

# 1. Больше зло, меньше зло... сыграем лучше в гвинт (20 баллов)

<b>Вопрос 1.</b> Сравните строение полых и паренхиматозных органов на примере толстого кишечника и печени. (8 б)		
<b>Признак</b>	<b>Полый орган</b>	<b>Паренхиматозный орган</b>
Чем представлена опорная ткань	Гладкая мускулатура (16)	Соединительная ткань (можно просто РВСТ) (16)
Клетки, выполняющие основную функцию органа	энтероциты/эпителиоциты (16)	Гепатоциты (16)
Основные функции органа	<p>- проведение химуса или калового комка (16) (содержимого – можно, за пищу – 0 баллов, потому что пищевой комок попадает в желудок)</p> <p>- всасывание воды, ионов, жиров, белков и углеводов. (16)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• За наличие этих двух (2б)</li> <li>• За наличие ошибок 0 баллов за всю ячейку</li> <li>• За верные, но неосновные функции (эндокринные, экзокринные и тд) – (0,5 б) за всю ячейку, даже если один из ответов совпадает с приведенным выше</li> </ul>	<p>-производство и секреция желчи (16)</p> <p>- обезвреживание токсинов (вместо токсинов могут быть яды, лекарства, ксенобиотики) (16)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• За наличие этих двух (2б)</li> <li>• За наличие ошибок 0 баллов за всю ячейку</li> <li>• За верные, но неосновные функции (депонирование гликогена, депонирование крови в венах, кроветворение у плода и тд) – (0,5 б) балла за всю ячейку, даже если один из ответов совпадает с приведенным выше</li> </ul>

## Вопрос 2. (6 б)

2.1 Кишечник т.к. в нём много сравнительно крупных сосудов, которые проще ушить или электрокоагулировать, чем обширную сеть мелких сосудов в печени. (2б)

**Второе возможное обоснование:** кишечник имеет толстый мышечный слой, который очень легко зашивается. Это также позволит прекратить кровотечение.

2.2 Печень, поскольку она:

- обильно кровоснабжается (печеночная артерия и воротная вена приносят кровь)

- депонирует кровь в синусоидах (2б)

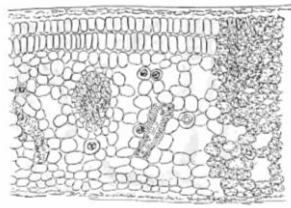
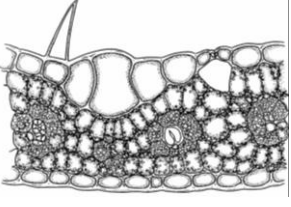
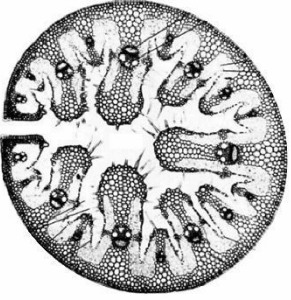
2.3 Опасность калоистечения в брюшную полость, перитонит. (2б)

**Вопрос 3.** Органы находятся в различных регионах тела, обозначенных цифрами. Соотнесите букву органа и цифру, обозначающую регион нахождения этого органа. 1 – Шея, 2 - Правый бок спереди ближе к рёбрам, 3 - Поверхность тела, 4 - Левый бок со спины ближе к тазу (6 б)

За каждую строчку по 1,5 балла только если все столбцы заполнены правильно.

Буква органа	Регион тела	Орган	Система
А	Правый бок спереди ближе к рёбрам (2)	Печень	Пищеварительная
Б	Левый бок со спины ближе к тазу (4)	Почка	Мочевыделительная
В	Шея (1)	Щитовидная железа	Эндокринная
Г	Поверхность (3)	Волосной фолликул/кожа	Покровная

## 2. Первое правило клуба листьев (20 баллов)

<b>Вопрос 1. (6 б)</b>	
По 0,5 б за правильное соотнесение. По 0,5б за верный признак (не более 1,5 за ячейку)	
1	 <p><b>С</b></p> <p><b>ОЧЕНЬ ТОЛСТАЯ ПЛОТНАЯ КУТИКУЛА</b> (кожистый лист)          Типичная дорсовентральная структура  <b>УСТЬИЦА</b> - немногочисленные, преимущественно на нижней стороне  <b>ПАЛИСАДНЫЙ МЕЗОФИЛЛ</b> - четко выраженный, 2-3 слоя  <b>ПРОВОДЯЩИЙ ПУЧОК</b> - центральный, хорошо развитый</p>
2	 <p><b>В</b></p> <p><b>ПЛОСКИЙ ШИРОКИЙ ЛИСТ</b> с относительно тонкой кутикулой  <b>УСТЬИЦА</b> - многочисленные на обеих поверхностях  <b>МЕЗОФИЛЛ</b> - Крупные клетки, четко показать клетки обкладки проводящих пучков  <b>ПРОВОДЯЩИЕ ПУЧКИ</b> - несколько пучков разного размера</p>
3	 <p><b>А</b></p> <p><b>СВЕРНУТЫЙ ЛИСТ</b> (в поперечном сечении - трубчатая структура)  <b>КУТИКУЛА</b> - очень толстая, хорошо заметная, с восковыми отложениями  <b>ЭПИДЕРМА</b> - толстая, мелкие клетки  <b>МЕЗОФИЛЛ</b> - компактный, без четкого деления на палисадный и губчатый  <b>ПРОВОДЯЩИЕ ПУЧКИ</b> - с толстыми склеренхимными оболочками  <b>УСТЬИЦА</b> - показать преимущественно на внутренней (защищенной) стороне</p>
<b>Вопрос 2. (36)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Замкнутое пространство свернутых листьев ковыля создает стабильную влажную нишу, благоприятную для микробной колонизации, в отличие от открытых поверхностей других растений, что создает экстремальные условия (УФ, ветер, быстрое высыхание) (16)</li> <li>Толщина и проницаемость кутикулы: Камелия имеет очень плотную кожистую кутикулу, создающую барьер для большинства микроорганизмов, что объясняет низкое разнообразие эпифитов (16)</li> <li>Концентрация метаболитов: В замкнутом пространстве листа ковыля накапливаются растительные экссудаты, создавая богатую питательную среду для специализированных микробных сообществ (16)</li> </ul>	
<b>Вопрос 3. (36)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Продолжительность жизни листьев: У многолетних растений (ковыль, камелия) листья функционируют месяцы или годы, что позволяет микроорганизмам установить стабильные колонии внутри тканей. У кукурузы весь жизненный цикл составляет 3-4 месяца (1.5 б)</li> <li>Стратегия распределения ресурсов: Кукуруза как однолетник направляет максимум ресурсов на быстрый рост и размножение, а не на поддержание долгосрочных симбиотических отношений с эндофитами, которые требуют энергетических затрат растения (1.5б)</li> </ul>	
<b>Вопрос 4. (36)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Конкурентное исключение: эндофиты занимают экологические ниши и потребляют ресурсы, лимитируя возможности патогенов для колонизации (16)</li> <li>Продукция антимикробных метаболитов: синтез антибиотиков, сидерофоров и других соединений, подавляющих рост патогенов (16)</li> <li>Индукция защитных реакций растения: активация иммунной системы растения через сигнальные молекулы (индуцированная системная устойчивость) (16)</li> </ul>	

**Вопрос 5. (5б)**

Группа 1: Растения ковыля с естественной микробиотой + заражение *P. Syringae* (1б)

Группа 2: Растения ковыля, обработанные антибиотиками (удаление микробиоты) + заражение *P. Syringae* (1б)

Группа 3: Растения кукурузы + инокуляция микробиотой ковыля + заражение *P. Syringae* (1б)

Ожидаемые результаты: Если антимикробные метаболиты ключевые — группа 2 покажет высокую восприимчивость к патогену, группа 3 — повышенную устойчивость. (2б)

**3. Когда пепе доходит до десерта... (20 баллов)****Вопрос 1. По 0.5б за ячейку (максимум 7.5б), за неправильный ответ в ячейке «Пища» 0.5 б не ставится**

Описание зубов	Животное	Зубная формула	Типичная пища
Режущие гребни с острыми краями предназначены для разрезания и разрывания, дробления. Острые края работают как лезвия.	А	3	Животная пища (если написан один второстепенный источник пищи – 0 баллов, например, мелкие грызуны)
Округлые бугры позволяют раздавливать и растирать жёсткую пищу. неспециализированная бугорчатая форма жевательной поверхности позволяет такому зубу работать как с растительной, так и животной пищей.	В	2	Всеядность, смешанный тип питания
Высокие гребни (полулуны) с глубокими долинами работают как ножницы. Они эффективно перетирают и разрезают волокнистую траву. Глубокие долины создают сложный путь для максимального измельчения.	Г	4	Травянистая пища
Бугорчатая жевательная поверхность с коническими буграми, позволяющая дробить и пережёвывать мягкие ткани беспозвоночных и твёрдые элементы их покровов, а также растительные компоненты рациона.	Б	5	Насекомые, беспозвоночные
Параллельные плоские складки образуют широкую, ровную жевательную площадку, идеальную для длительного перетирания и растирания травы. Разная скорость стирания слоёв зуба (эмаль/дентин/ цемент) постоянно создаёт на его поверхности микроскопические неровности, которые повышают эффективность перетирания пищи.	Д	1	Травянистая пища

**Вопрос 2. (5б)**

2.1. Лофодонтные зубы оптимальны для длительного перетирания грубого волокнистого корма (1б) при поступательных жевательных движениях (1б)

Селенодонтные зубы позволяют питаться путем быстрого перетирания травянистой пищи (1б) при помощи круговых движений (1б)

2.2. У обоих животных формируются высококоронковые (гипсодонтные) зубы, обеспечивающие большой «запас» ткани для длительной работы при сильном износе (1б)

**Вопрос 3. (4 б)**

Резцы с полноценными корнями перестают расти после формирования. В результате чего из-за постоянного использования резцов для грызения твердых материалов произошло бы их быстрое и невосполнимое стачивание (16), что привело бы к невозможности питаться и гибели (16)

Постоянный рост зубов позволил грызунам поедать наиболее твердые части растений, недоступные другим растительноядным (16)

Одностороннее покрытие эмалью, образующее самозатачивающийся режущий край (16)

**Вопрос 4. (3,5б)**

Основной источник кислот в ротовой полости — метаболизм микроорганизмов. Бактерии ферментируют легкоусвояемые углеводы из пищи травоядного животного. (16) Кислоты растворяют основной минерал эмали (0,5б) — гидроксиапатит, вымывая из него ионы кальция и фосфата (16)

У хищников рацион состоит из белков и жиров, не содержащих ферментируемых углеводов. (16)

**ЛИБО** У хищников в ротовой полости больше антибактериальных ферментов (лизоцима) (16)

Зубная формула	
$I_{\frac{3}{3}}^{\frac{3}{3}}C_{\frac{1}{1}}^{\frac{3}{3}}P_{\frac{3}{3}}^{\frac{3}{3}}M_{\frac{3}{3}}^{\frac{3}{3}}$	1 (Лошадь)
$I_{\frac{3}{3}}^{\frac{3}{3}}C_{\frac{1}{1}}^{\frac{3}{3}}P_{\frac{4}{4}}^{\frac{3}{3}}M_{\frac{3}{3}}^{\frac{3}{3}}$	2 (Кабан)
$I_{\frac{3}{3}}^{\frac{3}{3}}C_{\frac{1}{1}}^{\frac{3}{3}}P_{\frac{4}{4}}^{\frac{2}{3}}M_{\frac{3}{3}}^{\frac{2}{3}}$	3 (Волк)
$I_{\frac{0}{4}}^{\frac{0}{0}}C_{\frac{0}{0}}^{\frac{3}{3}}P_{\frac{3}{3}}^{\frac{3}{3}}M_{\frac{3}{3}}^{\frac{3}{3}}$	4 (Корова)
$I_{\frac{3}{2}}^{\frac{3}{1}}C_{\frac{1}{1}}^{\frac{3}{3}}P_{\frac{3}{3}}^{\frac{3}{3}}M_{\frac{3}{3}}^{\frac{3}{3}}$	5 (Еж)

**4. Молекулярная мимикрия (20 баллов)****Вопрос 1. (3б)**

Соотнесите каждый токсин с веществом (+ его название), под которое он мимикрирует

Канаванин	<b>A</b> (Аргинин) (0.5 балла)	Дикумарол	<b>B</b> (Витамин K) (0.5 балла)	5-Метокси-N,N-диметилтриптамин (5-MeO-DMT)	<b>Б</b> (Серотонин) (0.5 балла)
Назовите процесс, в котором участвует каждое вещество.					
Аргинин	Синтез белков (0.5 балла) (+ NO синтез, цикл мочевины)				
Серотонин	Синаптическая передача (0.5 балла) (участие в гуморальной и нервной регуляции, регуляции циркадных ритмов)				
Витамин K	Свертывание крови; синтез факторов свертывания крови (0.5 балла) (+обмен кальция при построении костей)				

**Вопрос 2.** Почему отравление канаванином может иметь отсроченный токсический эффект (симптомы проявляются через часы/дни), в то время как действие 5-МеО-DMT развивается за минуты. (76)

Канаванин включается в белки вместо аргинина (16), что может приводить в неправильной укладке белков (16) и изменению их свойств/нарушению функций (16)

Симптомы появляются после накопления критического количества дефектных белков и нарушения работы клеток (16)

5-МеО-DMT связывается с серотониновыми рецепторами в мозге, ЦНС; (+является сигнальной молекулой) (16) Это вызывает немедленное изменение электрической активности нейронов (возбуждение/торможение) сразу после попадания к рецепторам, что приводит к быстрому эффекту. Изменяет активность нейронов сразу после попадания в мозг. **Немедленный сигнал** (26)

**Вопрос 3.** (106)

**3.1.** Объясните, почему нарушения свёртывания крови при отравлении дикумаролом развиваются постепенно, а не мгновенно. В ответе укажите, что происходит:

- с факторами свертывания, синтезированными до начала воздействия дикумарола;

Дикумарол не инактивирует готовые факторы свертывания. Они уже активны, продолжают циркулировать и работать. Факторы остаются функциональными в плазме в течение их нормального периода полужизни (полураспада) (16)

- с факторами, синтезируемыми во время его действия

Дикумарол блокирует работу витамина К в печени, нарушая модификацию (но не полностью прекращает синтез предшественников) новых молекул факторов свертываемости крови, что формирует дефектные факторы (16)

**3.2.** Почему введение филлохинона не оказывает немедленного эффекта? В каких ситуациях введение филлохинона может оказаться недостаточно эффективным, даже при адекватной дозе?

Филлохинон устраняет причину отравления, нормализуя синтез факторов свертывания крови (16)

Однако, печени нужно время на: синтез новых факторов свёртывания; (16)

Введение филлохинона будет неэффективным в ситуациях, когда уже произошла обильная потеря крови и нет времени на синтез новых факторов свертывания. (+нарушение непосредственно синтеза факторов свертывания (но не гемофилия, там другие ФСК!, продолжение поступления дикумарола, большая доза дикумарола и длительное время после его введения) (16)

**3.3.** Объясните, почему введение готовых факторов свёртывания крови приводит к быстрому, но временному улучшению состояния. Что произойдёт со свёртыванием крови спустя несколько часов и суток после такой терапии, если поступление дикумарола продолжается?

**Быстрый эффект.** готовые, полностью функциональные (γ-карбоксилированные) факторы свертывания немедленно восполняют дефицит/недостаток активных факторов в плазме крови. позволяет каскаду свертывания протекать нормально прямо сейчас (16)

**Временный эффект:** Введенные извне факторы имеют ограниченный период жизни в кровотоке, они постепенно инактивируются и выводятся из организма естественным путем. (16)

Действие дикумарола не устранено, блокировка действия каброксилазы и цикла восстановления витамина К продолжается. Печень продолжает синтезировать новые молекулы факторов, но они не активны. (16)

По мере выведения введенных факторов их уровень в крови будет снижаться. На их место не приходят новые активные факторы, а только неактивные предшественники - **нарушения свёртывания крови проявятся вновь.** (26)

## 5. Живые удобрения (20 баллов)

**Вопрос 1.** (16)

Среда Эшби не содержит доступных соединений азота (этого достаточно для ответа). Вырасти на ней могут только те бактерии, которые способны усваивать азот из атмосферы (N<sub>2</sub>), то есть азотфиксаторы. Для всех остальных бактерий азот — недоступный лимитирующий элемент.

**Вопрос 2.** (36)

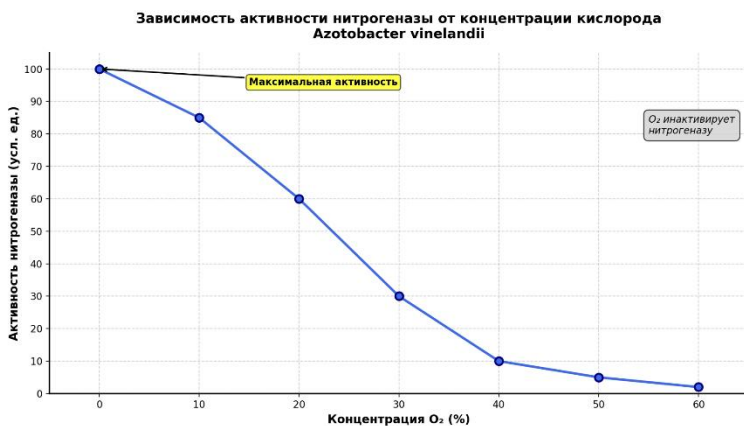


График должен представлять собой плавную нисходящую кривую, проходящую через все точки таблицы. Максимальная активность (100 усл. ед.) должна быть отмечена в точке с координатами (0% O<sub>2</sub>, 100 усл. ед.).

1. Верно подписаны оси (X: O<sub>2</sub> %, Y: активность) – 1 балл.
2. Точно нанесены все 7 точек и точки соединены плавной нисходящей кривой — 1 балл.
3. Чётко обозначена точка максимума (0%, 100) — 1 балл.

### Вопрос 3. (26)

Культивировать бактерии в условиях ограниченного доступа кислорода (пониженной аэрации). Это позволит снизить ингибирование нитрогеназы и поддерживать её высокую активность, что следует из графика.

За предложение снизить концентрацию O<sub>2</sub> (1 балл) и связь с защитой нитрогеназы / данными графика (1 балл). Принимаются: микрокапсулирование, культивирование в толще среды.

### Вопрос 4. (36)

1. Логика расчёта: Чтобы найти массу препарата (m), необходимое количество клеток (N<sub>треб</sub>) нужно разделить на концентрацию клеток в препарате (C), то есть сколько клеток содержится в одном грамме.

Формула:  $m = N_{\text{треб}} / C$ .

2. Подстановка значений:

- $N_{\text{треб}} = 5 \times 10^{11}$  клеток
- $C = 2 \times 10^9$  клеток/г
- $m = (5 \times 10^{11}) / (2 \times 10^9)$

3. Выполнение расчёта:

- Разделим числовые коэффициенты:  $5 / 2 = 2.5$
- Разделим степени десяти:  $10^{11} / 10^9 = 10^{11-9} = 10^2$
- Получаем:  $m = 2.5 \times 10^2$  г
- Или:  $m = 250$  г

Ответ: 250 г.

Критерии оценивания (3 балла):

- 1 балл — за понимание и запись верного подхода к решению (необходимо разделить требуемое количество клеток на концентрацию).
- 1 балл — за корректное выполнение математических операций с числами в стандартном виде ( $5 \times 10^{11} / 2 \times 10^9 = 2.5 \times 10^2$ ).
- 1 балл — за правильный итоговый ответ с указанием единиц измерения (250 г).

### Вопрос 5. (2 причины на выбор) (46)

Синергизм / разделение функций: Разные бактерии выполняют разные задачи (например, одни фиксируют азот, другие растворяют фосфаты), что обеспечивает растение комплексным питанием.

Повышение устойчивости: Консорциум менее чувствителен к изменению условий среды (рН, температура, влажность), чем один вид.

Взаимная стимуляция: Продукты метаболизма одних бактерий могут стимулировать рост и активность других.

За каждую верную и чётко сформулированную причину — 2 балла. Максимум – 4 балла.

**Вопрос 6. (56)**

Ход решения без  $N_A$ :

1 кг азота – 1000/28 моль (16)

значит, потребуется  $16 \cdot 1000/28$  моль АТФ, (16)

столько же моль Р, (0,56)

т.е.  $31 \cdot 16 \cdot 1000/28$  г Р (16)

Это 17 714 г (16)

или 17,714 кг (0,56) (с точностью до 0,1 кг)

Ход решения:

Шаг 1. Рассчитываем количество вещества азота в 1 кг.

$$n(N_2) = \frac{m(N_2)}{M(N_2)} = \frac{1000 \text{ г}}{28 \text{ г/моль}} \approx 35.714 \text{ моль}$$

Шаг 2. Рассчитываем общее число молекул  $N_2$  в 1 кг.

$$N(N_2) = n(N_2) \cdot N_A = 35.714 \text{ моль} \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \approx 2.143 \cdot 10^{25} \text{ молекул}$$

Шаг 3. Рассчитываем общее число требуемых молекул АТФ.

На одну молекулу  $N_2$  нужно 16 АТФ.

$$N(\text{АТФ}) = N(N_2) \cdot 16 = (2.143 \cdot 10^{25}) \cdot 16 \approx 3.429 \cdot 10^{26} \text{ молекул АТФ}$$

Шаг 4. Рассчитываем общее число требуемых атомов фосфора.

На одну молекулу АТФ нужен 1 атом Р. Следовательно:

$$N(\text{Р}) = N(\text{АТФ}) \approx 3.429 \cdot 10^{26} \text{ атомов}$$

Шаг 5. Рассчитываем количество вещества фосфора (в молях).

$$n(\text{Р}) = \frac{N(\text{Р})}{N_A} = \frac{(3.429 \cdot 10^{26})}{(6 \cdot 10^{23})} \approx 571.5 \text{ моль}$$

Шаг 6. Рассчитываем массу фосфора (в граммах, затем в килограммах).

$$m(\text{Р}) = n(\text{Р}) \cdot M(\text{Р}) = 571.5 \text{ моль} \cdot 31 \text{ г/моль} \approx 17716.5 \text{ г}$$

$$m(\text{Р}) \approx 17716.5 \text{ г} = 17.7165 \text{ кг} \approx 17.7 \text{ кг}$$

Ответ: ~17.7 кг фосфора.

**Решение оценивается по ключевым логическим шагам:**

- Шаги 1-2 (1 балл): За верный расчёт количества вещества ( $n$ ) и числа молекул ( $N$ ) азота в 1 кг.  
\*Пример:  $n(N_2) = 1000/28 \approx 35.7$  моль;  $N(N_2) = n \cdot N_A \approx 2.14 \cdot 10^{25}$ .\*
- Шаг 3 (1 балл): За верный расчёт общего числа молекул АТФ, исходя из данного соотношения ( $\times 16$ ).  
\*Пример:  $N(\text{АТФ}) = N(N_2) \cdot 16 \approx 3.43 \cdot 10^{26}$ .\*
- Шаг 5 (1 балл): За верный расчёт количества вещества фосфора ( $n(\text{Р})$ ) в молях через число Авогадро.  
\*Пример:  $n(\text{Р}) = N(\text{АТФ}) / N_A \approx (3.43 \cdot 10^{26}) / (6 \cdot 10^{23}) \approx 571.7$  моль.\*
- Шаг 6 и ответ (1 балл): За верный расчёт конечной массы фосфора в килограммах и правильную запись ответа с единицами измерения.  
\*Пример:  $m(\text{Р}) = n(\text{Р}) \cdot 31 \approx 17700 \text{ г} = 17.7 \text{ кг}$ .\* (с точностью до 0,1)

**Вопрос 7. (26)**

Биоудобрения не приводят к химическому загрязнению почвы и водоёмов (нет вымывания нитратов/фосфатов), способствуют восстановлению естественного почвенного микробиома и увеличивают его биоразнообразие, что поддерживает долгосрочное плодородие.

За указание на отсутствие химического загрязнения (1 балл) и на поддержку/восстановление естественного плодородия почвы / микробиома (1 балл).