

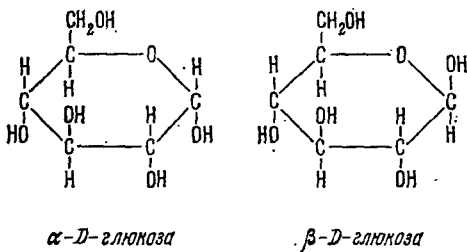
С течением времени популяция  $x_1$  станет доминирующей:

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{x_1(0)}{x_2(0)} \exp(2\alpha ct). \quad (2.26)$$

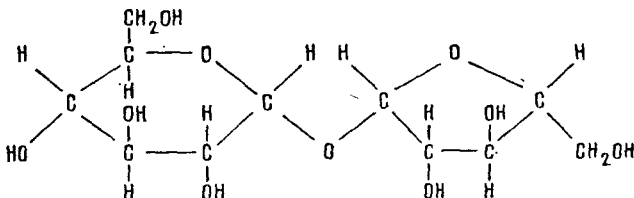
Более подробный анализ проблемы требует привлечения современной теории нелинейных систем (см. гл. 16). Последующая биологическая эволюция означает дальнейшее закрепление хиральности, так как хиральные системы имеют преимущества перед рацемическими — они более специфично взаимодействуют с окружающей средой, отличая правое от левого.

## § 2.8. Углеводы и липиды

Третий вид биополимеров — углеводы, или полисахариды, построенные из моносахаридных звеньев, имеющих в свободном состоянии брутто-формулу  $C_6H_{12}O_6$ . Моносахариды играют важнейшую роль в метаболизме растений и животных, в частности, *глюкоза*



Каждый из пяти атомов углерода в кольце асимметричен. В клетках фигурируют и дисахариды  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Приведем в качестве примера структурную формулу сахарозы (свекловичный и тростниковый сахар):



Важнейшие полисахариды — *крахмал* (две формы: *амилоза* и *амилопектин*) и *целлюлоза* в растениях, *хитин* у членистоногих, *гликоген* в организмах животных. Целлюлоза и хитин служат веществами, образующими скелет, опорные, защитные структуры. Крахмал и гликоген являются веществами, в которых запасается углерод и химическая энергия. На рис. 2.13 изображено звено амилозы. Цепи амилопектина, в отличие от амилозы, разветвлены, равно как и цепи гликогена. Полисахариды не являются

информационными текстами, их структура монотонна. Размеры и разветвленность этих макромолекул варьируют в широких пределах. М.м. амилозы из картофельного крахмала около  $10^6$  (200 глюкозных звеньев), амилопектина из рисового крахмала около  $5 \cdot 10^5$  при 80—90 разветвлениях. М.м. гликогена из мышц

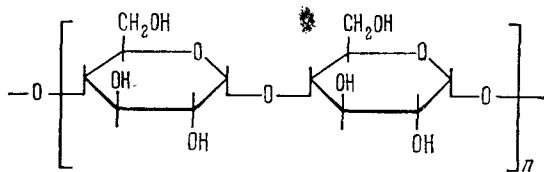


Рис. 2.13. Схема строения амилозы

$10^6$ , из печени —  $5 \cdot 10^6$ . Целлюлоза хлопка имеет м.м. порядка  $5 \cdot 10^5$ .

Полисахариды играют важную роль в наружных мембранах некоторых клеток, фигурируют в клеточных оболочках многих видов бактерий. В мембранах полисахариды находятся в комплексах с белками и липидами.

Важнейшая роль жировых веществ — липидов состоит в их обязательном участии в построении и функционировании биологических мембран. Природные жиры, относящиеся к липидам,

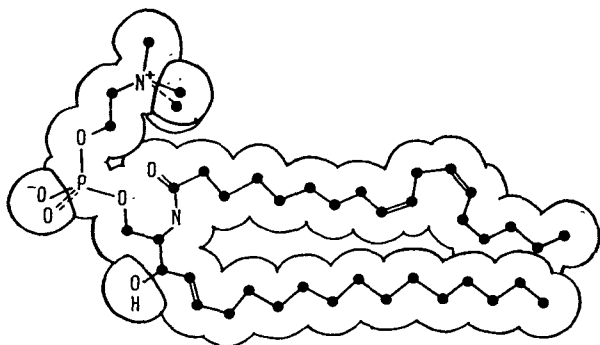
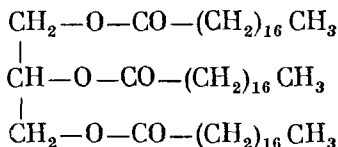


Рис. 2.14. Схема строения липида (сфингомиелина)

представляют собой триглицериды жирных кислот, т. е. их глицериновые эфиры, например триглицерид стеариновой кислоты  $\text{H}_3\text{C}(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ :



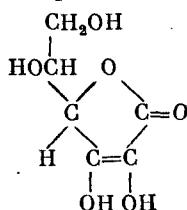
Мы видим, что эти соединения содержат длинные «хвосты» из неполярных углеводородных остатков и сильно полярные «головы» с группами —O—CO—. Функциональные липиды клеточных мембран представляют собой более сложные соединения, в состав которых могут входить и углеводные, и аминные, и алкиламинные группы. Ряд важных соединений относится к *фосфолипидам*. На рис. 2.14 изображена схема строения фосфолипида сфингомиелина. Мембранные липиды и фосфолипиды, как правило, построены из сильно полярной «головы» и двух длинных неполярных углеводородных «хвостов». Для их функции существенно присутствие в «хвостах» ненасыщенных двойных С=С-связей. Такие связи отсутствуют в животных жирах, но присутствуют в растительных. Функционирование липидов в мембранах описано в гл. 10.

### § 2.9. Кофакторы, витамины, гормоны

Метаболизм в целом, равно как и специальные свойства биополимеров в клетках регулируются специфическими малыми молекулами, относящимися к нескольким группам органических соединений. В § 2.5 уже говорилось об аденилатах.

Большая часть ферментов функционирует в комплексах с низкомолекулярными *кофакторами*, *коферментами*. Такой фермент в целом называется *холоферментом*, его белковая часть — *апоферментом*. Кофакторы разнообразны. К алифатическому ряду относятся дифосфаты углеводов и их аминокпроизводных, участвующие в реакциях переноса фосфатных групп. Среди алифатических кофакторов отметим содержащие серу липоевую кислоту и глутатион.

Необходимым участником ряда окислительно-восстановительных процессов является аскорбиновая кислота, или витамин С:



Витамины необходимы именно потому, что они служат кофакторами или преобразуются в них. Так как роль кофакторов каталитическая, они нужны организму в малых количествах.

В то время как основные цепи белков и нуклеиновых кислот, не говоря уже о полисахаридах, не являются цепями сопряженных π-связей, большинство важнейших коферментов — π-электронные сопряженные системы, содержащие ароматические циклы или гетероциклы. Таковы, как мы уже видели, аденилаты. Во флавиновых коферментах — во флавиномононуклеотиде ФМН и флавинаденидинуклеотиде ФАД фигурирует сопряженный