

Общество православных врачей Санкт-Петербурга
имени свт. Луки (Войно-Ясенецкого), архиепископа Крымского

Кандидат химических наук, доцент, Костенко В.Г.
Живая клетка глазами химика-органика

Представляем результаты сорокалетних трудов и раздумий автора, о том, что же собой представляет живая клетка, как она построена и как функционирует. В последние три года с Божьей помощью автору удалось все обобщить и, в конечном счете, написать книгу, которая представлена вниманию читателей.

Известно, что нет более дискуссионной проблемы, чем проблема возникновения жизни на Земле. Противостояние по этому вопросу всегда имело место между религией и воинствующим материализмом.

Примитивный материализм с начала опирался на идею самозарождения живых существ, а после того как Пастер доказал несостоятельность этой идеи, взял на вооружение эволюционное развитие материи, которая стала осуществляться после случайного возникновения, сначала некоей молекулы, способной саму себя копировать, а затем постепенно эволюция привела к возникновению протоклетки, которая дальше эволюционировала вплоть до Человека. Вершиной этих идей можно считать коацерватную теорию Опарина, развившего её в середине прошлого века.

Взгляды религии сохранялись и сохраняются в неизменном виде больше тысячи лет, признавая в вопросе о происхождении, как живой, так и неживой природы роль Творца.

В работе рассмотрен основной арсенал органических и неорганических соединений, которые участвуют в построении клеточных структур обеспечивающих жизнеспособность клетки, чтобы ответить на вопрос, как эти структуры функционируют, управляются в автоматическом режиме и как они возникли.

Трудность решения этой задачи заключается прежде всего в том, что несмотря на свою микроскопичность, клетка построена из десятков миллиардов молекул, как с большим молекулярным весом (белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды), так и мономерных молекул (вода, липиды, аминокислоты, моносахара, кислоты, ионы металлов, анионы и т.д.).

Начать это рассмотрение, так или иначе, приходится с элементарных частиц – электронов, нейтронов, протонов, атомов, катионов и анионов – именно они обеспечивают образование и разрушение химических связей, что лежит в основе процессов именуемых жизнью.

Остановимся на вопросах, касающихся строения и функционирования частиц, начиная с электрона, уже для объяснения поведения которого приходится привлекать теории, рассматривающие его одновременно и как волну, и как частицу. С этим справляется квантовая механика, хотя и ограничивается одноэлектронной системой. Для нас гораздо важнее понять, что такое химическая связь, как она возникает и как разрушается.

Как известно, простейшей химической связью является ковалентная связь. **На рисунке первом** показаны электронные облака (квантовая механика рассчитывает не орбиты электронов, а их облака) атомов водорода и образования связи между двумя атомами в молекуле водорода. Переходя к более сложным молекулам образованным с участием атома углерода (основной элемент органических соединений живых систем), мы сталкиваемся с явлением именуемым гибридизацией, что позволяет представить образование σ -связи (Sp^3 гибридизация).

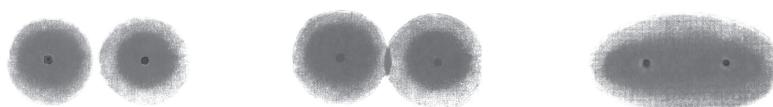


Рис. 1. *S*-электронные облака атома водорода (1) и образование двухядерной системы (2, 3).

Это простейший тип ковалентной σ -связи.

На рисунке 2 и 3 представлены электронные облака в молекулах этилена, ацетилен, бензола и бутадиена. Здесь мы имеем дело с sp^2 гибридизацией, которая имеет место при образовании π -связей.

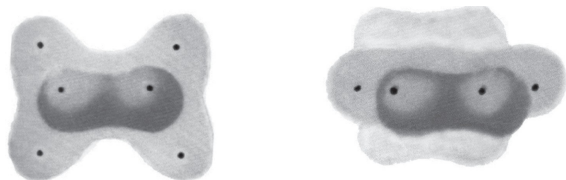


Рис. 2. Электронные облака в молекулах этилена (1) и ацетилен (2).

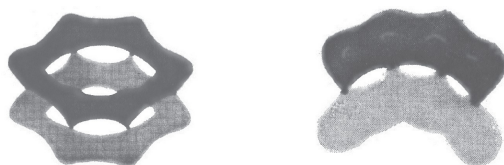


Рис. 3. Электронные облака в молекулах бензола (1) и бутадиена (2).

Известно что разрыву связей предшествует её поляризация, т.е. смещение электронного облака к одному из связываемых атомов. Чем легче смещаются облака, тем слабее связь. В общем виде σ -связи прочнее π -связи. Две π -связи, разделенные одной σ -связи, вступают в сопряжение, в результате которого смещение электронных облаков, еще более облегчается, а это ведет к усилению реакционной способности (в молекуле бутадиена рис. 3 (2)). При замыкании сопряженной системы (в молекуле бензола) как и следует ожидать, реакционная способность уменьшается. См. рис. 3 (1)

Очень важным свойством σ -связи является то, что вокруг неё возможны свободные повороты. Поэтому, если отсутствуют стерические препятствия, за счет этих поворотов возможны изменения пространственного расположения атомов или атомарных групп, что ведет к появлению, так называемых, конформационных изомеров.

Если в молекуле присутствуют электроотрицательные атомы, возникает смещение электронных облаков по σ -, π - связям с появлением дробных зарядов, ведущих к изменению физико-химических свойств молекул, что неизбежно меняет их функциональное поведение.

Итак, в живой клетке электроны участвуют в образовании систем с высокой лабильностью, необходимой, но не достаточной, для возникновения живого состояния. Нужны еще факторы, ограничивающие лабильность и направляющие процессы в определенном направлении. По-видимому, эти факторы учитывают термодинамические функции состояния.

Важнейшей функцией, в этом плане, является свободная энергия Гиббса, рассчитываемая по формуле :

$$G = H - TS$$

H – энтальпия

S – энтропия (мера упорядоченности)

Так как абсолютные величины этих функций не известны рассчитывают их изменения:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

Химикам, и тем более биологам, при оценке энтропийной составляющей, удобнее иметь дело с энтропией, данное Больцманом:

$$S = k \ln W$$

k-постоянная Больцмана

W-вероятность зависящая от множественности микросостояний.

(рис.5)

Для поддержания живого состояния в клетке, должны постоянно протекать химические реакции обеспечивающие клетку энергией и строительными блоками, участвующие в построении клеточных структур. Это достигается с одной стороны, поддержанием температуры на оптимальном уровне, с другой стороны снижением энергии активации E_a до уровня $E_{кат}$, но не более (нельзя допускать слишком быстро протекающих реакций), так как это приведет к повышению температуры, неприемлемой для живых организмов (см. рис. 6).

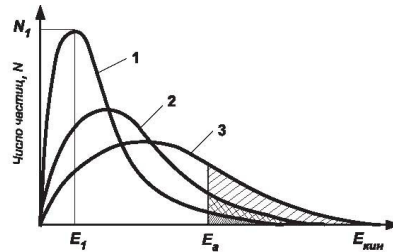
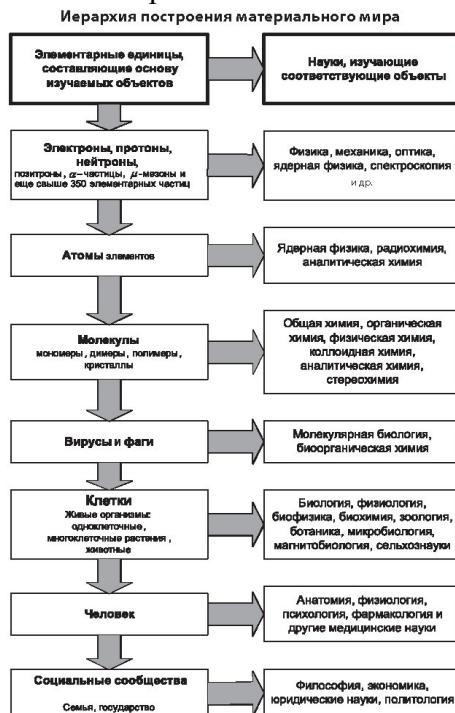


Рис. 6. Распределение частиц газа по кинетической энергии при различных температурах:
1 — T_1 ; 2 — T_2 ; 3 — T_3 ; $T_1 < T_2 < T_3$.

Обратившись к построению всех живых организмов, можно видеть, что в основе всего живого лежит клетка. На рис. 7 представлена схема отражающая иерархию построения материального мира.



Особо необходимо отметить специфику живого состояния. В 30-е годы прошлого столетия Бауер высказал предположение что в отличие от неживых систем, живые – всегда находятся в неравновесном состоянии. Он сформулировал биологический закон, который гласит: «Все живые, и только живые, системы никогда не бывают в равновесии и постоянно исполняют за счет своей свободной энергии работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих условиях»

Это отличает живые системы от неживых. При переходе от живого состояния в неживое клетка теряет (излучает) энергию: $E_i - E_t = h \Upsilon$

Отсюда **первый постулат** нашего взгляда на живую клетку: «*Живая клетка является неравновесной, высокоструктурированной, чрезвычайно динамичной элементарной единицей живой субстанции. Вне клетки жизни нет.*»

Поражает сложность строения, как животных так и растительных клеток (см. рис. 8 и 9). При этом все органеллы (компарменты) выполняют определенные функции.

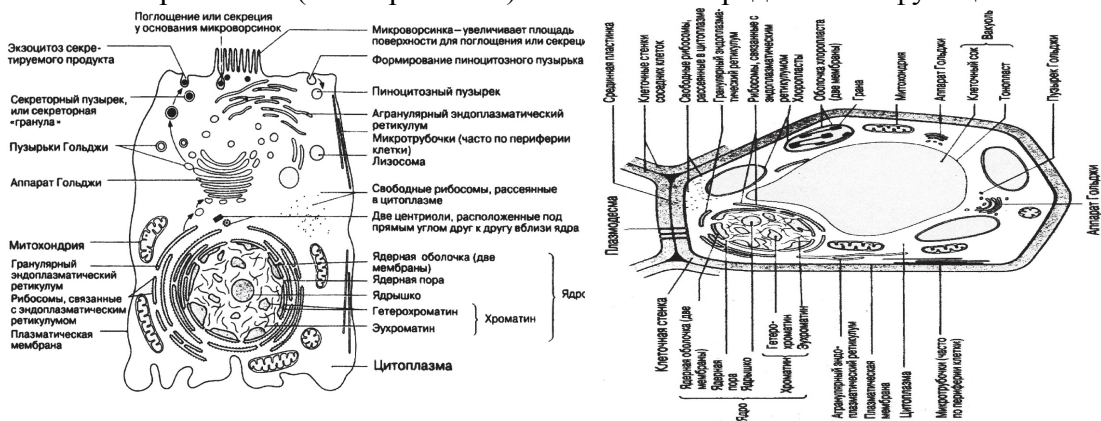


Рис. 8 и 9

На рисунке 10 изображена схема, объясняющая, как организованы ферментативные системы, позволяющие субстрату претерпевать те или иные превращения, не покидая зоны, где начинается процесс.

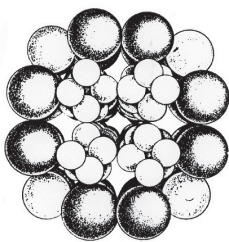


Рис.10. Модель надмолекулярной организации пируватдегидрогеназы:

64 протомера редуктазы-трансацилазы липоевой кислоты образуют центральный тетраэдр, состоящий из маленьких сферических тел; вокруг нее расположены в виде двух колец (одно над другим) 16 протомеров декарбоксилазы пирувата (большие сферы) и 8 протомеров дегидрогеназы дигидролипата (средние сферы).

Следует заметить, что авторы изображающие ферменты в виде сфер, не знали еще что на самом деле молекулы белков не сферы, а пространственные образования с бугорками, впадинами, петлями и т.д. Отсюда **второй постулат**. Структурные блоки (надмолекулярные образования) обладают многофункциональностью за счет входящих в их состав специфических катализаторов — ферментов. Каждый из блоков может

выполнять две-три и, возможно, более функций, структурно связанных между собой настолько тесно, что любое воздействие из внешней среды приводит к неспецифическому ответу клетки в целом.

Изучая морфологические изменения эритроцитов при повреждающих воздействиях на них различных факторов, было установлено, что необходим уровень АТФ при котором клетки сохраняют определенную форму. Наиболее удобно данное исследование проводить на примере эритроцитов животных, например мышей и крыс, что нами и было осуществлено в 60-е годы.

Оказалось, что при действии на эти клетки ионов ртути и кадмия, а так же при хранении эритроцитов на холоду происходит изменение их формы и они переходят из дискоидных в сферические, с потерей ими гемоглобина, т.е. они погибают (см. рис. 11)

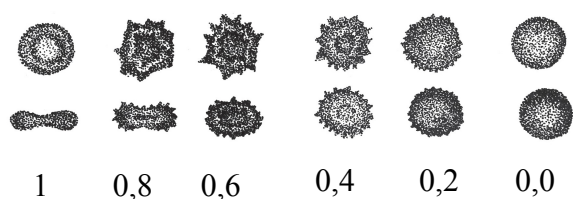


Рис. 11. Микрорисовки эритроцитов мышей в процессе их превращений «диск—сфера». Цифры внизу — принятые коэффициенты для расчета морфологического индекса. Первый ряд — вид сверху; второй — вид сбоку.

Рассчитывая морфологический индекс и контролируя параметры других изменений (потеря гемоглобина эритроцитами, их оседание) можно видеть, что все процессы взаимосвязаны (рис. 12) и неспецифичны.

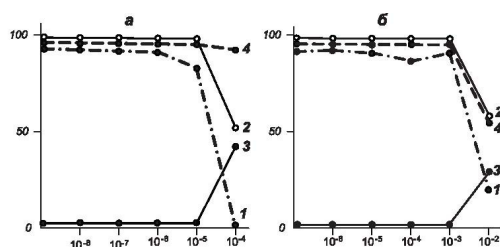


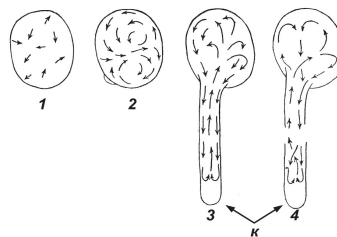
Рис. 12. Кривые изменений морфологического индекса (1), гемолиза (2 и 3) и оседания эритроцитов (4) под действием ртути (а) и кадмия (б) в течение 1 часа. По оси абсцисс — концентрация (в М) ртути (а) и кадмия (б); По оси ординат — изменения (в %) морфологического индекса (1); количество гемоглобина, вышедшего из эритроцитов (2); количество эритроцитов, полностью потерявших гемоглобин (3), и оседание эритроцитов (4). Гемоглобин определяли спектрофотометрически.

Деформируемость эритроцитов, её снижение зависит, в том числе, и от патологического состояния животного организма. Так снижение деформируемости эритроцитов имеет место при диабете. К сожалению, нет данных о поведении эритроцитов при других заболеваниях.

Нужно еще отметить характерное движение внутри клеток. Наиболее красочно это явление было описано Франком и Астаховой: «Клетки непрерывно меняют очертания, структуру на разных уровнях своей организации. Иногда подвижность клеток производит впечатление непрерывного кипения. Протоплазма движется, резко меняя скорость, и даже приостанавливается при раздражении.»

Обстоятельно этот вопрос изучен ученым Камией, подразделившим движение

клетки на ряд типов движения (см. рис. 13)



Попытки объяснить этот феномен, пока окончились неудачей.

Ответы на любые вопросы, связанные с расшифровкой механизмов жизненных процессов могут быть найдены только на базе физических и химических законов. Как ведут себя молекулы в живой клетке? Каким закономерностям подчиняются? Как построена динамическая структура живой клетки? Вот те вопросы, ответы на которые мы попытаемся получить на базе химических знаний. Тогда вытекает **третий постулат**: *«В живой клетке нет и не может быть никаких элементов, соединений, надмолекулярных образований, построенных или созданных только для обеспечения живого состояния и не подчиняющихся общим законам физики и химии.»*

Нашей задачей далее будет выяснение путей, которые приводят к возникновению особых биологических законов и закономерностей. При этом основным будет объяснение и обоснование закона Бауэра.

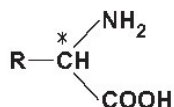
Решая эту задачу, можно идти двумя путями — первый путь тот, которым идет молекулярная биология, выясняя роль молекул и их образований, стараясь все процессы свести к молекулярному уровню.

Не отрицая важности этих знаний, нам кажется целесообразным рассмотреть второй путь, который будет базироваться на общих принципах строения молекул с использованием качественных квантово-механических подходов и обнаружения на этой основе общих принципов построения динамической структуры клетки и ее органелл.

В предисловии было отмечено, что жизнь, живая субстанция, определяется не только присутствием в ней белковых тел. Однако это не означает, что белку не принадлежит ключевая роль в обеспечении жизнедеятельности клетки. Уже в первой главе было отмечено, что белки выполняют прежде всего каталитические функции, т. е. они — биокатализаторы, именуемые ферментами. Течение всех биохимических процессов не может протекать без участия белков — ферментов. Следовательно, метаболизм не может осуществляться без них, и жить без них клетка также не может, так как метаболизм поставляет вещества, поддерживающие структуру клетки в живом состоянии. Кроме того, сами белки обеспечивают поддержание структуры клетки. Другое дело, что в этих процессах участвуют и другие соединения, но об этом речь будет идти особо.

Как же построены молекулы белков? Общеизвестно, что белковая молекула представляет собой полипептид, в состав которого в определенной последовательности входят 20 основных «магических» аминокислот.

Общая формула аминокислоты:



Аминокислоты содержат структурную группу, обладающую возможностью образовывать пептидную группировку, способную к существованию в двух формах (ковалентную и ионную). Отличаются аминокислоты друг от друга характером и величиной группировки R.

Теперь представим себе, что аминокислоты реагируют друг с другом, с отщеплением молекул воды: Тогда из остатков аминокислот образуется длинная цепь, именуемая полипептидной. Полипептидная цепь может свертываться либо в виде спирали (см. рис. 14), либо в виде бета-структур, когда цепи скрепляются водородными связями.

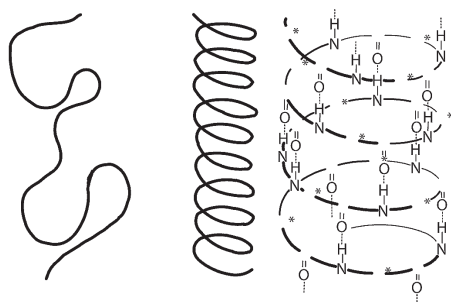


Рис. 14. Вторичная структура белка:

1 — беспорядочно свернутый клубок;

2 — α -спираль.

Последовательность аминокислот в цепи – это первичная структура (см. рис.15), альфа-спирали и бета-структуры – вторичные, а свертывание белка в глобулу – третичная структура.

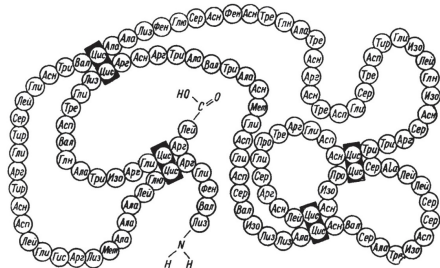


Рис. 15. Первичная структура лизоцима.

На рис. 16 показано, какие силы стабилизируют белковую глобулу.

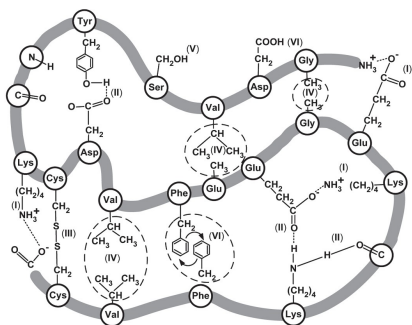


Рис. 16. Характер сил, стабилизирующих белковую молекулу: *I* — ионные связи; *II* — водородные связи; *III* — S—S-связи; *IV* — гидрофобные взаимодействия; *V* — полярные группы, остающиеся на поверхности белковой глобулы; *VI* — силы, возникающие за счет образования комплексов с переносом заряда.

Рассмотрим подробнее состояние белковой молекулы в водном растворе. Первые попытки обосновать ее состояние были предприняты еще в 1940-е гг. Бреслером и Талмудом. Решающее значение, по их представлениям, при сворачивании белковой глобулы принадлежит боковым радикалам аминокислот. В зависимости от их характера, они будут либо стремиться уйти из водного окружения (неполярные радикалы), либо остаться в водном окружении (полярные радикалы). При этом в целом глобула будет стремиться к минимуму свободной энергии.

1. При большом количестве неполярных группировок белковая молекула будет «схлопываться» в глобулу с образованием гидрофобного «ядра». Уменьшение свободной энергии происходит по двум причинам: во-первых, алкильные радикалы, группируясь, получают дополнительные степени свободы и энтропия молекулы увеличивается; во-вторых, полярные группы, оставаясь на поверхности, образуют водородные связи с молекулами воды, что приводит к увеличению энтальпии. При этом возникающие водородные связи препятствуют структурированию воды с образованием льдоподобной структуры с пониженной энтропией.

2. При очень малом количестве гидрофобных боковых цепей, естественно, преобладающими будут гидрофильные группировки, белковая молекула будет терять способность к сворачиванию в глобулу. Например, фиброин шелка, в состав которого входит 43,8% глицина (гликокола) и 26,4% аланина (самый короткий радикал), вообще не образует глобул: его полипептидная цепь остается развернутой и вытянутой в форме нити.

Обстоятельно вопрос сворачивания белковых молекул в соответствующие структуры (чаще всего глобулы) рассмотрен Кузнецовой, Форже и Туроверовым. Если последовательность аминокислот в полипептидной цепи закодирована в последовательности четырех азотистых оснований в цепи нуклеиновых кислот, то

сворачивание белковой молекулы в глобулу определяется уже последовательностью аминокислот в самой полипептидной цепи.

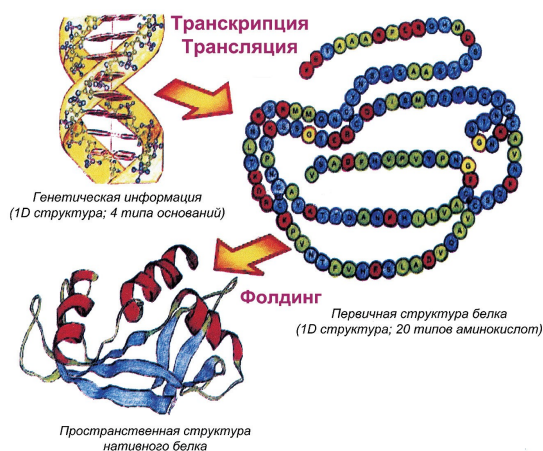


Рис. 17 Схема, иллюстрирующая место фолдинга белка в процессе биосинтеза.

Не повторяя далее всех нюансов, связанных с фолдингом белковой молекулы, которые читатель найдет в цитированных работах, отметим правоту авторов исследования, считающих, что «мерой стабильности структуры белка является свободная энергия $F = H - TS$, которая определяется его энтальпией H , т. е. энергией взаимодействия различных групп белковой молекулы, и его энтропией $s = R \ln N$ (где R — молярная газовая постоянная, T — абсолютная температура), являющейся мерой числа конформаций N , которыми данное состояние белка может быть реализовано». Эта формула практически идентична формуле Больцмана, если принять, что число конформаций N совпадает с вероятностью микросостояний W .

Приводимая авторами схема, характеризующая энергетическую поверхность при переходе белковой молекулы (рис. 18) из полностью развернутого в нативное состояние, проходя через промежуточное состояние, по-видимому, будет представлять интерес и тогда, когда мы подойдем к построению качественной модели клетки. Продолжая обсуждение свойств белка в водных растворах, согласно представлениям, развитым Шерагой с сотр., изменение термодинамических параметров при образовании белковой глобулы составляет:

ΔF от $-0,2$ до $-1,5$ ккал/моль;

ΔH от $+0,3$ до $+1,8$ ккал/моль;

ΔS от $+1,7$ до $+11,0$ ккал/моль·град.

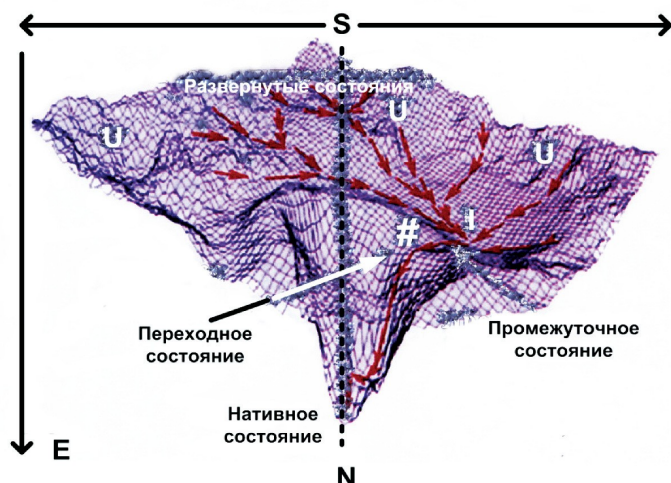


Рис. 18. Энергетическая поверхность, определяющая пути сворачивания белка в нативном состоянии.

Таким образом, выигрыш свободной энергии вполне достаточен, чтобы стабилизировать нативную структуру белковой глобулы. Гидрофобные взаимодействия с повышением температуры до 50–60° С вначале усиливаются, а затем ослабевают.

Наличие в белковой глобуле других связей (главным образом, водородных) приводит к тому, что нативная белковая глобула может существовать в определенном интервале температур с ограничениями как сверху, так и снизу.

Особо необходимо остановиться на динамике белковых молекул.

Мак-Каммон с сотр., используя кристаллографический метод, исследовали панкреатический ингибитор трипсина и сумели обнаружить изменения молекулы через $3,2 \cdot 10^{-6}$ сек. Теория динамики КК-переходов в белках наиболее полно и обстоятельно изложена в обзоре К.В. Шайтана, который, отмечая уникальные динамические свойства белка, считает, что это отличает его от любых твердых и жидких тел.

А. Б. Рубин приводит данные о временных характеристиках отдельных видов движения белковых молекул (табл. 1).

Таблица 1

Виды движения белковых молекул и их временные характеристики

Первичные события в фотосинтезе и зрении	10^{-13} – 10^{-12} сек
Локальная динамика:	
– атомов и малых групп	10^{-12} – 10^{-11} сек
– боковых цепей и сегментов полипептидных цепей	10^{-11} – 10^{-7} сек
Релаксация участков полипептидной цепи	$\sim 10^{-9}$ сек
Движения доменов и субъединиц	10^{-8} – 10^{-5} сек
Реакция переноса протона ионизируемых групп	10^{-9} – 10^{-7} сек
Развертывание участков α -спирали	10^{-8} – 10^{-6} сек
Высвобождение связанных молекул лигандов	10^{-6} – 10^{-3} сек
Кинетика сворачивания-разворачивания	10^{-4} – 10^{-2} сек
Обмен прочно связанных ионов Ca	10^{-3} – 10^{-2} сек

Все это свидетельствует о том, что сейчас уже невозможны никакие построения, объясняющие жизненные явления без учета роли динамики состояния белковых молекул.

Продемонстрировать, как это сказывается на структуре белковой глобулы, можно, обратившись к рис. 19.

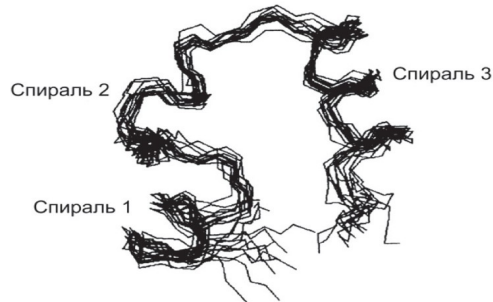


Рис. 19. Наложение 12 траекторий молекулярных движений, зафиксированных с интервалом 200 нсек.

Белковые глобулы не могли бы создать живых структур, если бы они не обладали способностью к ассоциации с мономерными компонентами. См. рис. 20 и 21 и с другими глобулами белка.

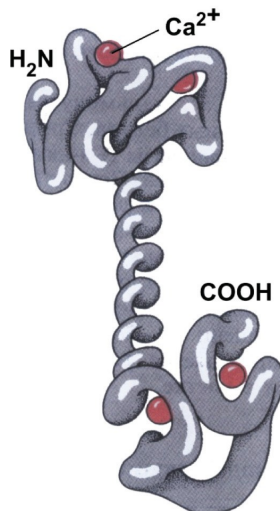


Рис. 20. Строение комплекса кальмодулина *Paramecium tetraurelia* с ионами кальция по данным рентгеноструктурного анализа.

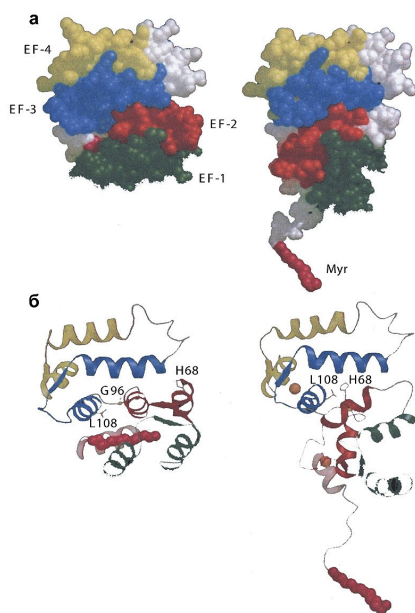


Рис. 21. Пространственная (а) и ленточная диаграмма (б) молекулы рековерина — м (справа).

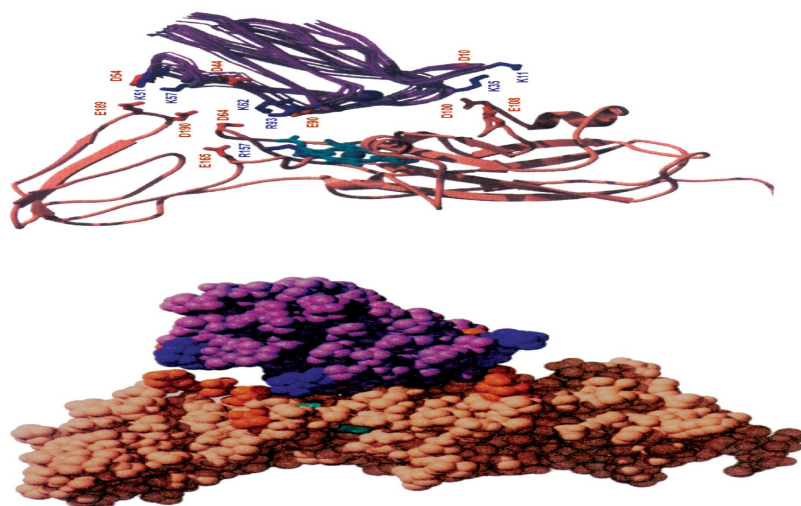


Рис. 22. Структура комплекса между цитохромом *f* и пластоцианином, выделенного из цианобактерий *Nostoc*, охарактеризованного с помощью ядерного магнитного резонанса: 1 — объёмная модель; 2 — ленточная модель.

Представляют интерес данные об изменении термодинамических параметров при ассоциации белка.

Несколько неожиданными оказались результаты по изучению изменений энтальпии и энтропии при ассоциации белковых глобул друг с другом. Оказалось, что выигрыш в свободной энергии (ее уменьшение) обусловлен, в основном, изменением энтропии.

Действительно, если ассоциируют две белковые молекулы, то часть их группировок получает дополнительные возможности для перемещения, благодаря гидрофобному взаимодействию. Кроме того освобождается часть молекул воды, находящихся в связанном состоянии за счет водородных связей с полярными радикалами, расположенными на поверхности белковых глобул. Ассоциация белковых молекул, по-видимому, будет приводить к образованию плотно упакованных структур.

Не забывая взглядов Шредингера о том, что биологические структуры представляют собой апериодические кристаллы (чаще всего смешанные), отметим, что построение клеточных структур с участием белков происходит, наиболее вероятно, по принципам плотной упаковки, когда выступ одной молекулы входит в углубление другой, как это было постулировано Китайгородским.

Нельзя представить себе функционирование белковых глобул, если бы отсутствовали их взаимодействия с витаминами, гормонами, макроэргами и если бы у нас не было возможности влиять на их свойства с помощью лекарств и ядов.

Все эти соединения в своей структуре содержат сопряжённые группировки, что позволяет им резко увеличивать лабильность электронных структур и обеспечивать метаболические преобразования веществ, поступающих в живую клетку.

Рассмотрим состояние белка в живой клетке. Количество белков в живой клетке: 10 миллиардов белков примерно 10 тысяч типов. Распределены белки не равномерно. В недавно опубликованной работе Ю-Донга и Кая приведены данные о распределении 3555 различных белков в 22 внутриклеточных органеллах пекарских дрожжей.

Табл. 2 Распределение 3555 белков в 22 внутриклеточных органеллах, согласно экспериментальным данным:

Внутриклеточная локализация	Число белков
Актин	29
Почки	23
Шейка почки	60
Периферия клетки	106
Цитоплазма	1576
Раннее Гольджи	51
Эндосома	43
Эндоплазматический ретикулум	272
Переход от эндоплазматического ретикулума к Гольджи	6
Гольджи	40
Позднее Гольджи	37
Жировые частички	19
Микротрубочки	20
Митохондрии	494
Периферия ядра	59
Ядрышко	157
Ядро	1333
Пероксисома (лизосома)	20
Полос веретена	58
Мембраны вакуолей	54
Вакуоли	129
Другие органеллы	123
Всего:	3555

Приводя данные о распределении 3555 типов белков, авторы отмечают, что часть белковых молекул может встраиваться не в одну, а в несколько органелл и тогда число включенных в них белков увеличивается до 4709. Встраиваясь в ту или иную органеллу, белковая молекула должна (неизбежно) принимать свое КК-состояние в зависимости от соответствующего окружения. При этом состояние и самой органеллы не остается постоянным.

Так, форма и размеры митохондрий изменяются при покое и активном функционировании. Мембраны перестраиваются, меняют свою проницаемость, в липидный слой встраиваются белки и т. д. Прижизненное состояние белковых молекул наблюдать крайне сложно. Поэтому постоянно возникают дискуссии о состоянии белка в живой клетке.

Излагая взгляды Бауэра на проблему «живого белка», следует отметить правоту автора, отрицавшего существование этого феномена, хотя он допускал особое «живое состояние» белковой молекулы. Последующее развитие биохимии привело к возникновению новой науки — молекулярной биологии. Основной задачей новой науки явилось решение проблем, связанных с синтезом и последующим функционированием белка.

К глубокому сожалению, на фоне выдающихся успехов новой науки, были проигнорированы выводы сторонников особого состояния белка в живой клетке, хотя

еще в 1956 г. А.С. Цыперович писал: «Белок, выделенный и очищенный даже при применении наиболее осторожных приемов, несомненно, не тождественен тому же белку в естественных условиях». Это, по-видимому, не относится к белкам-ферментам, функционирующим в пищеварительном тракте, но в этом ничего удивительного нет, так как и пепсин, и химотрипсин, и трипсин, попадая в пищеварительный тракт, внутриклеточными белками уже не являются.

Мы знаем, что белковая глобула может находиться в нативном (сразу после её синтеза) и денатурированном (не функциональном) состоянии. Денатурированная глобула интереса не представляет, и обсуждать её нет смысла.

Гораздо сложнее обстоит дело с понятием «нативное» состояние. Последнее время появились термины: «промежуточные состояния (между «нативным» и денатурированным), «ненативные» состояния (расплавленные глобулы).

Во-первых, не доказано, что «промежуточное» состояние белковой молекулы является «ненативным» белком. Промежуточных состояний может быть множество. Они отделены друг от друга очень низкими потенциальными барьерами: (примерно 3 ккал/моль). Попадая в энергетическую воронку (см. рис. 18), белок достигает минимума свободной энергии Гиббса и в этом «нативном», равновесном состоянии остаётся.

Мы уже отмечали, что эти изменения состояния молекул белка происходят миллионы-миллиарды раз в секунду. Обозначенное выше «нативное» состояние не будет позволять белку выбираться из потенциальной воронки. Значит, общепринятое представление о «нативности» противоречит фактическому поведению белка, находящегося в клетке. Как это ни парадоксально, но «ненативные» белки, по-видимому, оказываются более «нативными», так как они способны через состояние «расплавленной глобулы» принимать множественные состояния, которые так необходимы клетке при её функционировании. Чтобы синтезированные белки *de novo* не достигали равновесного «нативного» состояния, в клетке присутствуют «помощники» белка – тоже полипептиды – шапероны. Эта гипотеза была высказана ещё в 1988 году В.Е.Бычковой.

Схематически модель «нативного» состояния и состояния расплавленной глобулы представлена на **рис. 26**.

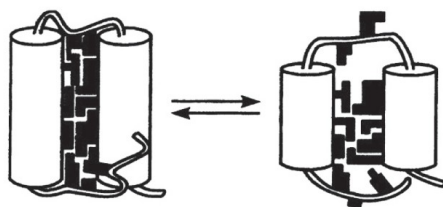
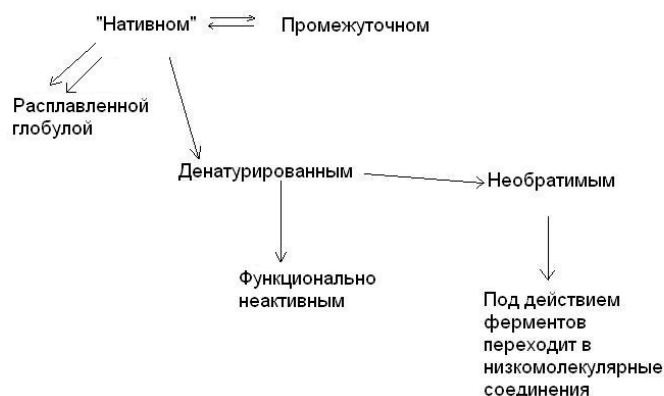


Рис. 26. Схема, отражающая состояние белка в нативном состоянии и состоянии расплавленной глобулы.

В представленной схеме все эти превращения демонстрируют переходы между перечисленными выше состояниями:



Опираясь на все вышеизложенное, сформулируем **четвертый постулат** существования белка в живой клетке.

Белок в живой клетке синтезируется в процессе транскрипции-трансляции и принимает конформационно-конфигурационную структуру, которая образуется и сохраняется за счет валентных, водородных, дисперсионных, вандерваальсовых связей, гидрофобных и электронных взаимодействий, главным образом, за счет образования комплексов с переносом заряда. Валентные связи обеспечивают сохранение сравнительно жесткого скелета макромолекулы, все остальные (слабые взаимодействия) ее пространственную форму.

Присутствие в клетке (в обязательном порядке) витаминов, гормонов, макроэргов, коферментов, особых белков-шаперонов, ионов металлов (все они содержат делокализованные электроны) приводит к тому, что молекулы белка вступают во взаимодействие с этими соединениями и приобретают такое электронно-конфигурационно-конформационное неравновесное состояние, которое обеспечивает необходимые функциональные свойства. Этому не препятствует плотная упаковка белковых глобул, так как они обладают высокой гибкостью и способностью флуктуировать в достаточно широких пределах, образуя множество микросостояний и подчиняясь закону Больцмана. $S = k \ln W$

Структурная свободная энергия Гибса (G) молекулы белка будет стремиться к минимуму согласно уравнению. $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$

Достигнуть минимума молекула может, перейдя в кристаллическое или равновесное состояние, близкое к раствору белка в воде. Однако ни в том, ни в другом случае молекулы белка не смогут обеспечивать жизнеспособность клетки.

В конечном счете белок в клетке будет флуктуировать между состоянием, определяемом изобарно-изотермическим термодинамическим потенциалом G (белок в водном растворе) и потенциалом, соответствующим белку в состоянии аperiodического кристалла.

Внешние воздействия и взаимодействие с поступающими извне и синтезируемыми самой клеткой соединениями помогают белку сохранять неравновесие с повышенной свободной энергией G, меняющейся с переходом клетки в те или иные состояния.

Как видно из приведенного постулата, состояние белка в клетке, с одной стороны, обеспечивается сложным образом, но с другой стороны ограничения, накладываемые двумя минимальными величинами свободной энергии, и присутствие в клетке необходимых «помощников», а также наличие потока внешних воздействий и условий позволяют клетке оставаться живой.

Как же строится столь важный для живой клетки белок? В настоящее время имеется большое число монографий и работ, где вопрос о биосинтезе белка разработан подробно и обстоятельно. Среди многочисленных исследователей, посвятивших этой проблеме всё своё

внимание и жизнь, несомненно, следует назвать М.В.Волькенштейна, С.Е.Бреслера, А.Б.Рубина, О.Б.Птицина, А.С.Спирина, М.Д.Франк-Каменецкого, М.И.Иванова.

Наиболее обстоятельно этот вопрос разработан в монографиях А.С.Спирина. Учитывая то, что сейчас стало ясно, что предполагавшийся ранее путь биосинтеза через самостоятельную редупликацию молекул ДНК, оказался не столь простым, в результате кристаллограф Спенсер и Иванов заявили: «Идея, что ДНК просто-напросто склад генетической информации, похоже, находится при последнем издыхании».

Возможно, что ДНК обладает не менее важной функцией – служить организующим звеном в цепи биосинтетических процессов. Основанием для этого может служить, видимо, образование структур с участием белка и ДНК. (см. рис. 28)

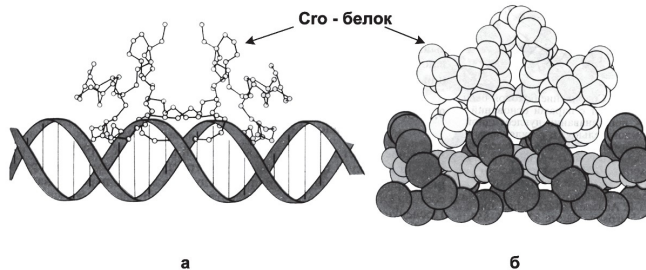


Рис. 28 Модельное изображение комплекса молекулы ДНК и белка:

а — в форме ленты;

б — с использованием метода Монте-Карло.

Тогда, **пятый постулат**:

Нуклеиновые кислоты (РНК и ДНК) благодаря высокой стереорегулярности выполняют в живой клетке, прежде всего, организующую роль. Образуя упорядоченные структуры, близкие по строению к кристаллам, они стимулируют образование кристаллоподобных органелл (ядро, ядрышко, хромосомы, хромопротеиды), которые оказывают управляющее влияние на все процессы жизнеобеспечения клетки. Благодаря способности к флуктуационным движениям, перестройкам с переходом от одного микросостояния к другому нуклеиновые кислоты не уменьшают значительно энтропийной составляющей структурной свободной энергии.

Таким образом, как и в случае белковых молекул, молекулы нуклеиновых кислот, стремясь к минимуму свободной энергии $\Delta F -- \Delta H - T\Delta S$, обеспечивают положительный характер ΔS , подчиняясь уравнению Больцмана $S = k \ln W$, благодаря большому числу микросостояний W .

Несомненно, вода играет незаменимую роль в поддержании живого состояния клетки. Так, прежде всего, структура воды в клетке позволяет в 100 раз увеличить скорость перемещения ионов водорода по цепочке структурированной воды (например, во льду). Если теперь учесть, что благодаря свойству молекул воды осуществлять водородные связи со своими соседями, в воде возможно возникновение 6-членных колец, напоминающих соответствующие кольца, образуемые атомами углерода. См. рис. 30

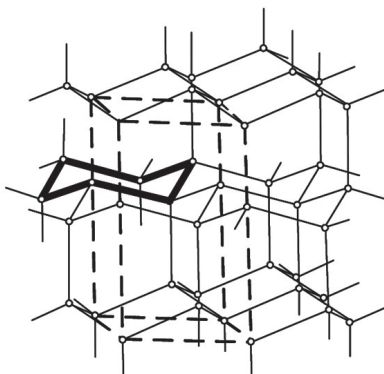


Рис. 30. Расположение атомов кислорода во льду.

Итак, сформулируем **шестой постулат**:

Вода в клетке выполняет множественные функции, главная из которых — это участие в образовании функционирующих структур.

Ни одна из органелл клетки не может функционировать в отсутствие воды, которая обеспечивает укладку цепей белковых глобул и молекул нуклеиновых кислот в состояние, которое необходимо клетке для ее жизнеобеспечения, без воды не может быть обеспечена необходимая подвижность компонентов клетки.

В ряде компартментов клетки (цитоплазма, лизосомы и т. д.) вода является растворителем и участвует во всех биохимических процессах, непрерывно протекающих в клетке. Снижение содержания воды ниже допустимого уровня ведет к немедленной гибели клетки.

Роль катионов и анионов для обеспечения жизнедеятельности клеток, неизмеримо велика, хотя трудно сформулировать общие задачи, в решении которых они участвуют. Исходя из общих соображений все элементы, присутствующие в клетке, можно условно подразделить на макро- и микроэлементы. Какие именно элементы присутствуют в организме человека, показано в **табл. 3**:

Содержание химических элементов в организме человека

Массовая доля, %	Химические элементы, масс. доля в %
10 и более	O (62), C (21), H (10)
1 ⁻¹⁰	N (3), Ca (2), P (1)
0,01–1	K (0,23), S (0,16), Cl (0,1), Na (0,08), Mg (0,027), Fe (0,01)
10 ⁻³ –10 ⁻²	Zn, Sr
10 ⁻⁴ –10 ⁻³	Cu, Co, Br, Cs, Si
10 ⁻⁵ –10 ⁻³	I
10 ⁻⁵ –10 ⁻⁴	Mn, V, B, Cr, Al, Ba
10 ⁻⁴ –10 ⁻³	Mo, Pb, Ti
10 ⁻⁷ –10 ⁻⁴	Be, Ag
10 ⁻⁴ –10 ⁻⁵	Ni, Ga, Ge, As, Hg, Bi
10 ⁻⁷ –10 ⁻⁵	Se, Sb, U
10 ⁻⁷ –10 ⁻⁶	Th
10 ⁻¹² –10 ⁻⁴	Ru

Седьмой постулат:

Ионы металлов клетка аккумулирует несколькими путями: за счет пассивной диффузии, разности электрохимических потенциалов, с участием специфических переносчиков и АТФ-азных активностей, именуемых «насосами», а также управляемых ионных каналов. Множественность путей перемещения ионов необходима клетке, чтобы поддерживать ионный гомеостаз, который требуется для сохранения структуры живого состояния. Попав в клетку, ионы металлов выполняют в ней множественные функции, главная из которых создание и сохранение ее специфической функционирующей структуры. Это достигается либо при участии валентных связей с образованием специфических соединений, таких как витамин B12 (Co²⁺), гемоглобин и миоглобин (Fe²⁺), хлорофилл (Mg²⁺), либо путем встраивания в белковую глобулу с обеспечением ее функционального состояния (Ca²⁺). Одновалентные катионы (K⁺, Na⁺, Li⁺) участвуют в поддержании общей структуры цитоплазмы, влияя, в первую очередь, на структуру внутриклеточной

воды. Таким образом, целенаправленный метаболизм живой клетки осуществляется и регулируется с участием ионов.

Рассматривая проблемы переноса ионов из внешней среды в клетку, столкнулись с участием мембран в этом процессе. Теперь логично остановиться, прежде всего, на химической структуре соединений, которые входят в состав мембран и создают основу для пространственного построения этих поверхностных и разграничительных образований.

Согласно представлениям А. А. Болдырева с сотр., главными компонентами мембран являются белки (40–60%) и липиды (60–40%). В составе последних преобладают фосфолипиды и триглицериды, затем производные аминокислот и стероиды. Встречаются в мембранах также углеводы, как правило, олигосахара и их производные с липидами (гликолипиды) и белками (гликопротеины).

По представлению Лодиша и Ротмена, плазматическая мембрана выглядит так, как представлено на рис. 33, где четко видны все компоненты: липиды, интегральные и периферийные белки, углеводы. Строение мембран асимметрично: углеводы всегда находятся на внешней поверхности, а периферийные белки, как правило, на внутренней — цитоплазматической.

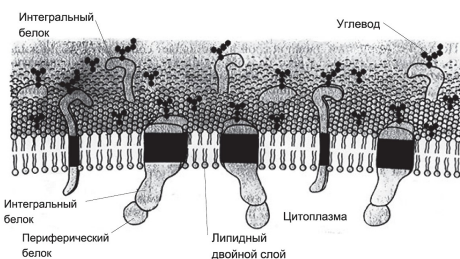


Рис. 33. Модель плазматической мембраны.

Эта асимметрия возникает и сохраняется благодаря тому, что встраивание белка в липидный бислой происходит со стороны цитоплазмы, где белки синтезируются. Естественно, гидрофильные молекулы углеводов подстраиваются с внешней стороны клетки, где они обычно и находятся.

По-видимому, проблема мембранообразования еще слишком мало разработана и требует основательных исследований для ее разрешения, тем более, что представления о строении мембран еще нельзя считать окончательно сложившимися и завершенными.

Если обратиться к динамике представлений по этому вопросу (рис. 34), приведенной в работе А. Б. Рубина, видно, что первоначальная модель Даниэли и Даусона, предложенная в 1935 г., претерпела многочисленные преобразования, зависящие, видимо, от субъективных и объективных причин: выбор объектов исследования и т. д. На вопрос, поставленный Рубиным (см. рис. 34), можно в качестве ответа предложить модель мембраны Лодиша и Ротмена (рис. 33).

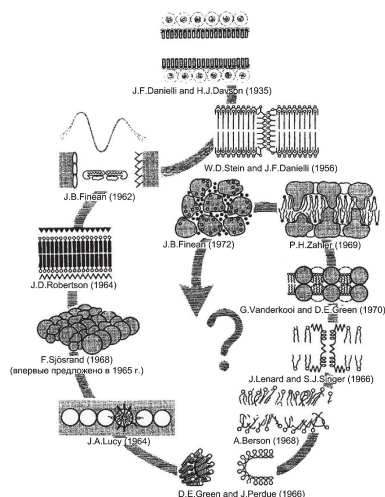


Рис. 34. Схема, иллюстрирующая временную и авторскую динамику представлений о структуре мембран.

Итак, сформулируем восьмой постулат.

Мембраны, окружающие клетку, построены из недетерминированных (кроме белка) соединений, множественность которых позволяет клетке быстро приспосабливаться к меняющемуся составу окружающей среды. Благодаря тесной связи мембран и внутриклеточного содержимого (встраивающиеся в мембраны белки те же, что и белки, функционирующие внутри клетки), мембраны «сортируют» («хроматографируют») все вещества в зависимости от потребностей строения, функционирования и поддержания живого состояния клетки, что достигается, в том числе и посредством участия мембран в процессе регуляции внутриклеточного метаболизма, направленного на синтез макроэргических соединений, также необходимых для создания и функционирования живой структуры.

Когда речь идет о клетках сложного организма, создается впечатление, что клетка функционирует в соответствии с сигналами, поступающими извне. Действительно, такие сигналы существуют: электрические импульсы, посылаемые нервной системой; гормоны, взаимодействующие с рецепторами клетки и т. д. Однако живая клетка должна «уметь» сохранять свою структуру, строго направленные метаболические и катаболические процессы, способность определенным (специфическим и неспецифическим) образом реагировать на поступающие сигналы и воздействия окружающей среды. И это все при условии, что в клетке присутствуют 10 млрд молекул только белка (как минимум 10 тыс видов).

Мы знаем, что клетка часто должна отвечать немедленно на те или иные воздействия окружающей среды в течение долей секунды. В таком случае наши построения, объясняющие феномен авторегуляции с привлечением рецепторов, индукторов, эффекторов, ингибиторов, посредников, мессенджеров и всего остального арсенала, которым располагают цитологи, биохимики, биофизики и другие специалисты, изучающие функционирование живой клетки, выглядят очень впечатляюще, но вряд ли соответствуют истинной картине авторегуляторного процесса. Задача осложняется еще и тем, что клетка, переходя в то или иное новое состояние, должна вернуться (в те же доли секунды) в исходное положение, чтобы быть готовой к новым взаимодействиям с окружающей средой.

Естественно, что все, изложенное в предыдущих главах о структуре белка, можно полностью отнести и к ферментам. Будучи катализаторами химических превращений, имеющих место в живой клетке, они составляют основу авторегуляторных механизмов, без которых невозможно ее существование и функционирование. Первой попыткой объяснить механизм действия фермента была

гипотеза, рассматривающая систему фермент—субстрат по подобию ключ—замок, т. е. такой альянс, когда изломы, имеющиеся в молекуле фермента, полностью зеркально соответствуют изломам в молекуле субстрата. Уже в 1960-е гг. Кошланд говорил об индуцированном соответствии молекул фермента и субстрата: «...сам субстрат взаимодействует с ферментом таким образом, что создается необходимое расположение каталитических групп, в результате чего становится возможным ферментативное воздействие на субстрат. Таким образом, в этой теории сохраняется требование пространственного соответствия, характерное для теории «шаблона», но вводится дополнительное условие индуцированного изменения белковой структуры фермента».

Наглядное представление об образовании фермент-субстратного комплекса можно почерпнуть из **рис. 35**, взятого из фундаментального руководства по биохимии Л. Страйера.

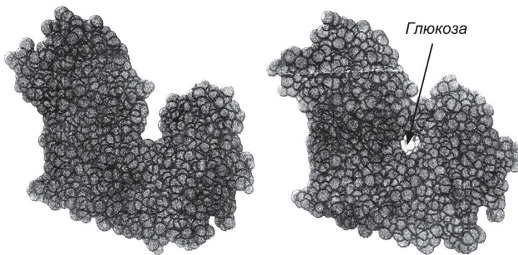


Рис. 35. Конформация гексокиназы значительно изменяется при связывании глюкозы (показано стрелкой). Две доли фермента сближаются и окружают субстрат. В качестве примера превращения глюкозы в аденозинтрифосфорную кислоту (АТФ) можно представить себе из рис. 36.

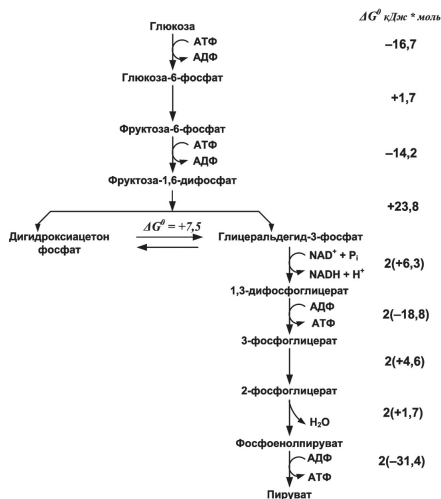


Рис. 36. Гликолитический путь превращения глюкозы в пируват с образованием АТФ. ΔG° для реакций от глицеральдегид-3-фосфата к пирувату умножается на 2, так как из моля глюкозы образуется по 2 моля АТФ.

Отсюда девятый постулат:

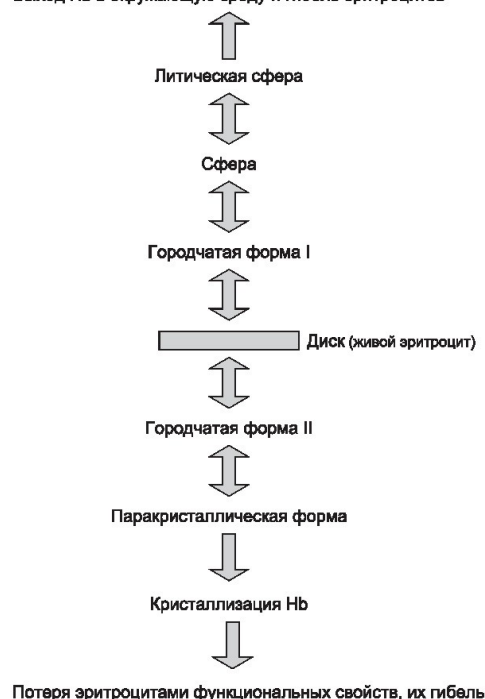
Белки-ферменты и их комплексы, обладая высокой динамичностью, способны, вступая во взаимодействие с комплементарными к активным центрам ферментов (возможны изменения ККЭВ) субстратами, катализировать превращение органических веществ с образованием необходимых клетке соединений. Эти превращения целенаправленно ведут к формированию макроэргических соединений (АТФ, ГТФ, ЦТФ, фосфоенолпируват, креатинфосфат, ацетилкофермент А), которые, встраиваясь в молекулу белка (с участием π, π - и π, π - сопряженных фрагментов), приводят к повышенной делокализации электронов в

Наверное, настала очередь попытаться построить модель клетки.

Создание модели в современном понимании — это приближение к такому построению, которое позволит с использованием компьютерной техники рассчитывать и предсказывать поведение объекта. Мы уже отмечали, что сегодня еще не создана физико-математическая теория живых систем. Будет ли она создана в ближайшем будущем, предсказать пока невозможно, поэтому ограничимся качественным подходом к этой задаче. Заранее оговорим, что это всего лишь попытка понять, как построена и функционирует клетка. Эта попытка была предпринята нами еще в 1970 г. В основу построения данной модели было взято поведение эритроцитов теплокровных животных. Наблюдали поведение эритроцитов мышей и крыс в фазово-контрастном микроскопе, фиксируя изменения их формы под воздействием ионов тяжелых металлов (Hg^{2+} , Cd^{2+}). Ниже представлена схема, обобщающая данные Пондера и результаты наших исследований.

Формы эритроцитов млекопитающих и их гемолиз

Выход Hb в окружающую среду и гибель эритроцитов



Таким образом, на примере этих простейших клеток видим, что их разупорядочивание, и переход к кристаллическому состоянию ведет к их гибели.

Если теперь мы попытались бы изобразить в качестве рисунка обсуждаемую модель клетки, то нам пришлось бы создавать мультфильм, который отражал бы всю динамичность процессов, непрерывно меняющихся, в зависимости от условий окружающей среды. При этом, как мы видели, сдвиги структуры тут же приводят к изменению функций внутриклеточных компонентов, что сразу же ведет либо к возврату к исходному неравновесному состоянию, либо к переходу структуры в новое состояние (также неравновесное), соответствующее новым условиям окружающей среды и т. д. Так что, ограничимся словесным описанием модели.

Итак, десятый постулат (модель живой клетки):

Живая клетка строится и функционирует в соответствии с физическими и физико-химическими законами, но с учетом целесообразности, не присущей этим законам.

Для того чтобы обеспечить сохранение живого состояния, структура клетки включает элементы, вызывающие противоположно направленные процессы. Так, плотная упаковка молекул способствует кристаллизации внутриклеточного содержимого. В этом же направлении действуют стереорегулярность полипептидных цепей, нитей нуклеиновых кислот и полисахаридов, способных к образованию водородных связей, организующее строение липидного бислоя и структурирующая способность воды. С другой стороны, в белках этому процессу сопротивляются боковые радикалы аминокислот, обладающие различной полярностью, а также пролин и оксипролин, поворачивающие цепи на 120°, стремление нитей нуклеиновых кислот образовывать кинки, петли, циклы и т. д., гидрофобные группировки липидов, обладающие высокой конформационной гибкостью.

К свойствам структуры живой клетки относится асимметричное построение важнейших ее компонентов. Аминокислоты содержат хиральные C-атомы L-ряда и

недопустимо участие тех же атомов из D-ряда. Прямо противоположное требование к C-атомам углеводных компонентов.

Все процессы образования структуры живой клетки идут в направлении уменьшения свободной структурной энергии Гиббса. В таком случае величина этой функции для структуры в клетке может достигнуть минимума либо перейдя в равновесие, сходное с водным раствором компонентов клетки, либо в кристаллическое состояние, сходное с «апериодическим кристаллом». И в том, и в другом случае клетка гибнет. Чтобы этого не произошло, структура клетки должна обладать чрезвычайно высокой лабильностью, маневрируя между двумя этими состояниями.

Динамичность построений клетки обеспечивается наличием большого количества π, π - и π, π -сопряженных систем (в молекулах белков, нуклеиновых кислот, витаминов, гормонов, коферментов), блуждающих, одиночных π -связей, образующих короткие и кратко живущие сопряженные системы (в молекулах липидов), что обеспечивает высокую лабильность электронов. К подвижности и изменчивости структур приводят возможности конформационных и сопровождающих их конфигурационных изменений большинства молекул, участвующих в построении и функционировании живой клетки. Эти изменения влекут за собой переходы в новые электронные состояния и взаимодействия.

Благодаря этой изменчивости структур имеется возможность возникновения множественности микросостояний каждого компонента, участвующего в жизнеобеспеченности клетки, что, согласно формуле Больцмана, увеличивает энтропийную составляющую свободной энергии Гиббса.

Рассматривая метаболизирующую клетку как открытую систему, можно констатировать, что все химические реакции протекают при каталитическом участии белков-ферментов в строго заданных рамках, когда все синтетические и гидролитические процессы направлены прежде всего на поддержание нужного концентрационного уровня соединений, содержащих все те же высоколабильные вещества с π, π - и π, π -сопряженными системами. В этом смысл метаболизма, так как гидролиз макроэргических связей, содержащихся в молекулах упомянутых соединений, обеспечивает энергией перенос ионов против электрохимического потенциала, совершение организмом работы, протекание реакций с положительным значением энергии Гиббса, функционирование систем, обеспечивающих селективность передвижения любых веществ, поступающих в клетку, и, в конечном счете, сохранение химического гомеостаза, необходимого для сохранения живого состояния клетки.

Итак, мы имеем, с одной стороны, высочайшую специфичность структур компонентов клетки, с другой стороны, неспецифический ответ целостной клеточной структуры. еобозримое количество соединений, участвующих в образовании функционирующих компартментов живой клетки, с неизбежностью требует учета статистического характера жизнеобеспечивающих процессов, самопроизвольно и мгновенно настраивающихся на любые изменения окружающей среды.

Теперь остаётся решить вопрос, о том, как возникла живая клетка, что связано с возникновением жизни вообще.

Почему мы должны хотя бы кратко осветить этот вопрос?

Дело в том, что нельзя принять ту или иную точку зрения, объясняющую построение и функционирование живых структур, и не ответить на вопрос: как эти структуры возникли.

Ожесточенные споры и дискуссии между разными представителями общества часто плачевно заканчивались для тех, кто отстаивал точку зрения, отличавшуюся от таковой господствующей в то время политической прослойки.

Недавно вышел обширный обзор Т. Г. Грушевицкой и А. П. Садохина, в котором подведен итог многовековых споров о проблеме происхождения жизни. Они пишут: «Попытки решить этот важнейший вопрос предпринимались философами и учеными на протяжении многих веков. Своими корнями они уходят в эпоху античности. С тех пор

прошло более двух с половиной тысяч лет, но в биологии существует лишь шесть концепций, объясняющих происхождение жизни:

- креационизм — сотворение жизни Богом;
- концепция стационарного состояния — идея вечности жизни;
- концепция многократного зарождения живого из неживого;
- концепция панспермии — возникновение жизни из космоса;
- случайное однократное происхождение жизни;
- закономерное происхождение жизни путем химической эволюции».

Авторы далее признают, что креационизм имеет наиболее длительную историю и продолжает привлекать внимание множества сторонников, в том числе и ученых. В то же время противники концепции заявляют, что креационизм антинаучен.

Однако это противостояние, длившееся веками между наукой и религией, сейчас постепенно сглаживается. Согласно взглядам знаменитого хирурга, ученого с мировым именем В. Ф. Войно-Ясенецкого (святителя Луки) противоречий между этими двумя сторонами человеческого познания вообще не должно быть, так как они касаются разных сторон окружающего нас мира.

Сопоставлять или противопоставлять их, по меньшей мере, некорректно. Религиозные представления основаны на вере. Наука же базируется на фактах и явлениях, наблюдаемых визуально или с помощью тех или иных приборов.

Столкновения и противоречия между наукой и религией всегда имели место только тогда, когда заходила речь о происхождении всего сущего, в том числе, живой субстанции. Можно ли, руководствуясь научными данными, опровергнуть утверждения Символа Веры о Творце, заменив их незыблемыми законами, открытыми наукой?

Сейчас уже можно считать доказанным, что органические соединения, даже такие, как аминокислоты, липиды, углеводы и нуклеотиды могут быть образованы под действием физических факторов, имеющих место в первичных условиях Земли: радиация, электрические разряды, высокая температура, отсутствие кислорода в атмосфере и т. д. Не оспаривая этих данных и представлений, обратим внимание на принципиальные отличия смесей органических веществ, возникающих под действием вышеупомянутых физических факторов, от тех же веществ, выделяемых из объектов биологического происхождения. На **рис. 38** (1 и 2) приведены газовые хроматограммы суммарных соединений, получаемых из различных смесей.

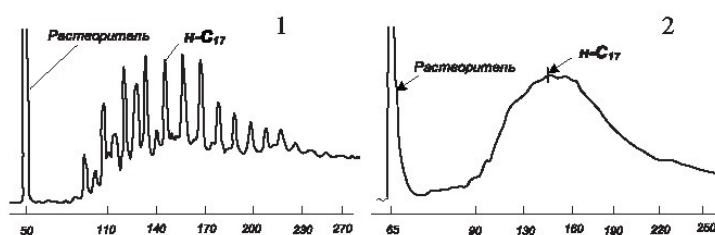


Рис. 38. Газовые хроматограммы гексановых фракций из сланца Посидоний (1) и продуктов разряда в метане (2)

Легко видеть, что никакой избирательности и специфичности в образовании этих соединений под действием физических и химических факторов нет и в помине и, конечно, не может быть. Для того, чтобы из таких смесей избирательно возникли вещества, присутствующие в объектах биологического происхождения, действительно, нужна эволюция, направленная на достижение определенной цели, которой нет у физико-химических систем.

В конечном счете, хотим мы этого или нет, следует согласиться с тем, что живая клетка не могла возникнуть самопроизвольно из неживой материи в результате несуществующей «химической эволюции». Сторонникам эволюционного возникновения живой клетки следует признать, что их представления об эволюционном происхождении

живого базируются на их собственной вере, но не в Творца, а в несуществующую «эволюцию».

Если мы теперь постараемся вникнуть в смысл десятого постулата, который обозначен нами как качественная модель живой клетки, то сразу бросается в глаза взаимосвязь и взаимозависимость всех свойств структурных компонентов клетки. Только целостная структура клетки, построенная по изложенным принципам, может быть живой.

Отсутствие или исчезновение, казалось бы, незначительного элемента в структуре клетки будет приводить неизбежно к ее гибели. Без участия Творца, который создал именно такое построение и вдохнул бы жизнь в это создание, невозможно представить и обосновать возникновение живой клетки.

В живую клетку гениально вложено, с одной стороны, стремление к упорядоченному расположению плотно упакованных структур с минимальной свободной энергией Гиббса, с другой стороны, флуктуации микросостояний белковых молекул обеспечивают максимальную величину энтропийной составляющей этой энергии.

Не менее захватывающую картину мы наблюдаем, когда рассматриваем соотношение структуры и функции в живой клетке. Известно, что ни одна неживая система не обладает способностью синхронного изменения этих свойств. Изменение живой структуры не может не сопровождаться функциональным переходом и в то же время функциональный сдвиг неизбежно ведет к перестройке структуры. Следует учесть, что эти переходы осуществляются в миллиардные доли секунды.

В результате живая клетка немедленно реагирует на воздействия окружающей среды, настраиваясь и приспосабливаясь к ним непрерывно и постоянно. Именно в этом смысл единства живой системы и внешней среды.

На основе стремления к образованию упорядоченного состояния («апериодический кристалл») основано еще одно фундаментальное свойство живого — образовывать структуры, в которых замирают биохимические процессы, способные сохранять, а затем воспроизводить исходную клетку.

Авторегуляторный механизм живой клетки, базируясь на статистическом характере всех процессов, протекающих в ней, и используя принципы построения и функционирования компонентов клетки, позволяет ей входить в состав сложных организмов, обеспечивая их жизнеспособность. Венцом же этих организмов, как мы уже отмечали, является человек. Творец, естественно, присутствует в этом величайшем *творении*, которое мы именуем живая клетка. Думается, что перед человеком нет более важной задачи, чем задача сохранения на земле этого *творения*, которое дало начало всему живому.