

**Задания**  
**практического тура регионального этапа**  
**XXXVIII Всероссийской олимпиады школьников по биологии**  
**2021-22 уч. год. 11 класс**

**ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ (максимум 50 баллов)**

**I. Тонкослойная хроматография.**

1. Вы проводите исследования пигментов водных фототрофов беломорских лагун. Пробы воды, с которыми Вы начали работать, содержат как эу-, так и прокариотические фототрофные организмы. Для изучения общего пигментного состава Вы провели тонкослойную хроматографию на силуфоле (это алюминиевые пластинки, покрытые силикагелем – сорбентом на основе кремниевых кислот). Для этого сначала Вы получили концентрированный ацетоновый экстракт пигментов из проб воды, нанесли его на хроматограмму в виде одной линии и аккуратно поместили пластинку в подвижную фазу, содержащую гексан и ацетон в соотношении 3:1. Хроматографическую камеру накрыли крышкой и оставили на 10 минут, пока линия фронта не достигла 3 см до края пластинки. Получили следующий результат (см. рисунок 1).

**2. Внимательно рассмотрите хроматограмму и формулы на рисунке 2.**

А) В таблице 1 в бланке ответов указаны цвета пятен. Соотнесите номера пятен и формулы пигментов. Ответы занесите в таблицу 1.

Б) Определите Rf для каждого из пигментов на хроматограмме. Результаты внесите в таблицу 1.

В) В приложении 1 приведены значения Rf для разных каротиноидов. Выберите из списка веществ то, которое, согласно Rf, может соответствовать пятну красного цвета (№2) на хроматограмме. Ответ впишите в таблицу 1 в бланке ответов.

Г) Соотнесите остальные пятна на хроматограмме со следующими названиями: **I.** Бактериохлорофилл *a*, **II.** β-каротин, **III.** Бактериофеофитин *a*. Ответы занесите в таблицу 1.

**3. Выберите верные утверждения:**

1) Чем больше доля атомов кислорода в молекуле пигмента, тем выше сродство данного пигмента к подвижной фазе в этом эксперименте.

2) Для успешного разделения смеси веществ при помощи тонкослойной хроматографии необходимо подбирать подвижную и неподвижную фазы с одинаковой полярностью.

3) Появление бактериофеофитина на тонкослойной хроматограмме можно объяснить как его присутствием в исследуемых организмах, так и нарушениями методики экстракции пигментов.

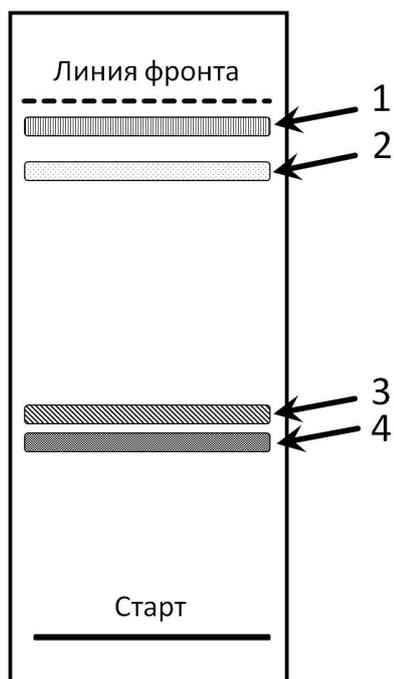
4) Все каротиноиды находятся исключительно в составе мембран пластид.

**Приложение 1.**

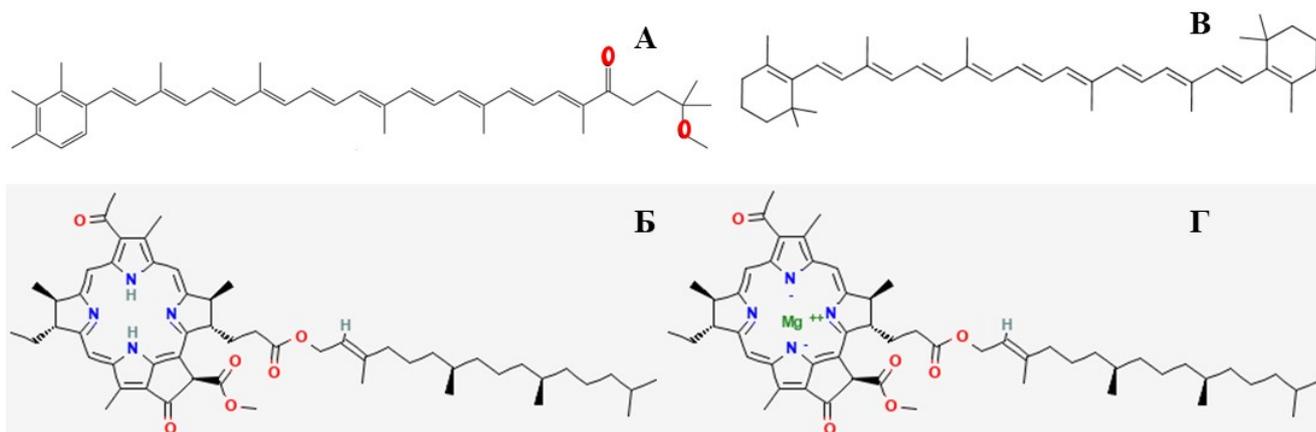
Значение Rf	Название вещества
0,24	Лютеин
0,35	Зеаксантин
0,48	Кантаксантин
0,78	Спириллоксантин
0,87	Окенон

4. Объясните, почему оранжевое пятно оказалось ближе всего к линии фронта. Как это связано с химическим строением соответствующего пигмента? Дайте подробный ответ.

**Рисунок 1.**



**Рисунок 2.**



## II. Анализ численности криптофитовых водорослей в лагунах Белого моря

Исследуемые водоемы обладают уникальной особенностью: вода на разных глубинах имеет разную соленость, плотность и, следовательно, не перемешивается. На большой глубине при этом возникает анаэробная зона, над ней находятся аэробные слои. На границе аэробной и анаэробной зон формируется сообщество, в котором преобладает один вид криптофитовых водорослей. Для того чтобы точнее охарактеризовать данное сообщество, Вы решили регулярно оценивать численность криптофитовых водорослей на заданной глубине. Но каждый раз использовать для этого специальные приборы или счётные камеры слишком трудоемко. Поэтому Вы решили выявить зависимость концентрации клеток от общего содержания хлорофилла *a* в пробе. Использование такого метода оправдано, поскольку содержание хлорофилла *a* на клетку у данного вида криптофит достаточно стабильно и практически не зависит от времени суток и месяца лета. Вам необходимо построить калибровочную кривую, в которой будет показана зависимость концентрации клеток в известном Вам объёме пробы (1 миллилитр) от концентрации хлорофилла *a* в этом же заданном объёме.

1. **Подсчёт клеток в камере Нажотта.** Стандартные камеры Нажотта представляют собой пластину из толстого стекла с углублением, на дне которого выгравирована счётная сетка. В

углубление наносят слой жидкости из пробы и накрывают специальным стеклом, притирая его к поверхности камеры. Толщина слоя жидкости по всей поверхности равна 0,5 мм, камера имеет форму квадрата со стороной 1 см.

А) Определите объём камеры, ответ запишите в  $\text{см}^3$  и в мл. Результаты занесите в бланк ответов.

Б) В таблице 2 в бланке ответов приведены значения подсчёта клеток при помощи камеры Нажотта. Определите концентрацию клеток на 1 миллилитр пробы, результаты запишите во второй столбец таблицы 2.

## **2. Построение калибровочного графика**

Из фототрофных организмов, содержащихся в пробах воды, экстрагировали ацетоном хлорофилл *a*. В третьем столбце таблицы 2 Вам даны значения концентрации хлорофилла *a* в 1 миллилитре пробы воды. На миллиметровой бумаге в **Листе ответов** постройте график зависимости количества клеток на миллилитр пробы (ось ординат) от концентрации хлорофилла *a* в 1 миллилитре пробы (ось абсцисс).

## **III. Оценка численности криптофитовых водорослей в зависимости от времени суток.**

1. Для исследования численности криптофитовых водорослей в разное время суток в верхней части слоя воды, населенного ими, измеряли концентрацию хлорофилла *a* в пробах воды (данные приведены в таблице 3). По калибровочному графику определите количество клеток в 1 мл пробы в полдень и в полночь. Результаты занесите в таблицу 3.

2. Снижение количества криптофит в полдень в верхней части слоя воды, населенного ими, предположительно связано с чувствительностью фотосинтетического аппарата к интенсивному освещению. К чему может привести длительное освещение хлоропластов эукариот светом высокой интенсивности? Выберите верные утверждения.

- 1) При длительном сильном освещении скорость электронного транспорта в ЭТЦ повышается, в связи с чем не хватает НАДФН.
- 2) При длительном сильном освещении скорость электронного транспорта в ЭТЦ фотосинтеза падает. В связи с этим электроны могут попадать на кислород с образованием активных форм кислорода.
- 3) При длительном сильном освещении электронный транспорт ускоряется из-за падения рН люмена тилакоидов. В связи с этим электроны чаще попадают на кислород с образованием активных форм кислорода.
- 4) При длительном сильном освещении одной из причин падения скорости электронного транспорта является повышение концентрации ионов водорода в люмене тилакоидов.
- 5) При длительном сильном освещении может активироваться псевдоциклический транспорт электронов (реакция Мелера), в ходе которого образуются активные формы кислорода. Конечным продуктом реакции Мелера является вода.

## **IV. Теоретические вопросы**

1. Водные фототрофы имеют различные фотосинтетические пигменты: одни являются пигментами реакционных центров, другие входят в состав антенн. Рассортируйте пигменты из приведенного ниже списка на 2 категории: пигменты антенн и пигменты, находящиеся на белках фотосистем (не антенных!). Некоторые пигменты могут оказаться в обеих категориях.

Список пигментов: 1) Хлорофилл *a*, 2) хлорофилл *b*, 3) хлорофилл *c*, 4) фикоцианин, 5) фикоэритрин, 6) аллофикоцианин, 7) феофитин *a*, 8) лютеин, 9) виолаксантин. Номера пигментов через запятую занесите в таблицу 4.

2. В условиях сильного освещения для защиты фотосинтетического аппарата включаются различные механизмы. Известно, что некоторые пигменты при этом способны превращаться в

другие для лучшей защиты от избыточного освещения, при этом количество атомов кислорода в них снижается. Не так давно было показано, что молекулы пигмента, который должен претерпеть превращение, временно отсоединяются от белков и переходят во фракцию липидов, где встречаются с ферментом, катализирующим соответствующую реакцию. На рисунке 3 найдите формулу этого пигмента. Подробно объясните свой выбор.

**Рисунок 3**

