

Энергетический метаболизм. Обмен углеводов.

Катаболизм основных пищевых веществ

I — расщепление в пищеварительном тракте;

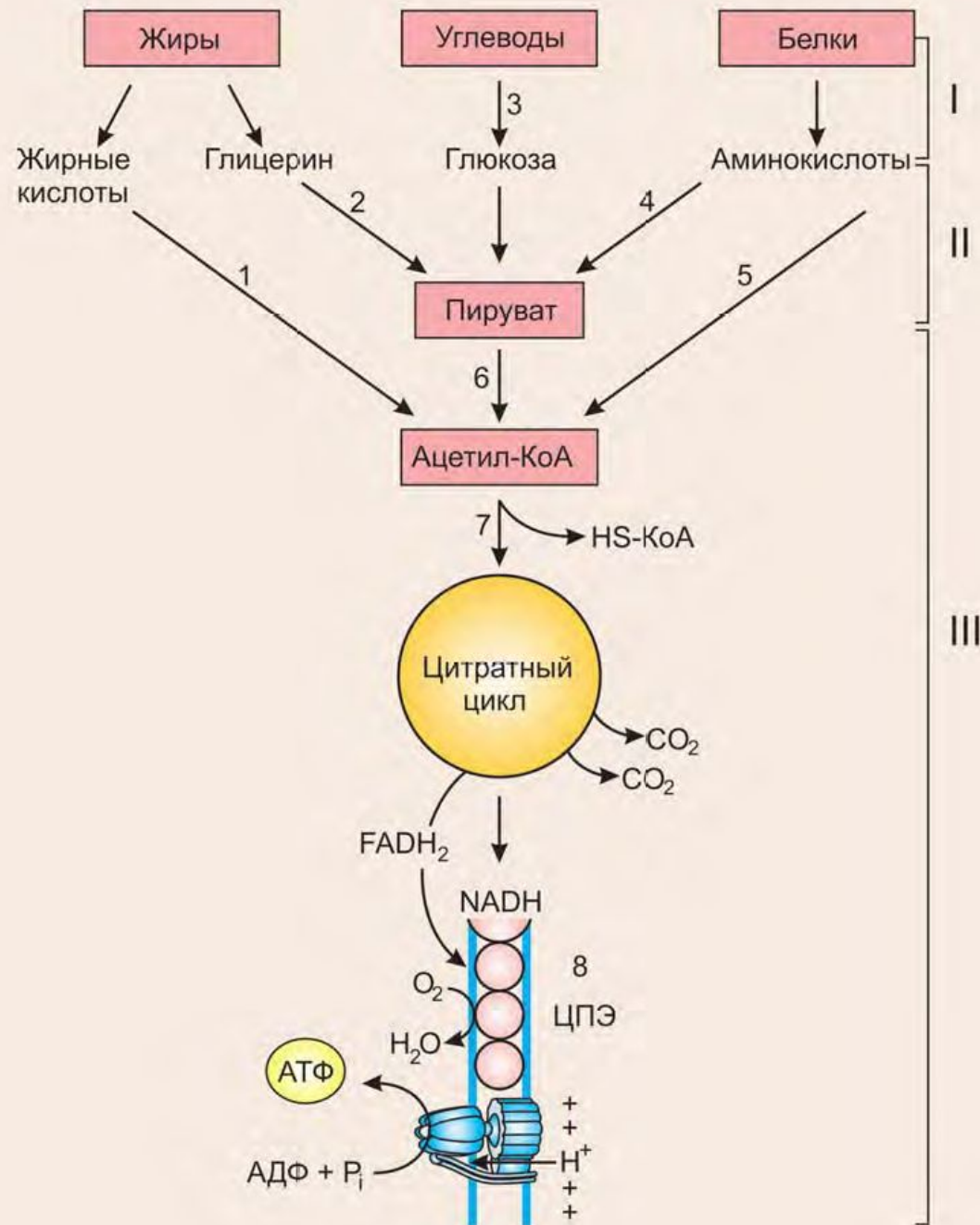
II — специфичные пути катаболизма (1–5);

III — общий путь катаболизма:

6 — окислительное декарбоксилирование пирувата;

7 — цитратный цикл;

8 — дыхательная цепь



Строение углеводов
пищи:

А — строение
моносахаридов;

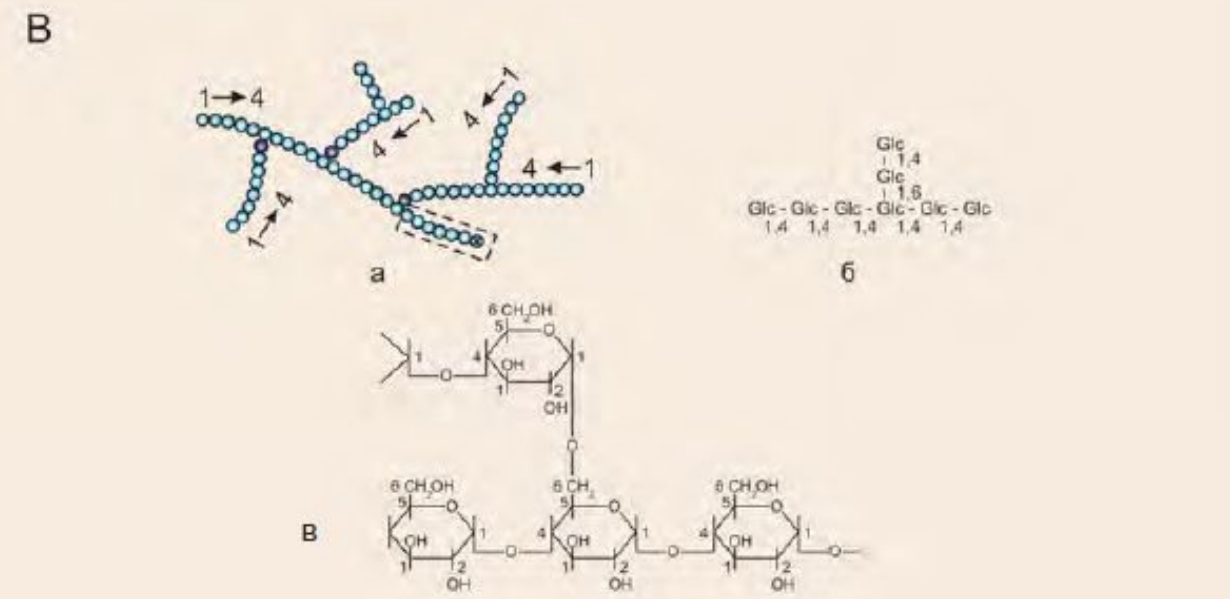
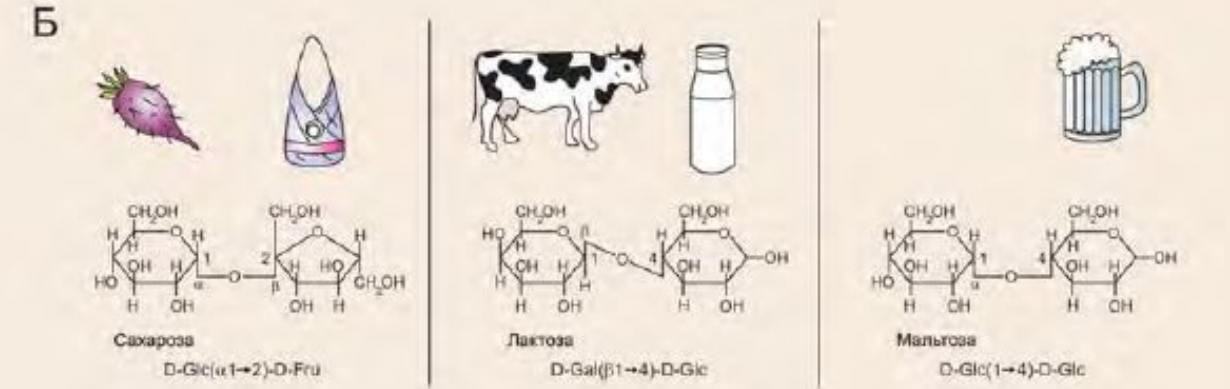
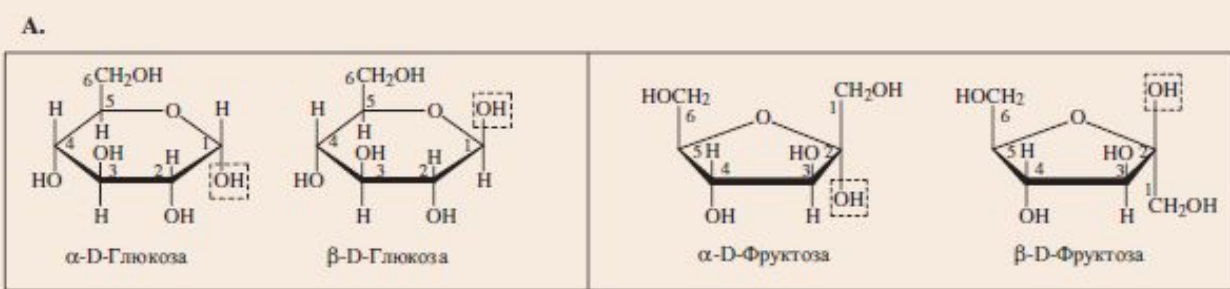
Б — строение
дисахаридов;

В — строение крахмала и
гликогена:

а — общая схема; в рамке
единственная в молекуле
цепь, имеющая глюкозный
остаток

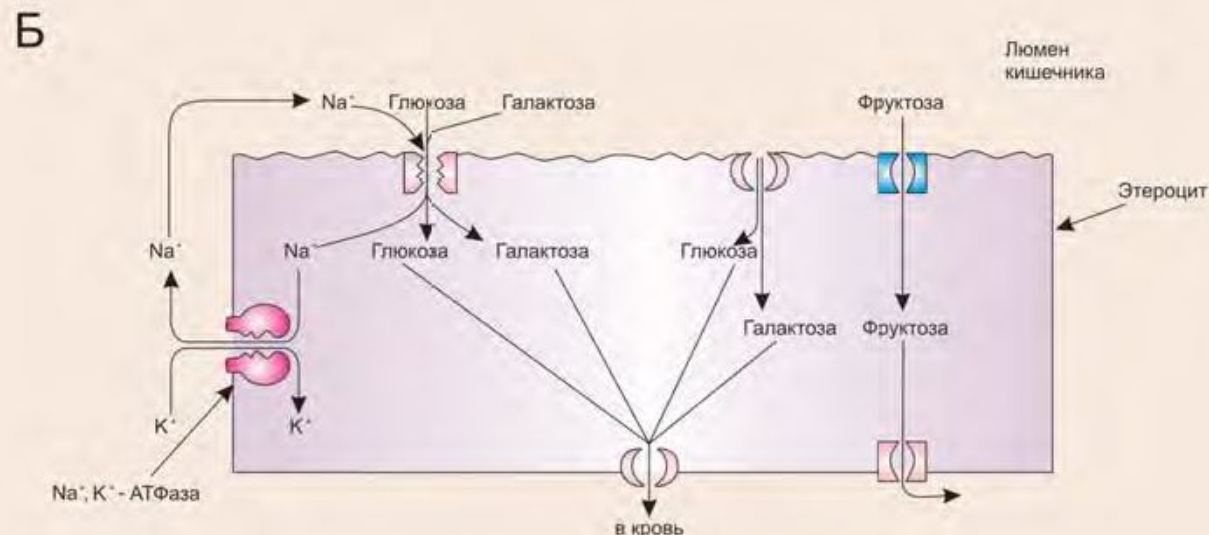
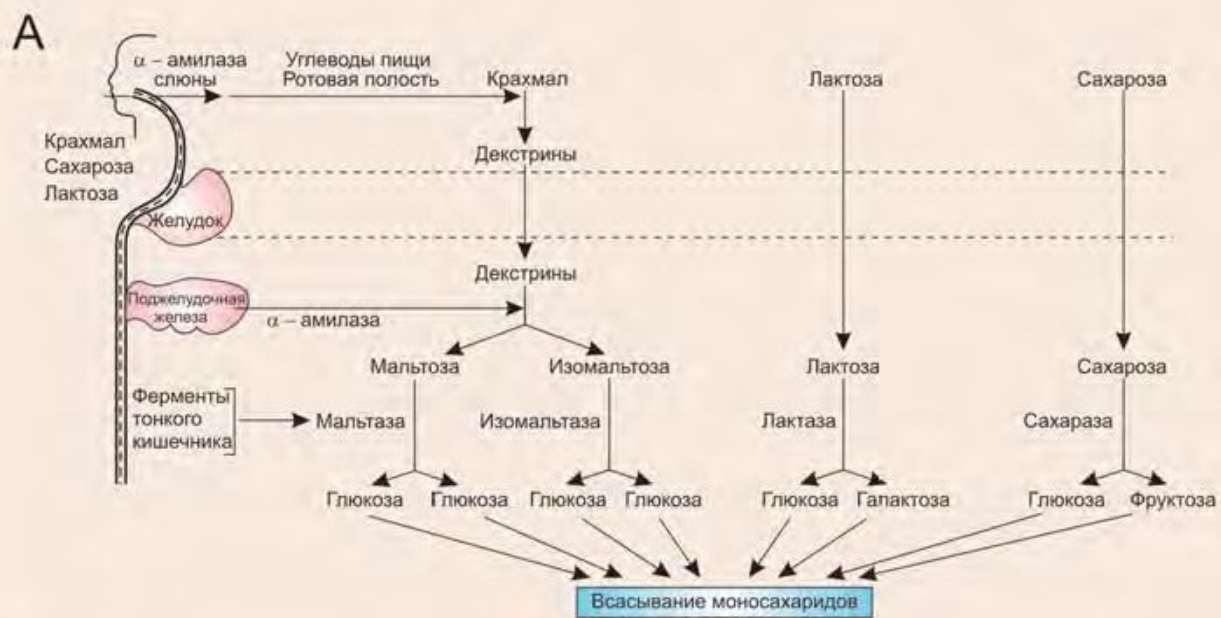
(обозначен крестиком) со
свободным гликозидным
гидроксилом —
редуцирующий ко-
нец; б — фрагмент
молекулы, включающий
точку ветвления;

в — гликозидные связи в
молекуле крахмала и
гликогена: 1,4 — в
линейных участках,



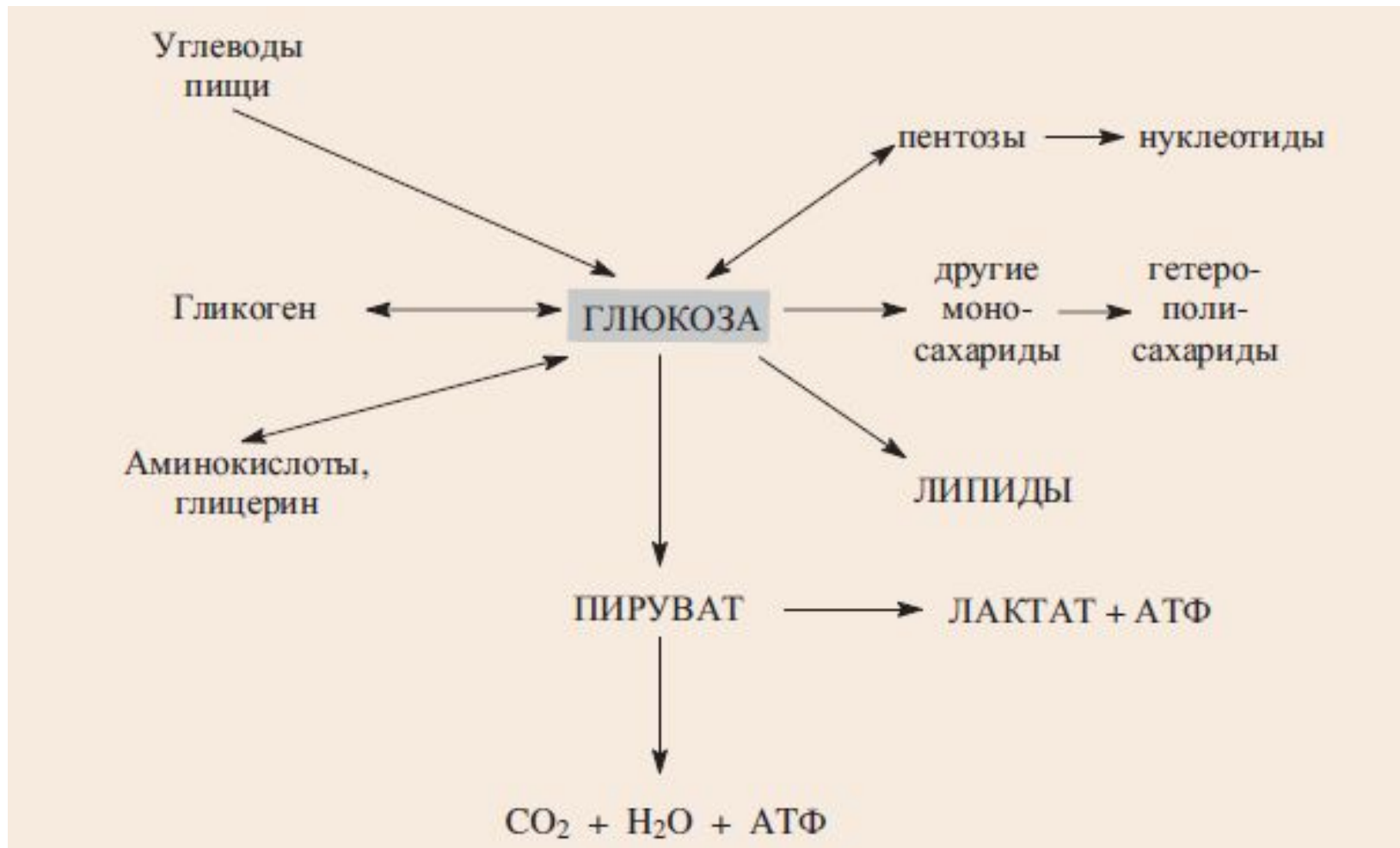
Переваривание (А) и всасывание (Б) углеводов.

Всасывание моносахаридов из кишечника происходит путем облегченной диффузии с помощью специальных белков-переносчиков (транспортеров). Кроме того, глюкоза и галактоза переносятся в энтероцит путем вторично-активного транспорта, зависящего от градиента концентрации ионов натрия. Na-зависимые транспортеры обеспечивают всасывание глюкозы из просвета кишечника в энтероцит против градиента концентрации. Энергию, необходимую для этого транспорта, обеспечиваются Na^+ , K^+ -АТФаза, которая работает, как насос, откачивая из клетки Na^+ в обмен на K^+ . В отличие от глюкозы фруктоза

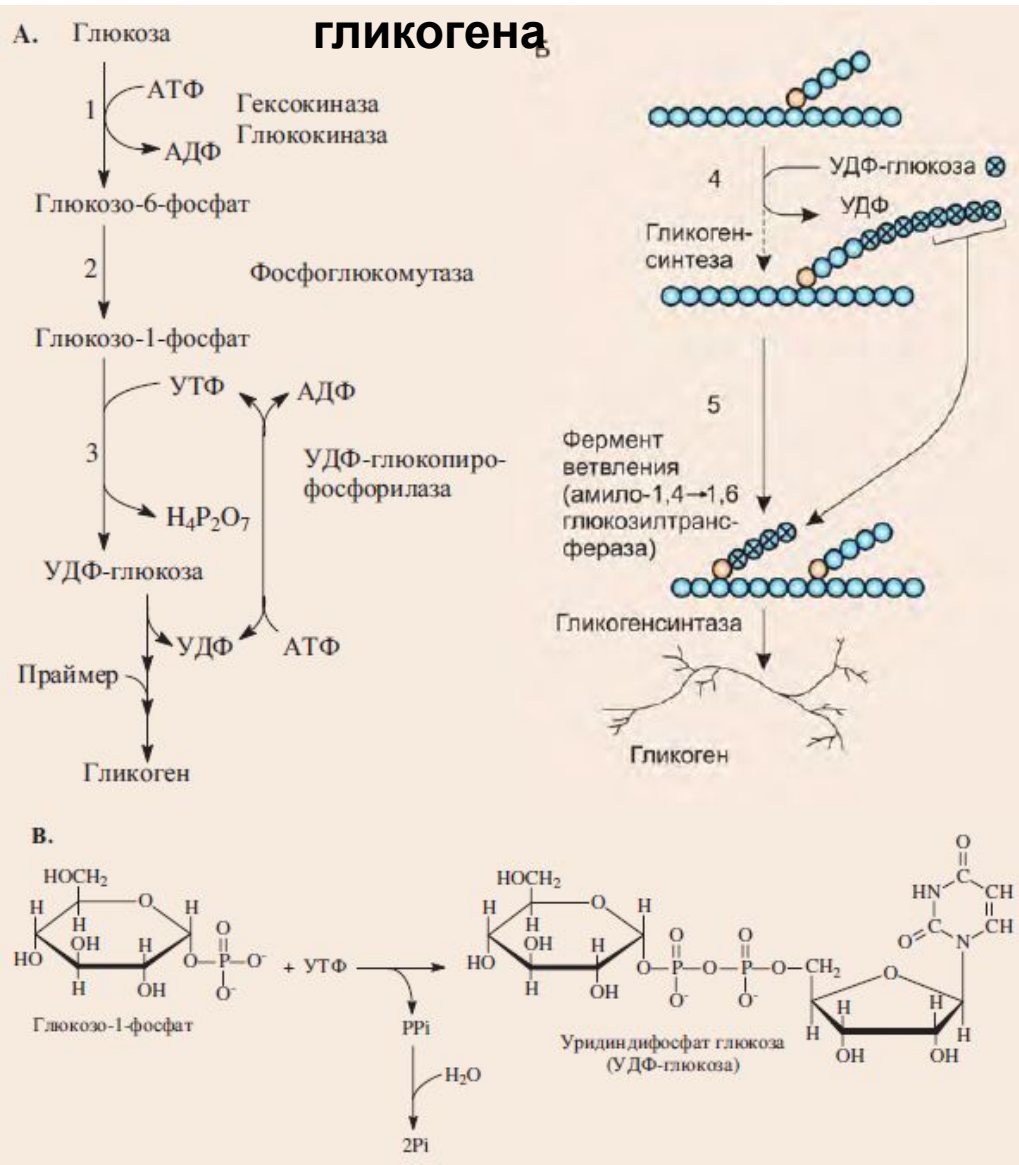


-  — белки — переносчики (транспортеры) фруктозы;
-  — белки — переносчики (транспортеры) глюкозы;
-  — Na^+ — зависимый белок-переносчик.

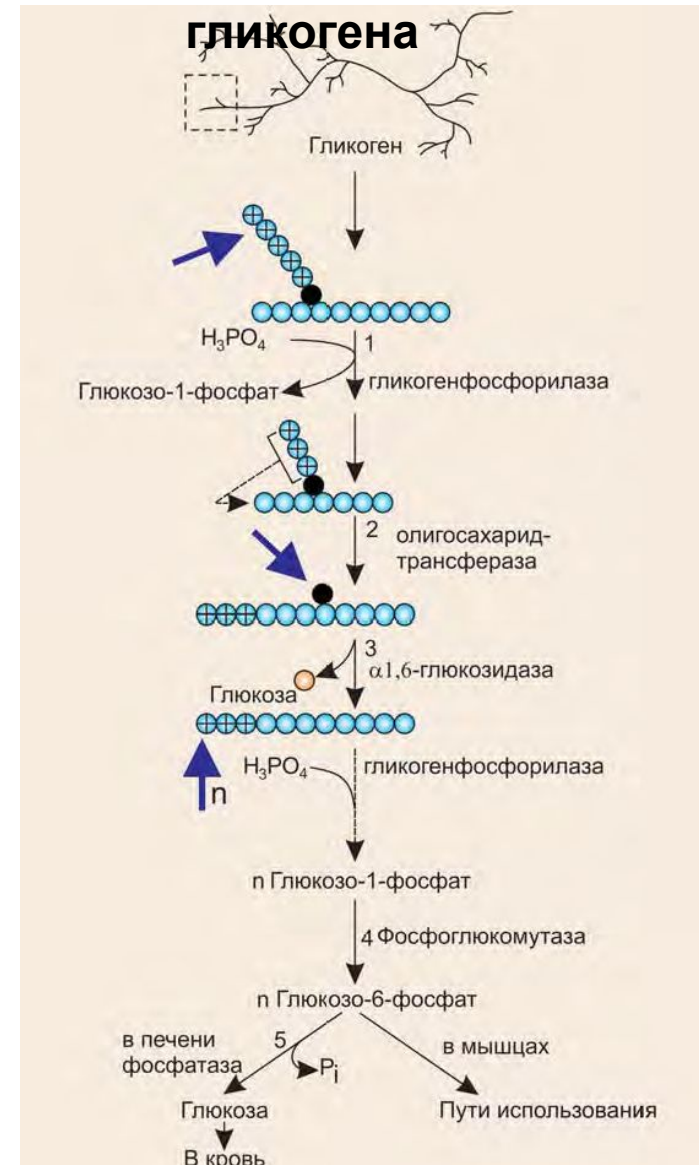
Метаболизм глюкозы в клетках



Синтез гликогена



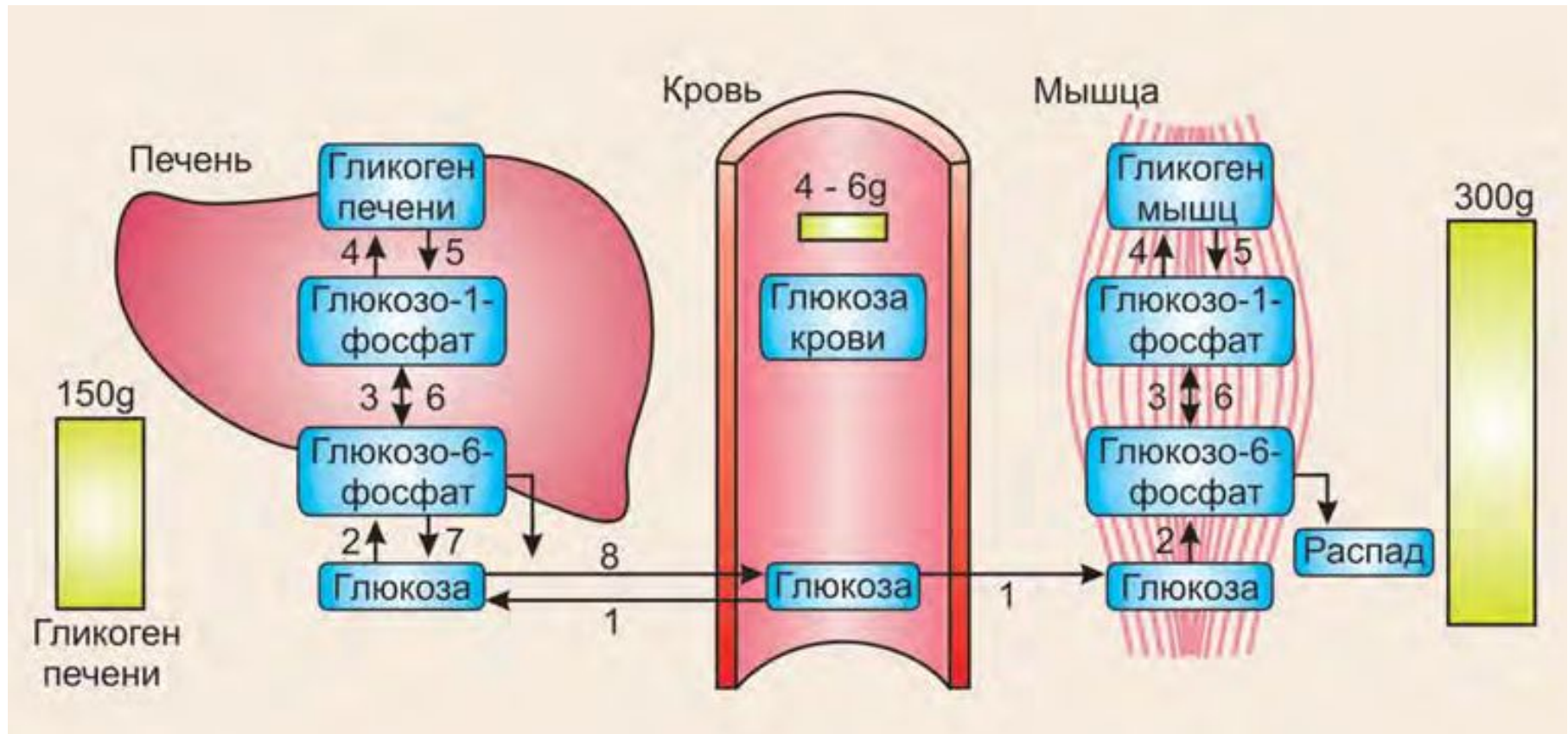
Распад гликогена



А — синтез гликогена (общая схема);
 Б — полимеризация и ветвление молекулы гликогена;
 В — образование УДФ-глюкозы.

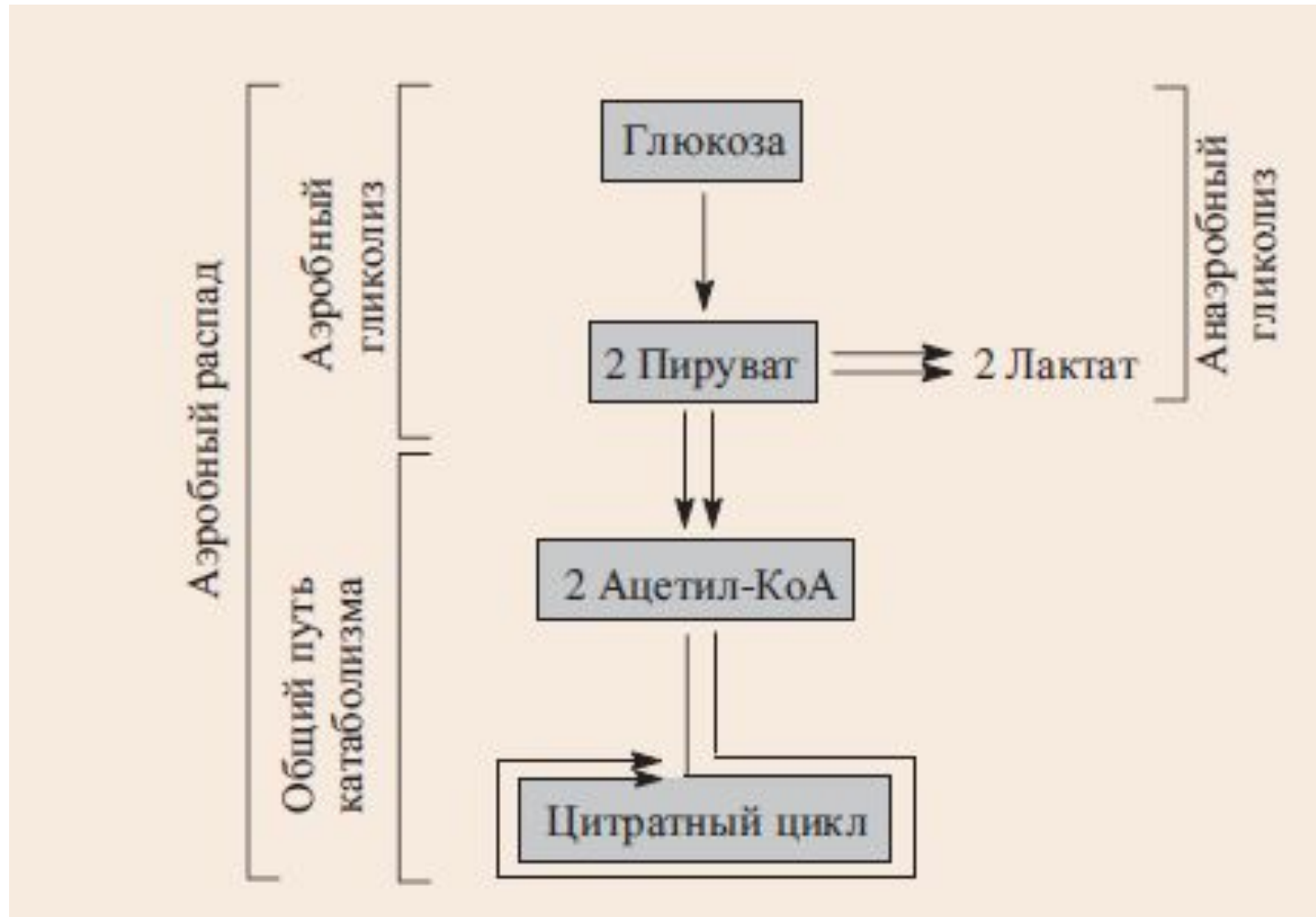
В рамке фрагмент гликогена с точкой ветвления.

Синтез и распад гликогена



1–4 — реакции синтеза гликогена в печени и мышцах;
5–6 — реакции мобилизации гликогена в печень и мышцы;
7–8 — реакции дефосфорилирования глюкозо-6-фосфата и поступление глюкозы в кровь. Реакция происходит в печени в отличие от мышц, в которых отсутствует фермент

Пути катаболизма глюкозы



The diagram illustrates the metabolic pathway of glycolysis and its connection to the citric acid cycle and mitochondria. The process is divided into two main regions by a vertical dashed line: the Cytosol (Цитозоль) on the left and the Mitochondrion (Митохондрия) on the right.

Glycolysis in the Cytosol:

- Glucose (Глюкоза) is converted to Glucose-6-phosphate (Глюкозо-6-фосфат) by enzyme 1, consuming ATP and producing ADP.
- Glucose-6-phosphate is converted to Fructose-6-phosphate (Фруктозо-6-фосфат) by enzyme 2.
- Fructose-6-phosphate is converted to Fructose-1,6-bisphosphate (Фруктозо-1,6-бисфосфат) by enzyme 3, consuming ATP and producing ADP.
- Fructose-1,6-bisphosphate is cleaved by enzyme 4 into Dihydroxyacetone phosphate (Дигидроксиацетонфосфат) and Glyceraldehyde phosphate (Глицеральдегидфосфат).
- Glyceraldehyde phosphate is converted to 1,3-Bisphosphoglycerate (1,3-Бисфосфоглицерат) by enzyme 5, producing $\text{NADH} + \text{H}^+$ from NAD^+ .
- 1,3-Bisphosphoglycerate is converted to 3-Phosphoglycerate (3-Фосфоглицерат) by enzyme 6, consuming ATP and producing ADP.
- 3-Phosphoglycerate is converted to 2-Phosphoglycerate (2-Фосфоглицерат) by enzyme 7.
- 2-Phosphoglycerate is converted to Phosphoenolpyruvate (Фосфоенолпируват) by enzyme 8, releasing H_2O .
- Phosphoenolpyruvate is converted to Pyruvate (Пируват) by enzyme 9, consuming ATP and producing ADP.

Connection to the Citric Acid Cycle and Mitochondria:

Pyruvate enters the Mitochondrion and enters the General Catabolic Pathway (Общий путь катаболизма), which leads to the Citric Acid Cycle (ЦПЭ). The Citric Acid Cycle produces ATP and CO_2 . The final products of the catabolic pathway are CO_2 and H_2O .

Energy Coupling:

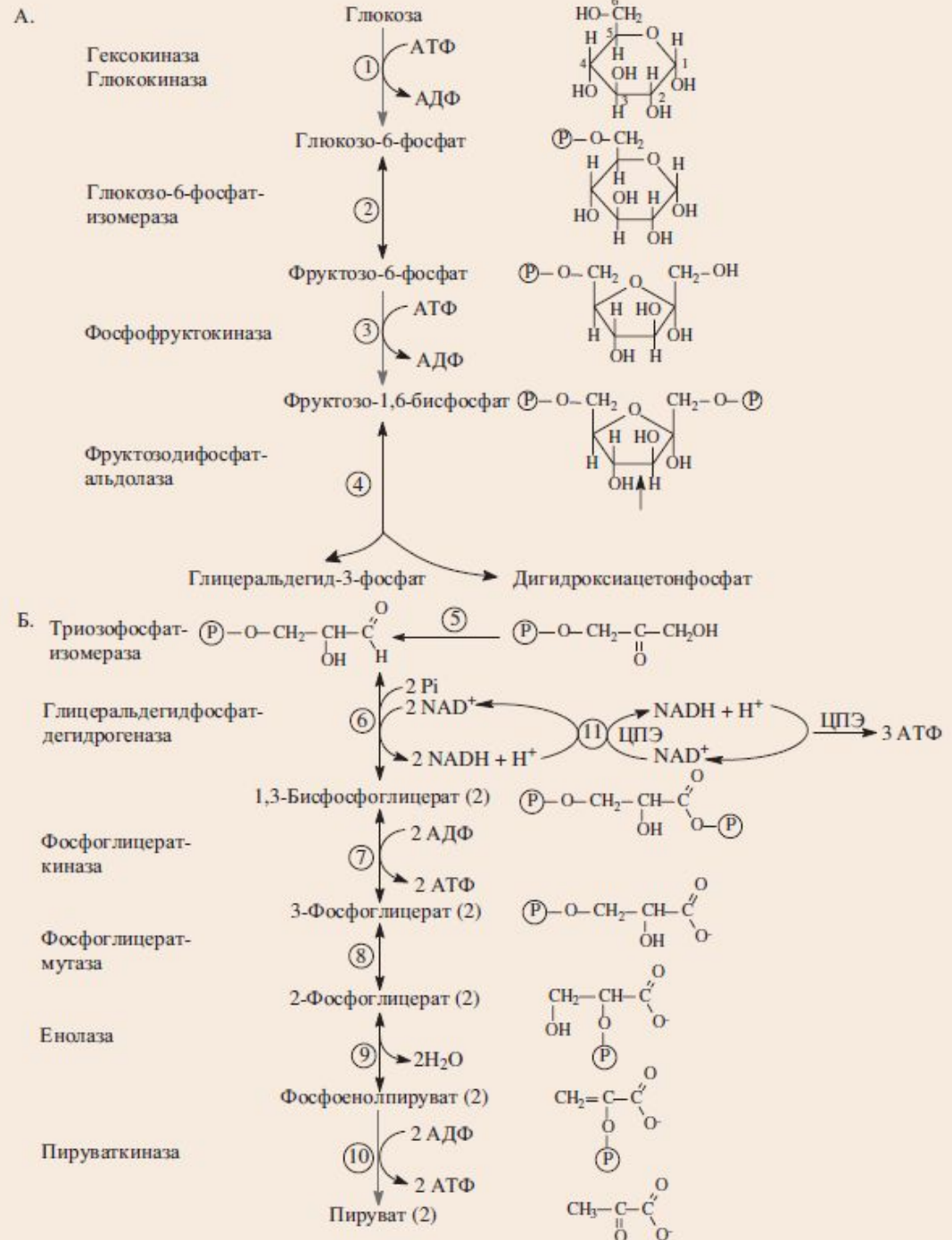
The diagram shows the coupling of redox reactions. In the Cytosol, NAD^+ is reduced to $\text{NADH} + \text{H}^+$ during the conversion of Glyceraldehyde phosphate to 1,3-Bisphosphoglycerate. In the Mitochondrion, NADH is oxidized back to NAD^+ by the Citric Acid Cycle, which then reduces O_2 to H_2O and produces ATP .

11 — челночный механизм транспорта водорода в митохондрии;

Последовательность в реакций аэробного гликолиза:

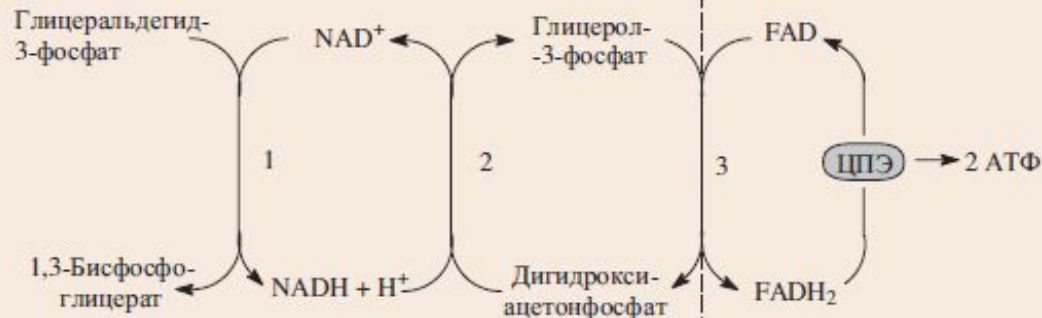
А —
подготовительный
этап (реакции 1–5),

Б — этап,
сопряженный с
синтезом АТФ
(реакции 6–11)



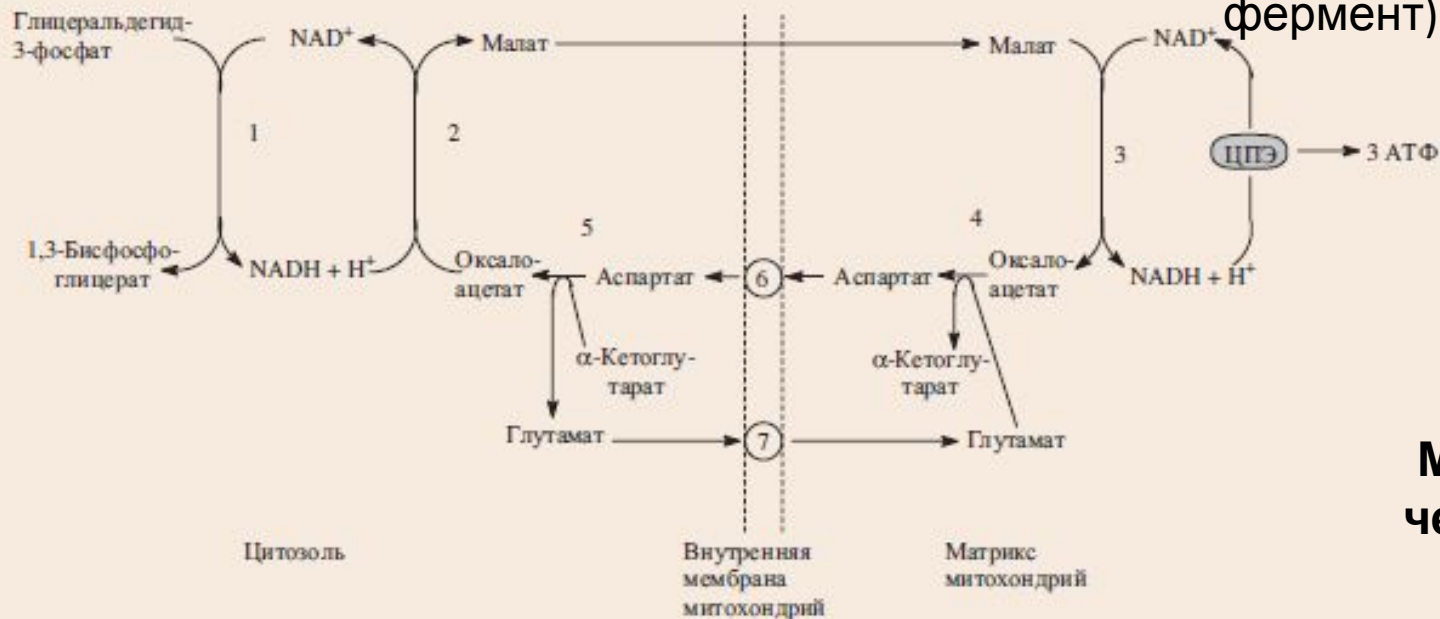
Цитозоль

Внутренняя мембрана
митохондрий



Глицерофосфатная челночная система:

1 — глицеральдегид-3-фосфатдеhydroгеназа;
2 — редуктаза
дигидроксиацетонфосфата
(цитозольный фермент);
3 — глицерол-3-фосфатдеhydroгеназа
(митохондриальный
фермент)

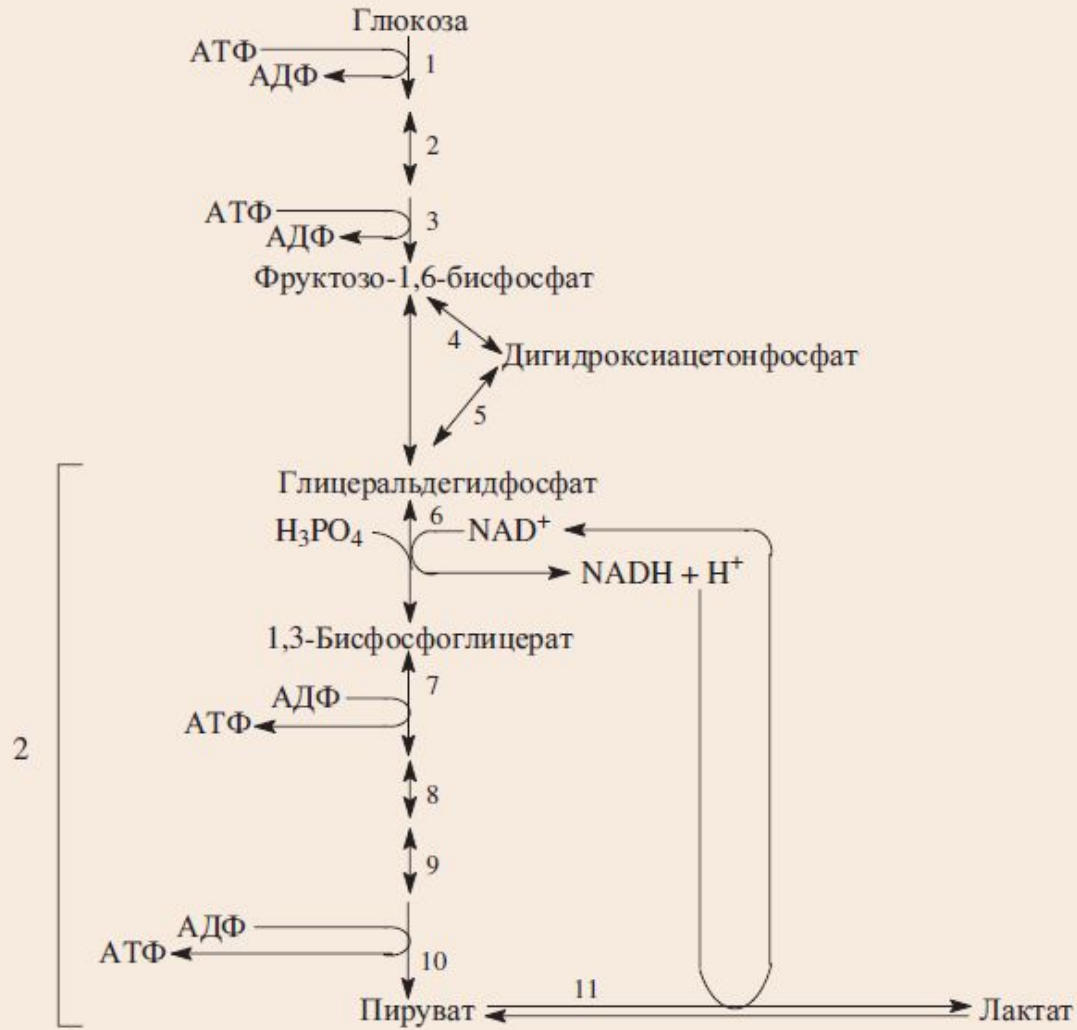


Малат-аспартатная челночная система:

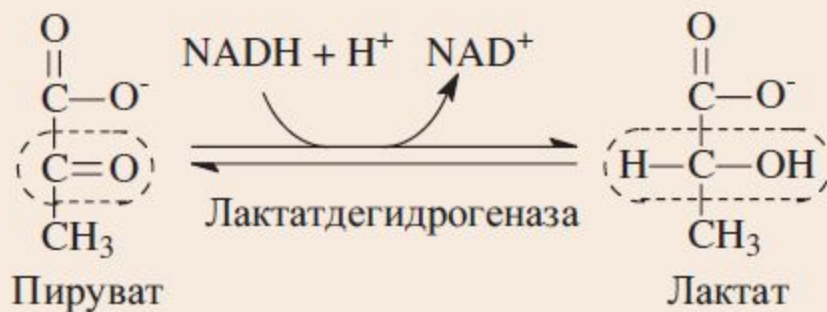
1 — глицеральдегид-3-фосфатдеhydroгеназа; 2, 3 — окислительно-восстановительная реакция
(в цитозоле и в митохондриях в противоположных направлениях); 4, 5 — реакция
трансаминирования (в цитозоле и в митохондриях в противоположных направлениях); 6, 7 —
транслоказы, обеспечивающие транспорт аспартата, глутамата и α -кетоглутарата через

Выход АТР при аэробном распаде глюкозы до конечных продуктов

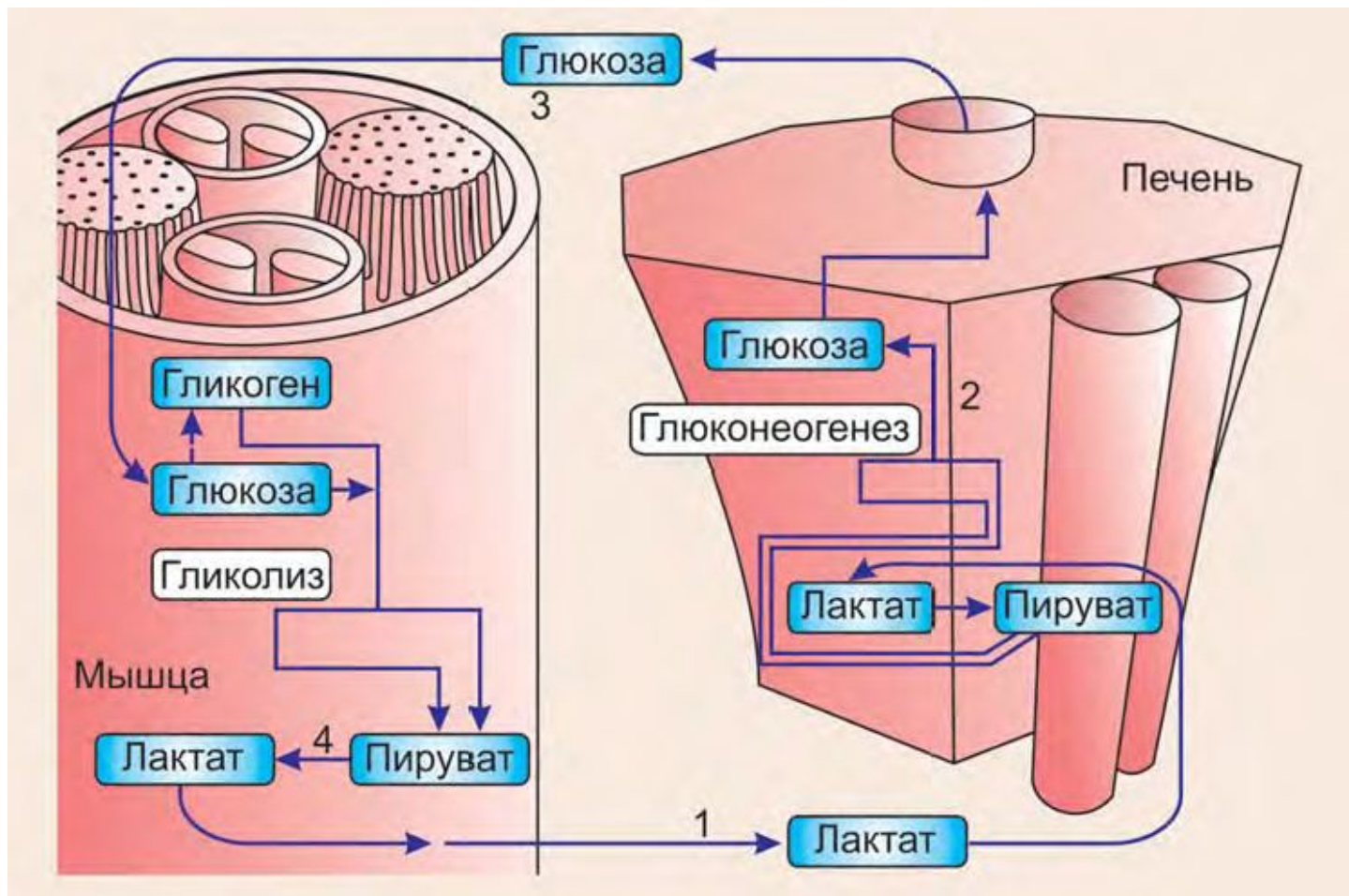
Этап аэробного распада глюкозы	Количество моль использованного АТР	Количество моль синтезированного АТР
I. Аэробный гликолиз Глюкоза → 2 Пируват	−2	+10
II. Окислительное декарбоксилирование пирувата 2 (Пируват → Ацетил-КоА)		+6
III. Цитратный цикл 2 (Ацетил-КоА → $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$)		+24
Суммарный выход АТР при окислении 1 моль глюкозы		+38



Анаэробный гликолиз



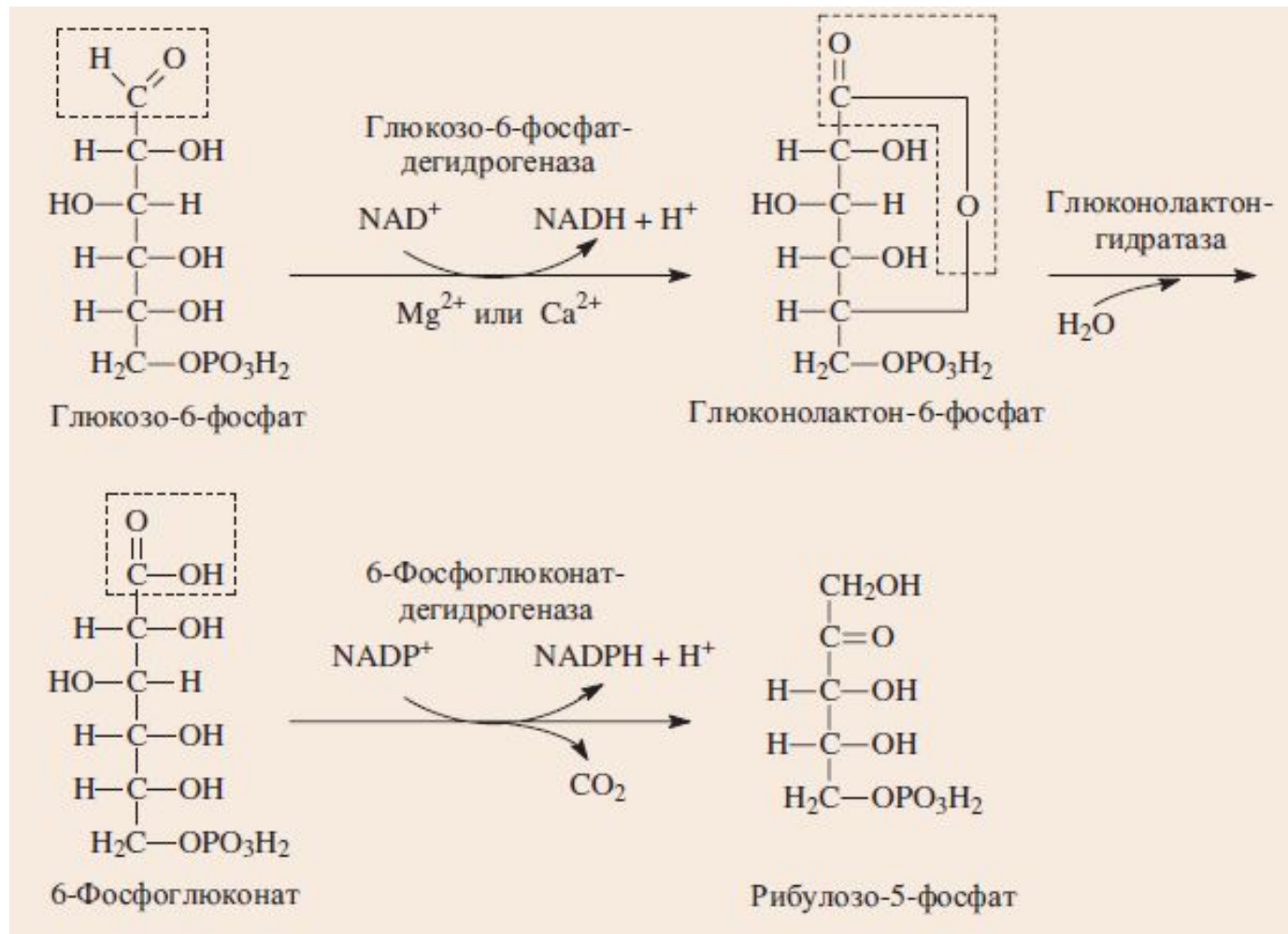
Восстановление пирувата в лактат



Цикл Кори (глюкозо-лактатный цикл):

- 1 — поступление лактата из сокращающейся мышцы с током крови в печень;
- 2 — синтез глюкозы из лактата в печени;
- 3 — поступление глюкозы из печени с током крови в работающую мышцу;
- 4 — использование глюкозы, как энергетического субстрата; сокращающейся мышцей и образование лактата

Пентозофосфатный путь (фосфоглюконатный) — альтернативный путь окисления глюкозо-6-фосфата. Пентозофосфатный путь состоит из двух этапов (частей): окислительного и неокислительного.



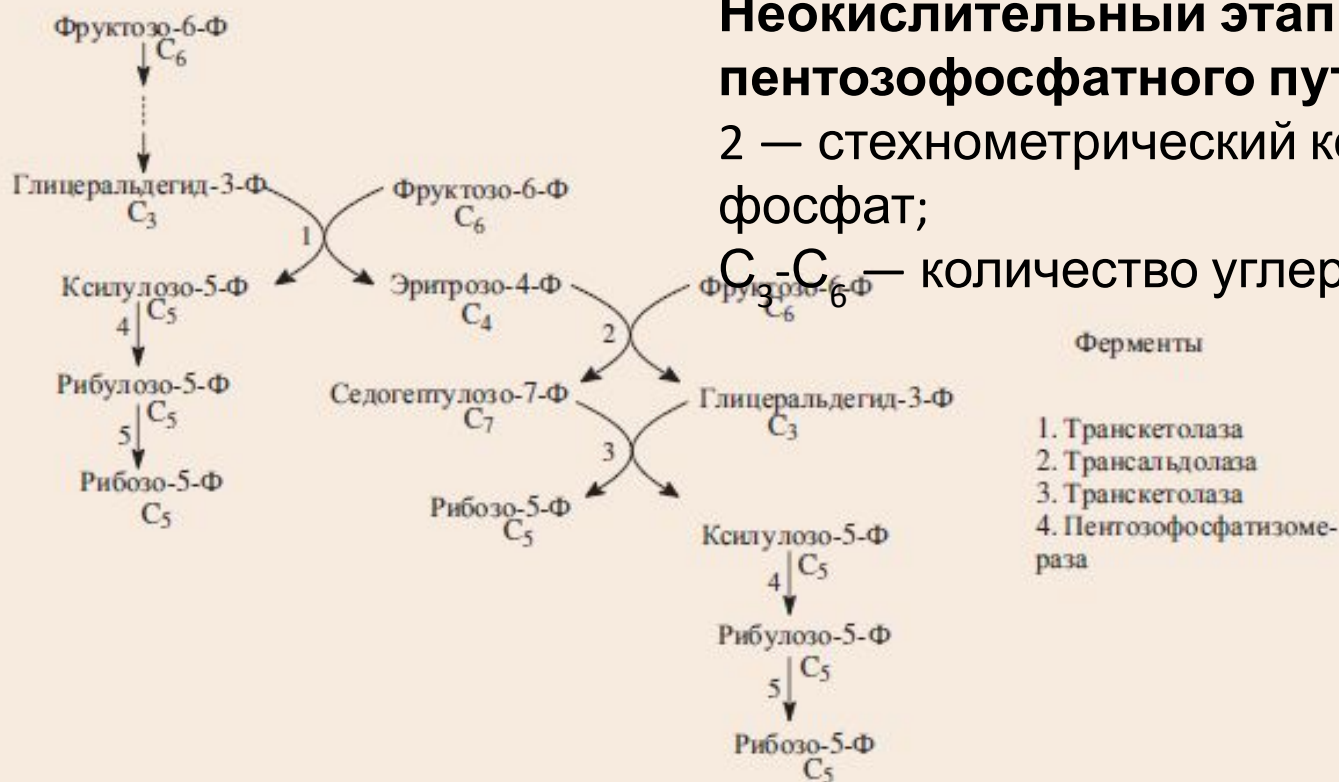
Окислительный этап пентозофосфатного пути.

Окислительный этап включает две реакции дегидрирования. Во второй из этих реакций одновременно происходит декарбоксилирование, углеродная часть

Неокислительный этап пентозофосфатного пути:

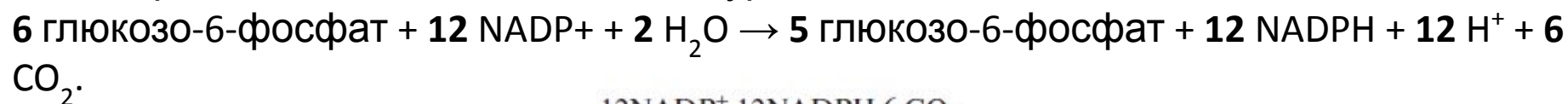
2 — стехнометрический коэффициент; Ф — фосфат;

C_3 - C_6 — количество углеродных атомов



Окислительный этап образования пентоз и неокислительный этап (путь возвращения пентоз в гексозы) составляют вместе **циклический процесс**.

Такой процесс можно описать общим уравнением:



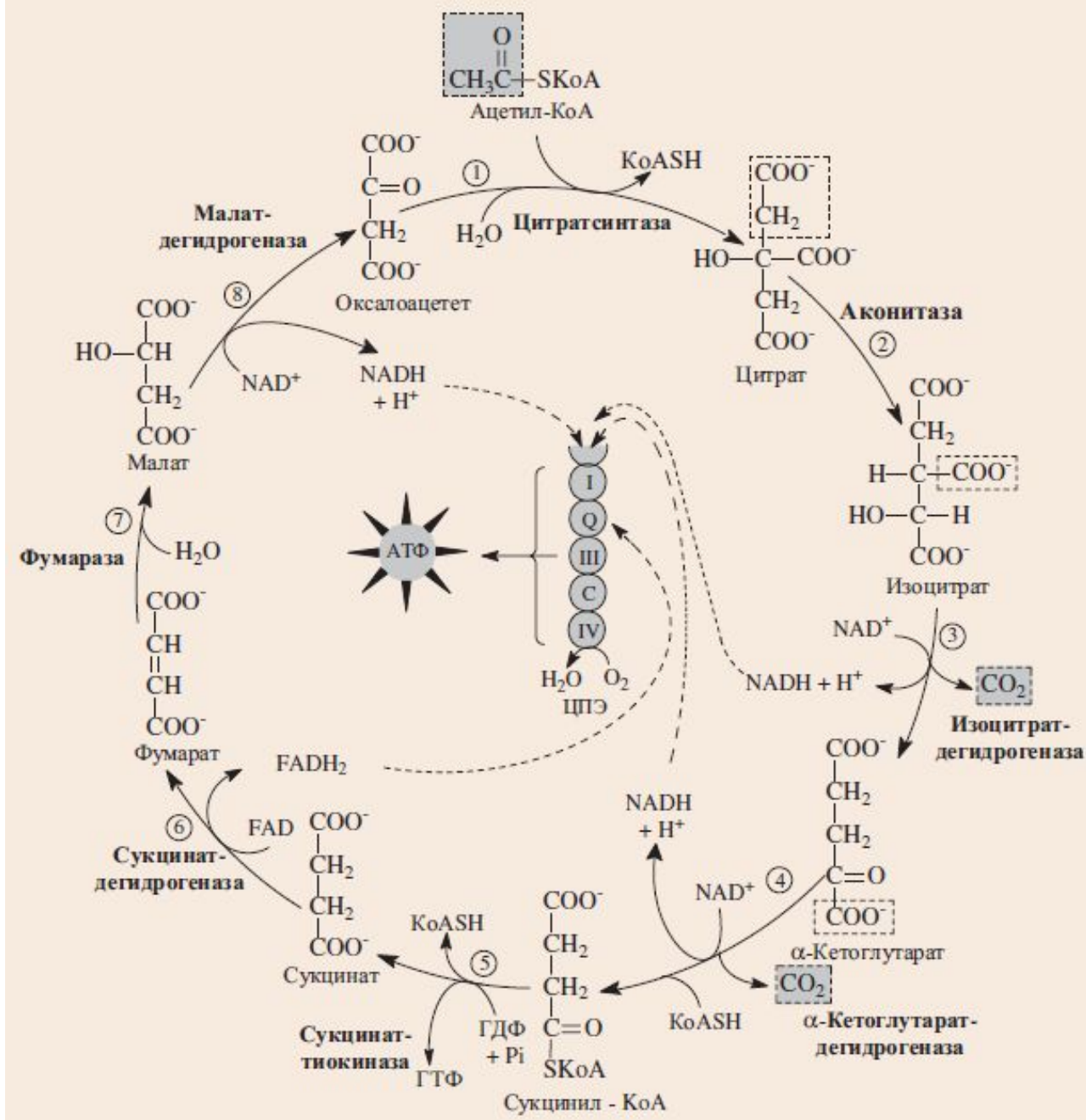
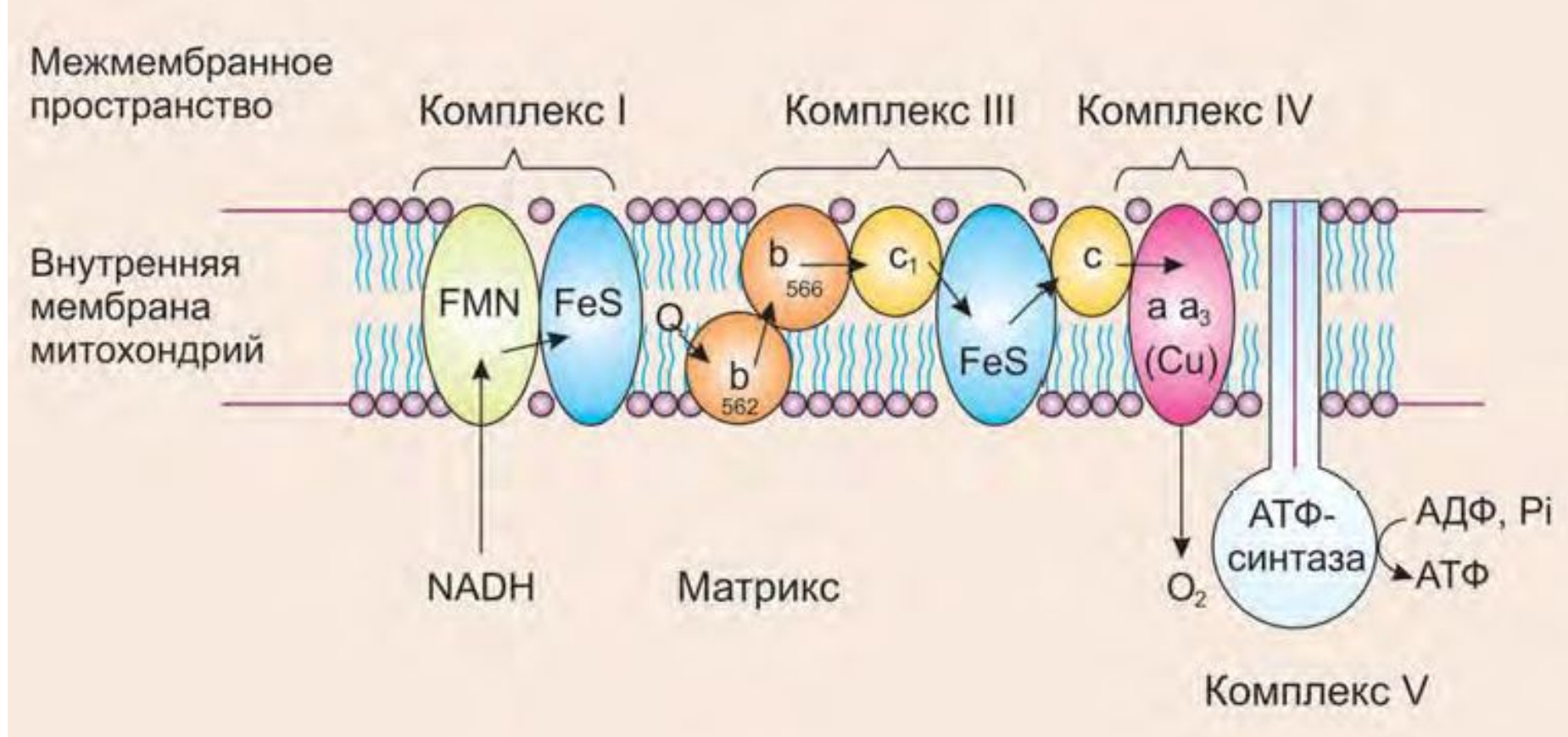


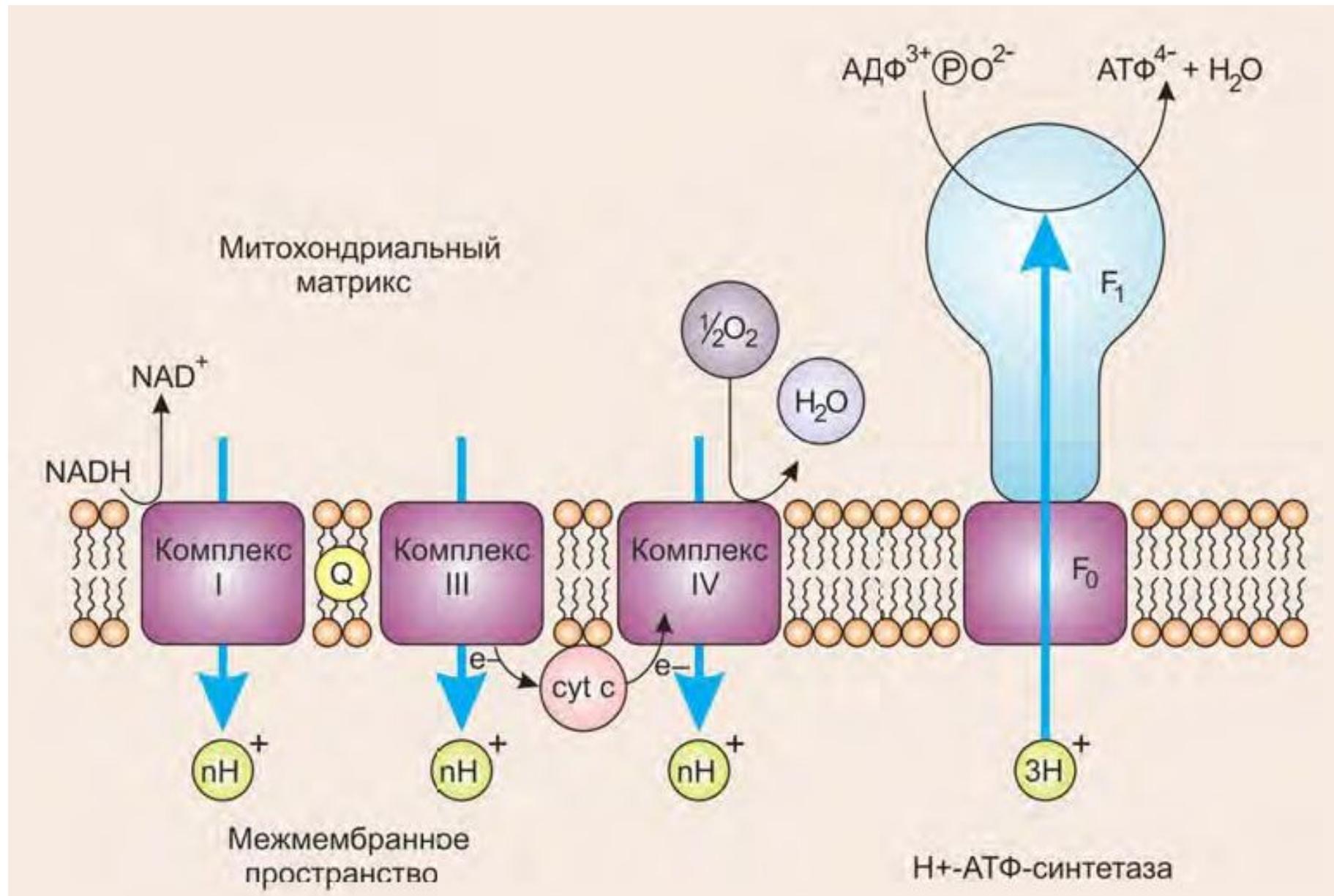
Рис. 7.6. Схема цитратного цикла:

I, III, IV — ферментативные комплексы в ЦПЭ; Q — кофермент Q; C — цитохром C

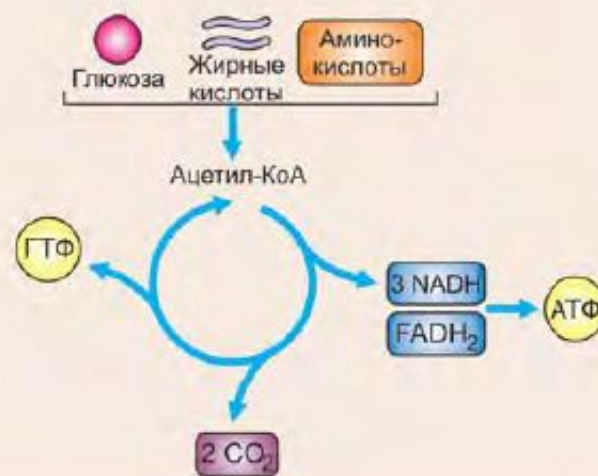


Митохондриальная цепь переноса электронов:
 I, III и IV — высокомолекулярные комплексы, расположенные во внутренней мембране митохондрий; комплекс II — сукцинатдегидрогеназа, в отличие от других FAD-зависимых дегидрогеназ локализована во внутренней мембране митохондрий, но на рисунке не представлена. Цитохром c — низкомолекулярный гемсодержащий белок, обладающий под-

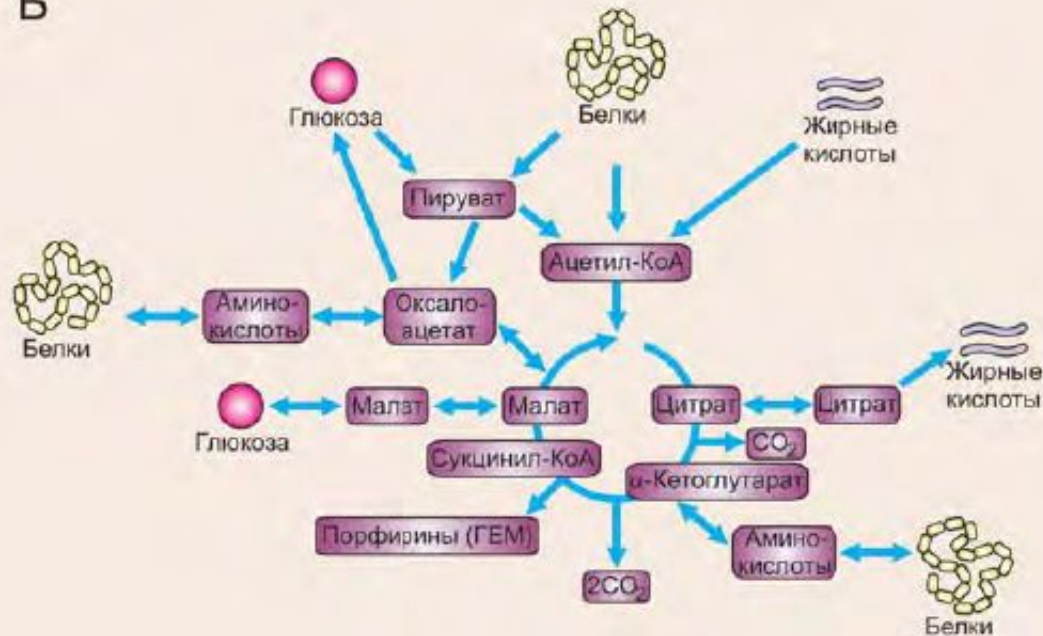
Сопряжение цепи транспорта электронов и фосфорилирования АДФ посредством протонного градиента



А



Б



Амфиболическое значение общих путей катаболизма (ОПК):

А — энергетическая роль ОПК; Б — анаболическое значение