

МЕТАБОЛИЗМ И МЕТАБОЛИТЫ ЖИВЫХ СИСТЕМ

Ю.М. Ильин

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ
imsmiling@mail.ru

Наличие метаболизма в живых системах свидетельствует о том, что организмы существуют в форме процесса, т.е. потребляя отрицательную энтропию, извлекаемую из окружающей среды, прокачивая ее через свою внутреннюю систему с последующим избавлением в форме положительной энтропии.

По Э. Шредингеру (1999, с. 77-78), «...отрицательная энтропия – это средство, при помощи которого организм поддерживает себя постоянно на достаточно высоком уровне упорядоченности (равно на достаточно низком уровне энтропии), в действительности состоит в непрерывном извлечении упорядоченности из окружающей его среды. Это заключение менее парадоксально, чем кажется на первый взгляд. Скорее, оно тривиально. В самом деле, у высших животных мы достаточно хорошо знаем тот вид упорядоченности, которым они питаются, а именно: крайне хорошо упорядоченное состояние материи в более или менее сложных органических соединениях служат им пищей. После использования животные возвращают эти вещества в очень деградированной форме, однако не вполне деградированной, так как их еще могут употреблять растения. (Для растений мощным источником «отрицательной энтропии» является, конечно, солнечный свет.)».

Следуя логике рассуждений Э. Шредингера, можно говорить о едином, хорошо отлаженном, четко подогнанном потоке передачи энтропии между живыми системами, где механизм метаболизма организма выполняет роль активного центра с функциями приема, распределения, отбора энергии, маркировки и кодирования выпускаемой продукции (метаболизмов). «Продукты метаболизма как-то влияют на генетический код. Тогда изменение этих продуктов должны вести к изменению таких влияний, а значит, к перестройке... самого кода», – пишет С.В. Мейен (1974, с. 9) по поводу опытов Г.Х. Шапошникова с тлями рода *Dysaphis*. Получается, что Г.Х. Шапошников, сменив в опытах источник питания (метаболизма) тлей, вывел новый вид животных за одно лето. Значит, метаболиты «в очень деградированной форме, однако, не вполне деградированной», по Э. Шредингеру, или вероятностный хаос определяют стандарты и параметры, которые необходимы для нормального функционирования физиологических систем воспроизводства и выживания (Бать, Ханин, 1984), а также для структур, обеспечивающих наименьший расход энергии и в то же время достаточный для нужд организма (Розен, 1969). Понятно, что принцип «минимума энергии», которого придерживаются живые системы, требует абсолютной согласованности при передаче метаболитов от одной живой системы к другой. Для этого метаболиты маркируют с указанием пищевой ценности, степени влияния на органы, функции организма и вводится код доступа с информационным сигналом (Ильин, 2009), который обеспечивает быстрое наведение сигнала организму, нуждающемуся именно в этой пище. Здесь под кодом понимается перевод информации с одного языка на другой и не более того, т.е. язык общения. Следовательно, метаболиты являются носителями закодированной информации, которая предназначена строго определенным живым системам и обеспечивает (информация) точность взаимодействия следующего этапа прокачки потока деградированной материи.

Основными биотрансформаторами «мягкой» инверсии упорядоченных и мало упорядоченных структур органического вещества (ОВ) живых систем являются почвенные беспозвоночные. Беспозвоночные участвуют в прямом метаболизме только 1-10% углеродного потока (Macfadyen, 1963). При этом считается, что для своей жизне-

деятельности (потребление 1-10% углеродного потока) беспозвоночные перерабатывают практически всю биомассу ОВ (Панников и др., 1985), поступающую в почвенную систему, и тем самым создают условия для микробных процессов (Anderson, 2000). Ключевым принципом, на котором основаны зоомикробные взаимодействия, является неспособность беспозвоночных к синтезу незаменимых аминокислот и, как следствие, абсолютная зависимость их от микроорганизмов как источника незаменимых аминокислот (Сравнительная физиология..., 1977; Покаржевский и др., 1994). Таким образом, аминокислоты, с одной стороны, являются маркерами и информационными сигналами наведения, а с другой – источниками веществ и энергии.

По расчетам Г.И. Марчука (1992), степень разомкнутости круговорота вещества в естественных экосистемах составляет сотые доли процента. А это означает, что естественная ненарушенная экосистема представляет собой замкнутую систему. Согласно второго начала термодинамики, эта экосистема должна бы превратиться в мертвую инертную массу материи как экосистема бактерий, применяемой в винной отрасли для получения C_2H_5OH и погибающей в своих испражнениях (спирте) крепостью в 11%. Однако организмы, буквально «купаются» в своих испражнениях с «плавающими» рядом мертвыми телами подобными самим себе, сумели создать свою Ойкумену, состоящую из новых домов и поселений совершенно особой архитектуры, именуемых почвами (Докучаев, 1949), или биокосными телами (Вернадский, 1988) или экосистемами. Считают, что основную часть энтропии биокосных тел откачивают автотрофы за счет отрицательной энтропии солнечной радиации и они же (автотрофы) ежегодно, в процессе своей жизнедеятельности продуцируют около $4,5 \cdot 10^{11}$ т органической массы (Жизнь растений, 1974, с. 205-206), к которым необходимо приплюсовать биомассу и метаболиты животных. В этом смысле Ф. Капра (2003) пишет: «Представьте, что мы наполняем мешок двумя видами песка – нижнюю половину черным песком, а верхнюю белым... По мере того как белый и черный песок смешивается все больше и больше, число возможных комплексов возрастает, а вместе с ней и степень беспорядка, пока мы не получим однородную смесь, состоящую из серого песка, – и максимальный беспорядок... Согласно Больцману, не существует физического закона, который запрещал бы движение от беспорядка к порядку, но, в силу беспорядочного движения молекул, такое направление весьма маловероятно. Чем больше молекул, тем выше вероятность движения от порядка к беспорядку, а при огромном количестве частиц в газе, эта вероятность практически превращается в определенность. Когда вы трясете мешок с белым и черным песком, вы можете наблюдать, как два типа песчинок разделяются прямо-таки волшебным способом, образуя высокоупорядоченное состояние полного разделения. Но вам, вероятней всего, придется трясти мешок в течение нескольких миллионов лет, чтобы это событие произошло». Поэтому живые существа на протяжении 3,8-3,6 млрд. лет трясли этот «мешок», выстраивая потоки и сплетая из них глобальную сеть прокачки деградированной материи необходимой для поддержания физиологических отправлений при росте и развитии органов. И наконец наступает время диссимиляции – освобождения живых систем от чуждых им метаболитов – гумусовых веществ. Наиболее активные *Lubricidae* и *Enchytraeidae* выделяют гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК) (Козловская, 1976), которые вне живых клеток имеют совершенно специфический состав, отличный от всех ныне известных природных углеродистых соединений и это результат особого процесса – гумификации. По номенклатуре, предложенной Н.Н. Кононовой (1951), они относятся к открытой самоорганизующейся системе органических веществ специфической природы (ОВСП). В эту систему входит негидролизуемый остаток (НГО), который определяется по разности целого и суммы ГК и ФК. Интересно то, как считают некоторые исследователи (Дергачева, 1989), что НГО – это единый комплекс ГК и ФК, обратимо связанный с минеральной частью биокосных тел и поэтому их лучше определять как одну из форм существования гумусовых кислот.

Согласно Н.Н. Кононовой (1951), систему ОВСП, состоящую из групп гуминовых кислот (ГК), фульвокислот (ФК) и (НГО), необходимо изучать как систему сложных высокомолекулярных соединений химической природы. Так, средние молекулярные массы ГК составляют 1172-1612, ФК – 1388-1792 (Орлов, 1990). Известно, что ГК и ФК – основные компоненты консервативного ядра системы гумусовых веществ, определяющих и формирующих наиболее устойчивые признаки биокосных тел биосферы. В то время как НГО включает ряд групп веществ: гумусовые кислоты, прочно связанные с минеральной частью, декарбоксилированные гумусовые вещества, неспецифические и нерастворимые органические соединения и даже обломки хитинного покрова насекомых (Орлов, 1990). Значит, гуминовый комплекс (ГК+ФК) является структурой на основе высокомолекулярных органических соединений, отвечающей за детерминированные связи открытой самоорганизующейся системы химической природы. В то время как НГО, являясь частью этой же системы, представляет собой хаотичные, разного рода неструктурированные элементы на и из которых черпается порядок. Поэтому взаимодействие гуминового комплекса с неструктурированными, хаотичными элементами НГО является важной составляющей понимания связей нематериальных сущностей.

Здесь вполне уместны слова В.И. Ленина (ПСС, Т. 18, с. 40): «...исследовать и исследовать, каким образом связывается материя, якобы не ощущая вовсе, с материей, из тех же атомов (или электронов) составленной и в тоже время обладающей ясно выраженной способностью ощущения». Другими словами, речь идет о нематериальных сущностях (связях), которые всегда были в сфере интересов организменной биологии, но сегодня становятся явным центром системного анализа, связанной с такими понятиями как сообщение, управление и обратная связь (кибернетика) и многоуровневыми иерархическими организациями, где взаимоотношения являются первичными, а сами объекты – вторичными, представляющими интегративную целостность (Панин, 2006).

Поэтому на основе методик системного анализа возможно изучение общих закономерностей метаболизма живых систем в диалектическом переходе случайных связей в связи детерминированные на основе самоорганизации материи химической природы. Здесь необходимо пояснить, что под «случайными связями» понимаются метаболиты «в очень деградированной форме, однако не вполне деградированной». Для отображения этих связей лучшим и наиболее ярким примером может служить монада взаимоотношений Инь–Янь, которые в древнекитайской философии означают Темное–Светлое, где способность трансмутации друг друга показана «зародышами» одного начала в другом, а противоположность и взаимосвязанность олицетворяются кривой линией, в нашем случае – линией гумификации как би-регулятора (Богданов, 1989) или петли обратной связи по Н. Винеру (1983) (рис. 1).

Таким образом, гумификация контролирует и регулирует потоки вещества в самоорганизующейся живой экосистеме, что предопределяет отсутствие или минимизацию потерь продуктов метаболизма (Марчук, 1992), а это означает, что живая система не нуждается во внешней регуляции и контроле. И вот что пишет Ф. Капра (2003, с. 62): «Система, которая не нуждается во внешней регуляции, поскольку регулирует себя сама, на языке Богданова называется *би-регулятором*. Используя пример парового двигателя для иллюстрации саморегулирования – как это будут делать кибернетики несколько десятилетий спустя, – Богданов, по сути, описал механизм, определенный Норбертом Винером как *обратная связь* и ставшей центральным понятием кибернетики».

Петля обратной связи представляет собой кольцевую систему причинно связанных элементов, в которой изначальное воздействие (вход) распространяется вдоль узлов петли так, что на выходе сигнал, обойдя все препятствия и скорректировав полученную информацию и действия, приносит информацию о результатах любого действия или процесса (рис. 2).

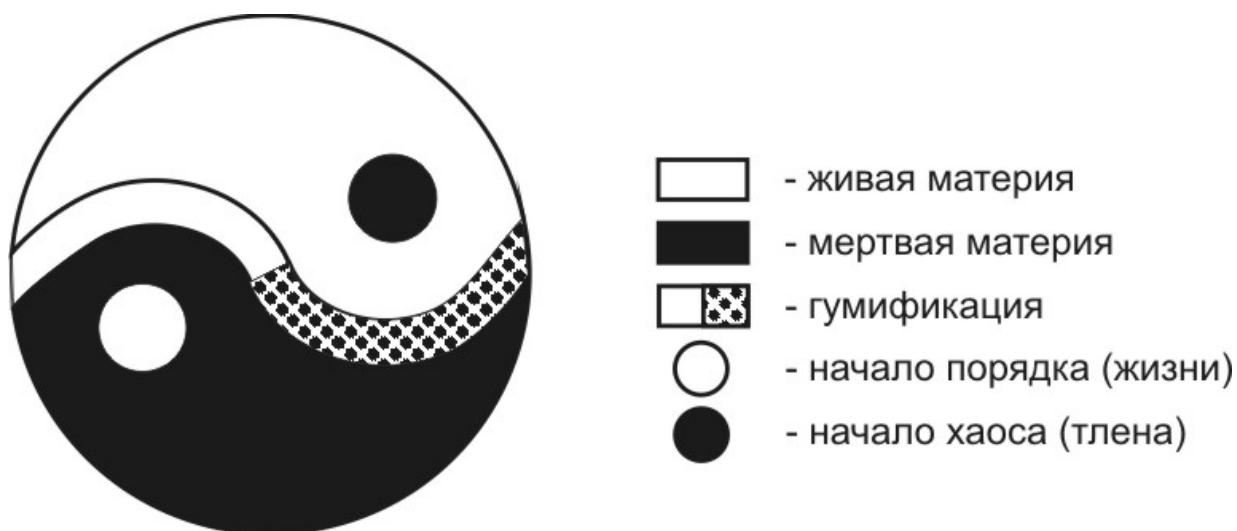


Рис. 1. Гумификация живой и мертвой материи

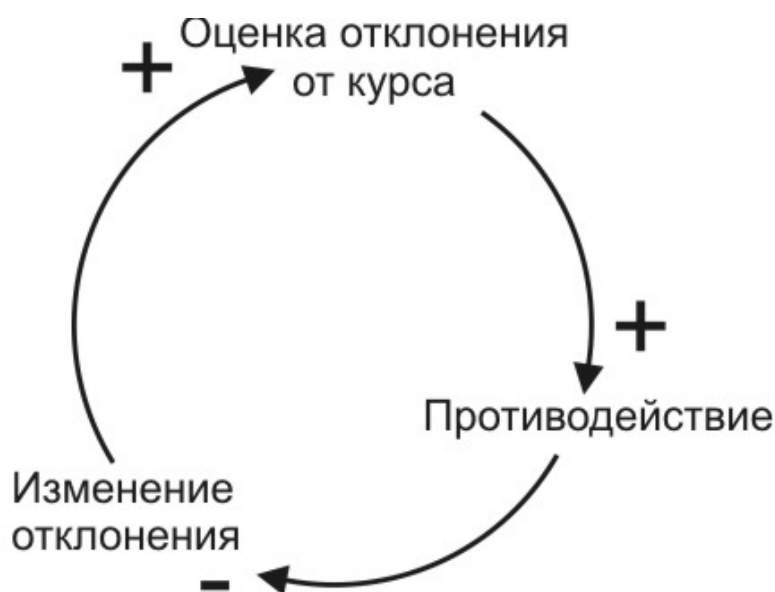


Рис. 2. Петля обратной связи, представляющая управление лодкой по Винеру

Возможно, что первые прообразы саморегулирующих систем, содержащих би-регуляторы или петли обратных связей на основе гумификации, появились до рождения живой материи. Известно, саморегуляция одинаково присуща и косной, и живой материи и совсем не случайно, что первые научные факты самоорганизации были установлены для химических процессов – известная реакция Белоусова-Жаботинского (Яшин, 2007). Поэтому, может быть, феномен гумификации каким-то образом причастен к зарождению жизни, но сегодня как «кормчий» экосистемы контролирует и регулирует ее отрицательную и положительную энтропию, потому как всеобщая борьба за существование живых существ, как считает Л. Больцман, не является борьбой за со-

ставные элементы – составные элементы всех организмов имеются налицо в избытке в воздухе, воде и недрах Земли – и не за энергии, ибо таковая содержится в избытке во всяком теле, к сожалению, в форме непревращаемой теплоты. Но это борьба за энтропию, которую можно использовать при переходе энергии с горячего Солнца к холодной Земле.

Поэтому для нас важно не биоразнообразие и ее паутина жизни, основанная на великом множестве комплексов беспорядка деградированной материи, а то, что из «мешка» всегда выпадают два типа «песчинок» из ряда продуктов метаболизма – ГК и ФК, которые определяют число степеней свободы живой системы и тесно связанное с энтропией. Представляя ГК как одноатомную молекулу, имеющую три пространственные степени свободы, то тогда система из двух независимых одноатомных молекул ГК и ФК будет иметь шесть степеней свободы. Но если ГК и ФК вступают в химическую связь и образуют одну общую молекулу, то число степеней свободы системы уменьшится до пяти. При этом параллельно уменьшается энтропия системы. Однако ГК и ФК могут существовать как единый комплекс, т.е. как одноатомная молекула с тремя пространственными степенями свободы, имеющая минимальную энтропию, но максимальный порядок.

А это означает, что: «Жизнь – это упорядоченное и закономерное поведение материи, основанное не только на одной тенденции переходить от упорядоченности к неупорядоченности, но и частично на существование упорядоченности, которая поддерживается все время» (Шредингер, 1999, с. 73).

Таким образом, открытая самоорганизующаяся система ОВСП есть одна большая молекула упорядоченности живых систем.

ЛИТЕРАТУРА

Бать О.Г., Ханин М.А. Оптимальная теплоизоляция гомойотермных Термодинамика и регуляция биологических процессов. М.: Наука, 1984. С.173-181.

Богданов А.А. Тектология: Всеобщая организационная наука. В 2 кн. М.: Экономика, 1989. Кн. 1. 304 с. Кн. 2. 351 с.

Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520 с.

Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. М.: Наука, 1983. 243 с.

Дергачева М.И. Система гумусовых веществ почв (пространственные и временные аспекты). Новосибирск: Наука, 1989. 110 с.

Докучаев В.В. Место и роль современного почвоведения в науке и жизни // Избр. соч. Т. 3. М.: Сельхозгиз, 1949. С. 330-338.

Жизнь растений / под ред. А.А. Федорова. М.: Просвещение, 1974. Т. 1. 487 с.

Ильин Ю.М. Почвенная биота и органическое вещество природных систем // Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий. Астрахань, 2009. С. 17-20.

Капра Ф. Паутина жизни. Новое понимание живых систем. Киев: София; М.: ИД «София», 2003. 336 с.

Козловская Л.С. Роль беспозвоночных в трансформации органического вещества болотных почв. Л.: Наука, 1976. 211 с.

Кононова Н.Н. Проблемы почвенного гумуса и современные задачи его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 390 с.

Марчук Г.И., Кондратьева К.Я. Приоритеты глобальной экологии. М.: Наука, 1992. 264 с.

Мейен С.В. Закон? Есть закон? // Знание – сила, 1974. С. 9.

Панин Л.Е. Детерминантные системы в физике, химии, биологии. Новосибирск: Сиб. универ. изд-во, 2006. 202 с.

Панников М.С., Горбенко А.Ю., Звягинцев Д.Г. Количественная оценка влияния мезофауны на скорость разложения растительного опада // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 1985. № 3. С. 37-45.

Покаржевский А.Д., Сикора И., Гордиенко С.А. Ресурсы аминокислот в пище сапрофитов // Докл. АН СССР. 1984. Т. 227, № 1. С. 253-256.

- Розен Р.** Принцип оптимальности в биологии. М.: Мир, 1969. 216 с.
- Сравнительная физиология животных / под ред. Л. Проссера. М.: Мир, 1977. Т. 1. 606 с.
- Шредингер Э.** Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки. Ижевск: Ижев. рес-публ. Тип., 1999. 96 с.
- Яшин А.А.** Живая материя: Физика живого эволюционных процессов. М.: Изд-во ЛКЦ, 2007. 264 с.
- Anderson J.M.** Food web functioning and ecosystems processes: problems and perception of scaling // Invertebrates as webmasters in Ecosystems. D.C. Coleman, P.F. Hendrix (eds). CABJ Publishing, 2000. P. 3-24.
- Macfadyen A.** The contribution of soil fauna to total soil metabolism // Soil Organisms, J. Doeksen, J. Van der Drif, (eds) North-Holland, Amsterdam, 1963. P. 3-17.