

# Физиология растений



**Демидчик Вадим  
Викторович**  
(д.б.н., зав. каф. физиологии  
и биохимии растений)

# ФС II и ФС I размещаются последовательно в цепи транспорта электронов от $H_2O$ до $НАДФ^+$ :

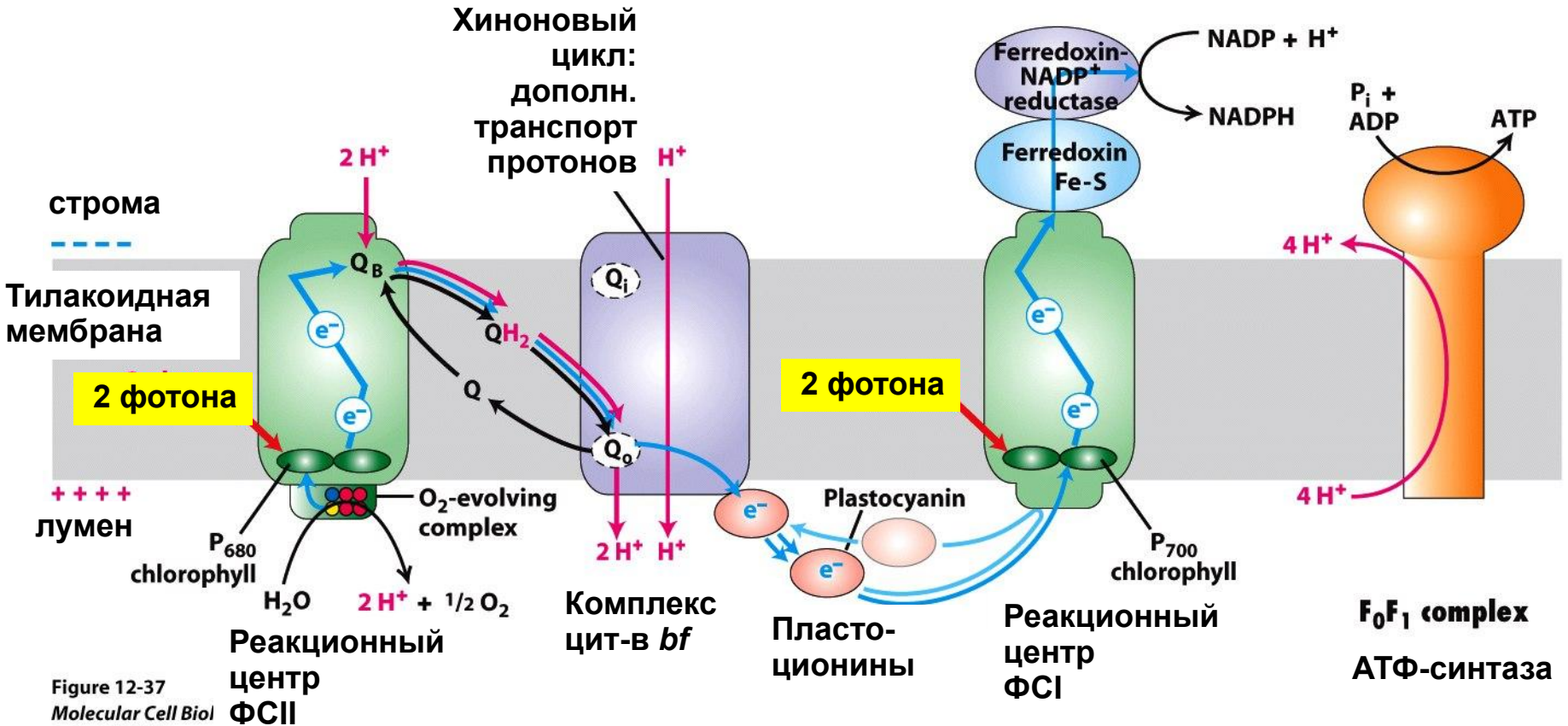


Figure 12-37  
Molecular Cell Biol  
© 2008 W. H. Freeman

Q - quinone – «ХИНОН»

## Поток электронов (продолжение):

### Работа фотосистемы I.

**ФС-1 (ФСI)**

**другое название:**

**«пластоцианин:ферредоксин  
оксидоредуктаза»**



*Луиз Дуйсенс*

**1960 год – Луиз Дуйсенс – предложил концепцию фотосистем 1 и 2**

**В тому же году – Фэй Бендалл и Роберт Хилл предложили идею «серийного» (последовательного) процесса в фотосинтезе.**

## Поток электронов (продолжение):

### Работа фотосистемы I.

**ФС-1 содержит 110 кофакторов (обычно «делимых» функционально-структурных частей).**

**ССК-1 состоит из молекул хлорофилла и каротиноидов, удерживаемых вместе при помощи 2 белков. Кол-во молекул пигментов варьирует у разных видов от 25 до 120.**

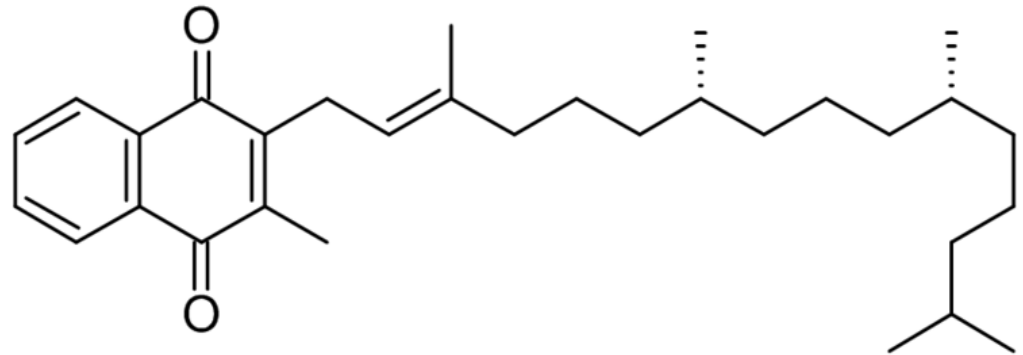
**Димеры хл. а образуют реакционный центр P700.**

## Поток электронов (продолжение):

6. Перенос электрона от **P700** на первичный акцептор в ФС-1, которым является модифицированный **хлорофилл A<sub>0</sub>**

(хлорофилл A<sub>0</sub> - этиомер по положению 13 хлоринового кольца)

7. . . . от хлорофилла A<sub>0</sub> на филлохинон A<sub>1</sub>  
(необязательный этап):



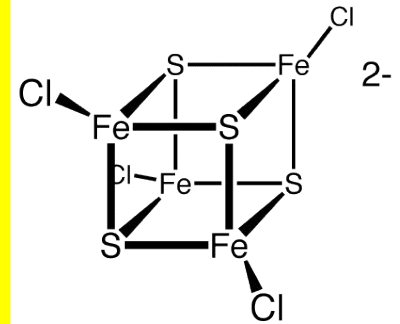
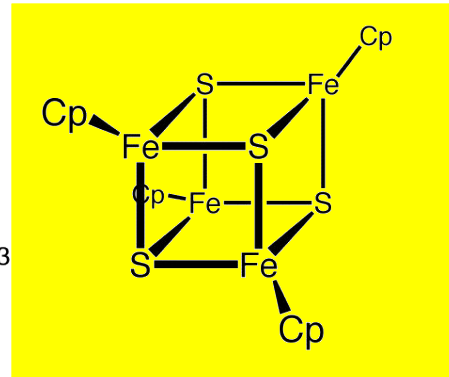
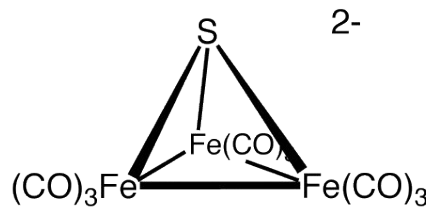
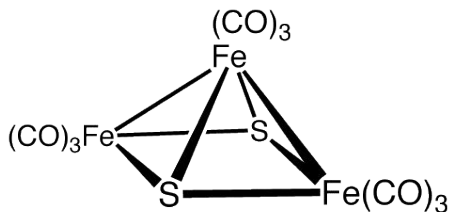
2-метил-3-[(2E)-3,7,11,15-тетраметилгексадек-2-ен-1-ил]нафтохинон  
Какой это витамин?

## Поток электронов (продолжение):

8. Перенос электрона от хлорофилла  $A_0$  или филлохинона  $A_1$  на железо-серные белки.

**Железо-серные белки (Fe-S-белки):**

образуют комплекс из 3 белков  $F_x$ ,  $F_b$  и  $F_a$  ( $A_2$ ) последовательно передающий электрон от  $F_x$  к  $F_a$  и затем на  $F_b$ . Железо (переходный металл) удерживается остатками цистеина.

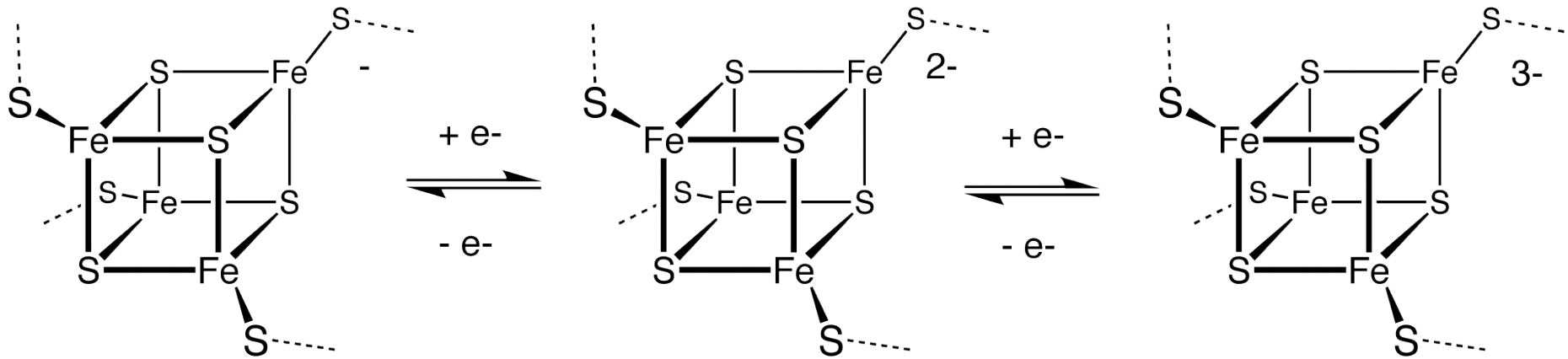


## Поток электронов (продолжение):

8. Перенос электрона от хлорофилла  $A_0$  или филлохинона  $A_1$  на железо-серные белки.

**Железо-серные белки (Fe-S-белки):**

образуют комплекс из 3 белков  $F_x$ ,  $F_b$  и  $F_a$  ( $A_2$ ) последовательно передающий электрон от  $F_x$  к  $F_a$  и затем на  $F_b$ . Железо (переходный металл) удерживается остатками цистеина.

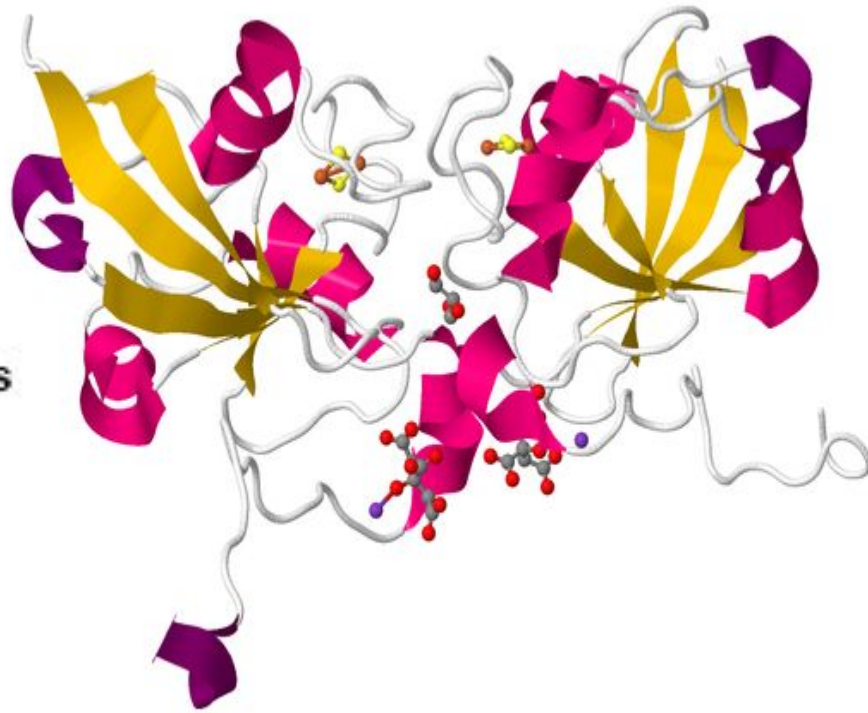
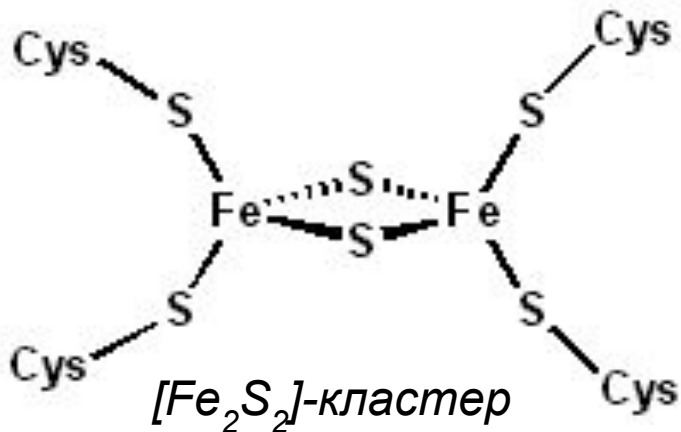


## 9. $F_b$ восстанавливает ферредоксин (ФД).

(ФД – белки, состоящие  
приблизительно из 1000 АК.

Структура -  $\beta(2)\text{-}\alpha\text{-}\beta(2)$ , которая  
включает путидаредоксин,  
терпредоксин и адренодоксин.

Содержит консервативный участок,  
образующий железо-серный кластер.





## Поток электронов (продолжение):

**10. Ферредоксин-НАДФ<sup>+</sup>-редуктаза (ФНР)** переносит электрон от восстановленного ФД на НАДФ<sup>+</sup>.

**Этот же фермент может работать в обратном направлении и принимать электрон от НАДФН.**

*«Классическая» работа ФНР:*

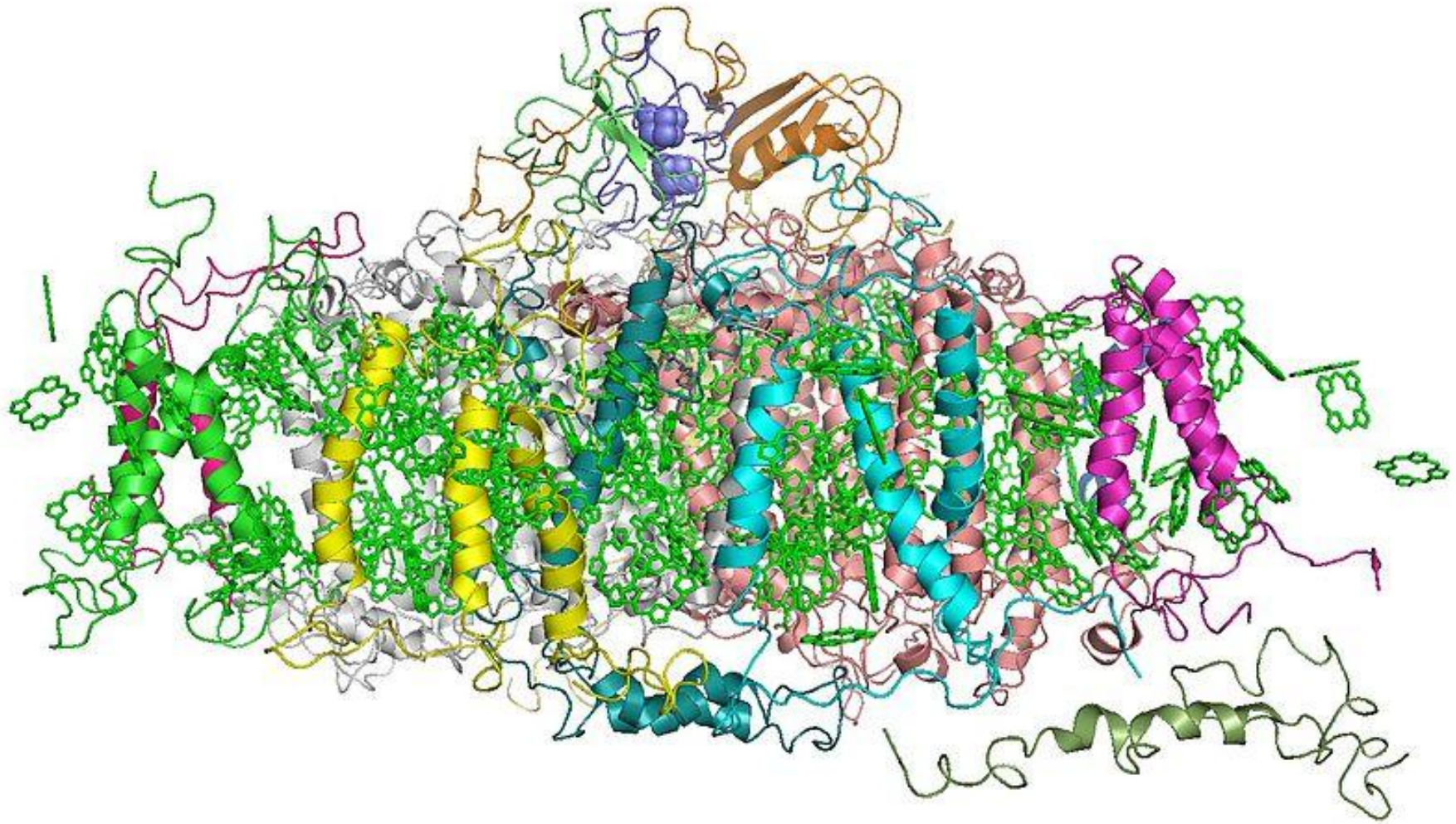
*2 восстановленных ФД + НАДФ<sup>+</sup> + Н<sup>+</sup> =  
2 окисленных ФД + НАДФН*

*3 субстрата ФНР: (1) восст. ФД, (2) НАДФ<sup>+</sup> и (3) Н<sup>+</sup>.  
Фермент имеет 2 кофактора: ФАД и флавин.*

*Растительная ФНР имеет два структурных домена: 1 домен – на N-конце – «антипараллельный бета-баррель», связывающий ФАД;  
2 – домен – на C-конце – «альфа-спираль – бета-цепь», связывающая НАДФ<sup>+</sup>. Активный центр фермента образуется обоими доменами.*

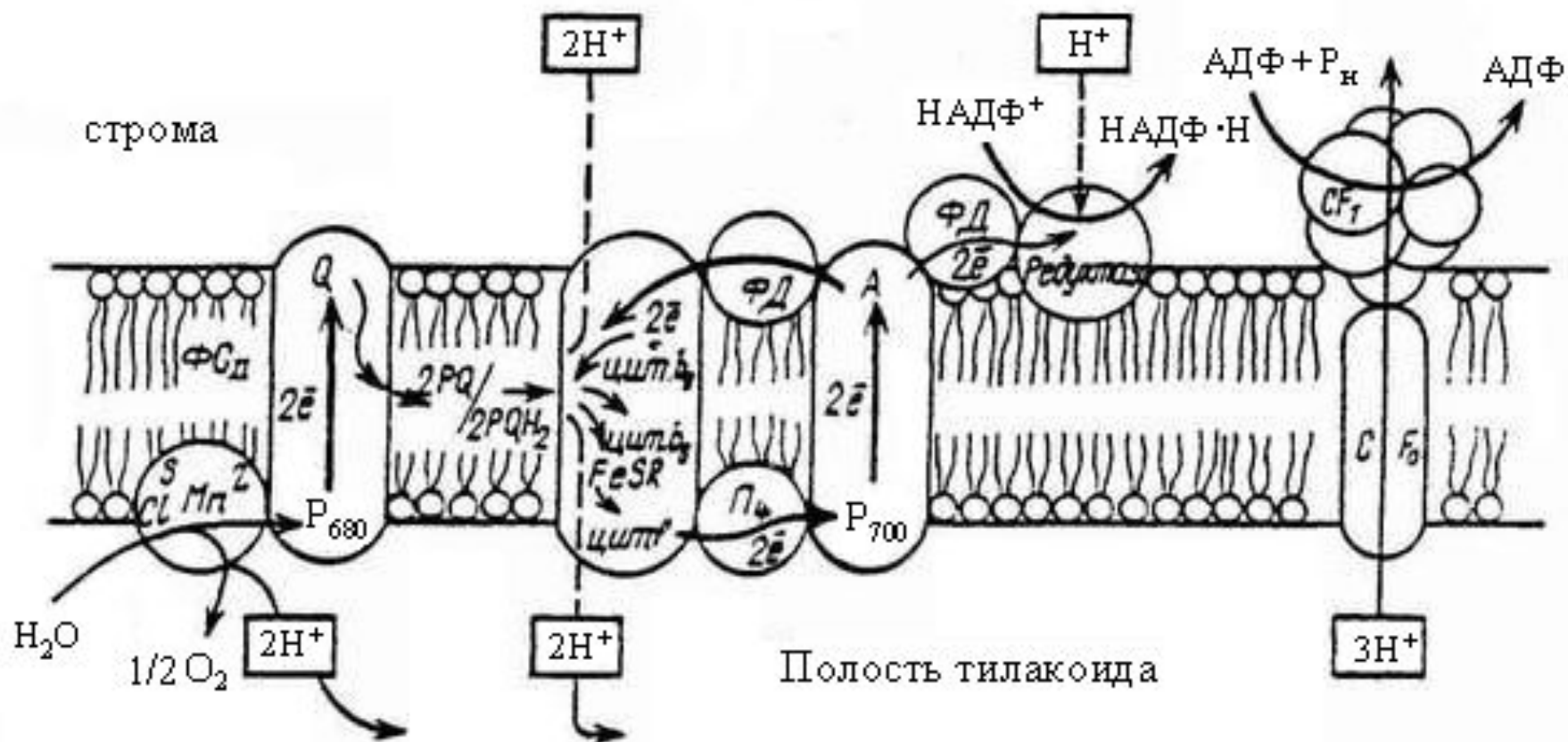
# Современная модель фотосистемы I.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959440X02003172>



<http://www.pdb.org/pdb/home/home.do>

# Локализация электрон-транспортных реакций:



**Процессы световой фазы фотосинтеза в общем виде можно записать:**



**Во время световой фазы происходит перенос электронов от воды ( $E = + 0,81 \text{ В}$ ) на НАДФ<sup>+</sup> ( $E = - 0,32 \text{ В}$ ).**

**Перенос электронов от вещества с более положительным потенциалом к веществу с более отрицательным требует затраты энергии.**

**Используется энергия поглощенного пигментом света.**

**Для транспорта каждого электрона требуется два кванта.**

**Этот перенос электронов против градиента окислительно-восстановительного потенциала и является фотохимической работой.**

# ФС II и ФС I размещаются последовательно в цепи транспорта электронов от H<sub>2</sub>O до НАДФ<sup>+</sup>:

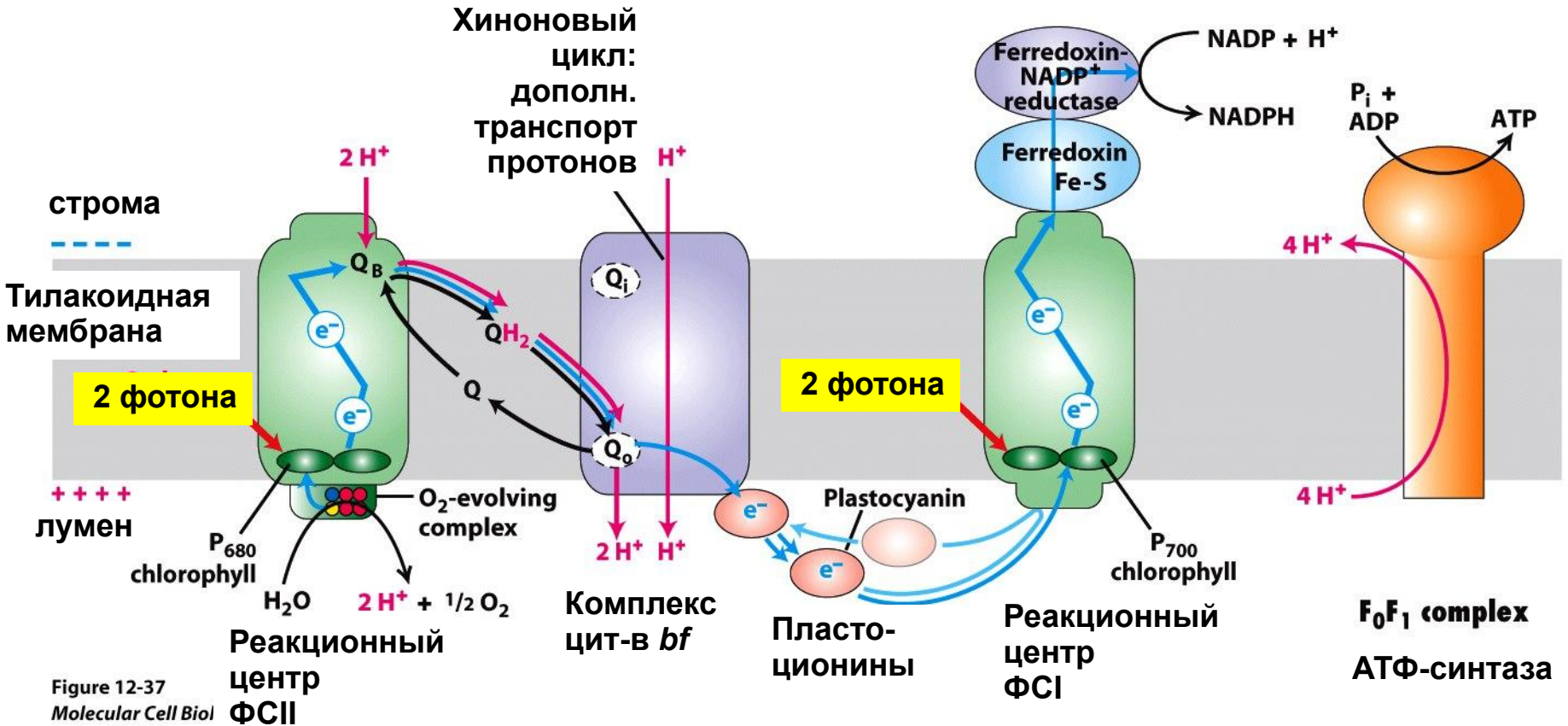
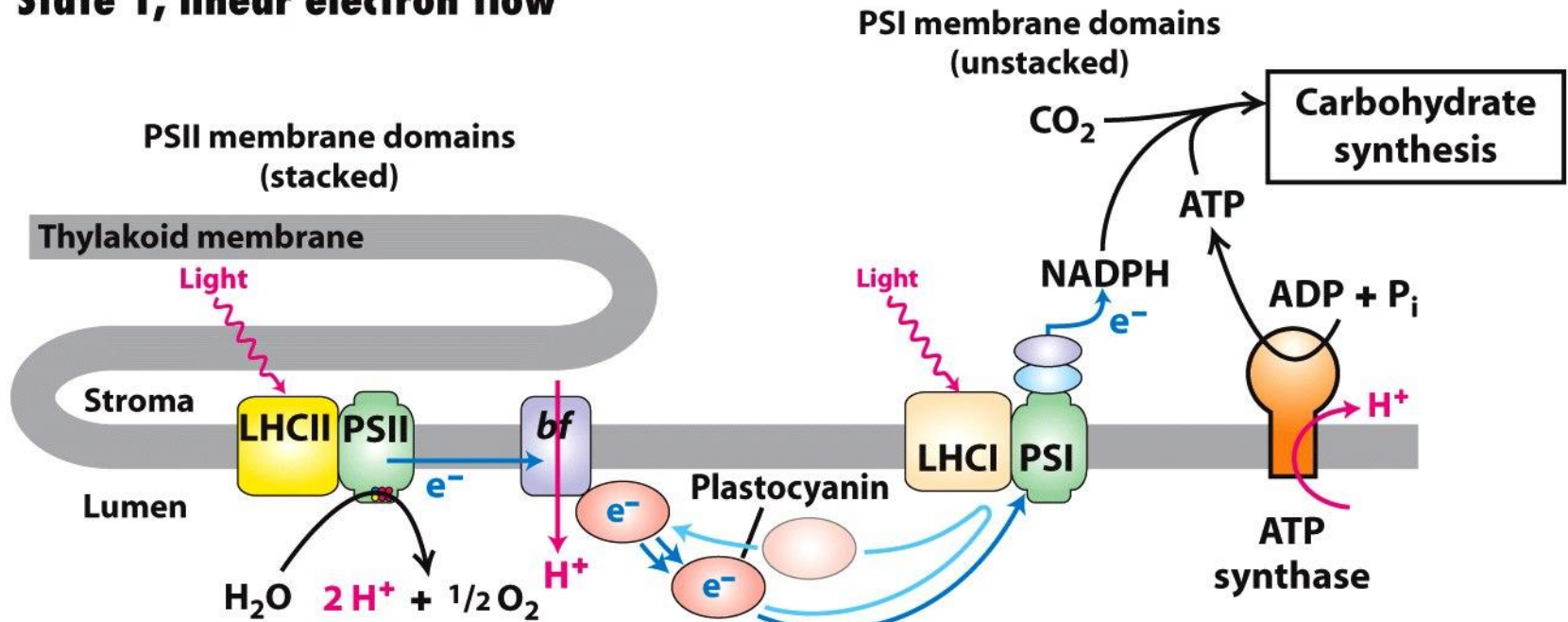


Figure 12-37  
Molecular Cell Biol  
© 2008 W. H. Freeman

Q - quinone – «ХИНОН»



## State 1, linear electron flow



## State 2, cyclic electron flow

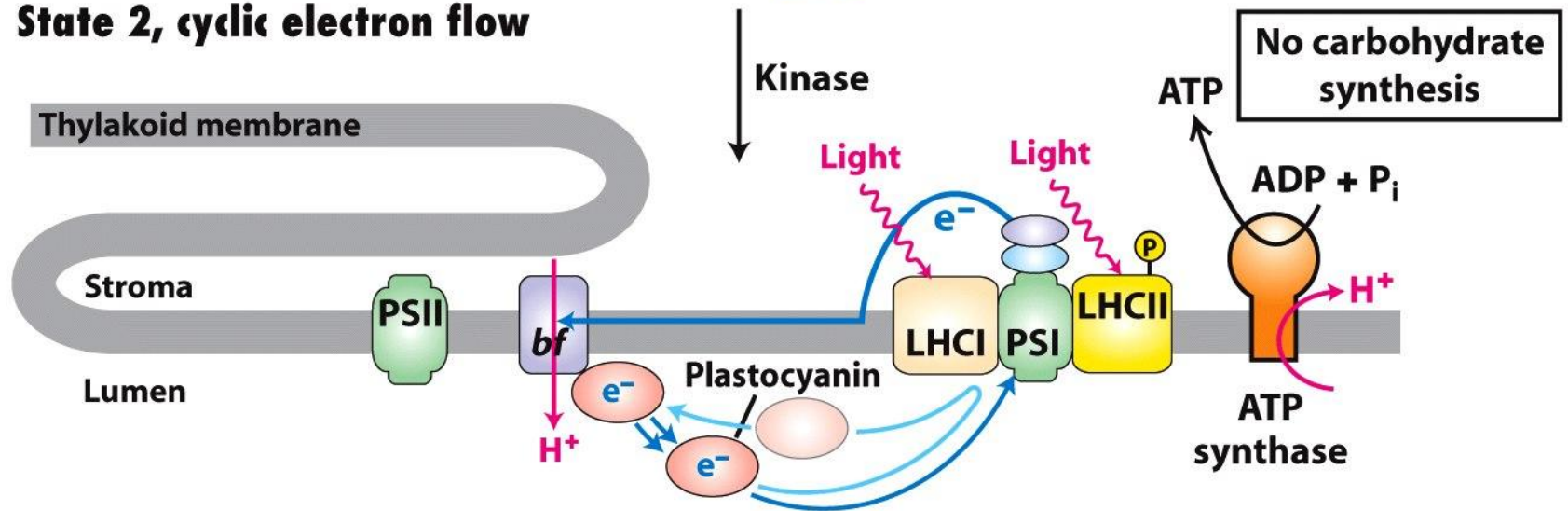
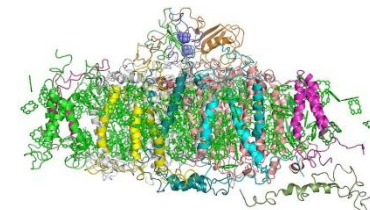


Figure 12-42  
*Molecular Cell Biology, Sixth Edition*  
© 2008 W. H. Freeman and Company



All Categories Author Macromolecule Sequence Ligand

Search | All Categories:

e.g., PDB ID, molecule name, author

Browse Advanced

### Biological Macromolecular Resource

Full Description

Customize This Page

MyPDB Hide

Login to your Account Register a New Account

Home Hide

News & Publications Usage/Reference Policies Deposition Policies Website FAQ Deposition FAQ Contact Us About Us Careers External Links Sitemap New Website Features

Deposition Hide

All Deposit Services Electron Microscopy X-ray | NMR Validation Server BioSync Beamlines/Facilities Related Tools

Tools Hide

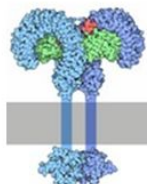
Download Files Compare Structures File Formats Services: RESTful | SOAP Widgets

PDB-101 Hide

Featured Molecules Hide

Structural View of Biology

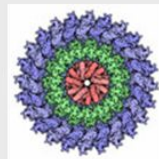
List View of Archive By: Title | Date | Category



#### Molecule of the Month Toll-like Receptors

The world is filled with bacteria and viruses, all eager to infect our cells. We have two lines of defense against this constant assault. Our first defense is the innate immune system, which stands guard against the most common attackers and mounts a quick defense when they are found. This innate system is found widely in animals, plants, and fungi, and for most, is the only line of defense.

Full Article



#### Protein Structure Initiative Featured System The Perils of Protein Secretion

Salmonella bacteria attack cells by injecting deadly proteins. PSI researchers are revealing how these proteins work, and how the bacteria control their action.

Full Article | Archive | PSI Structural Biology Knowledgebase

Explore Archive Hide

Organism	Taxonomy	Organism <ul style="list-style-type: none"> <li>Homo sapiens (18675)</li> <li>Escherichia coli (4498)</li> <li>Mus musculus (3331)</li> <li>Saccharomyces cerevisiae (2078)</li> </ul>
Exp. Method	X-Ray Resolution	
Release Date	Polymer Type	

New Structures Hide

Latest Release New Structure Papers Search Unreleased Entries

New Features Hide

Redesigned Search: Query For New Structures

Latest features released:

Website Release Archive: [dropdown]

RCSB PDB News Hide

Weekly | Quarterly | Yearly

2011-11-01

New Target Registration Database



Access the latest information on the progress of structural studies on registered protein targets with the new TargetTrack resource. more...

# Сравнение циклического и нециклического фотофосфорилирования

Процесс	Нециклическое	Циклическое
Путь электронов	Нециклический	Циклический
Первый донор (источник) электронов	Вода	ФС I (P <sub>700</sub> )
Последний акцептор (место назначения) электронов	НАДФ <sup>+</sup>	ФС I (P <sub>700</sub> )
Продукты	Основные: АТФ, НАДФН Побочные: O <sub>2</sub>	Основные: АТФ
Участвующие ФС	I и II	I



**Темновая фаза фотосинтеза** – это комплекс ферментативных реакций, во время которых происходит восстановление поглощенного углекислого газа за счет продуктов световой фазы (АТФ и НАДФН). Различают несколько циклов восстановления  $\text{CO}_2$ .

### **Цикл Кальвина.**

Этот способ ассимиляции  $\text{CO}_2$  является основным и присущ всем растениям.

Он был расшифрован американскими учеными Мелвином Кальвином, Джеймсом Басшамом и Эндрю Бенсоном.

В 1961 г. М. Кальвину за установление последовательности реакций в этом цикле была присуждена

**Нобелевская премия.**



*М. Кальвин*

# Упрощенная схема цикла Кальвина

