. Исследование клеток микроорганизмов на разных уровнях организации – от макромолекулярных комплексов до клеток, взаимодействующих между собой в составе популяций. Использование данных молекулярно-биологических, генетических, биохимических и физиологических исследований для интерпретации результатов, полученных методами микроскопии.
2. Прижизненное наблюдение клеток (исследование с помощью препаратов «раздавленная капля», метод тёмного поля, фазово-контрастная микроскопия). Принципы прижизненного окрашивания.
3. Флюоресцентная микроскопия. Принципы действия и возможности использования конфокального сканирующего лазерного микроскопа и сканирующих микроскопов с остриями-зондами (туннельного и атомно-силового).
4. Изучение фиксированных клеток. Понятие о фиксации. Выбор адекватного метода фиксации. Методы окрашивания фиксированных объектов. Окраска по Граму.
5. Метод иммунофлуоресценции. Применение генноинженерных конструкций для индикации работы генов по флюоресцирующему продукту.
6. Методы электронной микроскопии с использованием микроскопов просвечивающего, сканирующего и атомно-силового типов, специфика их применения, преимущества и недостатки. Негативное контрастирование. Методы отенения, замораживания-скальвания, замораживания-травления. Метод ультратонких срезов. материала.
7. Методические принципы ультраструктурной цитохимии, иммуноцитохимии и автордиографии. Морфометрия. Конфокальная лазерная микроскопия.

3. СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КЛЕТОК МИКРООРГАНИЗМОВ

1. Общие принципы и различия организации клеток прокариот и эукариот. Особенности организации клеточных органелл микроскопических эукариот; клеточные стенки грибов и одноклеточных водорослей; хлоропласты одноклеточных водорослей.
2. Размеры клеток прокариот. Представления о формировании структурно-функциональной организации микроорганизмов в процессе эволюции. Принципиальные структурные различия грамположительных и грамотрицательных бактерий и архей.
3. Морфологическое разнообразие прокариот. Сравнительная морфология грамположительных и грамотрицательных бактерий, микоплазм и архей. Одноклеточные и многоклеточные формы. Бактерии и археи своеобразной морфологии. Морфологическая гетерогенность (гетероморфизм) прокариотных клеток в популяциях природных мест обитания и лабораторных культур.
4. Поверхностные структуры прокариот. Особенности её химического состава и макромолекулярной организации. Функциональное значение уникальных компонентов наружной мембраны – липополисахарида и липопротеина. О-антигены. Липополисахариды и клеточная диссоциация в бактериальных популяциях. Поры наружной мембраны как сложноорганизованные белковые комплексы. Роль наружной мембраны в межклеточных взаимодействиях.
5. Пептидогликановый слой. Концепция геля. Понятие о периплазматическом пространстве. Его роль и значение как особого полифункционального компартмента бактериальной клетки.
6. Особенности организации клеточной стенки грамположительных бактерий. Пептидогликан грамположительных бактерий. Тейхоевые кислоты и их функциональное значение. Особенности организации клеточной стенки цианобактерий, спирохет, хламидий, планктомицетов, дейнококков.
7. Слизистые поверхностные структуры: капсулы, чехлы. Химическая природа и связанные с ней свойства. Функции слизистых поверхностных структур. Экзополисахариды. Значение слизистых поверхностных структур во взаимодействии клеток прокариот между собой и с внешними факторами. Межклеточный матрикс.
8. Пили (фимбрии); типы, строение и разнообразие функций. Бактериальные лектины. Клеточные выросты: гифы, простеки. Шипы и трубчатые выросты. Строение, локализация и функция жгутиков бактерий. Принципиальные различия в строении жгутиков бактерий и эукариот. Аксимальные фибриллы спирохет. Структурные основы разных типов подвижности прокариот. Понятие о хемо-, фото- и магнитотаксисе.

9. Цитоплазматическая мембрана, особенности ее состава, структуры и функции у бактерий по сравнению с этой органеллой у эукариот; сравнение с наружной мембраной клеточной стенки грамотрицательных бактерий. Структурное взаимодействие между наружной и цитоплазматической мембраной. Мембраны архей. Представление о цитоплазматической мембране прокариот как о полифункциональной системе.
10. Внутрицитоплазматические мембранные структуры бактерий. Ультраструктурная организация внутрицитоплазматических мембран фотосинтезирующих бактерий (пурпурных и цианобактерий). Сравнение организации тилакоидов цианобактерий и хлоропластов. Локализация пигментов и пигментных комплексов у бактерий и архей.
11. Цитоплазма прокариотной клетки. Цитозоль. Рибосомы бактерий и архей. Различия рибосом про- и эукариот.
12. Внутрицитоплазматические включения запасных веществ: полифосфаты, гликоген, поли- β -гидроксипутират, белковые кристаллы, элементарная сера, цианофициновые гранулы. Строение и функции газовых вакуолей, магнитосом и карбоксисом. Белковые мембраны бактериальных включений – особый тип клеточных мембран (неунитарные мембраны), присущий только прокариотам. Цитоскелет прокариот. Сравнение с цитоскелетом эукариотной клетки.
13. Нуклеоид. Структура нуклеоида по данным световой и электронной микроскопии. Пространственная модель организации нуклеоида. Гистоноподобные белки бактерий и архей. Связь нуклеоида с цитоплазматической мембраной.
14. Понятие о клеточной дифференцировке бактерий. Основные типы покоящихся клеток бактерий: эндоспоры, экзоспоры, цисты, акинеты. Механизм образования эндоспор. Другие типы специализированных клеток. Гетероцисты цианобактерий.
15. Понятие о фенотипической изменчивости. Модификация поверхностных структур вегетативных клеток. Гетероморфный рост бактерий. Сферопласты, протопласты и L-формы в природных и культивируемых в лаборатории бактериальных популяциях; механизмы и биологический смысл образования.
16. L-трансформация патогенных, симбиотических и свободноживущих бактерий; значение этого процесса для персистенции бактерий.
17. Образование специализированных клеток симбиотическими и паразитическими бактериями: адаптация к внутритканевому и внутриклеточному существованию.

4. КЛЕТочная биология микроорганизмов

1. Традиционные микробиологические объекты – прокариоты и микроскопические эукариоты и нетрадиционные микробиологические объекты - культивируемые *in vitro* клетки растений и животных; значение исследования их биологии для определения межорганизменных взаимодействий.

2. Общность алгоритма экспериментального изучения биологии микроорганизмов и культивируемых *in vitro* клеток растений и животных. Методы выделения, культивирования и изучения свойств различных групп микроорганизмов. Особенности питательных сред для культивирования клеток высших растений и животных, методы асептики эксплантов, физические факторы культивирования.
3. Сходство и различия в культивировании растительных клеток и культур микроорганизмов. Чистые, совместные и смешанные культуры. Ограничения метода чистой культуры в изоляции микроорганизмов из природных сред и их идентификации.
4. Проблемы контаминации культур клеток растений и животных микоплазмами и вирусами. Методы выявления микоплазм в культурах клеток растений и животных.
5. Основные фазы роста популяций микроскопических объектов в жидкой питательной среде. Отличие клеток растений от микроорганизмов при культивировании в жидких средах. Количественные характеристики роста. Влияние факторов культивирования на ростовые характеристики. Режимы культивирования.
6. Неоднозначность критериев живого, основанных на разных методах определения структурной целостности и жизнеспособности клеток. Коллекции культур.
7. Различия в физиологии микро – и макроорганизмов. Развитие представлений о трофии микроорганизмов. Разграничение понятий о совокупности потенциальных метаболических возможностей организма и о способе его существования в определенных условиях среды, в которых реализуются лишь некоторые из метаболических возможностей организма.
8. Ассимиляционная сила как материальная основа физиологических процессов. Получение и использование ассимиляционной силы. Пространственная организация структур, осуществляющих эти процессы. Полифункциональность и специализация поверхностных и внутриклеточных мембран эукариотных и прокариотных микроорганизмов. Структура бифункциональных электрон-транспортных цепей цианобактерий.
9. Секреция белков бактериями. Примеры и биологические функции секретируемых белков. Роль в бактериальном патогенезе и симбиогенезе.
10. Современные представления о молекулярных механизмах секреции белков через цитоплазматическую мембрану грамположительных и грамотрицательных бактерий; Sec-система; Tat-система.
11. Специализированные секреторные системы грамотрицательных бактерий I – V типов. Механизмы транслокации белков через периплазматическое пространство и наружную мембрану клеточной стенки. Особенности организации и роль в патогенезе секреторной системы типа III; инъектосома.

5. КЛЕТочная ДИФФЕРЕНЦИРОВКА БАКТЕРИЙ

1. Клеточная дифференцировка: определение и применимость понятия к одноклеточным и квазимногоклеточным прокариотам. Тотипотентность, полипотентность. Перманентный, транзитный и терминальный типы клеток; примеры и краткая характеристика, возможность редифференцировки. Клеточная дифференцировка – диагностический признак в таксономии бактерий.
2. Гормогонии. Основные свойства и путь образования. Значение редокс состояния компонентов электронтранспортной цепи (цитохром b_6/f комплекс, пул пластохинонов). Возможные механизмы и скорость движения. «Окно подвижности». Источник энергии для движения гормогониев.
3. Процесс дифференцировки гормогониев. Примеры изменения экспрессии генов, кодирующих конститутивные (для вегетативных клеток) и специфические белки. Сигма фактор SigH цианобактерий и других прокариот. Физико-химические факторы, вызывающие формирование гормогониев. Штаммовые и возрастные (значение фазы роста культуры) различия в восприятии абиогенных факторов дифференцировки гормогониев.
4. Аутогенные регуляторы дифференцировки гормогониев. Гормогонии как инфекционные единицы, реализующие способность цианобактерий вступать в симбиозы с макроорганизмами.
5. Модельное изучение формирования растительных синцианозов; динамические и статические модели. Примеры индукции, стимуляции и ингибирования формирования гормогониев растительными метаболитами. Неспецифичность и комплексность воздействия факторов, определяющих совокупную морфогенную реакцию цианобактерий.
6. Таксисы гормогониев цианобактерий. Значение таксисного поведения цианобактерий при взаимодействии с физико-химическими и биотическими факторами. Химическая характеристика потенциальных хемозффекторов таксиса и факторов, влияющих на дифференцировку гормогониев.
7. Гетероцисты. Основные морфологические и метаболические свойства. Три механизма обеспечения микроаэробных условий. Нитрогеназы.
8. Типы нитрогеназ прокариот и цианобактерий, в частности. Характеристика компонентов Мо-нитрогеназы. Металлокластеры и субстраты Мо-нитрогеназы. Окислительно-восстановительные реакции, катализируемые Мо-нитрогеназы.
8. Акинеты. Общая характеристика (функциональные, морфологические, ультраструктурные и метаболические свойства). Дифференцировка акинет. Энергетический дефицит, аутогенные внутритрихомные и внеклеточные регуляторы, физико-химические и биотические факторы, индуцирующие образование акинет.

9. Эволюционное родство и общность процесса формирования акинет и гетероцист. Прорастание акинет. Последовательность событий и внутриклеточные биохимические изменения. Особенности прорастания в присутствии и при дефиците связанного азота.

6. ПОПУЛЯЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ БИОЛОГИИ МИКРООРГАНИЗМОВ

1. Глобальные этапы эволюции прокариот как внутривидовых и межвидовых клеточных ассоциаций. Прокариотный тип клеточной организации – ограничение к формированию истинно многоклеточных организмов.

2. Сравнение структуры и закономерностей развития бактериальных популяций и многоклеточных организмов животных и растений. История формирования концепции, рассматривающей популяцию микроорганизмов как многоклеточный организм (суперорганизм, квазиорганизм).

3. Изучение свойств развивающихся популяций микроорганизмов как структурно и функционально целостных, саморегулирующихся систем. Популяция как форма существования вида; горизонтальный перенос генов - фактор, расширяющий возможности существования вида. Проблема сохранения свойств природных бактериальных популяций при лабораторном культивировании.

4. Клеточная гетерогенность как свойство развивающейся популяции микроорганизмов.

5. Гетерогенность, обусловленная возрастными изменениями и фенотипическими модификациями в ответ на изменение условий местообитания.

6. Генетическая гетерогенность клеток в популяции микроорганизмов и культивируемых клеток растений и животных.

7. Клеточная диссоциация. Понятие о фенотипической пластичности прокариот. Соотношение понятий «фенотипическая пластичность» и «адаптивные модификации». Уровни проявления фенотипической пластичности; пластичность метаболизма; ультраструктурная пластичность.

8. Структура популяций микроорганизмов. Основные типы специализированных клеток бактерий. Клеточный гетероморфизм (в том числе клеточная дифференцировка и L-трансформация) как механизм адаптации бактериальных популяций.

9. Общее представление о разнообразии и принципах действия молекулярно-генетических механизмов, регулирующих изменение физиологического состояния клеток при взаимодействии с окружающей средой, а также при межклеточных взаимодействиях.

10. Основные принципы действия сигнальных молекул различной химической природы на примере клеток животных.

11. Введение в проблему межклеточной сигнализации в бактериальных популяциях; авторегуляторные факторы; quorum-sensing регуляция. Роль двухкомпонентных регуляторных систем в адаптивных реакциях бактерий.

12. Уровни коммуникации в цианобактериальных популяциях и микроколониях. Основные экзометаболиты цианобактерий. Включение в межклеточные взаимодействия растительного партнера.
13. Участие бора в формировании и функционировании азотфиксирующих симбиозов бактерий с растениями. Морфологические и физиологические признаки дефицита бора у растений, бактерий, включая гетероцистообразующих цианобактерий.
14. Бобово-ризобияльный и актиноризный симбиозы, синцианозы. Морфологические и физиологические особенности микросимбионтов в составе симбиозов с растениями.
15. Модели коммуникации партнеров в синцианозах. Интеграция метаболических путей.
15. Развитие представлений о сообществах микроорганизмов и их разнообразии. Соотношение понятий сообщество, консорциум, ассоциация, смешанная культура. Физиологическая полифункциональность микроорганизмов в сообществах. Роль кооперативной деятельности сообществ микроорганизмов различных функциональных групп в становлении современной биосферы. Типы бактериальных сообществ. Представление о гомологичных и гетерологичных сообществах микроорганизмов. Структура сообществ микроорганизмов: морфологический, таксономический, функциональный и экологический аспекты. Ассоциативные отношения микроорганизмов и их сообществ с макроорганизмами.

7. ОБЩАЯ СИМБИОЛОГИЯ

1. Симбиология – междисциплинарная область исследования, интегрирующая знания основных разделов биологии. Основные этапы изучения симбиоза. Актуальность исследований симбиозов на современном этапе.
2. Система понятий для изучения симбиоза. Соотношение понятий ассоциация, симбиоз, паразитизм.
3. Критерии симбиоза. Способы пространственной интеграции партнеров. Эндоцитобиоз. Облигатность и факультативность симбиоза. Диссоциация и реассоциация симбиоза.
4. Понятия свободноживущий и апосимбиотический организм. Специфичность симбиоза для определенного сочетания партнеров..
5. Многокомпонентные комплексы симбионтов. Ассоциативный симбиоз, видовое и функциональное разнообразие партнеров в его составе.
6. Многообразие природных симбиозов и основные группы. Способы классификации групп симбиозов по функциональной роли симбионта. Многообразие сочетаний партнеров в симбиозах по принципу их таксономической принадлежности (приведены некоторые основные группы симбиозов).
7. Характеристика основных групп симбиозов. по признакам. Системы критериев для оценки характера взаимодействия партнеров.

8. Методология экспериментального изучения симбиоза. Общие представления об экспериментальной симбиологии и ее задачи в реконструировании природного, создании искусственного симбиоза с экстраполяцией результатов исследований на природный (нативный) симбиоз.
9. Метод искусственных ассоциаций в моделировании природного симбиоза и в перспективе использования в биотехнологиях на примере синцианозов.
10. Основы метода изолированных культур растительных тканей, клеток и протопластов и растений-регенерантов, получения на их основе искусственных ассоциаций с микроорганизмами.
11. Применение изолированных протопластов, суспензионных, калусных культур растительных клеток для инокуляции цианобактериями с последующим морфогенезом инфицированных растений.
12. Межклеточные взаимодействия партнеров. Коммуникация как общебиологический феномен.

8. ФОТОБИОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

1. Основы представлений о взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. Возбужденные состояния молекул, пути их образования и дезактивации, кинетика фотохимических реакций. Поглощение света, флуоресценция, фосфоресценция и методы их измерения. Фотометрия, актинометрия и единицы измерений световых потоков. Понятие о квантовом выходе фото процессов. Основные законы фотохимии (законы Гротгуса, Эйнштейна-Штарка, Бунзена-Роско) и типы фотохимических реакций.
2. Типы фотобиологических процессов и реакций. Функционально-физиологические реакции: энергетические (фотосинтез), информационные (фототаксис, фототропизм, фотокинез, фотопериодизм) и биосинтетические. Деструктивно-модифицирующие реакции (летальные и патофизиологические эффекты, мутагенез). Фотопептиды.
3. Основы и особенности действия излучений в ультрафиолетовой (УФ), видимой и инфракрасной областях спектра на организмы. Дозиметрия УФ излучения, актинометрия. Спектр солнечного излучения.
4. Основные биологически важные хромофоры и флуорофоры (азотистые основания, нуклеиновые кислоты, циклические аминокислоты, белки, полиены, фенолы, флавины и т.д.) пигменты, их строение и особенности спектроскопии. Пигменты, участвующие в поглощении фотосинтетически активной радиации и фотосинтезе, и их особенности у различных групп микроорганизмов и высших растений. Связь с особенностями среды обитания. Адаптация пигментного аппарата к действию излучений в видимой и УФ частях спектра. Хроматические адаптации.

5. Взаимодействие клеток микроорганизмов со светом. Устройство спектрофотометра, колориметра и спектрофлуориметра. Закон Ламберта-Бера. Методы измерения поглощения и светорассеяния в биологических объектах. Применение интегрирующих сфер и волоконной оптики. Особенности поглощения света клетками микроорганизмов. Неселективное и селективное светорассеяние. Применение оптических методов в биотехнологии и мониторинге состояния среды. Использование флуоресценции хлорофилла для оценки функционального состояния клеток растений в лабораторных и полевых условиях. Индукция флуоресценции хлорофилла, эффект Каутского, методы измерения.
6. Люминесцентная микроскопия (CSLM, FRET, FLIM). Визуализация компонентов, структур и процессов в клетках микроорганизмов и принципы обработка изображений.
7. Особенности действия различных диапазонов УФ излучения, повреждающие эффекты, фотоинактивация. Действие УФ на нуклеиновые кислоты и белки. Фоторепарация повреждений. Прямая и непрямая фотореактивация; темновая репарация. Фотолiaзы.
8. Культивирование фототрофных микроорганизмов и фотобиотехнология. Влияние света на развитие, свет как фактор морфогенеза. Фитохромы. Фототаксис, фототропизм и фотокинез; примеры. Фоторецепторы и механизмы трансдукции сигналов.
9. Фотодинамическое действие и его типы. Примеры фотосенсибилизаторов у микроорганизмов; их роль как фототоксинов. Лазерная фототерапия в медицине. Основные формы активированного кислорода, пути возникновения в темновых и световых реакциях, их превращения. Механизмы токсического действия гербицидов на фотосинтетический аппарат и их связь с фотодеструктивными событиями. Примеры фотоокислительной гибели у микроорганизмов.
10. Молекулярные механизмы адаптации фотосинтезирующих организмов к фотоокислительному стрессу. Механизмы детоксикации кислородных радикалов и синглетного кислорода.
11. Принципы защиты фотосинтетического аппарата от фотоокислительных повреждений: низкомолекулярные перехватчики кислородных радикалов и липидные антиоксиданты, супероксиддисмутаза и другие компоненты цикла Халивелла-Асады, тушители синглетного кислорода. Роль каротиноидов.
12. Фотоингибирование и роль виолаксантинового цикла в диссипации поглощенной энергии. Пигменты растений и микроорганизмов, осуществляющие фотозащиту путем «экранирования» излучения в УФ и видимой частях спектра.

I. Критерии оценивания

Критерии и показатели оценивания ответа на экзамене			
1	2	3	4
Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Фрагментарные знания по всем заданным вопросам, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов клеточной биологии.	Неполные знания по нескольким заданным вопросам, слабое ориентирование в материале, определенные трудности в сопоставлении и анализе сведений из нескольких разделов клеточной биологии.	Полные знания, но содержащие отдельные пробелы в областях биологии микроорганизмов, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.	Исчерпывающие знания по всем заданным вопросам, свободное владение материалом, грамотные сопоставление и анализ сведений из различных тем по клеточной биологии микроорганизмов в широком смысле.

II. Рекомендуемая основная литература:

1. Гусев М.В., Минсва Л.А. **Микробиология**. 4-8 издание. М.: Изд-во Моск. Ун-та. 2003-2008 гг..
2. Лейгелер Й., Древе Г., Шлегель Г. (ред.) **Современная микробиология. Прокариоты**. В 2-х томах. М.: Мир. 2005.
3. Пиневиц А.В. **Микробиология. Биология прокариотов: Учебник**. В 3 т. Т. 1. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. 2007. 352 с.
4. Уикли Б. **Электронная микроскопия для начинающих**. М.: Мир. 1975. 324 с.
5. А. Н. Ножевникова, Е. А. Бочкова, В. К. Плакунов. **МУЛЬТИВИДОВЫЕ БИОПЛЕНКИ В ЭКОЛОГИИ, МЕДИЦИНЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ**//*МИКРОБИОЛОГИЯ*, 2015, том 84, № 6, с. 623–644
6. Гайер Г. **Электронная гистохимия**. М.: Мир. 1974. 488 с.
7. Бухарин О.В., Гинцбург А.Л., Романова Ю.М., Эль-Регистан Г.И. **Механизмы выживания бактерий**. М.: Медицина. 2005. 367 с.
8. Ермилова Е.В., Залуцкая Ж.М., Лапина Т.В. **Подвижность и поведение микроорганизмов**. В 2 т. Т. I. Прокариоты. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. 2004. 192 с.
9. Хмель И.А. **Quorum sensing регуляция экспрессии генов: фундаментальные и прикладные аспекты, роль в коммуникации бактерий**. *Микробиология*. 2006. Т.75. № 4. С. 457-464.
10. Бухарин О.В., Лобакова Е.С., Перунова Н.Б., Усвяцов Б.Я., Черкасов С.В. **Симбиоз и его роль в инфекции**. Екатеринбург: УрО РАН. 2011. 299 с.

11. Бутенко Р. Г. **Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе.** М.: Товарищество «МКМ», 1999.
12. **Экология микроорганизмов человека.** (Под ред. О.В. Бухарина). Екатеринбург: Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза. 2006. С. 61–102 и С.169–290.
13. Николаев Ю.А., Плакунов В.К. **Биопленка – «город микробов» или аналог многоклеточного организма.** Микробиология. 2007. Т.76. № 2. С.148–163.
14. Ермилова Е.В. **Молекулярные адаптации прокариот.** Химиздат:СПб. 2012. 342 с.
15. Владимиров Ю.А., Потапенко А.Я. **Физико-химические основы фотобиологических процессов.** М.: «Дрофа», 2006. 288 с.
16. Рубин А.Б. и др. **Современные методы исследования фотобиологических процессов.** М.: МГУ. 1989

III. Дополнительная литература:

1. Prasad P.N. **Introduction to Biophotonics.** Wiley-Interscience. New Jersey, 2003, 616 p.
2. Рошупкин Д.И., Артохов В.Г. **Основы фотобиофизики.** Воронеж.: ВГУ. 1997

IV. Авторы временной программы:

1. Лобакова Е.С., д.б.н., профессор
2. Соловченко А.Е., д.б.н., доцент

Two handwritten signatures in blue ink. The first signature is a stylized 'EL' for Lobakova E.S. The second signature is a cursive 'AS' for Solovchenko A.E.