

**Задания практического тура регионального этапа XXXII Всероссийской олимпиады школьников по биологии. 2025–26 уч. год. 11 класс**

**БИОХИМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**

**Оборудование и объекты исследования:** плод яблони, одноразовые пластиковые стаканы, соусницы (пластиковые с крышкой), пластиковая ложка, сухой NaCl, 1% NaOH, 0,1н HCl, разделочная доска, нож, тёрка, ножницы, чашки Петри, маркер перманентный.

**Ход работы**

1. При помощи ножа на разделочной доске изгответьте продольный срез плода яблони, выбрав для среза центральную часть органа.
2. С одной половины плода при помощи ножа снимите кожуру и отложите её в чашку Петри, накрыв крышкой. Оставшуюся мякоть натрите на тёрке, чтобы у вас получилось примерно 40 г гомогената.
3. Полученный гомогенат разделите на две равные части. Одну из частей поместите в одноразовый пластиковый стакан и смешайте с сухим порошком хлорида натрия (около 4-5 г NaCl), быстро перемешайте (результат зависит от скорости и тщательности выполнения!). Вторую часть гомогената поместите во второй стакан. По возможности подпишите стаканы. Оставьте для инкубации в течение 20–30 минут. По окончании инкубации отметьте в листе ответов в таблице 1 изменение цвета гомогенатов и ответьте на следующие вопросы:

**Задание 1.** Изменение окраски гомогената происходит вследствие действия:

- А. Рибулозобисфосфаткарбоксилазыоксигеназы;
- Б. Полифенолоксидазы;
- В. Каталазы;
- Г. Аскорбатпероксидазы;
- Д. Неферментативного окисления кислородом воздуха ионов  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$ .

**Задание 2.** ПОДРОБНО объясните действие NaCl в данном эксперименте.

4. Возьмите из чашки Петри кожуру и мелко нарежьте её при помощи ножниц (или ножа, если вам так удобней). Полученный объём нарезанной кожуры разделите на две части. Перую часть поместите в одноразовую пластиковую соусницу и пипеткой Пастера добавьте туда примерно 1 мл 1% NaOH, перемешайте. Вторую часть нарезанной кожуры поместите в другую соусницу и пипеткой Пастера добавьте туда примерно 1 мл 0,1н HCl. По возможности подпишите соусницы. Оставьте для инкубации в течение 5 минут. По окончании инкубации отметьте в листе ответов в таблице 2 изменение цвета гомогенатов и ответьте на следующие вопросы:

**Задание 3.** К какой группе пигментов относятся вещества, окрашивающие в яркий цвет кожуру яблока: А. Антоцианы; Б. Каротиноиды; В. Беталанины.

**Задание 4.** ПОДРОБНО объясните, почему вы выбрали такой ответ в задании 3.

**Задание 5.** Внимательно рассмотрите продольный срез второй половины плода. Зарисуйте срез в поле для рисунка в листе ответов. Отметьте на рисунке те структуры из нижеприведённого списка, которые можно обнаружить на яблоке.

**Список структур:** А. Лепесток; Б. Семязачаток; В. Чашелистик; Г. Тычинка; Д. Экзокарп; Е. Гипантий; Ж. Семя; З. Прицветничек (брактеола); И. Плодоножка; К. Эндокарп.

5. После того, как вы проделаете действия, описанные в пунктах 1–4, поднимите руку. К вам подойдёт преподаватель и отметит в листе ответов, что вы выполнили практическую часть. **Без этой отметки ответы на задания 1–4 не будут засчитаны.**

### **Теоретические расчетные задачи**

**I.** Зная, что яблоки содержат много полезных веществ, в том числе витамин С, школьники собрали оставшиеся после проведения практического тура яблоки и отжали из них сок. Выход сока составил 600 мл из 1 кг свежих яблок (считаем, что витамин С полностью перешел в сок). Концентрация витамина С в соке составила 436 мкМ (мкмоль/л).

**Задание 6.** Рассчитайте содержание витамина С в яблочном соке (в мг/100 г сока), если молекулярная масса аскорбиновой кислоты равна 176. **Ответ** округлите до 1 знака после запятой. Запишите ответ в Лист ответов.

**Задание 7.** Если суточная потребность человека в витамине С составляет 90 мг, рассчитайте, какой процент от суточной потребности в витамине С обеспечит ежедневное употребление 200 г свежих яблок. **Ответ** округлите до 1 знака после запятой. Запишите ответ в Лист ответов.

**II.** Поскольку в яблоках практически не содержится жирорастворимых витаминов или их предшественников, школьники решили выяснить, сколько бета-каротина содержится в корнеплодах моркови. Они взяли 10 г свежей моркови, прогомогенизировали и проэкстрагировали гомогенат 500 мл органического растворителя. После центрифугирования объем экстракта остался равен 500 мл (считаем, что все жирорастворимые вещества полностью перешли в растворитель). Оптическая плотность экстракта при 455 нм (максимум поглощения бета-каротина, коэффициент молярной экстинкции равен  $134 \times 10^3 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ) составила 0,415. Измерение оптической плотности проводили в стандартной кювете с длиной оптического пути 1 см. Молекулярная масса бета-каротина равна 537. Вспомните, что оптическая плотность раствора вещества описывается уравнением Бугера-Ламберта-Бера –

$$D = \varepsilon \times l \times C,$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент молярной экстинкции ( $\text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ),  $l$  – длина оптического пути (см),  $C$  – концентрация вещества (М).

**Задание 8.** Если суточная потребность человека в бета-каротине составляет 5 мг, рассчитайте, сколько граммов сырой моркови нужно ежедневно съедать человеку, чтобы удовлетворить эту потребность. **Ответ** округлите до 1 знака после запятой. Запишите ответ в Лист ответов.

**Задание 9.** Если считать, что в ретиналь превращается только половина получаемого с пищей бета-каротина, рассчитайте, сколько микромолей ретиналя в сутки будет образовываться в организме человека при употреблении рассчитанного вами количества сырой моркови. Молекулярная масса ретиналя равна 284. **Ответ** округлите до 1 знака после запятой. Запишите ответ в Лист ответов.

Шифр \_\_\_\_\_

Итого \_\_\_\_\_ баллов

## ЛИСТ ОТВЕТОВ

на задания практического тура регионального этапа XXXXII Всероссийской олимпиады  
школьников по биологии. 2025–26 уч. год. 11 класс

## БИОХИМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Таблица 1. Изменение окраски гомогената мякоти яблока

	Без добавления NaCl	С добавлением NaCl
Цвет гомогената		

**Задание 1 (обведите нужное) (2 балла). А Б В Г Д**

**Задание 2 (5 баллов).** Объясните действие NaCl в данном эксперименте:

---

---

---

---

---

Таблица 2. Изменение окраски кожуры яблока

	Исходный цвет	После добавления NaOH	После добавления HCl
Цвет кожуры			

**Задание 3 (обведите нужное) (1 балл). А Б В**

**Задание 4 (3 балла). ПОДРОБНО объясните почему вы выбрали такой ответ в задании 3:**

---

---

---

---

**Задание 5 (8 баллов).**

## Штраф

Проверка выполнения практической части (1 балл) \_\_\_\_\_ подпись преподавателя \_\_\_\_\_

**Задание 6 (4 балла).** В яблочном соке содержится \_\_\_\_\_ мг витамина С на 100 мл сока.

**Задание 7 (4 балла).** Употребление 200 г свежих яблок обеспечит \_\_\_\_\_ % от суточной потребности в витамине С.

**Задание 8 (7 баллов).** Чтобы удовлетворить суточную потребность в бета-каротине, человеку нужно ежедневно съедать \_\_\_\_\_ г сырой моркови.

**Задание 9 (5 баллов).** При употреблении такого количества сырой моркови в организме человека будет образовываться \_\_\_\_\_ микромолей ретиналя в сутки.

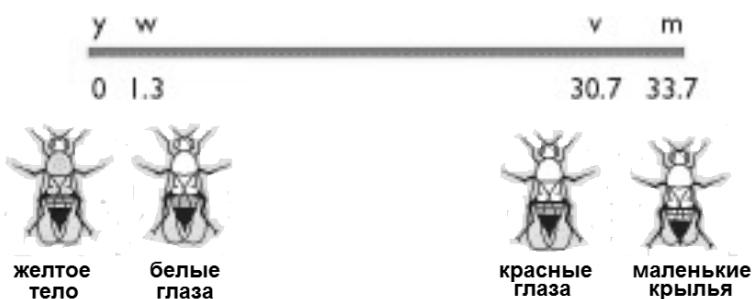
**ЗАДАНИЯ**  
**практического тура регионального этапа**  
**42-й Всероссийской олимпиады школьников по биологии. 2025/26 уч. год.**

**11 класс ГЕНЕТИКА (40 баллов)**

В 2026 году исполняется 120 лет открытию сцепленного наследования генов. Оно проявляется в нарушении закона независимого наследования признаков и отклонения расщепления в поколении  $F_2$  от ожидаемого 9 : 3 : 3 : 1. В 1906 английские генетики Ребекка Сандерс, Уильям Бетсон и Реджинальд Паннет, изучая наследование цвета лепестков и формы пыльцы душистого горошка, получили для дигетерозиготного скрещивания (самоопыления растений генотипа  $PpLl$ ) неожиданное расщепление по фенотипу в поколении  $F_2$ : 4831  $P-L-$ , 1338  $pll$ , 391  $ppL-$ , 390  $P-ll$ . Такое расщепление генетики объяснили сцепленным наследованием пар аллелей  $PL$  и  $pl$ .

1) Ответьте на Листе ответов, сколько всего было растений, какие были ожидаемые количества растений разных фенотипов (округлите до целых), в цис- или транс- положении находились гены у растений  $PpLl$ , чему равны доля рецессивных гомозигот  $pll$  и частота гаметы  $pl$  (в долях единицы, округленное до трех знаков после запятой), а также какое генетическое расстояние между генами  $P$  и  $L$  (в сантиморганидах, округленных до целых). (11 баллов).

Наибольший вклад в теорию сцепленного наследования внес работавший с плодовой мушкой *Drosophila melanogaster* американский генетик Томас Морган (в честь которого и назвали сантиморганиды). На рисунке ниже показан фрагмент карты Х-хромосомы дрозофилы с четырьмя генами и их координатами на генетической карте. Мухи дикого типа имеют нормальные темно-красные глаза, серое тело и длинные крылья. Мухи с мутацией  $u$  имеют желтое тело, с мутацией  $w$  – белые глаза, с мутацией  $v$  – ярко-красные глаза, с мутацией  $m$  – маленькие крылья, все мутации рецессивны,  $w$  подавляет  $v$  по типу рецессивного эпистаза. Самки дрозофилы имеют половые хромосомы XX, самцы – XY.



2) Ответьте на Листе ответов на следующие вопросы: какая доля вступающих в мейоз ооцитов самок проводят рекомбинацию на участке от гена  $v$  до гена  $m$ ? Какая доля сперматоцитов самцов с рекомбинацией на том же участке? Какими будут фенотипы потомства  $F_1$  от скрещивания гомозиготной белоглазой самки (с мутацией  $w$ ) с ярко-красноглазым самцом (с мутацией  $v$ )? Какими будут фенотипы потомства  $F_2$  для того же скрещивания? Все числовые ответы дайте в процентах, округлив до целых, сумма процентов в  $F_2$  считается отдельно для самцов и для самок, для каждого пола сумма фенотипов 100% (13 баллов).

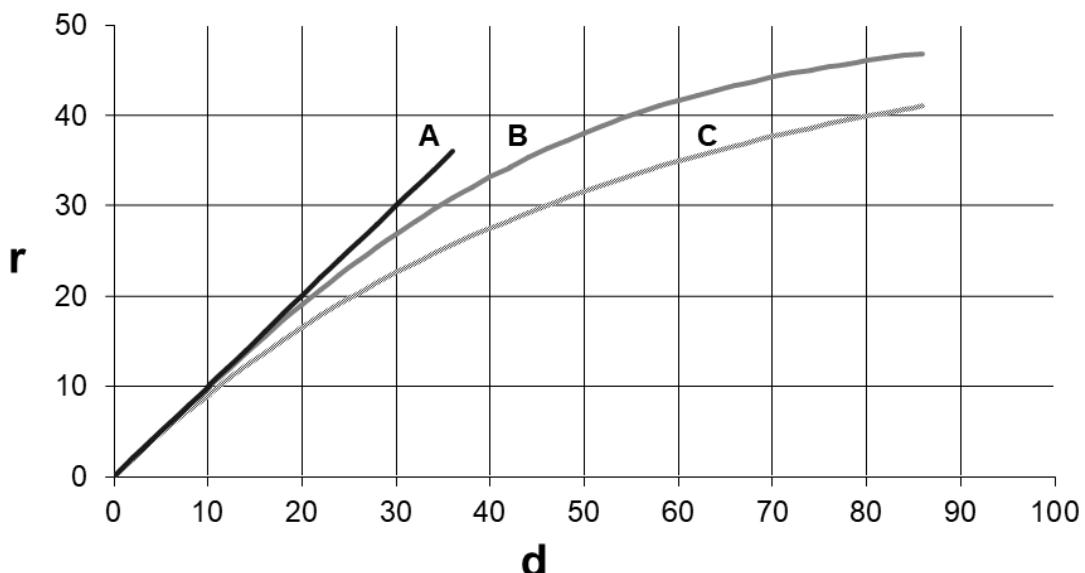
Используя попарное определение генетических расстояний, можно построить генетические карты целых хромосом. Для того чтобы соотнести наблюдаемую частоту рекомбинантных по двум генетическим маркерам гамет (обозначается буквой  $r$ ) и реальное расстояние на генетической карте (обозначается буквой  $d$ ), существуют картирующие функции. Первым картирующую функцию предложил сам Томас Морган, она выражалась очень простым уравнением  $r = d$ . Более сложные уравнения картирующей функции предложили Джон Холдейн:

$$r = \frac{1}{2}(1 - e^{-2d})$$

и Дамодар Касамби:

$$r = \frac{1}{2} \frac{e^{4d} - 1}{e^{4d} + 1}$$

3) Рассмотрите графики трех картирующих функций А, В и С, соотнесите их с формулами и запишите на Листе ответов, какой функции принадлежит какой график. По графикам картирующих функций В и С с помощью линейки определите частоту рекомбинантных гамет  $r$  (в %) для генетического расстояния  $d$  равного 40, 50 и 60 сМ. Запишите эти частоты на Листе ответов, округлив до целых процентов. (9 баллов). Значение  $d$  дано в сантиморганидах, значение  $r$  в процентах.



В первом приближении вероятность определенного числа событий рекомбинации на участке хромосомы можно описать с помощью распределения

Пуассона:

$$f(k; \lambda) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

где  $k$  – конкретное число событий рекомбинации,

$k!$  - произведение натуральных чисел от 1 до  $k$  (при этом  $0!=1$ ),

$e$  – основание натурального логарифма, примерно равное 2,718.

$\lambda$  – среднее число событий рекомбинации на участке (математическое ожидание).

4) Рассчитайте для участка хромосомы длиной 50 сМ значение  $\lambda$  (среднее число событий рекомбинации), а также вероятности отсутствия кроссинговера ( $k=0$ ), одиночного кроссинговера ( $k=1$ ), двойного кроссинговера ( $k=2$ ). Оцените ожидаемую частоту рекомбинантных гамет  $r$  с помощью этих данных. Запишите результаты расчетов на Листе ответов в виде десятичной дроби с точностью три знака после запятой. Какая картирующая функция (Моргана, Холдейна или Касамби), использует модель распределения Пуассона? (7 баллов).

Шифр \_\_\_\_\_

ИТОГО \_\_\_\_\_ (из 40)

## 11 класс. ГЕНЕТИКА

## ЛИСТ ОТВЕТОВ

## Задание 1 (11 баллов)

Число растений	Всего (1 б.)	P-L- (1 б.)	ppL- (1 б.)	P-ll. (1 б.)	ppll (1 б.)
Наблюдаемое		4831	391	390	1338
Ожидаемое					
Наблюдаемая доля гомозигот <i>ppll</i> (1 б.)	Частота гаметы <i>pl</i> (2 б.)		Расстояние между генами Р и L (2 б)	Гены у <i>PpLl</i> были в _____ - положении	
				1 (б), ответ впишите	

## Задание 2 (13 баллов)

доля ооцитов с рекомбинацией \_\_\_\_\_ (1 б.) доля сперматоцитов с рекомбинацией \_\_\_\_\_ (1 б.)

в поколении  $F_1$  все самки с \_\_\_\_\_ глазами (1 б.),в поколении  $F_1$  все самцы с \_\_\_\_\_ глазами (1 б.)

самцы $F_2$ , белые глаза (2 б.)	самцы $F_2$ , ярко-красные глаза (2 б.)	самцы $F_2$ , нормальные глаза (2 б.)	самки $F_2$ , белые глаза (1 б.)	самки $F_2$ , ярко-красные глаза (1 б.)	самки $F_2$ , нормальные глаза (1 б.)

## Задание 3 (9 баллов)

Функция Моргана - \_\_\_\_\_ (1 б.), Холдейна - \_\_\_\_\_ (1 б.), Касамби - \_\_\_\_\_ (1 б.),

Значения  $r$ , определенные для картирующей функции В составляют:для  $d=40$   $r=$  \_\_\_\_\_ (1 б.)      для  $d=50$   $r=$  \_\_\_\_\_ (1 б.)      для  $d=60$   $r=$  \_\_\_\_\_ (1 б.)Значения  $r$ , определенные для картирующей функции С составляют:для  $d=40$   $r=$  \_\_\_\_\_ (1 б.)      для  $d=50$   $r=$  \_\_\_\_\_ (1 б.)      для  $d=60$   $r=$  \_\_\_\_\_ (1 б.)

## Задание 4 (7 баллов)

Значение  $\lambda=$  \_\_\_\_\_ (1 б.)      для  $k=0$   $f(k)=$  \_\_\_\_\_ (1 б.)      для  $k=1$   $f(k)=$  \_\_\_\_\_ (1 б.)для  $k=2$   $f(k)=$  \_\_\_\_\_ (1 б.)      ожидаемая частота рекомбинантных гамет  $r=$  \_\_\_\_\_ (2 б.)

Распределение Пуассона использует картирующая функция \_\_\_\_\_ (1 б.)

**Задания**  
**практического тура регионального этапа**  
**XXXXII Всероссийской олимпиады школьников по биологии.**  
**2025–26 уч. год. 11 класс**

**ЭКОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА ЖИВОТНЫХ**

**Оборудование:** увеличительный прибор (стереомикроскоп, штативная или ручная лупа), настольная лампа (при отсутствии встроенного осветителя), пинцет, ножницы, препаровальные иглы (2 шт.), чашка Петри с крышкой (в ней выдаётся объект), карандаш, ластик, чёрная гелевая ручка.

Все задания выполняются на **ЛИСТЕ ОТВЕТОВ**. Черновики и ответы на бланке заданий не оцениваются.

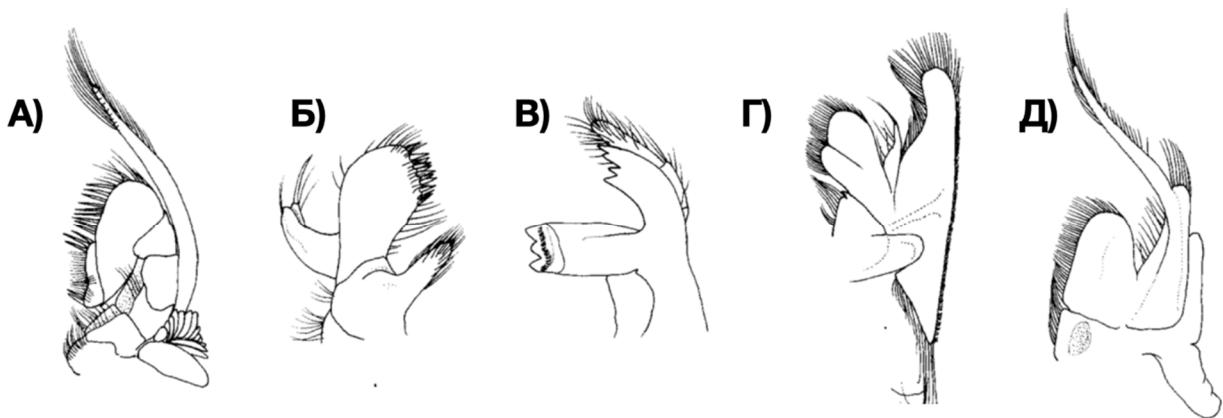
Креветки являются важными промысловыми видами животных. Они представляют собой животных из отряда десятиногих ракообразных (Decapoda) с сегментированным телом, разделённым на головогрудь (цефалоторакс) и брюшко (плеон). Головогрудь покрыта карапаксом; спереди обычно выступает рострум. На голове располагаются фасеточные глаза на стебельках, усики и ротовой аппарат. Грудной отдел несёт несколько пар конечностей, участвующих в питании и дыхании.

Брюшко (плеон) достаточно подвижно; на нем располагаются плавательные конечности, которые у самок могут быть использованы для вынашивания икры. Последний сегмент несет уropоды, которые вместе с тельсоном образуют хвостовой веер — главный орган, позволяющий им совершать резкий рывок назад (это пример реактивного движения ракообразных). Анальное отверстие кишечника открывается на тельсоне.

**Задание 1. Морфология объекта (16 баллов).**

1.1. Рассмотрите предложенный объект. При необходимости используйте пинцет и стереомикроскоп (лупу) для детального изучения морфологии объекта. В **ЛИСТЕ ОТВЕТОВ** заполните таблицу (10 баллов).

1.2. Используя пинцет и ножницы, отделите у креветки мандибулу (жвалу). Выберите рисунок конечности, который соответствует морфологии отпрепарированной Вами конечности. Укажите букву, которой обозначена подходящая мандибула, в **ЛИСТЕ ОТВЕТОВ** (6 баллов).



### Задание 2. Систематическое положение объекта (4 балла).

2.1. Перед Вами описание нескольких семейств креветок. Изучите доступные на Вашем препарате морфологические признаки и выберите из списка наиболее подходящее семейство для Вашего объекта. В **ЛИСТЕ ОТВЕТОВ** запишите букву, соответствующую семейству из таблицы ниже.

Семейство А	Семейство Б	Семейство В
Уроподы длиннее тельсона в 1.5–2 раза и густо покрыты плавательными щетинками. Рострум сильно сжат с боков, так, что становится острым с дорсальной и вентральной сторон, вооружен зубцами. Концы пальцев клешней переопод I обычно ярко окрашены. Первая пара клешненосных ног короткая и несколько мощнее остальных. Глаза свободные и никогда не бывают сильно удлиненными.	Рострум не сжат с боков, является как бы продолжением карапакса. Уроподы примерно такой же длины, как и тельсон. Глаза обычные, или частично, или совсем скрыты под карапаксом, но никогда не бывают удлиненными. Клешни на первой паре переопод микроскопически малы или отсутствуют.	Обычно правый переопод первой пары с клешней, а левый – с простым когтеобразным пальцем. Рострум с дистальной вырезкой, усаженной щетинками и образующей субдистальный дорзальный зубец. Глаза очень сильно удлиненные, достигают почти конца антеннулярных стебельков. Уроподы длиннее тельсона в 2-2.5 раза и покрыты венцом жестких шипов.

### **Задание 3. Популяционная экология креветок (20 баллов).**

3.1 Для оценки численности креветок в определенной акватории и распределения квот на их вылов иногда используют метод мечения с последующим отловом. Представим, что в некоторой акватории отловили и пометили 700 креветок, которых затем выпустили обратно в море. Спустя несколько дней провели повторный отлов, и среди пойманных 1000 креветок метку несли 15 особей. Используя представленные данные, рассчитайте предполагаемую численность популяции креветок в исследуемой акватории. В **ЛИСТЕ ОТВЕТОВ** запишите ответ, округлив до целых. Считайте, что за время эксперимента креветки не размножались и ни одна креветка не погибла (**4 балла**).

3.2. Для более достоверной оценки численности популяции используют метод, при котором после мечения производят серию отловов (после проведения анализа пойманных животных отпускают), и в каждом отлове подсчитывают меченых особей. Представим, что в той же акватории провели серию отловов, данные о которых представлены в таблице.

<b>Номер отлова</b>	<b>Количество пойманных особей</b>	<b>Количество меченых особей</b>
1	1000	15
2	843	18
3	1025	33
4	565	10
5	780	23

Рассчитайте среднее количество креветок в акватории, основываясь на данных нескольких выборок, и стандартное отклонение этого значения. Формула для расчета стандартного отклонения:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}},$$

где  $X_i$  – значение, рассчитанное по выборке,  $\bar{X}$  – среднее значение,  $n$  – количество выборок.

Запишите выборочное среднее значение количества креветок в акватории и стандартное отклонение этой величины в **ЛИСТЕ ОТВЕТОВ**, округлив до целых (**10 баллов**).

3.3. Нетрудно заметить, что в зависимости от отлова оценка численности популяции креветок будет варьировать. В действительности для оценки экономической эффективности важна не точная численность, а некоторый

доверительный интервал данного значения. Считая, что выборочная средняя численность креветок в пяти отловах ( $\bar{X}$ ) составила 30.000 особей, а стандартное отклонение выборочных средних (SE) составило 4700, рассчитайте 95% доверительный интервал для средней численности креветок в акватории ( $\mu$ ). В ответе укажите верхнюю и нижнюю границы интервала, округлив до целых (**6 баллов**).

Формула для расчета доверительного интервала:

$$\mu = \bar{X} \pm Z_{\alpha/2} \cdot SE,$$

где  $Z_{\alpha/2}$  – это критическое значение стандартного нормального распределения. Критические значения для определенного уровня значимости ( $\alpha$ ) приведены в таблице.

Уровень значимости	10%	5%	2.5%	1%
Критическое значение нормального распределения	1.28	1.65	1.96	2.32

**ЛИСТ ОТВЕТОВ**  
**ЭКОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА ЖИВОТНЫХ**

**Задание 1. Морфология объекта (16 баллов).**

1.1. Ответьте на вопросы, представленные в таблице. (10 баллов)

Количество сегментов брюшка	
Количество пар брюшных ног	
Количество лопастей в хвостовом веере	
Количество ходильных ног	
Количество пар усиков	

1.2. Выберите букву, соответствующую мандибуле.

Ответ: \_\_\_\_\_ (6 баллов).

**Задание 2. Систематическое положение объекта (4 балла).**

2.1. Семейство: \_\_\_\_\_ (4 балла).

**Задание 3. Популяционная экология креветок (20 баллов).**

3.1. Численность популяции креветок в акватории: \_\_\_\_\_ (4 балла).

3.2.

Среднее значение ( $\bar{X}$ ): \_\_\_\_\_ (4 балла).

Выборочное стандартное отклонение ( $S$ ): \_\_\_\_\_ (6 баллов).

3.3.

Верхняя граница интервала: \_\_\_\_\_ (3 балла).

Нижняя граница интервала: \_\_\_\_\_ (3 балла).