УДК Р54

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА И «БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОДЕССА-ЛОНДОН-2012» («БСОЛ-2012») (Часть 2)

Телепнева Людмила Георгиевна

научный сотрудник
Институт микробиологии и иммунологии им. И.И. Мечникова, Харьков (Украина)
ltelepneva@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности генетического кода и биоструктуры, определившие его свойства.

Ключевые слова: генетический код; переносящая и катализирующая биосистема; «Биологическая система Одесса-Лондон-2012» («БСОЛ-2012»).

PATTERNS OF GENETIC CODE AND «BIOLOGICAL SYSTEM ODESSA-LONDON-2012» («BSOL-2012») (Part 2)

Telepneva Ludmila Georgievna

researcher
Institute of Microbiology and Immunology I.I. Mechnikova, Kharkov (Ukraine)

Abstract. Features of a genetic code and the biostructures which have defined it of property are considered.

Key words: genetic code; transferring and catalyzing biosystem; «Biological Odessa-London-2012 system» («BSOL-2012»).

Пути попадания молекул биообъектов на поверхность Земли

Настал черед рассказать еще об одной потаенной для многих тайне самого удивительного вещества на Земле.

Молекулы воды обладают уникальным свойством объединяться в кластеры (группы) $(H_2O)_x$. Под кластером обычно понимают группу атомов или молекул, объединенных физическим взаимодействием в единый ансамбль, но сохраняющих внутри него индивидуальное поведение. Причем степень ассоциации X для воды составляет, по современным данным, от 3 до 6.

Благодаря близким значениям плотностей воды и липидов водный кластер, содержащий три молекулы воды, уже способен был поднять вверх одну молекулу холестерина (рис. 3 а).

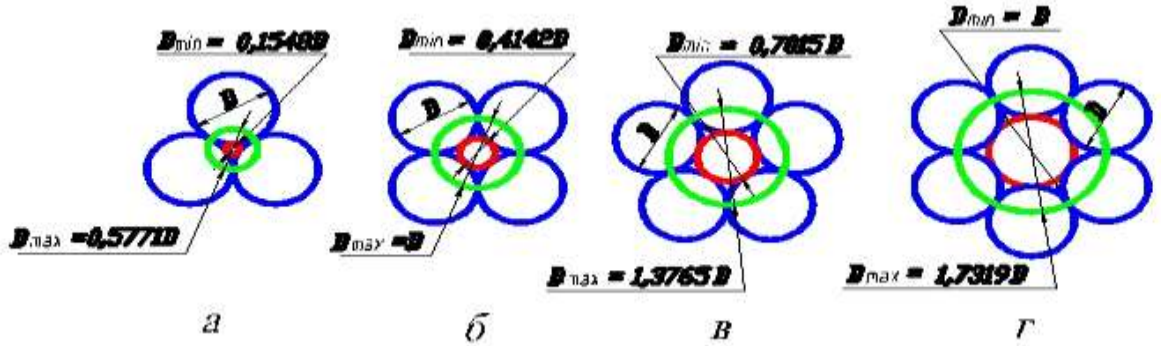


Рисунок 3. Схемы последовательно появляющихся на Земле водно-липидных структур

В то же время водные кластеры, содержащие от четырех до шести молекулы воды, могли поднимать на поверхность Земли в составе водно-липидных биоструктур (см. рис. 3 б, 3 в и 3 г) липидные молекулы большего размера, чем холестерин.

На рис. 3 окружностями красного цвета показаны минимальные размеры липидных молекул, а зеленого – их максимальные размеры. Окружностями синего цвета представлены молекулы воды, образующие кластеры со степенью ассоциации от 3 до 6.

Поскольку Природа очень экономна не только в использовании материальных ресурсов, но и схем объединения субъединиц, можно предположить, что на поверхности воды могли собираться и липидные кластеры из трех молекул липидов.

Взаимодействующие друг с другом липиды создавали при этом не только миниплот, но и его реакционный канал, образованный боковыми поверхностями цилиндрических липидных молекул. Однако, поскольку Природа использует одни и те же правила объединения субъединиц, данный реакционный канал показан в биоструктуре, в качестве субъединиц которой могут выступать как липиды, так и нуклеотиды и белки (рис. 4).

Следует отметить, что в описанный выше реакционный канал мог попасть «представитель» внешнего мира (добавочный элемент, дополнительная субъединица), нашедший себе уютную стоянку в одной из его трех «бухт», создаваемых образующими двух липидных молекул. Попутно напомним, что «бухтой» (небольшим «заливом») называется вдающаяся в сушу небольшая часть моря или озера, закрытая от воздействия штормов.

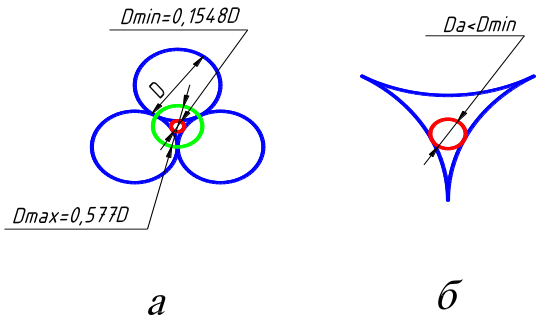


Рисунок 4. Биоструктура «3-х субъединичный мини-плот», составляемая из трех взаимодействующих субъединиц (рис. 3 а) и её увеличенный реакционный канал с дополнительной субъединицей, в качестве которой может выступать ион или аминокислота, как на рис. 4 б

Сразу же заметим, что в качестве дополнительной субъединицы такого мини-плота могли выступать как химический элемент, так и сложная молекула органической и неорганической природы, т.е. аминокислоты, ионы металлов и другие вещества.

В то же время основным геометрическим требованием, предъявляемым к новой, дополнительной субъединице, была величина её диаметра. Она не должна была быть больше величины диаметра окружности, вписанной в реакционный канал данной биоструктуры.

Именно благодаря выполнению описанного выше требования в реакционный канал биоструктуры с липидами, отобранными водными кластерами из трех молекул воды, в качестве дополнительной малой субъединицы могли попасть лишь газы да ионы химических элементов.

В то же время в другие липидные мини-плоты, обладающие большим диаметром субъединиц, могли поступать уже и аминокислоты, разделенные описанным выше требованием на три группы: малые, средние и большие. Размер каждой аминокислоты около 0,3 нм.

То же самое можно сказать о химических элементах. Они также условно разделены выше описанным требованием на три группы: Первую зону макроэлементов образуют Fe^{3+}, Mg^{2+} и Fe^{2+} (размер ионов 0,06-0,083 нм), вторую зону – Na + и Ca^{2+} (0,095-0,106 нм), и третью зону – K + и NH_4^+ (0,113-0,159 нм). Причем наибольшее количество ионов тяжелых металлов (Cu2 +, Zn2 +, Co2 + и др.) относится к первой зоне (64 катиона), ко второй зоне – 20, и в третьей – 12 катионов металлов.

Названные выше дополнительные субъединицы, попав в одну из трех бухт реакционного канала, не только изменяли положение точки центра масс чисто липидной биоструктуры, но и изменяли величину плавучей плотности всей биоструктуры, а также величину угла наклона этого липидного мини-плота относительно поверхности воды. Последнее изменение, в свою очередь, вело к изменению освещенности данной биоструктуры лучами Солнца.

Не следует также забывать того важного обстоятельства, что заменимые аминокислоты существенно влияют на потребность в незаменимых аминокислотах. Потребность, например, в метионине определяется содержанием цистина в диете; чем больше в пище имеется цистина, тем меньше расходуется метионина для биологического синтеза цистина. Последний уменьшает, следовательно, потребность орга-

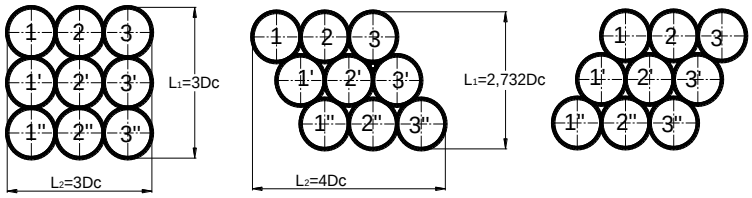
низма в метионине. Наконец, если в организме скорость синтеза какой-либо заменимой аминокислоты становится недостаточной, то появляется повышенная потребность в ней, которая может быть компенсирована поступлением ее с пищей. Отсюда ясна условность деления аминокислот на заменимые и незаменимые. В последнее время к стандартным аминокислотам иногда причисляют селеноцистеин (Sec, U) и пирролизин (Pyl, O).

По R-группам аминокислоты делятся на:

- неполярные: аланин, валин, изолейцин, лейцин, метионин, пролин, триптофан, фенилаланин, глицин;
- полярные незаряженные (заряды скомпенсированы) при pH = 7: аспарагин, глутамин, серин, тирозин, треонин, цистеин;
- полярные заряженные отрицательно при pH = 7: аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота;
- полярные заряженные положительно при pH = 7: аргинин, гистидин, лизин.

В связи с тем, что описанные выше изменения помогали новым биоструктурам лучше реагировать на внешние воздействия, подобные им конструкции начали не только множиться, но и сливаться друг с другом, образуя при этом разнообразные фрактальные биоконструкции.

Одними из них и стали три плоскостные конформации «Биологической системы Одесса-Лондон-2012» или «БСОЛ-2012» – три его 9-ти субъединичных плота, представленные на рисунке 5.



а *б* *в*

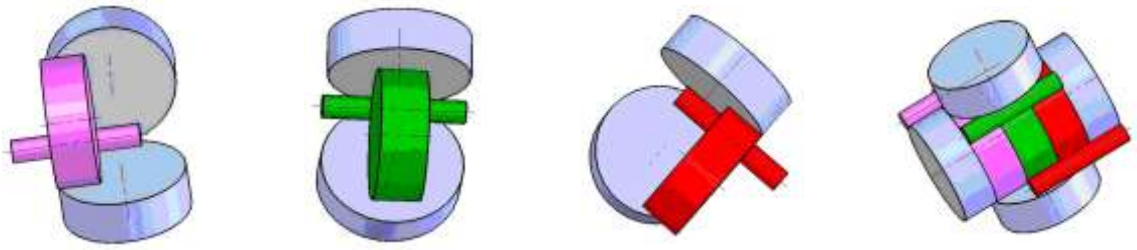
Рисунок 5. Схемы создания 9-ти субъединичных биоплотов (трех плоских конфигураций «Биологической системы Одесса-Лондон-2012»)

Следует отметить, что три плоскостные конфигурации этих биоплотов образуют в сумме 20 реакционных каналов, создавая при этом их 64 бухты, в которые легко могут попасть 64 макроэлемента с размером ионов 0,06-0,083 нм, а также 20 макроэлементов с размером ионов 0,095-0,106 нм. И только лишь 12 катионов металлов с размером ионов 0,113-0,159 нм способны разделить 20 реакционных каналов с великолепной восьмеркой абсолютно незаменимых для человека аминокислот. Заменимые аминокислоты могут создаваться самим биообъектом, в то время как способность одного металла заменять другой основана на близости величин их ионных радиусов. Так, способность свинца замещать ионы кальция объясняется близостью ионных радиусов (Pb^{2+} - 0,120 нм, Ca^{2+} - 0,108 нм).

Однако замена иона одного химического элемента на иной, не слишком хороша для биоструктуры, поскольку величины плотностей этих ионов разные. Так, у кальция плотность 1,55 г/см³, а у свинца – 11,3415 г/см³. В силу этого, при попадании ионов свинца в кальциевые или же цинковые ферменты, обязательно произойдет изменение их активности (причем, порою, вплоть до полного её исчезновения).

Катализирующая и переносящая биоструктура «Биологическая система Одесса-Лондон-2012» или «БСОЛ-2012»

Близость величин плавательных плотностей липидов и аминокислот, попавших на поверхность воды вместе с иными продуктами вулканического извержения, позволяют им создавать биоструктуры, подобные мономерам липопротеина (рис. 3 а, рис.3 б и рис. 3 в) и собираться в дальнейшем в «кубическую» конформацию каталитической и переносящей биологической системы под названием «БСОЛ-2012» (рис. 6 г).



а б в г

Рисунок 6. Мономеры «БСОЛ-2012» (а, б, в) и её кубическая конформация (со снятой девятой большой субъединицей для лучшего рассмотрения данной биоструктуры) – г.

Как видно из рисунка 6 каждый мономер данной биоструктуры состоит из трех взаимодействующих идентичных субъединиц, образующих канал мономера, в который входит иная его составляющая – аминокислота.

Стенки канала мономера образованы основаниями двух идентичных субъединиц и образующей третьей их идентичной субъединицы, выделенной на рисунке 6 одним и тем же цветом с аминокислотой данного мономера.

Одинаковый окрас двух различных субъединиц в схемах рис. 6 выбран не случайно. Во всех конформациях «БСОЛ-2012» («кубической» и трех «плоскостных») её большая субъединица будет взаимодействовать с аналогично окрашенной аминокислотой только своей боковой поверхностью. Это, в свою очередь, облегчит их постоянное взаимодействие и немедленно отразится на известных нам свойствах аминокислот.

Следует заметить, что присутствие аминокислоты в мономере не только стабилизировало его за счет возникновения новых «липид-аминокислотных» связей. Поскольку липиды могут быть только отрицательно заряженными или иметь нулевой заряд, присутствие аминокислоты, способной иметь положительный или нулевой заряд, способствовали объединению липидно-аминокислотных мономеров в единое целое.

При этом большие субъединицы БСОЛ могли использовать свою дополнительную единицу – аминокислоту и в качестве «движителя» как одиночного своего мономера, так и всей биоструктуры в целом. Это связано с тем, что при определенном значении pH наступает такое состояние, при котором заряд аминокислоты становится нейтральным. Такое значение pH получило название изоэлектрической точки (ИЭТ). Если pH ниже изоэлектрической точки, катион аминокислоты движется к като-

ду, а при pH выше ИЭТ анион аминокислоты – к аноду. При значении pH, равном ИЭТ, аминокислоты не перемещаются в электрическом поле. Причем кислые аминокислоты имеют ИЭТ в слабокислой среде, основные – в слабоосновной, а нейтральные – в нейтральной.

Вероятно, именно эта особенность аминокислот и легла в основу их электрофореза, а также явилась основной причиной перехода от липидных и нуклеотидных каталитических биоструктур к белковым, получившим со временем название «энзимы» и «ферменты».

Эта же особенность аминокислот и осталась главной причиной того, что большинство современных ферментов (особенно связанных с липидными слоями разнообразных клеточных мембран и мембран их внутриклеточных образований) работают именно в этом диапазоне значений pH.

В связи с тем, что на рис. 6 большая субъединица «БСОЛ-2012» имеет ту же окраску, что и аминокислота мономера, легко, буквально на глазах, устанавливается их линейная зависимость, а также возможность существования трех точек считывания биоинформации и линейность соединения аминокислот и нуклеотидов.

Из схем рис. 6 четко видно, что величина длины малой субъединицы мономера – аминокислоты – равна величине диаметра большой субъединицы, а высота последней составляет 1/3 величины её диаметра.

Именно такое соотношение размеров субъединиц мономеров и дает им возможность собираться в кубическую конформацию «БСОЛ-2012», обеспечивающую максимальную защищенность сразу трём разноцветно окрашенным большим субъединицам. Действительно, эта разноцветная «троица» со всех сторон закрыта от контакта с внешней средой шестью идентичными мономерами.

Следует также особо подчеркнуть, что при сборке трех мономеров «БСОЛ-2012» в кубическую конформацию в ней образуется дополнительный – четвертый – реакционный канал, полностью идентичный каналам мономеров, в который также может попасть дополнительная аминокислота, принадлежавшая другой аналогичной биоструктуре, распавшейся на отдельные составляющие.

Отметим, также, что «БСОЛ-2012» мог использовать свои дополнительные субъединицы не только в качестве «движителя», но и в роли дополнительного поглотителя электромагнитного солнечного спектра, поскольку все аминокислоты поглощают свет в инфракрасной области спектра, а три циклических аминокислоты (фенилаланин, тирозин и триптофан) поглощают свет и в ультрафиолетовой области при 280 нм.

Следует заметить, что такое объединение большой и малой субъединиц мономера липопротеина становилось обоюдовыгодным. Так, аминокислота, попадая в окружение липидных молекул, защищалась ими от воздействия внешней среды. А это обстоятельство, в свою очередь, приводило к тому, что каждая из аминокислот получала свою строго определенную «прописку» в бухтах реакционных каналах БСОЛ-2012 – свой, только ей присущий кодон.

Причем в получении этой «прописки» для 20 протеиногенных аминокислот, постоянно присутствующих в белках, особую роль сыграла их конформация. Как известно, аминокислоты имеют 2 функциональные группы с противоположными свойствами: кислую карбоксильную и основную аминогруппу.

Следует заметить, что данные функциональные группы также отличаются друг от друга и своими геометрическими размерами, благодаря чему аминокислоты могли бы принять конформацию клина. Однако такая объемная форма, облегчая её носительнице более легкое попадание в реакционный канал «БСОЛ-2012», не способствовала бы её длительному пребыванию в нём, тем более – в определенной позиции.

Выход из этого положения определило наличие у каждой аминокислоты своего неповторимого радикала (R-группы), имеющего размер больший или равный размеру аминогруппы аминокислот. Благодаря наличию R-группы и её смещению в сторону N-конца аминокислоты, данная субъединица БСОЛ-2012 оказывается в объятиях липидных составляющих между радикалом и кислой карбоксильной группой, также имеющей больший объем, по сравнению с аминогруппой.

Как уже сообщалось выше, при нахождении биоструктуры в ромбической конформации в её малые реакционные каналы могли попадать как аминокислоты так и другие химические вещества (в том числе химические элементы), выступающие в роли её дополнительных субъединиц.

Если биосистема во время своего перемещения не меняла конформацию, то она могла работать только в качестве переносчика этих дополнительных субъединиц. Если же в этот период биоструктура меняла свою конформацию, то по отношению к этим дополнительным элементам, она уже может выступать и в качестве катализирующей, объединяющей эти добавки в большом реакционном канале. В связи с этим «БСОЛ-2012» можно, по праву, назвать не только переносящей, но и катализирующей биосистемой.

В этой связи особо подчеркнем, что именно «кубическая» конформация «БСОЛ-2012» устанавливает четкий порядок расположения малой субъединицы биосистемы – аминокислоты – в каждом из четырех её реакционных каналов.

В свою очередь, именно установленный порядок расположения аминокислоты в реакционном канале биоструктуры определяет рамку считывания белка, её содержащего, в мРНК. Следует также заметить, что именно начало названной разновидность нуклеотидных цепей и определяет порядок считывания рибосомой нуклеотидных оснований в её цепи.

В этой связи обратим внимание на следующие факты. Рибосомы участвуют в синтезе белка, в том числе осуществляют трансляцию биосинтез и пептидной цепи на молекуле иРНК. Количество рибосом в клетке может достигать десятков миллионов. Они находятся в цитоплазме в свободном состоянии (согласно своим величинам плавательной плотности), на шероховатой эндоплазматической сетке, а также в митохондриях и пластидах, являющихся клеточными составляющими.

Рибосомы могут находиться в гиалоплазме в одиночку или образовывать группы в связи с тем, что на одной иРНК может происходить биосинтез нескольких полипептидных цепей одновременно.

Обратим внимание на тот факт, что на свободных рибосомах синтезируются белки гиалоплазмы, митохондрии, пластид и собственно рибосом, тогда как на прикрепленных к шероховатой эндоплазматической сети для выведения из клетки, сбор мембран и образования лизосом. Последнее обстоятельство становится возможным, поскольку при участии эндоплазматического ретикулума, в котором происходит трансляция и транспорт белков, а также синтез и транспорт липидов и стероидов,

принимающих непосредственное участие в создании описываемой в данной работе биоструктуры.

Открытость миру «БСОЛ-2012» и невозможность создания биосистем, сложнее её, только из отдельных составляющих

Поскольку кубическая конформация данной системы способна собираться только из двух целых мономеров и одного, разделенного на части, то уже изначально при этом закладывалась «открытость» биоструктур для окружающего мира, а также возможность синтеза биоструктур «новой ступеньки развития» с использованием «целых» мономеров прежней биоструктуры и их частей.

Описанное выше обстоятельство сборки кубической конформации «БСОЛ-2012» из мономеров, в последующем отразилось, как в невозможности создать изначально живой объект только из отдельных его компонентов, так и в катаболизме и анаболизме объектов живой природы и работе его каталитических структур.

Напомним, что анаболизм, обеспечивающий рост, развитие и обновление биологических структур, взаимосвязан с противоположным процессом – катаболизмом, так как продукты распада различных соединений могут вновь использоваться при анаболизме, образуя в иных сочетаниях новые вещества.

Следует также отметить, что особенность сборки «БСОЛ-2012» непосредственно отразилась на выборе аминокислот.

Вначале длительно удержаться даже в симметричном мономере липопротеина (рис. 3б) аминокислотам было достаточно трудно. Для этого они должны были обладать достаточно длинными и массивными радикалами, отличающими одну аминокислоту от другой. Именно поэтому обладателями одного кодона (всегда расположенного в одном из реакционных каналов данной биоструктуры) и стали аминокислоты метионин (Met) и триптофан (Trp), особенно четко отвечающие предъявленным требованиям.

К тому же симметричность кубической конформации «БСОЛ-2012» привела к тому, что аминокислоты могли подходить к большой субъединице биоструктуры, определяющей свойства данной аминокислоты, как слева, так и справа.

Однако окончательный выбор подхода аминокислоты к нуклеотидам был закреплен только при использовании в качестве больших субъединиц нуклеотидных оснований и создании тРНК и двух классов аминоацил-тРНК-синтетаз.

В этой связи следует обратить внимание на тот факт, что описанная выше особенность подхода аминокислоты к реакционному каналу биосистем, уже позволяла, в случае объединения двух монослоев в один бислой, создавать первые в мире дипептиды.

Дипептиды – органические вещества, состоящие из двух аминокислот, соединённых пептидной связью (–CO–NH–). Примерами дипептидов могут служить глутамил-триптофан (тимоген), лейцил-аланин, аланил-лейцин, а также дипептиды скелетной мускулатуры – карнозин и анзерин. Замечено также, что дипептиды аланина-глутамина увеличивают уровень глутамина в крови. Попутно отметим, что глутамин – это наиболее широко представленная в организме человека аминокислота, играющая важную роль в поддержании иммунной функции и процессов пищеварения.

Гистидинсодержащие дипептиды – карнозин (3-аланилгистидин) и анзерин (3-аланил-1-метилгистидин) являются характерной составной частью скелетной муску-

латуры позвоночных животных. Содержание дипептидов может достигать 1 % на влажный вес ткани. В сердечной мышце и ткани мозга дипептидов мало. В небольшом количестве карнозин обнаружен также в обонятельных луковицах млекопитающих.

В связи с тем, что дипептиды своей пептидной связью способствовали более длительному объединению параллельно расположенных БСОЛов, липидные бислои и двойные нуклеотидные цепи получили большое распространение, чем липидные монослои и одноцепочечные РНК и ДНК.

Обратим особое внимание на тот факт, что благодаря симметричности всех конформаций, принимаемых БСОЛами, места посадок аминокислот – их бухт (кодонов), также становятся симметричными. Это обстоятельство и заложило основу симметричности генетического кода.

В то же время максимально возможное количество бухт у суперэлемента данной биоструктуры (на котором располагается точка пересечения осей его симметрии) ограничивает максимальное число кодонов-синонимов шестью в ромбической конформации и четырьмя – в квадратной. Следовательно, всем своим существованием БСОЛ-2012 объясняет отсутствие пяти кодонов-синонимов в генетическом коде.

К тому же особенность создания реакционных каналов в кубической конформации БСОЛов и их расположение в них, способно объяснить неизбежность создания линейно расположенных белков и нуклеотидных оснований (рис. 7 а и рис. 7 б).

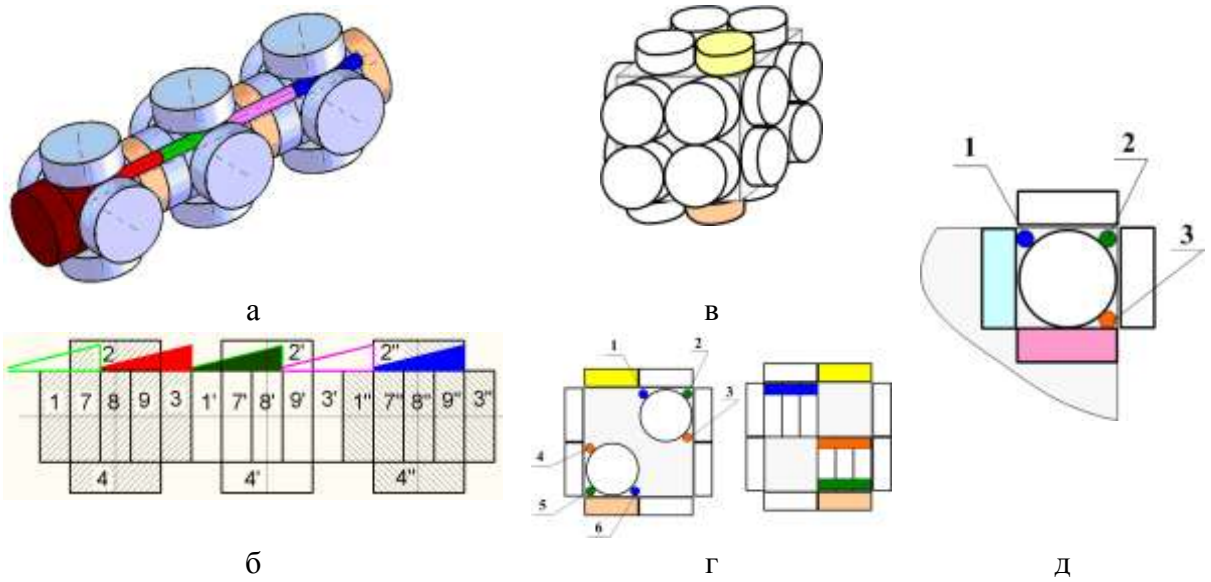


Рисунок 7. Линейное (а. б) и объемное (в, г) объединение БСОЛ-2012 (находящихся в кубической конформации), объясняющие максимум особенностей генетического кода

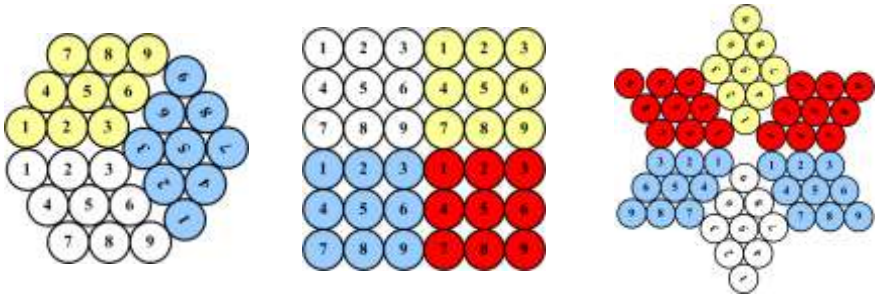
Обратим особое внимание на необходимость использования биоструктурой новых субъединиц – аминокислот (представленных на схеме б треугольниками зеленого и розового цвета – для создания белков) и нуклеотидных оснований: цитозина (представленного на схеме рис. д цилиндром, окрашенным в зеленый цвет) и аденина (представленного цилиндром, окрашенным в розовый цвет) для удержания аминокислот в полагающихся им местам биотруктуры, объединившей четыре БСОЛ-2012 (рис. 7 в, 7 г, 7 д).

Причем схема 7д объясняет не только возможность создания нуклеотидно-липидного реакционного канала этой биоструктуры с дальнейшей его заменой на чисто нуклеотидный реакционный канал.

Помимо этого, данная схема делает очевидной причину как явно выраженной двоичности генетического кода, так и его коллинеарности.

К тому же описанное выше вхождение аминокислот в аминокислотные карманы БСОЛ-2012 способствовало еще и выделению передней и задней частей данной водной биоструктуры (рис. 7 а и 7 б).

В то же время такое свойство воды, как близость её линейных параметров к «золотому треугольнику», позволило сделать биообъекты не только гармоничными, но и фрактальными. Это, в свою очередь, привело к созданию различных форм объединения БСОЛов, представленных на рис. 8.



а б в

Рисунок 8. Плоскостное расположение структур из «БСОЛ-2012»

Схема рис. 8 а показывает, как располагаются три БСОЛ-2012, находящиеся в плоскостной ромбической конформации, для осуществления пиноцитоза, в то время как схема рис. 8в – для поглощения больших по размеру частиц органического и неорганического происхождения. В отличие от них, схема 8б показывает объединение 4-х БСОЛ, находящихся в плоскостной квадратной конформации.

Напомним попутно, что разница в площадях квадратной и ромбической конформаций (ΔS) данной биоструктуры рассчитывается по формуле:

$a^2 - a^2 \cdot \sin 60^\circ = a^2 \cdot (1 - 0{,}866) = 0{,}134 \cdot a^2$, где а – значение стороны БСОЛ-2012.

По свой сути БСОЛ человека представляет собой липидный плот – липопротеид, создаваемый клетками кишечника и печени из липидов и аминокислот, полученных с пищей, за счет перистальтических волн. Данные волны примерно 3 раза в секунду возникают в области пищеводного сфинктера и распространяются в сторону выхода в 12-перстную кишку со скоростью 1 см/с.

Перистальтические волны, слабые в начале пищеварения, по мере окончания пищеварения в желудке возрастают как по интенсивности, так и по частоте. Перистальтические сокращения обусловлены одновременным сокращением продольного и кольцевого слоев мышц. Характер перистальтики зависит от вида пищи, ее консистенции и объема [9].

Попутно напомним, что липопротеины (lipoproteins, липопротеиды) – сложные соединения, молекулы которых построены из липидов и белков, связанных между собой посредством гидрофобных и электростатических взаимодействий. Нековалентная связь в липопротеинах между белками и липидами имеет важное биологи-

ческое значение. Она обусловливает возможность свободного обмена липидов и модуляцию свойств липопротеинов в организме.

С позиции катализирующих систем данная биосистема по сути является явным примером мультикатализирующей структуры, поскольку имеет четыре больших реакционных канала. Данное обстоятельство указывает на согласованность их работы, облегченной присутствием вакуума в квадратной конформации данной структуры.

Заключение

Рассмотрение биологической системы «БСОЛ-2012» позволило прояснить многие загадки не только генетического кода, но и причины возникновения и широкого распространения бислоя, а также двойной нуклеотидной цепи в объектах живой Природы.

Данная работа посвящается всем иллюстраторам и издателям моих работ, сделавших их максимально понятными и доступными широким массам читателей.

Список использованных источников

1. Рис Э., Стернберг М. Введение в молекулярную биологию: От клеток к атомам. М.: Мир, 2002. 142 с.
2. Перечень докладов, представленных Л.Г. Телепневой на международных конференциях 2012 г. URL:http://bologna-center.com/ru/user/3043 (дата обращения: 08.09.2013).
3. Значение буквосочетаний CH. URL:ru.wikipedia.org/wiki/CH (дата обращения: 23.08.2013).
4. Оксиды азота. URL:http://ru.wikipedia.org/wiki/Оксиды_азота (дата обращения: 23.08.2013).
5. Неорганические фосфаты. URL:http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4828.html (дата обращения: 24.08.2013).
6. Доронин Ю.П. Физика океана. РГГМУ, 2000. 340 с.
7. Шишлова А. Свет далеких звезд и жизнь на Земле // Наука и жизнь. 2000. № 6. С. 24-30.
8. РНК-полимераза. URL:http://ru.wikipedia.org/wiki/РНК-полимераза (дата обращения: 25.08.2013).
9. Моторика желудочно-кишечного тракта. URL:http://www.grandars.ru/college/medicina/motorika-zhkt.html (дата обращения: 9.09.2013).
10. URL:http://nsportal.ru/shkola/biologiya/library/issledovatelskaya-rabota
11. URL:http://biofile.ru/chel/1512.html