

т. е. количество 6—NH₂-групп в основаниях ДНК равно количеству 6—С=О-групп. Однако отношение

$$\frac{\Gamma + \text{Ц}}{\text{А} + \text{Т}} \approx \frac{\Gamma}{\text{А}} \approx \frac{\text{Ц}}{\text{Т}}$$

отлично от единицы. Оно варьирует в широких пределах у бактерий (от 0,45 до 2,8) и составляет примерно 0,45 у высших животных и растений. Видовая специфичность нуклеотидного состава ДНК была детально изучена Белозерским и его школой. Специфичность выражается не только относительным содержанием Г + Ц, но и содержанием минорных оснований.

РНК не следует правилу Чаргаффа. Отношение (Г + Ц) к (А + У) меняется в широких пределах у любых организмов.

ДНК — вещество генов — содержится в хромосомах и митохондриях клеток, а также в бактериофагах. Молекулярные массы ДНК достигают 10⁹ — это самые большие из известных молекул. РНК фигурирует в различных формах, как в ядре, так и в цитоплазме клеток, а также в вирусах и фагах. Существуют четыре типа РНК: высокомолекулярные РНК, а именно рибосомные, рРНК с м. м. порядка 10⁶ и матричные, или информационные, мРНК с м. м. от 30 000 и выше. Так как средняя м. м. рибонуклеотида равна 224, самые короткие цепи мРНК содержат примерно 150 нуклеотидов. Третий тип — транспортные тРНК с м. м. порядка 20 000, содержащие около 80 нуклеотидов. Четвертый тип — высокомолекулярные вирусные РНК.

Разработаны прекрасные методы определения первичной структуры, т. е. последовательности нуклеотидов в ДНК и РНК. Эти методы охарактеризованы в § 7.8. С их помощью «прочитаны тексты» многих генов, а также транспортных и других видов РНК. Установление первичной структуры нуклеиновой кислоты является сейчас более простой задачей, чем установление последовательности аминокислотных остатков в белке. Ряд генов уже синтезирован — впервые такой синтез провел Корана в 1970 г.

§ 2.6. Аденилаты

Мономерные фосфорилированные нуклеозиды играют важнейшую роль в метаболизме и биоэнергетике, в регуляции жизнедеятельности на молекулярном уровне. Это яркое свидетельство химического единства живой природы (с. 24), разнообразного использования клетками одних и тех же веществ. Среди нуклеозидов особенно существен аденозин. На рис. 2.6 изображена структура аденозин-5'-моно-, ди- и трифосфата (АМФ, АДФ, АТФ). АТФ является главным аккумулятором химической энергии в клетке. Эта энергия выделяется при гидролитическом отщеплении γ-фосфата в реакции АТФ → АДФ + Ф_а (Ф_а — фосфорная кислота H₃PO₄). Энергия АТФ расходуется на все нужды клетки: для биосинтеза белка, для активного транспорта веществ через мембраны, для производства механической и электриче-

ской работы и т. д. Выделяемая АТФ при отщеплении фосфата свободная энергия $\Delta G^{\circ} = 30,7$ кДж/моль. Реже используется свободная энергия других нуклеозидтрифосфатов, прежде всего ГТФ. Конечно, во всех реакциях, использующих энергию АТФ,

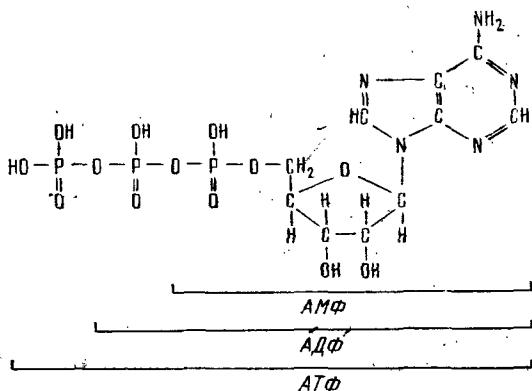


Рис. 2.6. Аденозинмоно-, ди- и трифосфат

действуют ферменты, АТФ-азы, в ряде случаев регулируемые малыми ионами. «Зарядка аккумулятора», т. е. обратная реакция $АДФ + \Phi_n \rightarrow АТФ$, происходит в процессах гликолиза, при фотосинтезе и при дыхании (окислительное фосфорилирование).

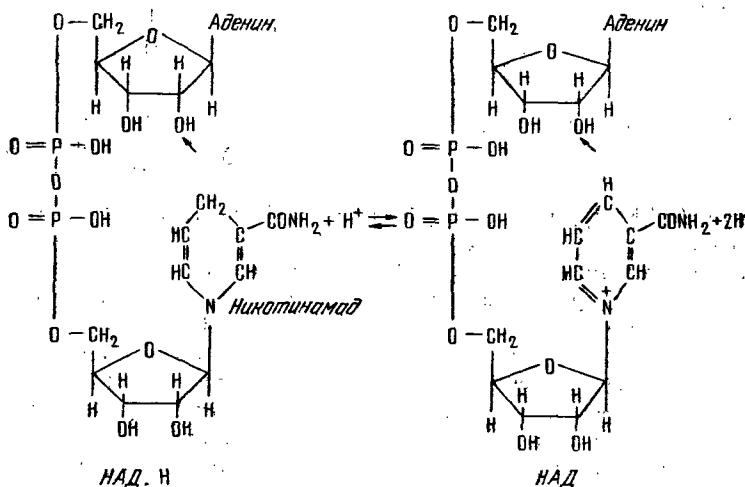


Рис. 2.7. Никотинамидадениндинуклеотид

Во всех этих процессах происходит окисление и восстановление важных коферментов НАД и НАДФ (никотинамидадениндинуклеотид и НАДФ-фосфат). НАД и НАДФ опять-таки являются аденилатами, производными аденина. На рис. 2.7 показаны взаимопревращения НАД и НАД.Н — реакция $НАД.Н + H^+ \rightleftharpoons 2H^+$

+ НАД (стрелкой указана гидроксильная группа, этерифицированная фосфатом в НАДФ и НАДФ.Н).

Метаболизм многих соединений требует их превращения в активированные производные кофермента А (КоА), из которых важнейшее — ацетилкофермент А (ацетил-КоА), показанный на рис. 2.8. Ацетил-КоА служит для переноса ацетильных групп, подобно тому как АТФ — для переноса фосфатных групп. КоА близок по строению к АТФ. Тиоэфирная связь —CH₂—S—CO— так же, как и крайние фосфатные связи в АТФ и АДФ, является энергетической — экзергонической, т. е. такой связью, при расщеплении которой выделяется свободная энергия. Величина ΔG° для гидролиза ацетил-КоА (ацетил-КоА + H₂O → уксусная кислота + КоASH) составляет -31,5 кДж/моль.

Особенно важную регуляторную роль играет еще один аденилат — *циклический аденозинмоно-*

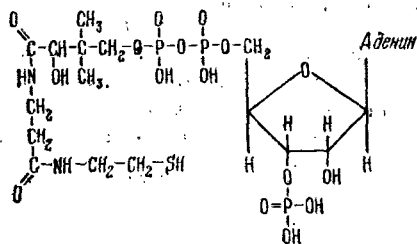


Рис. 2.8. Ацетилкофермент А

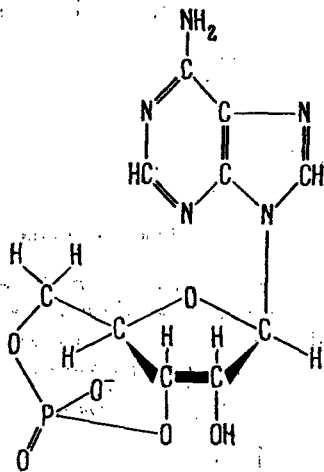


Рис. 2.9. Циклический аденозинмонофосфат

фосфат (цАМФ), который регулирует ферментативные реакции в клетках, запасующих сахара и жиры. С другой стороны, цАМФ регулирует транскрипцию генов (т. е. биосинтез белка) и служит универсальным посредником при действии ряда гормонов, в частности, адреналина (рис. 2.9). Этот аденилат присутствует в клетках в количествах, на три порядка меньших, чем АТФ; цАМФ возникает из АТФ и в свою очередь превращается в инертный нециклический АМФ. Эти малые количества цАМФ все же на два-три порядка больше количества гормона и обеспечивают более чем стократное усиление внешнего гормонального сигнала, воздействующего на клетку.

§ 2.7. Хиральность биологических молекул

подавляющее большинство сколько-нибудь сложных молекул, содержащих более чем три атома, не имеет плоскости и центра симметрии. Такие молекулы дисимметричны, хиральны. Термин