

FRACTALITY OF WILDLIFE, THE «ODESSA-LONDON-2012» BIOLOGICAL SYSTEM, SELECTING ELEMENTS FOR Na-K-ATPASE AND IMMUNE MONITORING OF THE ORGANISM

L. Telepneva, Research Associate
Mechnikov Institute of Microbiology and Immunology,
Ukraine

A new model of Na-K-ATPase based on primary biostructure of «BSOL 2012» is presented. Examples of fractal wildlife are offered.

Keywords: primary biological structures, amino acids, nucleotides, lipids, fractals, enzymes.

Conference participant,
National championship in scientific analytics,
Open European and Asian research analytics championship

ФРАКТАЛЬНОСТЬ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «ОДЕССА-ЛОНДОН-2012», ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ Na-K-АТФ-АЗЫ И ИММУННЫЙ НАДЗОР ОРГАНИЗМА

Телепнева Л., науч. сотр.
Институт микробиологии и иммунологии
им. И.И. Мечникова, Украина

Представлена новая модель Na-K-АТФ-азы на основе первичной биоструктуры «БСОЛ-2012», приведены примеры фрактальности объектов живой природы.

Ключевые слова: первичная биоструктура, аминокислоты, нуклеотиды, липиды, фракталы, ферменты.

Участник конференции,
Национального первенства по научной аналитике,
Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:bvmas.v0i10.1527>

Вместо вступления

Прежнее рассмотрение свойств первичной биоструктуры, получившей свое название «Биологическая система «Одесса-Лондон-2012»» или сокращенно «БСОЛ» по месту первой публикации на конференции ГИСАП [1], позволяет думать о том, что в основании причин фрактальности живой природы также лежат свойства воды, являющейся как местом обитания БСОЛ, так и источником изменения формы существования этой биоструктуры. Причем переход её формы существования из «ромбической» в «квадратную» осуществляется, в первую очередь, движением молекул воды, в то время как возврат «квадратной» формы существования в «ромбическую», осуществляется внутренним вакуумом биологической структуры (рис. 1).

Следовательно, от значения параметров водной среды (рН, концентрации растворенных в ней веществ и направления движения воды) во многом будет зависеть как длительная форма существования данной биоструктуры, так и биологических конструкций, собираемых из подобных ей частей.

Как известно, сила Кориолиса [2] участвует не только в формировании атмосферных явлениях, но в формировании общей циркуляции океана.

Основная причина циркуляции океана — вращение Земли вокруг своей оси и обусловленная этим враще-

нием сила Кориолиса, в соответствии с которой основные циклы океанских течений во всех мировых океанах имеют антициклоническое направление. По часовой стрелке в Северном полушарии и против часовой стрелки в Южном полушарии.

Поскольку жизнь зародилась на границе встречи воздушной и водной среды, в силу влияния на воду и воздух сил Кориолиса уже изначально биоконструкции из аналогичных БСОЛ в разных полушариях Земли должны были собираться по-разному, как бы зеркально противоположными.

В связи с тем, что не только морские звезды и ежи, морские раковины и кораллы, кроны деревьев и листья растений, но и кровеносная система и бронхи людей и животных, обладающие фрактальными свойствами, самоорганизуются из потомков БСОЛ с Na-K-АТФ-азами, рассмотрим более подробно свойства этого удивительного фермента.

Свойства воды и химических элементов, отобранных природой для создания Na⁺/K⁺-АТФ-аз

Na⁺/K⁺-АТФ-аза (Na⁺/K⁺ аденозинтрифосфатаза) — фермент из группы транспортных аденозинтрифосфатаз (КФ 3.6.3.9), встречающийся в плазматической мембране всех клеток животных. Основная его функция — поддержание потенциала покоя и регулирование клеточного объема.

Na⁺/K⁺-АТФаза была открыта Йенсом Скоу в 1957 году. Он выделил этот

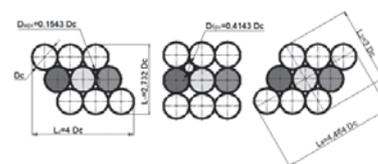


Рис. 1. Три плоскостных формы существования БСОЛ

фермент из периферических нервов с помощью убаина специфически связывающегося с АТФазой гликозида. В 1997 году за это открытие он был удостоен Нобелевской премии по химии.

Na⁺/K⁺-АТФ-аза переносит ионы K⁺ внутрь клетки, в то время как ионы Na⁺ выбрасываются во внешнюю среду. Фермент не является настоящим антипортером, так как оба катиона транспортируются против электрохимического градиента (градиента потенциала).

Согласно современным данным, этот фермент присоединяет с внутренней стороны мембраны три иона Na⁺. Эти ионы изменяют конформацию активного центра АТФ-азы. После этого фермент способен гидролизовать одну молекулу АТФ.

Выделившаяся после гидролиза энергия расходуется на изменение конформации переносчика, благодаря чему три иона Na⁺ и ион PO₄³⁻ (фосфат) оказываются на внешней стороне мембраны. Здесь ионы Na⁺ отщепляются, а PO₄³⁻ замещается на два иона K⁺. После этого фермент возвращается в исходную конформацию, и ионы K⁺

Табл. 1.

Свойства морской воды с солёностью 35 [4].

Свойства	Морская вода	Чистая вода
Плотность при 25 °С, г/см ³ :	1,02412	0,9971
Вязкость при 25 °С, миллипуаз:	9,02	8,90
Давление пара при 20 °С, мм. рт. ст.:	17,35	17,54
Температура максимальной плотности, °С:	-3,52 (переохлаждённая жидкость)	+3,98
Точка замерзания, °С:	-1,91	0,00

оказываются на внутренней стороне мембраны. Здесь ионы K^+ отщепляются, и переносчик вновь готов к работе.

В итоге во внеклеточной среде создается высокая концентрация ионов Na^+ , а внутри клетки – высокая концентрация K^+ . Эта разность концентраций используется в клетках при проведении нервного импульса.

О том, что первородные водные объемы в которых зародилась жизнь, были достаточно пресными и чистыми свидетельствует как выбор биогенных элементов, так и значение рН, при котором образовывались и существовали первые БСОЛы.

В настоящее время для морских водоемов характерна устойчивая щелочная среда: рН=8,2. Обратим при этом внимание на тот факт, что даже в опреснённых участках современного моря величина рН может снижаться до нейтральной и даже слабокислой. В то же время наиболее высоко значение рН у поверхности моря, с глубиной оно несколько снижается.

Плотность морской воды колеблется в пределах от 1020 до 1030 кг/м³ и зависит от температуры и солёности. При солёности, превышающей 24, температура максимальной плотности становится ниже температуры замерзания – при охлаждении морская вода всегда сжимается, и плотность её растёт [3].

Вероятно, именно поэтому по мере увеличения солёности водной среды,

БСОЛ-ам стало выгодно включать в свой состав различные биодобавки (в первую очередь, биоэлементы и аминокислоты), увеличивающие их суммарную плотность, а, следовательно, и возможность их существования на большей глубине, где такие ферментные системы работали в прежнем диапазоне рН.

В этой связи особо подчеркнем, что вода в морских экосистемах имеет более высокую плотность по сравнению с пресноводными экосистемами и выполняет функцию опоры.

Поскольку плотность соленой воды выше, чем пресной, становится понятным существование значительного количества биоорганизмов у которых ферментные структуры работают в довольно узком диапазоне рН с небольшим отклонением от нейтрального значения.

Средняя солёность современного океана 35 г/л. Около 25% в ней приходится на долю хлористого натрия, остальные соли – кальция, магния и калия (сульфаты, карбонаты, бромиды и др.), десятки других элементов составляют менее 1 % (табл. 2).

По мере растворения химических элементов в водной среде стала возрастать роль их ионов и атомов, попадающих в реакционные каналы БСОЛ. При этом превращение в атом иона, попавшего в малый реакционный канал биосистемы, как и движение молекул воды, могло приводить к изменению формы существования при-

ютившей его биоструктуры с «ромбической» на «квадратную», поскольку радиус атома всегда значительно больше ионного радиуса химического элемента. При этом, если радиус атома оказывался больше размера радиуса вписанного круга в большой реакционный канал системы, происходило нарушение целостности данной биологической структуры. В тоже время, если радиус атома оказывался гораздо меньше данного размера вписанной окружности, превращение иона в атом не приводило к изменению формы существования данной биоструктуры.

В силу описанных выше обстоятельств сразу же становится очевидными не только последствия загрязнения окружающей среды, когда химический элемент, преобладающий в данной биониче, заменяется на иной, но и возникновение различных ферментных систем, часть из которых может работать с целой группой биоэлементов, в то время как другая работоспособна только с одним определённым химическим элементом.

В связи с тем, что липидные молекулы обладают либо нулевым, либо отрицательным зарядом и малой величиной плотности, в биогенные элементы липидных БСОЛ первыми были отобраны именно калий (K ; $R_i = 133$ пм, $R_a = 235$ пм; $0,856$ г/см³) [5] и натрий (Na ; $R_i = 97 (+1e)$ пм, $R_a = 190$ пм; $0,971$ г/см³) [6].

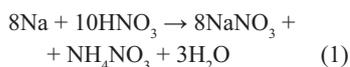
Табл. 2.

Общий молярный состав морской воды [4].

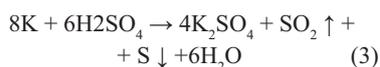
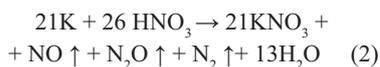
Компонент	Концентрация (моль/кг)	Компонент	Концентрация (моль/кг)
H_2O	53,6	C	0,00206
Cl^-	0,546	Br^-	Br^-
Na^+	0,469	B	0,000416
Mg^{2+}	0,0528	Sr^{2+}	0,000091
SO_4^{2-}	0,0283	F^-	0,000068
Ca^{2+}	0,0103	Au^{3+}	0,00000000002
K^+	0,0102		

Однако, содержание калия в биологических объектах всегда выше натрия и это обстоятельство, в первую очередь, также связано именно с водой, от наличия которой во многом, по-прежнему, зависит работа ферментных систем. Это особенно становится очевидным при рассмотрении результатов трех ниже приведенных химических формул.

Натрий восстанавливает разбавленную азотную кислоту с выделением 3 молекул воды:



Калий также глубоко восстанавливает разбавленные азотную и серную кислоты:



Кроме того, приведенные выше реакции с калием происходят с выделением азота и серы, так необходимых для строительства биологических молекул.

В этой связи также заметим, что всем известный аденозинтрифосфат (сокр. АТФ, англ. АТФ) — нуклеозидтрифосфат при гидратации образует ортофосфорную кислоту (фосфорную кислоту, плотностью 1,685 г/см³) и аденозиндифосфат (АДФ) [7]:



Основным свойством ортофосфорной кислоты является её воздействие на кислотно-щелочной баланс организма, что приводит к увеличению кислотности [7].

Свойства биологических составляющих Na-K-АТФ-азы

«Повезло» живой природе и в том, что, АТФ (C₁₀H₁₆N₅O₁₃P₃; 1,04 г/см³), являясь аллостерическим эффектором ряда ферментов, присоединяясь к их регуляторным центрам, усиливает или подавляет их активность. В силу этого обстоятельства АТФ отводится важное место в регуляции множества биохимических процессов, выступая

как универсальный источник энергии для всех биохимических процессов, протекающих в живых системах.

Являясь носителем двух высокоэнергетических связей, АТФ служит непосредственным источником энергии для множества энергозатратных биохимических и физиологических процессов. Это — реакции синтеза сложных веществ в организме: осуществление активного переноса молекул через биологические мембраны, в том числе и для создания трансмембранного электрического потенциала; осуществления мышечного сокращения.

Попутно заметим, что в щелочных растворах АТФ разлагается на Рi и АМР даже при 0° С. Важно и то, что максимальное поглощение АТФ при 257 нм (рН 2), 259 нм (рН 7-11), что также расширило суммарный диапазон поглощения БСОЛ.

АТФ в процессе гидролиза переносится на гидроксил-ион воды с потенциалом переноса 32,9 кДж×моль⁻¹, что играет важную роль в процессах энергообмена.

В молекуле АТФ фосфоангидридная (пирофосфатная) связь образуется путем соединения АДФ и неорганического фосфата в ходе ряда специфических реакций фосфорилирования. Эти реакции, протекающие в мембранах хлоропластов, митохондрий и бактерий, сопровождаются потреблением кислорода.

Следует особо подчеркнуть, что АТФ образуется как в реакциях субстратного фосфорилирования, так и мембранозависимого фосфорилирования. Причем в процессе мембранозависимого фосфорилирования АТФ образуется за счет энергии дельта мю Н+ (электрохимического трансмембранного градиента ионов водорода).

При субстратном фосфорилировании источником образования АТФ служат реакции двух типов. В реакциях первого типа осуществляется перенос высокоэнергетической фосфатной группы от молекулы-донора на АДФ, катализируемый соответствующими киназами. Реакциями такого типа являются реакции субстратного фосфорилирования на пути анаэробного превращения сахаров. У прокариот, имеющих ЦТК (цикл трикарбоновых

кислот), реакция превращения сукцинил-КоА в янтарную кислоту сопровождается запасанием энергии в фосфатной связи ГТФ, который затем отдает фосфатную группу АДФ.

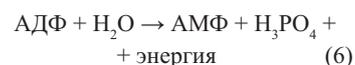
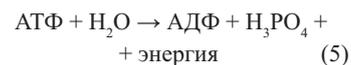
Данную реакцию можно рассматривать как реакцию субстратного фосфорилирования второго типа [8].

В настоящее время принято считать, что химически молекула АТФ высокостабильна. Последнее свойство обеспечивает эффективное сохранение энергии в молекуле АТФ, поскольку химическая стабильность молекулы препятствует тому, чтобы запасенная в ней энергия бесполезно рассеивалась в виде тепла.

Малые размеры молекулы АТФ позволяют ей легко диффундировать в различные участки клетки, где необходим подвод энергии извне для выполнения химической, осмотической, механической работы.

Помимо энергетической АТФ выполняет в организме ещё ряд других не менее важных функций. Так, вместе с другими нуклеозидтрифосфатами АТФ является исходным продуктом при синтезе нуклеиновых кислот. АТФ является также непосредственным предшественником синтеза циклического аденозинмонофосфата — вторичного посредника передачи в клетку гормонального сигнала. Также известна роль АТФ в качестве медиатора в синапсах и сигнального вещества в других межклеточных взаимодействиях (пуринергическая передача сигнала).

Гидролиз макроэргических связей молекулы АТФ, сопровождаемый отщеплением 1 или 2 остатков фосфорной кислоты, приводит к выделению, по различным данным, от 40 до 60 кДж/моль.



Высвобожденная энергия используется в разнообразных процессах, протекающих с затратой энергии.

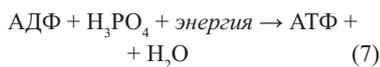
Попутно напомним, что аденозинмонофосфат (АМФ, adenosine monophosphate) 5'-аденилат, это эфир

фосфорной кислоты и аденозинового нуклеозида. Молекула АМФ содержит фосфатную группу, сахар рибозу и азотистое основание аденин. Плотность АМФ 2,3 г/см³ [9].

АМФ входит в состав всех РНК, благодаря чему и появляется в клетке и в окружающей среде в результате их гидролиза.

Поскольку нуклеотидные БСОЛы, незащищенные липидной оболочкой, подвергались гидролизу чаще, чем липидные биоструктуры, АМФ попадали в липидные БСОЛы и с помощью их ферментов (энзимов) превращались в АТФ, которая обладая плотностью 1,04 г/см³, легче и свободнее контактировала с липидными молекулами, чем АМФ, обладающая значительно большей плотностью ()

В этой связи напомним, что в организме АТФ синтезируется путём фосфорилирования АДФ (C₁₀H₁₅N₅O₁₀P₂):



Таким образом уже первые липидные БСОЛы могли стать основой для создания Na-K-АТФ-аз и систем по запасанию энергии.

При этом в восемь малых реакционных каналов таких БСОЛ могло попадать 3 иона натрия и крохотная молекула АТФ. Поскольку сечение этих каналов мало, то в них АТФ прореагировать с молекулой воды не может, поскольку та физически не может попасть туда.

Реакция гидратации АТФ возможна лишь при попадании её в большой реакционный канал, однако это может происходить только при переходе БСОЛ из «ромбообразной» формы существования в «квадратообразную».

В этой связи заметим, что для большинства киназ в качестве одного из субстратов выступает не молекула АТФ, а комплекс Mg²⁺-АТФ. В этом случае ион Mg²⁺ не взаимодействует непосредственно с ферментом, а участвует в стабилизации молекулы АТФ и нейтрализации отрицательного заряда субстрата, что облегчает его присоединение к активному центру фермента

Заключение

В заключение укажем, что живая

клетка располагает двумя формами унифицированной энергии — химической (АТФ) и физической (электрической), или мембранный потенциал ($\Delta\mu H$). Обе формы энергии обеспечивают векторный характер обменных процессов в клетке и в целом растительном организме [10].

Существуют два основных пути повышения скорости химической реакции. Первый путь — повышение температуры, то есть ускорение теплового движения молекул, которое приводит к увеличению доли молекул, обладающих достаточной внутренней энергией для достижения переходного состояния. Как правило, повышение температуры на 10° С вызывает ускорение химической реакции приблизительно в 2 раза.

Второй путь повышение скорости химической энергии – использование энзимов (ферментов).

Ферменты специфичны к субстратам (например, АТФ-аза катализирует расщепление только АТФ, а киназа фосфориллазы фосфорилирует только фосфориллазу).

Ферменты выступают в роли катализаторов практически во всех биохимических реакциях, протекающих в живых организмах. К 2013 году было описано более 5000 разных ферментов. Они играют важнейшую роль во всех процессах жизнедеятельности, направляя и регулируя обмен веществ организма.

Подобно всем катализаторам, ферменты ускоряют как прямую, так и обратную реакцию, понижая энергию активации процесса. Химическое равновесие при этом не смещается ни в прямую, ни в обратную сторону.

Отличительной особенностью ферментов по сравнению с небелковыми катализаторами Несмотря на общий высокий уровень специфичности, степень субстратной и реакционной специфичности ферментов может быть различной. Например, эндопептидаза трипсин разрывает пептидную связь только после аргинина или лизина, если за ними не следует пролин, а пепсин гораздо менее специфичен и может разрывать пептидную связь, следующую за многими аминокислотами.

Ионы металлов (Na⁺, Cl⁻, K⁺, Mg²⁺,

Mn²⁺, Zn²⁺) активируют очень многие ферменты, поскольку:

- способствуют образованию ферментсубстратного комплекса;
- служат донорами и акцепторами электронов;
- принимают участие в образовании активного центра ферментов (Zn²⁺ в составе карбангидразы, Fe²⁺ — в составе цитохромов, каталазы, пероксидазы);
- выступают в роли аллостерических регуляторов.

Биогенные элементы — важный лимитирующий фактор в морской среде, где их содержится несколько частей на миллиард частей воды.

Активность ферментов зависит от условий в клетке или организме — давления, кислотности среды, температуры, концентрации растворённых солей (ионной силы раствора) и др.

Активность ферментов непостоянна во времени. Они чутко реагируют на ситуацию, в которой оказывается клетка, на факторы, воздействующие на неё как снаружи, так и изнутри. Главная цель такой чувствительности ферментов — отреагировать на изменение окружающей среды, приспособить клетку к новым условиям, дать должный ответ на гормональные и иные стимулы, а в некоторых ситуациях — получить шанс выжить.

В последнее время показано, что фрактальность широко распространена в живой природе. Поэтому, вполне возможно, что и иммунное патрулирование клетками иммунной системы осуществляют в их «ромбообразной» форме существования. Это, с одной стороны, помогает им легче перемещаться по крови и тканям организма. С другой, - экономить организму энергию, которая необходима ему в случае возникновения инфекции. С третьей стороны, переход «ромбообразной» формы существования иммунных клеток в «квадратоподобную» сразу же вызывает их торможение в тканях и выброс энергии, поскольку при этом происходит множественный гидролиз АТФ. Благодаря этому воспаление сопровождается повышением температуры при нормальном уровне показателей иммунной системы и будет протекать почти без повышения температуры при сниженном иммунитете.

Подобное явление должно происходить и при встрече эритроцитов, принадлежащих разным группам крови, открытым лауреатом Нобелевской премии по физиологии и медицине 1930 года Карл Ландштейнер. Ему посмертно в 1946 году присудили премию Альберта Ласкера в области клинических медицинских исследований.

References:

1. Telepneva L.G. Pervye lipidnye BKS i lipoproteiny kletok i krovi. [The first lipid BCS and lipoproteins of cells and blood], L.G. Telepneva., GISAP: Biology, veterinary medicine and agricultural sciences. - 2014., No. 4., pp. 15-18.

2. Sila Koriolisa. [Coriolis force], Access mode: https://ru.wikipedia.org/wiki/Sila_Koriolisa

3. Morskaja voda. [Seawater], Access mode: https://ru.wikipedia.org/wiki/Morskaja_voda

4. Horn R. Morskaja himija (struktura vody i himija gidrosfery) [Marine chemistry (water structure and chemistry of the hydrosphere)]. – Moskva., Mir, 1972. - 400 p.

5. Kalij. [Potassium], Access mode: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Kalij>

6. Natrij. [Sodium], Access mode: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Natrij>

7. Ortofosornaja kislota [Orthophosphoric acid], Access mode: <http://www.neboleem.net/ortofosornaja-kislota.php>

8. ATP (ATF, adenozintrifosfat, adenozintrifosornaja kislota): osnovnye svedenija [ATP (ATP, adenosine triphosphate, adenosine triphosphoric acid): basic information], Access mode: <http://medbiol.ru/medbiol/cytology/00158711.htm>

9. Adenozinmonofosfat [Adenosine monophosphate], Access mode: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Adenozinmonofosfat>

10. Lebedev S.I. Fiziologija rastenij [Physiology of plants]. – Moskva., Agropromizdat, 1988. - 544 p.

Литература:

1. Телепнева Л.Г. Первые липидные БКС и липопротеины клеток и крови., Л.Г. Телепнева., GISAP. Biology, veterinary medicine and agricultural sciences. - 2014., № 4., С. 15-18.

2. Сила Кориолиса., Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сила_Кориолиса

3. Морская вода., Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Морская_вода

4. Хорн Р. Морская химия (структура воды и химия гидросферы). - М.: Мир, 1972. - 400 с.

5. Калий., Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Калий>

6. Натрий., Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Натрий>

7. Ортофосфорная кислота., Режим доступа: <http://www.neboleem.net/ortofosornaja-kislota.php>

8. ATP (АТФ, аденозинтрифосфат, аденозинтрифосфорная кислота): основные сведения., Режим доступа: <http://medbiol.ru/medbiol/cytology/00158711.htm>

9. Аденозинмонофосфат., Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Аденозинмонофосфат>

10. Лебедев С.И. Физиология растений. - М.: Агропромиздат, 1988. - 544 с.

Information about authors:

1. Ludmila Telepneva - Research Associate, Mechnikov Institute of Microbiology and Immunology; address: Ukraine, Kharkov city; e-mail: ltelepneva@mail.ru

