

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Биологический факультет

Кафедра молекулярной биологии

СОГЛАСОВАНО

Председатель учебно-методической
комиссии биологического факультета
Поликсенова В.Д.


« 10 » ноября 2015 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан
биологического факультета
Лысак В.В.


« 10 » ноября 2015 г.

Регистрационный номер № УД- 419

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Регуляция метаболизма клетки

для специальности

1-31 01 01 Биология (по направлениям)

Составитель: канд. биол. наук, доцент Е.А. Николайчик

Рассмотрено и утверждено
на заседании
Научно-методического совета БГУ

« 11 » ноября 2015 г.

протокол № 2

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

кафедра биотехнологии и биоэкологии Белорусского государственного технологического университета;

заведующий лабораторией «Центр аналитических и генно-инженерных исследований» ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси»,
кандидат биологических наук Л.Н. Валентович

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	5
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	5
3. КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	8
Структура рейтинговой системы	8
Вопросы для самоконтроля	8
Темы рефератов	10
Вопросы для подготовки к экзамену	11
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	14
Учебно-программные материалы	14
Список рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов	14

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебно-методический комплекс (УМК) по учебной дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» создан в соответствии с требованиями Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования и предназначен для студентов специальностей 1-31 01 01 Биология (по направлениям). Содержание разделов УМК соответствует образовательным стандартам высшего образования данной специальности. Главная цель УМК – оказание методической помощи студентам в систематизации учебного материала в процессе подготовки к итоговой аттестации по курсу «Регуляция метаболизма клетки».

Структура УМК включает:

1. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

1.1. Теоретический раздел (учебное издание для теоретического изучения дисциплины в объеме, установленном типовым учебным планом по специальности).

1.2. Практический раздел (материалы для проведения лабораторных занятий по дисциплине в соответствии с учебным планом).

2. Контроль самостоятельной работы студентов (материалы текущей и итоговой аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к экзамену, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, тематика рефератов и др.).

3. Вспомогательный раздел.

3.1. Учебно-программные материалы (типовая учебная программа, учебные программы (рабочий вариант) для студентов дневной формы получения образования).

3.2. Информационно-аналитические материалы (список рекомендуемой литературы, перечень электронных образовательных ресурсов и их адреса и др.).

Работа с УМК должна включать на первом этапе ознакомление с тематическим планом дисциплины, представленным в типовой учебной программе. С помощью рабочего варианта учебной программы по дисциплине можно получить информацию о тематике лекций и лабораторных занятий, перечнях рассматриваемых вопросов и рекомендуемой для их изучения литературы. Для подготовки к лабораторным занятиям и промежуточным зачетам необходимо, в первую очередь, использовать материалы, представленные в разделе учебно-методическое обеспечение дисциплины, а также материалы для текущего контроля самостоятельной работы. В ходе подготовки к итоговой аттестации рекомендуется ознакомиться с требованиями к компетенциям по дисциплине, изложенными в типовой учебной программе, структурой рейтинговой системы, а также перечнем вопросов к экзамену. Для написания рефератов могут быть использованы информационно-аналитические материалы, указанные в соответствующем разделе УМК.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Курс лекций для студентов биологических специальностей учреждений, обеспечивающих получение высшего образования

Николайчик, Е.А. Регуляция метаболизма клетки : курс лекций / Е.А. Николайчик. – Минск: БГУ, 2006. – 165 с.

доступно по адресу <http://elib.bsu.by/handle/123456789/24479>

В учебном пособии изложены основные принципы контроля метаболизма клетки на различных уровнях экспрессии генетической информации. Рассматриваются сигнальные системы и механизмы адаптации клетки к различным стрессам. Освещены особенности сортировки белков по компартментам клетки и секреции за ее пределы. Рассматривается регуляция клеточного деления. Предназначено для студентов биологических специальностей учреждений, обеспечивающих получение высшего образования.

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В соответствии с учебным планом практические занятия проходят в форме семинаров, на которых рассматриваются вопросы регуляции индивидуального развития организма и закрепляется материал, изложенный в ходе лекций.

Изучаемые на практических занятиях вопросы распределяются по темам следующим образом:

Семинар №1. Регуляция транскрипции.

Понятие о единице транскрипции. Опероны у про- и эукариот. Инициация и терминация транскрипции как процессы, в наибольшей степени подверженные контролю.

Регуляторные белки (транскрипционные факторы): структура, связывание с ДНК, взаимодействие с РНК-полимеразой и между собой, механизм репрессии и активации транскрипции. Значение ди- и олигомеризации регуляторных белков. Основные белковые домены, узнающие специфические последовательности ДНК (спираль-поворот-спираль, спираль-петля-спираль, гомеодомен, "лейциновая застезка", "цинковые пальцы"). Модули последовательностей ДНК, узнаваемые регуляторными белками (промоторы и энхансеры, операторы). Промоторы эукариот: размеры, положение, структура и механизм распознавания различными РНК-полимеразами. Промоторные элементы, контролирующие точку инициации и интенсивность транскрипции.

Стадии инициации транскрипции. Различия механизмов инициации у про- и эукариот.

Опероны бактерий. Понятие об индуцибельных и репрессибельных оперонах. Негативная и позитивная регуляция оперонов бактерий на примере лактозного, арабинозного и триптофанового оперона. Понятие о регулоне. Регуляторная роль бактериальной фосфотрансферазной системы. Механизмы катаболитной репрессии.

Контроль утилизации галактозы у дрожжей. Модульная организация регуляторных белков. Дрожжевые двухгибридные системы.

Контроль терминации транскрипции. Антитерминация. Белки N и Q фага *λ*. *nut*-сайты и Nus-белки. *bgl*-оперон.

Семинар №2. Посттранскрипционная регуляция.

Контроль процессинга пре-мРНК (транс-сплайсинг, альтернативный сплайсинг, альтернативное полиаденилирование).

Регуляция стабильности мРНК. Факторы, влияющие на стабильность мРНК. РНКазы, участвующие в деградации мРНК (РНКаза E, РНКаза III, полинуклеотидфосфорилаза, РНКаза II). Мультибелковые комплексы деградации РНК. РНК-хеликазы в деградации РНК. Действие полиаденилирования на стабильность бактериальных и эукариотических мРНК.

Участие нетранслируемых молекул РНК в регуляции: контроль инициации репликации ДНК, процессинга РНК и ее трансляции. Антисмысловая РНК. МикроРНК как регулятор. РНК-интерференция.

Семинар №3. Посттрансляционная регуляция и межклеточные коммуникации.

Фолдинг и деградация белков как компоненты регуляторных систем. Формирование нативной трехмерной структуры белков. Молекулярные шапероны семейств Hsp60 и Hsp70 у про- и эукариот. Рабочий цикл шаперонных комплексов GroELS и DnaKJ-GrpE. Участие молекулярных шаперонов в регуляторных процессах.

Деградация белков: АТФ-зависимые протеазы прокариот и 26S-протеасома эукариот. Механизм распознавания аномальных белков. Система убиквитинирования белков эукариот. Роль контролируемого протеолиза в регуляции метаболизма у про- и эукариот.

Автоиндукторы бактерий и их синтез. Роль АГСЛ-сигналов в экологии бактериальных популяций. Контроль биолюминесценции у *Vibrio fischeri*. Регуляция синтеза экзоферментов и антибиотиков у пектобактерий.

Рецепторы стероидных гормонов животных.

Семинар №4. Сенсорные системы.

Общие принципы сенсорной регуляции. Передача информации через клеточную мембрану. Белковые каналы, транспортеры и рецепторы.

Рецепторная функция воротных каналов. Роль киназ и G-белков в регуляции.

Двухкомпонентные сенсорные системы. Структура сенсоров и регуляторов и их функционирование. Архитектура регуляторных систем. Фосфотрансляционные системы. Работа двухкомпонентной системы EnvZ/OmpR при осморегуляции. Распространение двухкомпонентных сенсорных систем у различных представителей про- и эукариот.

Хемотаксис у бактерий

Устройство и принцип действия двигательного аппарата бактерий.

Регуляция синтеза жгутикового аппарата. Белковый аппарат хемотаксиса. Рецепторы хемотаксиса. Цитоплазматические сигнальные белки и регуляторный механизм хемотаксиса. Метилазы хемотаксиса и сенсорная адаптация.

Сенсорные процессы и внутриклеточная регуляция у эукариот.

Сенсорные механизмы эукариот. Компоненты сигнальных путей (рецепторы, G-белки, адапторы, эффекторы, вторичные мессенджеры). Киназы как компоненты сигнальных путей. Типы протеинкиназ. Способы передачи сигнала через клеточную мембрану. Типы трансмембранных рецепторов и механизмы их активации. Тримерные и мономерные G-белки: структура и принцип действия. Способы передачи сигнала в ядро. Контроль специфичности сигнализации. Сигнальные пути cAMP-PKA, TGF β -Smad, JAK-STAT и Ras-MAPK.

Особенности сенсорных процессов у растений. Различия сенсорных процессов растений и животных. Молекулярные механизмы действия основных фитогормонов и света на метаболизм клеток растений (на уровне транскрипционного контроля). Особенности строения мембранных рецепторов растений. LRR-домен. Принцип детекции патогенов и активации защитных ответов растений. Молекулярный контроль пролиферации и дифференциации клеток меристемы.

Семинар №5. Адаптация к стрессовым условиям и контроль локализации белков.

Контроль стрессовых регулонов бактерий при помощи альтернативных σ -факторов РНК-полимеразы. Физиологические функции, находящиеся под контролем альтернативных сигма-факторов. Промоторы и регуляторные белки, участвующие во взаимодействии с альтернативными сигма-факторами.

Общий стресс: регулон RpoS.

Периплазматический стресс: регулон RpoE.

Температурный шок. Контроль регулона теплового шока у различных бактерий. Тепловой шок у дрожжей.

Холодовой шок.

Кислородный стресс и редокс контроль. Активные формы кислорода: их повреждающее действие и механизм инактивации. Причина кислородного стресса. Механизмы окислительных повреждений клетки. Защита от окислительного стресса. Регулоны SoxRS и OxyR. Адаптация к анаэробнозису. Белок FNR как сенсор кислорода.

Утилизация азота. Детекция внутриклеточной концентрации азота, компоненты регуляторной системы. Структура и особенности функционирования белков RpoN и NtrC.

Секреция белков. Сходство и различия секреторных аппаратов про- и эукариот. Сигналы секреции и внутриклеточной локализации: общие принципы. Секреция белков у прокариот: Sec-аппарат, системы секреции I-IV типов (организация, субстратспецифичность, регуляция).

Распределение белков по компартментам клетки эукариот. Котрансляционная транслокация белков в полость эндоплазматического ретикулума. SRP-частица и ее рецептор. Модификации белков в полости ЭР и их последующая сортировка. Транспорт белков в митохондрии и хлоропласты, контроль локализации белков внутри этих органелл. Транспорт белков через ядерные поры и его контроль.

Семинар №6. Контроль клеточного цикла.

Взаимосвязь инициации репликации и деления клетки. Контроль эукариотического клеточного цикла. Циклины и циклинзависимые киназы. Роль протеолиза в контроле клеточного цикла.

Деление бактериальной клетки и его регуляция. Особенности организации генов, участвующих в делении клеток и их функции. Регуляция клеточного цикла у *Escherichia coli* и *Caulobacter crescentus*. Споруляция у *Bacillus subtilis*: механизм принятия решения о начале споруляции и каскадная активация альтернативных сигма-факторов на разных стадиях споруляции.

3. КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Структура рейтинговой системы

Структура рейтинговой системы приведена в учебной программе по учебной дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» по специальности 1-31 01 01 Биология (по направлениям) для студентов дневной формы обучения, которая доступна по адресу:

<http://elib.bsu.by/handle/123456789/105419>

Вопросы для самоконтроля

Лекция №1.

1. Необходимость регуляции процессов метаболизма в клетках бактерий. Уровни регуляции метаболизма. Общая характеристика регуляторных механизмов.
2. Принципы действия основных регуляторных механизмов.
3. Регуляция метаболизма на уровне транскрипции.
4. Понятие об индуцибельных и репрессибельных оперонах.
5. Негативная и позитивная регуляция.
6. Регуляция инициации транскрипции.
7. Взаимодействие регуляторных белков с ДНК.
8. Индукция и репрессия, молекулярные механизмы этих процессов.

Лекция №2.

1. Регуляция Lac-оперона.
2. Регуляция арабинозного оперона.
3. Регуляция триптофанового оперона.
4. Регуляция посредством аттенуации.
5. Регуляция посредством антитерминации.

6. Альтернативные σ -факторы РНК-полимеразы.
7. Промоторы и регуляторные белки, участвующие во взаимодействии с сигма-факторами.
8. Каскадная регуляция экспрессии крупных оперонов и регулонов.
9. Фаговые сигма-факторы и РНК-полимеразы.
10. Фосфотрансферазная система для глюкозы и других сахаров: механизм транспорта углеводов в клетки.
11. Механизмы катаболитной репрессии.

Лекция №3.

1. Принципы посттранскрипционной регуляции экспрессии.
2. Регуляторные некодирующие РНК
3. CRISPR/Cas система бактерий: антивирусная защита и перспективы использования в геномной инженерии
4. Микро-РНК как регулятор
5. Механизм РНК-интерференции

Лекция №4.

1. Роль молекулярных шаперонов в клетке.
2. Структура и принцип действия шаперона DnaKJ-GrpE
3. Структура и принцип действия шаперонина GroELS
4. Протеолиз и регуляция метаболизма.
5. Система общей деградации белков и ее функционирование в клетке.
6. АТФ-зависимые протеазы прокариот.
7. Механизм деградации белков в эукариотической клетке.

Лекция №5.

1. Межклеточные сигналы у бактерий.
2. Роль сигналов в жизненном цикле *Mycobacterium xanthus*.
3. Автоиндукторы у *Vibrio* и других грамотрицательных бактерий.
4. Межклеточные сигналы у эукариот
5. Механизм действия стероидных гормонов у животных

Лекция №6-8.

1. Сигнальные системы бактериальных клеток.
2. Структура сенсоров и регуляторов и их функционирование.
3. Роль фосфорилирования белков в регуляции метаболизма.
4. Осморегуляция.
5. Контроль хемотаксис.
6. Основные принципы и механизм переключения направления движения.
7. Регуляция факторов вирулентности бактерий
8. Сигнальный путь cAMP-РКА (рецепция адреналина),
9. TGF β -Smad,
10. Сигнальный путь JAK-STAT (рецепция интерферона)
11. Сигнальный путь Ras-МАРК.
12. Особенности сигнализации в клетках растений.

Лекция №9.

1. Механизмы контроля теплового шока.
2. Механизмы контроля холодового шока.
3. Окислительный стресс.
4. Механизм детекции активных форм кислорода.
5. Адаптация к низким и высоким концентрациям азота.

Лекция №10.

1. Взаимосвязь инициации репликации и деления клетки.
2. Принципы контроля эукариотического клеточного цикла.
3. Аппарат деления бактериальной клетки и принципы его регуляции.
4. Регуляция деления клетки *Escherichia coli*
5. Регуляция клеточного цикла *Caulobacter crescentus*.
6. Механизм принятия решения о начале споруляции у *Bacillus subtilis*.
7. Каскадная активация альтернативных сигма-факторов на разных стадиях споруляции *Bacillus subtilis*.

Лекция №11.

1. Механизмы транслокации белков через цитоплазматическую мембрану.
2. Сигнальные последовательности секретируемых белков. Специфичность аппарата секреции.
3. Секреторные системы I типа. Структура, функции, специфичность.
4. Секреторные системы II типа. Структура, функции, специфичность.
5. Секреторные системы III типа. Структура, функции, специфичность.
6. Секреторные системы IV и V типа (автотранспортеры).
7. Принципы сортировки белков по компартментам эукариотической клетки.
8. Механизмы ядерного транспорта белков.

Темы рефератов

1. Уровни регуляции метаболизма: их преимущества и недостатки.
2. Сходство и различие промоторов про-и эукариот и механизмов контроля транскрипции
3. Принципы негативной и позитивной регуляции транскрипции
4. Контроль транскрипции на стадии терминации.
5. Контроль инициации репликации ДНК у про- и эукариот: сходство и различия.
6. Контроль процессинга пре-мРНК (транс-сплайсинг, альтернативный сплайсинг, альтернативное полиаденилирование)
7. Регуляция стабильности мРНК
8. РНК-интерференция
9. Формирование нативной трехмерной структуры белков: роль молекулярных шаперонов.
10. Контролируемый протеолиз: АТФ-зависимые протеазы прокариот и 26S-протеасома эукариот.
11. Межклеточные коммуникации у бактерий при помощи автоиндукторов.
12. Принципы распределения белков по компартментам клетки эукариот.

13. Устройство и принципы действия бактериальных систем секреции белков
14. Структура белков-регуляторов транскрипции и механизм их взаимодействия с ДНК.
15. Двухкомпонентные регуляторные системы: принцип действия и примеры.
16. Регуляция бактериального хемотаксиса
17. Сигнальные пути в клетках животных
18. Сигнальные пути в клетках растений.
19. Адаптация к замедлению скорости роста: общий стресс
20. Механизмы адаптации клетки к тепловому шоку
21. Механизмы адаптации клетки к холодному шоку
22. Механизмы адаптации клетки к окислительному стрессу
23. Механизмы адаптации клетки к различным концентрациям азота.
24. Принципы внутри- и внеклеточной сортировки белков. Сигналы локализации и сигнальные пептиды
25. Характеристика бактериальных систем секреции
26. Контроль деления клетки у бактерий
27. Принципы контроля клеточного цикла у эукариот

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Регуляторные белки (транскрипционные факторы): структура, связывание с ДНК, взаимодействие с РНК-полимеразой и между собой, механизм репрессии и активации транскрипции. Значение ди- и олигомеризации регуляторных белков.
2. Роль АГСЛ-сигналов в экологии бактериальных популяций. Контроль биолюминесценции у *Vibrio fischeri*.
3. Основные белковые домены, узнающие специфические последовательности ДНК (спираль-поворот-спираль, спираль-петля-спираль, гомеодомен, "лейциновая застежка", "цинковые пальцы").
4. РНК-интерференция: молекулярный механизм и значение для клетки. Автоиндукторы бактерий и их синтез.
5. Модули последовательностей ДНК, узнаваемые регуляторными белками (промоторы и энхансеры, операторы). Промоторы эукариот: размеры, положение, структура и механизм распознавания различными РНК-полимеразами. Промоторные элементы, контролирующие точку инициации и интенсивность транскрипции.
6. Регуляция стабильности мРНК. Факторы, влияющие на стабильность мРНК. РНКазы, участвующие в деградации мРНК (РНКаза E, РНКаза III, полинуклеотидфосфорилаза, РНКаза II). Мультибелковые комплексы деградации РНК. РНК-хеликазы в деградации РНК. Действие полиаденилирования на стабильность бактериальных и эукариотических мРНК.

7. Принципы контроля экспрессии генов на разных стадиях споруляции *Bacillus subtilis*.
8. Периплазматический стресс: регулон RpoE.
9. Особенности сенсорных процессов у растений. Различия сенсорных процессов растений и животных. Молекулярные механизмы действия основных фитогормонов и света на метаболизм клеток растений (на уровне транскрипционного контроля).
10. Деградация белков: АТФ-зависимые протеазы прокариот и 26S-протеасома эукариот. Механизм распознавания аномальных белков. Система убиквитинирования белков эукариот. Роль контролируемого протеолиза в регуляции метаболизма у про- и эукариот.
11. Типы трансмембранных рецепторов эукариот: структура, механизм активации и дальнейшей передачи сигнала.
12. Формирование нативной трехмерной структуры белков. Рабочий цикл шаперонного комплекса DnaKJ-GrpE.
13. Утилизация азота у бактерий. Детекция внутриклеточной концентрации азота, компоненты регуляторной системы. Структура и особенности функционирования белков RpoN и NtrC.
14. Сигнальный путь JAK-STAT в клетках животных
15. Контроль терминации транскрипции. Аттенуация транскрипции. N и Q белки фага ϕ . nut-сайты и Nus-белки. Регуляция посредством антитерминации. Принцип действия и примеры антитерминаторов.
16. Участие нетранслируемых молекул РНК в регуляции: контроль инициации репликации ДНК, процессинга РНК и ее трансляции. Антисмысловая РНК. МикроРНК как регулятор.
17. Особенности строения мембранных рецепторов растений. LRR-домен. Принцип детекции патогенов и активации защитных ответов растений. Молекулярный контроль пролиферации и дифференциации клеток меристемы.
18. Тепловой шок. Механизм контроля регулона теплового шока у различных бактерий.
19. G-белки как компоненты сигнальных путей. Тримерные и мономерные G-белки: структура и принцип действия. Примеры сигнальных путей с участием G-белков.
20. Секреция белков у прокариот: общие принципы. Молекулярный механизм функционирования Sec-аппарата.
21. Фосфотрансферазная система для глюкозы и других сахаров. Характеристика компонентов ФТС. Структура и свойства ферментов I, II, белка Hrg. Транспорт ФТС-углеводов в клетки. Регуляторная роль бактериальной фосфотрансферазной системы. Механизмы катаболитной репрессии.
22. Система секреции II типа бактерий. Механизм транспорта белков через цитоплазматическую и внешнюю мембраны клетки.

23. Холодовой шок. Белки холодового шока и основные регуляторные механизмы, контролирующие адаптацию клетки.
24. Контроль процессинга пре-мРНК (транс-сплайсинг, альтернативный сплайсинг, альтернативное полиаденилирование).
25. Кислородный стресс и редокс контроль. Активные формы кислорода: их повреждающее действие и механизм инактивации. Защита от окислительного стресса. Регулоны SoxRS и OxyR. Адаптация к анаэробноз. Белок FNR как сенсор кислорода.
26. Распределение белков по компартментам клетки эукариот. SRP-частица и ее рецептор. Транспорт белков в митохондрии и хлоропласты, контроль локализации белков внутри этих органелл. Транспорт белков через ядерные поры.
27. Регуляция клеточного деления у прокариот. Особенности организации генов, участвующих в делении клеток и их функции. Контроль деления клетки *Escherichia coli*.
28. Система секреции III типа бактерий. Структура, принципы функционирования, регуляция.
29. Рабочий цикл шаперонина GroEL. Участие молекулярных шаперонов в регуляторных процессах.
30. Рецепторы стероидных гормонов животных: структура, принцип действия и механизм распознавания сайтов связывания в ДНК.
31. Регуляция клеточного цикла *Caulobacter crescentus*.
32. Сигнальный путь Ras-МАРК в клетках животных
33. Контроль эукариотического клеточного цикла. Циклины и циклинзависимые киназы. Роль протеолиза в контроле клеточного цикла. Взаимосвязь инициации репликации и деления клетки.
34. Альтернативные σ -факторы РНК-полимеразы. Промоторы и регуляторные белки, участвующие во взаимодействии с сигма-факторами. Общий стресс: регулон RpoS.
35. Опероны бактерий. Понятие об индуцибельных и репрессибельных оперонах. Негативная и позитивная регуляция оперонов бактерий на примере лактозного, арабинозного и триптофанового оперона. Понятие о регулоне.
36. Споруляция *Bacillus subtilis*. Морфология споруляции и номенклатура генов споруляции. Сенсорная система, контролирующая инициацию споруляции.
37. Двухкомпонентные сенсорные системы. Структура сенсоров и регуляторов и их функционирование. Фосфотрансляционные системы. Работа двухкомпонентной системы EnvZ/OmpR при осморегуляции. Распространение двухкомпонентных сенсорных систем у различных представителей про- и эукариот.
38. Сигнальный путь TGF β -Smad в клетках животных.

39. Хемотаксис у бактерий. Устройство и принцип действия двигательного аппарата бактерий. Регуляция синтеза жгутикового аппарата. Белковый аппарат хемотаксиса. Рецепторы хемотаксиса. Цитоплазматические сигнальные белки и регуляторный механизм хемотаксиса. Метилазы хемотаксиса и сенсорная адаптация.
40. Сигнальный путь сАМР-РКА в клетках животных

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учебно-программные материалы

Мультимедийные презентации по всем лекциям курса доступны через систему e-University по адресу <http://euniversity.bsu.by>.

Учебная программа по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» по специальности 1-31 01 01 Биология (по направлениям) доступна по адресу:

<http://elib.bsu.by/handle/123456789/133694>

Учебная программа (рабочий вариант) по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» по специальности 1-31 01 01 Биология (по направлениям) доступна по адресу:

<http://elib.bsu.by/handle/123456789/105419>

Список рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов

Список рекомендуемой литературы и Интернет-ресурсов приведен в учебной программе по дисциплине «Регуляция метаболизма клетки» по специальности 1-31 01 01 Биология (по направлениям), которая доступна по адресам:

<http://elib.bsu.by/handle/123456789/105419>