

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по учебной работе

_____ Василенко В.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

«30» мая 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая и молекулярная биология

(наименование в соответствии с РУП)

Направление подготовки (специальность)

19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль)

Промышленная и пищевая биотехнология

(

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Воронеж

1. Цели и задачи дисциплины

1. Целью освоения дисциплины (модуля) является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

22 Пищевая промышленность, включая производство напитков и табака (в сферах: производства пищевого белка, ферментных препаратов, пребиотиков, пробиотиков, синбиотиков, функциональных пищевых продуктов (включая лечебные, профилактические и детские), пищевых ингредиентов, в том числе витаминов и функциональных смесей; глубокой переработки пищевого сырья; производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности);

26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: производства продуктов ферментативных реакций, микробиологического синтеза и биотрансформаций; переработки и обезвреживания промышленных и коммунальных стоков; предотвращения и ликвидации последствий вредного антропогенного воздействия на окружающую среду техногенной деятельности);

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов:

- научно-исследовательский;
- производственно-технологический;
- организационно-управленческий;
- проектный.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта с учетом профессиональных стандартов (ФГОС ВО), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.08.2021 № 736 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология"

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИД1 _{УК-1} - Анализирует поставленную задачу и осуществляет поиск необходимой информации для ее решения ИД2 _{УК-1} – Решает поставленные задачи, используя системный подход, на основе критического анализа и синтеза информации и оценивает последствия возможных решений

2	ПКв-2	Способен проводить научно-исследовательские работы и маркетинговые исследования в области прогрессивных биотехнологий и новой биотехнологической продукции для пищевой промышленности с целью поиска и разработки новых эффективных путей получения биотехнологических продуктов, создания современных биотехнологий, в том числе биотехнологий, технологий рекомбинантных дезоксирибонуклеиновых кислот, клеточных технологий	ИД1 _{ПКв-2} – Проводит исследования свойств продовольственного сырья, пищевых макро- и микроингредиентов, технологических добавок и улучшителей для выработки готовых изделий с заданным функциональным составом и свойствами
---	-------	--	--

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{УК-1} - Анализирует поставленную задачу и осуществляет поиск необходимой информации для ее решения	Знает: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях
	Умеет: пользоваться научной и справочной литературой по курсу общей и молекулярной биологии;
	Владеет: навыками сбора, обработки, критического анализа и систематизации информации по теме исследования
ИД2 _{УК-1} – Решает поставленные задачи, используя системный подход, на основе критического анализа и синтеза информации и оценивает последствия возможных решений	Знает: структуру и свойства белков и нуклеиновых кислот; молекулярные механизмы воспроизводства и передачи наследственной информации; структурно-функциональную организацию генетического аппарата эукариотических и прокариотических клеток
	Умеет: анализировать особенности функционирования внутриклеточных структур в различных биологических системах; планировать эксперименты в области молекулярной биологии клетки.
	Владеет: современными средствами исследования клеточных компартментов
ИД1 _{ПКв-2} – Проводит исследования свойств продовольственного сырья, пищевых макро- и микроингредиентов, технологических добавок и улучшителей для выработки готовых изделий с заданным функциональным составом и свойствами	Знает: современные достижения в области молекулярной биологии
	Умеет: внедрять современные наукоемкие технологии в научные исследования.
	Владеет: методами выделения и идентификации молекул ДНК из живых клеток.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП ВО/СПО

Дисциплина относится к *части, формируемой участниками образовательных отношений* Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин: *Введение в технологию отрасли*.

Дисциплина является предшествующей для изучения: *Биохимия, Теоретические основы биотехнологии, Промышленная биотехнология, Генная инженерия*

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего академических часов	Распределение трудоемкости по семестрам, ч	
		3 семестр	4 семестр
		акад. ч	акад. ч
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	216	108	108
Контактная работа в т. Ч. Аудиторные занятия:	135,5	61,6	73,9
Лекции	66	30	36
Практические/лабораторные занятия	66	30	36
<i>в том числе в форме практической</i>	66	30	36

<i>подготовки</i>			
Консультации текущие	3,3	1,5	1,8
Консультации перед экзаменом			
Вид аттестации (зачет/экзамен)	0,2	0,1	0,1
Самостоятельная работа:	80,5	46,4	34,1
Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	49	25	24
Подготовка к практическим/лабораторным занятиям	20,5	16,4	4,1
Курсовой проект/работа			
Домашнее задание, реферат,			
Подготовка к выполнению тестовых заданий	11	5	6
Подготовка к экзамену			

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (указываются темы и дидактические единицы)	Трудоемкость раздела, ак.ч
1	Биология как наука	Понятие жизни. Основные свойства и уровни организации живого.	56,4
2	Биология клетки	Клетка – элементарная единица организации живого. Химический состав клетки. Структурно-функциональная организация клетки. Межклеточные контакты. Транспортные системы клетки. Электрохимический потенциал мембран. Жизненный цикл клетки.	18
3	Организм как уровень организации живого	Нетипичные формы митоза. Размножение и развитие организмов. Типы бесполого размножения. Половое размножение без оплодотворения (партеногенез). Онтогенез и его периодизация.	8
4	Термодинамика биологических процессов	Первый и второй закон термодинамики. Стационарное состояние. Теорема Пригожина. Термодинамическое равновесие. Устойчивое и неустойчивое стационарное состояние. Принцип Ле-Шателье.	12
5	Эволюционное учение	Факторы эволюционного процесса. Адаптация как результат взаимодействия факторов эволюции. Видообразование. Основные направления эволюционного процесса. Правила и закономерности эволюционного явления. Принципы молекулярной эволюции.	12
6	Введение в молекулярную биологию	Понятие молекулярной биологии, история ее возникновения. Цели и задачи дисциплины.	9
7	Поток информации в клетке	Строение нуклеиновых кислот. Особенности строения и роль матричной РНК. Структура и функции транспортной РНК. Структура и	13

		функции рибосомной РНК и рибосом. Концепция «мир РНК». Первичная, вторичная и третичная структура ДНК. Разнообразие форм ДНК. Полиморфизм двойной спирали ДНК (семейства ДНК).	
8	Методы молекулярной биологии клетки	Качественные реакции на нуклеиновые кислоты. Количественный анализ нуклеиновых кислот, Выделение геномной ДНК из тканей и культуры клеток млекопитающих и растений. Выделение суммарной РНК из тканей животных и культуры клеток млекопитающих и растений. Электрофорез нуклеиновых кислот в агарозном геле. Оптимизация ПЦР-амплификации ДНК. Молекулярно-генетические методы исследования нуклеиновых кислот: различные типы ПЦР, биочипы, секвенирование (hiseq, miseq, Максаму-Гилберту, Сэнгера).	45,1
9	Основные этапы реализации генетической информации в клетке.	Репликация ДНК. Место репликации ДНК в клеточном цикле. Общая характеристика репликации ДНК. Особенности механизма. Компоненты ферментного комплекса. Репликация теломерных отделов ДНК. Функции теломер. Буферные теломерные последовательности. Удлинение теломер с помощью теломеразы. Механизм действия теломеразы. Механизм ALT. Транскрипция. Механизм транскрипции. Конвейерный характер процесса. Ингибиторы транскрипции. Продукты транскрипции. Созревание (процессинг) РНК. Механизм сплайсинга. Распад мРНК. Влияние продуктов трансляции на распад мРНК. Трансляция. Функциональные центры рибосом. Этапы трансляции. Особенности трансляции у прокариот и в митохондриях. Ингибиторы трансляции у про- и эукариот. Фолдинг белков. Факторы фолдинга. Шапероны. Прионы. Распад белков. Метилирование ДНК. Метилирование цитозина в ДНК у эукариот. Функции метилирования ДНК. Система рестрикции у бактерий. Действие ДНК-метиلاз и рестриктаз. Метилирование ДНК, связанное с репарацией ошибок репликации.	15
10	Различные типы рекомбинаций и их роль.	Генетическая рекомбинация. Различные типы рекомбинаций. Модель Холлидея. Модель рекомбинации на основе репарации двуцепочечных разрывов ДНК. Сайт-специфическая рекомбинация. Транспозиция. Незаконная рекомбинация. Рекомбинационные перестройки геномов. Эволюционная роль рекомбинаций.	7
11	Механизмы поддержания генетического гомеостаза.	Репарация генетических повреждений. Типы репарации ДНК. Основные принципы различных реакций репарации. Распространенность репарирующих систем в живом мире. Дефекты репа-	17

	рациональных систем и наследственные болезни.	
	<i>Консультации текущие</i>	3,3
	<i>Консультации перед экзаменом</i>	
	<i>Зачет</i>	0,2

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. ч	Практические/лабораторные занятия, ак. ч	СРО, ак. ч
1	Биология как наука	4	30	22,4
2	Биология клетки	12	-	6
3	Организм как уровень организации живого	2	-	6
4	Термодинамика биологических процессов	6	-	6
5	Эволюционное учение	6	-	6
6	Введение в молекулярную биологию	4		5
7	Поток информации в клетке	8		5
8	Методы молекулярной биологии клетки	-	36	9,1
9	Основные этапы реализации генетической информации в клетке.	10		5
10	Различные типы рекомбинаций и их роль.	2		5
11	Механизмы поддержания генетического гомеостаза.	12		5
	<i>Консультации текущие</i>		3,3	
	<i>Консультации перед экзаменом</i>			
	<i>Зачет</i>		0,2	

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак. ч
1	Биология как наука	Понятие жизни. Основные свойства и уровни организации живого.	4
2	Биология клетки	Клетка – элементарная единица организации живого. Химический состав клетки. Структурно-функциональная организация клетки. Межклеточные контакты. Транспортные системы клетки. Электрохимический потенциал мембран. Жизненный цикл клетки.	12
3	Организм как уровень организации живого	Нетипичные формы митоза. Размножение и развитие организмов. Типы бесполого размножения. Половое размножение без оплодотворения (партогенез). Онтогенез и его периодизация.	2
4	Термодинамика	Первый и второй закон термодинамики. Стаци-	6

	биологических процессов	онарное состояние. Теорема Пригожина. Термодинамическое равновесие. Устойчивое и неустойчивое стационарное состояние. Принцип Ле-Шателье.	
5	Эволюционное учение	Факторы эволюционного процесса. Адаптация как результат взаимодействия факторов эволюции. Видообразование. Основные направления эволюционного процесса. Правила и закономерности эволюционного явления. Принципы молекулярной эволюции.	6
6	Введение в молекулярную биологию	Понятие молекулярной биологии, история ее возникновения. Цели и задачи дисциплины.	4
7	Поток информации в клетке	Строение нуклеиновых кислот. Особенности строения и роль матричной РНК. Структура и функции транспортной РНК. Структура и функции рибосомной РНК и рибосом. Концепция «мир РНК». Первичная, вторичная и третичная структура ДНК. Разнообразие форм ДНК. Полиморфизм двойной спирали ДНК (семейства ДНК).	8
8	Методы молекулярной биологии клетки	-	-
9	Основные этапы реализации генетической информации в клетке.	Репликация ДНК. Место репликации ДНК в клеточном цикле. Общая характеристика репликации ДНК. Особенности механизма. Компоненты ферментного комплекса. Репликация теломерных отделов ДНК. Функции теломер. Буферные теломерные последовательности. Удлинение теломер с помощью теломеразы. Механизм действия теломеразы. Механизм ALT. Транскрипция. Механизм транскрипции. Конвейерный характер процесса. Ингибиторы транскрипции. Продукты транскрипции. Созревание (процессинг) РНК. Механизм сплайсинга. Распад мРНК. Влияние продуктов трансляции на распад мРНК. Трансляция. Функциональные центры рибосом. Этапы трансляции. Особенности трансляции у прокариот и в митохондриях. Ингибиторы трансляции у про- и эукариот. Фолдинг белков. Факторы фолдинга. Шапероны. Прионы. Распад белков. Метилирование ДНК. Метилирование цитозина в ДНК у эукариот. Функции метилирования ДНК. Система рестрикции у бактерий. Действие ДНК-метиляз и рестриктаз. Метилирование ДНК, связанное с репарацией ошибок репликации.	10
10	Различные типы рекомбинаций и их роль.	Генетическая рекомбинация. Различные типы рекомбинаций. Модель Холлидея. Модель рекомбинации на основа репарации двуцепочечных разрывов ДНК. Сайт-специфическая ре-	2

		комбинация. Транспозиция. Незаконная рекомбинация. Рекомбинационные перестройки геномов. Эволюционная роль рекомбинаций.	
11	Механизмы поддержания генетического гомеостаза.	Репарация генетических повреждений. Типы репарации ДНК. Основные принципы различных реакций репарации. Распространенность репарирующих систем в живом мире. Дефекты репарационных систем и наследственные болезни.	12

5.2.2 Практические занятия (семинары) не предусмотрены

5.2.3 Лабораторный практикум

№ п /п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ак. ч
1	Биология как наука	Организация геномов вирусов, прокариот и эукариот.	30
2	Биология клетки		
3	Организм как уровень организации живого	-	
4	Термодинамика биологических процессов		
5	Эволюционное учение		
6	Введение в молекулярную биологию		
7	Поток информации в клетке	-	
8	Методы молекулярной биологии клетки	Качественные реакции на нуклеиновые кислоты. Количественный анализ нуклеиновых кислот. Выделение геномной ДНК с использованием СТАВ-буфера Выделение РНК методом фенол-хлороформной экстракции и тризольным методом Электрофорез нуклеиновых кисло. Оптимизация ПЦР-амплификации ДНК. Электронная микроскопия. Спектрофотометрия. Современные методы секвенирования ((hiseq, ion-torrent, miseq). Проницаемость биологических мембран. Кариолизис, кариорексис, кариопикноз – цитологические проявление апоптоза клетки.	36
9	Основные этапы реализации генетической информации в клетке.		
10	Различные типы рекомбинаций и их роль.		

11	Механизмы поддержания генетического гомеостаза.		
----	---	--	--

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, ак. ч
1	Биология как наука	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	5
		Подготовка к лабораторным занятиям	16,4
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1
2	Биология клетки	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	5
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1
3	Организм как уровень организации живого	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	5
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1
4	Термодинамика биологических процессов	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	5
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1
5	Эволюционное учение	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	5
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1
6	Введение в молекулярную биологию	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	4
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1
7	Поток информации в клетке	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	4
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1
8	Методы молекулярной биологии клетки	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	4
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1
		Подготовка к лабораторным занятиям	4,1
9	Основные этапы реализации генетической информации в клетке.	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	4
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1
10	Различные типы рекомбинаций и их роль.	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	4
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1
11	Механизмы поддержания генетического гомеостаза.	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	4
		Подготовка к выполнению тестовых заданий	1

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Основная литература

1. Кузнецова, Т. А. Общая биология : учебное пособие для спо / Т. А. Кузнецова, И. А. Баженова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-8543-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/177026>

2. Резяпкин, В. И. Основы молекулярной биологии: практикум : учебное пособие / В. И. Резяпкин. — 4-е изд., перераб. — Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы, 2022. — 43 с. — ISBN 978-985-582-476-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/262376>

6.2 Дополнительная литература

1. Ильина, О. П. Словарь терминов (биологический) : словарь / О. П. Ильина, Н. И. Рядинская, С. А. Сайванова. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2023. — 217 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/366992>

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Общая и молекулярная биология [Текст] : методические указания для самостоятельной работы студентов / Воронеж. гос. ун-т инж. технол.; сост. О. Ю. Гойкалова, О. С. Корнеева. — Воронеж : ВГУИТ, 2016. — 12 с. Режим доступа: <http://education.vsuet.ru/mod/resource/view.php?id=52863>.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Основная литература

1. Бакин, И. А. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / И. А. Бакин, В. Н. Иванец. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 235 с. — ISBN 978-5-8353-2598-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156113>

2. Расчет и проектирование массообменных аппаратов : учебное пособие / А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, О. В. Абрамов, А. В. Логинов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1672-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211802>

3. Процессы и аппараты (основы механики жидкости и газа) [Текст] : практикум : учебное пособие / А. Н. Остриков [и др.]; ВГУИТ, Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. - Воронеж : ВГУИТ, 2018. - 231 с. Режим доступа: <http://biblos.vsuet.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/4458>

6.2 Дополнительная литература

1. Расчет и проектирование теплообменников : учебное пособие для вузов / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, Е. Ю. Желтоухова [и др.] ; Под редакцией профессора А. Н. Острикова. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-7769-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/180777>

2. Остриков, А.Н. Расчет и проектирование сушильных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Остриков, М.И. Слюсарев, Е.Ю. Желтоухова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105992>

3. Остриков, А.Н. Расчет и проектирование аппаратов для механических и гидромеханических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н.

Василенко, Л.Н. Фролова, А.В. Терёхина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : , 2018. — 360 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105819>

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Остриков, А.Н. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам: учебное пособие / А.Н. Остриков, А.В. Логинов, Л.Н. Ананьева [и др.] – Воронеж: ВГУИТ (Воронежский государственный университет инженерных технологий), 2012. – 281 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5820>

Процессы и аппараты (основы механики жидкости и газа) [Текст] : практикум : учебное пособие / А. Н. Остриков [и др.]; ВГУИТ, Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. - Воронеж : ВГУИТ, 2018. - 231 с. Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=488017>

Материалы педагогической диагностики по дисциплине «Процессы и аппараты» : учебное пособие : / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, И. С. Наумченко [и др.] ; науч. ред. А. Н. Остриков. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2019. – 342 с. – Режим доступа: по подписке. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=601617>

Расчет и проектирование массообменных аппаратов: Учебное пособие/Под научной ред. Профессора А.Н. Острикова. – СПб.: Издательство «Лань» - 2015. – 352 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/56170>

Расчет и проектирование теплообменников : учебное пособие для вузов / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, Е. Ю. Желтоухова [и др.] ; Под редакцией профессора А. Н. Острикова. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-7769-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/180777>

Остриков, А.Н. Расчет и проектирование сушильных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Остриков, М.И. Слюсарев, Е.Ю. Желтоухова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105992> .

Процессы и аппараты химических и пищевых производств. Массообменные процессы [Электронный ресурс]: методические указания и задания к курсовому проекту для студентов очной и заочной формы обучения / Остриков, А. Н., Смирных, А. А., Слюсарев, М. И., Болгова, И. Н.; ВГУИТ, Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. - Воронеж, 2014. - 36 с.

Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/584>

Процессы и аппараты химических и пищевых производств. Тепловые процессы [Электронный ресурс]: методические указания и задания к курсовому проекту для студентов очной и заочной формы обучения / Остриков, А. Н., Смирных, А. А., Слюсарев, М. И., Болгова, И. Н.; ВГУИТ, Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. - Воронеж, 2014. - 32 с.

Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/585>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	https://www.elibrary.ru/defaultx.asp
Образовательная платформа «Юрайт»	https://urait.ru/
ЭБС «Лань»	https://e.lanbook.com/
АИБС «МегаПро»	https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web
Сайт Министерства науки и высшего образова-	http://minobrnauki.gow.ru

ния РФ	
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	http://education.vsu.ru

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения 3KL».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Adobe Reader XI	(бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html
Альт Образование	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
Microsoft Windows 8	Microsoft Open License
Microsoft Windows 8.1	Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #61181017 от 20.11.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Libre Office 6.1	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)

Справочно-правовые системы

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Справочные правовая система «Консультант Плюс»	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий

№ 402. Переносной проектор Acer с настольным проекционным экраном. Учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации. Комплекты мебели для учебного процесса.

№ 403, мультимедийный проектор ACER, экран. Комплекты мебели для учебного процесса. Альт Образование 8.2 [Лицензия № AAA.0217.00 г. по «Бессрочно»], Libre Office 6.1 [Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)].

№ 414 Аквадистиллятор ДЭ-10М, термостат с охлаждением TCO-1/80, насос вакуумный Vacum-Set, баня водяная UT 4329E, насос вакуумный Комовского, испаритель ротационный Heidolph Hei-VAP Value, прибор Сокслета-01 КШ 9/32, прибор Элекс-7М аналог прибора Чижовой, холодильник, ноутбук, мультимедийный, проектор ACER, экран. Учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации. Комплекты мебели для учебного процесса. Комплект лицензионного программного обеспечения.

№ 415 Ячейка BioRad для блота Mini Trans-Blot с камерой комплект, аквадистиллятор АЭ-10 VIO, баня водяная LT-2 двухместная, вертикальная камера для электрофореза, термостат жидкостной 5 ОК-20/0,05, устройство для намотки ватных пробок, рН-метр рН-150 МИ, насос вакуумный 2VP-2, водяной термостат Дольфин ОБН-8, фотометр планшетный Start Fax 2100, принтер внешний Awareness Technology для ФП анализатора Start Fax 2100, рефрактометр ИРФ 454 Б 2М, центрифуга CR3i, горизонтальные весы, прецизионные весы, микроцентрифуга вортекс «Microspin» FV-2400, центрифуга MiniSpin Eppendorf, термостат твердотельный с таймером ТТ-2- «Термит», источник питания Эльф-4, транслюминатор ЕТХ-20С, электрофорезная камера Sub-Cell System горизонтальная, термостат с охлаждением TCO-1/80, термостат 93 л (инкубатор), шейкер-инкубатор Multitron с платформой, термоциклер для амплификации нуклеиновых кислот 1000, шкаф холодильный DM-105S (ШХ-0.5ДС), термостат воздушный 1/20, автоклав автоматический MLS-3020U, стерилизатор паровой ВК-75, морозильник ММ-180 «Позис», сушилка лиофильная ЛС-500, бокс ультрафиолетовый УФ-1, ферментер автоклавируемый с программно-аппаратным комплексом на базе компьютера с монитором Ф-301, ноутбук, мультимедийный проектор ACER, экран. Комплекты мебели для учебного процесса.

№ 418 Микроскоп тринокул «Биомед», адаптер для фотокамеры Canon A 610, фотокамера Canon A 610, вибрационная мешалка, микроскоп прямой модульный, комплект оборудования для анализа по Кьельдалю на базе АКВ-20 оптимальный, ноутбук, мультимедийный проектор ACER, экран. Комплекты мебели для учебного процесса. Альт Образование 8.2 [Лицензия № AAA.0217.00 г. по «Бессрочно»], Libre Office 6.1 [Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)].

а. 419. Микроскоп «МикроМед Р-1» - 12 шт., микроскоп Е-200 с цифровой камерой Levenhuk C510 NG 5М, холодильник, ноутбук, мультимедийный проектор ACER, экран. Комплекты мебели для учебного процесса. Альт Образование 8.2 [Лицензия № AAA.0217.00 г. по «Бессрочно»], Libre Office 6.1 [Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)].

Аудитории для самостоятельной работы обучающихся:

№ 416 Учебная аудитория. Помещение для самостоятельной работы обучающихся. Компьютеры - 2 шт., ноутбук, мультимедийный проектор ACER, экран. Комплекты мебели для учебного процесса. Альт Образование 8.2 [Лицензия № AAA.0217.00 г. по «Бессрочно»], Libre Office 6.1 [Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)].

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля).

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

Общая и молекулярная биология

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИД1 _{УК-1} - Анализирует поставленную задачу и осуществляет поиск необходимой информации для ее решения ИД2 _{УК-1} – Решает поставленные задачи, используя системный подход, на основе критического анализа и синтеза информации и оценивает последствия возможных решений
2	ПКв-2	Способен проводить научно-исследовательские работы и маркетинговые исследования в области прогрессивных биотехнологий и новой биотехнологической продукции для пищевой промышленности с целью поиска и разработки новых эффективных путей получения биотехнологических продуктов, создания современных биотехнологий, в том числе биотехнологий, технологий рекомбинантных дезоксирибонуклеиновых кислот, клеточных технологий	ИД1 _{ПКв-2} – Проводит исследования свойств продовольственного сырья, пищевых макро- и микроингредиентов, технологических добавок и улучшителей для выработки готовых изделий с заданным функциональным составом и свойствами

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{УК-1} - Анализирует поставленную задачу и осуществляет поиск необходимой информации для ее решения	Знает: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях
	Умеет: пользоваться научной и справочной литературой по курсу общей и молекулярной биологии;
	Владеет: навыками сбора, обработки, критического анализа и систематизации информации по теме исследования
ИД2 _{УК-1} – Решает поставленные задачи, используя системный подход, на основе критического анализа и синтеза информации и оценивает последствия возможных решений	Знает: структуру и свойства белков и нуклеиновых кислот; молекулярные механизмы воспроизводства и передачи наследственной информации; структурно-функциональную организацию генетического аппарата эукариотических и прокариотических клеток
	Умеет: анализировать особенности функционирования внутриклеточных структур в различных биологических системах; планировать эксперименты в области молекулярной биологии клетки.
	Владеет: современными средствами исследования клеточных компартментов
ИД1 _{ПКв-2} – Проводит исследования свойств продовольственного сырья, пищевых макро- и микроингредиентов, технологических добавок и улучшителей для выработки готовых изделий с заданным функциональным составом и свойствами	Знает: современные достижения в области молекулярной биологии
	Умеет: внедрять современные наукоемкие технологии в научные исследования.
	Владеет: методами выделения и идентификации молекул ДНК из живых клеток.

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Оценочные материалы		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Биология как наука	ИД1 _{УК-1}	Тестовое задание	1-9	Компьютерное тестиро-

					вание Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
2	Биология клетки	ИД1 _{ук-1}	Тестовое задание	10-16	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
3	Организм как уровень организации живого	ИД1 _{ук-1}	Тестовое задание	17-29	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
4	Термодинамика биологических процессов	ИД1 _{ук-1}	Тестовое задание	30-40	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
5	Эволюционное учение	ИД1 _{ук-1}	Тестовое задание	41-54	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
6	Введение в молекулярную биологию	ИД1 _{ук-1}	Тестовое задание	55-63	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
7	Поток информации в клетке	ИД2 _{ук-1}	Тестовое задание	64-75	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %;

					0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
8	Методы молекулярной биологии клетки	ИД1 _{ПКв-2}			
9	Основные этапы реализации генетической информации в клетке.	ИД2 _{УК-1}	Тестовое задание	76-81	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
10	Различные типы рекомбинаций и их роль.	ИД2 _{УК-1}	Тестовое задание	82-91	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
11	Механизмы поддержания генетического гомеостаза.	ИД2 _{УК-1}	Тестовое задание	92-106	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.

3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине применяется бально-рейтинговая система оценки сформированности компетенции студента.

Бально-рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий и контроля самостоятельной работы. Показателями ОМ являются: выполнения тестовых заданий. Оценки выставляются в соответствии с графиком контроля текущей успеваемости студентов в автоматизированную систему баз данных (АСУБД) «Рейтинг студентов».

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования.

Каждый вариант теста включает 68 контрольных заданий.

В случае неудовлетворительной сдачи зачета студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии.

Тесты (тестовые задания)

УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (ИД1_{УК-1} - Анализирует поставленную задачу и осуществляет поиск необходимой информации для ее решения, ИД2_{УК-1} – Решает поставленные задачи, используя системный подход, на основе критического анализа и синтеза информации и оценивает последствия возможных решений)

ПКв-2 - Способен проводить научно-исследовательские работы и маркетинговые исследования в области прогрессивных биотехнологий и новой биотехнологической продукции для пищевой промышленности с целью поиска и разработки новых эффективных путей получения биотехнологических продуктов, создания современных биотехнологий, в том числе биотехнологий, технологий рекомбинантных дезоксирибонуклеиновых кислот, клеточных технологий (ИД1_{ПКв-2} – Проводит исследования свойств продовольственного сырья, пищевых макро- и микроингредиентов, технологических добавок и улучшителей для выработки готовых изделий с заданным функциональным составом и свойствами)

№ задания	Тестовое задание
1	В какой из молекул нуклеиновых кислот межнуклеотидные связи более мобильные? а) РНК; б) мобильность межнуклеотидных связей как в ДНК, так и в РНК одинакова; в) ДНК.
2	В какой конформации чаще всего находится углевод в полидезоксирибонуклеотидах? а) 3'-эндоконформацией; б) 2'-эндоконформацией; в) 3'-эндоконформации и в 2'-эндоконформации.
3	В какой конформации чаще всего находится углевод в полирибонуклеотидах? а) 3'-эндоконформацией; б) 2'-эндоконформацией; в) 3'-эндоконформации и в 2'-эндоконформации.
4	Вставьте пропущенное слово «Плоскости колец гетероциклических оснований ... главной оси спирали ДНК» а) параллельны; б) расположены под тупым углом к ...; в) расположены под острым углом к ...; г) перпендикулярны.
5	Выберите из предложенных ниже цели и задачи молекулярной биологии. а) создание методов диагностики и лечения генетических болезней, вирусных заболеваний; б) изучение молекулярных основ эволюции, дифференцировки, биоразнообразия, разви-

	<p>тия и старения, канцерогенеза, иммунитета и др. ;</p> <p>в) создание новых биотехнологии производства пищевых продуктов и разнообразных биологически активных соединений (гормонов, антигормонов, релизинг-факторов, энергоносителей и др.) ;</p> <p>г) геномная дактилоскопия; создание банков генов;</p> <p>д) расшифровка структуры геномов;</p> <p>е) выявление механизмов действия генов, определяющих формирование ЦНС и экспрессирующихся в мозге;</p> <p>установление причин возникновения наследственных болезней человека и разработки способности их лечения.</p>
6	<p>Где в клетках эукариот содержится ДНК?</p> <p>а) в ядре;</p> <p>б) в митохондриях;</p> <p>в) в пластидах;</p> <p>г) в комплексе Гольджи ;</p> <p>д) в цитоплазме;</p> <p>а) в рибосомах.</p>
7	<p>Где образуются РНК?</p> <p>а) в ядре;</p> <p>б) в ядрышках;</p> <p>в) в комплексе Гольджи;</p> <p>г) в рибосомах;</p> <p>д) в митохондриях;</p> <p>е) в цитоплазме;</p> <p>а) в пластидах.</p>
8	<p>ДНК содержит:</p> <p>а) рибозу, остаток фосфорной кислоты, одно из четырех азотистых оснований: аденин, гуанин, цитозин, Тимин;</p> <p>б) дезоксирибозу, остаток фосфорной кислоты, одно из четырех азотистых оснований: аденин, гуанин, цитозин, урацил;</p> <p>в) рибозу, остаток фосфорной кислоты, одно из четырех азотистых оснований: аденин, гуанин, цитозин, урацил;</p> <p>а) дезоксирибозу, остаток фосфорной кислоты, одно из четырех азотистых оснований: аденин, гуанин, цитозин, тимин.</p>
9	<p>ДНК углеводный компонент состоит из ...</p> <p>а) D-рибозы;</p> <p>б) D-2-дезоксирибозы;</p> <p>в) L-рибозы;</p> <p>а) L-2-дезоксирибозы.</p>
10	<p>Как называется фермент, осуществляющий релаксацию сверхспирализованных молекул ДНК, снимая их внутреннее напряжение путем внесения одно– и двуцепочечных разрывов с последующим их восстановлением (лигированием).</p> <p>а) ДНК–лигаза;</p> <p>б) ДНК–полимераза;</p> <p>в) ДНК–топоизомераза;</p> <p>а) дезоксириботидпиримидинфотолиаза.</p>
11	<p>Какие виды РНК отмечаются как у прокариот, так и эукариот?</p> <p>а) матричная РНК;</p> <p>б) малая цитоплазматическая РНК;</p> <p>в) гетерогенная ядерная РНК;</p> <p>г) рибосомная 28S РНК;</p> <p>д) малая ядерная РНК;</p> <p>е) рибосомная 18S РНК;</p> <p>ж) транспортная РНК;</p> <p>з) рибосомная 5S РНК;</p> <p>и) рибосомная 5,8S РНК;</p> <p>к) рибосомная 23S РНК;</p> <p>а) рибосомная 16S РНК.</p>
12	<p>Каков диаметр спирали молекулы ДНК (в нм)? Написать ответ, округляя до десятых.</p> <p>а) ОТВЕТ: 2,0</p>
13	<p>Какова роль РНК в репликации ДНК?</p> <p>а) выступает в роли затравок (праймеров);</p>

	<p>б) необходима для инициации синтеза комплементарных цепей ДНК;</p> <p>в) выполняет роль регулятора инициации репликации ДНК в точках начала репликации;</p> <p>г) выступает в роли матрицы при синтезе ДНК;</p> <p>д) участвует в процессе суперспирализации ДНК;</p> <p>е) осуществляет шивку участков молекулы ДНК;</p> <p>а) участвует в процессе репарации ДНК.</p>
14	<p>Каковы функции мРНК?</p> <p>а) являются первичными транскриптами и имеют такую же длину, как и гены, с которых они скопированы, другие — частично процессированы и утратили ряд интронов;</p> <p>б) функции не установлены;</p> <p>в) несет информацию, обеспечивающую синтез специфического белка непосредственно на ней самой, а также информацию о времени, количестве, месте и условиях синтеза этого белка;</p> <p>г) структурная основа для формирования рибонуклеопротеинового тьяжа;</p> <p>а) акцептирование аминокислот и перенос их в белоксинтезирующий аппарат клетки.</p>
15	<p>Каковы функции мцРНК?</p> <p>а) являются первичными транскриптами и имеют такую же длину, как и гены, с которых они скопированы, другие — частично процессированы и утратили ряд интронов;</p> <p>б) функции не установлены;</p> <p>в) несет информацию, обеспечивающую синтез специфического белка непосредственно на ней самой, а также информацию о времени, количестве, месте и условиях синтеза этого белка;</p> <p>г) структурная основа для формирования рибонуклеопротеинового тьяжа;</p> <p>а) акцептирование аминокислот и перенос их в белоксинтезирующий аппарат клетки.</p>
16	<p>Какой вид РНК имеет вторичную структуру в виде «клеверного листа»?</p> <p>а) мцРНК;</p> <p>б) мРНК;</p> <p>в) гяРНК;</p> <p>г) мяРНК;</p> <p>а) тРНК.</p>
17	<p>Какой связью соединены между собой мономерные остатки в нуклеиновых кислотах?</p> <p>а) фосфодиэфирными связями;</p> <p>б) водородными связями;</p> <p>в) стэкинг–взаимодействиями;</p> <p>г) Ван–дер–Вальсовыми взаимодействиями;</p> <p>а) N-гликозидной связью.</p>
18	<p>Напишите последовательность ДНК, комплементарную 5'CTG CCA TTG TCA GAC TCC 3'.</p> <p>а) ОТВЕТ 3'TAC GGT AAC AGT CTG AGG 5'</p>
19	<p>Нуклеиновые кислоты являются ...</p> <p>а) биологическими мономерами;</p> <p>б) элементоорганическими полимерами;</p> <p>в) полисахаридами;</p> <p>а) биологическими полимерами.</p>
20	<p>Одна цепь участка ДНК имеет следующую последовательность оснований 5' GTAGCCTACCCATAGG 3'. Какова будет последовательность мРНК?</p> <p>а) ОТВЕТ: 5' GUAGCCUACCCAUAGG 3'</p>
21	<p>Отметьте пуриновые азотистые основания.</p> <p>а) тимин;</p> <p>б) цитозин;</p> <p>в) гуанин;</p> <p>а) аденин.</p>
22	<p>РНК углеводный компонент состоит из ...</p> <p>а) D-рибозы;</p> <p>б) D-2-дезоксирибоза;</p> <p>в) L-рибозы;</p> <p>а) L-2-дезоксирибозы.</p>
23	<p>С каким интервалом уложены стопкой гидрофобные пуриновые и пиримидиновые основания обеих цепей (в нм)? Написать ответ округляя до сотых.</p> <p>а) ОТВЕТ: 0,34</p>
24	<p>Связь между углеводным остатком и гетероциклическим основанием в нуклеотиде осуществляется с помощью ...</p> <p>а) N-гликозидной связью;</p>

	<p>б) фосфодиэфирных связей;</p> <p>в) водородных связей;</p> <p>г) стэкинг–взаимодействий;</p> <p>а) Ван–дер–Вальсовыми взаимодействиями.</p>
25	<p>Сколько водородных связей между G и C в структуре ДНК?</p> <p>а) 0;</p> <p>б) 1;</p> <p>в) 2;</p> <p>г) 3;</p> <p>д) 4;</p> <p>а) 2.</p>
26	<p>Фрагмент ДНК содержит 30000 А-нуклеотидов и 40000 Ц-нуклеотидов. Сколько в данном фрагменте Т- и Г-нуклеотидов?</p> <p>а) Т — 30000, Г — 40000;</p> <p>б) Т — 40000, Г — 30000;</p> <p>а) Т — 60000, Г — 80000;</p>
27	<p>Чем отличаются разные типы РНК?</p> <p>а) первичной структурой;</p> <p>б) последовательностью нуклеотидов;</p> <p>в) вторичной структурой</p> <p>г) функциями в клетке;</p> <p>д) молекулярной массой;</p> <p>а) третичной структурой.</p>
28	<p>В чем сходство трансляционного аппарата у прокариот и митохондрий?</p> <p>ОТВЕТ: а) ДНК является не линейной, как в хромосомах ядра, а кольцевой;</p> <p>б) рибосомы по своим параметрам близки к бактериальным, т. е. несколько мельче рибосом цитоплазмы;</p> <p>а) в) для инициации трансляции используется формилМет-тРНК^{Met}</p>
29	<p>Выберите особенности инициации транскрипции у прокариот.</p> <p>б) Всегда требуется предварительное связывание с промотором целой совокупности белков – общих факторов транскрипции, с образованием комплекса TFIID;</p> <p>в) инициация транскрипции гена зависит от прочих транскрипционных факторов, взаимодействующих с энхансерами этого гена;</p> <p>г) в некоторых оперонах, необходимо предварительное взаимодействие с промотором дополнительного белка (CAP);</p> <p>д) РНК-полимераза непосредственно узнает определенную последовательность нуклеотидных пар в составе промотора – например, бокс Прибнова;</p> <p>а) в узнавании промотора участвует специальный белок — т. н. σ-фактор. Затем к нему присоединяется РНК-полимераза, представляющая собой тетрамер из субъединиц трех видов: α, β и β'.</p>
30	<p>Выберите особенности синтеза РНК.</p> <p>б) симметричность процесса;</p> <p>в) полуконсервативность процесса;</p> <p>г) требует для своего начала затравки;</p> <p>д) асимметричность процесса;</p> <p>е) консервативность процесса;</p> <p>а) не требует для своего начала никакой затравки.</p>
31	<p>За счет каких обстоятельств достигается точность процесса разрезания цепи пре-РНК?</p> <p>б) в начале и в конце каждого интрона имеются определенные последовательности нуклеотидов: так, интроны всегда начинаются с Г-У, а кончаются дуплетом А-Г;</p> <p>в) для узнавания последовательностей в начале и конце интрона используются малые ядерные РНК (мяРНК). Последние связаны с ферментами, катализирующими сплайсинг. Такие рибонуклеопротеидные комплексы называются спланосомами;</p> <p>а) верны оба ответа.</p>
32	<p>За счет чего достигается точность сплайсинга?</p> <p>б) в начале и в конце каждого интрона имеются определенные последовательности нуклеотидов;</p> <p>в) малые ядерные РНК (мяРНК) узнают определенные последовательности в начале и в конце каждого интрона и совместно с ферментами, катализируют сплайсинг;</p> <p>а) верны оба ответа.</p>
33	<p>Как называется активный центр в рибосоме, который образован участком 18S рРНК, который комплементарен на протяжении 5-9 нуклеотидов 5'-нетранспируемому фрагменту мРНК?</p>

	<p>б) пептидильный центр (П-центр); в) аминокислотный центр (А-центр); г) центр связывания мРНК (М-центр); а) пептидилтрансферазный центр (ПТФ-центр).</p>
34	<p>Как называется процесс, при котором происходит вырезание интронов и сшивание экзонов в непрерывную цепь из средних участков пре-тРНК и практически всех (кроме гистоновых) пре-мРНК?</p> <p>б) транскрипция; в) трансляция; г) фолдинг; д) репликация; е) сплайсинг; процессинг.</p>
35	<p>Как называется стадия элонгации, описание которой приводится ниже? Со свободным А-центром рибосомы связывается очередная aa-тРНК - та, чей антикодон комплементарен кодону мРНК, находящемуся в А-центре. Если антикодон этой aa-тРНК не комплементарен кодону мРНК в А-центре, комплекс не задерживается здесь и путем диффузии покидает рибосому. В случае же комплементарного взаимодействия антикодона с кодоном вышеуказанный комплекс распадается: его aa-тРНК связывается с А-центром, ГТФ гидролизуется до ГДФ, и последний высвобождается вместе с фактором EF-Iu. Затем EF-Iu, при участии фактора EF-Is(подобного фактору eIF-I), вне рибосомы обменивает ГДФ на ГТФ и связывает очередную молекулу aa-тРНК.</p> <p>б) связывание aa-тРНК; в) замыкание пептидной связи; а) транслокация.</p>
36	<p>Как называется этап трансляции, сигналом о наступлении которого служит появление в рибосоме одного из «бесмысленных» кодонов мРНК — УАА, УАГ или УГА?</p> <p>б) терминация трансляции; в) элонгация трансляции; а) инициация трансляции.</p>
37	<p>Как называются белки, иницирующие начало репликации у бактерий?</p> <p>б) хеликаза; в) праймаза; г) SSB; д) ДНК-полимераза; а) DnaA.</p>
38	<p>Какая ДНК-полимераза прокариот обладает ДНК-полимеразной активностью, 3'→5'-и 5'→3'-экзонуклеазной активностью?</p> <p>б) ДНК-полимераза II; в) ДНК-полимераза I; а) ДНК-полимераза III.</p>
39	<p>Какая из нижеперечисленных функций теломераз обуславливает стабилизацию концов разорванных хромосом?</p> <p>б) стабилизационная; в) влияние на экспрессию генов; г) «счетная»; механическая.</p>
40	<p>Какая из нижеперечисленных функций теломераз обуславливает теломерные отделы ДНК выступают в качестве часового устройства (т. н. репликометра), которое отсчитывает количество делений клетки после исчезновения теломеразной активности?</p> <p>б) стабилизационная; в) влияние на экспрессию генов; г) «счетная»; а) механическая.</p>
41	<p>Какая из нижеперечисленных функций теломераз описывается примером «теломеры сцепляют друг с другом концы сестринских хроматид (образующихся в хромосоме после S-фазы). Возможно, это сцепление происходит за счет гибридизации теломер сестринских ДНК»</p> <p>б) стабилизационная; в) влияние на экспрессию генов; г) «счетная»; а) механическая.</p>
42	<p>Какая молекула является источником энергии для инициации трансляции?</p>

	б) АТФ; в) ЦТФ; г) ГТФ; а) ТТФ.
43	Какие активные центры существуют в рибосоме? ОТВЕТ: а) Центр связывания мРНК (М-центр). Он образован участком 18S рРНК, который комплементарен на протяжении 5-9 нуклеотидов 5'-нетранслируемому фрагменту мРНК. б) Пептидильный центр (П-центр). В начале процесса трансляции с ним связывается иницирующая aa-тРНК., в) Аминокислотный центр (А-центр) место связывания очередной aa-тРНК. а) г) Пептидилтрансферазный центр (ПТФ-центр): он катализирует перенос пептидила из состава пептидил-тРНК на поступившую в А-центр очередную aa-тРНК. При этом образуется еще одна пептидная связь и пептидил удлиняется на одну аминокислоту.
44	Какова примерная скорость движения по ДНК фермента РНК-полимеразы и синтеза РНК (нуклеотидов в секунду)? а) ОТВЕТ: 30
45	Какова функция ДНК-лигаз? б) белок выполняет роль «прищепки», которая крепит комплекс полимераз к реплицируемой цепи ДНК; в) обеспечивают расплетение в районе репликативной вилки двойной спирали родительской ДНК; г) разрывают одну из цепей ДНК, перенося ее проксимальный конец на себя; д) «сшивание» соседних фрагментов ДНК; е) стабилизируют одноцепочечные участки ДНК; а) иницируют начало репликации.
46	Какова функция SSB белков? а) обеспечивают расплетение в районе репликативной вилки двойной спирали родительской ДНК; б) белок выполняет роль «прищепки», которая крепит комплекс полимераз к реплицируемой цепи ДНК; в) разрывают одну из цепей ДНК, перенося ее проксимальный конец на себя; г) иницируют начало репликации; а) стабилизируют одноцепочечные участки ДНК.
47	Какое вещество является субстратом для синтеза новых цепей ДНК? а) дЦДФ; б) дТМФ; в) дНМФ; г) дАДФ; д) дГМФ; е) дНДФ; д) дНТФ.
48	Какую аминокислоту у эукариот кодирует иницирующий кодон всех мРНК ? ж) ОТВЕТ: Метионин
49	Концы ДНК (где одна цепь длиннее другой) называются ... а) тупыми; б) оверкилями; в) заостренными; а) оверхегами.
50	Перечислите особенности процесса трансляции у бактерий? ОТВЕТ: 1. <i>Сопряжение трансляции с транскрипцией.</i> У прокариот могут одновременно происходить и дальнейшее удлинение мРНК в ходе транскрипции и трансляция уже образовавшихся частей этой мРНК. 2) <i>Сопряжение синтеза нескольких пептидных цепей.</i> Известно, что бактериальные мРНК полицистронные, т. е. содержат информацию о структуре нескольких пептидных цепей. Каждый цистрон мРНК имеет иницирующий и терминирующий кодоны, а перед иницирующим кодоном специальную последовательность (т. н. последовательность Шайна-Дальгарно аналог 5'-нетранслируемой области у мРНК эукариот) для связывания с 16S-рРНК малой субъединицы. а) 3) <i>Инициаторная aa тРНК.</i> Инициаторная аминокислота тРНК – формилМет-тРНК _f ^{Мет} .
51	В шаперониновом комплексе GroEL/GroES каким количеством молекул GroEL образованы стенки и дно котла (напишите цифру)?

	а) ОТВЕТ: 7
52	В шаперониновом комплексе GroEL/GroES сколько имеется котлов (напишите количество цифрой)? а) ОТВЕТ: 2
53	В шаперониновом комплексе GroEL/GroES сколько молекул белка GroES входит в состав крышки (напишите цифру)? а) ОТВЕТ: 7
54	Выберите из нижеперечисленных факторы, приводящие к активации белка RecA? а) одноцепочечная ДНК; б) АТФ; в) ГТФ; г) ТТФ; д) ЦТФ; е) одноцепочечная РНК; ж) двуцепочечная ДНК; а) двуцепочечная РНК.
55	Главный белок транспозиций ... а) люцифераза; б) гемоглобин; в) убиквитин; г) прион; д) RecBCD-нуклеаза; е) RecA; ж) транспозаза; а) пептидилпролилизмераза.
56	Как называется белок, который катализирует перемещение в белках дисульфидных связей. Под его влиянием в сворачивающемся белке разрываются одни и вместо них замыкаются другие дисульфидные связи? а) люцифераза; б) убиквитин; в) прион; г) гемоглобин; д) пептидилпролилизмераза; е) протеиндисульфидизомераза; ж) RecBCD-нуклеаза; RecA.
57	Как называется эндонуклеаза, осуществляющая разрешение полухиазмы? а) ОТВЕТ: резолваза
58	Как называется явление, при котором происходит перемещение точки перекреста цепей в полухиазме вдоль рекомбинирующих дуплексов? г) ОТВЕТ: миграция ветвления
59	Какие из нижеперечисленных белков относятся к группе фолдолаз? а) протеиндисульфидизомераза; б) пептидилпролилизмераза; в) прион; г) гемоглобин; д) люцифераза; а) убиквитин.
60	Какие из нижеперечисленных функций приписываются к шаперонам? а) участие в некоторых видах внутриклеточного транспорта белков: в частности, в лизосомы (для белков, «отслуживших» свой срок и не поддающихся фолдингу) и в митохондрии; поддержание ряда белков в определенной конформации, в состоянии как бы незавершенного фолдинга; б) контроль за рефолдингом; в) обеспечение правильного фолдинга новообразованных белков; г) предупреждение агрегации новых белков; д) предупреждение «неправильных» внутренних (в пределах одной пептидной цепи) взаимодействий; а) лабилизация «неправильных» слабых связей (если они все-таки образовались) с тем, чтобы пептидная цепь не оказывалась зафиксированной в «неправильной» конформации, а могла достичь наиболее оптимальной.
61	Каковы функции сайт-специфической рекомбинации?

	<p>а) инверсия (изменение ориентации) отдельных участков ДНК в хромосомах бактерий и бактериофагов;</p> <p>б) перестройки в последовательностях ДНК, кодирующих иммуноглобулины ;</p> <p>в) интеграция (включение) ДНК умеренных фагов в хромосомы бактерий;</p> <p>интеграция (включение) ДНК умеренных фагов в хромосомы бактерий, инверсия (изменение ориентации) отдельных участков ДНК в хромосомах бактерий и бактериофагов, перестройки в последовательностях ДНК, кодирующих иммуноглобулины.</p>
62	<p>Какова функция транспозиции?</p> <p>а) транскрипция;</p> <p>б) трансляция;</p> <p>в) рекомбинация;</p> <p>г) перемещение мобильных генетических элементов;</p> <p>а) репарация.</p>
63	<p>Какой фермент работает как сайт-специфическая эндонуклеаза: расщепляет одноцепочечную ДНК около особой 8-нуклеотидной последовательности 5'-GCTGGTGG-3', называемой Chi-сайтом?</p> <p>а) гемоглобин;</p> <p>б) убиквитин;</p> <p>в) RecBCD-нуклеаза;</p> <p>г) транспозаза;</p> <p>д) люцифераза;</p> <p>е) RecA;</p> <p>ж) протеиндисульфидизомераза;</p> <p>пептидилпролилизомераза.</p>
64	<p>Перечислите структуры, в которых происходит разрушение белковых молекул.</p> <p>а) ОТВЕТ: протеосомы и лизосомы</p>
65	<p>При каком типе рекомбинации главную роль в синапсисе играет взаимное узнавание белков, связанных с рекомбинационными сайтами. Эти сайты совсем короткие, и гомология между ними непосредственно для синапсиса несущественна. Она важна для связывания со специфическими белками и для обмена цепями между сайтами.</p> <p>а) «незаконная» рекомбинация;</p> <p>б) конверсия генов;</p> <p>в) эктопическая рекомбинация;</p> <p>г) сайт специфичная рекомбинация;</p> <p>а) общая, или генерализованная, рекомбинация.</p>
66	<p>Рестриктазы второго типа ...</p> <p>а) узнают нужную последовательность и разрезают двухцепочную молекулу ДНК, отступив определённое число нуклеотидных пар от её конца (или в нескольких точках на разном удалении от сайта узнавания). При этом образуются фрагменты ДНК либо с ровными (тупыми) концами, либо с выступающими (липкими) 5'- или 3'-концами. Эти рестриктазы узнают асимметричные сайты;</p> <p>б) узнают определённую последовательность нуклеотидов и разрезают двухцепочную молекулу ДНК неподалёку от этой последовательности в произвольной точке и само место разреза не строго специально;</p> <p>а) узнают определённую последовательность и разрезают двойную спираль ДНК в определённой фиксированной точке внутри этой последовательности. Рестриктазы этого типа узнают палиндромные последовательности, которые обладают центральной осью и считываются одинаково в обе стороны от оси симметрии.</p>
67	<p>Сколько молекул АТФ расходуется на связь или диссоциацию «крышки» с «котлом» в шаперониновом комплексе GroEL/GroES?</p> <p>а) ОТВЕТ: 7</p>
68	<p>Сколько разрывов необходимо для разрешения полухиазмы?</p> <p>а) ОТВЕТ: 2</p>
69	<p>У каких организмов частота рекомбинаций на единицу генома больше?</p> <p>а) эукариот;</p> <p>б) прокариот;</p> <p>а) различия отсутствуют.</p>
70	<p>Функцией какого белка является приводить во взаимодействие одноцепочечную ДНК с гомологичным дуплексом?</p> <p>а) люцифераза;</p> <p>б) убиквитин;</p> <p>в) прион;</p>

	<p>г) гемоглобин; д) пептидилпролилизераза; е) протеиндисульфидизомераза; ж) RecBCD-нуклеаза; а) RecA.</p>
71	<p>Эктопическая рекомбинация - это ... а) рекомбинация, осуществляющаяся на коротких специализированных последовательностях нуклеотидов; б) рекомбинация, в результате которой происходят негомологичные обмены; в) рекомбинация между отдельными участками гомологичной ДНК, разбросанной по геному; а) рекомбинация между молекулами ДНК с протяженными участками гомологии.</p>
72	<p>Как изменяется у животных и человека с возрастом содержание 5-МЦ в ДНК разных органов? а) возрастает; б) не изменяется; снижается.</p>
73	<p>Как называется фермент, осуществляющий метилирование ДНК? ОТВЕТ: ДНК-метилаза</p>
74	<p>Как называются неактивные предшественники каспаз? а) каспазки; б) каспазюльки; в) протокаспазы; г) каспазоны; прокаспазы.</p>
75	<p>Как называются факторы, приводящие к активации каспаз и высвобождающиеся из митохондрий (при повышении проницаемости мембран)? а) фодрин; б) фосфолипаза А; в) протеинкиназа С; г) протеинфосфатаза PTEN ICE (interleukin-converting enzymes); д) белки семейства IAP (Inhibitors of Apoptosis); е) цитохром с; а) протеаза AIF (Apoptosis Inducing Factor).</p>
76	<p>Какая система рестрикции и модификации имеет следующие особенности: сайты являются палиндромами, т. е. читаются одинаково с обеих сторон (с учетом полярности цепей); метилаза и рестриктаза — отдельные ферменты; гидролиз производится в области сайта узнавания (и метилирования), в строго определенном месте; при этом места гидролиза на обеих цепях ДНК не вполне совпадают, отчего образующиеся фрагменты ДНК имеют т. н. «липкие» концы (небольшие одноцепочечные участки, способные к спариванию). а) система второго типа; б) данная характеристика может принадлежать как системе первого, так и второго типа; система первого типа.</p>
77	<p>Какие факторы могут вызывать в клетке окислительный стресс? з) ОТВЕТ: Электромагнитные поля, старение, иммунный ответ, инфекционные заболевания, химические соединения</p>
78	<p>Какие элементы клетки наиболее чувствительны к окислительному стрессу? а) рибосомы; б) центриоли; в) мембрана ядер и митохондрий; а) микротрубочки и микрофиламенты.</p>
79	<p>Какое основание является акцептором метильной группы в ДНК у бактерий? а) гуанин; б) цитозин; в) тимин; з) аденин.</p>
80	<p>Какой системе рестрикции и модификации принадлежит следующая характеристика? Она функционирует как единый ферментный комплекс, включающий три субъединицы — сайт-узнающую, метилирующую и рестриктирующую. Разрыв же чужеродной ДНК осуществляется на сравнительно большом расстоянии (порядка 1000 н. п.) от сайта узнавания (и метилирования) и, видимо, в достаточно произвольном месте. а) система второго типа; б) данная характеристика может принадлежать как системе первого, так и второго типа;</p>

	а) система первого типа.
81	<p>Какой фермент катализируют перенос метильной группы от активной формы метионина (S-аденозилметионина, или SAM) на определенные азотистые основания ДНК?</p> <p>а) рестриктаза; з) метилаза.</p>
82	<p>Несколько генов у <i>E. coli</i>, таких, как <i>uvrA</i>, <i>uvrB</i>, <i>uvrC</i> и <i>recA</i>, участвуют в репарации повреждений ДНК, вызванных ультрафиолетовым облучением. Штаммы <i>E. coli</i>, имеющие дефект по любому из этих генов, гораздо более чувствительны к летальному действию ультрафиолета, чем штамм дикого типа, как показано для штаммов <i>uvrA</i> и <i>recA</i> на рисунке А. Отдельные мутации в разных генах могут комбинироваться попарно, приводя к появлению всевозможных двойных мутантов. Чувствительность двойных мутантов варьирует гораздо шире, чем чувствительность мутантов по одному гену. Комбинации из двух <i>uvr</i>-мутаций дают лишь слабое увеличение чувствительности по сравнению с любой единичной <i>uvr</i>-мутацией. В то же время комбинация <i>recA</i>-мутации с любой из <i>uvr</i>-мутаций дает штамм, который особо чувствителен к УФ-свету, как показано для <i>uvrArecA</i>-мутанта на графике с растянутой шкалой (рис. Б).</p> <p>Почему сочетание <i>recA</i>-мутации с <i>uvr</i>-мутацией дает чрезвычайно чувствительный к УФ-свету штамм бактерий, тогда как при комбинировании мутаций в разных <i>uvr</i>-генах чувствительность возрастает не больше, чем при единичных мутациях?</p> <div style="text-align: center;"> <p>Graph A: Survival (%) vs. UV dose (Dж/см²). The y-axis is logarithmic from 0.01 to 100. The x-axis is linear from 0 to 10. Curves are shown for: Дикий тип (wild type, constant at 100%), <i>uvrA</i> (decreases to ~10% at 10 Dж/см²), <i>recA</i> (decreases to ~0.1% at 10 Dж/см²), and <i>uvrA recA</i> (decreases to ~0.01% at 10 Dж/см²).</p> <p>Graph B: Survival (%) vs. UV dose (Dж/см²) on a stretched scale. The y-axis is logarithmic from 0.01 to 100. The x-axis is linear from 0 to 0.2. The curve for <i>uvrA recA</i> shows a very steep decline, reaching ~0.01% survival at 0.2 Dж/см².</p> </div> <p>Рис. Выживаемость клеток (%) как функция дозы ультрафиолетового облучения. А. Выживаемость клеток дикого типа, <i>uvrA</i>-мутанта, <i>recA</i>-мутанта и двойного мутанта <i>uvrArecA</i>. Б. Кривая выживаемости мутанта <i>uvrArecA</i> при растянутой шкале по оси абсцисс.</p> <p>ОТВЕТ: Необычная чувствительность двойных мутантов <i>uvrArecA</i> к УФ-свету по сравнению с парами <i>uvr</i>-мутантов предполагает, что существуют два пути ответа на повреждение, вызванное УФ-светом. При этом продукты гена <i>uvr</i> участвуют в одном пути, а продукт гена <i>recA</i> - в другом. Согласно эмпирическому правилу, если комбинация дефектных генов не дает более выраженного мутантного фенотипа по сравнению с отдельными дефектными генами, то продукты генов действуют, вероятно, по одному и тому же биохимическому пути.</p> <p>а) Продукты <i>uvr</i>-гена образуют <i>uvrABC</i>-эндонуклеазу, которая специфически отщепляет олигонуклеотид, состоящий из двенадцати нуклеотидов и содержащий пиримидиновый димер. Белок <i>recA</i> вовлекается в два пути, по которым происходит обработка УФ-повреждений: SOS-ответ и рекомбинационную репарацию. Пути, по которым осуществляется участие <i>uvr</i>- и <i>recA</i>-генов, не полностью независимы друг от друга, так как экспрессия <i>uvr</i>-генов существенно возрастает при SOS-ответе.</p>
83	<p>SOS-ответ у <i>E. coli</i> представляет собой экстренную реакцию на повреждение ДНК. Как видно из рис., при нормальных условиях SOS-набор генов, индуцируемых повреждением, выключен репрессором <i>lexA</i>, который частично подавляет также свой собственный синтез и синтез <i>recA</i>. В ответ на повреждение ДНК некий сигнал (по-видимому, это одноцепочечная ДНК) активирует <i>recA</i>, который затем вызывает расщепление <i>lexA</i>. В отсутствие <i>lexA</i> все гены экспрессируются максимально. SOS-ответ повышает выживаемость клеток в условиях повреждения ДНК, временно увеличивает скорость мутирования и, следовательно, изменчивость в популяции бактерий. Экспрессия SOS-генов необходима в случаях резких повреждений, но их постоянная экспрессия могла бы оказаться очень вредной для клеток.</p>

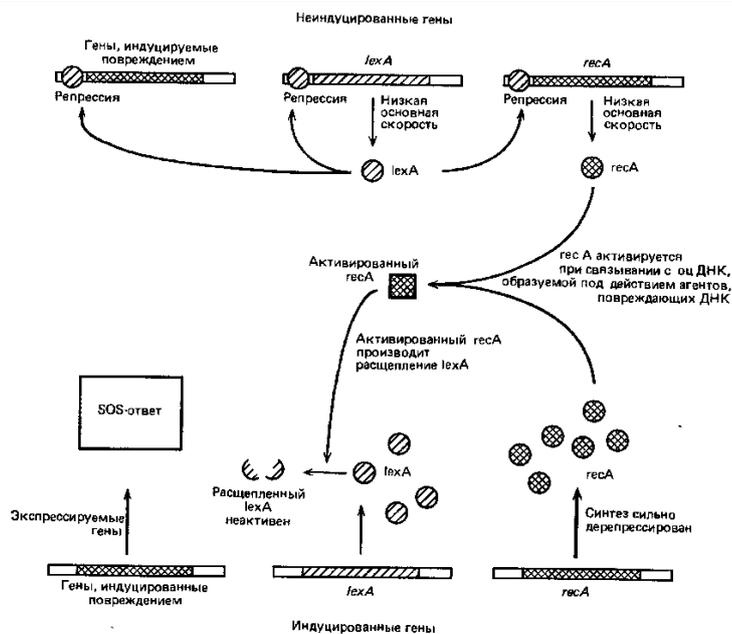


Рис. SOS-ответ у *E. coli*

Один из аспектов регуляции SOS-ответа кажется совершенно парадоксальным: экспрессия *lexA* (репрессора SOS-ответа) существенно возрастает при SOS-ответе. Если целью последнего является максимальная экспрессия генов, индуцируемых при повреждении ДНК, то как может находиться при этом на высоком уровне и экспрессия репрессора? Другими словами, почему *lexA* не экспрессируется все время с низкой скоростью? Видите ли вы какое-нибудь преимущество в том, что для регуляции SOS-ответа требуется экспрессия *lexA*?

ОТВЕТ: Индуцированная экспрессия *lexA* имеет то преимущество, что позволяет быстро вернуться к нормальному состоянию сразу же после окончания повреждающего воздействия. Если опасность для структуры ДНК все еще сохраняется, то *gesA* будет оставаться в активированном состоянии и вызывать расщепление всех белков *lexA*. Когда повреждение исправлено, одноцепочечная ДНК исчезает, а белок *gesA* инактивируется. В это время активный *lexA* экспрессируется на максимальном уровне, вызывая резкое отключение SOS-ответа. Если бы белок *lexA* всегда экспрессировался с низкой скоростью, выключение SOS-ответа не могло бы происходить так быстро.

84

Варианты индуцированных ультрафиолетом мутаций в гене *lacI* у *E. coli* были подвергнуты тщательному изучению. На рис. сверху от линии нуля показано общее число выделенных независимо миссенс-мутаций (несинонимичных замен кодонов аминокислот), а под линией нуля-число мутаций со сдвигом рамки (изменение рамки считывания). Количество мутаций обеих категорий почти одинаково. Миссенс-мутации были идентифицированы по критерию утраты функции белка, кодируемого геном *lacI* (*lac*-репрессор); мутации со сдвигом рамки были выявлены с помощью метода слияния генов, которое не зависит от функционирования *lac*-репрессора.

Как вы считаете, в чем причина того, что на концах гена миссенс-мутаций возникает гораздо больше, чем в его середине? Почему мутации со сдвигом рамки распределены по гену более или менее равномерно (за исключением одного или двух «горячих мест»)?

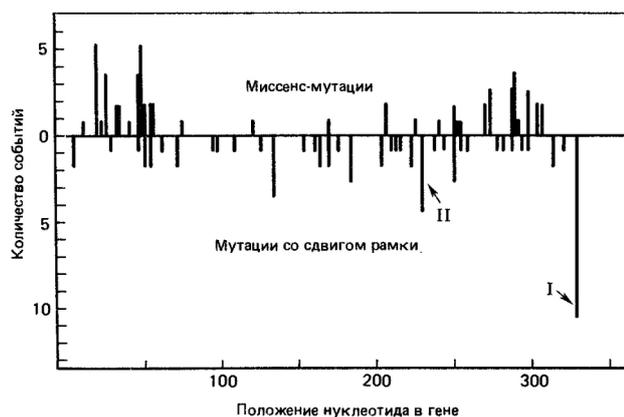


Рис. Распределение индуцированных ультрафиолетовым излучением мутаций в гене *lacI* у *E. coli*

ОТВЕТ: Равномерное распределение мутаций со сдвигом рамки указывает на то, что УФ-повреждение распределяется по всему гену, поскольку мутация со сдвигом рамки, произошедшая в любом месте гена, обнаруживается с помощью метода слияния генов (которое не зависит от репрессорной функции). Если УФ-повреждение распределяется равномерно, то неслучайное распределение миссенс-мутаций в *lacI*-гене должно отражать функциональную важность концов *lac*-белка. Большинство мутаций на концах гена приводят к образованию нефункционального белка; это дает возможность выявить мутантов. Однако некоторые изменения в средней области гена, которая менее важна для функции белка, могут не влиять на образование функционально активного белка. Эти «молчащие» мутации невозможно выявить по критерию утраты функции.

85

Такие мутагены, как М-метил-М-нитро-М-нитрозогуанидин (МННГ) и метилнитрозомочевина (МНМ), являются мощными метилирующими ДНК агентами. Они чрезвычайно токсичны для клеток. Нитрозогуанидины применяются в исследовательской работе в качестве мутагенов, а в клинической практике - как лекарственные средства при химиотерапии рака, поскольку в первую очередь они вызывают гибель клеток, находящихся на стадии репликации. Оригинальный эксперимент, который привел к открытию алкилирующей системы репарации у бактерий, был задуман так, чтобы определить долговременный эффект применения низких доз МННГ (как при химиотерапии) в сопоставлении с эффектом временного воздействия высоких доз МННГ (применяемых для мутагенеза). Бактерии помещали сначала в среду с низкой концентрацией МННГ (1 мкг/мл) на 1,5 ч, а затем переводили в свежую среду без МННГ. В разные моменты инкубации при низкой концентрации МННГ и после нее пробы из суспензии бактерий подвергали воздействию МННГ в высокой концентрации (100 мкг/мл) в течение 5 мин, а затем проверяли на жизнеспособность и частоту мутаций. На рис. 1 хорошо видно, что во время инкубации в среде с низкой концентрацией МННГ количество выживших клеток временно увеличивалось и частота мутаций у выживших бактерий уменьшалась. Как показано на рис. 2, этой приспособительной реакции на низкие дозы МННГ не наблюдалось, если в инкубационную среду был добавлен хлорамфеникол (ингибитор синтеза белка).

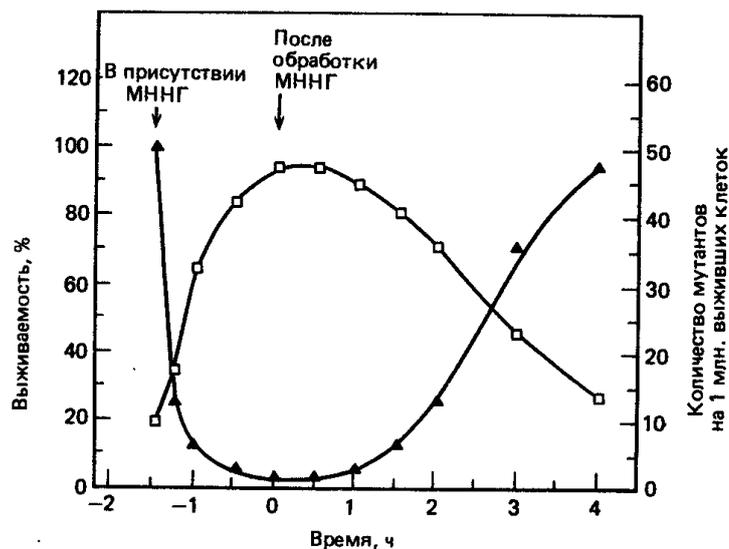


Рис. 1. Адаптационный ответ *E. coli* на низкие дозы мутагена МННГ. Мутаген в концентрации 1 мкг/мл присутствовал в среде в период от — 1,5 до 0 ч. Пробы отбирали в различные моменты инкубации и кратковременно обрабатывали их мутагеном в высокой концентрации (100 мкг/мл), после чего оценивали количество выживших клеток и частоту образования мутантов.

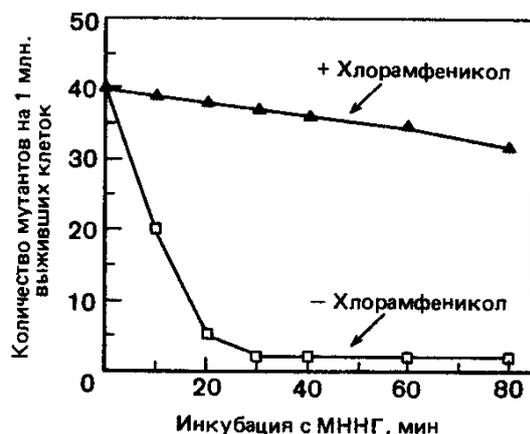


Рис. 2. Действие хлорамфеникола на адаптационный ответ при низких дозах мутагена МННГ. После инкубации бактерий в течение разных периодов времени в присутствии МННГ (1 мкг/мл) отбирали пробы и обрабатывали их мутагеном в концентрации 100 мкг/мл для определения чувствительности к мутагену.

Как вы полагаете, почему приспособительная реакция *E. coli* на низкую дозу МННГ является кратковременной?

ОТВЕТ: Приспособительная реакция могла быть кратковременной по ряду причин. Возможно, как только сигнал к адаптации (т. е. МННГ) удаляли, индуцированный синтез нового белка прекращался. Устойчивость к мутагенному действию МННГ и повышение выживаемости тогда зависели бы от стабильности индуцированного белка. В случае его относительной нестабильности устойчивое состояние должно было быстро нарушиться с утратой белком активности. Даже в случае стабильности белка устойчивость популяции бактерий не могла не понизиться очень быстро из-за обусловленного ростом бактерий разбавления этого белка.

86

Такие мутагены, как М-метил-М-нитро-М-нитрозогуанидин (МННГ) и метилнитрозомочевина (МНМ), являются мощными метилирующими ДНК агентами. Они чрезвычайно токсичны для клеток. Нитрозогуанидины применяются в исследовательской работе в качестве мутагенов, а в клинической практике - как лекарственные средства при химиотерапии рака, поскольку в первую очередь они вызывают гибель клеток, находящихся на стадии репликации. Оригинальный эксперимент, который привел к открытию алкилирующей системы репарации у бактерий, был задуман так, чтобы определить долговременный эффект применения низких доз МННГ (как при химиотерапии) в сопоставлении с эффектом временного воздействия вы-

соких доз МННГ (применяемых для мутагенеза). Бактерии помещали сначала в среду с низкой концентрацией МННГ (1 мкг/мл) на 1,5 ч, а затем переводили в свежую среду без МННГ. В разные моменты инкубации при низкой концентрации МННГ и после нее пробы из суспензии бактерий подвергали воздействию МННГ в высокой концентрации (100 мкг/мл) в течение 5 мин, а затем проверяли на жизнеспособность и частоту мутаций. На рис. 1 хорошо видно, что во время инкубации в среде с низкой концентрацией МННГ количество выживших клеток временно увеличивалось и частота мутаций у выживших бактерий уменьшалась. Как показано на рис. 2, этой приспособительной реакции на низкие дозы МННГ не наблюдалось, если в инкубационную среду был добавлен хлорамфеникол (ингибитор синтеза белка).

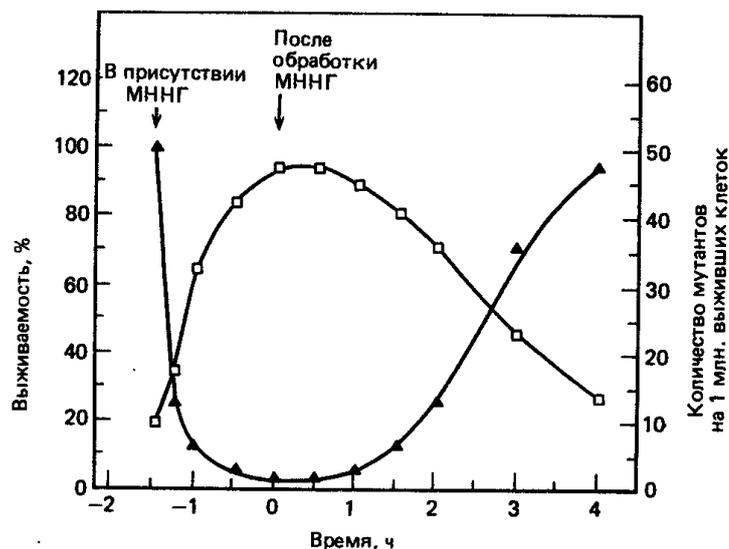


Рис. 1. Адаптационный ответ *E. coli* на низкие дозы мутагена МННГ. Мутаген в концентрации 1 мкг/мл присутствовал в среде в период от — 1,5 до 0 ч. Пробы отбирали в различные моменты инкубации и кратковременно обрабатывали их мутагеном в высокой концентрации (100 мкг/мл), после чего оценивали количество выживших клеток и частоту образования мутантов.

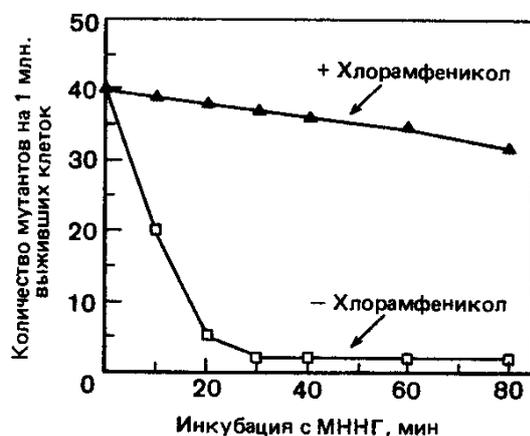


Рис. 2. Действие хлорамфеникола на адапционный ответ при низких дозах мутагена МННГ. После инкубации бактерий в течение разных периодов времени в присутствии МННГ (1 мкг/мл) отбирали пробы и обрабатывали их мутагеном в концентрации 100 мкг/мл для определения чувствительности к мутагену.

Связана ли приспособительная реакция *E. coli* на низкие уровни МННГ с активацией уже существующего белка или для нее необходим синтез нового белка?

ОТВЕТ: Приспособительная реакция на низкие уровни МННГ должна быть связана с синтезом нового белка, так как она блокируется в присутствии хлорамфеникола. Если бы требовалась активация уже имеющегося белка, хлорамфеникол не подавлял бы адаптацию.

ны в следующих экспериментах. Чтобы выяснить характер мутагенного повреждения, intactные, а также обработанные низкими дозами МННГ бактерии инкубировали 10 мин в среде, содержащей меченый мутаген-³H- МННГ, в концентрации 50 мкг/мл. Затем из бактерий выделяли ДНК, гидролизовали ее до нуклеотидов и определяли радиоактивные пурины с помощью хроматографии на бумаге, как показано на рис. 1.

Чтобы выяснить механизм ликвидации мутагенного повреждения, был сначала выделен и очищен фермент, ответственный за удаление места повреждения. Кинетику репарации изучали путем инкубации различных количеств фермента (мол. масса 19000) с ДНК, содержащей 0,26 пмоль мутагенного основания, меченного тритием. В разные моменты инкубации отбирали пробы и анализировали в них ДНК на остаточное содержание мутагенного основания (рис. 2). Когда опыт повторили при 5°С вместо 37 °С, начальные скорости репарации были более низкими, а конечные теми же самыми.



Рис. 1. Хроматографическое разделение меченых метилированных пуринов из ДНК необработанных бактерий и из ДНК бактерий, обработанных мутагеном МННГ в низкой концентрации. Сплошная линия — спектр метилированных пуринов из ДНК необработанных бактерий; штриховая — спектр метилированных пуринов из ДНК бактерий, обработанных мутагеном.

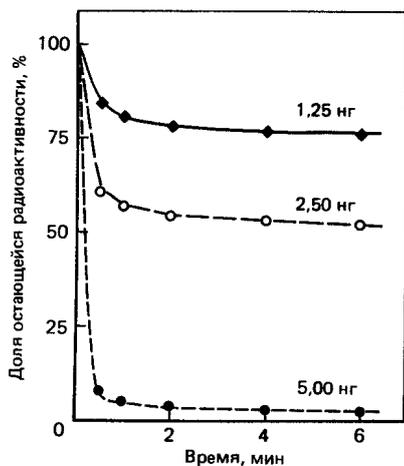


Рис. 2. Удаление меченых тритием метильных групп из ДНК с помощью очищенного фермента метилтрансферазы. Количество очищенного фермента указано над каждой кривой.

Какой метилированный пурин ответствен за мутагенное действие МННГ?

ОТВЕТ: Как показано на рис. intactные бактерии и бактерии, адаптированные к низким уровням МННГ, различаются только по количеству O⁶-метилгуанина. Отсутствие его у адаптированных бактерий коррелирует с низкой частотой мутаций, на основании чего можно предполагать, что O⁶-метилгуанин является мутагенным основанием. По-видимому, мутагенный эффект связан с тем, что это основание может ошибочно спариваться с Т во время репликации.

88

Природа мутаций, вызываемых МННГ, а также механизм их удаления из ДНК были определены в следующих экспериментах. Чтобы выяснить характер мутагенного повреждения, intactные, а также обработанные низкими дозами МННГ бактерии инкубировали 10 мин в среде, содержащей меченый мутаген-³H- МННГ, в концентрации 50 мкг/мл. Затем из бактерий выделяли ДНК, гидролизовали ее до нуклеотидов и определяли радиоактивные пурины с помощью хроматографии на бумаге, как показано на рис. 1.

Чтобы выяснить механизм ликвидации мутагенного повреждения, был сначала выделен и очищен фермент, ответственный за удаление места повреждения. Кинетику репарации изучали путем инкубации различных количеств фермента (мол. масса 19000) с ДНК, содержащей 0,26 пмоль мутагенного основания, меченного тритием. В разные моменты инкубации от-

бирали пробы и анализировали в них ДНК на остаточное содержание мутагенного основания (рис. 2). Когда опыт повторили при 5°C вместо 37 °C, начальные скорости репарации были более низкими, а конечные теми же самыми.



Рис. 1. Хроматографическое разделение меченых метилированных пуринов из ДНК необработанных бактерий и из ДНК бактерий, обработанных мутагеном МННГ в низкой концентрации. Сплошная линия — спектр метилированных пуринов из ДНК необработанных бактерий; штриховая — спектр метилированных пуринов из ДНК бактерий, обработанных мутагеном.

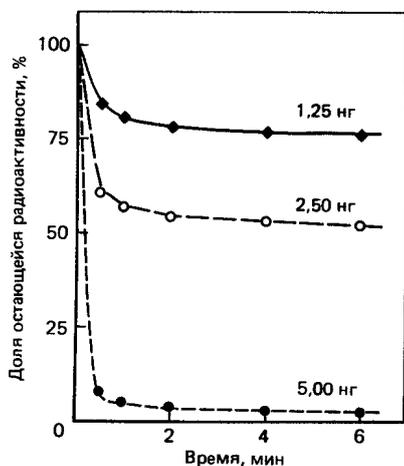


Рис. 2. Удаление меченых тритием метильных групп из ДНК с помощью очищенного фермента метилтрансферазы. Количество очищенного фермента указано над каждой кривой.

В чем состоит особенность кинетики удаления метильной группы из мутагенного основания? Связана ли эта особенность с нестабильностью фермента?

ОТВЕТ: Кинетика удаления метильной группы O⁶-метилгуанина имеет своеобразный характер, поскольку количество отщепляемых метильных групп не возрастает во времени, как можно было бы ожидать в случае типичного фермента. К тому же это количество прямо пропорционально количеству очищенного белка, добавленного в реакционную смесь. Одним из возможных объяснений такой кинетики может быть то, что данный фермент очень нестабилен; однако идентичность результатов при инкубации в условиях 5 и 37°C противоречит такому объяснению.

89

Фрагмент ДНК, изображенный на рис.1, является двухцепочечным на концах и одноцепочечным в середине. Для верхней цепи указана полярность.

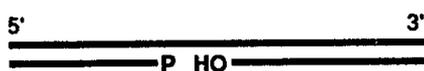


Рис. 1. Фрагмент ДНК с одноцепочечным участком, образовавшимся вследствие разрыва в нижней цепи

На каком конце фрагмента, 5' или 3', находится указанный на нижней цепи остаток фосфата (P)?

ОТВЕТ: Указанный фосфат (P) находится на 5'-конце того фрагмента, к которому он прикреплен.

90

Фрагмент ДНК, изображенный на рис.1, является двухцепочечным на концах и одноцепочечным в середине. Для верхней цепи указана полярность.

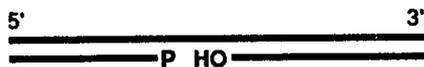


Рис. 1. Фрагмент ДНК с одноцепочечным участком, образовавшимся-

ДНК-полимераза I обладает кроме своей полимеразной активности еще и (3' → 5')-экзонуклеазной активностью. Эта активность проявляется во время коррекции для удаления неправильно спаренных оснований с конца новосинтезированной цепи ДНК. Чтобы определить эту активность, необходимо приготовить искусственный субстрат с одной poly(dA)-цепью и одной poly(dT)-цепью, который содержит на 3'-конце несколько остатков dT, меченных ^{32}P , за которыми следует несколько остатков dC, меченных ^3H , как показано на рис. 1. Вы измеряете потерю меченых остатков dT и dC в отсутствие dTTP, когда синтез ДНК невозможен, и в присутствии dTTP, когда синтез ДНК может происходить. Соответствующие результаты представлены на рис. 2.

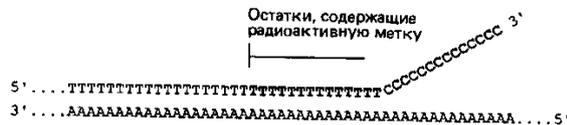


Рис. 1. Искусственный субстрат для изучения процесса коррекции, осуществляемого ДНК-полимеразой I у *E. coli*. Выделенными буквами обозначены нуклеотиды с радиоактивной меткой.

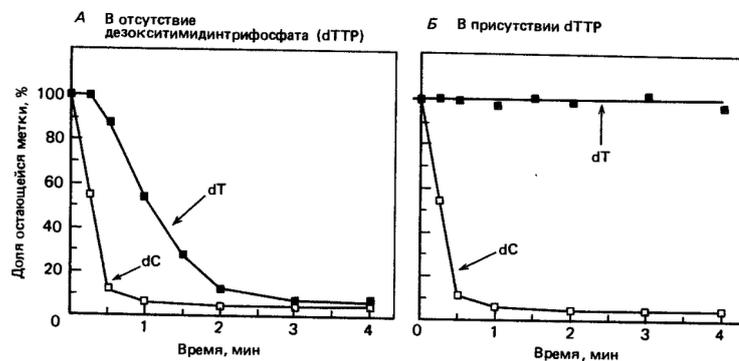


Рис. 2. Коррекция ДНК-полимеразой I в отсутствие (А) и в присутствии (Б) dTTP. Почему отщепление Т-остатков в отсутствие dTTP требует больше времени, чем отщепление С-остатков?

ОТВЕТ: Вследствие того что по своей нуклеазной активности ДНК-полимераза I является экзонуклеазой (т.е. она отщепляет нуклеотиды с концов цепей), Т-нуклеотиды не могут быть отщеплены, пока не будут удалены все С-нуклеотиды, из-за этого возникает задержка.

ДНК-полимераза I обладает кроме своей полимеразной активности еще и (3' → 5')-экзонуклеазной активностью. Эта активность проявляется во время коррекции для удаления неправильно спаренных оснований с конца новосинтезированной цепи ДНК. Чтобы определить эту активность, необходимо приготовить искусственный субстрат с одной poly(dA)-цепью и одной poly(dT)-цепью, который содержит на 3'-конце несколько остатков dT, меченных ^{32}P , за которыми следует несколько остатков dC, меченных ^3H , как показано на рис. 1. Вы измеряете потерю меченых остатков dT и dC в отсутствие dTTP, когда синтез ДНК невозможен, и в присутствии dTTP, когда синтез ДНК может происходить. Соответствующие результаты представлены на рис. 2.

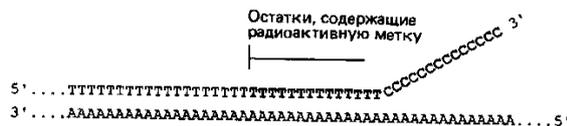


Рис. 1. Искусственный субстрат для изучения процесса коррекции, осуществляемого ДНК-полимеразой I у *E. coli*. Выделенными буквами обозначены нуклеотиды с радиоактивной меткой.

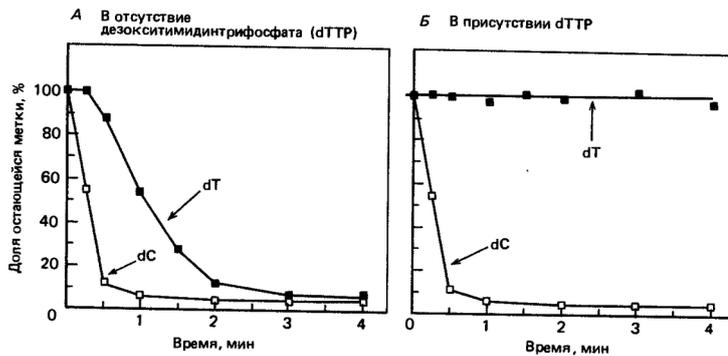


Рис. 2. Коррекция ДНК-полимеразой I в отсутствие (А) и в присутствии (Б) dTTP
Почему в присутствии dTTP отщепления Т-остатков не происходит, а С-остатки отщепляются независимо от того, есть ли в реакционной смеси dTTP?

ОТВЕТ: Если в реакционную смесь добавлен дезокситимидинтрифосфат (dTTP), то сразу же, как только появляется соответствующая АТ-пара, начинается полимеризация. От неправильно спаренной АС-пары полимеризация не может начаться. Скорость полимеризации превышает на два-три порядка скорость экзонуклеазной реакции, поэтому меченые Т-остатки будут быстро «исчезать» с конца цепи, становясь недоступными для действия экзонуклеазы.

95

ДНК-полимераза I обладает кроме своей полимеразной активности еще и (3' → 5')-экзонуклеазной активностью. Эта активность проявляется во время коррекции для удаления неправильно спаренных оснований с конца новосинтезированной цепи ДНК. Чтобы определить эту активность, необходимо приготовить искусственный субстрат с одной poly(dA)-цепью и одной poly(dT)-цепью, который содержит на 3'-конце несколько остатков dT, меченных ³²P, за которыми следует несколько остатков dC, меченных ³H, как показано на рис. 1. Вы измеряете потерю меченых остатков dT и dC в отсутствие dTTP, когда синтез ДНК невозможен, и в присутствии dTTP, когда синтез ДНК может происходить. Соответствующие результаты представлены на рис. 2.

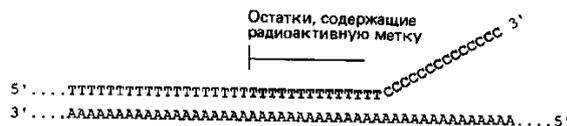


Рис. 1. Искусственный субстрат для изучения процесса коррекции, осуществляемого ДНК-полимеразой I у *E. coli*. Выделенными буквами обозначены нуклеотиды с радиоактивной меткой.

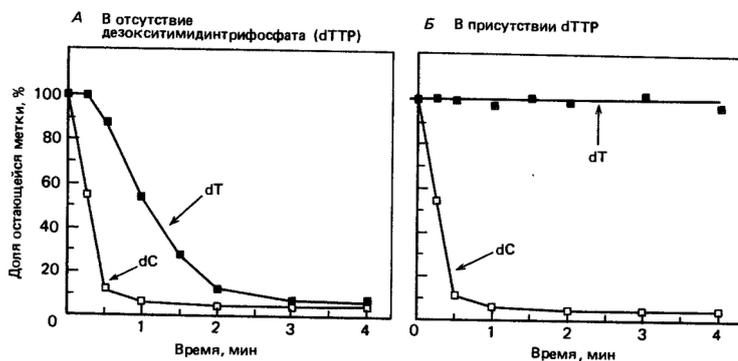


Рис. 2. Коррекция ДНК-полимеразой I в отсутствие (А) и в присутствии (Б) dTTP

Можно ли ожидать изменения результатов, представленных на рис. 2Б, если добавить dCTP и dTTP?

ОТВЕТ: Присутствие дезоксицитидинтрифосфата (dCTP) не будет влиять на результаты. Поскольку матрицей служит poly(dA), С-нуклеотиды не могут включаться. Если такое событие

все же произойдет по ошибке, то неправильно спаренный С не будет служить праймером для полимеризации.

96

Где образуется РНК-затравка, на специфических или на случайных участках матрицы? Идеальной матрицей при изучении этого вопроса может служить ДНК вируса М13, потому что она не содержит 3'-ОН-группы.

Для ответа на данный вопрос кольцевую ДНК этого вируса полностью копировали в присутствии ДНК-полимеразы бактериофага Т4, праймосомы Т4 (комплекс геликазы и РНК-праймазы), различных rNTP (рибонуклеозидтрифосфатов) и dNTP (дезоксирибонуклеозидтрифосфатов). Затем двухцепочечные кольцевые продукты обрабатывали рестриктазой, которая расщепляет двойную цепь в специфическом участке. Продукты этого расщепления подвергали денатурации, после чего анализировали последовательность нуклеотидов ДНК методом гель-электрофореза с высоким разрешением. Было обнаружено много отдельных полос. Если продукты расщепления до электрофореза обрабатывали РНКазой, то все они становились на пять нуклеотидов короче, о чем свидетельствовала более быстрая миграция их в секвенирующем геле.

Зная, что каждый продукт рестрикции заканчивается специфическим участком рестрикции, можно было по длине продукта установить матричную последовательность вблизи 5'-конца. (Полная последовательность М13 известна.) Некоторые из этих матричных последовательностей показаны на рис. слева. Последовательность ДНК на каждом из соответствующих 5'-концов цепей продуктов была определена после удаления РНК-затравки. Эти последовательности показаны на рис., справа, в той же строчке, что и комплементарная последовательность матричной ДНК.

Сайт	Матричные последовательности М13		Последовательности ДНК, связанные с РНК-затравкой	
	5'	3'	5'	3'
1	А Т С С Т Т Г С Г Т Т Г А А А Т		А Г Г А Т	
2	Т С Т Т Г Т Т Т Г С Т С С А Г А		С А А Г А	
3	А Т Т С Т С Т Т Г Т Т Т Г С Т С		А Г А А Т	
4	А С А Т Г С Т А Г Т Т Т Т А С Г		С А Т Г Т	
5	А Т Т Г А С А Т Г С Т А Г Т Т Т		Т С А А Т	
6	А Т С Т Т С С Т Г Т Т Т Т Т Г Г		А А Г А Т	
7	А А А Т А Т Т Т Г С Т Т А Т А С		Т А Т Т Т	
8	С Т А Г А А С Г Г Т Т А С С С Т		Т С Т А Г	

Рис. Матричные последовательности М13 (слева) и соответствующие последовательности ДНК, образуемые в каждом сайте (справа) во время синтеза РНК-затравки. РНК-затравки были отделены от этих цепей ДНК перед секвенированием.

Определите на основе этих данных стартовый участок для РНК-затравки на каждой матричной последовательности. Какой сигнал нужен для начала реакции, катализируемой РНК-праймазой?

ОТВЕТ: Сравнение матричных последовательностей и последовательностей продуктов рестрикции позволяет определить первые 5 нуклеотидов, с которых начинаются цепи ДНК-продуктов, как показано на рис. Необходимая для начала синтеза РНК матричная последовательность-это 5'-GPyT-3' (где Py-любое пиримидиновое основание). Молекулы РНК-затравки начинаются с пуринового нуклеотида, противостоящего любому пиримидину в матрице. Сравнение больших участков последовательностей позволяет предположить, что для начала синтеза РНК нужны только три приведенных выше нуклеотида.

97

Ген *dnaB* у *E. coli* кодирует геликазу, которая участвует в расплетании ДНК на участке репликативной вилки. Свойства этого фермента были изучены с использованием искусственных субстратов, подобных тем, которые изображены на рис. 1. Экспериментальный подход заключался в том, что субстраты инкубировали в разных условиях и затем исследовали образцы методом электрофореза в агарозных гелях. Короткая одиночная цепь будет двигаться медленно, если она еще соединена с длинной цепью ДНК, и будет двигаться гораздо быстрее, если она расплетена и отделена от длинной цепи. Введя в короткую одиночную цепь радиоактивную метку, можно избирательно следить за ее миграцией, определяя ее положение в геле методом радиоавтографии.

Результаты нескольких экспериментов показаны на рис. 2. Субстрат 1, представляющий собой гибридную ДНК без «хвостов», не расплетался с помощью *dnaB* (рис. 2, дорожки 1 и 2). Однако когда инкубировали субстраты с «хвостами» при + 37 °С в присутствии *dnaB* и АТР, то за счет расплетания освобождалось значительное количество мелких фрагментов (дорожки 6 и 10). В случае субстрата 3 был раскручен только 3'-полуфрагмент (дорожка 10). Процесс расплетания во всех случаях полностью зависел от гидролиза АТР.

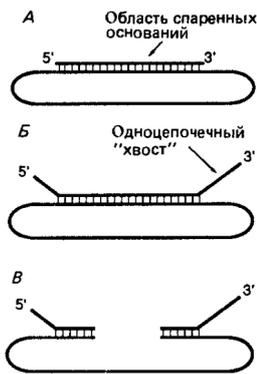


Рис. 1. Субстраты, использованные для определения свойств *dnaB*. А-субстрат 1, Б-субстрат 2, В-субстрат 3.

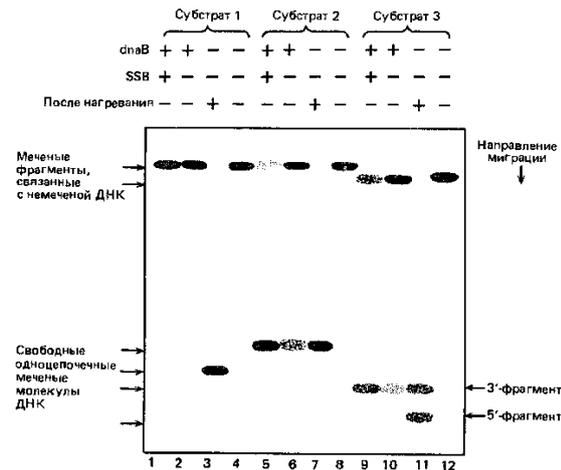


Рис. 2. Результаты нескольких экспериментов по измерению расплетания с участием *dnaB*. Радиоактивная метка содержалась только в одноцепочечных фрагментах, положение которых показано на схеме.

Расплетание существенно увеличивалось при добавлении белка, связывающегося с одноцепочечной ДНК, (SSB-белок) (сравните дорожки 5 и 6 с 9 и 10). Интересно, что этот белок нужно было добавлять приблизительно через 3 мин после *dnaB*, в противном случае он ингибировал расплетание.

Почему для расплетания нужен гидролиз АТФ?

ОТВЕТ: Гидролиз АТФ необходим для расплетания спирали ДНК, потому что плавление ДНК идет с затратой энергии. Разделение цепей энергетически невыгодно из-за того, что на преодоление стекинг- взаимодействий между плоскими гетероциклами спаренных оснований тратится много энергии. К тому же водородные связи, которыми соединены основания каждой пары, создают кинетический барьер для разделения цепей.

98

Ген *dnaB* у *E. coli* кодирует геликазу, которая участвует в расплетании ДНК на участке репликативной вилки. Свойства этого фермента были изучены с использованием искусственных субстратов, подобных тем, которые изображены на рис. 1. Экспериментальный подход заключался в том, что субстраты инкубировали в разных условиях и затем исследовали образцы методом электрофореза в агарозных гелях. Короткая одиночная цепь будет двигаться медленно, если она еще соединена с длинной цепью ДНК, и будет двигаться гораздо быстрее, если она расплетена и отделена от длинной цепи. Вводя в короткую одиночную цепь радиоактивную метку, можно избирательно следить за ее миграцией, определяя ее положение в геле методом радиоавтографии.

Результаты нескольких экспериментов показаны на рис. 2. Субстрат 1, представляющий собой гибридную ДНК без «хвостов», не расплетался с помощью *dnaB* (рис. 2, дорожки 1 и 2). Однако когда инкубировали субстраты с «хвостами» при + 37 °С в присутствии *dnaB* и АТФ, то за счет расплетания освобождалось значительное количество мелких фрагментов (дорожки 6 и 10). В случае субстрата 3 был раскручен только 3'-полуфрагмент (дорожка 10). Процесс расплетания во всех случаях полностью зависел от гидролиза АТФ.

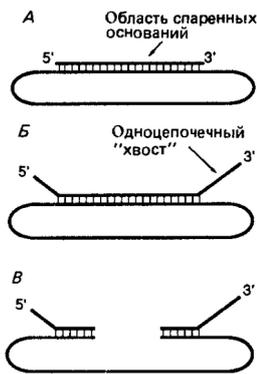


Рис. 1. Субстраты, использованные для определения свойств *dnaV*. А-субстрат 1, Б-субстрат 2, В-субстрат 3.

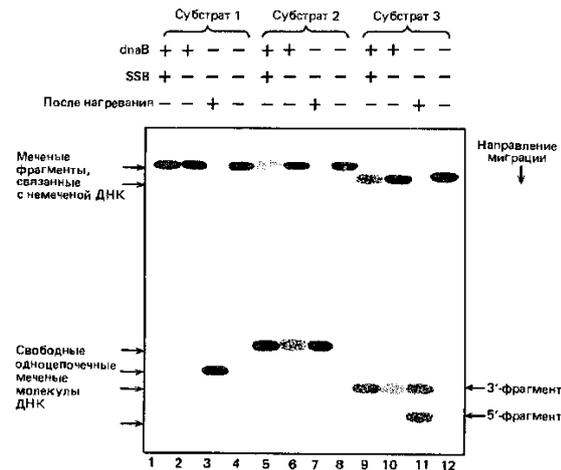


Рис. 2. Результаты нескольких экспериментов по измерению расплетания с участием *dnaV*. Радиоактивная метка содержалась только в одноцепочечных фрагментах, положение которых показано на схеме.

Расплетание существенно увеличивалось при добавлении белка, связывающегося с одноцепочечной ДНК, (SSB-белок) (сравните дорожки 5 и 6 с 9 и 10). Интересно, что этот белок нужно было добавлять приблизительно через 3 мин после *dnaV*, в противном случае он ингибировал расплетание.

В каком направлении движется *dnaV* по длинной одноцепочечной ДНК? С чем больше согласуется это направление, с движением по ведущей цепи или по отстающей цепи в репликативной вилке?

ОТВЕТ: Поскольку *dnaV* выплавляет только 3'-полуфрагменты субстрата 3, он должен связываться с длинной одноцепочечной молекулой и двигаться вдоль нее в направлении от 5'-к 3'-концу, пока не достигнет двухцепочечного района, образованного 3'-полуфрагментом. Затем *dnaV* начинает раскручивать этот фрагмент. Движение *dnaV* от 5'-к 3'-концу предполагает, что он расплетает родительский дуплекс в репликативной вилке, двигаясь вдоль отстающей цепи.

В экспериментах небольшое количество 5'-полуфрагмента выплавляется. Считается однако, что плавление, обусловленное коротким 5'-«хвостом», является неэффективным из-за различия в размере мишени: гораздо более вероятно, что *dnaV* связывается с длинной одноцепочечной структурой, а не с короткой.

99

Ген *dnaV* у *E. coli* кодирует геликазу, которая участвует в расплетании ДНК на участке репликативной вилки. Свойства этого фермента были изучены с использованием искусственных субстратов, подобных тем, которые изображены на рис. 1. Экспериментальный подход заключался в том, что субстраты инкубировали в разных условиях и затем исследовали образцы методом электрофореза в агарозных гелях. Короткая одиночная цепь будет двигаться медленно, если она еще соединена с длинной цепью ДНК, и будет двигаться гораздо быстрее, если она расплетена и отделена от длинной цепи. Вводя в короткую одиночную цепь радиоактивную метку, можно избирательно следить за ее миграцией, определяя ее положение в геле методом радиоавтографии.

Результаты нескольких экспериментов показаны на рис. 2. Субстрат 1, представляющий собой гибридную ДНК без «хвостов», не расплетался с помощью *dnaV* (рис. 2, дорожки 1 и 2). Однако когда инкубировали субстраты с «хвостами» при + 37 °С в присутствии *dnaV* и АТФ, то

за счет расплетания освобождалось значительное количество мелких фрагментов (дорожки 6 и 10). В случае субстрата 3 был раскручен только 3'-полуфрагмент (дорожка 10). Процесс расплетания во всех случаях полностью зависел от гидролиза АТФ.

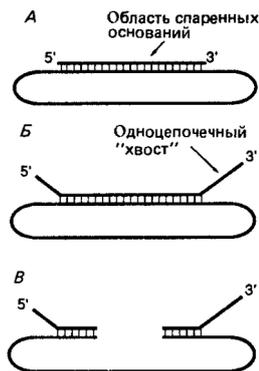


Рис. 1. Субстраты, использованные для определения свойств *dnaB*. А-субстрат 1, Б-субстрат 2, В-субстрат 3.

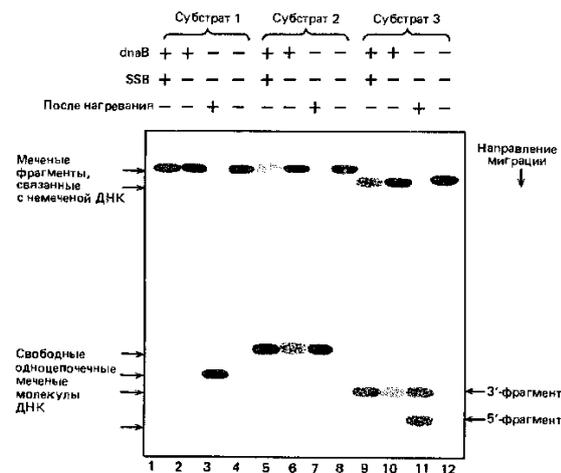


Рис. 2. Результаты нескольких экспериментов по измерению расплетания с участием *dnaB*. Радиоактивная метка содержалась только в одноцепочечных фрагментах, положение которых показано на схеме.

Расплетание существенно увеличивалось при добавлении белка, связывающегося с одноцепочечной ДНК, (SSB-белок) (сравните дорожки 5 и 6 с 9 и 10). Интересно, что этот белок нужно было добавлять приблизительно через 3 мин после *dnaB*, в противном случае он ингибировал расплетание.

Почему белок, связывающийся с одноцепочечной ДНК (SSB), мог ингибировать расплетание, когда его добавляли до *dnaB*, но стимулировал расплетание, когда его добавляли после *dnaB*?

ОТВЕТ: Если SSB-белок добавляли первым, он ингибировал расплетание, опосредованное *dnaB*, потому что обволакивал одноцепочечную ДНК, препятствуя связыванию с ней *dnaB*. И наоборот, если SSB-белок добавляли после того, как *dnaB* связался, он стимулировал расплетание, предохраняя раскрученную молекулу ДНК от реассоциации.

100

Бактериофаг Т4 кодирует SSB-белок, связывающий одноцепочечную ДНК и играющий важную роль в рекомбинации и репликации ДНК. У мутантов Т4, имеющих температурочувствительную мутацию в гене, кодирующем SSB-белок, рекомбинация и репликация быстро прекращаются при повышении температуры. Синтезируемый SSB-белок - это мономерный белок удлинённой формы с мол. массой 35000. Он прочно связывается с одноцепочечной ДНК, но не взаимодействует с двухцепочечной ДНК. Связывание насыщается при весовом соотношении ДНК:белок, равном 1:12. Для этого взаимодействия характерна особенность, которая проиллюстрирована на рис.. При избытке одноцепочечной ДНК (10 мкг) и количестве SSB-белка 0,5 мкг связывания не наблюдается (рис. А), тогда как при количестве SSB-белка 7 мкг происходит почти количественное связывание (рис. Б).

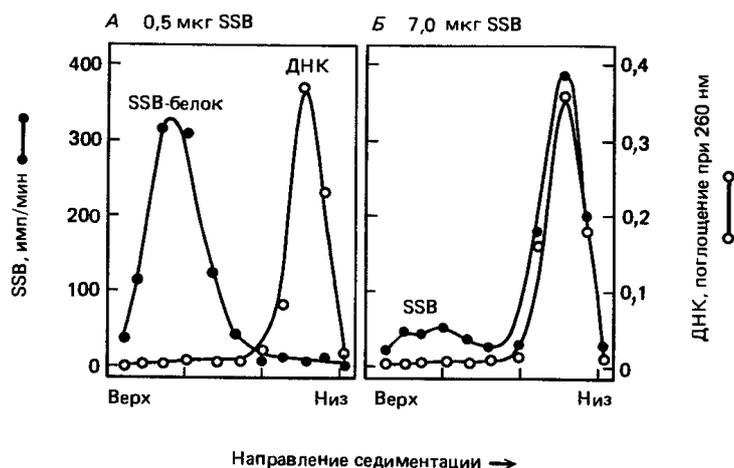


Рис. Связывание SSB-белка фага Т4 с одноцепочечной ДНК. Связывание определяли с помощью центрифугирования в градиентах сахарозы, в которых ДНК, имеющая большую массу, оседает быстрее, чем белок, и поэтому обнаруживается ближе к дну пробирки.

Контактируют ли соседние мономеры SSB-белка, когда реакция его связывания с ДНК достигает насыщения? Исходите из того, что при связывании мономер SSB-белка тянется на 12 нм вдоль молекулы ДНК и что пространственное расположение оснований в одноцепочечной ДНК после связывания с SSB-белком остается таким же, как и в двухцепочечной ДНК (т. е. 10 нуклеотидов на 3,4 нм).

ОТВЕТ: Если на отрезок одноцепочечной ДНК длиной 3,4 нм приходится 10 нуклеотидов, то 8,8 нуклеотидов будут занимать в длину 3 нм (если бы одноцепочечная ДНК была полностью вытянута, она была бы вдвое длиннее). Поскольку длина молекулы SSB-белка равна 12 нм, при насыщении этим белком его молекулы скорее всего контактируют друг с другом и частично перекрываются.

101

Бактериофаг Т4 кодирует SSB-белок, связывающий одноцепочечную ДНК и играющий важную роль в рекомбинации и репликации ДНК. У мутантов Т4, имеющих температурочувствительную мутацию в гене, кодирующем SSB-белок, рекомбинация и репликация быстро прекращаются при повышении температуры. Синтезируемый SSB-белок - это мономерный белок удлиненной формы с мол. массой 35000. Он прочно связывается с одноцепочечной ДНК, но не взаимодействует с двухцепочечной ДНК. Связывание насыщается при весовом соотношении ДНК:белок, равном 1:12. Для этого взаимодействия характерна особенность, которая проиллюстрирована на рис.. При избытке одноцепочечной ДНК (10 мкг) и количестве SSB-белка 0,5 мкг связывания не наблюдается (рис. А), тогда как при количестве SSB-белка 7 мкг происходит почти количественное связывание (рис. Б).

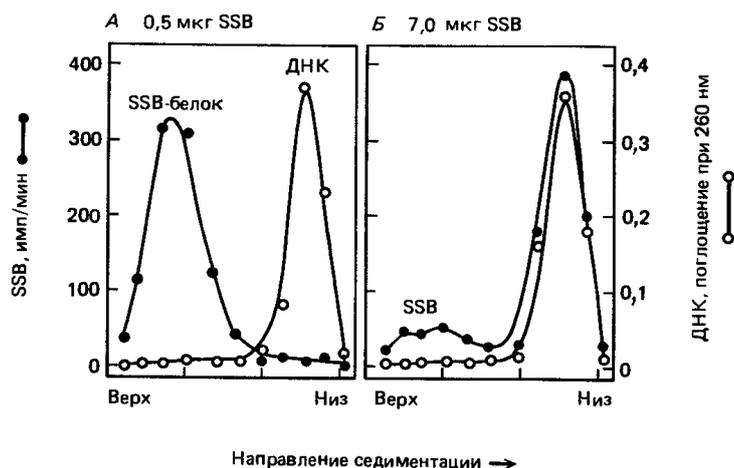


Рис. Связывание SSB-белка фага T4 с одноцепочечной ДНК. Связывание определяли с помощью центрифугирования в градиентах сахарозы, в которых ДНК, имеющая большую массу, оседает быстрее, чем белок, и поэтому обнаруживается ближе к дну пробирки.

Как вы считаете, почему связывание SSB-белка с одноцепочечной ДНК так сильно зависит от количества SSB-белка, как показано на рис.?

ОТВЕТ: Незначительное связывание при низкой концентрации SSB-белка, но почти количественное при его десятикратном весовом избытке предполагает, что связывание SSB-белка с ДНК носит кооперативный характер. Кооперативность означает, что как только связывается один мономер, последующие мономеры могут связываться гораздо легче. Если такие мономеры действительно перекрываются друг с другом при связывании, то, как следует из расчета, приведенного в предыдущем пункте, кооперативность легко понять как ситуацию, при которой у каждого мономера имеются два участка связывания - один для ДНК, а другой для других мономеров. При этих условиях связывание первого мономера с ДНК будет более слабым, чем связывание последующих. Это происходит потому, что первый мономер присоединяется к ДНК только через участок связывания ДНК, тогда как второй мономер располагается рядом с первым, в результате чего используются оба связывающих участка его молекулы. При графическом изображении этого типа взаимодействия получается круто восходящая кривая связывания в зависимости от концентрации.

102

Белок *гесА* катализирует как начальный этап рекомбинации-спаривание, так и последующую миграцию ветвей у *E. coli*. Он способствует рекомбинации, связываясь с одноцепочечной ДНК и катализируя спаривание такой покрытой белком цепи с гомологичной двухцепочечной ДНК. Можно определить действие *гесА* по образованию кольцевых двухцепочечных ДНК в смеси из двухцепочечных линейных молекул ДНК и гомологичных им одноцепочечных кольцевых ДНК, как показано на рис. 1. Эта реакция протекает в два этапа: сначала кольцевая ДНК спаривается с линейной молекулой на одном из ее концов, а затем точка ветвления продвигается по линейной двухцепочечной ДНК, пока от нее не отделится линейная одноцепочечная ДНК.

Для понимания процесса с участием *гесА* важно знать, происходит ли перемещение точки ветвления в строго определенном направлении. Этот вопрос был изучен следующим образом. Одноцепочечные кольцевые молекулы ДНК, равномерно меченные фосфором ^{32}P , смешивали с немечеными двухцепочечными линейными молекулами ДНК в присутствии *гесА*. Как только одноцепочечная ДНК спаривается с линейной ДНК, она становится чувствительной к действию рестриктаз, которые не разрезают одноцепочечную ДНК. Отобрав пробы в разные моменты инкубации, обработав их рестриктазами и разделив меченые фрагменты с помощью электрофореза, получили результат, схематично представленный на рис. 2.

Сравнивая время появления меченых фрагментов с картой рестрикции кольцевой ДНК на рис. 2, сделайте заключение, какой конец (5' или 3') (—)-цепи линейной ДНК захватывает кольцевая (-Н)-цепь. Попытайтесь также определить направление миграции ветвей вдоль (—)-цепи. (Линейная двухцепочечная ДНК была разрезана по границе между фрагментами а и с, см. карту рестрикции на рис., 2Б.).

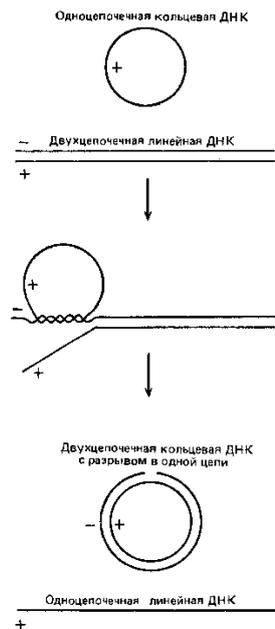


Рис. 1. Метод ассимиляции цепей ДНК для определения активности гесА-белка. Одноцепочечная кольцевая ДНК (+) комплементарна (—)-цепи линейного дуплекса и идентична (+)-цепи этого дуплекса

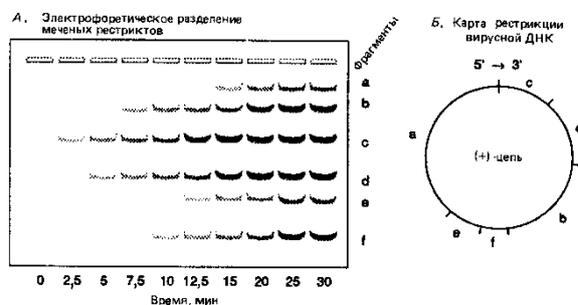


Рис. 2. Электрофоретическое разделение (А) меченых рестриктов как функция времени инкубации с гесА. Приведена карта рестрикции (Б) для кольцевой молекулы; направление от 5'-к 3'-концу-по часовой стрелке.

ОТВЕТ: Первый меченый рестрикционный фрагмент, который должен появиться после начала реакции, это фрагмент с, затем метка постепенно появляется и в других фрагментах, так что фрагмент а будет последним, который становится двухцепочечным. Поскольку спаривание происходит между антипараллельными цепями ДНК, этот порядок появления меченых фрагментов означает, что инвазия начинается с 3'-конца (—)-цепи линейной ДНК и миграция ветвей продолжается в направлении от 3' к 5' вдоль (—)-цепи.

103

Белок гесА катализирует как начальный этап рекомбинации-спаривание, так и последующую миграцию ветвей у *E. coli*. Он способствует рекомбинации, связываясь с одноцепочечной ДНК и катализируя спаривание такой покрытой белком цепи с гомологичной двухцепочечной ДНК. Можно определить действие гесА по образованию кольцевых двухцепочечных ДНК в смеси из двухцепочечных линейных молекул ДНК и гомологичных им одноцепочечных кольцевых ДНК, как показано на рис. 1. Эта реакция протекает в два этапа: сначала кольцевая ДНК спаривается с линейной молекулой на одном из ее концов, а затем точка ветвления продвигается по линейной двухцепочечной ДНК, пока от нее не отделится линейная одноцепочечная ДНК.

Для понимания процесса с участием гесА важно знать, происходит ли перемещение точки ветвления в строго определенном направлении. Этот вопрос был изучен следующим образом. Одноцепочечные кольцевые молекулы ДНК, равномерно меченные фосфором ^{32}P , смешивали с немечеными двухцепочечными линейными молекулами ДНК в присутствии гесА. Как только одноцепочечная ДНК спаривается с линейной ДНК, она становится чувствительной к действию рестриктаз, которые не разрезают одноцепочечную ДНК. Отобрав пробы в разные моменты инкубации, обработав их рестриктазами и разделив меченые фрагменты с помощью электрофореза, получили результат, схематично представленный на рис. 2.

Рассчитайте скорость миграции ветвей, принимая длину этой ДНК равной 7 т. п. н.

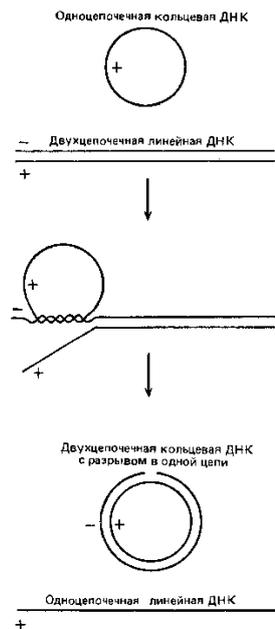


Рис. 1. Метод ассимиляции цепей ДНК для определения активности гесА-белка. Одноцепочечная кольцевая ДНК (+) комплементарна (—)-цепи линейного дуплекса и идентична (+)-цепи этого дуплекса

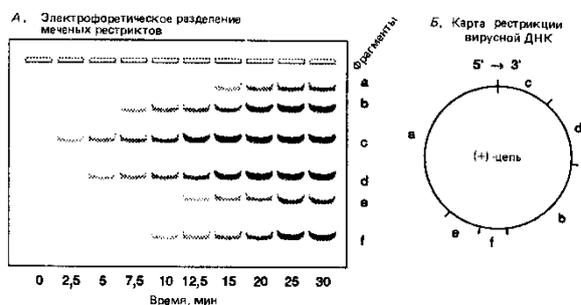


Рис. 2. Электрофоретическое разделение (А) меченых рестриктов как функция времени инкубации с гесА. Приведена карта рестрикции (Б) для кольцевой молекулы; направление от 5'- к 3'-концу-по часовой стрелке.

ОТВЕТ: Для того чтобы поместился последний фрагмент, требуется 20 мин. Это означает, что скорость продвижения точки ветвления составляет около 350 нуклеотидов в минуту (7000 нуклеотидов/20 мин), или около 6 нуклеотидов в секунду. По сравнению со скоростью репликации, составляющей 500 нуклеотидов в секунду, скорость миграции ветвей, катализируемой белком гесА, очень низка.

104

Когда плазмидную ДНК из *E. coli* исследуют с помощью электронного микроскопа, большая часть плазмид имеет вид моно мерных колец, но встречаются и другие формы, например димерные и тримерные кольца. К тому же около 1 % молекул имеют вид восьмерок, у которых обе петли одинаковы (рис.).

Вы предполагаете, что эти «восьмерки» представляют собой промежуточные продукты рекомбинации с образованием димера из двух мономеров (или двух мономеров из димера). Чтобы выяснить, что это - скрученные димеры или просто соприкасающиеся мономеры, вы обрабатываете препарат ДНК ферментом рестрикции, который разрезает в единственном сайте в мономере, и вновь исследуете молекулы. После рестрикции обнаруживаются только две формы: 99% молекул ДНК имеют форму линейных мономеров и 1% - χ -форму (рис. Б). Вы замечаете, что χ -форма обладает примечательным свойством: два длинных плеча имеют одинаковую длину так же, как и два коротких. К тому же сумма длин короткого и длинного плеч равна длине мономерной плазмиды. Однако положение точки перекрещивания совершенно случайное.

Не будучи полностью уверенным в себе и чувствуя, что, по-видимому, допущена какая-то ошибка, вы показываете ваши снимки коллеге. Он считает, что вы видите промежуточные продукты рекомбинации, которые возникают при спаривании случайным образом по гомологичным сайтам.

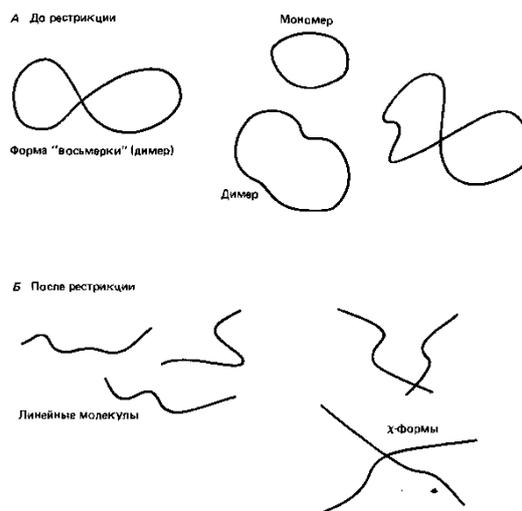


Рис. . Плазмидные молекулы, наблюдавшиеся до обработки рестриктазой, вводящей единичные разрывы, (А) и после такой обработки (Б)

Прав ли ваш коллега? Каков ход его мыслей?

ОТВЕТ: Прав. Поскольку точка перекрещивания у всех молекул находится на одном и том же расстоянии от определенной последовательности (уникального сайта, узнаваемого рестриктазой), то последовательности, вовлекаемые в кроссинговер, должны быть гомологичными. Учитывая то, что они находятся на произвольных расстояниях от сайта рестрикции, можно считать, что не существует каких-либо предпочтительных сайтов для рекомбинации.

- 105 Когда плазмидную ДНК из *E. coli* исследуют с помощью электронного микроскопа, большая часть плазмид имеет вид моно мерных колец, но встречаются и другие формы, например димерные и тримерные кольца. К тому же около 1 % молекул имеют вид восьмерок, у которых обе петли одинаковы (рис.). Вы предполагаете, что эти «восьмерки» представляют собой промежуточные продукты рекомбинации с образованием димера из двух мономеров (или двух мономеров из димера). Чтобы выяснить, что это - скрученные димеры или просто соприкасающиеся мономеры, вы обрабатываете препарат ДНК ферментом рестрикции, который разрезает в единственном сайте в мономере, и вновь исследуете молекулы. После рестрикции обнаруживаются только две формы: 99% молекул ДНК имеют форму линейных мономеров и 1% - χ-форму (рис. Б). Вы замечаете, что χ-форма обладает примечательным свойством: два длинных плеча имеют одинаковую длину так же, как и два коротких. К тому же сумма длин короткого и длинного плеч равна длине мономерной плазмиды. Однако положение точки перекрещивания совершенно случайное. Не будучи полностью уверенным в себе и чувствуя, что, по-видимому, допущена какая-то ошибка, вы показываете ваши снимки коллеге. Он считает, что вы видите промежуточные продукты рекомбинации, которые возникают при спаривании случайным образом по гомологичным сайтам.

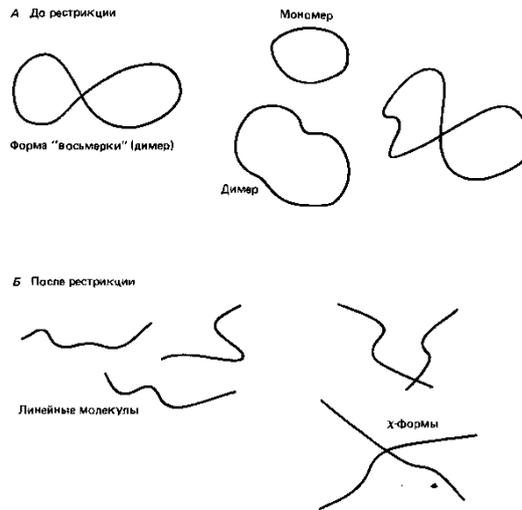


Рис. . Плазмидные молекулы, наблюдавшиеся до обработки рестриктазой, вводящей единичные разрывы, (А) и после такой обработки (Б)

Будут ли результаты другими, если повторить те же эксперименты со штаммом *E. coli*, несущим нефункциональный ген *recA*?

ОТВЕТ: Если вы повторите опыты на штамме *E.coli*, дефектном по *recA*, то фигур типа восьмерки или х-форм не должно обнаружиться. Г.

106

Когда плазмидную ДНК из *E. coli* исследуют с помощью электронного микроскопа, большая часть плазмид имеет вид моно мерных колец, но встречаются и другие формы, например димерные и тримерные кольца. К тому же около 1 % молекул имеют вид восьмерок, у которых обе петли одинаковы (рис.).

Вы предполагаете, что эти «восьмерки» представляют собой промежуточные продукты рекомбинации с образованием димера из двух мономеров (или двух мономеров из димера). Чтобы выяснить, что это - скрученные димеры или просто соприкасающиеся мономеры, вы обрабатываете препарат ДНК ферментом рестрикции, который разрезает в единственном сайте в мономере, и вновь исследуете молекулы. После рестрикции обнаруживаются только две формы: 99% молекул ДНК имеют форму линейных мономеров и 1% - х-форму (рис. Б). Вы замечаете, что х-форма обладает примечательным свойством: два длинных плеча имеют одинаковую длину так же, как и два коротких. К тому же сумма длин короткого и длинного плеч равна длине мономерной плазмиды. Однако положение точки перекрещивания совершенно случайное.

Не будучи полностью уверенным в себе и чувствуя, что, по-видимому, допущена какая-то ошибка, вы показываете ваши снимки коллеге. Он считает, что вы видите промежуточные продукты рекомбинации, которые возникают при спаривании случайным образом по гомологичным сайтам.

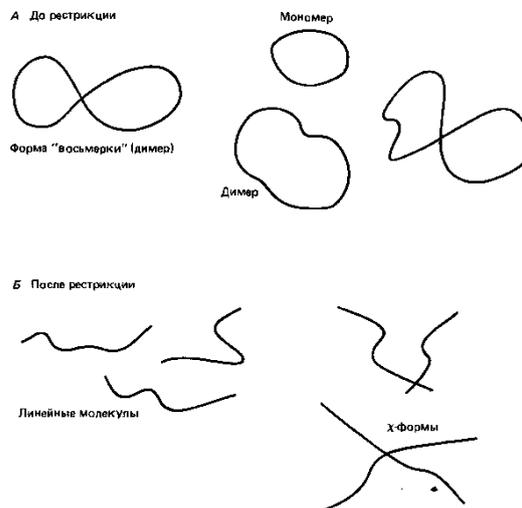


Рис. . Плазмидные молекулы, наблюдавшиеся до обработки рестриктазой, вводящей

единичные разрывы, (А) и после такой обработки (Б)

В. Как выглядели бы χ -формы, если бы фигуры типа восьмерки были промежуточными продуктами сайт-специфической рекомбинации между мономерами?

ОТВЕТ: Если бы фигуры типа восьмерки были промежуточными продуктами сайт-специфической рекомбинации между мономерами, то у всех χ -форм должна была быть одна и та же точка перекрещивания.

Критерии и шкалы оценки:

Процентная шкала 0-100 %; отметка в системе

«неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»

0-59,99% - неудовлетворительно;

60-74,99% - удовлетворительно;

75- 84,99% -хорошо;

85-100% - отлично.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых экзаменах и зачетах;

- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

Для оценки знаний, умений, навыков обучающихся по дисциплине применяется рейтинговая система. Итоговая оценка по дисциплине определяется на основании определения среднеарифметического значения баллов по каждому заданию.

Зачет по дисциплине выставляется в зачетную ведомость по результатам работы в семестре после выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины (с отметкой «зачтено») и получении по результатам тестирования по всем разделам дисциплины не менее 60 %.

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач					
ИД1_{УК-1} - Анализирует поставленную задачу и осуществляет поиск необходимой информации для ее решения					
ЗНАТЬ	Знание методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях	Демонстрация знаний методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях	Обучающийся демонстрирует знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях, но допускает незначительные ошибки.	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областей, но допускает принципиальные ошибки.	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях	неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
УМЕТЬ	Умение пользоваться научной и справочной литературой по курсу общей и молекулярной биологии	Демонстрация умения пользоваться научной и справочной литературой по курсу общей и молекулярной биологии	Обучающийся демонстрирует умения пользоваться научной и справочной литературой по курсу общей и молекулярной биологии	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует умения пользоваться научной и справочной литературой по курсу общей и молекулярной биологии, но допускает незначительные ошибки.	Хорошо	Освоена (повышенный)

			Обучающийся демонстрирует умения пользоваться научной и справочной литературой по курсу общей и молекулярной биологии, но допускает принципиальные ошибки.	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует умения пользоваться научной и справочной литературой по курсу общей и молекулярной биологии	неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
ВЛАДЕТЬ	Владение навыками сбора, обработки, критического анализа и систематизации информации по теме исследования	Демонстрация навыками сбора, обработки, критического анализа и систематизации информации по теме исследования	Обучающийся демонстрирует навыки сбора, обработки, критического анализа и систематизации информации по теме исследования	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует навыки сбора, обработки, критического анализа и систематизации информации по теме исследования, но допускает незначительные ошибки.	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует навыки сбора, обработки, критического анализа и систематизации информации по теме исследования, но допускает принципиальные ошибки.	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует навыки сбора, обработки, критического анализа и систематизации информации по теме исследования	неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
			ИД_{2ук-1} – Решает поставленные задачи, используя системный подход, на основе критического анализа и синтеза информации и оценивает последствия возможных решений		
ЗНАТЬ	Знание структуры и свойств белков и нуклеиновых кислот; молекулярных механизмов воспроизводства и передачи наследственной информации; структурно-функциональной организации генетического аппарата эукариотических и прокариотических клеток	Демонстрация знаний структуры и свойств белков и нуклеиновых кислот; молекулярных механизмов воспроизводства и передачи наследственной информации; структурно-функциональной организации генетического аппарата эукариотических и прокариотических клеток	Обучающийся демонстрирует знания структуры и свойств белков и нуклеиновых кислот; молекулярных механизмов воспроизводства и передачи наследственной информации; структурно-функциональной организации генетического аппарата эукариотических и прокариотических клеток	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует знания структуры и свойств белков и нуклеиновых кислот; молекулярных механизмов воспроизводства и передачи наследственной информации; структурно-функциональной организации генетического аппарата эукариотических и прокариотических клеток, но допускает незначительные ошибки.	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует знания структуры и свойств белков и нуклеиновых кислот; молекулярных механизмов воспроизводства и передачи наследственной информации; структурно-функциональной организации генетического аппарата эукариотических и прокариотических клеток, но допускает принципиальные ошибки.	Удовлетворительно	Освоена (базовый)

			Обучающийся не демонстрирует знания структуры и свойств белков и нуклеиновых кислот; молекулярных механизмов воспроизводства и передачи наследственной информации; структурно-функциональной организации генетического аппарата эукариотических и прокариотических клеток	неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
УМЕТЬ	Умение анализировать особенности функционирования внутриклеточных структур в различных биологических системах; планировать эксперименты в области молекулярной биологии клетки.	Демонстрация умений анализировать особенности функционирования внутриклеточных структур в различных биологических системах; планировать эксперименты в области молекулярной биологии клетки.	Обучающийся демонстрирует умения анализировать особенности функционирования внутриклеточных структур в различных биологических системах; планировать эксперименты в области молекулярной биологии клетки.	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует умения анализировать особенности функционирования внутриклеточных структур в различных биологических системах; планировать эксперименты в области молекулярной биологии клетки, но допускает незначительные ошибки.	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует умения анализировать особенности функционирования внутриклеточных структур в различных биологических системах; планировать эксперименты в области молекулярной биологии клетки, но допускает принципиальные ошибки.	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует умения анализировать особенности функционирования внутриклеточных структур в различных биологических системах; планировать эксперименты в области молекулярной биологии клетки.	неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
ВЛАДЕТЬ	Владение современными средствами исследования клеточных компартментов	Демонстрация навыков владения современными средствами исследования клеточных компартментов	Обучающийся демонстрирует навыки владения современными средствами исследования клеточных компартментов	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует навыки владения современными средствами исследования клеточных компартментов, но допускает незначительные ошибки.	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует навыки владения современными средствами исследования клеточных компартментов, но допускает принципиальные ошибки.	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует навыки владения современными средствами исследования клеточных компартментов	неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
ПКв-2 - Способен проводить научно-исследовательские работы и маркетинговые исследования в области прогрессивных биотехнологий и новой биотехнологической					

продукции для пищевой промышленности с целью поиска и разработки новых эффективных путей получения биотехнологических продуктов, создания современных биотехнологий, в том числе биотехнологий, технологий рекомбинантных дезоксирибонуклеиновых кислот, клеточных технологий					
ИД1 _{ПКв-2} – Проводит исследования свойств продовольственного сырья, пищевых макро- и микроингредиентов, технологических добавок и улучшителей для выработки готовых изделий с заданным функциональным составом и свойствами					
ЗНАТЬ	Знание современных достижений в области молекулярной биологии	Демонстрация знаний современных достижений в области молекулярной биологии	Обучающийся демонстрирует знания современных достижений в области молекулярной биологии	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует знания современных достижений в области молекулярной биологии, но допускает незначительные ошибки.	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует знания современных достижений в области молекулярной биологии	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует знания современных достижений в области молекулярной биологии	неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
УМЕТЬ	Умение внедрять современные наукоемкие технологии в научные исследования.	Демонстрация умений внедрять современные наукоемкие технологии в научные исследования.	Обучающийся демонстрирует умения внедрять современные наукоемкие технологии в научные исследования.	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует умения внедрять современные наукоемкие технологии в научные исследования, но допускает незначительные ошибки.	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует умения внедрять современные наукоемкие технологии в научные исследования.	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует умения внедрять современные наукоемкие технологии в научные исследования.	неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
ВЛАДЕТЬ	Владение методами выделения и идентификации молекул ДНК из живых клеток	Демонстрация владения методами выделения и идентификации молекул ДНК из живых клеток	Обучающийся демонстрирует навыки владения методами выделения и идентификации молекул ДНК из живых клеток	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует навыки владения методами выделения и идентификации молекул ДНК из живых клеток, но допускает незначительные ошибки..	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся демонстрирует навыки владения методами выделения и идентификации молекул ДНК из живых клеток	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не демонстрирует навыки владения методами выделения и идентификации молекул ДНК из живых клеток	неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)