

О ФИЗИКО-ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ БИОСИСТЕМЫ

© В.И.Моисеев, 2015

Резюме. В статье исследуется вопрос биологической активности с точки зрения процессов сопряжения – параллельного протекания двух процессов, в одном из которых (несущий процесс) термодинамический потенциал падает, а в другом (несомый процесс) потенциал возрастает. Рассматриваются редукционистские и холистические трактовки несомого процесса. В рамках последних предлагается так называемая *физико-информационная модель* (ФИМ) биосистемы, в рамках которой вводятся два уровня организации биосистемы – информационный и энергетический (физический). На последнем уровне используется схема процессов сопряжения, несомый процесс в которых выражает определения информационного уровня, в том числе собственный (органический) потенциал биосистемы. Активность живого строится как движение от модельных информационных схем (И-схем) к их реализации (Р-схемам) всё более частного вида на информационном уровне. В конечном итоге самые частные Р-схемы реализуются в несомых процессах соответствующих процессов сопряжения на физическом уровне биосистемы. Каждый уровень рассматривается как единство материи и формы (организации). Информационный уровень – тот же уровень физической материи, но обладающий новой биологической формой, выражаемой в И-схемах биосистемы. Информационный уровень не нарушает закон сохранения физической энергии, влияя на физический уровень сверхмалыми энергетическими воздействиями. ФИМ предполагает своё приложение к объяснению любых видов биологической активности – поведению, морфогенезу, эволюции и т.д. Использование данной модели резко упрощает основания биологической науки и позволяет начать строить её как собственно биологическое знание, отличное от физики на фундаментальном уровне.

Ключевые слова: холизм, редукционизм, энергия, информация, теоретическая биология, биологическая система, биологическое моделирование.

1. Холизм и редукционизм

В истории биологического знания всегда присутствовали две линии, которые сегодня обозначаются как редукционизм и холизм.

Редукционизм утверждает, что для понимания биологических систем нам не нужно ничего, кроме законов физики. Биологические системы – пусть и сложные, но всё те же физико-химические системы. Биология – прикладная физика, заимствующая фундаментальные законы из физики и лишь применяющая их к специальному случаю физических систем. В конечном итоге редукционизм предполагает, что живое – это не живое.

С другой стороны, *холизм* всегда опирался на идею качественного отличия биологических систем от физико-химических. Одних только законов физики недостаточно для понимания феномена жизни, и биология может стать самостоятельной фундаментальной наукой, не сводимой к физике и обладающая собственными универсальными законами.

Хотя стихийный холизм в той или иной мере присущ большинству биологов¹, но, к сожалению, до сих пор он не был научным основанием биологического знания, поскольку не смог предложить модели и гипотезы, которые были бы одинаково и холистичными, и рациональными.

Одна из последних попыток такого рода связана с идеями *морфогенетического поля* и *формативной причинности* британского биолога Руперта Шелдрейка². Однако идея такого поля кажется не всегда в достаточной степени рациональной современным биологам. В первую очередь вызывает вопросы носитель такого поля и определяющие его законы.

В связи с этим идеи редукционизма, хотя и не всегда удовлетворительные, но продолжают приниматься биологами, в силу отсутствия достойного конкурента.

Ниже мы в некоторой степени постараемся обрисовать один проект рациональной биологической модели, которая одновременно представляет собою холистическую концепцию и могла бы послужить конкурентом редукционистской методологии.

2. Процессы сопряжения

¹ Хотя бы в силу того, что они рассматривают биологию как самостоятельную науку, отдельную от физики.

² Шелдрейк Р. Новая наука о жизни / Пер. с англ. Е.М.Егоровой. – М.: РИПОЛ классик, 2005.

Биологическая активность представлена повсеместно распространёнными процессами сопряжения. «Очевидно, что сопряженные процессы универсальны в живой природе» – пишет, например, М.В.Волькенштейн в «Общей биофизике»³.

Процесс сопряжения – это пара связанных процессов, в одном из которых (*несущий процесс*) происходит падение термодинамического потенциала, в то время как во втором, связанном с ним процессе, идёт локальный рост потенциала (*несомый процесс*)⁴.

Например, в катаболической половине метаболического цикла при синтезе АТФ из АДФ в качестве несущего процесса выступает распад питательных веществ (белков, жиров, углеводов), где падает потенциал, а несомым процессом, идущим с ростом потенциала, выступает синтез АТФ. Наоборот, в анаболической части метаболизма распад АТФ до АДФ оказывается несущим процессом, который сопрягается с разного рода биологически значимыми для клетки процессами, – синтезом необходимых веществ, обеспечением активного транспорта, сокращением актин-миозиновых нитей и т.д. Последние процессы идут с ростом потенциала и выступают в качестве несомых процессов процессов сопряжения анаболической половины метаболического цикла.

На диаграмме изменение потенциалов в несущем и несомом процессе может быть представлено в следующем обобщённом виде – см. рис.1.

³ Волькенштейн М.В. Общая биофизика. М.: Наука, 1978. – С.298. Здесь автор описывает процессы сопряжения в терминах линейной неравновесной термодинамики, где применима теорема Онзагера, и для системы в целом выполняется условие неотрицательности диссипации σ энтропии, т.е. $\sigma = \sum J_i X_i \geq 0$, где J_i – обобщённый поток (для химической реакции это скорость реакции v_i), X_i – обобщённая сила. Последняя равна сродству A_i , делённому на абсолютную температуру: $X_i = A_i/T$. При постоянных давлении p и температуре T , что характерно для биохимических реакций, в качестве термодинамического потенциала рассматривают свободную энергию Гиббса G . В этом случае $A_i = -(\partial G/\partial \xi_i)_{p,T}$, и для диссипации можно записать: $\sigma = (1/T)((d\xi/dt), -\text{grad}G) \geq 0$. Здесь ξ – вектор координат реакций $\xi = \{\xi_i\}$, $\text{grad}G$ – градиент свободной энергии Гиббса по координатам реакций и допущении постоянства давления p и температуры T ; $((d\xi/dt), -\text{grad}G)$ – скалярное произведение векторов $v = d\xi/dt$ и $-\text{grad}G$. В этом случае вектор $-(1/T)\text{grad}G$ играет роль *термодинамической силы* относительно *термодинамического потенциала* G (не путать с *химическим потенциалом* μ_γ реагента γ , где $\mu_\gamma = (\partial G/\partial n_\gamma)_{p,T}$, и n_γ – число молей реагента γ). Условие $\sigma \geq 0$ оказывается условием неотрицательности проекции термодинамической силы на вектор скорости химической реакции, т.е. условием совершения неотрицательной работы. Это означает, что система реакций в целом изменяется в направлении отсутствия роста термодинамического потенциала G , т.е. либо в направлении его падения (в условиях неравновесия), либо сохраняет его нулевое значение (в состоянии равновесия).

⁴ В более строгих терминах неравновесной линейной термодинамики процесс сопряжения описывается как система реакций, для которой выполняется общее условие на диссипацию энтропии $\sigma = \sum J_i X_i = \sum v_i (A_i/T) \geq 0$, а для некоторого k -го процесса реализуется частное противоположное условие $v_k A_k < 0$. В этом случае, если выполнено условие $\sum_{i \neq k} v_i A_i > |v_k A_k|$, то k -тый процесс может протекать в системе в результате сопряжения (см. Волькенштейн М.В. Общая биофизика, 1978, С.62). Условие $v_k A_k < 0$ означает, что $v_k A_k = d\xi_k/dt(-(\partial G/\partial \xi_k)_{p,T}) < 0$, т.е. $(\partial G/\partial \xi_k)_{p,T} > 0$, и k -тый процесс идёт в направлении *роста* свободной энергии Гиббса (термодинамического потенциала). Но падение потенциала в оставшейся части системы, что выражено неравенством $\sum_{i \neq k} v_i A_i > |v_k A_k|$, преобладает, и в итоге условие на диссипацию для всей системы $\sigma \geq 0$ выполнено. В наших терминах k -тый процесс – это *несомый* процесс, и в нём происходит рост термодинамического потенциала, в то время как оставшаяся часть процессов – это *несущий* процесс, где идёт падение потенциала. В целом, для всей системы несущего и несомого процесса, также происходит падение термодинамического потенциала.

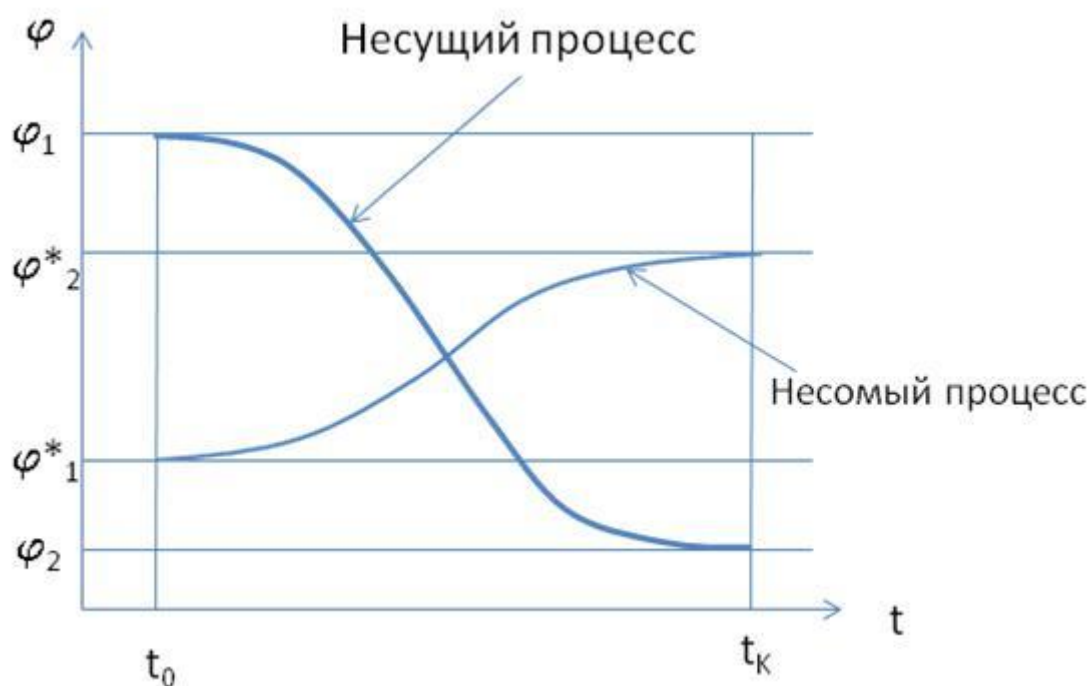


Рис.1. Изменение потенциалов в процессе сопряжения.

Если $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ – изменение потенциала в несущем процессе, $\Delta\varphi^* = \varphi_2^* - \varphi_1^*$ – в несомом процессе, то $\Delta\varphi < 0$, $\Delta\varphi^* > 0$, и $\Delta\varphi + \Delta\varphi^* < 0$. Это значит, что в несущем процессе потенциал падает, в несомом растёт, и суммарное изменение потенциала отрицательное. Это можно объяснить тем, что несомый процесс возможен в процессе сопряжения лишь до тех пор, пока идёт несущий процесс. Но чтобы последний протекал, нужно, чтобы не весь потенциал тратился на несомый процесс.

Как уже было замечено, процессы сопряжения повсеместно распространены в биологических системах, представляя собой некоторую фундаментальную схему организации биологической активности.

3. Возможные трактовки несомого процесса в редукционизме

Конечно, главный интерес в процессе сопряжения для биолога представляет несомый процесс, поскольку именно он выражает разного рода значимые для биосистемы активности – образование АТФ, синтез необходимых соединений, активный транспорт и т.д.

И как мы видим, несомый процесс идёт против «естественного направления» природных процессов, не с падением, а с ростом потенциала. В связи с этим статус несомого процесса нуждается в объяснении.

В трактовке статуса несомого процесса в процессах сопряжения мы встречаем возможность редукционистской и холистической интерпретации.

С точки зрения редукционизма, несомый процесс – это либо флуктуация локальной подсистемы в рамках глобальной статистической системы, которая в среднем продолжает подчиняться физическим законам, либо выражение некоторой локальной физики, характерной для данной части системы.

Например, если мы используем понятия классической равновесной термодинамики для понимания биологической активности, то биологическая система – это открытая локальная подсистема более глобальной изолированной термодинамической системы. В последней действует второй закон термодинамики, и в качестве термодинамического потенциала здесь выступает негэнтропия $N = -S$, где S – энтропия. Негэнтропия падает в глобальной системе (энтропия растёт), а в рамках локальной биологической подсистемы, которая является открытой, второй закон термодинамики не обязан выполняться, и здесь возможны локальные отклонения (флуктуации) от закона глобальной системы.

Однако слабость подобного объяснения - в наделении несомого процесса статусом случайной флуктуации. Наоборот, в биологических системах несомые процессы являются наиболее значимыми, они очень регулярно воспроизводятся системой и совсем не похожи на случайные флуктуации. Все системы гомеостаза направлены на поддержание параметров несомых процессов.

Редукционизм может предложить более реалистичное объяснение несомых процессов, обращаясь к идеям неравновесной термодинамики и синергетики. В этом случае ищется закон организации открытых систем, например, принцип минимума диссипации энергии Онзагера или те или иные принципы организации диссипативных систем в нелинейной неравновесной термодинамике, и несомый процесс объясняется с точки зрения указанных принципов – как выражающий новый закон локальной подсистемы. В этом случае достаточно удовлетворительно может быть объяснён регулярный характер несомых процессов.

Однако и при этих условиях предполагается, что вся биологическая активность может быть сведена к определениям только физических законов, что не всегда представляется адекватным.

Например, если мы рассмотрим процесс порождения речи у человека, то мы должны будем вывести правила грамматики конкретного национального языка, законы языковой семантики из законов физики, что представляется уже слишком большой натяжкой.

В то же время, даже если биолог и чувствует такую натяжку, то у него нет альтернативы.

Ниже мы предлагаем описание одной такой альтернативы.

4. *Идея органического потенциала*

Она связана с холистической трактовкой несомого процесса и предполагает использование идеи *органического потенциала*.

Мы предполагаем, что для несомого процесса в рамках процесса сопряжения задан свой собственный потенциал, который падает на протяжении несомого процесса и также выражает стремление биосистемы к равновесию. Однако это равновесие не физическое, а биологическое (органическое). Стремление к органическому равновесию выражается в этом случае в удалении от физического равновесия, поскольку органический потенциал оказывается перевернутым относительно физического потенциала в рамках несомого процесса.

Именно в этом смысле можно понимать известный *принцип устойчивого неравновесия* Эрвина Бауэра⁵. Поскольку органический потенциал перевернут относительно физического потенциала, то стремление биологической системы к органическому равновесию будет в точности означать её устойчивое отклонение от неорганического равновесия.

Пусть φ_0 - органический потенциал биосистемы. Его перевернутость относительно физического потенциала φ выражается в простейшем случае в соотношении $\varphi_0 = C - k\varphi$, где C , k – некоторые константы. Рост физического потенциала φ в рамках несомого

⁵ Бауэр Э. Теоретическая биология. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.

процесса, т.е. соотношение $\Delta\varphi > 0$, выразится в этом случае в падении органического потенциала φ_0 , т.е. в неравенстве $\Delta\varphi_0 < 0$.

Но что такое этот органический потенциал? Каков его смысл?

Идея органического потенциала означает, что для биологической системы определена своя динамика со своими законами и принципами. Такую динамику можно называть *биологической (органической) динамикой*.

Поясним её идею на простом примере.

Будем моделировать некоторый биологический организм «биологической точкой» (по аналогии с материальной точкой в механике) на плоскости. Допустим, что организм может двигаться, что выражается в перемещении точки по плоскости. Пусть в данный момент организм находится в некоторой точке А. И ему необходимо переместиться в точку В.

Если на плоскости нет никаких препятствий, то вполне логично предположить, что организм будет двигаться по кратчайшему расстоянию между А и В, т.е. по прямой, соединяющей эти точки.

И если точка В фиксирована, а организм (как биологическая точка) может находиться в любых точках плоскости, то он всегда будет по прямой достигать В.

В этом случае можно предполагать задание на плоскости некоторой скалярной функции φ_0 , которая чем дальше от В, тем более будет возрастать, и чем ближе к В, тем более будет уменьшаться. Тем самым будет задана некоторая функция $f(x,y) = \varphi_0(x,y)$ – скалярное поле, как говорят в физике, имеющее минимум в точке В.

Подобную скалярную величину φ_0 можно понимать в данном случае как органический потенциал биологической точки, который устремляет её к финальному состоянию В.

Такой потенциал в общем случае не имеет зависимости от физических потенциалов, способных существовать на плоскости (например, там могут быть определены электрические или гравитационные потенциалы). Органический потенциал существует самостоятельно, выражая собственные законы биологической системы. Например, в точке В находится пища или другая ценность, характерная для данного организма, и он стремится достичь точки В, чтобы так или иначе освоить свою ценность.

Подобная модель может быть обобщена. Можно предполагать, что в общем случае активность биологических систем строится на основе органических потенциалов, имеющих разный вид и привязку к реальности в зависимости от конкретных задач и потребностей биосистемы.

Если физический потенциал существует в реальности и случайным образом совпадёт с органическим потенциалом, то организму в этом случае не имеет смысла использовать процессы сопряжения, - он может вполне положиться на активность неорганических процессов, используя их для своих целей. Например, рыба может не двигать плавниками, просто плывя по течению, или птица может просто парить в небе, отдаваясь силе воздушного потока. Но в подавляющем большинстве случаев физические потенциалы отличаются от органических потенциалов, и тогда биосистемам приходится в той или иной форме использовать схему процессов сопряжения, реализуя органический потенциал несомого процесса как перевёрнутый физический потенциал.

Схема процессов сопряжения показывает определённую мудрость живой природы. Вместо того чтобы нарушать физические законы там, где они отличаются от принципов биологической активности, *живые системы используют эти законы для отклонения от них*. Это как, например, использовать энергию падающей воды в водяной мельнице, чтобы в другом месте поднимать воду. Вообще следует заметить, что энергетика используемых нами машин также организована по принципу процессов сопряжения, когда мы используем несущий процесс двигателя для активностей, которые обычно не совпадают с физическим направлением процессов – въезжаем на горки, плывём против течения, поднимаем тяжести и т.д.

Следует заметить, что даже в неравновесной термодинамике несомые процессы только допускаются, но не объясняются. Они возможны, но можно обойтись и без них. И почему выбирается вариант именно с процессами сопряжения, остаётся непонятным в рамках чистой физики. В случае же гипотезы органического потенциала, стоящего за несомым процессом, мы используем возможность, предполагаемую физикой, но переводим её в необходимость с чисто биологической точки зрения. Выбирается вариант именно с процессами сопряжения, потому что за несомыми процессами стоят биологические законы. А физические законы оказываются совместимыми с ними через схемы сопряжения.

5. Об одной модели с органическим потенциалом

Если мы принимаем идею органического потенциала, то следует говорить о новой модели биологической системы, которая будет состоять из двух уровней – информационного и энергетического (физического).

На информационном уровне так или иначе должно быть представлено пространство состояний биосистемы, в котором определяется скалярная функция органического потенциала.

Энергетический уровень представлен физической структурой биосистемы, которая находится в окружающем физическом пространстве.

Таким образом, органический потенциал отсутствует на физическом уровне, он представлен только информационно на информационном уровне биосистемы. В физическом уровне определены только физические потенциалы.

Однако органический потенциал может транслироваться на физический уровень, в физическую структуру биосистемы через разного рода процессы сопряжения.

Рассмотрим одну модель, которая поможет понять принципы подобной трансляции.

Вернёмся к тому же примеру с биологической точкой на плоскости, которая стремится перейти из текущего состояния А в некоторое финальное состояние В под действием центрально-симметричного органического потенциала ϕ_0 .

Таков информационный уровень организации биосистемы, в то время как её физическая структура представляет собой некоторую биомашину, где есть движитель (например, жгутик бактерии) и направляющее устройство, определяющее направление движения (допустим, изгибание переднего конца бактерии). В физической структуре биосистемы есть своя система обеспечения величины работы движителя (например, скорости вращения жгутика) и направления движения, которая задействует множество химических реакций с тратой и синтезом АТФ и т.д.

В итоге система передвижения может быть охарактеризована вектором скорости движения V , который может быть представлен как произведение $V = |V|v$, где $|V|$ - величина вектора V , и $v = V/|V|$ - единичный вектор, выражающий направление V . Величина работы движителя определяет параметр $|V|$, а направление – параметр v . Вместе они дают итоговое изменение биосистемы.

Предположим, что физическая часть биосистемы находится также на плоской поверхности, которая может быть соотнесена с плоскостью на информационном уровне. В

физической плоскости биосистема присутствует в некоторой области A^* и стремится перейти в область B^* . Физическая плоскость моделируется информационной плоскостью, так что области A^* и B^* предстают как точки A и B соотв.

Задание точек A и B выражается в формировании соответствующего органического потенциала φ_0 . Далее, на основе органического потенциала φ_0 и граничных условий A и B определяется идеальная траектория $r(t)$ на плоскости, соединяющая по прямой точки A и B . Например, здесь может использоваться градиентное определение траектории $r(t)$:

$$dr/dt = -K\text{grad}\varphi_0,$$

где K – некоторая константа.

Это значит, что траектория $r(t)$ строится как результат скорейшего спуска по поверхности органического потенциала φ_0 , что и даёт прямую линию на плоскости от A до B .

Далее идеальная траектория $r(t)$, которую можно называть *информационной схемой* (*I-схемой*), транслируется в некоторую реальную траекторию ρ (*реальную схему*, *P-схему*), которая: 1) может быть реализована активностью биомашины и 2) наиболее близко прилежит к идеальной траектории $r(t)$.

Если, например, биомашина работает на основе последовательности отдельных актов $V_i = |V_i|v_i$, где $|V_i|$ - величина i -го акта работы движителя, v_i – направление перемещения в i -м акте, так что

$$\rho = \{V_i\}_{i=1}^n$$

- P -схема является последовательностью всех актов,

то в биомашину с информационного уровня поступает информация организации P -схемы в виде последовательности всех актов.

Каждый акт биомашины реализуется в виде множества процессов сопряжения, которые совокупно обеспечивают параметры $|V_i|$ и v_i .

Двигаясь по траектории ρ , биомашина выражает *реализацию* φ^*_0 потенциала φ_0 , т.е. версию органического потенциала, который снижается по мере выполнения P -схемы. В связи с этой дифференциацией, потенциал φ_0 можно называть *информационным*, а потенциал φ^*_0 – *реализующим (P-потенциалом)*. Потенциал φ^*_0 уже не обязательно определён в пространстве, но ему достаточно определяться только вдоль траектории ρ .

Реализующий потенциал раскладывается во множество локальных потенциалов несомых процессов отдельных процессов сопряжения, выполняющих как данный акт Р-схемы, так и моменты перехода от одного акта к другому.

В то же время все описанные структуры, в том числе Р-схемы и реализующий потенциал, по-прежнему принадлежат информационному уровню биосистемы, только лишь выражая некоторые его подуровни, приближенные к физическому плану.

Аналогично можно было бы рассмотреть другие случаи активности биосистем.

Например, при порождении речи человеком, на информационном плане вначале существует смысл, который далее раскладывается в реализующую его речевую структуру. Смысл выступает как И-схема, речевая реализация смысла – как Р-схема. Возможно, И-схема в данном случае не представлена органическим потенциалом, поскольку смысл может быть дан не как движение, а как мгновенное состояние. Но в любом случае органический потенциал (как Р-потенциал) возникает на уровне Р-схемы, которая всегда представляет собою протяжённую во времени активность. Далее Р-схема раскладывается во множество частных Р-схем, каждая из которых реализует свой фрагмент речи через работу голосового аппарата биомашин. Здесь возможны свои уровни всё более частной реализации, когда частные Р-схемы раскладываются на ещё более частные, пока вся система реализации не доходит до простейших молекулярных процессов сопряжения со своими несомыми процессами. Важно то, что организация идёт «сверху вниз» - от информационного уровня к реальному и от более к менее интегральным информационным уровням. Когда внизу уже наработаны частные Р-схемы, такая организация позволяет быстро строить более интегральные Р-схемы, лишь по-разному комбинируя и переключая частные элементы, вписывая их в изначально данную интегральную схему активности.

6. Физико-информационная модель биосистемы

На основе описанной модели мы можем подытожить и обобщить основные моменты взаимодействия информационного и физического уровня биосистемы.

Реальная ситуация существования биосистемы представляется на информационном уровне в виде некоторой информационной модели. На этой основе может возникнуть информационный органический потенциал φ_0 , и формируется информационная схема активности (И-схема) (если И-потенциал определён, то И-схема строится как результат редукции (понижения) φ_0 и наложения определённых граничных условий).

Далее И-схема выражается в реальной схеме (Р-схеме) активности биосистемы, которая может быть реализована физическими ресурсами биомашины и наиболее близко выражает И-схему. Выполнение Р-схемы может быть представлено как редукция своего вида органического потенциала (реализующего потенциала), выражающего И-потенциал. В частности, Р-схема может разбиваться на множество более частных Р-схем, каждая из которых выполняется своим модулем активности биомашины, работающей в определённом режиме со своими параметрами.

На физическом уровне каждая частная схема и переходы между ними реализуются множеством несомых процессов процессов сопряжения со своими потенциалами, являющимися локальными представлениями реализующего органического потенциала.

Графическая метаформа описанной модели представлена на рисунке – см. рис.2.

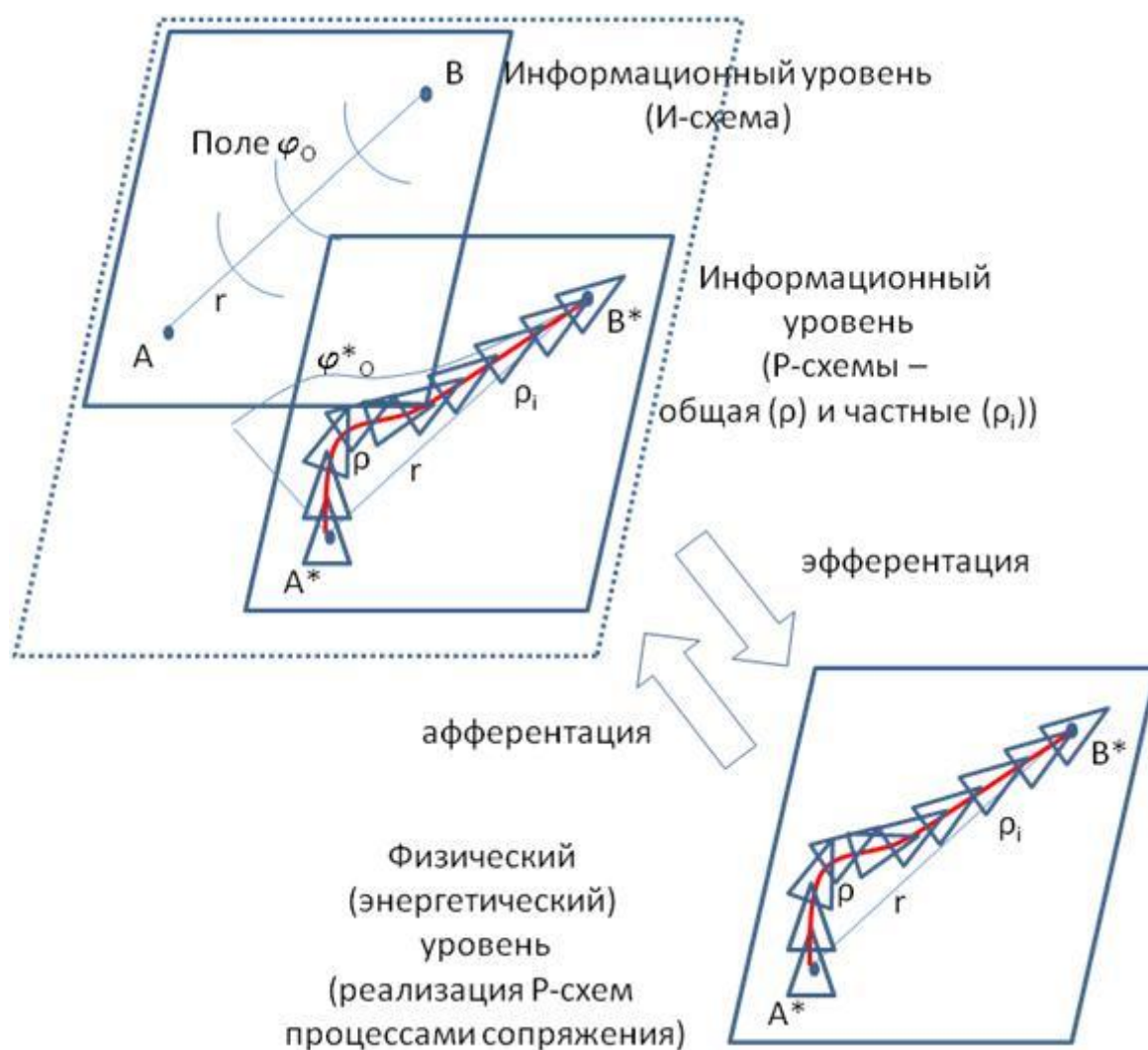


Рис.2. Физико-информационная модель биосистемы. Вверху слева представлен информационный уровень, внизу справа – физический (энергетический) уровень. Информационный уровень включает в себя подуровень И-схемы с идеальной траекторией

г от А до В и органическим потенциалом φ_0 ; и подуровень Р-схем (общей ρ и частных ρ_i) с реализующим потенциалом φ^*_0 , определённым вдоль общей Р-схемы ρ . Физический уровень содержит в себе только Р-схемы (без потенциалов), которые реализуются процессами сопряжения. Оба уровня взаимодействуют между собой через процессы афферентации (формирование информационного уровня на основе физического) и эфферентации (изменение физического уровня на основе информационного). Малыми треугольниками схематически изображены позиции тела биосистемы (например, бактерии), так что перемещение от предыдущего треугольника к следующему выражает работу процессов сопряжения в одном режиме (при одной скорости движителя и одном направлении перемещения).

Описанная модель активности биосистемы может быть названа *физико-информационной моделью* (ФИМ), поскольку она предполагает определение биосистемы на двух уровнях – информационном и физическом (энергетическом) и их активное взаимодействие.

В рамках данной модели органический потенциал не реализуется энергетически, он представлен лишь информационно – как некоторый управляющий фактор, который приводит к определённой организации физических процессов. Наиболее близко к физике он «подходит» на уровне несомых процессов в процессах сопряжения, но и здесь реализует себя не прямо, а через переворачивание физических потенциалов, которое так или иначе допускается физикой процесса⁶.

В связи с этим биологическая активность не должна нарушать закона сохранения физической энергии, проявляя себя как лишь некоторый информационный фактор организации физических процессов, не затрагивающий общее количество физической энергии. С одной стороны, ещё со времён работы Э.Шрёдингера «Что такое жизнь?» мы

⁶ Следует отметить, что перевёрнутость органического потенциала относительно физического в полной мере реализуется только в рамках отдельных процессов сопряжения, т.е. для самых локальных Р-схем. Чем на более интегральный уровень биологической активности мы поднимаемся, тем в более сложном отношении может находиться органический потенциал этой активности к направлениям физической активности. Даже на молекулярном уровне процессы сопряжения в биосистемах как правило организуются в комплексы, в которых множество несомых процессов образуют малый модуль активности (тот же вращающийся жгутик бактерии), способный по-разному соотноситься с физической активностью в разных условиях. И чем выше, тем на новые уровни организации активности мы выходим, которые всё более опосредованно связаны с элементарным для них уровнем физической активности. В каком отношении находится деятельность человеческой руки к свободной энергии Гиббса? На этот вопрос ответить уже практически невозможно, хотя элементарные активности, мириадами которых соткана активность руки, будут однозначно перевёрнуты относительно направления уменьшения термодинамического потенциала.

знаем, что живые системы «питаются» не энергией, но некоторым её качеством – негэнтропией.

В то же время управление – не только информация, но и воздействие её на рабочий процесс, осуществляемый через энергию. *Информация – это всего лишь малая энергия, которая способна организовать большие потоки энергии.* Можно предполагать, что информационный план биосистемы вмешивается время от времени в ход физических процессов на уровне малых энергетических воздействий, которыми можно пренебречь на макроуровне. В этом случае отклонения от закона сохранения физической энергии слишком малы, чтобы их можно было реально уловить в эксперименте. Возможно также, что эти управляющие энергетические воздействия складываются при своём накоплении *неархимедово*, не выходя за некоторый верхний порог (квант энергии) – подобно тому как любая конечная сумма нулей есть ноль⁷.

7. Некоторые пояснения физико-информационной модели

Также следует иметь в виду, что представленная выше модель активности биосистемы выражает лишь собственно биологические активности, которые строятся на основе органических, а не физических законов. Таковы все основные виды активности живого – перемещение в пространстве для достижения некоторой цели, морфогенез, эволюция и т.д. Но понятно, что в составе биологической активности могут быть участки либо полного совпадения с физической активностью (примеры чего были приведены выше), либо порождённые физическими причинами и имеющие частичный биологический смысл (допустим, падение при беге, снижение биоорганизации при заболевании и т.д.). Для объяснения таких фрагментов активности биосистем в самом деле достаточно физических принципов или они играют существенную роль. В целом живая активность носит смешанный характер, отчасти собственно органический, отчасти вполне физический, но области первого присутствуют в биологическом движении гораздо чаще.

Применение физико-информационной модели к эволюции предполагает наличие своего информационного уровня эволюционного процесса, где может формироваться собственный органический потенциал и выражающая его редукцию И-схема, которая затем проявляется в разного рода Р-схемах – более интегральных для крупных таксонов и более частных для более мелких, вплоть до своих реализаций на уровне отдельных

⁷ Моисеев В.И. Человек и общество: образы синтеза. В 2-х тт. т.1. – М.: ИД «Навигатор», 2012. – С.296-305.

организмов и биомолекулярных процессов со своими эволюционно наведёнными несомыми процессами процессов сопряжения. В этом случае механизмы эволюции могут потребовать гораздо меньше времени и числа особей для своей стартовой реализации, затем постепенно распространяясь в популяции и видах.

Аналогичным образом свой информационный план и возможный органический потенциал предполагается для объяснения процессов морфогенеза, например, эмбриогенеза. В этом случае зигота активирует информационный план развития, где И-схема выражает конкретную траекторию формообразования, которая затем раскладывается на множество частных схем (в том числе подобная дифференциация может идти в рамках И-схем), в итоге реализуясь в уровневых Р-схемах, вплоть до соответствующих процессов сопряжения.

Ещё один важный вопрос, возникающий в связи с физико-информационной моделью, состоит в том, что является носителем, субстратом информационного плана биологической системы.

В ответе на этот вопрос мы можем попытаться понять, что является носителем физической реальности. С одной стороны, это физическая материя. С другой, это принципы её организации («форма») в лице физических законов. Физика, если следовать философии Аристотеля, - это единство материи и формы.

Нечто подобное можно предполагать и в отношении к носителю информационного уровня биосистем. С одной стороны, это может быть всё та же физическая материя. С другой стороны, она вовлекается в иную систему организации в лице собственно биологических, а не физических, законов («биологическую форму»). Именно такую материю мы находим в первую очередь в телах живых организмов, и её можно было бы называть *био-материей*. В составе тел живых организмов материя поднимается до уровня «живого вещества» и начинает выражать более высокий уровень организации. Конечно, такая био-материя не выходит из под действия физических законов, не перестаёт им подчиняться, но она одновременно начинает выражать и другой класс законов – законов собственно биологических⁸.

Кроме того, материя совокупности живых организмов – клеток, видов, классов и более высоких таксонов, вплоть до биосферы в целом, - формирует подуровни

⁸ В местах конфликтов физических и биологических законов, как в случае несомых процессов, био-материя выбирает биологические законы, но вынуждена ограничивать себя только тем «лакунами» в физической материи, где дозволено отклонение от глобальной физической организации.

организации внутри био-материи в целом, выражающие всё более высокие биологические целостности и характерные для них законы.

Организуясь на одной и той же материи, законы физики и биологии взаимодействуют как законы энергии и информации. Физические законы обеспечивают преимущественно энергетические характеристики материи. Конечно, здесь активно проявляет себя и физическая информация, но она имеет свободное выражение и в своей энергии. Например, в процессе превращения тепла в работу мы имеем дело и с энергетическими, и информационными (энтропия) характеристиками материи.

Что же касается био-материи, то она преимущественно определена в информационном плане, выражая новый тип организации и законов всё той же материи. Когда же дело касается её энергетического выражения, то для этого используется физическая энергетика и схемы процессов сопряжения, через несомые процессы в которых биологические законы могут проявить себя в физико-энергетической реальности. В итоге схема процессов сопряжения поднимается до общего принципа взаимодействия био-материи и физической материи.

Физическая организация материи оказывается как бы недоопределённой и оставляет в лице несомых процессов некие «пустые места», которые могут доопределяться («заполняться») другой, отличной от физики, формой. Физика даже обеспечивает энергетiku этих процессов, и требуется лишь связать эту энергетiku с нужным для другой формы направлением несомых процессов, не нарушая глобальной физики системы. При такой организации физическая материя оказывается потенциально открытой на свою координацию с принципами, локально выходящими за границы физических законов⁹.

8. Заключение

Подводя итог, мы можем говорить о физико-информационной модели (ФИМ) как примере некоторой холистической гипотезы в области биологического знания, которая одновременно обладает достаточной для научного знания рациональностью. Тем самым подобной моделью выражены определения *рационального холизма* – холистического направления, которое предполагает возможность рационального, в том числе научного,

⁹ Подобная открытость физики на биологию часто формулируется сегодня в форме так называемого «антропного принципа».

выражения специфического качества жизни, окончательно не сводимого к физическим законам и определениям.

Более того, пока ФИМ была представлена в рамках *материалистического холизма*, который предполагает более высокие уровни организации по-прежнему принадлежащими материальному бытию. Подобная версия холизма была представлена, например, в рамках диалектического материализма.

В случае принятия ФИМ и дальнейшего её развития теория биологии перестаёт быть столь неопределённой, какой она была до сих пор, и оказывается достаточно простой, по крайней мере в своих основаниях. Также отпадает необходимость всё время усложнять физику для подгонки её к объяснению того или иного биологического феномена, что похоже на известную историю с эпициклами Птолемея.

Теперь мы можем спокойно предоставить физике её собственную область, не пытаюсь насильно выдавить из неё того, чего она не в состоянии дать, и обоснованно перейти в сферу собственно биологических законов и принципов.