



Большасць арганізмаў атрымлівае энергію для жыццядзейнасці ў ходзе клетачнага дыхання. Гэты працэс уключае тры этапы: падрыхтоўчы, бескіслародны і кіслародны. У выніку клетачнага дыхання кожная малекула глюкозы акісляецца да CO_2 і H_2O , што суправаджаецца сінтэзам 38 малекул АТФ. Некаторыя арганізмы атрымліваюць энергію ў працэсе брадзжэння. Пры гэтым не выкарыстоўваецца кісларод і не адбываецца поўнага акіслення глюкозы. Таму энергетычны выхад брадзжэння значна меншы, чым клетачнага дыхання: 2 малекулы АТФ на кожную расшчэпленую малекулу глюкозы. Адрозніваюць малочнакіслае, спіртавое і іншыя віды брадзжэння.



1. Клетачнае дыханне і брадзжэнне належаць да працэсаў катабалізму ці анабалізму? Чаму?
2. Што ўяўляе сабой працэс клетачнага дыхання? Ахарактарызуйце этапы клетачнага дыхання па плане: 1) назва этапу; 2) месца працякання; 3) зыходныя рэчывы; 4) канчатковыя прадукты; 5) энергетычны выхад (колькасць малекул АТФ, якія сінтэзуюцца ў ходзе этапу).
3. Як працякае працэс малочнакіслага брадзжэння? Спіртавага? Назавіце канчатковыя прадукты гэтых відаў брадзжэння. Колькі малекул АТФ сінтэзуюцца ў ходзе брадзжэння пры расшчэпленні адной малекулы глюкозы?
4. Ахарактарызуйце практычнае значэнне розных відаў брадзжэння.
5. Чаму пры брадзжэнні вызваляецца менш энергіі, чым пры клетачным дыханні?
- 6*. У чым заключаецца падабенства брадзжэння і клетачнага дыхання? Чым брадзжэнне адрозніваецца ад клетачнага дыхання?
- 7*. У падрыхтоўчы этап клетачнага дыхання ўступае 81 г глікагену. Якая максімальная колькасць АТФ (моль) можа сінтэзавацца ў выніку наступнага глікалізу? У ходзе кіслароднага этапу дыхання?



Вывучэнне Дыхання насення
Малочнакіслае брадзжэнне
Спіртавое брадзжэнне



§ 22. Фотасінтэз

У адрозненне ад гетэратрофаў, якім неабходны гатовыя арганічныя злучэнні, аўтатрофы здольныя сінтэзаваць іх з неарганічных рэчываў. Працэсы біясінтэзу належаць да пластычнага абмену і, значыць, суправаджаюцца паглыннаннем энергіі. З курса біялогіі 10-га класа вам вядома, што некаторыя бактэрыі (жалезабактэрыі, бясколерныя серабактэрыі, нітрыфікучыя, вадародныя) для ўтварэння арганічных

злучэнняў выкарыстоўваюць энергію, якая выдзяляецца пры акісленні неарганічных рэчываў. Такія арганізмы называюцца *хемааўтатрофамі*. Аднак большасць аўтатрофных арганізмаў выкарыстоўвае для гэтага энергію святла. Яны складаюць групу *фотааўтатрофаў*.

Паняцце фотасінтэзу. Да фотааўтатрофаў належаць зялёныя расліны, водарасці, цыянабактэрыі і інш. У працэсе фотасінтэзу з дапамогай спецыяльных пігментаў яны паглынаюць светлавую энергію і пераўтвараюць яе ў энергію хімічных сувязей арганічных рэчываў. Зыходным матэрыялам для сінтэзу арганічных злучэнняў з'яўляюцца такія неарганічныя рэчывы, як вуглякіслы газ і вада. Такім чынам, **фотасінтэз** — гэта працэс утварэння арганічных рэчываў з вуглякіслага газу і вады, які праходзіць з паглынанням энергіі святла пры ўдзеле фотасінтэтычных пігментаў.

Фотасінтэтычныя пігменты і іх лакалізацыя. Фотасінтэтычныя пігменты раслін і большасці водарасцей прадстаўлены зялёнымі *хларафіламі* і *караціноідамі*, якія звычайна маюць жоўтую ці аранжавую афарбоўку. Чырвоныя водарасці і цыянабактэрыі, акрамя таго, валодаюць дадатковымі пігментамі, афарбаванымі ў чырвоны ці сіні колер.

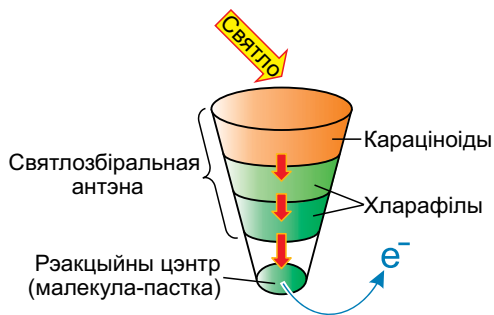


Як вы ведаеце, у раслін і водарасцей фотасінтэз адбываецца ў хларапластах, унутраная мембрана якіх утварае пляскатыя мяшэчкі — тылакоіды. У мембранах тылакоідаў размешчаны асаблівыя пігмент-бялковыя комплексы — *фотасістэмы*.

Вядомы два віды фотасістэм: фотасістэма I (ФС I) і фотасістэма II (ФС II). У склад кожнай з іх уваходзіць *святлозбіральная антэна*, утвораная малекуламі пігментаў, *рэакцыйны цэнтр* і *пераносчыкі электронаў* (мал. 57). Пігменты, якія ўваходзяць у склад святлозбіральнай антэны, паглынаюць святло і перадаюць усю сабраную энергію ў рэакцыйны цэнтр.

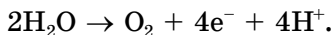
Ён прадстаўлены асаблівай малекулай хларафілу — так званай малекулай-пасткай. Паглынуўшы энергію, малекула-пастка пераходзіць ва ўзбуджаны стан і аддае адзін са сваіх электронаў спецыяльнаму пераносчыку, а сама пры гэтым акісляецца.

Галоўнае адрозненне паміж фотасістэмамі заключаецца ў тым, што ў састаў ФС II уваходзіць асаблівы ферментны комплекс, які пры наяўнасці святла



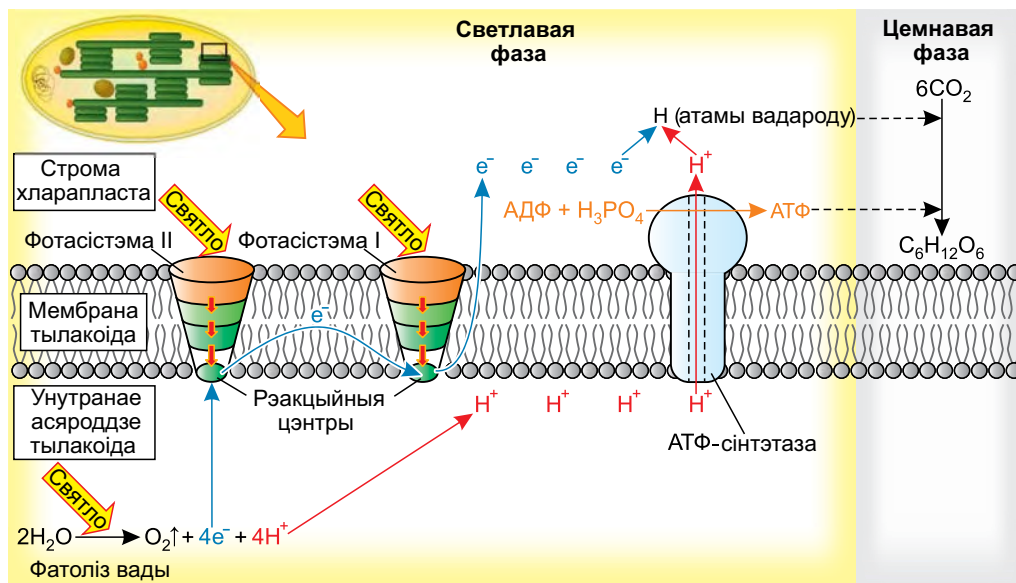
Мал. 57. Схема будовы і работы фотасістэмы

ажыццяўляе *фатоліз вады* — расшчапленне малекул вады з утварэннем кіслароду (O_2), электронаў (e^-) і пратонаў (H^+):



ФС II выкарыстоўвае атрыманыя пры гэтым электроны для аднаўлення сваёй малекулы-пасткі. У ФС I адсутнічае падобны ферментны комплекс, і, такім чынам, яна не здольная выкарыстоўваць ваду ў якасці крыніцы электронаў для аднаўлення малекулы-пасткі.

Працэс фотасінтэзу можна падзяліць на дзве фазы — **светлавую** і **цёмнавую** (мал. 58). Светлавая фаза ажыццяўляецца на мембранах тылакоідаў і толькі пры наяўнасці святла. Рэакцыі цёмнай фазы працякаюць у строме хларапласта і не патрабуюць святла, аднак для іх неабходны прадукты светлавой фазы. Таму цёмная фаза адбываецца практычна адначасова са светлавой.



Мал. 58. Схема працэсаў, якія працякаюць у светлавой і цёмнай фазах фотасінтэзу

Светлавая фаза фотасінтэзу. Працэсы, якія праходзяць у светлавой фазе, можна прадставіць наступным чынам.

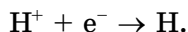
1. Пігменты абедзвюх фотасістэм паглынаюць святло. Атрыманая энергія перадаецца ў рэакцыйныя цэнтры на малекулы-пасткі, якія пераходзяць ва ўзбуджаны стан і аддаюць электроны пераносчыкам.

Электрон з ФС I транспартуецца пераносчыкамі на знешні бок тылакоіда. Электрон з ФС II з дапамогай пераносчыкаў дастаўляецца ў ФС I і аднаўляе малекулу-пастку гэтай фотасістэмы. ФС II, як вы ўжо ведаеце, аднаўляе сваю малекулу-пастку за кошт электронаў, атрыманых у выніку фатолізу вады.

Кісларод, які ўтвараецца пры фатолізе вады, вылучаецца з хларапласта ў гіялаплазму клеткі, затым у навакольнае асяроддзе, а пратоны (H^+) назапашваюцца ўнутры тылакоіда.

2. Назапашванне пратонаў унутры тылакоіда вядзе да ўзнікнення на яго мембране так званага *электрахімічнага патэнцыялу*. У мембране тылакоіда змяшчаецца *АТФ-сінтэтаза* — ферментны комплекс, прызначаны для сінтэзу АТФ. Калі канцэнтрацыя пратонаў дасягае пэўнага ўзроўню, яны накіроўваюцца ў строму хларапласта, праходзячы праз спецыяльныя каналы АТФ-сінтэтазы. Пры гэтым АТФ-сінтэтаза выкарыстоўвае энергію руху пратонаў для *сінтэзу АТФ*.

3. На знешнім баку тылакоіда пратоны злучаюцца з электронамі:



Утвораныя атамы вадароду далучае да сябе рэчыва-пераносчык. Па структуры яно падобна да рэчыва, якое транспартуе атамы вадароду ў працэсе клетачнага дыхання.

Такім чынам, у ходзе светлавой фазы энергія святла паглынаецца і пераўтвараецца ў энергію макраэргічных сувязей АТФ, адбываецца расшчапленне вады з выдзяленнем кіслароду і назапашванне атамаў вадароду. Прадуктамі светлавой фазы фотасінтэзу з'яўляюцца *АТФ, атамы вадароду і кісларод*. Кісларод — пабочны прадукт фотасінтэзу, ён выдзяляецца ў навакольнае асяроддзе. АТФ і атамы вадароду выкарыстоўваюцца ў цёмнай фазе фотасінтэзу.

Цёмная фаза фотасінтэзу. З навакольнага асяроддзя ў хларапласты паступае *вуглякіслы газ*. У строме хларапластаў адбываецца яго аднаўленне да арганічных рэчываў. Пры гэтым утвараецца асноўны прадукт фотасінтэзу — *глюкоза*.

У працэсе сінтэзу глюкозы з CO_2 выкарыстоўваюцца прадукты светлавой фазы — атамы вадароду, дастаўленыя пераносчыкам, і АТФ (пастаўшчык энергіі). Для ўтварэння адной малекулы глюкозы неабходна расшчапіць **18 малекул АТФ**. Такім чынам, у цёмнай фазе фотасінтэзу энергія макраэргічных сувязей АТФ пераўтвараецца ў энергію хімічных сувязей арганічных рэчываў.

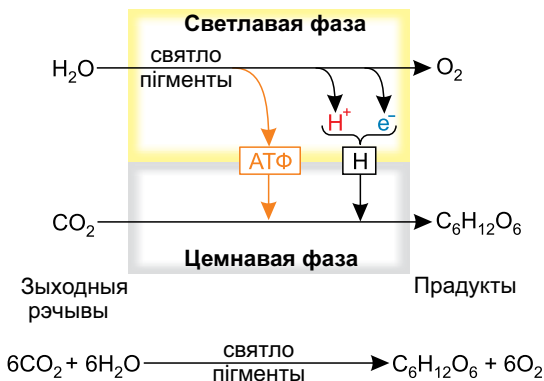


Калі аб'яднаць працэсы, якія праходзяць у светлавой і цёмнай фазах, выключыўшы прамежкавыя прадукты, і расставіць каэфіцыенты, можна атрымаць сумарнае ўраўненне фотасінтэзу (мал. 59).

Значэнне фотасінтэзу. Галоўнай крыніцай энергіі, якая абумоўлівае існаванне жыцця на нашай планеце, з'яўляецца сонечнае святло. Дзякуючы фотасінтэзу энергія Сонца становіцца даступнай для выкарыстання ўсімі жывымі арганізмамі Зямлі (за выключэннем хемаўтатрофаў). Фотасінтэз адыгрывае важнейшую ролю ў біясферным кругавароце вугляроду, забяспечваючы яго ўключэнне ў састаў арганічных злучэнняў. Рэчывы, сінтэзаваныя фотаўтатрофамі, выкарыстоўваюцца імі і гетэратрофамі не толькі ў якасці крыніцы энергіі. Яны таксама служаць матэрыялам для пабудовы і абнаўлення клетак і пазаклетачных структур жывых арганізмаў.

Дзякуючы фотасінтэзу падтрымліваецца адносна пастаяннае ўтрыманне кіслароду і вуглякіслага газу ў атмасферы Зямлі. Фотасінтэз забяспечвае звязванне CO_2 , чым перашкаджае развіццю парніковага эфекту. Вядома, што большая частка кіслароду атмасферы мае біягеннае паходжанне і з'яўляецца пабочным прадуктам фотасінтэзу. Як вы ведаеце з курса біялогіі 10-га класа, менавіта гэты працэс, які ўзнік, паводле ацэнак вучоных, больш за 3 млрд гадоў таму, зрабіў магчымым з'яўленне і далейшае развіццё аэробных арганізмаў. З часам з кіслароду сфарміраваўся азонавы экран, які ахоўвае жыхароў нашай планеты ад згубнага ўздзеяння караткахвалевага ультрафіялетавага выпраменьвання.

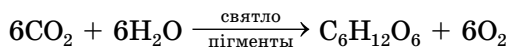
Такім чынам, усё жывое на Зямлі абавязана сваім існаваннем фотасінтэзу. А чалавецтва залежыць ад гэтага працэсу яшчэ і таму, што выкарыстоўвае для розных патрэб энергію, якая на працягу мільёнаў гадоў запасалася ў карысных выкапнях, што ўтварыліся з арганічных рэчываў старажытных арганізмаў. Прыкладамі такіх выкапняў могуць служыць каменны вугаль, нафта, гаручыя сланцы і г. д.



Мал. 59. Агульная схема і сумарнае ўраўненне фотасінтэзу



Фотасінтэз — працэс утварэння арганічных рэчываў з вуглякіслага газу і вады, які адбываецца з паглыннаннем светлавой энергіі пры ўдзеле фотасінтэтычных пігментаў. У раслін і водарасцей фотасінтэз працякае ў хларапластах: светлавая фаза — на мембранах тылакоідаў і толькі пры наяўнасці святла, цёмная — у строме, незалежна ад наяўнасці святла. У светлавой фазе адбываецца паглыннанне святла пігментамі, фатоліз вады і сінтэз АТФ. Адзін з прадуктаў гэтай фазы — кісларод выдзяляецца ў навакольнае асяроддзе. Другія прадукты — АТФ і атамы вадароду выкарыстоўваюцца ў цёмнай фазе, у ходзе якой адбываецца аднаўленне вуглякіслага газу да арганічных рэчываў. Сумарнае ўраўненне фотасінтэзу такое:



Ад працэсу фотасінтэзу прама ці ўскосна залежаць усе жывыя арганізмы Зямлі.



1. Фотасінтэз з'яўляецца працэсам пластычнага ці энергетычнага абмену? Чаму?
2. У якіх арганоідах расліннай клеткі адбываецца фотасінтэз? Што ўяўляе сабой фотасістэма? Якую функцыю выконваюць фотасістэмы?
3. Ахарактарызуйце светлавую і цёмную фазы фотасінтэзу па плане: 1) месца працякання; 2) зыходныя рэчывы; 3) працэсы, якія адбываюцца; 4) канчатковыя прадукты. Якія прадукты светлавой фазы фотасінтэзу выкарыстоўваюцца ў цёмнай фазе?
4. Дакажыце справядлівасць сцверджання: «Ад фотасінтэзу непасрэдна ці ўскосна залежыць усе жывое на Зямлі».
- 5*. Параўнайце па розных прыметах працэсы фотасінтэзу і аэробнага дыхання. Вызначыце рысы падабенства і адрознення.
- 6*. Чалавек за суткі спажывае прыкладна 430 г кіслароду. Дрэва сярэдняй велічыні паглынае каля 30 кг вуглякіслага газу за год. Колькі дрэў неабходна, каб забяспечыць аднаго чалавека кіслародам на год?
- 7*. Даследчыкі падзялілі расліны пшаніцы на дзве групы і вырошчвалі іх у лабараторыі ў аднолькавых умовах, за выключэннем таго, што расліны першай групы асвятлялі чырвоным святлом, а расліны другой групы — зялёным. У раслін якой групы працэс фотасінтэзу працякаў больш інтэнсіўна? Як вы думаеце, з чым гэта звязана?



Вывучэнне ўтварэння крухмалу ў лістах раслін

