

# ФОТОСИНТЕЗ

# История фотосинтеза (с.115)

В течение многих веков учёные-биологи пытались разгадать тайну зелёного листа. Долгое время считалось, что растения создают питательные вещества из воды и минеральных веществ. Это убеждение было связано с экспериментом голландского исследователя Яна ван Гельмонта, проведённым ещё в XVII в. Он посадил деревце ивы в кадку, точно измерив массу растения (2,3 кг) и сухой почвы (90,8 кг). В течение пяти лет он только поливал растение, ничего не внося в почву. Через пять лет масса дерева увеличилась на 74 кг, тогда как масса почвы уменьшилась лишь на 0,06 кг. Я. ван Гельмонт сделал вывод, что растение образует все вещества из воды. Таким образом, учёный экспериментально установил одно вещество, которое усваивает растение при фотосинтезе.

4. В XVII веке голландский учёный Ван Гельмонт провёл опыт. Он посадил небольшую иву в кадку с почвой, предварительно взвесив растение и почву, и **только поливал** её в течение нескольких лет. Спустя 5 лет учёный снова взвесил растение. Его вес увеличился на 63,7 кг, вес почвы уменьшился всего на 0,06 кг. Объясните, **за счёт чего произошло увеличение массы** растения, **какие вещества** из внешней среды обеспечили этот прирост.

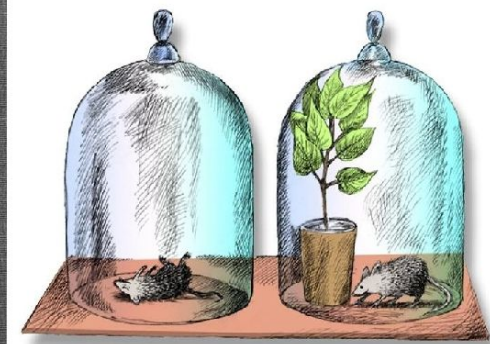
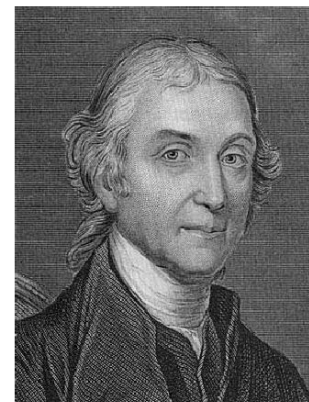


Гельмонт предположил, что вес ивы увеличился за счет воды.



Открытие роли зелёного листа принадлежит не биологу по профессии, а химику, англичанину Джозефу Пристли. В 1772 г., изучая значение воздуха для горения веществ и дыхания, он поставил следующий опыт. Под стеклянный колпак, под которым потухла свеча, он поместил мяту и оставил на некоторое время. Растение не погибло, а, наоборот, дало новые листья. А когда он внёс туда горящую лучину, то она ярко вспыхнула. Воздух под колпаком вновь стал «хорошим». Дж. Пристли сделал важный вывод: растения улучшают воздух и делают его пригодным для дыхания и горения. Так впервые была установлена роль зелёных растений. Проводя свои дальнейшие опыты, Дж. Пристли обратил внимание на то, что растения улучшают воздух на свету. Он первым высказал предположение о роли света в жизнедеятельности растений.

Джозеф Пристли



Опыт 1771 г. с мышами



Важный вклад в изучение процесса фотосинтеза внёс русский учёный Климент Аркадьевич Тимирязев. Он исследовал влияние различных участков спектра

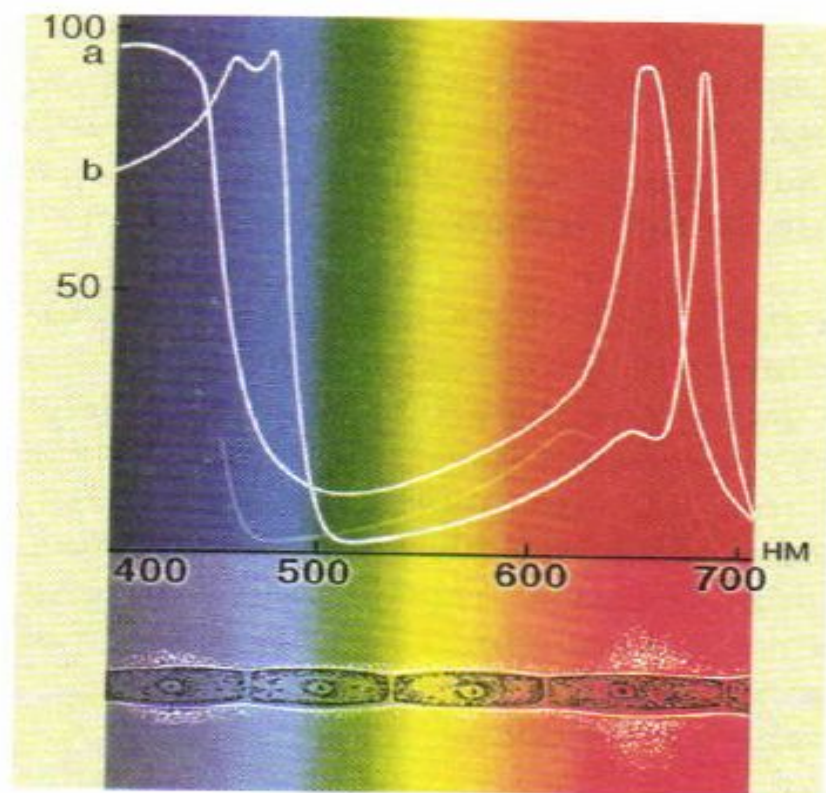
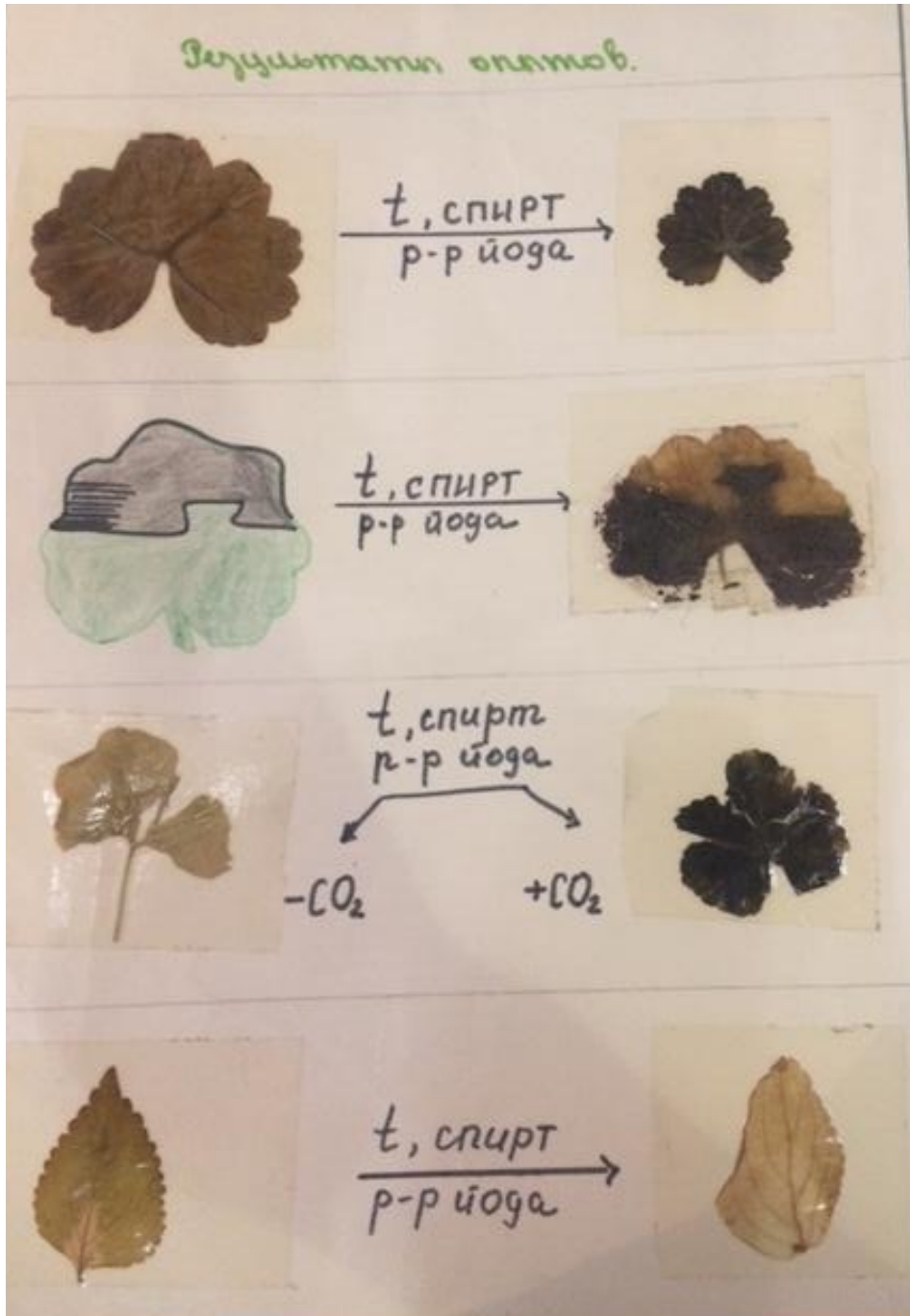


Рис. 73. Интенсивность фотосинтеза (хлорофиллов *a* и *b*) при разной длине волны

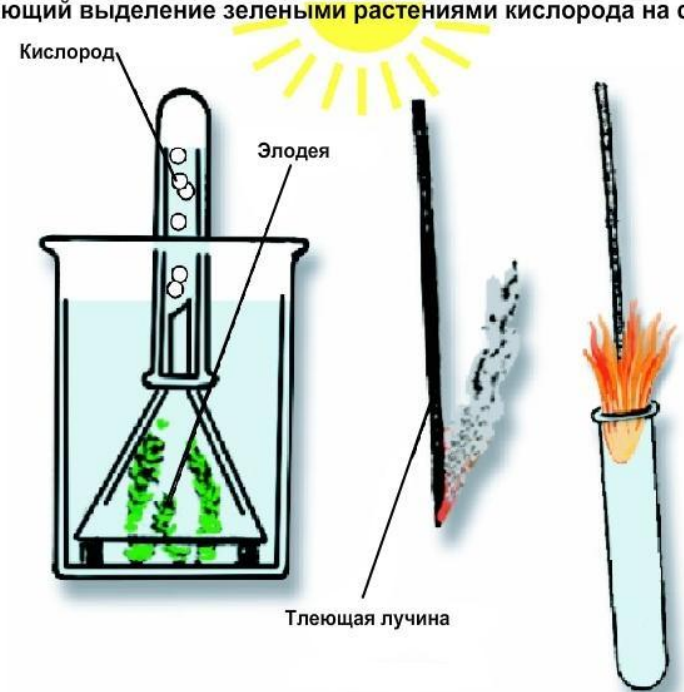
солнечного света на процесс фотосинтеза. Ему удалось установить, что именно в красных лучах фотосинтез протекает наиболее эффективно, и доказать, что интенсивность этого процесса соответствует поглощению света хлорофиллом.

К. А. Тимирязев подчеркнул, что, усваивая углерод, растение усваивает и солнечный свет, переводя его энергию в энергию органических веществ. В книге «Солнце, жизнь и хлорофилл» он подробно описал и научно обосновал свои опыты. Методы и приёмы лабораторных исследований К. А. Тимирязева использовались другими учёными для последующих работ по изучению фотосинтеза. Актом авторитетного признания научных заслуг учёного явилось приглашение К. А. Тимирязева в 1903 г. в Лондонское королевское общество для чтения знаменитой лекции «Космическая роль растений». Он был избран почётным доктором ряда западноевропейских университетов.





Опыт, доказывающий выделение зелеными растениями кислорода на свету



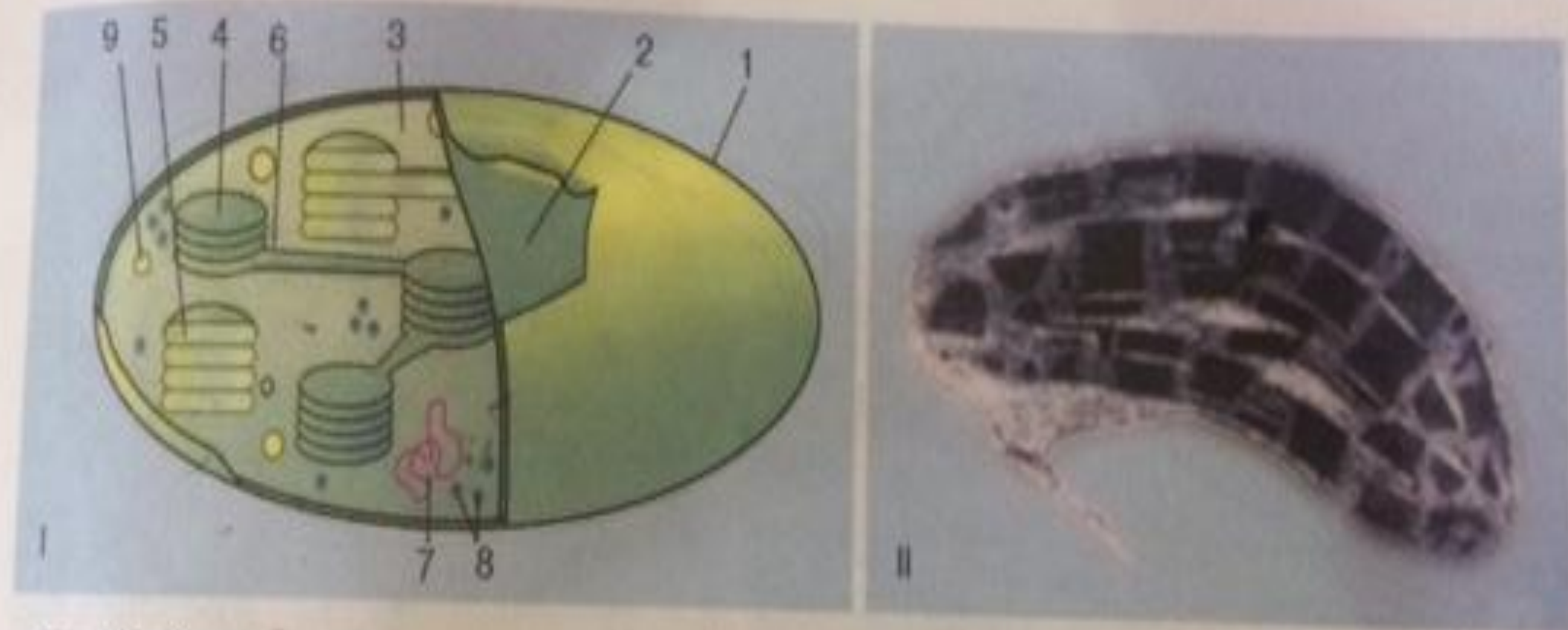


Рис. 58. Строение хлоропластов. I — схема строения: 1 — наружная мембрана, 2 — внутренняя мембрана, 3 — строма, 4 — граны, 5 — тилакоид, 6 — ламелла, 7 — ДНК, 8 — рибосомы, 9 — зёрна крахмала; II — электронная микрофотография



**Лейкопласты.** Форма варьирует (шаровидные, округлые, чашевидные и др.). Лейкопласты ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя образует малочисленные тилакоиды. В стромах имеются кольцевая «голая» ДНК, рибосомы 70S-типа, ферменты синтеза и гидролиза запасных питательных веществ. Пигменты отсутствуют. Особенно много лейкопластов имеют клетки подземных органов растения (корни, клубни, корневища и др.).

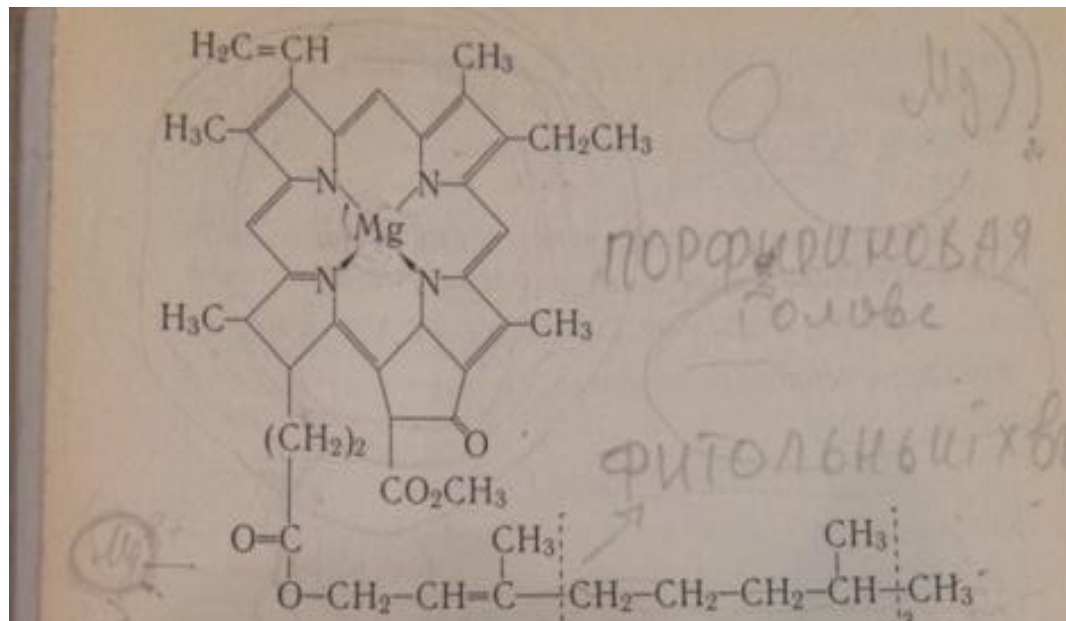
Функция: синтез, накопление и хранение запасных питательных веществ. **Амилопласты** — лейкопласты, которые синтезируют и накапливают крахмал, **элайо-пласты** — масла, **протеинопласты** — белки. В одном и том же лейкопласте могут накапливаться разные вещества.

**Хромопласты.** Ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя или также гладкая, или образует единичные тилакоиды. В стромах имеются кольцевая ДНК и пигменты — каротиноиды, придающие хромопластам желтую, красную или оранжевую окраску. Форма накопления пигментов различная: в виде кристаллов, растворены в липидных каплях (8) и др. Содержатся в клетках зрелых плодов, лепестков, осенних листьев, редко — корнеплодов. Хромопласты считаются конечной стадией развития пластид.

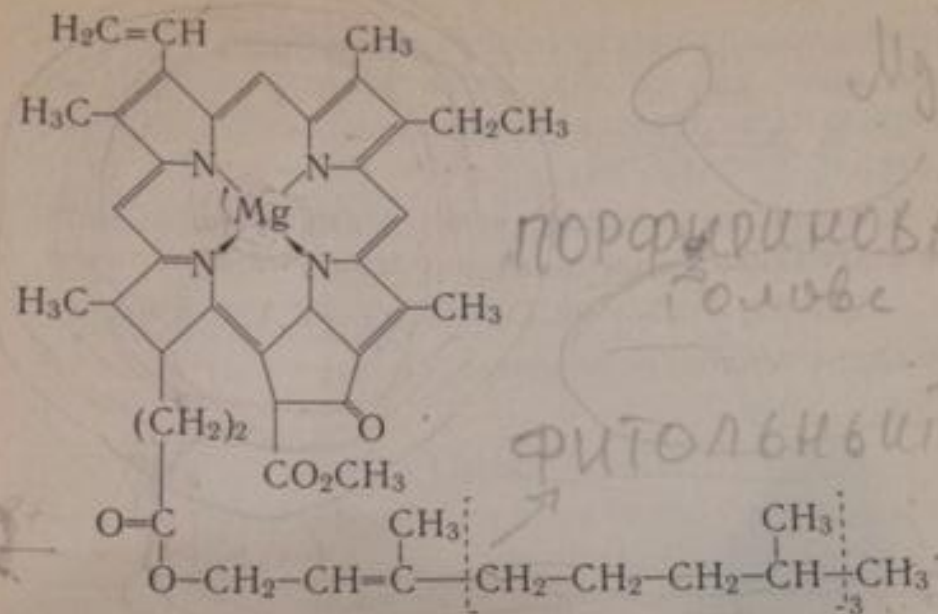
Функция: окрашивание цветов и плодов и тем самым привлечение опылителей и распространителей семян.

Все виды пластид могут образовываться из пропластид. **Пропластиды** — мелкие органоиды, содержащиеся в меристематических тканях. Поскольку пластиды имеют общее происхождение, между ними возможны взаимопревращения. Лейкопласты могут превращаться в хлоропласты (позеленение клубней картофеля на свету), хлоропласты — в хромопласты (пожелтение листьев и покраснение плодов). Превращение хромопластов в лейкопласты или хлоропласты считается невозможным.





(строение хлоропластов — лекция № 7). В мембраны тилакоидов хлоропластов встроены фотосинтетические пигменты: хлорофиллы и каротиноиды. Существует несколько разных типов хлорофилла (*a*, *b*, *c*, *d*), главным является хлорофилл *a*. В молекуле хлорофилла можно выделить порфириновую «головку» с атомом магния в центре и фитольный «хвост». Порфириновая «головка» представляет собой плоскую структуру, является гидрофильной и поэтому лежит на той поверхности мембраны, которая обращена к водной среде стромы. Фитольный «хвост» — гидрофобный и за счет этого удерживает молекулу хлорофилла в мембране.



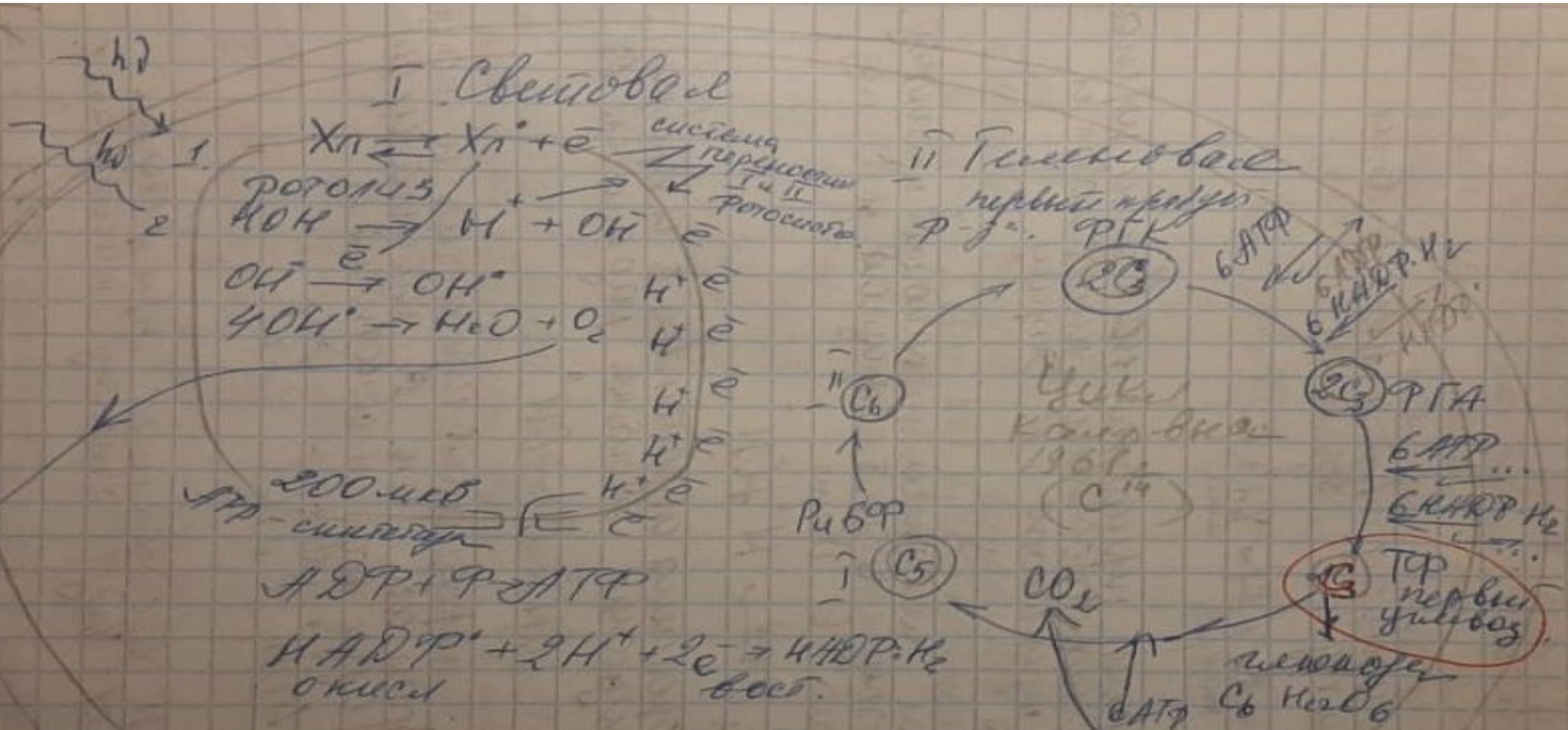
Хлорофиллы поглощают красный и сине-фиолетовый свет, отражают зеленый и поэтому придают растениям характерную зеленую окраску. Молекулы хлорофилла в мембранах тилакоидов организованы в **фотосистемы**. У растений и синезеленых водорослей имеются **фотосистема-1** и **фотосистема-2**, у фотосинтезирующих бактерий — **фотосистема-1**. Только **фотосистема-2** может разлагать воду с выделением кислорода и отбирать электроны у водорода воды.

Фотосинтез — сложный многоступенчатый процесс; реакции фотосинтеза подразделяют на две группы: реакции световой фазы и реакции темновой фазы.

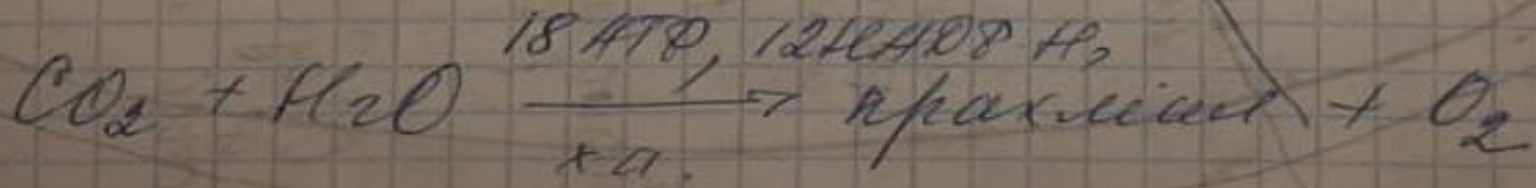


Световая фаза  
Темновая фаза

*Handwritten note:* H<sub>2</sub>O: источник электронов



*Handwritten note:* C<sub>3</sub> раст



*Handwritten note:* C<sub>3</sub>-метаболит



*У растений максимальная интенсивность*  
 фотосинтеза наблюдается при температуре воздуха +25...+35 °С, а дыха-  
 ния — +55 °С (рис. 4). Соответственно, при более низких температу-  
 рах будет происходить прирост биомассы растений, а при более вы-  
 соких — потеря биомассы. У холоднокровных животных повышение  
 температуры до +40 °С и более сильно увеличивает скорость обмен-  
 ных процессов в организме, но тормозит двигательную активность,  
 и животные впадают в тепловое оцепенение. У человека семенники  
 вынесены за пределы таза, так как сперматогенез требует более низ-  
 ких температур. Для многих рыб температура воды, оптимальная для  
 созревания гамет, неблагоприятна для икрометания, которое проис-  
 ходит при другой температуре.

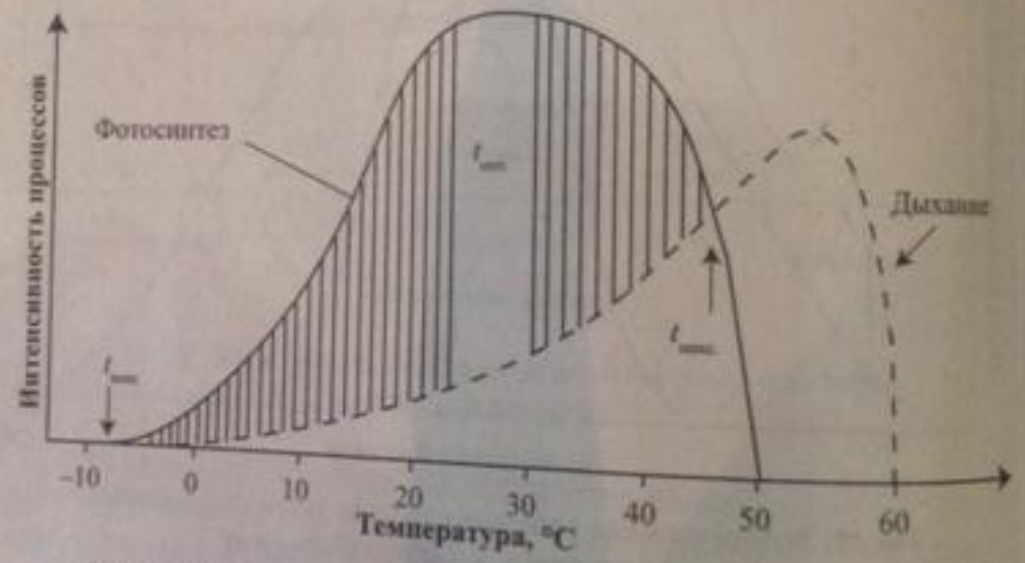
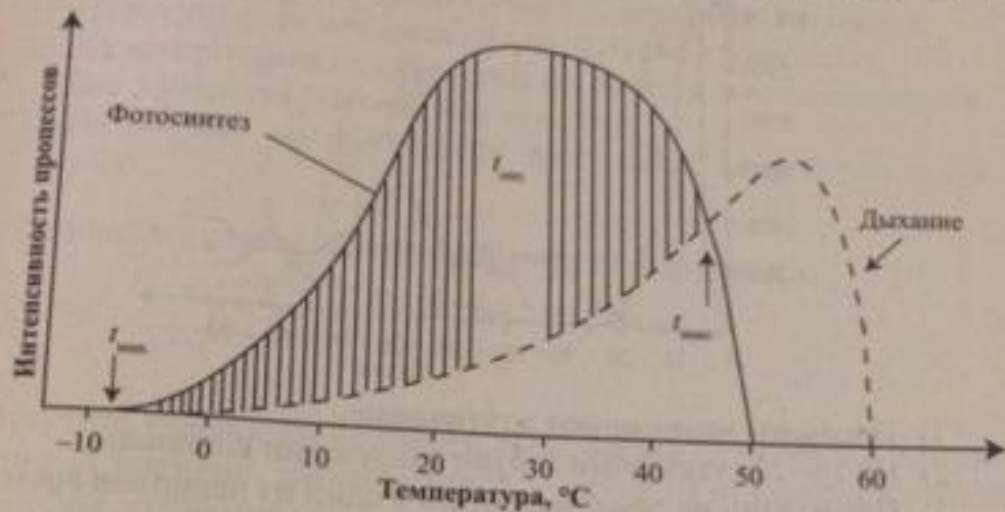


Рис. 4. Схема зависимости фотосинтеза и дыхания растений от температуры:  
 $t_{\min}$ ,  $t_{\text{опт}}$ ,  $t_{\max}$  — температурный минимум, оптимум и максимум для прироста растений (заштрихованная область)

2. Изучите график, отражающий зависимость интенсивности фотосинтеза и дыхания растения от температуры. Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа графика.

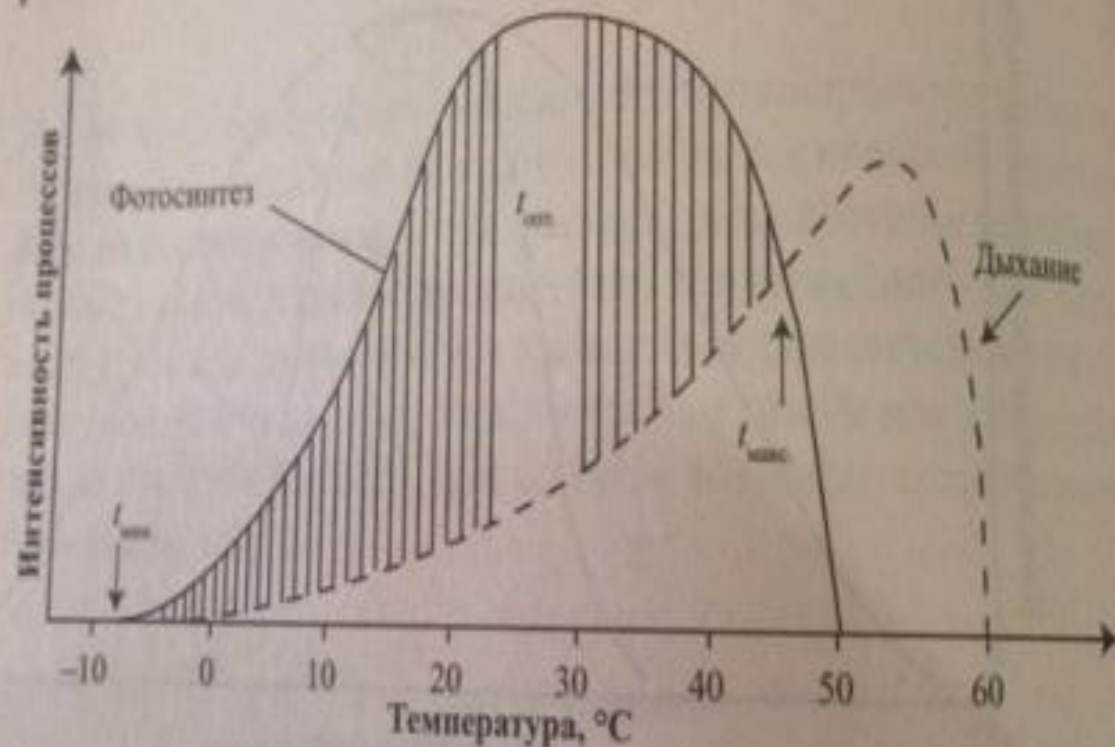


- 1) Оптимальная температура для дыхания растения —  $+30^{\circ}\text{C}$ .
- 2) Оптимальная температура для фотосинтеза растения —  $+55^{\circ}\text{C}$ .
- 3) Интенсивность фотосинтеза наибольшая в диапазоне температур от  $+25$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ .
- 4) Интенсивность дыхания наибольшая при температуре около  $+55^{\circ}\text{C}$ .
- 5) Максимальное температурное значение, при котором ещё будет происходить прирост биомассы растения, составляет  $+60^{\circ}\text{C}$ .

Запишите в ответе номера выбранных утверждений.

Ответ: \_\_\_\_\_

4. Изучите график, отражающий зависимость интенсивности фотосинтеза и дыхания растения от температуры. Установите температуру, оптимальную для дыхания растения. Установите минимальную температуру, при которой возможен фотосинтез. Установите максимальное температурное значение, при котором ещё будет происходить прирост биомассы растения.





3,4

• +55;-10;+47