

**Спецификация для заключительного (очного) этапа  
Олимпиады «Я – профессионал»**

Название направления	<b>«Биобезопасность, биоинженерия и биоинформатика»</b>
Указание уровня подготовки	<i>Категория «бакалавриат»</i>
Описание целевой аудитории	Данное задание подготовлен в рамках олимпиады «Я – профессионал» и предназначен для оценки знаний и навыков студентов бакалавриата, обучающихся в области биотехнологии, информационной биологии, молекулярной биологии, структурной биоинформатики, цитологии и генетики, биоорганической химии, инструментальных методов анализа, фармакохимии биологически активных веществ, физической химии, химии окружающей среды.
Максимальное количество баллов за задание	100 баллов
Время на выполнение	180 минут
Список ресурсов для самостоятельной подготовки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наглядная биохимия. Кольман Я., Рём К.-Г. М.: Мир, 2000. - 469 с.</li> <li>2. Нельсон Д. Кокс. М. Основы биохимии Ленинджера. М: Бином. Лаборатория знаний, 2014 – 640 с.</li> <li>3. Биохимия: Учебник для вузов, под ред. Е.С. Северина., М.: Гэотар-Медиа, 2003. - 779 с.</li> <li>4. Уилсон Дж., Хант Т. Молекулярная биология клетки: Сборник задач: Пер. с англ. - М.: Мир, 1994</li> <li>5. Льюин Б. Гены. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011</li> <li>6. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж. «Молекулярная биология клетки» Москва-Ижевск, 2013</li> <li>7. Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. – Новосибирск, Сибирское университетское издательство, 2003</li> <li>8. Примроуз С., Тваймен Р. Геномика. Роль в медицине. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008</li> <li>9. Микробиология. Биология прокариотов. Пиневиц А.В.: Учебник в 3 т. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006</li> <li>10. Немудрый А.А., Валетдинова К.Р., Медведев С.П., Закиян С.М. Системы редактирования геномов TALEN И CRISPR/CAS - инструменты открытий // Acta Naturae. - 2014. - Т. 6. - С. 20. <a href="https://yadi.sk/i/0epvvqFx2SrMoQ">https://yadi.sk/i/0epvvqFx2SrMoQ</a></li> </ol>
Формат состязаний. Требования к содержанию и оформлению заданий.	Выполнение заданий на специальных бланках ответов. Состязания проводятся в один день, продолжительность состязания – 180 минут.
Дополнительная информация/инструкции для	нет

участников, которые не вошли в Регламент по направлению	
Краткое описание структуры задания и его основные характеристики. Система оценивания заданий.	<p>Очный тур состоит из 5 заданий, включающих в себя следующие тематические блоки:</p> <p><b>Задание 1. «Биохимия и физиология»,</b> в.т.ч. могут быть включены следующие разделы: «Метаболические пути», «Метаболиты», «Ферменты и кофакторы», «Биологические мембраны» Задание оценивается в 20 баллов.</p> <p><b>Задание 2. «Цитология и микробиология»,</b> в.т.ч. могут быть включены следующие разделы: «Классификация микроорганизмов», «Обмен веществ», «Антибиотики», «Антибиотики», «Внутриклеточные компартменты», «Хромосомы», «Мутации». Задание оценивается в 20 баллов.</p> <p><b>Задание 3. «Генетика»,</b> в.т.ч. могут быть включены следующие разделы: «Законы Менделя», «Сцепленное наследование», «Взаимодействие неаллельных генов», «Популяционная генетика», «Молекулярная генетика», «Статистические методы в генетике». Задание оценивается в 20 баллов.</p> <p><b>Задание 4. «Молекулярная биология»,</b> в.т.ч. могут быть включены следующие разделы: «Структура гена», «Основные молекулярно-генетические процессы», «Определение последовательности ДНК», «Молекулярная диагностика». Задание оценивается в 20 баллов.</p> <p><b>Задание 5. «Технологии управления свойствами биологических объектов»,</b> в т.ч. могут быть включены следующие разделы: «Генетическая инженерия», «Геномное редактирование», «Методы молекулярной биологии». Задание оценивается в 20 баллов.</p>
Информация об элементах практикоориентированности в заданиях (участие работодателей в составлении заданий)	<p>Задание 4 сформировано при участии партнеров-работодателей: Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (ИХБФМ СО РАН), Институт цитологии и генетики СО РАН (ИЦиГ СО РАН), МБС.</p> <p>Задание 5 сформировано при участии партнеров-работодателей: ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор», компании рынка НТИ «Хелснет», АО «Вектор-Бест».</p>
Критерии оценивания	<p>1) 100% максимального количества баллов</p> <p>Участник знает теоретические основы решения задания, умеет верно решить задачу, умеет чётко, ясно и логично изложить и аргументировать результаты,</p>

	<p>умеет применить имеющиеся знания для подробного описания и объяснения закономерностей.</p> <p>2) 75% максимального количества баллов Участник знаком с теоретическими основами решения задачи, умеет верно решить задачу с незначительными неточностями, аргументирует результаты, применяет имеющиеся знания для описания и объяснения закономерностей, не допускает ошибок при решении.</p> <p>3) 50% максимального количества баллов Участник демонстрирует неполноту теоретических основ решения задачи, предпринимает попытки решения задачи, задача решена частично, аргументация результатов неполная, либо неверная, при решении допущены ошибки.</p> <p>4) 25% максимального количества баллов Участник демонстрирует минимальные базовые знания, не предоставляет верного решения, демонстрирует ложную интерпретацию изложенных фактов и минимальную аргументацию решения.</p> <p>5) 0% максимального количества баллов Участник демонстрируемое решение полностью неверно.</p>
--	---

Подробное описание структуры задания и его основные характеристики  
 Описание необходимых навыков и система оценивания заданий

Элемент содержания/ тема	Что проверяется в рамках темы.	Соответствующие задания	
		Демоверсия	
		Номер и тип задания.	Уровень сложности. Максимальный балл
<b>Основы биохимии и физиологии</b>	Наличие базовых представлений о структуре биомолекул, Понимание физиологической функции биомолекул, Сопоставление метаболических путей, Правильная интерпретация результатов экспериментов	Задание 1 с развернутым ответом	Понимание. 20 баллов
<b>Цитология и микробиология</b>	Отношение таксономического положения микроорганизма к его физиологической группе, Правильное отнесение бактерии к физиологической группе, Скорость роста бактерий, Умение производить расчеты	Задание 2 с развернутым ответом	Понимание. 20 баллов

<b>Генетика</b>	Понимание принципов классической и молекулярной генетики, Знание принципов организации генетического материала у про- и эукариот	Задание 3 с развернутым ответом	Понимание. 20 баллов
<b>Молекулярная биология</b>	Понимание процессов репликации ДНК, транскрипции и трансляции, Знание принципов секвенирования, Применение знаний о методе ПЦР для диагностики заболеваний	Задание 4 с развернутым ответом	Понимание. 20 баллов
<b>Технологии управления свойствами биологических объектов</b>	Определение длины фрагментов ДНК после рестрикции, Знание основ метода CRISPR\Cas9, Понимание роли компонентов реакционной смеси	Задание 5 с развернутым ответом	Понимание. 20 баллов

**2019/2020 учебный год**

**Всероссийская олимпиада студентов «Я – профессионал»**

**Демонстрационный вариант**

задания заключительного (очного) этапа  
по направлению

**«Биобезопасность, биоинженерия и биоинформатика»**

Категория участия: «Бакалавриат»  
(для поступающих в магистратуру)

**Задание 1. Бумага на питание.**

Такие травоядные животные, как коровы, зимой питаются преимущественно сухой травой и их пища крайне бедна белком. Тем не менее, коровам удается синтезировать собственные белки.

1. Изобразите структурную формулу звена целлюлозы. Почему млекопитающие не могут расщеплять целлюлозу на мономерные звенья, как например они это могут делать с крахмалом?

2. Попробуйте объяснить, откуда коровы берут аминокислоты для синтеза молочного белка и белков своего организма?

3. С помощью каких веществ, можно повысить надой молока, модифицируя питание коровы?

4. Проблема получения аминокислот перед верблюдами стоит еще более серьезно, т.к. основа их питания - колючки и очень сухая трава. Удивительно и то, что концентрация мочевины в моче верблюда довольно низкая, что связано с особенностью его системы выделения, являющейся адаптацией к питанию исключительно низкобелковой пищей. Предположите, в чем может заключаться эта особенность? *(20 баллов)*

**Ответ:**

1. Поскольку не имеют ферментов, способных гидролизовать  $\beta$ -гликозидные связи между остатками глюкозы в молекулах целлюлозы.

2. Небольшую часть аминокислот коровы получают из растительного белка, большую же часть составляют аминокислоты синтезированные симбионтами.

3. Добавляя аминокислоты, особенно те, которые реже встречаются в растительных белках, например, лизин. Более дешевая альтернатива - добавлять мочевину. Мочевина будет являться источником азота для симбионтов.

4. Мочевина у верблюда секретируется в желудок, где может быть вторично использована симбионтами для синтеза аминокислот.

**Задание 2. Бактериальные гены.**

Предположим, вы расшифровали геном нового вида бактерии. Для дальнейшего изучения свойств вы хотите идентифицировать белок-кодирующие гены. Одним из признаков гена считается наличие протяженного участка без СТОП-кодонов. К СТОП-кодонам относят три триплета: ТАГ, ТГА, ТАА. Пусть у вас есть одна цепь ДНК, построенная из нуклеотидов для которой известно, что содержание GC 60%. Исходя из этих данных оцените:

1. Количество потенциальных открытых рамок считывания на тысячу пар оснований. Будем считать, что это количество определяется количеством старт-кодонов АТГ.

2. Среднюю длину участка (в нуклеотидах) между двумя СТОП-кодонами расположенных в одной в такой случайной последовательности.

3. Вероятность обнаружить ген, кодирующий ровно N аминокислот. Ориентируйтесь при расчетах на полученные вами вероятности кодонов.

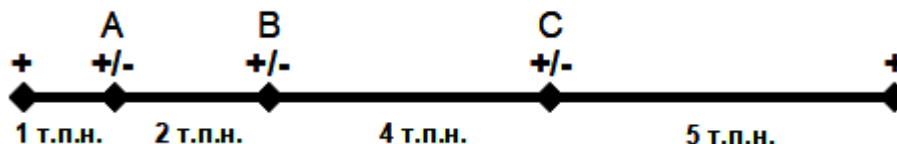
4. Как изменится число стоп-кодонов после обработки бактерии гидроксиламином. Гидроксиламин - мутаген, который превращает цитозин в тимин, расчет сделайте в предположении, что гидроксиламин превратит 30% цитозинов в тимины. (20 баллов)

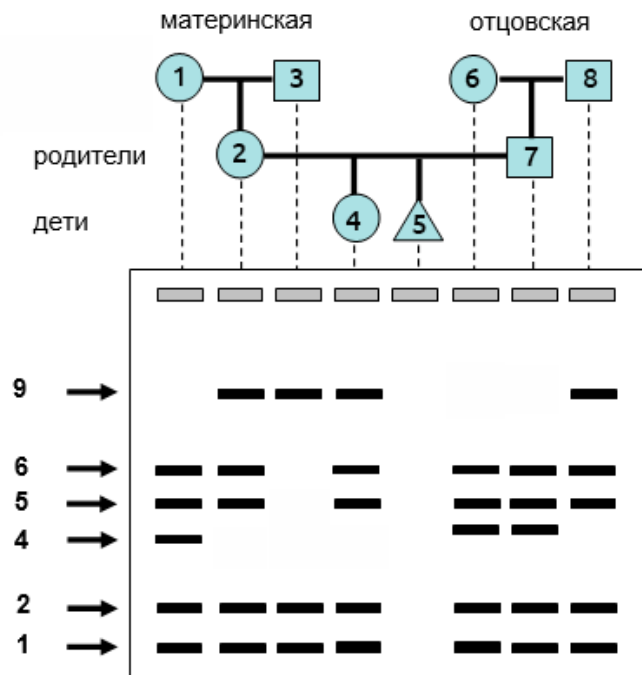
**Ответ:**

1. 12;
2. 45;
3.  $2,64 \cdot 10^{-4} \cdot (0,966)^{N-1}$  ;
4. увеличится на 45%

### **Задание 3. Диагностика.**

Для пренатальной диагностики наследственных заболеваний может быть использован анализ CAPS (Cleaved amplified polymorphic sequence). На рисунке приведена родословная и результат электрофореза ДНК после проведения рестрикции. У родителей (2, 7) был еще один ребенок, который умер сразу после рождения от наследственного заболевания, которого обусловлено аутосомной рецессивной мутацией. Мать бабушки со стороны отца также была больна. Продукт ПЦР со специфических праймеров имеет несколько участков (А, В, С), где могут выявляться сайты рестрикции (+/-).





1. Введите условные обозначения, установите генотипы всех членов семьи (1-4, 6-8).
2. Какова вероятность рождения здорового ребенка у пары (2, 7)
3. В случае проведения пренатальной диагностики, какие продукты рестрикции укажут, что плод, вероятно, унаследовал болезнь? (20 баллов)

#### Ответ:

1. Будем считать присутствие рестрикционного сайта - аллелем дикого типа, а отсутствие - в сайтах В, С - обозначим аллелями В, С. Тогда генотипы перечисленных в задаче особей: 1, 6, 7: В+++ , 2, 4, 8: В+С+ , 3: ++СС.
2. Вероятно, что фенотип ВВ-- отвечает за развитие болезни, вероятность рождения у пары (2,7) ребенка с таким фенотипом составляет 25%
3. Ребенок унаследовал заболевание при одновременном выполнении следующих двух утверждений: присутствие продукта длиной 6kb и отсутствие продукта длиной 9kb.

#### 4. Полимеразная цепная реакция

ПЦР – это метод, позволяющий получить огромное количество копий определённого фрагмента ДНК. В ходе данной реакции используются ДНК-полимеразы, производящие синтез новых цепей ДНК на основе содержащихся в растворе матричных ДНК; исходя из свойств данного метода, после проведения каждого следующего цикла реакции количество ДНК увеличивается в 2 раза по сравнению с предыдущим циклом (при условии 100% эффективности реакции).

Была проведена ПЦР для амплификации определенного гена. В качестве матрицы использовали геномную ДНК человека. Известно, что в пробирку с реакционной смесью внесли 3 мкл ДНК с концентрацией 20 нг/мкл, число циклов реакции было 40. ДНК была взята от человека, гомозиготного по данному гену (число аллелей – два).

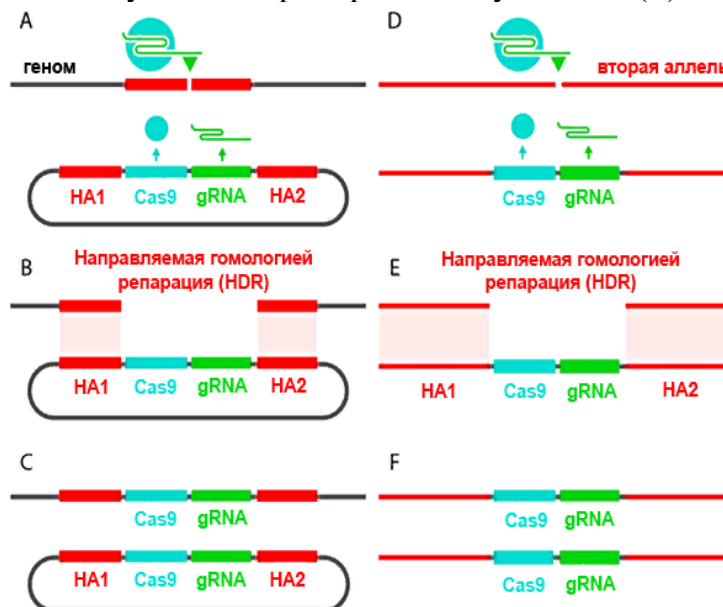
Какое количество гаплоидных наборов хромосом было внесено в реакцию ПЦР? Какое количество копий было получено по окончании реакции? (эффективность ПЦР считать 100%, масса 46 хромосом человека –  $6 \times 10^{-9}$  мг). (20 баллов)

### Ответ:

Исходя из данных задачи в реакцию ПЦР было внесено 60 нг ДНК ( $4 \times 10^{-4}$  мг). Если поделить полученное число на массу 46 хромосом, получим число 10000 – это количество наборов хромосом в смеси. Так как данных копий гена в каждом наборе два, то количество копий матричной ДНК равно 20000. Количество получаемых после ПЦР копий можно посчитать следующим образом:  $20000 \times 2^{40}$  (справедливо, так как эффективность ПЦР 100%, рост количества матрицы экспоненциальный), что примерно равно  $2,2 \times 10^{16}$ .

### Задание 5. Все и сразу.

Трансгенез считается одним из наиболее радикальных способов, который будет менять свойства организма или клетки. Так, например, можно добавить новый признак, который не существовал ранее у организма. Существует варианты трансгенеза, при которых изменения будут затрагивать не одну особь, а всю популяцию в целом, например, мутагенная цепная реакция. В конструкцию, между сайтами гомологичной рекомбинации встраивается направляющая гайд РНК и нуклеаза cas9 (A). Направляющая гайдРНК и нуклеаза cas 9 попав в клетку узнают и делают надрез на границе между сайтами гомологической рекомбинации (A), после чего с помощью гомологичной рекомбинации (B) происходит встройка участка с направляющей гайдРНК и cas9 (C). Исходный аллель (D) в составе гетерозиготы подвергается аналогичной модификации (E), в итоге гетерозиготы превращаются в гомозиготу по модифицированному аллелю (F).



1. Исследователи встроили в состав конструкции зеленый флуоресцентный белок и провели трансформацию самцов малярийного комара. Что произойдет, если несколько таких самцов покинут лабораторию и попадут в окружающую среду?

2. Вместо зеленого флуоресцентного белка можно вставить гены, вызывающие стерильность самок малярийного комара. Какие позитивные и негативные последствия для популяции малярийного комара, для человечества и для биосферы в целом можно ожидать? (20 баллов)



**Ответ:**

1. Трансформированные самцы будут распространять трансген в популяции. Гетерозиготы по трансгену будут осуществлять геномное редактирование и превращаться в гомозиготу по трансгену. Следующие скрещивания приводят к лавинообразному распространению трансгена в популяции за малое число поколений.

2. Стерильность самок будет приводить к тому, что численность комаров будет сильно снижаться. Позитивные для человека: борьба с малярией, негативные: есть опасность полного уничтожения малярийных комаров, уменьшение биоразнообразия, потеря сложившихся цепей питания.