

## I. ЭКОЛОГИЯ

Экологи изучают пищевую сеть изолированного озера «Загадочное» до и после инвазии хищной рыбы – ротана головешки (*Perccottus glenii*). Основной объект исследования – аборигенная популяция золотого карася (*Carassius carassius*). Для анализа структуры сообщества использован метод анализа стабильных изотопов углерода ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , обозначается как  $\delta^{13}\text{C}$ ) и азота ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ , обозначается как  $\delta^{15}\text{N}$ ).

### Теоретические основы и формулы:

#### 1. Трофический уровень (TL):

Показывает положение организма в пищевой цепи. Рассчитывается на основе накопления тяжелого изотопа азота ( $^{15}\text{N}$ ).

Формула расчета:

$$TL_{cons} = \lambda + \frac{\delta^{15}N_{cons} - \delta^{15}N_{base}}{\Delta N}$$

где:

$TL_{cons}$  – искомый трофический уровень консумента;

$\lambda$  – трофический уровень организма, взятого за базу

(для первичных консументов принимается равным 2);

$\delta^{15}N_{cons}$  – изотопная сигнатура азота в тканях исследуемого организма (в промилле, ‰);

$\delta^{15}N_{base}$  – изотопная сигнатура азота в тканях базового организма (в промилле, ‰);

$\Delta N$  – коэффициент трофического фракционирования азота.

#### 2. Источники питания (смешанная модель):

Определяются по изотопам углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ). Однако углерод также подвержен фракционированию при переходе по цепи.

Формула для двух источников:

$$\delta^{13}C_{cons} = f_1 \times (\delta^{13}C_{source1} + S) + (1 - f_1) \times (\delta^{13}C_{source2} + S)$$

где:

$\delta^{13}C_{cons}$  – изотопная сигнатура углерода ткани консумента;

$f_1$  – доля первого источника в рационе (от 0 до 1),  $1 - f_1$  – доля второго источника;

$\delta^{13}C_{source1/2}$  – исходные изотопные сигнатуры продуцентов;

$S$  – суммарный изотопный сдвиг, накопленный организмом. Рассчитывается как произведение коэффициента фракционирования углерода на количество трофических переходов (шагов) от продуцента к консументу. Коэффициент трофического фракционирования углерода ( $\Delta^{13}\text{C}$ ) примите равным 0,8‰ за один трофический переход.

**3.  $\delta^{13}\text{C}$  (Углерод):** Указывает на источник первичной продукции. Изотопный состав углерода почти не меняется при переходе по пищевой цепи (фракционирование  $\approx 0$ –1‰). В озере есть два основных источника углерода с разными сигнатурами:

- Пелагический путь – фитопланктон (толща воды).
- Бентосный путь – перифитон и детрит (прибрежная зона).

**4.  $\delta^{15}N$  (Азот):** Указывает на трофический уровень. Легкий изотоп  $^{14}N$  выводится из организма быстрее, поэтому тяжелый  $^{15}N$  накапливается. С каждым шагом пищевой цепи значение  $\delta^{15}N$  увеличивается на постоянную величину – **Коэффициент трофического фракционирования** ( $\Delta N$ ) = 3,4‰.

#### Исходные данные:

В таблице представлены усредненные изотопные сигнатуры компонентов экосистемы.

Компонент экосистемы	Описание	$\delta^{13}C$ (‰)	$\delta^{15}N$ (‰)
Фитопланктон	Продуцент (Пелагиаль)	-32,0	2,5
Перифитон / Детрит	Продуцент (Бентос)	-22,0	2,5
Зоопланктон	Консумент 1 порядка	-31,2	5,9
Карась (до инвазии)	Аборигенный вид (до инвазии)	-27,0	9,3
Ротан	Инвазивный хищник	-25,0	12,7
Карась (после инвазии)	Аборигенный вид (после инвазии)	-29,8	7,6

**Примечание:** зоопланктон является первичным консументом (растительоядным)

#### Задание 1:

**1.1 Расчет трофических уровней (TL).** Используя формулу для азота, рассчитайте реальные трофические уровни:

**1.1.1** Карася золотистого до инвазии.

**1.1.2** Карася после инвазии ротана головешки.

**1.1.3** Ротана головешки.

#### **1.2 Расчет диеты с учетом фракционирования:**

Определите вклад бентосной пищевой цепи (перифитона) в рацион карася.

Для корректного расчета сначала определите количество трофических шагов (переходов) от продуцентов (TL = 1) до консумента, используя значения TL, полученные в пункте 1.1. Затем рассчитайте суммарный сдвиг по углероду (S) и используйте уравнение смешения.

**1.2.1** Доля бентоса в рационе *C. carassius* до инвазии (в %).

**1.2.2** Доля бентоса в рационе *C. carassius* после инвазии (в %).

#### **1.3 Интерпретация полученных результатов:**

**1.3.1** Рассчитайте гипотетическую долю бентоса в рационе аборигенного *C. carassius*, используя упрощенную модель (предположив, что фракционирование

углерода отсутствует,  $\Delta^{13}C = 0$ ). Сравните полученное значение с вашим точным результатом из пункта 1.2.1. Какое заключение о влиянии упрощения модели на интерпретацию данных является верным?

**Варианты ответов на задание 1.3.1:**

<b>А</b>	Упрощенная модель приводит к переоценке роли бентоса. Из-за неучета физиологического накопления $^{13}C$ исследователи ошибочно принимают «тяжесть» изотопного состава консумента за потребление более «тяжелой» бентосной пищи.
<b>Б</b>	Упрощенная модель приводит к недооценке роли бентоса. Без поправки на фракционирование кажется, что организм питается преимущественно легким пелагическим углеродом.
<b>В</b>	Упрощенная модель дает тот же результат, что и сложная, так как изотопный сдвиг одинаково влияет на оба источника пищи и взаимно компенсируется.
<b>Г</b>	Упрощенная модель приводит к недооценке роли фитопланктона, так как в расчетах игнорируется потеря легкого изотопа $^{12}C$ при дыхании.

**1.3.2** Какой экологический механизм лучше всего объясняет одновременное снижение трофического уровня и смену источника углерода у *C. carassius* после вселения *P. glenii*?

**Варианты ответов на задание 1.3.2:**

<b>А</b>	Каскадный эффект сверху-вниз: <i>P. glenii</i> уничтожил зоопланктон, и <i>C. carassius</i> вынужден питаться фитопланктоном.
<b>Б</b>	Пространственная сегрегация: <i>C. carassius</i> покинул богатую бентосом литораль (зону зарослей), где охотится <i>P. glenii</i> , и перешел в пелагиаль, переключившись на питание более мелким зоопланктоном.
<b>В</b>	Внутривидовая конкуренция: <i>P. glenii</i> вытеснил <i>C. carassius</i> на более высокий трофический уровень, заставив его стать хищником.

**Требования к решению заданий 1.1–1.3:**

Корректное внесение результатов вычислений в соответствующие поля бланка ответов с учетом разрядности.

Корректное внесение буквенного обозначения правильного варианта ответа в бланк ответов при выполнении заданий 1.3.1, 1.3.2.

## II. БОТАНИКА

### Задание 2.1.

Рассмотрите схему делений клеток диатомовой водоросли *Pinnularia* sp. (рисунок 1). После первого деления образовались клетки № 2 и № 3, а после их делений образовались клетки №№ 4, 5 и №№ 6, 7, соответственно.

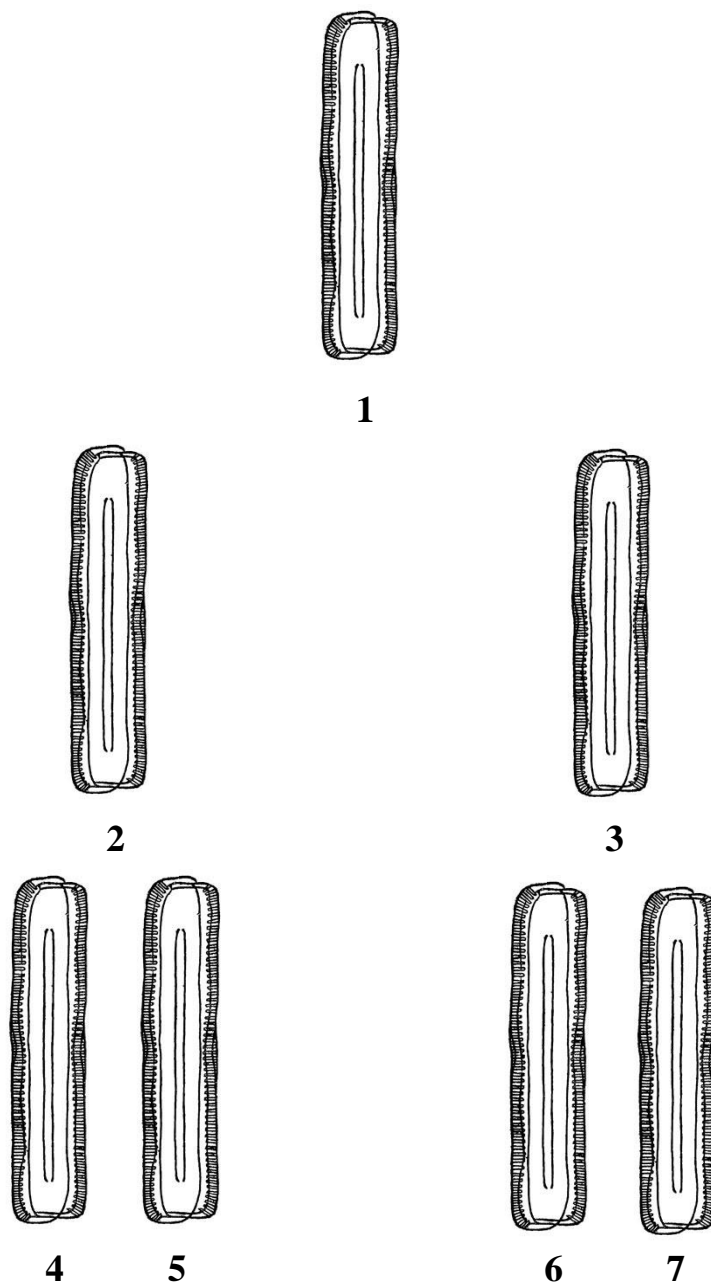


Рисунок 1 – Схема делений клеток диатомовой водоросли *Pinnularia* sp.

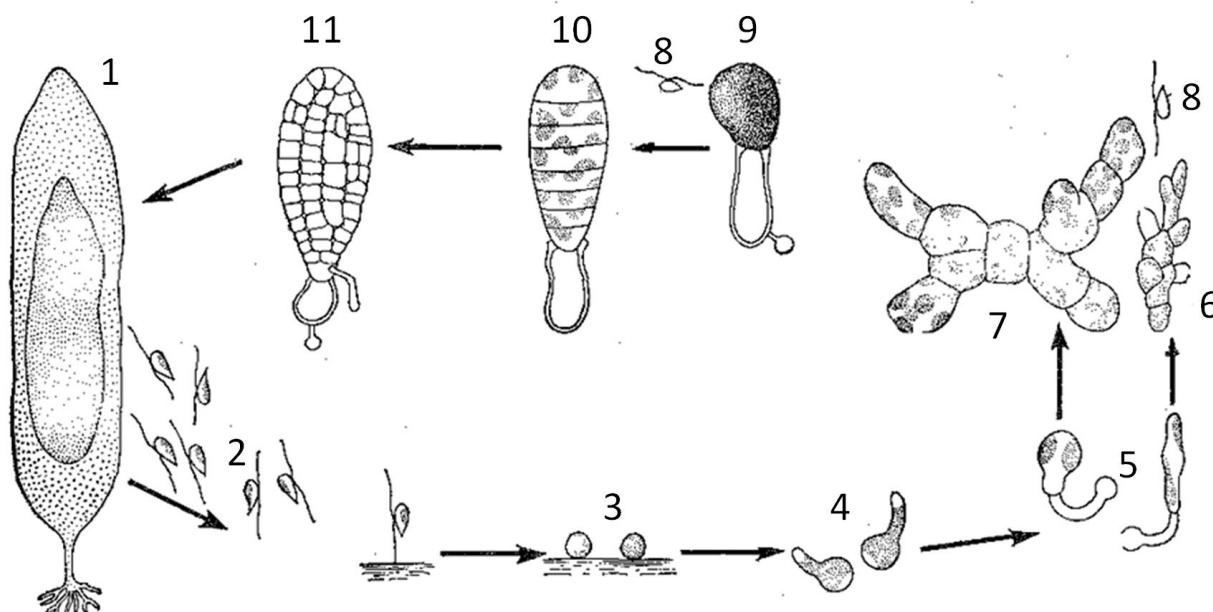
Выберите правильный вариант и запишите его буквенное обозначение (А–Ж) в соответствующую ячейку бланка ответов (2.1).

**Варианты ответов на задание 2.1:**

<b>А</b>	4 клетки (включая исходную) по размеру как № 1, а 3 клетки по размеру меньше клетки № 1.
<b>Б</b>	2 клетки (включая исходную) по размеру как № 1, а 5 клеток по размеру меньше клетки № 1.
<b>В</b>	3 клетки (включая исходную) по размеру как № 1, одна клетка больше клетки № 1, а 3 клетки по размеру меньше клетки № 1.
<b>Г</b>	3 клетки (включая исходную) по размеру как № 1, а 4 клетки по размеру меньше клетки № 1.
<b>Д</b>	1 клетка (№ 1) осталась прежнего размера, а 6 клеток в результате ряда делений уменьшились.
<b>Е</b>	Все клетки (включая исходную) по размеру одинаковые.
<b>Ж</b>	Нет правильных ответов.

**Задание 2.2.**

Внимательно рассмотрите рисунок 2, изображающий цикл развития ламинарии (морской капусты).



**Рисунок 2 – Цикл развития ламинарии**

Укажите какими цифрами на схеме обозначены следующие структуры:

2.2.1 Женский гаметофит.

2.2.4 Сперматозоид.

2.2.2 Зооспоры.

2.2.5 Спорофит.

2.2.3 Мужской гаметофит.

2.2.6 Яйцеклетка.

**Ответы**, в виде номеров изображений (1–11), запишите в соответствующие ячейки бланка ответов (2.2.1, 2.2.2, 2.2.3).

### III. ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

#### Задание 3.1

Капиллярное поднятие воды в сосудах ксилемы диаметром 2 мм составляет 1,5 см.

**3.1.1** Определите, на сколько сантиметров поднимется вода в сосудах, радиус которых равняется 1 мкм?

**3.1.2** Какого размера должен быть диаметр сосудов ксилемы (в мкм), чтобы поднять воду на высоту 5 м?

Для проведения расчетов используйте формулу величины подъема жидкости в капилляре:

$$h = \frac{2\delta}{\rho \cdot g \cdot r}$$

где:  $h$  – высота поднятия столба жидкости (см);

$\delta$  – сила поверхностного натяжения (дин/см);

$\rho$  – плотность воды (принимая за 1);

$G$  – ускорение свободного падения (980 см/с<sup>2</sup>);

$r$  – радиус капилляра (см).

**Ответы**, запишите в соответствующие ячейки бланка ответов (**3.1.1**, **3.1.2**).

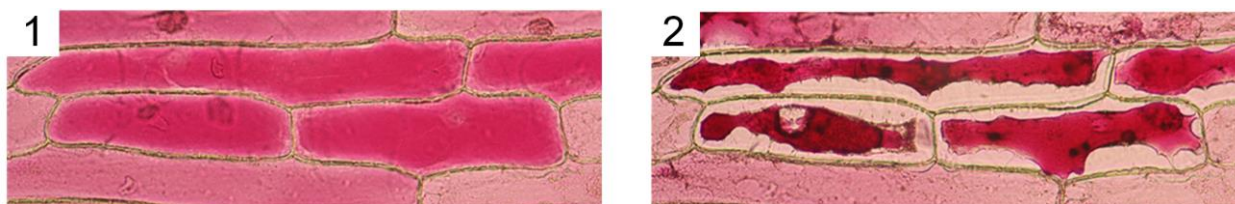
#### Задание 3.2

Рассчитайте осмотическое давление клеточного сока растительной клетки, если известно, что изотонический раствор сахарозы для данной клетки имеет концентрацию 0,25 моль/л, а измерения проводились при температуре равной +18°C (**3.2.1**). На сколько изменится осмотическое давление при повышении температуры до 25°C (**3.2.2**)?

**Ответы**, округленные до целых чисел, выразите в Паскалях (Па) и впишите в соответствующие ячейки бланка ответов.

#### Задание 3.3

На рисунке 3 представлены антоциан-содержащие клетки эпидермиса лука, помещенные в различные растворы. Рассмотрите фотографии, выберите верные утверждения и запишите их буквенные обозначения (А–Д) в соответствующую ячейку бланка ответов (**3.3**).



**Рисунок 3** – Микрофотографии клеток эпидермиса лука, полученные при изготовлении препаратов в различных растворах

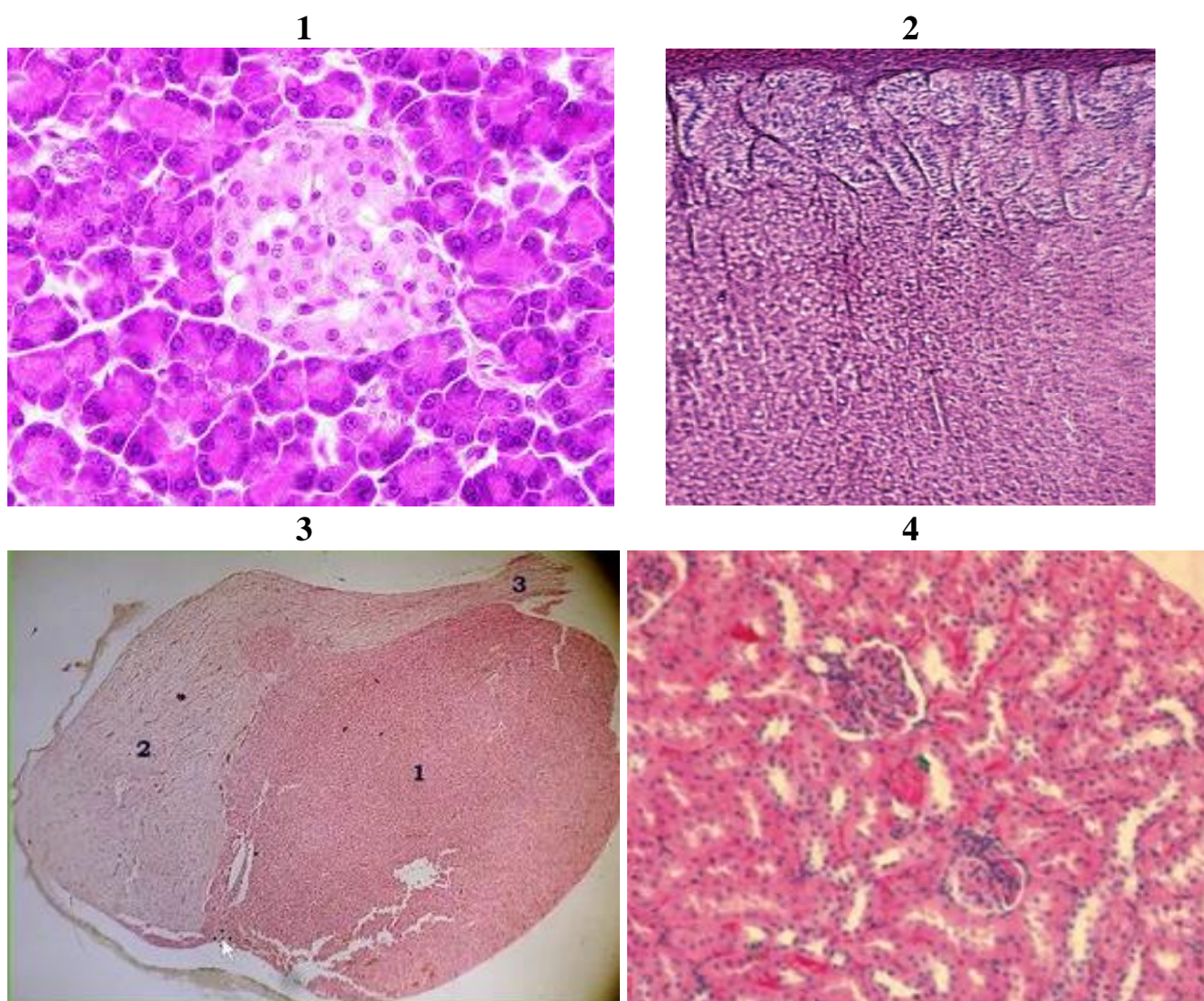
**Варианты ответов на задание 3.3:**

<b>А</b>	Клетки на фотографии 2 погружены в гипертонический раствор.
<b>Б</b>	Клетки на фотографии 1 погружены в гипертонический раствор.
<b>В</b>	На фотографии 2 изображен выпуклый тип плазмолиза.
<b>Г</b>	На фотографии 2 изображен колпачковый тип плазмолиза.
<b>Д</b>	Отделение протопласта от клеточной стенки на фотографии 1 отсутствует.

**IV. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА**

**Задание 4.1**

На рисунке 4 под цифрами приведены изображения препаратов желез организма человека. Рассмотрите и ответьте на вопросы ниже.



**Рисунок 4 – Изображения препаратов желез организма человека**

**4.1.1** Перечислите препараты желез смешанной секреции (А), только внутренней секреции (Б), только внешней секреции (В).

**4.1.2** Гормоны какой железы (каких желез) смешанной секреции участвуют в регуляции обмена углеводов (А), водно-солевого обмена (Б), эритропоэза (В)?

**4.1.3** Какие из желез получают кровоснабжение в составе артерий, отходящих от дуги аорты (А), грудной аорты (Б), подвздошной артерии (В)?

**Ответы**, в виде номеров изображений (1–4), запишите в соответствующие ячейки бланка ответов (**4.1.1, 4.1.2, 4.1.3**).

#### Задание 4.2.

У человека с частотой дыхания 16 вдохов в минуту дыхательный объем составляет 0,9 л, жизненная емкость легких 4,5 л, частота сердечных сокращений 95 систол в минуту, а ударный объем сердца 92 мл. Рассчитайте вентиляционно-реперфузионный коэффициент.

**Ответ** округлите до целого числа и запишите в соответствующую ячейку бланка ответов (**4.2**).

### V. ГЕНЕТИКА

#### Задание 5.

В результате эксперимента, получено десять делеционных вариантов гена (D1 – D10) и семь точковых мутантов этого гена (a – g). Карта делеций представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Карта границ удаленных участков гена у делеционных вариантов D1-D10

**Третья дистанционная учебная смена по учебному предмету «Биология»  
2025–2026 учебный год**

Семь точковых мутантов скрестили с делеционными вариантами. Результаты скрещивания представлены в таблице. «+» – комплементация мутации; «-» – отсутствие комплементации.

Делеция	Точковый мутант						
	a	b	c	d	e	f	g
<b>D1</b>	-	-	-	-	-	+	-
<b>D2</b>	-	-	+	-	-	+	-
<b>D3</b>	+	+	-	+	+	+	+
<b>D4</b>	-	-	+	-	+	+	-
<b>D5</b>	+	-	+	-	+	+	-
<b>D6</b>	+	-	+	-	+	+	+
<b>D7</b>	+	+	+	+	-	+	+
<b>D8</b>	+	-	+	+	+	+	+
<b>D9</b>	+	+	+	+	+	+	-
<b>D10</b>	-	+	+	-	+	+	-

**5.1** Определите расположение точковых мутаций относительно участков 1-8 интактного гена. В качестве ответа на задание укажите обозначения мутаций, которые могут быть локализованы в области, ограниченной красной рамкой (захватывает участки 3 и 4) и впишите их в соответствующее поле бланка ответов.

**5.2** При скрещивании с каким делеционным мутантом мутант D2 может обеспечить формирование потомства с восстановленной функцией анализируемого гена?