

ТЕТРАДЬ ЗАДАНИЙ: СТАРШАЯ ГРУППА

Введение

Важно

В региональном туре Эстонской олимпиады по естественным наукам 2025/2026 необходимо решить три большие задачи, каждая из которых содержит несколько подзадач.

Перед тем, как ты приступишь к решению заданий, советуем кратко ознакомиться со всей работой, чтобы правильно распланировать время. Порядок решения заданий не важен. Пожалуйста, оформляй ответы как можно четко и корректно. В случае вопросов с множественным выбором следи, чтобы твои ответы были ясно отмечены!

- При решении задач нельзя использовать постороннюю помощь.
- Данная тетрадь заданий выдается в печатном виде.
- Лист заданий предназначен исключительно для ознакомления с текстами заданий - решения следует записать в **тетрадь ответов**. Учти, что данный лист заданий не будет передан оценивающей комиссии.
- В конце листа заданий ты найдешь **таблицу Менделеева (Приложение 1) и формулы для молярных расчётов (Приложение 2)!**
- Ответы необходимо писать шариковой или чернильной ручкой.
- Лист с заданиями выдается соревнующимся в начале соревнования и этим моментом фиксируется начало соревнования.
- В заданиях с расчетами необходимо показать ход решения (запиши его в текстовый блок в тетради ответов), иначе твой ответ не будет засчитан!
- Все численные ответы должны быть предоставлены с подходящими единицами измерения!
- При оценке вопросов с множественным выбором мы будем учитывать соотношение верных и неверных ответов!

Для решения заданий у тебя есть 4 часа. Отсчет времени начинается с момента, когда комплект заданий показывают соревнующимся, и заканчивается моментом, когда соревнующиеся отдают свои комплекты решений.

После конца регионального тура ты сможешь ознакомиться с **правильными ответами** и дать **обратную связь** про региональный тур на странице в интернете <https://teaduskool.ut.ee/et/olumpiaadisustem/loodusteadused!>

1. УГЛЕРОДНЫЙ ЦИКЛ МИРОВОГО ОКЕАНА (76,5 б)

Климат Земли теплеет из-за выбросов в атмосферу так называемых парниковых газов, прежде всего углекислого газа (CO_2). Для поиска решений этой проблемы важно понимать, как углерод циркулирует в природных системах. Тропические дождевые леса часто называют «лёгкими планеты», однако они не способны существенно удалять из атмосферы дополнительно поступающий CO_2 . Гораздо реже говорят о другой системе, участвующей в углеродном цикле, — океанах. Они являются чрезвычайно важной частью углеродного цикла Земли, поскольку, по оценкам, хранят около 40 триллионов тонн углерода. Между океанами и атмосферой происходит активный обмен углеродом. Поскольку за последние пару столетий содержание углекислого газа в атмосфере увеличилось из-за сжигания ископаемого топлива, всё больше CO_2 растворяется и в океанах, где в результате фотосинтеза он превращается в органические вещества. Часть этих веществ осаждаётся в виде отложений на дно океана. Таким образом, Мировой океан является важным буфером, сдерживающим потепление климата; вместе с тем это чрезвычайно сложная и уязвимая система, и учёные всё ещё исследуют, каким может быть долгосрочное воздействие роста концентрации CO_2 на экосистемы Мирового океана.

В этом задании ты будешь изучать связывание и хранение CO_2 в Мировом океане.

1.1. Мировой океан

Мировой океан разделён на пять океанов: Атлантический океан, Тихий океан, Индийский океан, Северный Ледовитый океан и Южный океан. Ниже приведены пять описаний, каждое из которых соответствует одному океану.

- A. Океан с наименьшей площадью и глубиной, который круглый год частично покрыт льдом.
- B. Океан, к числу внутренних морей которого относится Балтийское море.
- C. Океан с самой тёплой водой.
- D. Океан с наибольшей площадью, в котором также находится самая глубокая точка Мирового океана — Марианская впадина.
- E. Единственный океан, который омывает берега только одного материка.

1.1.1. На **рисунке 1** карта мира, где каждый океан обозначен номером (1...5). **Соотнеси каждый океан с правильным описанием и номером на карте в тетради ответов. (5 б)**

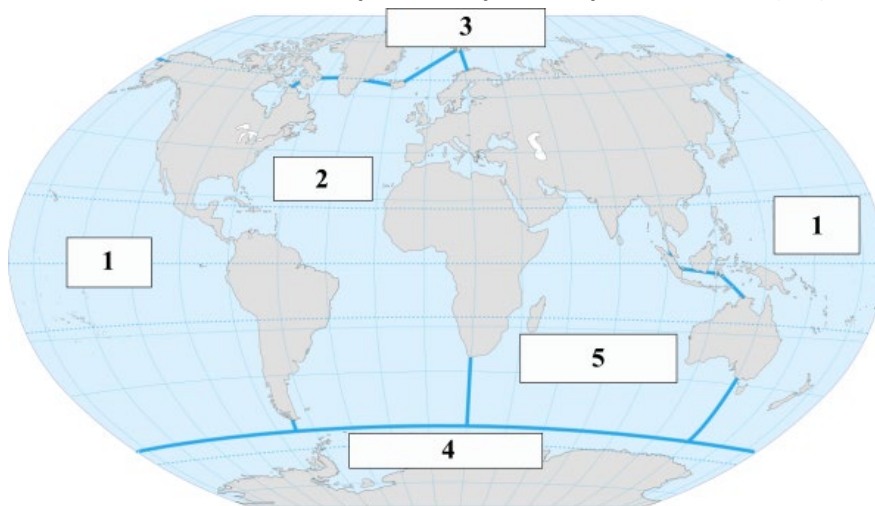
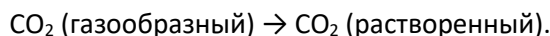


Рисунок 1. Океаны мира

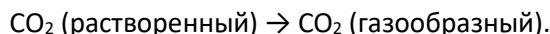
1.2. Растворения CO₂ в морской воде

Сначала рассмотрим, каким образом углекислый газ попадает из атмосферы в океан.

Между атмосферой и поверхностными слоями океана постоянно происходит газообмен. Если концентрация углекислого газа в атмосфере выше по сравнению с концентрацией углекислого газа в морской воде, то CO₂ растворяется в воде:



Если же морская вода по сравнению с атмосферой насыщена CO₂, углекислый газ высвобождается обратно в атмосферу:



Растворимость CO₂ в океанской воде зависит от температуры, давления и других веществ, растворённых в воде. График, приведённый на **рисунке 2**, описывает зависимость растворимости CO₂ от температуры воды (для чистой воды при атмосферном давлении).

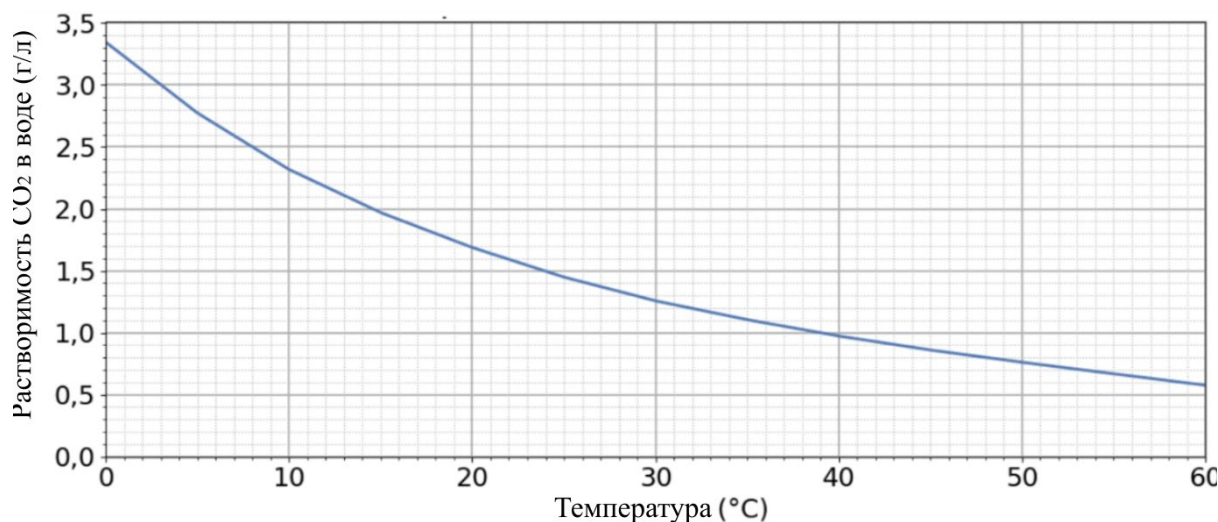


Рисунок 2. Зависимость растворимости CO₂ в воде от температуры

1.2.1. Что можно заключить на основании приведённого выше графика? Отметь в тетради ответов, является ли утверждение верным или неверным, добавив после буквы утверждения знак + или –. (2 б)

A. При температуре 20 °C в одном литре воды может раствориться до 1,7 г CO₂.

B. Чем выше температура воды, тем больше растворимость CO₂ в воде.

C. Растворимость CO₂ в воде линейно зависит от температуры воды.

D. Если учитывать только зависимость растворимости CO₂ от температуры, то в Мировом океане CO₂ должен лучше растворяться на более высоких широтах.

1.2.2. На растворимость CO₂ влияет также концентрация солей, растворённых в воде. Чем выше концентрация растворённых солей, тем меньше растворимость CO₂ в воде. **Какое химическое соединение в основном обуславливает солёность морской воды? Напиши химическую формулу соединения и его химическое и общее название. (1,5 б)**

Хотя углерод, поступающий из атмосферы, попадает в воду в виде CO_2 , растворённый CO_2 затем частично реагирует с молекулами воды, образуя угольную кислоту (H_2CO_3). Угольная кислота диссоциирует, то есть распадается на ион водорода и гидрокарбонат-ион; последний, в свою очередь, может распасться на ион водорода и карбонат-ион.

1.2.3. Напиши в тетради ответы уравновешенные химические уравнения: 1) образование угольной кислоты из углекислого газа; 2) образование гидрокарбоната из угольной кислоты. (3 б)

1.3. Биологический углеродный насос и фотосинтез

Когда углекислый газ растворен в океане, он может участвовать в различных процессах. «Углеродный насос» океанов (система круговорота углерода) в обобщённом виде состоит из двух компонентов: **биологического** и **физического** круговорота углерода. Рассмотрим, как каждая из этих систем удаляет углерод из атмосферы.

Биологический углеродный насос основан на способности организмов, обитающих в Мировом океане, производить органическое вещество из углекислого газа атмосферного происхождения. Образовавшееся органическое вещество перемещается по пищевым сетям океана и в ходе клеточного дыхания или процессов разложения либо вновь превращается в диоксид углерода, либо переносится в более глубокие слои океана (>500 м) в виде мёртвых организмов и отходов. В глубоких слоях океана углерод таким образом может накапливаться на очень длительное время — от сотен до тысяч лет.

1.3.1. На рисунке 3 представлена схема биологического круговорота углерода в океане, где стрелки описывают перемещение углерода между различными звеньями углеродного цикла. **Заверши схему в тетради ответов, указав в каждом прямоугольнике номер, соответствующий правильному понятию из приведённого ниже списка. (2 б)**

1. Продуценты 2. CO_2 3. Консументы 4. Отходы

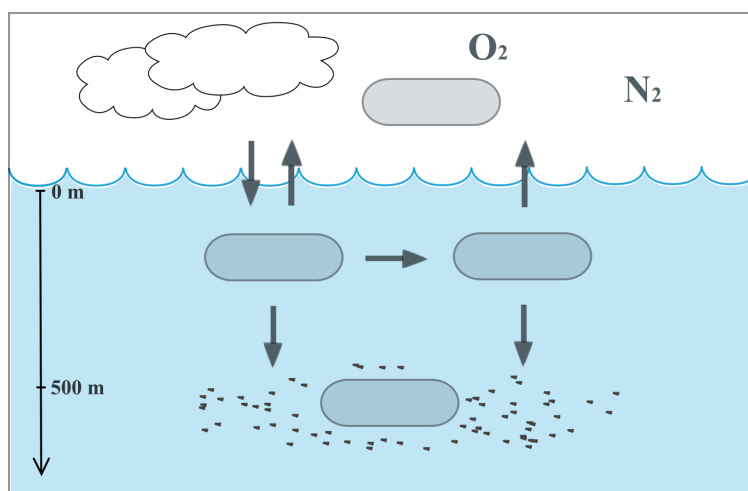


Рисунок 3. Биологический углеродный насос

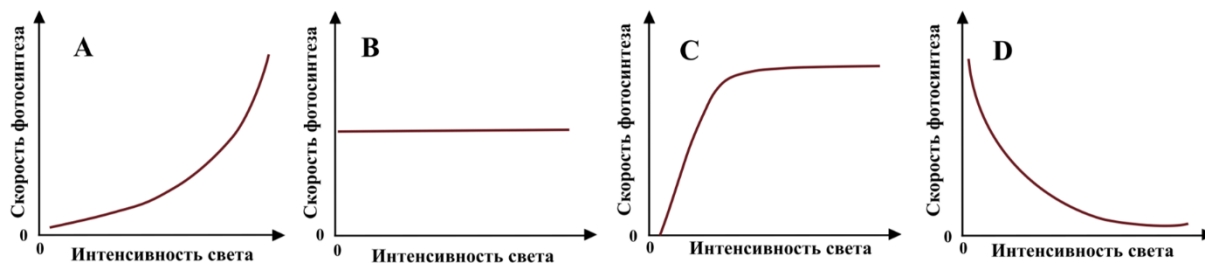
Самый важный природный процесс для удаления углекислого газа из атмосферы — это **фотосинтез**. Фотосинтезирующие организмы, они же продуценты, содержат особые вещества (хлорофиллы, каротиноиды и др.), которые поглощают солнечное излучение. Используя энергию, полученную от Солнца, продуценты синтезируют необходимые им питательные вещества, применяя находящийся в

атмосфере углекислый газ в качестве исходного вещества. В ходе фотосинтеза углекислый газ реагирует с водой, образуя глюкозу ($C_6H_{12}O_6$) и кислород (O_2). Глюкоза используется продуцентами для запасания энергии, а также для построения собственных тканей и органов.

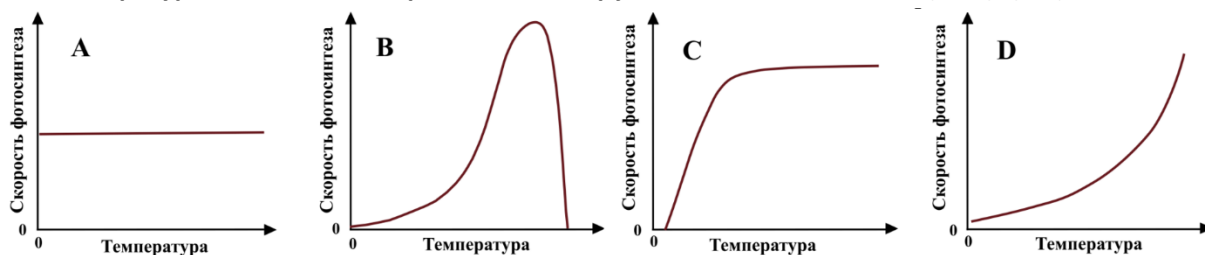
1.3.2. Напиши уравновешенное уравнение реакции фотосинтеза в тетради ответов. Укажи в уравнении также дополнительную энергию, необходимую для протекания реакции. (3,5 б)

Протеканию реакции фотосинтеза в клетках способствуют особые молекулы — ферменты, которые позволяют расщеплять или соединять другие молекулы, образуя новые химические соединения. Таким образом, скорость фотосинтеза, помимо доступности исходных веществ реакции и солнечного излучения, зависит также от ферментов. Количество молекул ферментов в клетке ограничено, и каждая из них может одновременно участвовать лишь в соединении или расщеплении одной или небольшого числа других молекул. Эффективность ферментов зависит и от температуры: у каждого фермента есть подходящий (оптимальный) диапазон температур, при котором реакция, протекающая с его участием, идёт наиболее быстро.

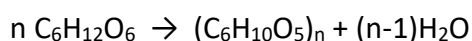
1.3.3. Реши, какой график правильно показывает зависимость скорости реакции фотосинтеза от интенсивности солнечного светового излучения, и обведи в тетради ответов кружком его обозначение (A–D). (1 б)



1.3.4. Реши, какой график правильно показывает зависимость скорости реакции фотосинтеза от температуры, и обведи в тетради ответов кружком его обозначение (A–D). (1 б)



Глюкоза, образуемая в процессе фотосинтеза, в дальнейшем преобразуется в более сложные соединения, в том числе в различные **полимеры**. Это вещества, крупные молекулы которых состоят из множества одинаковых повторяющихся звеньев (в формуле большое число звеньев обозначается индексом n). Важнейшим компонентом клеточных стенок растений является **целлюлоза** — полимер, образующий длинные волокна, структура которого возникает при соединении молекул глюкозы между собой с помощью соответствующего фермента.



Реакция образования и структурная формула целлюлозы показаны на **рисунке 4**.

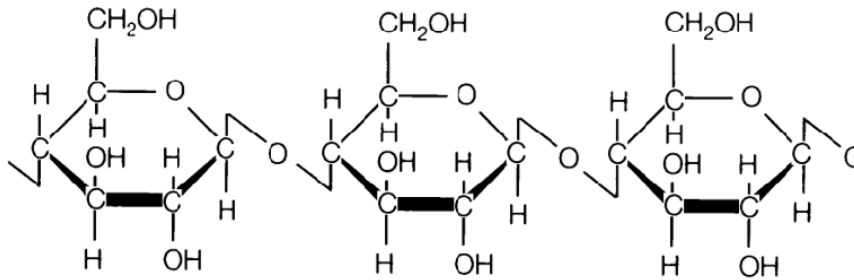


Рисунок 4. Структурная формула целлюлозы

1.3.5. Определи на рисунке повторяющееся звено в молекуле целлюлозы и обведи в тетради ответов его кружком. (1 б)

Хотя в процессе фотосинтеза продуценты связывают углекислый газ, в ходе жизнедеятельности постоянно происходит и его выделение. Все организмы должны дышать, чтобы получать энергию. В процессе клеточного дыхания находящаяся в клетках глюкоза с помощью кислорода снова расщепляется до углекислого газа и воды.

1.3.6. Чем отличается химическое уравнение клеточного дыхания от уравнения фотосинтеза? (1 б)

1.3.7. В Мировом океане обитает множество различных фотосинтезирующих организмов, которые, в свою очередь, служат пищей для других морских обитателей. Составь пищевую цепь из четырёх звеньев, которая начинается с какого-либо продуцента, обитающего в океане. (2 б)

1.4. Океанские фотосинтезирующие организмы и их пигменты

По сравнению с условиями обитания наземных растений, водная среда существенно влияет на доступность солнечного излучения. Морская вода поглощает солнечное излучение, поэтому фотосинтезирующие организмы могут обитать лишь на небольшой глубине. Глубинную зону Мирового океана, в которой возможен фотосинтез, называют световой зоной океана.

1.4.1. Назови ещё одно физическое явление, помимо поглощения, из-за которого не всё солнечное излучение, падающее на поверхность воды, достигает фотосинтезирующих организмов, обитающих в воде. (1 б)

Поглощение света морской водой зависит от **длины волны** света. Солнечное излучение состоит из волн различной длины; цветам, соответствующим длинам волн видимого света (380–720 нм), соответствует спектр солнечного излучения (показан в нижней части **рисунков 5 и 6**). Свет с разной длиной волны, то есть разного цвета, поглощается в воде в разной степени и, следовательно, проникает в океане на разную глубину. На **рисунке 5** показано, на какую глубину проникает свет с определённой длиной волны (цветом) в типичном открытом океане и в прибрежной зоне. Если в открытом океане световая зона может достигать глубины около 200 м, то на побережье, где в воде содержится больше питательных веществ и живых организмов, световая зона меньше, поскольку взвешенные в воде частицы (например, осадки и микроорганизмы) поглощают и рассеивают свет, препятствуя его проникновению в более глубокие слои воды.

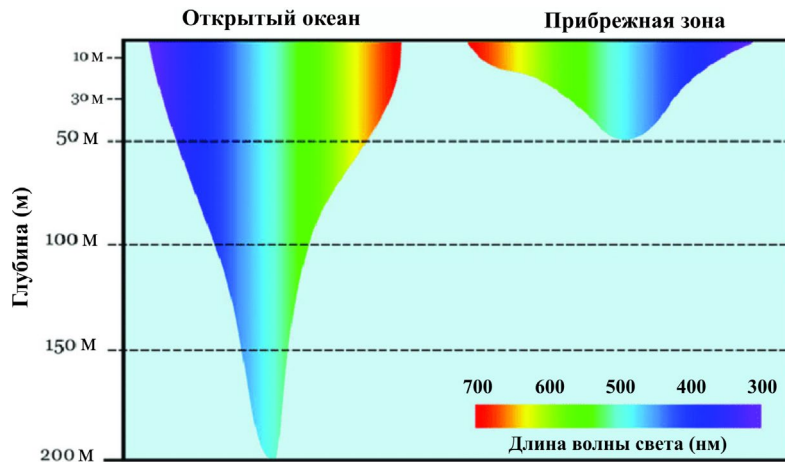


Рисунок 5. Распространение света в глубину океана в прибрежной зоне и в открытом океане в зависимости от длины волны

Фотосинтезирующие организмы содержат особые пигменты (красители), которые поглощают солнечное излучение, преобразуя его в химическую энергию. Разные пигменты поглощают свет разного цвета — например, хлорофиллы А, В и С, содержащиеся в растениях, поглощают синий и красный свет, поэтому фотосинтезирующим наземным растениям необходимы именно синие и красные участки спектра солнечного излучения. Однако фотосинтезирующие организмы, обитающие в воде, приспособлены использовать свет с различной длиной волны в зависимости от среды обитания. Для этого, помимо хлорофиллов, они вырабатывают и другие пигменты. На **рисунке 6** представлены спектры поглощения различных пигментов, показывающие, с какой интенсивностью свет разной длины волны поглощается этими пигментами.

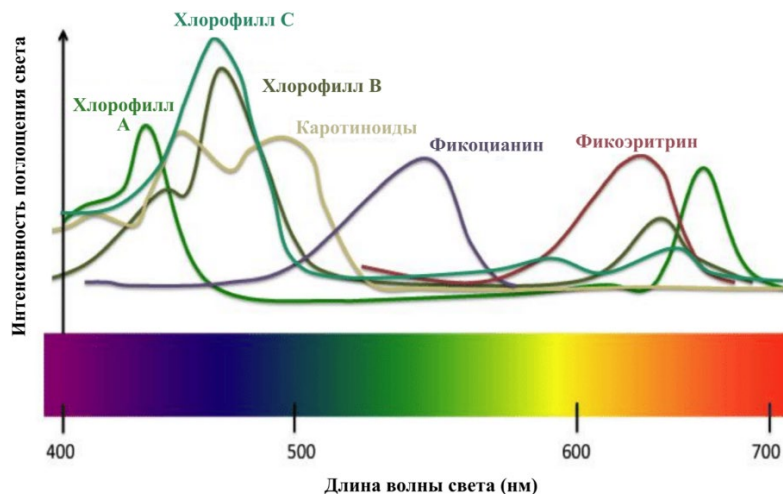


Рисунок 6. Спектры поглощения пигментов, которые морские организмы используют для фотосинтеза

1.4.2. Определи для каждого утверждения, является ли оно верным или неверным, поставив + или – под буквой утверждения в тетради ответов. (6 б)

Утверждение
А. Морская вода поглощает красный свет сильнее, чем синий свет.
В. Лучше всего в морской воде поглощается свет с длиной волны 500 нм.

C. Использование фикоэритрина для фотосинтеза позволяет продуцентам обитать в самой глубокой части световой зоны открытого океана.

D. Около берега морская вода поглощает больше синего света, чем вода открытого океана, поэтому использование хлорофилла для фотосинтеза в прибрежных водах невозможно.

E. Водолаз, плывущий без фонаря на глубине 30 м недалеко от берега, видит под водой только синие и зелёные оттенки цветов.

F. Для видов, обитающих на глубине 100 м, красный цвет является более эффективной маскировочной окраской, чем синий.

Основным продуцентом в океанах является фитопланктон, или растительный планктон, состоящий из мельчайших фотосинтезирующих бактерий, водорослей и других организмов. На **рисунке 7** показаны спектры поглощения света, характерные для трёх фотосинтезирующих бактерий, обитающих в воде. Форма спектра поглощения света описывает, при каких длинах волн свет сильнее всего поглощается в клетках данной бактерии. Форму спектра поглощения света определяют пигменты, содержащиеся в клетке бактерии.

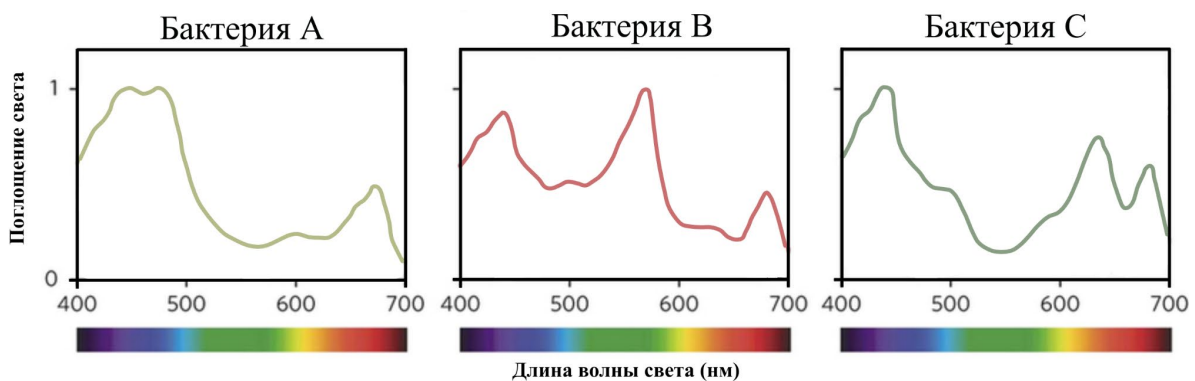


Рисунок 7. Спектры поглощения света трёх фотосинтезирующих бактерий

1.4.3. В следующей таблице перечислены основные пигменты, которые бактерия может использовать для фотосинтеза. **Реши, какой бактерии соответствует каждый набор пигментов, поставив в тетради ответов крестик в подходящей ячейке каждой строки. (3 б)**

Пигменты	Бактерия А	Бактерия В	Бактерия С
Хлорофиллы, каротиноиды, фикоцианин			
Хлорофиллы			
Хлорофиллы, каротиноиды, фикоэритрин			

1.4.4. Каждый организм приспособлен к выживанию в условиях своей среды обитания, используя для фотосинтеза доступные длины волн света. На **рисунке 8** показан спектр солнечного излучения в среде обитания одной из трёх вышеупомянутых бактерий.

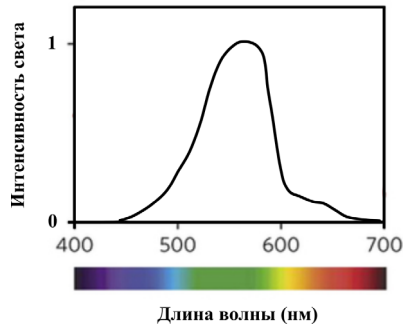


Рисунок 8. Спектр солнечного излучения в среде обитания рассматриваемой бактерии

Какая из бактерий (1–3) лучше всего приспособлена к фотосинтезу в показанной на рисунке среде обитания? В этом и следующем задании обведи в тетради ответов кружком номер правильного варианта ответа. (1 б)

1. Бактерия А 2. Бактерия В 3. Бактерия С

1.4.5. Какой пигмент или группа пигментов, скорее всего, является основным для фотосинтеза у этой бактерии? (1 б)

1. Хлорофиллы 2. Каротиноиды 3. Фикоэритрин 4. Фикоцианин

1.5. *Prochlorococcus*

Самым распространённым фотосинтезирующим организмом в океане является небольшая шаровидная бактерия *Prochlorococcus*. В 1 мл морской воды может содержаться более 100 000 клеток *Prochlorococcus*! На примере этой бактерии рассмотрим, как фитопланктон участвует в связывании CO₂ из атмосферы.

1.5.1. *Prochlorococcus* размножается делением — из одной бактериальной клетки через определённый промежуток времени образуются две новые клетки. Нарисуй в тетради ответов схему клеточного деления, начинающегося от одной клетки *Prochlorococcus*, показав все клетки трёх последующих поколений. (2 б)

1.5.2. Микроскопические организмы, образующие фитопланктон, размножаются быстро. *Prochlorococcus* делится в среднем каждые 24 часа, то есть раз в сутки. В исследовании размножения *Prochlorococcus* в момент времени $t = 0$ в воду была добавлена одна только что образовавшаяся клетка.

Заполни таблицу в тетради ответов. Предположи, что деление клеток происходит каждые 24 часа и что ни одна клетка не погибает в ходе исследования. (1,5 б)

Время (дни)	0	1	2	3	4	5	6	7
Число клеток в популяции	1	2						

1.5.3. Построй график, изображающий рост популяции *Prochlorococcus* в течение одной недели. Для этого нанеси в тетради ответов на предложенную координатную сетку точки данных для каждого дня из таблицы предыдущего задания и соедини точки плавной линией. Масштаб вертикальной оси выбери самостоятельно. (3 б)

1.5.4. В ходе жизнедеятельности каждая клетка *Prochlorococcus* связывает углерод (С) со средней скоростью 2,5 фемтограмма в час (фг/ч). 1 фг = 10^{-15} г. **Сколько углерода (фг) связывает одна клетка *Prochlorococcus* за один цикл деления в идеальных условиях? (1 б)**

1.5.5. Сколько углекислого газа (фг) связывает одна клетка *Prochlorococcus* за один цикл деления? (2 б)

1.5.6. Сколько молекул углекислого газа связывает одна клетка *Prochlorococcus* за один цикл деления? Если потребуется, используй формулы, приведённые в Приложении 2 на последней странице. (2 б)

1.5.7. По данным одного, среднегодового суммарное количество клеток *Prochlorococcus* в океанах исследования составляет приблизительно $2,9 \cdot 10^{27}$. **Рассчитай, сколько углекислого газа связывают популяции *Prochlorococcus* во всех океанах мира за один год. Представь ответ в мегатоннах. (2,5 б)**

1.6. Погружение биомассы

В поверхностной световой зоне океана образуется большое количество остатков мёртвых растений и животных, содержащих углерод, связанный из атмосферы в процессе фотосинтеза. Большая часть этих остатков быстро потребляется, и углекислый газ, высвобождающийся при разложении органического вещества, попадает в воду, где снова используется в фотосинтезе или возвращается в атмосферу. Однако небольшая часть остатков, образовавшихся в световой зоне океана, достигает более глубоких слоёв океана (так называемый «морской снег»), тем самым способствуя удалению углерода из атмосферы. Чтобы задержаться в глубинных слоях океана, погружающиеся частицы остатков должны достичь глубины не менее 500 м (в зависимости от региона Мирового океана).

Погружение биочастиц в океане — сложный процесс, зависящий от множества факторов. Учёные начинают изучение сложных систем с упрощённых моделей. Один из способов описать оседание частиц в воде — закон Стокса. С помощью соответствующей формулы можно рассчитать скорость оседания сферической частицы с заданным радиусом и плотностью в жидкости, плотность и вязкость (сопротивление течению) которой также известны:

$$v = \frac{2r^2g(\rho_{\text{частица}} - \rho_{\text{вода}})}{9\mu}, \text{ где:}$$

v — скорость оседания частицы;

r — эффективный радиус частицы;

g — ускорение свободного падения, на Земле 9,81 Н/кг;

$\rho_{\text{частица}}$ — плотность частицы;

$\rho_{\text{вода}}$ — плотность воды (для морской воды в среднем 1025 кг/м^3);

μ — вязкость жидкости (для морской воды в среднем $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, или $\text{Н} \cdot \text{с/м}^2$).

Используй закон Стокса при ответе на следующие вопросы.

1.6.1. Диатомовая водоросль диаметром 3 мм и плотностью $\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$ начинает свой путь с поверхности моря. **Рассчитай, сколько времени потребуется этой диатомовой водоросли, согласно закону Стокса, чтобы достичь глубин океана. Представь ответ в днях. (5 б)**

1.6.2. Укажи в тетради ответы для буквы каждого из перечисленных ниже факторов, способствует ли он (+) или препятствует (-) вертикальному переносу углерода из поверхностных слоёв океана в более глубокие воды. (4 б)

A. К мёртвым водорослям в мелководье прилипают песчинки, занесённые в воду ветром с берега, плотность которых превышает плотность водорослей.

B. В тропических внутренних морях из-за интенсивного испарения солёность выше, чем в открытом океане.

C. Одноклеточные водоросли образуют колонии, в которых отдельные клетки объединяются в более крупные скопления.

D. Плотность океанской воды увеличивается с увеличением глубины.

Закон Стокса является полезным упрощением, которое помогает учёным оценивать закономерности движения частиц. Однако реальность сложнее, чем позволяет описать это уравнение.

1.6.3. Назови два фактора или явления, которые не учитываются уравнением Стокса, но влияют на перенос биомассы в глубины океана в реальных условиях. (2 б)

Небольшая часть органического вещества, произведённого в океане, в конечном итоге осаждается на дно океана в рамках круговорота углерода. По мере накопления осадков на океанском дне со временем из погребённых отложений образуются осадочные породы. Связанный в осадочных породах углерод включается в геологический круговорот Земли и может таким образом сохраняться в запасе до сотен миллионов лет. Многие осадочные породы, сформировавшиеся таким образом, сегодня являются для нас важными природными ресурсами; в то же время их использование является одной из прямых причин глобального потепления.

1.6.4. Назови две осадочные породы Эстонии, образованные преимущественно из остатков морских организмов и являющиеся важными полезными ископаемыми. (2 б)

1.6.5. Какое полезное ископаемое, используемое в Эстонии в качестве источника энергии, является основным источником выбросов CO₂ в стране? (1 б)

1.7. Физический углеродный насос: «большой океанский конвейер»

Физический углеродный насос обозначает круговорот растворённого в океане неорганического углерода с помощью океанических течений. Когда обогащённая с соединениями углерода вода благодаря течениям попадает в глубины океана и теряет непосредственный контакт с атмосферой, углерод больше не может выделяться в атмосферу. Таким образом углерод удаляется из атмосферы до тех пор, пока глубинные воды снова не поднимаются к поверхности вместе с течениями.

Воды Мирового океана благодаря течениям находятся в постоянном круговороте. «Большой океанический конвейер», или **термохалинная циркуляция**, — это процесс, при котором водные массы Мирового океана перемещаются в виде крупных течений через океаны. Эти течения возникают из-за различий в плотности водных масс. В некоторых районах Мирового океана формируются холодные водные массы с высокой плотностью, которые опускаются в глубины океана (так называемое опускание поверхностных вод); в других районах водные массы вновь поднимаются вверх (так называемый подъём

глубинных вод). Между опусканием поверхностных вод и подъёмом глубинных вод водные массы перемещаются по океанам в виде глубинных течений.

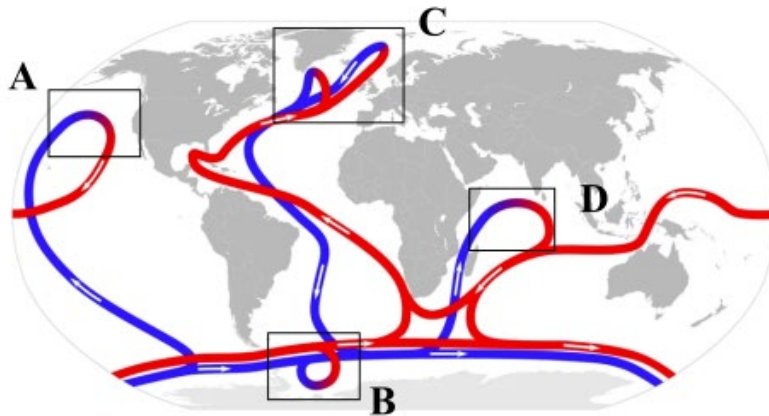


Рисунок 9. Термохалинная циркуляция океанов, или «большой океанический конвейер»

На мировой карте, приведённой на **рисунке 9**, показана схема термохалинной циркуляции океанов. Стрелки на красном фоне обозначают водные массы, движущиеся вблизи поверхности, а стрелки на синем фоне — глубинные течения.

1.7.1. На приведённой выше карте обозначены все четыре области, где происходит либо опускание поверхностных вод, либо подъём глубинных вод (A–D). **Определи для каждой области, происходит ли там опускание поверхностных вод или подъём глубинных вод. Отметь в таблице в тетради ответы подходящие ячейки крестиком. (2 б)**

Область	Опускание поверхностных вод	Подъём глубинных вод
A		
B		
C		
D		

1.7.2. Какой из приведённых ниже вариантов правильно описывает путь глубинной водной массы, образовавшейся в Северном Ледовитом океане, через Мировой океан? Обведи в тетради ответы кружком правильный вариант ответа. (1 б)

- A. Северный Ледовитый океан → Атлантический океан → Южный океан → Индийский океан → Тихий океан → Атлантический океан → Северный Ледовитый океан
- B. Северный Ледовитый океан → Тихий океан → Индийский океан → Атлантический океан → Северный Ледовитый океан
- C. Северный Ледовитый океан → Атлантический океан → Южный океан → Атлантический океан → Северный Ледовитый океан
- D. Северный Ледовитый океан → Атлантический океан → Южный океан → Индийский океан → Атлантический океан → Северный Ледовитый океан

1.7.3. Следующий текст описывает образование глубинных водных масс в двух районах Мирового океана — в Северной Атлантике и в Южном океане. Внимательно прочитай текст и подчеркни в тетради ответы в каждой выделенной курсивом паре слово, которое подходит по смыслу в предложение. (4 б)

Движущей силой термохалинной циркуляции являются различия в плотности между различными водными массами океана. Различия в плотности обусловлены прежде всего разницей температур, а также различиями в солёности водных масс (на которую влияет как испарение воды, так и образование и таяние льда у полюсов), — отсюда и название термохалинная (греч. *thermos* — тёплый, *hals* — соль, солёный).

В Атлантическом океане тёплые поверхностные течения перемещаются от **экватора / полярного круга** в сторону **Северного / Южного полюса**. Чем ближе вода подходит к полюсу, тем **теплее / холоднее** становится воздух, **нагревая / охлаждая** воду, движущуюся в течениях. Сухие ветры полярных областей дополнительно вызывают интенсивное испарение воды, что **увеличивает / уменьшает** солёность воды. Под влиянием этих процессов плотность поверхностной воды **увеличивается / уменьшается**, вызывая опускание поверхностных вод и образование новых глубинных вод в северной части Атлантического океана.

В Южном океане холодные ветры, дующие со стороны **Арктики / Антарктики**, также охлаждают морскую воду. При охлаждении вода замерзает, поскольку растворённые в морской воде соли не встраиваются в кристаллическую решётку льда и остаются в окружающей морской воде, **увеличивая / уменьшая** солёность и плотность воды и тем самым создавая подходящие условия для образования глубинных водных масс.

1.8. Роль океанов в связывании антропогенного CO₂

График, представленный на **рисунке 10**, основан на данных научной программы Copernicus и показывает оценочное количество CO₂, удалённого океанами из атмосферы по годам в период 1985–2021 гг. Используемая единица измерения — гигатонны углерода (Gt C) в год. 1 Gt (гигатонна) = 10⁹ тонн. Синими крестиками показаны рассчитанные значения для каждого года.

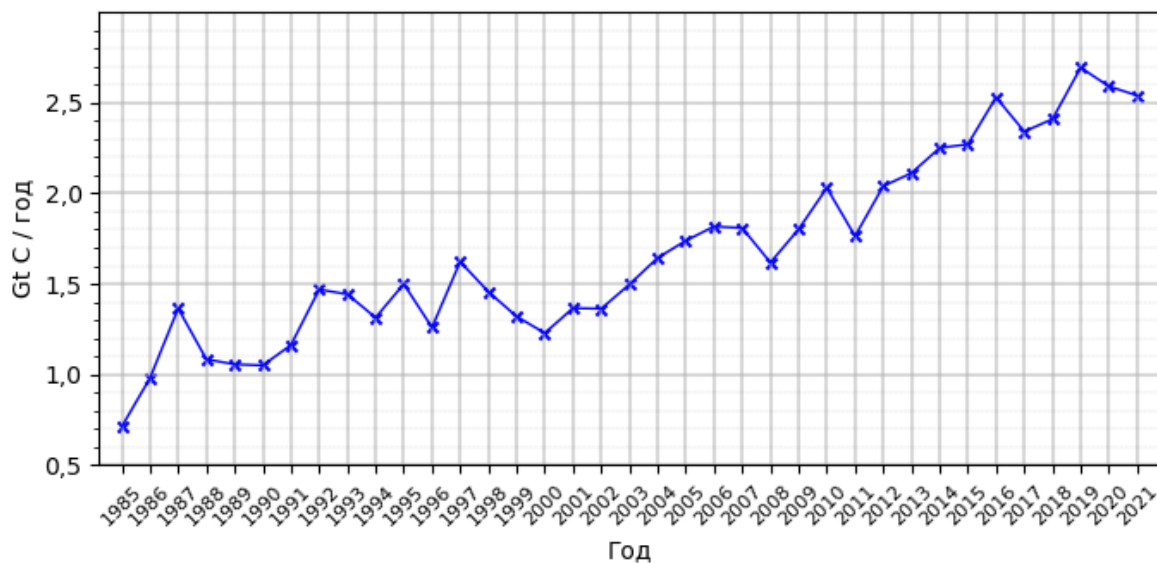


Рисунок 10. Годовое количество углерода, связанного Мировым океаном в 1985–2021 гг

Содержание углекислого газа в атмосфере увеличилось из-за выбросов, связанных со сжиганием ископаемого топлива, и поэтому всё большее количество CO₂ растворяется и в океанах.

1.8.1. Укажи в таблице в тетради ответов, какое количество углерода связал Мировой океан в 1985 году и в 2021 году. (1 б)

1.8.2. На сколько процентов увеличилось годовое количество углерода, связанного океанами, в 2021 году по сравнению с 1985 годом? (1,5 б)

1.8.3 Глобальные антропогенные выбросы углекислого газа в период 1985–2021 гг. составили приблизительно 1030 Gt CO₂ и суммарное количество углерода, связанного океанами в период 1985–2021 гг., оценивается примерно в 63 Gt C. Какой процент CO₂, выброшенного людьми в атмосферу в период 1985–2021 гг., был связан Мировым океаном? (3 б)

Хотя растворение CO₂ в воде помогает замедлить потепление климата, это может иметь серьёзные последствия для экосистем Мирового океана. Например, повышение концентрации CO₂ вызывает **закисление океанов**, поскольку углекислый газ реагирует с водой, образуя угольную кислоту. В свою очередь угольная кислота может реагировать с карбонатом кальция в известковых раковинах, панцирях или скелетах морских организмов, вызывая их растворение.

1.8.4. Назови один организм, которому угрожает растворение известковой раковины, панциря или скелета в кислой морской воде. (1 б)

2. ЧЕЛОВЕК В КОСМОСЕ (61,5 б)

2.1. Физическая подготовка астронавта на Земле и во время космического полёта

В течение следующего десятилетия Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA) в сотрудничестве с частной компанией SpaceX планирует после более чем 50-летнего перерыва снова отправить людей на Луну, а затем и на Марс. Космические путешествия сильно и по-разному нагружают человеческий организм. Поэтому будущие астронавты начинают готовиться к космическим полётам уже за годы до начала миссии. Одинаково важны как психологическая, так и физическая подготовка. Одной из целей физической тренировки является подготовка системы кровообращения космонавта к условиям невесомости. При достаточном энтузиазме и упорстве, возможно, и ты сможешь стать участником будущей космической миссии! Поэтому в следующих заданиях ты сможешь изучить, как готовятся к полёту в космос, как космический полёт влияет на человеческий организм и какие пределы его выносливости испытываются.

Чтобы поддерживать организм в максимально хорошем состоянии в неестественных условиях, астронавты в космосе должны проводить физическую тренировку не менее двух часов в день. Ниже приведены две электрокардиограммы (ЭКГ — график электрического напряжения сердца), показывающие работу сердца одного астронавта во время одной и той же тренировки на Земле и в условиях невесомости в космосе. Чем большее напряжение возникает в сердце во время работы, тем больше работы сердце должно выполнять для перекачивания крови.

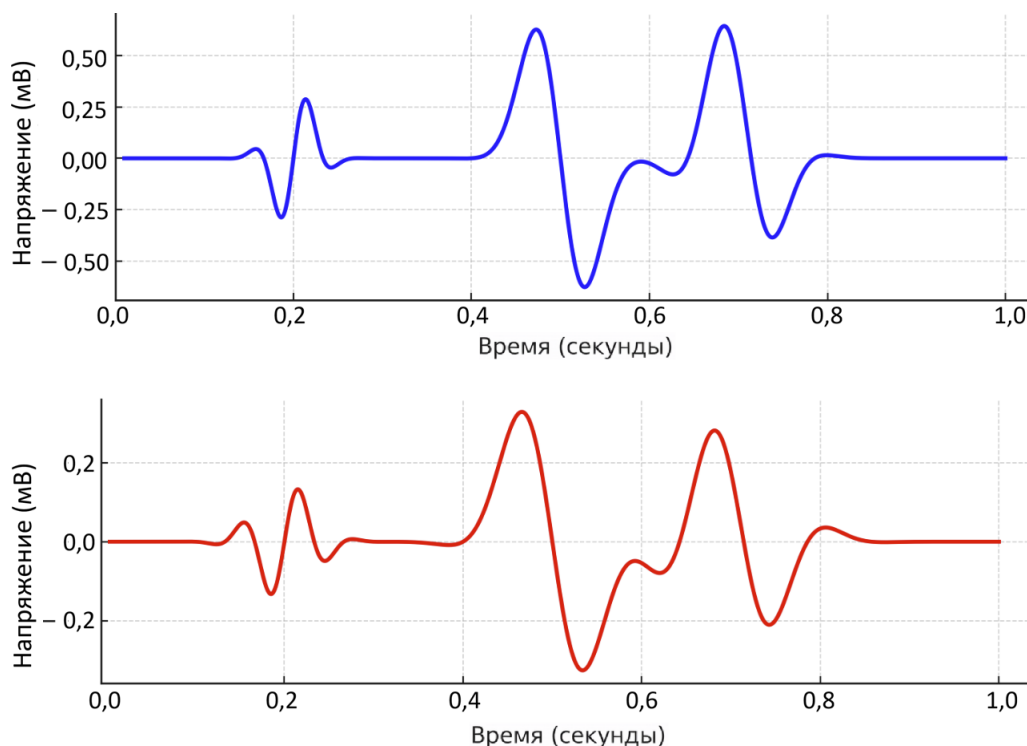


Рисунок 11. Фрагменты ЭКГ астронавта при тренировках в различных условиях

2.1.1. Какой график показывает работу сердца астронавта во время тренировки в космосе? Подчеркни в тетради ответы правильный вариант. (1 б)

2.1.2. Почему ты выбрал(а) именно этот график? (1 б)

2.1.3. Учитывая проанализированные графики и данные, оцени, должен ли астронавт в космосе тренироваться больше или меньше, чтобы достичь тренировочного эффекта, сопоставимого с условиями на Земле. (0,5 б)

2.1.4. Назови два изменения в организме человека, которые возникают в результате регулярных физических тренировок в течение длительного времени. (1 б)

2.1.5. Какие изменения кратковременно происходят в организме человека во время интенсивной физической нагрузки, например, при беге на беговой дорожке? Отметь в тетради ответы под буквами, верно обозначающими происходящие изменения, знак +, а под неверно обозначающими знак –. (2,5 б)

A. Артериальное давление снижается	F. Работа сердечной мышцы усиливается
B. Кровеносные сосуды мышц сужаются	G. Кровоснабжение мышц увеличивается
C. Пульс учащается	H. Уровень кислорода в крови снижается
D. Кровоснабжение кишечника улучшается	I. Частота дыхания увеличивается
E. Усвоение кислорода увеличивается	J. Температура тела снижается

2.2. Кровь астронавтов

Кроме физической подготовки, должно быть хорошим и общее состояние здоровья кандидата в астронавты. Перед отправкой в космос все кандидаты проходят ряд тестов, которые используются для оценки их здоровья.

Перед полётом астронавтам проводят несколько анализов крови, в том числе классический анализ (гемограмма) венозной крови. Кровь выполняет в организме важные функции, среди которых снабжение клеток кислородом и питательными веществами, удаление продуктов обмена веществ, передача химической информации, регулирование температуры тела и защита организма от чужеродных агентов. В крови содержатся различные важные клетки. Кислород и основной продукт обмена — углекислый газ — связывают и транспортируют красные кровяные клетки (эритроциты) с помощью богатого железом соединения — гемоглобина. Белых кровяных клеток, или лейкоцитов, существует несколько видов (моноциты, нейтрофилы, тромбоциты) — все они защищают организм, борясь с проникшими в него возбудителями заболеваний. Кровяные пластинки, или тромбоциты, помогают закрывать раны. Кровь циркулирует по кровеносным сосудам. Артерии переносят обогащённую в легких кислородом кровь от сердца к тканям организма; они проходят в глубине тела и в них высокое внутреннее давление. Артерии заканчиваются тонкими капиллярами, которые снабжают клетки кислородом, получая взамен углекислый газ и другие продукты обмена веществ. Вены возвращают из организма кровь, богатую углекислым газом; в них внутреннее давление ниже, и в основном они располагаются ближе к поверхности тела.

2.2.1. Определи для каждого утверждения, является ли оно верным или неверным, отметив в тетради ответов под соответствующей буквой утверждения знак + или – . (3 б)

A. Все функции крови связаны с транспортом веществ в организме.
B. Гемоглобин обеспечивает доставку кислорода и углекислого газа в каждую клетку организма.
C. Нейтрофилы являются одним из трёх подтипов лейкоцитов.
D. Белые кровяные клетки уничтожают опасные бактерии, атакующие наш организм.
E. Артерии, в отличие от капилляров, не участвуют в снабжении клеток организма кислородом.
F. Важной функцией вен, просвечивающих через кожу, является выведение углекислого газа из организма.

2.2.2. Почему анализы крови берут из вен, а не из артерий? Возможные различия в составе крови не учитывай! (1 б)

Результаты анализа крови обычно представляют в виде таблицы, в которой все показатели сравниваются с нормальными значениями. В следующей **таблице 1** приведены нормальные значения некоторых основных показателей крови и возможные причины отклонений от нормы. В **таблице 2** представлены результаты анализа крови четырёх астронавтов до начала миссии.

Таблица 1. Показатели гемограммы и их диагностическая интерпретация

Показатель	Нормальное значение (на литр крови)	Возможные причины отклонения от нормы	
		Выше нормы	Ниже нормы
Количество эритроцитов (RBC)	$4,1...5,7 \cdot 10^{12}$	Длительная физическая нагрузка или пребывание в высокогорье, курение, заболевания почек	Анемия (малокровие), дефицит железа
Количество лейкоцитов (WBC)	$4,1...9,7 \cdot 10^9$	Острое воспаление, инфекция, заболевания крови, опухоли	Сепсис, опухоли, вирусные заболевания
Количество тромбоцитов (Plt)	$157...372 \cdot 10^9$	Стресс и тяжёлая физическая нагрузка, железодефицитная анемия, воспаления	Алкоголизм, беременность, вирусные воспаления
Количество моноцитов (Mono)	$0,24...0,8 \cdot 10^9$	Бактериальные воспаления	Иммунодефицит, анемия
Количество нейтрофилов (Neut)	$1,9...6,7 \cdot 10^9$	Бактериальные воспаления, острые кровотечения, опухоли, беременность	Вирусные воспаления, аутоиммунные заболевания, алкоголизм
Количество лимфоцитов (Lymph)	$1,3...3,1 \cdot 10^9$	Вирусные воспаления, менструация	Анемия, химиотерапия, поражение почек
Гемоглобин женщин (Hb)	у $121...150$ грамм	Физическая нагрузка, потеря жидкости	Анемия, беременность
Гемоглобин мужчин (Hb)	у $134...170$ грамм	Физическая нагрузка, потеря жидкости	Анемия

Таблица 2. Результаты анализа крови четырёх астронавтов

Показатель	Тийт	Теэт	Тийна	Теэле
RBC	$5,6 \cdot 10^{12}$	$3,0 \cdot 10^{12}$	$5,4 \cdot 10^{12}$	$5,2 \cdot 10^{12}$
WBC	$8,7 \cdot 10^9$	$8,5 \cdot 10^9$	$5,7 \cdot 10^9$	$2,7 \cdot 10^9$
Plt	$249 \cdot 10^9$	$394 \cdot 10^9$	$321 \cdot 10^9$	$58 \cdot 10^9$
Mono	$0,67 \cdot 10^9$	$0,73 \cdot 10^9$	$0,39 \cdot 10^9$	$0,45 \cdot 10^9$
Neut	$5,7 \cdot 10^9$	$6,2 \cdot 10^9$	$6,7 \cdot 10^9$	$1,6 \cdot 10^9$
Lymph	$2,0 \cdot 10^9$	$2,9 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^9$	$8,8 \cdot 10^9$
Hb	141 г	112 г	145 г	141 г

2.2.3. Проанализируй анализ крови каждого кандидата в астронавты, используя Таблицу 1, и укажи в тетради ответом показатели, значения которых выходят за пределы нормы. Для каждого отклонения найди возможные причины (проблемы со здоровьем) и сделай итоговый вывод о состоянии здоровья каждого астронавта: поставь З, если кандидат здоров, и Б, если болен. (4 б)

2.2.4. Кого на основании показателей можно сразу отправить в космическую миссию? (1 б)

2.2.5. Кому следует добавить в рацион больше продуктов, содержащих железо? (0,5 б)

2.2.6. Какие продукты ему или ей стоит употреблять чаще? Назови как минимум два. (1 б)

2.2.7. Врачи дали кандидату с дефицитом железа два месяца, чтобы привести количество эритроцитов и уровень гемоглобина в норму. Возможно ли это только за счёт изменения питания? При употреблении богатых железом продуктов показатель RBC увеличивается в среднем на $0,02 \cdot 10^{12}/л$ в день, а уровень гемоглобина — на 0,2 г/л в день. (3,5 б)

Одним из быстрых способов поддержать восстановление при дефиците железа является внутривенное введение раствора, состоящего из декстрана железа (химическое соединение, в котором железо связано в состав крупной органической молекулы) и физиологического раствора, представляющего собой 0,9% водный раствор поваренной соли (NaCl). Для приготовления инъекционного раствора надо взять 750 мг декстрана железа и растворить его в 250 мл физиологического раствора.

2.2.8. Сколько граммов воды и соли должен взять врач, чтобы сначала приготовить 250 мл физиологического раствора? Предположи, что плотность физиологического раствора равна точно 1 г/мл. (2 б)

2.2.9. Каково содержание декстрана железа (в промилле) в полученном инъекционном растворе? Один промилле означает одну тысячную долю. (2 б)

2.2.10. Если возникнет необходимость увеличить содержание декстрана железа в следующей дозе до 5 промилле, то сколько мг декстрана железа нужно дополнительно добавить в тот же объём раствора? (2 б)

Если во время космической миссии астронавт получит серьёзную травму и ему потребуется переливание крови, единственными возможными донорами будут его коллеги по экипажу. Однако не все люди могут быть донорами крови друг для друга, так как существуют разные группы крови. У человека с группой крови А на поверхности эритроцитов имеется антиген А, у группы В — антиген В, у группы АВ — оба антигена, а у группы О антигенов нет. При переливании крови с чужеродными антигенами возникает немедленная реакция иммунной системы, приводящая к свёртыванию крови и образованию смертельно опасных тромбов. Следующая **таблица 3** показывает, какие группы крови можно переливать человеку с конкретной группой крови.

Таблица 3. Возможности донорства крови в зависимости от группы крови (система АВ0)

Получатель крови	Донор крови			
	О	А	В	АВ
О	можно	нельзя	нельзя	нельзя
А	можно	можно	нельзя	нельзя
В	можно	нельзя	можно	нельзя
АВ	можно	можно	можно	можно

По аналогичной причине необходимо учитывать **резус-фактор**, связанный с наличием третьего важного антигена на поверхности эритроцитов (D-антиген). Если D-антиген присутствует, резус-фактор положительный (Rh+), если отсутствует — отрицательный (Rh-). При переливании крови резус-отрицательному пациенту допускается переливать только резус-отрицательную кровь.

Ниже приведены комбинированные группы крови всех астронавтов, участвующих в первой Эстонской космической миссии.

Тийт	Теэт	Тауно	Тийна	Теэле	Тийу
O+	A+	B-	AB+	AB-	A+

2.2.11. Отметь в таблице, может ли первый астронавт в указанных парах (Теэт и Тийу, Теэт и Тийна, Тийт и Тауно, Теэле и Тауно, Тийна и Теэт, Тауно и Теэле) быть донором крови для второго (+) или нет (-). Также добавь сам(а) в таблицу одну подходящую и одну неподходящую пару донора и получателя. (5 б)

2.2.12. Для кого из экипажа не находится ни одного подходящего донора? (1 б)

Если для астронавта в рамках миссии не находится подходящего донора, остаётся единственный вариант — заготовить заранее его собственную кровь. За один раз допускается забирать не более 10% всей массы крови человека, при этом кровь составляет обычно около 8% массы тела. Предположи, что плотность крови равна точно 1 г/мл.

2.2.13. Сколько миллилитров крови можно взять за один раз у астронавта Тауно массой 80 кг? (1 б)

Однако самодонорство ограничено тем, что донорская кровь может храниться вне организма человека до 35 дней, поэтому забор крови необходимо проводить через определённые промежутки времени. После кровопотери организм начинает ускоренно вырабатывать новые клетки крови, но в условиях невесомости этот процесс происходит медленнее, чем на Земле.

2.2.14. После сдачи крови организм Тауно на Земле способен производить 100 миллиардов эритроцитов в день, а в космосе — лишь 75% от этого количества. Сколько дней потребуется, чтобы количество эритроцитов у Тауно восстановилось до уровня до донорства на Земле, и сколько дней — в космосе? Учти, что изначально у Тауно 30 триллионов эритроцитов, а указанное количество вновь образующихся клеток суммарное, то есть уже учитывает гибель старых клеток. (2 б)

2.2.15. Есть ли смысл Тауно сдавать собственную кровь для заготовки донорской крови во время космической миссии? Обведи кружком подходящий вариант ответа и добавь обоснование. (1 б)

2.3. Дополнительные воздействия космического полёта на человека

Помимо изменений в составе крови, состояние невесомости влияет почти на все другие аспекты здоровья. Ниже приведены другие интересные изменения, которые происходят с человеческим организмом во время пребывания в космосе. **Выбери из списка для каждого явления наиболее логичную причину и обведи кружком соответствующую букву ответа в тетради ответов. (5 б)**

2.3.1. Уменьшение размеров сердца

- A. В космической среде больше кислорода, поэтому сердце может перекачивать то же количество кислорода, выполняя меньшую работу
- B. Из-за состояния невесомости сердцу требуется выполнять меньшую работу и не нужно столько мышечной массы для перекачивания крови
- C. Во время космического полёта окружающая температура ниже, поэтому сердечная мышца сокращается
- D. Из-за вакуума сердце «сжимается» и становится меньше

2.3.2. Увеличение роста человека

- A. Кости становятся длиннее из-за отсутствия силы тяжести
- B. Мышцы становятся длиннее и растягивают тело
- C. Космическое излучение стимулирует выработку гормона роста в гипофизе
- D. Из-за невесомости увеличиваются промежутки между позвонками

2.3.3. Ухудшение зрения

- A. Сердце в космосе не может перекачивать достаточное количество крови и кислорода к глазам
- B. Работа на космическом корабле в значительной степени связана с наблюдением за экранами и индикаторами, что повреждает зрение
- C. Космическое излучение повреждает чувствительные клетки глаза
- D. Большее количество жидкости перемещается в область головы и оказывает давление на зрительный нерв

2.3.4. Разрежение (ослабление) костей

- A. Пища, предназначенная для космических полётов, не содержит достаточного количества кальция
- B. В условиях невесомости кости больше не должны так сильно поддерживать тело, поэтому разрушение костных клеток ускоряется, а образование новых замедляется
- C. Усвоение железа из пищи в условиях отсутствия гравитации становится неэффективным
- D. Из-за космического излучения разрушается больше костных клеток, чем успевает образоваться

2.3.5. Отечность лица

- A. Из-за невесомости жидкости в организме распределяются более равномерно, и больше жидкости перемещается в область головы
- B. В условиях невесомости мышцы ослабевают, и поскольку лицевые мышцы нельзя тренировать, происходит их расслабление
- C. Лицо и дыхательные пути отекают из-за фильтрованного и искусственного воздуха на космическом корабле
- D. Лицо отекает из-за воспаления, вызванного космическим излучением

Серьёзным испытанием для организма астронавта на самом деле являются уже первые секунды космического полёта. При старте ракеты-носителя, направляющейся в космос, астронавты сталкиваются с воздействием сил, в несколько раз превышающих те, к которым мы привыкли на Земле. Сила тяжести — это сила, с которой Земля притягивает нас к своему центру масс. При запуске ракеты к силе тяжести добавляется действие чрезвычайно большого ускорения, вследствие чего астронавты испытывают силу, направленную к поверхности Земли и превышающую силу тяжести до 9 раз. Организм необходимо к этому подготовить, так как снижение кровяного давления в области головы может привести к потере сознания, а при недостаточно развитых мышцах шеи резкое тянущее вниз движение головы может вызвать повреждение шейных позвонков.

2.3.6. Почему пониженное кровяное давление в области головы может привести к потере сознания? (1 б)

2.3.7. Предложи два научно обоснованных способа, с помощью которых можно смягчить вредное воздействие чрезвычайно сильной тянущей вниз силы на организм астронавта. (2 б)

2.4. Космическое излучение

Космическое излучение — это поток частиц, происходящий от звёзд. Оно состоит преимущественно из заряженных частиц — ядер атомов элементов с малым атомным номером, у которых удалена электронная оболочка. Космическое излучение является ионизирующим излучением (подобно радиоактивному излучению), поскольку из-за высокой энергии оно может превращать молекулы в ионы, выбивая из них электроны. Ионизация повреждает клетки человеческого организма. Особенно опасны повреждения генетического материала в клетках — ДНК: такие повреждения могут привести к гибели клетки, нарушению её деления или, наоборот, вызвать неконтролируемое деление, что приводит к развитию рака. При планировании длительных космических полётов необходимо учитывать, что организм астронавтов может ослабевать из-за постоянного воздействия космического излучения, а риск раковых заболеваний возрастает.

2.4.1. Какая из перечисленных является основной частицей космического излучения? (1 б)

- A. Электромагнитное излучение
- B. Молекула водорода
- C. Нейтрон
- D. Протон

2.4.2. Воздействие космического излучения может увеличить риск заболевания человека, например бактериальными или вирусными инфекциями. Какова основная причина этого? (1 б)

- A. Излучение повреждает клетки иммунной системы, снижая её эффективность.
- B. Излучение ускоряет размножение бактерий и вирусов в организме.
- C. Под воздействием излучения уровень pH в крови повышается, что способствует распространению возбудителей заболеваний.
- D. На восстановление повреждений, вызванных излучением, тратится много энергии, поэтому её остаётся меньше для борьбы с возбудителями заболеваний.

Для снижения риска развития раковых опухолей у астронавтов учёные NASA разработали нормативы, определяющие максимально допустимую дозу излучения во время космической миссии. Доза излучения измеряется в зивертах (Зв) с учётом как количества, так и типа излучения. В **Таблице 4** приведены

допустимые дозы излучения в миллизивертах (мЗв) в зависимости от пола и возраста астронавта для космических миссий продолжительностью один год.

Таблица 4. Максимально допустимая годовая доза космического излучения для астронавтов в зависимости от возраста и пола

Возраст (лет)	Максимально допустимая доза излучения (мЗв)	
	Мужчины	Женщины
25	520	370
30	620	470
35	720	550
40	800	620
45	950	750
50	1150	920
55	1470	1120

На борту Международной космической станции (МКС) астронавт получает в среднем 731 микрозиверт (мкЗв) излучения в сутки. На поверхности Луны астронавт получал(а) бы в среднем 1369 мкЗв излучения в сутки.

2.4.3. Рассчитай, какую дозу излучения получит астронавт, если он(а) проведёт один год на борту МКС. Представь ответ в миллизивертах (мЗв). (1,5 б)

2.4.4. Может ли 40-летний астронавт-мужчина провести 1 год на борту МКС, не превысив допустимую дозу излучения? Обведи кружком соответствующую ответа в тетради ответов. (0,5 б)

2.4.5. Сколько дней может провести 25-летняя женщина-астронавт на поверхности Луны, не превысив допустимую дозу излучения? (1 б)

2.4.6. Каким образом космическое излучение может непосредственно вызвать развитие раковых опухолей? (1 б)

- A. Длительное воздействие излучения нарушает химическое равновесие организма, что приводит к превращению клеток некоторых тканей в раковые.
- B. Повреждение ДНК клетки приводит к её неконтролируемому делению.
- C. Вещества, попадающие в организм из разрушенных излучением клеток, вызывают нежелательные сигналы в других клетках, что приводит к их неконтролируемому делению.
- D. Излучение ослабляет иммунную систему, и ранее сдерживаемый вирус получает возможность бесконтрольно размножаться.

2.4.7. Какова причина того, что людям более старшего возраста разрешено воздействие большего количества радиации? (1 б)

- A. В их организме больше клеток, поэтому вероятность возникновения опасной мутации меньше.
- B. Ожидаемое время, необходимое для развития смертельно опасной опухоли, превышает ожидаемую продолжительность естественной жизни пожилых людей.
- C. Иммунная система развивается на протяжении жизни и становится более эффективной в предотвращении рака.
- D. Клетки человека со временем становятся более устойчивыми к раковым заболеваниям.

2.5. Воздух и давление

Во время космических миссий серьёзную опасность представляет перемещение между областями с разным давлением, а также утечки воздуха, приводящие к потере давления. Если на космической станции давление воздуха сравнимо с земным, то в скафандре оно составляет лишь около одной трети от него (а в открытом космосе условия близки к вакууму, то есть давление чрезвычайно низкое). Слишком низкое давление воздуха вызывает так называемую кессонную болезнь — растворённые в кровеносной системе газы образуют пузырьки, которые могут перемещаться в различные части тела. Симптомы заболевания варьируются от ощущения дискомфорта до летального исхода.

2.5.1. При переходе из среды с более высоким давлением в среду с более низким давлением в кровеносной системе образуются газовые пузырьки. Какой вывод можно сделать на основании этого факта о растворимости газов в жидкостях? (1 б)

- A. Растворимость газов в жидкостях увеличивается с повышением давления.
- B. Растворимость газов в жидкостях уменьшается с повышением давления.
- C. Растворимость газов в жидкостях не зависит от давления.
- D. Газы в жидкостях не растворяются, но при более высоком давлении их пузырьки меньше и не вызывают проблем.

2.5.2. Распространённый способ предотвратить вред от падения давления — перед выходом в открытый космос вдыхать специальный газ, чтобы удалить азот из тканей организма. Какой должен быть состав этого газа? (1 б)

- A. 100% O₂
- B. 100% CO₂
- C. 50% O₂, 50% N₂
- D. 80% N₂, 20% O₂

2.5.3. Какой еще метод может быть эффективным для предотвращения кессонной болезни в космосе? (0.5 б)

- A. Уменьшить давление внутри скафандра астронавта
- B. Увеличить давление внутри скафандра астронавта
- C. Увеличить давление в жилых помещениях астронавтов

2.5.4. Один из способов облегчить переход в среду с низким давлением — повысить содержание кислорода в жилых помещениях астронавтов, однако с этим связан серьёзный риск. Какой именно? (1 б)

2.5.5. Человеческий организм для жизнедеятельности потребляет кислород (O_2) и выделяет углекислый газ (CO_2). На борту Международной космической станции имеется запасённый на Земле жидкий кислород, однако кислород также получают в результате химической реакции. **Кислород получают из воды методом электролиза. Уравняй уравнение реакции электролиза воды в тетради ответов. (1 б)**



2.5.6. Средний человек потребляет около 400 литров O_2 в сутки. **Сколько миллилитров воды надо подвергнуть электролизу, чтобы произвести количество кислорода, необходимое на 1 сутки для трёх человек?** Предположи, что плотность воды равна точно 1,00 г/мл. Если потребуется, используй формулы, приведённые в **Приложении 2** на последней странице. **(2 б)**

2.5.7. Водород H_2 , образующийся при электролизе воды, и углекислый газ CO_2 , выделяющийся при дыхании, необходимо удалять из жилых помещений астронавтов. Оба вещества заставляют реагировать при высоком давлении и температуре, в результате чего образуются вода и метан (CH_4). **Уравняй уравнение этой реакции в тетради ответов. (1 б)**



2.5.8. Сколько граммов метана образуется при реакции углекислого газа с водородом, полученным при производстве 400 литров кислорода (при нормальных условиях)? Если потребуется, используй формулы, приведённые в **Приложении 2**. **(2 б)**

2.5.9. Сколько молей воды удаётся получить обратно на каждый 1 моль электролизованной воды, если из водорода, полученного электролизом, по описанному выше способу производят воду и метан? Возможно ли производить всё необходимое количество кислорода только с помощью этих двух реакций? **(1 б)**

Приложение 1. Периодическая таблица химических элементов

The periodic table shows elements with their atomic numbers and symbols. The groups are labeled 1A through 8A, and the periods are labeled 1 through 7. The elements are arranged in rows and columns, with the noble gases (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Og) in the rightmost column. The lanthanide and actinide series are shown below the main table.

<https://www.chadsprep.com/periodic-table-of-elements/> Copyright © 2023 Chad's Prep®

Приложение 2. Формулы для вычисления количества молей (n)

	Формула	Пояснения
1. По массе	$n = \frac{m}{M}$	m – масса вещества M – молярная масса вещества
2. По числу частиц	$n = \frac{N}{N_A}$	N – число частиц N _A – число Авогадро (число частиц в 1 моле вещества, 6,02·10 ²³)
3. По объему	$n = \frac{V}{V_m}$	V – объем вещества V _m – молярный объем газа (объем 1 моля газа при нормальных условиях, 22,4 дм ³ /моль)