

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЦИАНОБАКТЕРИЯХ»,
РАЗРАБОТАННЫЙ ДЛЯ СТАРШЕКЛАССНИКОВ В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ К
ОЛИМПИАДАМ ПО БИОЛОГИИ**

Выпускная аттестационная работа слушателя (ей)
программы профессиональной переподготовки
педагогических и управленческих кадров
«Большие вызовы»

Волобуевой Натальи Сергеевны

Научный руководитель

д.б.н., Лобакова Елена Сергеевна

Сочи
2018

ЗАЯВЛЕНИЕ О САМОСТОЯТЕЛЬНОМ ХАРАКТЕРЕ ВЫПУСКНОЙ АТТЕСТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Я, Волобуева Наталья Сергеевна, слушатель программы профессиональной переподготовки «Большие вызовы», заявляю, что в выпускной аттестационной работе на тему «Учебно-методический комплекс дисциплины «Современные представления о цианобактериях», разработанный для старшеклассников в рамках подготовки к олимпиадам по биологии», представленной для публичной защиты, не содержится элементов плагиата.

Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Я ознакомлена с действующим регламентом учебного процесса, согласно которому обнаружение плагиата (прямых заимствований из других источников без соответствующих ссылок) в выпускной аттестационной работе является основанием для выставления за выпускную аттестационную работу оценки «неудовлетворительно».

_____ (Подпись слушателя)

_____ (Дата)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Аннотация работы.....	4
Введение.....	5
Глава 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В КУРСЕ ПОДГОТОВКИ СТАРШЕКЛАССНИКОВ К ОЛИМПИАДАМ ПО БИОЛОГИИ	
1.1.Цели и задачи освоения дисциплины.....	8
1.2.Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	8
Глава 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
2.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.....	9
2.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.....	9
2.3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины.....	9
Глава 3. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	
3.1. Разделы дисциплины «Современные представления о цианобактериях».....	11
3.2. Структура дисциплины.....	14
3.3. Содержание разделов дисциплины.....	14
3.4. Образовательные технологии.....	15
3.5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	15
Заключение.....	17
Список использованной литературы.....	18
Приложения.....	19

АННОТАЦИЯ РАБОТЫ

Учебно-методический комплекс дисциплины «Современные представления о цианобактериях» предназначен для получения старшеклассниками как общих представлений о цианобактериях, так и углублённых специальных знаний, а также практических навыков. Комплекс предполагает лекционные и экскурсионные занятия, лабораторные и практические работы, как самостоятельные, так и коллективные, посвященные изучению строения клеток цианобактерий и их физиологии. Данная дисциплина является частью нового курса, разработанного специально для подготовки учащихся старших классов общеобразовательных учреждений к олимпиадам.

ANNOTATION

The educational-methodical training kit of the discipline “Modern concepts of cyanobacteria” is intended for high school students to obtain both general ideas about cyanobacteria and advanced specialized knowledge, as well as practical skills. It involves lectures and excursions, laboratory and practical work, both independent and collective, devoted to the study of the structure of cells of cyanobacteria and their physiology. This discipline is a part of a new course designed specifically to prepare students of senior classes of general education institutions for Olympiads.

ВВЕДЕНИЕ.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Современные представления о цианобактериях» - часть Программы по подготовке школьников к олимпиадам по биологии, составленной в соответствии с требованиями к программам регионального и заключительного этапов Всероссийской олимпиады школьников по биологии. Соответствует требованиям к программам дополнительного образования, служит примером для организации обучения одаренных школьников микробиологии.

Способности обучающегося к глубокому освоению естественнонаучных дисциплин формируются параллельно с развитием логического мышления, математических способностей и навыков, а также в результате прямого соприкосновения с объектами живой природы в естественных и лабораторных условиях. Немалую роль играет понимание уровней организации живой природы и их соподчиненности, процессов, протекающих на каждом из них, а также умение анализировать и сопоставлять известные факты, сравнивать и делать логические выводы, что требует знаний в сопряженных с биологией областях – химии, физике, математике, информатике, а также владения английским языком. Данный Учебно-методический комплекс, как и вся Программа, направлен именно на формирование выше описанных навыков и умений.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Современные представления о цианобактериях» нацелен на то, чтобы обеспечить успешную подготовку старшеклассников, прошедших конкурсный отбор и имеющих высокий уровень знаний по биологии, а также по математике, химии и физике, к олимпиадам по биологии высшего уровня. Позволяет глубоко изучить цианобактерий, как важную часть биосферы, а так же их физиологию, биохимию, использование в биотехнологии; обучает улавливать и осознавать причинно-следственные связи; способствует развитию интереса обучающихся к процессам, идущим в микробиологических сообществах, осмыслению и активному применению знаний, полученных в ходе обучения.

Актуальность и практическая значимость данного Учебно-методического комплекса обусловлена тем, что современные представления о цианобактериях ощутимо трансформировались за последнее время, что связано с быстрым развитием молекулярной биологии и с использованием новейших оптических приборов, с применением новых методов культивирования. Интерес к цианобактериям высок в связи с их уникальными свойствами и прикладным значением. Олимпиадные вопросы, касающиеся цианобактерий, требуют от школьника всей полноты знаний об экологии данных организмов, их физиологии и особенностях биохимии, которые позволили им выжить в условиях высокой конкуренции в процессе эволюции.

Практические занятия, предусмотренные данным Учебно-методическим комплексом, включают в себя экскурсии, посвященные экологии цианобактерий, биогеографии и сбору природного материала для дальнейшего изучения в лаборатории; доклады на актуальные темы, материалы для которых подбираются обучающимся и педагогом при совместной индивидуальной работе в зависимости от интересов и предпочтений обучающегося. Кроме того, для понимания и приобретения современных знаний о цианобактериях необходимо овладеть терминологией, как на русском языке, так и на английском, знать латинские родовые и видовые названия наиболее часто встречающихся видов. Данный Учебно-методический комплекс предусматривает рассмотрение отдельных тем с использованием видеоматериалов и аудиоматериалов, разработанных ведущими университетами мира и находящихся в свободном доступе. В процессе освоения данной дисциплины у обучающихся формируется правильное представление о цианобактериях, широкое понимание сложных процессов и механизмов регуляции, обеспечивающих их функционирование, развиваются интеллектуальные способности.

В данном Учебно-методическом комплексе пристальное внимание уделяется выработке коммуникативных способностей обучающихся, навыков проведения научной дискуссии. Новизна программы заключается в том, что предусматриваются практические индивидуальные и коллективные занятия, дискуссионные мероприятия, а также интерактивные тематические игры, позволяющие поддерживать и закреплять у обучающихся приобретенные знания, выводить способность мыслить логически на новый уровень, развивать интеллектуальные навыки. Предполагается регулярное проведение разборов вариантов олимпиад по биологии за прошлые годы, их анализ.

Изучение дисциплины завершается тестированием, вопросы в котором соответствуют уровню Заключительного этапа Всероссийской олимпиады школьников по биологии, что дает возможность педагогу оценить реальный уровень подготовки обучающихся по пройденному материалу. Вопросы, вызвавшие затруднения, должны быть разобраны в процессе коллективной работы над ошибками в интерактивном режиме.

Педагогическая целесообразность Учебно-методического комплекса заключается в пробуждении у старшеклассников живого интереса к микробиологии, понимания сложности функционирования и многообразия микроорганизмов, их физиологической полифункциональности, а также в мотивации учащихся к получению знаний о цианобактериях для их дальнейшего применения в таких социально значимых областях, как медицина, биотехнология, фармакология.

Главной особенностью, отличающей Учебно-методический комплекс дисциплины

«Современные представления о цианобактериях» от других разработок, является глубокое освоение практических навыков, получение глубоких теоритических знаний, проведение групповых занятий и получение обратной связи в необходимом объеме, что важно для установления уровня полученных знаний. Кроме того, Учебно-методический комплекс предусматривает нестандартный подход с использованием англоязычных материалов, проведением дискуссий и коллективным решением тестовых олимпиадных заданий с активным обсуждением.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Современные представления о цианобактериях» предназначен для олимпиадной подготовки по биологии обучающихся в возрасте 15-18 лет, состав группы до 15 человек.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Современные представления о цианобактериях» рассчитан на углубленный уровень, составлен с учётом психологических особенностей обучающихся, способствует формированию мотивации к достижению высоких результатов в конкурсных заданиях по биологии. Учебно-методический комплекс построен таким образом, что у обучающихся будет возможность повторять пройденный материал в усложненной форме, что позволяет связать воедино теоретические знания, полученные на лекциях, с результатами практических работ, и мотивировать обучающихся к самостоятельному поиску ответов на сложные вопросы. Данный Учебно-методический комплекс предполагает переход на уровень знаний, соответствующий биологическим вузам.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Современные представления о цианобактериях» рассчитан на 24 академических часа.

Предполагаются групповые формы обучения с ярко выраженным индивидуальным подходом.

Глава 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В КУРСЕ ПОДГОТОВКИ СТАРШЕКЛАССНИКОВ К ОЛИМПИАДАМ ПО БИОЛОГИИ

1.1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели. В результате освоения дисциплины у обучающегося должна сформироваться система знаний о биологии цианобактериальной клетки, ее физиологической и химической организации, метаболизме, строении, особенностях организации разных типов клеток цианобактерий, влияния фазы роста на характеристики цианобактерий. Обучающийся должен уметь описывать строение цианобактериальной клетки, физиологические процессы, происходящие в ней, различать по форме и организации поверхностных структур представителей разных субсекций; уметь использовать основные методы исследования цианобактерий.

Задачи. Получение базовых теоретических знаний и освоение методов исследования. Умение использовать полученные базовые знания, анализировать и находить современные литературные источники.

1.2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

1. Дисциплина входит в состав образовательной Программы по подготовке школьников к олимпиадам по биологии в системе дополнительного образования.
2. Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП (дисциплинами, модулями, практиками) состоит в следующем:
 - 2.1 Для начала освоения дисциплины старшеклассник должен обладать основными знаниями и представлениями о строении клеток, физиологических различиях клеток прокариот и эукариот, биохимических процессах, происходящих в них, микробиологических методах, современных концепциях в областях микробиологии, биохимии, неорганической и органической химии, альгологии, достижениях и ограничениях различных методов микроскопии. Перед началом освоения дисциплины «Современные представления о цианобактериях» школьник должен иметь глубокие знания по следующим предметам и областям: «Основы микробиологии», «Клеточная биология», «Гистология», «Основы биохимии», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Альгология».
 - 2.2 Освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее для следующих дисциплин и практикумов в рамках подготовки старшеклассников к олимпиадам по биологии: «Биофизика», «Биоэнергетика», «Биофизика регуляторных процессов», «Общая симбиология и клеточная инженерия», «Экология».

Глава 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины:

- организовывать взаимосвязь своих знаний и упорядочивать их;
- организовывать свои собственные приемы изучения;
- уметь ставить задачи и находить подходы к их решению;
- самостоятельно заниматься своим обучением.
- запрашивать различные базы данных;
- консультироваться у эксперта.

2.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- уметь работать с информацией;
- организовывать взаимосвязь прошлых и настоящих событий;
- критически относиться к эмпирически выявляемым фактам;
- уметь противостоять неуверенности и сложности;
- занимать позицию в дискуссиях и формировать свое собственное мнение;
- уметь сотрудничать и работать в группе;
- принимать решения — улаживать разногласия и конфликты;
- уметь договариваться;
- входить в группу или коллектив и вносить свой вклад;
- доказывать солидарность;
- уметь организовывать свою работу;
- уметь пользоваться лабораторными приборами и инструментами.
- показывать стойкость перед трудностями;
- уметь находить новые решения.

2.3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- различия клеток эукариотических микроводорослей и цианобактерий;
- особенности строения разных типов клеток цианобактерий;
- строение отдельных структур фототрофной прокариотной клетке, их функции и функциональную связь;
- морфологическая дифференциация клеток цианобактерий, циклы развития цианобактерий;
- функции и значение вторичных метаболитов цианобактерий;

- современные методы изучения цианобактерий,

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- использовать полученные базовые знания для дальнейшего изучения разделов ботаники, биоинженерии, биофизики, экологии.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть:

- навыками сбора природного материала и его регистрации,
- навыками практической работы с культурами цианобактерий,
- навыками световой и электронной микроскопии,
- справочной и монографической литературой.

Глава 3. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

3.1 Раздел «Современные представления о цианобактериях»

№ раздела	Наименование раздела	Трудоёмкость (академических часов) и содержание занятий		
		Лекции	Лабораторные занятия	Экскурсии, семинары, дискуссии
1	Введение. Общие представления о цианобактериях.	1,5 часа. Содержание лекции №1. <i>Этапы развития представления о цианобактериях. Современная систематика цианобактерий. Общая характеристика строения клеток цианобактерий. Физиологические особенности цианобактерий. Роль в эволюции фотосинтеза. Основные свойства цианобактерий.</i>	1,5 часа <i>Современные методы микроскопии для исследования строения клеток – световая микроскопия. Принципы работы светового микроскопа, получение изображений в электронном формате на микроскопе. Преимущества и недостатки данного метода.</i>	4 часа <i>Научно-познавательная экскурсия со сбором биоматериала, содержащего клетки цианобактерий, из окружающей среды.</i>
2	Строение цианобактериальной клетки.	1,5 часа. Содержание лекции №2. <i>Структурно-функциональные особенности цианобактерий как прокариотных фототрофов с окислительным фотосинтезом. Основные структурные компоненты вегетативной клетки цианобактерии, их функции, поверхностные структуры цианобактерий. Их строение и функции, наличие у представителей разных порядков.</i>	1,5 часа <i>Многообразие цианобактерий. Простые и сложные методы окраски для изучения особенностей строения прокариотических клеток.</i>	

3	Фотосинтетический аппарат цианобактерий. Геном цианобактерий и его функционирование.	<p>1,5 часа. Содержание лекции №3. Мембранная система цианобактериальной клетки. Состав и ультраструктура цитоплазматической мембраны. Морфология и ультраструктура тилакоидов. Организация генома. Размер генома. Количество ДНК на клетку. Геномные перестройки при клеточной дифференциации. Строение нуклеотида. Репликация ДНК.</p>	<p>1,5 часа Состав и методы приготовления накопительных и селективных сред для культивирования разных физиологических групп цианобактерий. Варианты посева.</p>	<p>1,5 часа Семинар: обсуждение материала первых трех лекций и лабораторных занятий, вопросы-ответы.</p>
4	Дифференцированные клетки цианобактерий	<p>1,5 часа. Содержание лекции №4 Клеточная дифференциация цианобактерий. Нанноциты, эндоспоры, акинеты, гетероцисты цианобактерий. Транзиторные и терминальные виды цитодифференцировки. Прорастание акинет. Диазотрофия цианобактерий. Гетероцисты, схема строения, физиологические особенности.</p>	<p>1,5 часа. Дифференцированные клетки цианобактерий.</p>	
5	Зависимость ультраструктуры цианобактериальных клеток от количества света.	<p>1,5 часа. Содержание лекции №5 Схема основных путей преобразования энергии в мембранной системе цианобактерий. Ультраструктура различных цианобактерий при инкубировании в темноте и после перенесения на свет, при выращивании на ярком</p>	-	

		<i>свету, при выращивании в темноте.</i>		
6	Функции, значение и строение метаболических процессов цианобактерий. Синцианозы с гетеротрофами.	1,5 часа. Содержание лекции №6 <i>Токсины цианобактерий: значение в природе и для человека, биологическая активность.</i> <i>Цитотоксины, дерматотоксины, гепатотоксины, нейротоксины – строение и действие.</i> <i>Синцианозы.</i> <i>Синцианозы с гетеротрофными организмами: прокариотами, цианобактериальные маты, строматолиты, грибами, простейшими, беспозвоночными и низшими первично хордовыми животными.</i>		
7	Синцианозы с фотоавтотрофами. Использование цианобактерий в биотехнологии.	1,5 часа. Содержание лекции №7 <i>Синцианозы с фототрофными организмами: динофлагелятами, диатомеями, макроводорослями и высшими растениями.</i> <i>Объекты, используемые в фотобиотехнологии.</i> <i>Пути использования биомассы цианобактерий.</i> <i>Arthtopira sp. (Spirulina) – самый известный объект фотобиотехнологии.</i> <i>Фотобиореакторы – типы строения.</i> <i>Успешные примеры производств биомассы цианобактерий.</i>		2 часа <i>Дискуссия, посвященная этическим вопросам и наиболее проблемным, связанным с использованием живых организмов в биотехнологиях.</i>
Контрольная работа				

3.2 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 24 часа.

Вид работы	Всего
Общая трудоемкость, акад. часов	24
Лекции, акад. часов	10,5
Экскурсии, семинары, дискуссии, акад. часов	7,5
Лабораторные работы, акад. часов	6
Вид итогового контроля	Итоговая контрольная работа по дисциплине (развернутые ответы на три вопроса из варианта)

3.3. Содержание разделов дисциплины (аббревиатуры форм контроля указаны выше)

3.3.1. Лекции

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Общие представления о цианобактериях.	<i>Этапы развития представления о цианобактериях. Современная систематика цианобактерий. Общая характеристика строения клеток цианобактерий. Физиологические особенности цианобактерий. Роль в эволюции фотосинтеза. Основные свойства цианобактерий.</i>
2	Строение цианобактериальной клетки.	<i>Структурно-функциональные особенности цианобактерий как прокариотных фототрофов с оксигенным фотосинтезом. Основные структурные компоненты вегетативной клетки цианобактерии, их функции, поверхностные структуры цианобактерий. Их строение и функции, наличие у представителей разных порядков.</i>
3	Фотосинтетический аппарат цианобактерий. Геном цианобактерий и его функционирование.	<i>Мембранная система цианобактериальной клетки. Состав и ультраструктура цитоплазматической мембраны. Морфология и ультраструктура тилакоидов. Организация генома. Размер генома. Количество ДНК на клетку. Геномные перестройки при клеточной дифференциации. Строение нуклеотида. Репликация ДНК.</i>
4	Дифференцированные клетки цианобактерий.	<i>Клеточная дифференциация цианобактерий. Нанноциты, эндоспоры, акинеты, гетероцисты цианобактерий. Транзиторные и терминальные виды дифференцировки. Прорастание акинет. Диазотрофия цианобактерий. Гетероцисты, схема строения, физиологические особенности.</i>
5	Зависимость ультраструктуры цианобактериальной	<i>Схема основных путей преобразования энергии в мембранной системе цианобактерий. Ультраструктура различных цианобактерий при инкубировании в темноте и после перенесения на свет, при выращивании на ярком свету, при</i>

	льных клеток от количества света.	<i>выращивании в темноте.</i>
6	Функции, значение и строение метаболитов цианобактерий. Синцианозы с гетеротрофами.	<i>Токсины цианобактерий: значение в природе и для человека, биологическая активность. Цитотоксины, дерматотоксины, гепатотоксины, нейротоксины – строение и действие. Синцианозы. Синцианозы с гетеротрофными организмами: прокариотами, грибами, простейшими, беспозвоночными и низшими первично хордовыми животными.</i>
7	Синцианозы с фотоавтотрофами. Использование цианобактерий в биотехнологии.	<i>Синцианозы с фототрофными организмами: динофлагеллятами, диатомеями, макроводорослями и высшими растениями. Объекты, используемые в фотобиотехнологии. Пути использования биомассы цианобактерий. Spirulina – самый известный объект. Культиваторы – схемы строения. Примеры заводов, существующих на сегодняшний день в мире.</i>

3.3.2. Лабораторные работы

№ раздела	№ занятия	Тема	Кол-во часов
1	1	<i>Современные методы микроскопии для исследования строения клеток – световая микроскопия. Принципы работы светового микроскопа, получение изображений в электронном формате на микроскопе. Преимущества и недостатки данного метода.</i>	1,5
2	2	<i>Многообразие цианобактерий. Простые и сложные методы окраски клеток для определения их характеристик.</i>	1,5
3	3	<i>Среды для культивирования разных цианобактерий. Условия культивирования.</i>	1,5
4	4	<i>Дифференцированные клетки цианобактерий.</i>	1,5

3.3.3. Самостоятельное изучение разделов дисциплин

Самостоятельно выполняются домашние задания, прорабатывается материал лекций и проводится подготовка к итоговому тестированию по дисциплине.

3.4. Образовательные технологии

Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. В практикуме задействованы световой микроскоп, красители, современная электронная и компьютерная техника.

3.5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Список рекомендуемой литературы

- О. И. Баулина, «Ультраструктурная пластичность цианобактерий», Москва, Научный мир, 2010, 240 с

- Пиневи́ч А.В., Худяков И.Я., Мамкаева К.А. и др., «Функциональная структура цианобактерий», изд-во Ленинград, 1986г, 152 с
- O. A. Koksharova, T. R. Kravzova, I. V. Lazebnaya, O. A. Gorelova, O. I. Baulina, O. E. Lazebny, T. A. Fedorenko, and E. S. Lobakova. Molecular identification and ultrastructural and phylogenetic studies of cyanobacteria from association with the white sea hydroid dynamena pumila (L., 1758). *BioMed Research International*, 2013:760681, 2013.
- OA Gorelova, OI Baulina, U. Rasmussen, and OA Koksharova. The pleiotropic effects of ftn2 and ftn6 mutations in cyanobacterium synechococcus sp. pcc 7942 : An ultrastructural study. *Protoplasma*, 250(4):931–942, 2013.
- Arjen Gerssen,^{1,*} Irene E. Pol-Hofstad,² Marnix Poelman,³ Patrick P.J. Mulder,¹ Hester J. van den Top,¹ and Jacob de Boer⁴, «Marine Toxins: Chemistry, Toxicity, Occurrence and Detection, with Special Reference to the Dutch Situation», 2010 Apr; 2(4): 878–904.
- Ingrid Chorus and Jamie Bartram, «Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management», 1999, WHO, 70 p

Дополнительная литература

- O. A. Koksharova, T. R. Kravzova, I. V. Lazebnaya, O. A. Gorelova, O. I. Baulina, O. E. Lazebny, T. A. Fedorenko, and E. S. Lobakova. Molecular identification and ultrastructural and phylogenetic studies of cyanobacteria from association with the white sea hydroid dynamena pumila (L., 1758). *BioMed Research International*, 2013:760681, 2013.
- OA Gorelova, OI Baulina, U. Rasmussen, and OA Koksharova. The pleiotropic effects of ftn2 and ftn6 mutations in cyanobacterium synechococcus sp. pcc 7942 : An ultrastructural study. *Protoplasma*, 250(4):931–942, 2013.
- Arjen Gerssen, Irene E. Pol-Hofstad, Marnix Poelman, Patrick P.J. Mulder, Hester J. van den Top, and Jacob de Boer, «Marine Toxins: Chemistry, Toxicity, Occurrence and Detection, with Special Reference to the Dutch Situation», 2010 Apr; 2(4): 878–904.
- Ingrid Chorus and Jamie Bartram, «Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management», 1999, WHO, 70 p
- Goff L.J. (ed.) Algal symbiosis. Cambridge. Cambridge University Press. 1983. 216 p.

Материально-техническое обеспечение

Кабинет №7 Центра творческого развития и гуманитарного образования г.Сочи, проекционное оборудование, ноутбук и экран.

Световой микроскоп, живой и фиксированный материал.

Фонд оценочных средств: теоретические вопросы по разделам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

1. Учебно-методический комплекс дисциплины «Современные представления о цианобактериях» обеспечит успешную подготовку старшеклассников, прошедших конкурсный отбор и имеющих высокий уровень знаний по биологии, к микробиологическому разделу олимпиад высшего уровня по биологии.
2. В ходе теоретических и практических занятий, разработанных для учащихся старших классов, планируется глубоко изучить цианобактерий, как важную часть биосферы, а так же их физиологию, биохимию, использование в биотехнологии.
3. В процессе обучения старшеклассники научатся улавливать и осознавать причинно-следственные связи, что способствует развитию интереса обучающихся к процессам, идущим в микробиологических сообществах, осмыслению и активному применению знаний, полученных в ходе обучения.

Список литературы:

1. О. И. Баулина, «Ультраструктурная пластичность цианобактерий», Москва, Научный мир, 2010, 240 с.
2. Ченцов Ю.С. «Введение в клеточную биологию: учебник для ВУЗов». – 4-е изд., перераб. и доп. / Ю.С. Ченцов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 495с.
3. Дьяков Ю.Т. (ред.) «Ботаника: Курс альгологии и микологии», М.: изд-во МГУ, 2007. - 559 с.
4. Белякова Г. А., Дьяков Ю. Т., Тарасов К. Л., «Ботаника», М: изд-во Академия, 2006, т.1 и т.2
5. Пиневиц А.В., «Микробиология. Биология прокариотов» в 3-х томах (2006, 2007, 2009): изд-во С.-Петербур. ун-та, 1 том – 352с, 2 том – 331 с, 3 том – 457 с.
6. А. В. Пиневиц, С. Г. Аверина. «Кислородная фототрофия. Руководство по эволюционной клеточной биологии»: изд-во Санкт-Петербургского университета, 2002, 234 с.
7. Рей Ф. Эгертон, «Физические принципы электронной микроскопии», изд. Техносфера, 2010 г, 304 с.

Методические рекомендации (материалы) для преподавателя (приложение 1).

Методические рекомендации для обучающихся по лабораторным, практическим и семинарским занятиям (приложение 2).

Методическое описание лабораторной работы на тему: «Многообразие цианобактерий, их строение. Дифференцированные клетки цианобактерий» (приложение 3).

Пример конспекта лекции (приложение 4).

Образцы вопросов для обсуждения на семинаре и дискуссионных вопросов (приложение 5).

Образцы вариантов итоговой контрольной работы (приложение 6).

Методические рекомендации (материалы) для преподавателя

Чтение лекций по курсу «Современные представления о цианобактериях» рекомендуется для учащихся старших классов в качестве элективного курса либо в рамках Программы по подготовке старшеклассников к олимпиадам по биологии. К этому времени обучающиеся приобрели навыки восприятия и конспектирования лекций, навыки работы в лаборатории. Старшеклассники, обучающиеся по Программе подготовки к олимпиадам, имеют представления о строении клеток организмов разных Царств, многообразии живой природы, знакомы с основами биохимии и молекулярной биологии, генетики. Регулярно готовясь к докладам и дискуссионным занятиям, обучающиеся самостоятельно изучили немало литературных источников, поэтому содержание лекций по данной дисциплине может быть насыщено научными терминами и понятиями, фактами, понимание которых требует знания биохимии, цитологии, молекулярной биологии, генетики и других дисциплин, относящихся к комплексу биологических наук.

Требования к лекции:

- информативность на современном научном уровне, аргументированность, наличие широкого спектра ярких примеров, интересных фактов и доказательств;
- чёткая, логическая и последовательная структура лекции, формулирование и выделение основных идей и выводов;
- постановка интересных вопросов в течение лекции, активизация мыслительного процесса слушателей;
- разъяснение новых вводимых терминов;
- доступный и ясный язык.

Преподаватель должен с вниманием относиться к успеваемости обучающихся и вовремя помогать, если возникают вопросы с пониманием материала. Для успешного восприятия лекции необходимо вводить в ее структуру достаточное количество иллюстративного материала, соблюдать регламент, выписывать на доске или слайде основные мысли, повторять наиболее важную информацию. Для каждой лекции необходимо подготовить материал для самостоятельного изучения. Лекционные и лабораторные занятия должны проводиться с использованием современных технологий. Для усвоения материала необходимо регулярно проводить контрольные работы.

Преподавателю необходимо провести вводную беседу с обучающимися во время первого занятия, объяснить принципы итогового оценивания, режим учебной работы, ознакомить со списком рекомендуемой литературы.

Методические рекомендации для обучающегося по лабораторным, практическим и семинарским занятиям.

Немаловажным методом подготовки к лабораторным занятиям в рамках курса «Современные представления о цианобактериях» является самостоятельная работа: изучение рекомендуемой литературы, выделение вопросов для обсуждения. При подготовке к каждой лабораторной работе необходимо обратиться к предшествующей лекции, учебным пособиям и научным статьям.

Этапы подготовки к лабораторным занятиям:

1. Изучение записей лекций, при необходимости формулирование вопросов.
2. Самостоятельное изучение научной литературы и рекомендуемых литературных источников или учебников.
3. Составление краткого резюме прочитанной информации, формирование списка вопросов и основных идей.

В течение лабораторной работы обучающимся рекомендуется для удобства конспектировать проводимую работу, и при необходимости выполнять зарисовки изучаемых образцов.

**Лабораторная работа на тему: «Многообразие цианобактерий, их строение.
Дифференцированные клетки цианобактерий».**

Цель работы: изучить особенности строения клеток прокариот на примере цианобактерий и познакомиться с разнообразием талломов и видов цианобактерий.

Задачи:

- 1) изготовить временные препараты и изучить строение клеток цианобактерий на примере рода *Anabaena*;
- 2) познакомиться с разнообразием цианобактерий;

Теоретические сведения.

Особенности строения клеток представителей отдела *Cyanobacteria* (*Cyanophyta*) следующие:

- 1) цианобактерии имеют коккоидный, трихальный, гетеротрихальный тип дифференциации таллома и бывают одноклеточными или многоклеточными, часто колониальными. Очень редко наблюдается тенденция к пластинчатому (или объемному) расположению клеток;
- 2) у цианобактерий отсутствуют ядерная оболочка и митохондрии. ДНК-кольцевого типа, расположена по центру клетки (нуклеоид). Нередко встречаются газовые вакуоли;
- 3) клетки содержат такие пигменты: хлорофилл *a*, а также *b*, *c* или *d*, β -каротин, *c*-фикоэритрин, аллофикоцианин, *c*-фикоцианин. Окраска цианобактерий может сильно варьировать в зависимости от комбинации пигментов, т. е. быть почти зеленой, оливковой, желтовато-зеленой и другой;
- 4) хлоропласты отсутствуют. Пигменты находятся в одиночных тилакоидах, расположенных свободно в цитоплазме по периферии клетки. Составным компонентом фотосинтетического аппарата цианобактерий являются фикобилисомы;

5) клеточная стенка четырехслойная. Основу ее составляет пептидогликан – муреин, расположенный поверх плазмалеммы. Многослойная клеточная стенка выполняет опорную и защитную функции и играет роль в обмене веществ. Часто вокруг нее образуются слизистые чехлы;

6) запасные вещества: цианофициновый крахмал – полисахарид, близкий к гликогену, а также цианофициновые гранулы (соединение азота) и полифосфатные тела (соединения фосфора);

7) половой процесс отсутствует, хотя имеются сведения о генетической рекомбинации у некоторых видов;

8) бесполое размножение за счет деления клеток пополам или с помощью гормогониев (коротких скользящих трихомов). У ряда представителей образуются покоящиеся споры (акинеты). В отдельных случаях наблюдается множественное деление с образованием эндоспор.

Основной принцип классификации – морфология таллома. В первый класс попадают цианобактерии, имеющие коккоидный одиночный (или колониальный) таллом. Класс, включающий гормогониевые цианобактерии, чаще всего представлен особями с нитчатым талломом, который при вегетативном размножении распадается на несколько маленьких нитей – гормогонии.

В порядках Nostocales и Stigonematales водоросли, кроме вегетативных клеток, имеются специальные клетки, называемые гетероцистами и акинетами.

Гетероцисты – клетки, формирующиеся в нитях цианобактерий и выполняющие функцию азотфиксации в анаэробных условиях. Наличие акинет и трихомов, то есть особых нитчатых форм, у которых весь ряд клеток одет общим внешним слоем стенки.

Разнообразие цианобактерий велико, так как они встречаются в разных типах водоемов, на почве, горячих источниках и т.д.

Мы познакомимся с самыми распространенными представителями классов отдела Cyanobacteria (Cyanophyta).

Класс *Chroococcophyceae*.

Это одноклеточные и колониальные водоросли. Расположение клеток в колониях беспорядочное или более или менее правильное. Эндоспоры, экзоспоры и гетероцисты отсутствуют. Класс включает 14 семейств. Наиболее распространены следующие роды. Род *Gloecocarpa* (рис. 1) имеет округлые клетки, одиночные или соединенные в колонии по 2–8 или большее число. Колонии слизистые, мелкие и состоят из включенных друг в друга слизистых пузырей, причем только внутренние пузыри содержат клетки. К этому роду относят 27

видов, которые широко распространены как вне воды, так и в пресных и солоноватых водах, горячих источниках, планктоне и бентосе. Некоторые виды способны накапливать известь.



Рис. 1. *Gloecocarpa* sp.

Род *Microcystis* – это микроскопические слизистые колонии с беспорядочно расположенными мелкими клетками (рис. 2). Колонии бывают от шаровидной до нитевидной формы, иногда в слизи образуются отверстия. И тогда колонии становятся более или менее продырявленными или даже сетчатыми. Клетки некоторых видов имеют газовые вакуоли. Род включает 13 видов. Виды широко распространены в планктоне стоячих и медленно текущих водоемов. Наиболее распространен вид *Microcystis aeruginosa*, вызывающий «цветение» воды в пресноводных водоемах.



Рис. 2. *Microcystis aeruginosa*

Род *Merismopedia* образует микроскопические плоские таблитчатые колонии, в которых клетки, обычно сближенные по четыре, располагаются в один слой (рис. 3). Колонии квадратные, прямоугольные или несколько неправильных очертаний. Мерисмопедия встречается чаще всего в стоячих водоемах между другими водорослями или свободно парит в планктоне.



Рис. 3. *Merismopedia* sp.

Класс *Hormogoniophyceae* включает нитчатые водоросли, иногда с настоящим или ложным ветвлением. Последнее проявляется в том, что простые трихомы объединяются слизистыми чехлами и представляют собой как бы ветвящиеся нити. Клетки в трихомах тесно соединены друг с другом.

Род *Oscillatoria*. Нити одиночные, неветвящиеся. Размножение гормогониями. Вегетативные клетки на всем протяжении нити одинаковые, цилиндрические, но концевые клетки часто закруглены или заострены. Содержимое клеток иногда однородное или зернистое. Виды способны к своеобразному колебательному движению. Род насчитывает 101 вид.



Рис. 4. *Oscillatoria* sp.

Род *Aphanizomenon*. Нити (рис. 5), прямые или слегка изогнутые, на концах клетки слегка заужены. Клетки цилиндрические, с газовыми вакуолями. Среди вегетативных клеток встречаются большие клетки (акинеты) и полупрозрачные (гетероцисты). При массовом развитии водоросли собираются в пучки в виде чешуек и видимы невооруженным глазом в поверхностных слоях воды. Виды наиболее часто встречаются в континентальных водоемах, вызывая «цветение» воды.

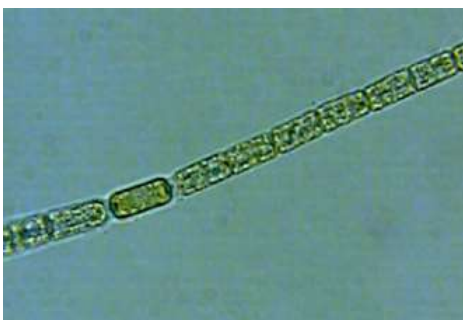


Рис. 5. *Aphanizomenon* sp. с гетероцистой.

Род *Anabaena*. Нити (рис. 6) бывают прямыми и спирально закрученными; одиночные, свободноплавающие. Вегетативные клетки шаро- или бочонкообразной формы содержат газовые вакуоли. Род насчитывает 65 видов, некоторые вызывают «цветение». У всех этих водорослей в нитях, наряду с вегетативными клетками, темными от газовых вакуолей, встречаются особые толстостенные клетки (гетероцисты, лишенные газовых вакуолей) и очень крупные клетки (акинеты)

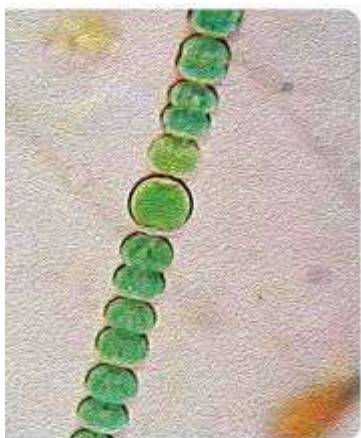


Рис. 6. *Anabaena flos-aquae*.

Род *Nostoc*. Шаровидные колонии (рис. 7) длиной от 1 мм до 1 см.

В слизи рыхло и обычно радикально расположены нити шаровидных клеток с гетероцистами, напоминающие нити анабены. Виды рода *Nostoc* встречаются в прудах, озерах, морях.



Рис. 7. *Nostoc* sp.

Задание 1. Познакомьтесь с разными типами клеток цианобактерий на примере *Anabaena flos-aquae*.

Ход работы. Изготовьте временный препарат из живой культуры *Anabaena flos-aquae*, рассмотрите его под микроскопом.

Зарисуйте нить анабены. Обозначьте на рисунке вегетативные клетки с газовыми вакуолями, гетероцисты, акинеты.

Задание 2. Познакомьтесь с многообразием цианобактерий и изучите разнообразие таллома.

Ход работы. Для работы используйте коллекцию фиксированных проб из природных водоемов с видами цианобактерий родов *Synechosystis*, *Gloecocaspa*, *Microcystis*, *Merismopedia*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Oscillatoria*. Поочередно сделайте временные препараты из фиксированных проб и рассмотрите под микроскопом.

Зарисуйте обнаруженные виды с указанием типа таллома:

- коккоидный – у *Synechosystis*;
- нитчатый – у *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Oscillatoria*.

Сравните виды колоний у водорослей родов *Gloecocaspa*, *Microcystis*, *Merismopedia*.

Обозначьте у водорослей родов *Aphanizomenon*, *Anabaena* гетероцисты и акинеты.

Контрольные вопросы при защите лабораторной работы:

1. Какие типы таллома характерны для цианобактерий?
2. Назовите особенности строения цианопрокариот.
3. Что такое гетероциста?
4. Что такое трихом?
5. Что такое акинеты?
6. Каким способом размножаются цианобактерии?

Пример конспекта лекции.

Тема: «*Поверхностные структуры цианобактерий*».

Клетки цианобактерий имеют многослойную клеточную стенку, характерную для грамотрицательных бактерий. Наружный слой стенки представлен внешней мембраной, на поверхности которой у некоторых видов находится тонкий компактный белковый слой, сформированный регулярно расположенными субъединицами, называемый «S»-слоем. Белковые глобулы образуют гексагональные или тетрагональные структуры, у цианобактерий обычно гексагональные. «S»-слой обычно состоит из одного типа белка, иногда гликопротеина. «S»-слои были обнаружены у *Micricystis marginata*, *Synechococcus aquatilis*, *Synechocystis sp.*, *Microcystis firma*, *Synechoystis sp.*, *Synechococcus sp.* Обычно структура «S»-слоёв более чётко выявляется с помощью метода замораживания-скалывания, чем на ультратонких срезах. Считается, что «S»-слои несут защитную функцию, создавая дополнительный барьер между клеткой и средой.

Многие цианобактерии выделяют слизь, которая легко отмывается от клеток. Для обнаружения дополнительных образований используют краситель рутениевый красный, с его помощью выделяют внеклеточные полисахариды. На ультратонких срезах отмытых клеток даже при окраске не обнаруживаются дополнительные образования.

У некоторых представителей цианобактерий образуется внеклеточный слизистый слой, который обычно называют гликокаликсом. Он состоит в основном из кислых полисахаридов и имеет фибриллярное строение. Фибриллы располагаются параллельно или перпендикулярно клеточной стенке. Гликокаликс иногда выражен довольно четко, а иногда представлен тонким слоем, невидимым без окраски рутениевым красным.

Гликокаликс образуют как клетки бактерий, выращиваемые в культурах, так и развивающиеся в естественной среде. Морская цианобактерия *Agmenellum quadruplicatum* обладает гликокаликсом, который представлен сетью маленьких фибрилл (8,7-8,8 нм в диаметре), он присутствует на всех фазах роста, не исчезает при лимитировании питательных веществ и сохраняется при многолетнем культивировании в чистой культуре. У *Spirulina platensis* слизистые капсулы появляются только при выращивании культуры при 37 градусах. Очевидно, что гликокаликс позволяет переносить данной культуре неблагоприятное воздействие повышенной температуры. Полагают, что гликокаликс может защищать клетки от фагоцитоза, антибиотиков, антител, от вредных ионов. Таким образом, образование слизистых чехлов и капсул имеет для бактерий большое приспособительное значение.

Слизь, окружающая клетки цианобактерий, также выполняет определённую защитную функцию, предохраняя клетки от высыхания, а в некоторых случаях способствует их скользящему движению.

В слизистом слое, образуемом цианобактериями, могут накапливаться важные для их развития элементы. Однако сопутствующие бактерии при недостатке органических веществ начинают использовать вещества слизи, что отрицательно сказывается на развитии самих цианобактерий.

Многие цианобактерии имеют плотный чехол, легко обнаруживаемый на ультратонких срезах. Чехол выглядит гомогенным или фибриллярным, причём фибриллы направлены параллельно или перпендикулярно поверхности клетки. При использовании соответствующих цитохимических методов в чехлах удаётся обнаружить полисахариды. Хорошо различимый плотный чехол имеют представители родов: *Gloeotheca*, *Gloeobacter*, *Cyanotheca*. В состав чехла двух изученных штаммов *Gloeotheca* входят кислые полисахариды, а пространство между чехлом и внешней мембраной заполнено неплотной сетью полисахаридов. Плотными чехлами обладают представители родов *Calothrix*, *Hammatoidea*, *Lyngbya*, *Microchaeta*, *Phormidium*, *Tolypothrix*. У клеток в старых культурах чехол более мощный, чем в молодых. У молодых клеток *Nostoc sp.* фибриллярная структура чехла была отчётливо видна, а у старых не обнаруживалась совсем. В отличие от гликокаликсового слоя, который всегда плотно прилегает к внешней мембране и имеет диффузный наружный край, чехол отделен от внешней мембраны пространством, неплотно заполненным полисахаридами.

В зависимости от условий культивирования и типа метаболизма ультраструктура чехла может изменяться. Так при выращивании *Chlorogloea fritschii* в условиях автотрофного роста клетки имеют чехол, состоящий из двух слоёв: гомогенного (высокой электронной плотности) и фибриллярного. Клетки, выращенные на глюкозе, имеют чехол из рыхлого электронно-плотного материала; при выращивании на рибозе наблюдаются клетки со всеми перечисленными типами чехлов.

В чехлах *Chlorogloea fritschii* наблюдаются мембранные фрагменты, происходящие из наружной мембраны. В период интенсивного роста в автотрофных условиях наружная мембрана может инвагинировать в чехол. Пузырьки, локализованные в чехле, могут выполнять транспортную функцию. Пиневиц А.В. с соавторами обнаружили вхождение фрагментов внешней мембраны в чехол у одного из изученных штаммов *Anabaena variabilis*.

Химическая природа слизистых чехлов известна лишь для некоторых форм цианобактерий. Слизистые чехлы хорошо окрашиваются такими красителями, как

алциановый синий и рутениевый красный, - это говорит о том, что в их состав входят полисахариды. По составу слизистые чехлы часто близки к выделяемым в среду растворимым полисахаридам.

При кислотном гидролизе полисахарида слизи *Anabaena cylindrica* обнаружены глюкоза, ксилоза, галактоза, рамноза, арабиноза в соотношении 5:4:1:1:1. В состав полисахарида *Anabaena flos-aquae* входят галактоза, глюкуроновые кислоты, D-ксилоза и незначительное количество глюкозы.

Чехол штамма *Chlorogloeopsis*, имевший фибриллярную структуру, состоял из углеводов и белков. Среди углеводов были выделены: глюкоза, манноза, галактоза, арабиноза, ксилоза, неизвестный сахар и глюкуроновая кислота. Углеводы входили в состав двух различных полисахаридов. Один содержал глюкозу, арабинозу и ксилозу и очень мало галактозы, другой – в основном галактозу, глюкозу и маннозу, мало арабинозы и ксилозы.

Некоторые цианобактерии образуют пили или фимбрии. Они были обнаружены у *Anacystis nidulans* и *Synechococcus elongatus* методом электронно-микроскопической криофрактографии. На сколах было видно, что фибрии проходят через клеточную стенку и прикреплены к цитоплазматической мембране. Пили были отмечены у *Microcystis firma*, *Synechocystis sp.* у некоторых штаммов *Synechococcus*. Пили цианобактерий длинные, достаточно жесткие, у штамма *Synechocystis* CB3, исследованного Ваарой, они образованы пилином с молекулярной массой около 20 000.

У некоторых водных форм цианобактерий описаны так называемые иглы или спины, представляющие собой полые цилиндры длиной 100-1000 нм и шириной 85 нм. Ширина этих цилиндров одинакова на всем их протяжении, и в отличие от бактериальных спинов они не имеют характерного конического основания. Спины обнаруживаются на поверхностях всех клеток и на всех стадиях роста, кроме стадии позднего деления. Цилиндры регулярно исчерчены, авторы полагают, что эта исчерченность отражает укладку образующих спинов субъединиц в спираль с небольшим углом наклона. Спины увеличивают поверхность клеток и, возможно, уменьшают скорость погружения клеток.

Образцы вопросов для обсуждения на семинаре и дискуссионных вопросов.

1. Этапы развития представления о цианобактериях, история принадлежности к разным систематическим группам. Современная систематика цианобактерий. Сходства и различия с бактериальными клетками и клетками водорослей/растений. Общая характеристика цианобактериальной клетки.
2. Места обитания и условия, значение в природе. Физиологические особенности цианобактерий. Роль в эволюции фотосинтеза. Основные свойства цианобактерий
3. Структурно-функциональные особенности цианобактерий как прокариотных фототрофов с оксигенным фотосинтезом. Схема строения вегетативной клетки цианобактерии. Основные структурные компоненты вегетативной клетки цианобактерии, их функции.
4. Поверхностные структуры цианобактерий. Чехлы, капсулы, белковые или гликопротеиновые S-слои, пили, фимбрии, шипы (спицы). Их строение и функции, наличие у представителей разных порядков. Способность к прикреплению (адгезии) клеток цианобактерий.
5. Мембранная система цианобактериальной клетки. Состав и ультраструктура цитоплазматической мембраны. Проблема биогенеза тилакоидов. Структурная непрерывность мембранной системы как проявление общего принципа ее организации у прокариот. Морфология и ультраструктура тилакоидов. Структурно-функциональная лабильность мембран цианобактерий.
6. Организация генома. Размер генома. Количество ДНК на клетку. Строение нуклеотида. Репликация ДНК.
7. Нанноциты, эндоспоры, акинеты цианобактерий. Прорастание акинет. Гетероцисты, схема строения, физиологические особенности.
8. Схема основных путей преобразования энергии в мембранной системе цианобактерий. Ультраструктура различных цианобактерий при инкубировании в темноте и после перенесения на свет, при выращивании на ярком свете, при выращивании в темноте.
9. Токсины цианобактерий: значение в природе и для человечества, биологическая активность. Цитотоксины, дерматотоксины, гепатотоксины, нейротоксины – строение и действие.
10. Объекты, используемые в фотобиотехнологии. Пути использования биомассы цианобактерий. *Spirulina* – самый известный объект. Культиваторы – схемы строения. Примеры заводов, существующих на сегодняшний день в мире.

Образцы вопросов для итоговой контрольной работы.

1. Образцы контрольных вопросов по разделу «Общие представления о цианобактериях».

1. Морфологическое разнообразие цианобактерий.
2. Распространение цианобактерий в природе, особенности мест обитания.
3. Вариабельность метаболизма цианобактерий.

2. Образцы контрольных вопросов по разделу «Строение цианобактериальной клетки».

1. К какому морфотипу принадлежат цианобактерии, как можно его определить?
2. Чем различаются поверхностные структуры цианобактериальных клеток?
3. Состав и структура цитоплазматической мембраны цианобактерии

3. Образцы контрольных вопросов по разделу «Дифференцированные клетки цианобактерий».

1. Эндоспорообразование у цианобактерий.
2. В каких условиях у цианобактерий образуются акинеты, а в каких гормогонии?
3. Прорастание акинет.

4. Образцы контрольных вопросов по разделу «Функции, значение и строение метаболитов цианобактерий».

1. Классификация цианотоксинов по функциям и структуре.
2. Биологическое значение цианотоксинов.
3. Динамика продуцирования цианотоксинов в зависимости от фазы роста культуры.

5. Образцы контрольных вопросов по разделу «Цианобактерии в природных симбиозах».

1. Метаболическая пластичность симбиотических цианобактерий.
2. Таксономические группы высших растений, с которыми формируются симбиозы.
3. Роль поверхностных структур цианобактерий в формировании природных симбиозов.