

Принцип увеличивающейся внешней работы Э. Бауэра и прогрессивное развитие материи

© В. Л. Воейков, 1992

Понятие прогрессивной эволюции материи основано на представлении об исторической последовательности и непрерывности развития материи от элементарных частиц до мыслящих и сознательно взаимодействующих существ. Однако и среди ученых, признающих факт прогрессивной эволюции, нет согласия о том, случайными ли являются ее отдельные, особенно высшие, этапы (например, возникновение жизни на Земле, появление человека) или же эти события предопределены предсуществующими этапами эволюции Вселенной и, в конечном счете, заложены в неких наиболее общих законах. Другими словами, остается открытым вопрос о том, существуют ли общие эволюционные законы, диктующие направление развития материи от "простого" к "сложному", от "однообразного" к "разнообразному", от разобщения к целостности.

Кажущееся противоречие между 2-м законом термодинамики, который, согласно классическим представлениям, устанавливает направление эволюции в сторону увеличения молекулярного хаоса, и эволюцией реальных систем в противоположном направлении считают сейчас устраненным благодаря развитию термодинамики необратимых процессов школой И. Пригожина (Пригожин, 1960). В соответствии с принципами неравновесной термодинамики в открытых системах, обменивающихся со средой веществом и энергией, могут происходить процессы самоорганизации. Более того, разработана теоретическая модель неравновесных систем, способных мутировать и развиваться в условиях, где осуществляется конкуренция и отбор (Эйген, Шустер, 1982). Эта модель позволяет описать появление молекулярного аппарата примитивной редупликации и трансляции - принципиального этапа перехода от неживой к живой природе. В то же время неравновесная термодинамика строго описывает лишь процессы, происходящие вблизи от равновесия, тогда как даже самые простые реальные процессы в развивающихся природных объектах существенно удалены от равновесия и подчинены механизмам регуляции и управления. Поэтому современный аппарат неравновесной термодинамики даже в сочетании с теорией информации и кинетикой переходных процессов пока не позволяет сформулировать исторический закон, из которого следует необходимость, а не случайность направленного развития различных форм материи и перехода эволюции от низших форм к высшим.

Однако почти 60 лет назад выдающийся биолог Э. Бауэр попытался сформулировать общую теорию живой материи (Бауэр, 1935), из которой следовали все ее проявления (обмен веществ, рост, размножение и старение, раздражимость и возбудимость, клеточное строение, разнообразие живых существ). Более того, из теории с необходимостью следовало то направление развития живой природы, которое эволюционисты называют "неограниченным прогрессом" (Тимофеев-Рессовский и др., 1969). К сожалению, теория Э. Бауэра по разным причинам мало известна даже биологам и хотя многие ее второстепенные детали, безусловно, устарели, основные идеи Э. Бауэра подтверждаются новыми фактическими данными и могут служить основой для разработки глобального закона эволюции.

Теория Э. Бауэра включает в себя три основных принципа: "Принцип устойчивого неравновесия", "Принцип работы структурных сил" и "Принцип увеличивающейся внешней

работы". Согласно первому принципу живые системы находятся в неравновесном относительно среды состоянии, поскольку обладают избытком свободной энергии. Эта энергия затрачивается в первую очередь на работу, замедляющую переход системы в равновесное состояние или удаляющую систему от него. Очевидно, что система в нормальных условиях является открытой и может обмениваться со средой веществом и энергией. Очевидно также, что для компенсации траты свободной энергии необходимо поступление энергии из окружающей среды. Этот принцип полностью согласуется с принципами термодинамики необратимых процессов, которая, кстати, сформировалась как наука значительно позже.

Второй принцип Бауэра является менее однозначным. Согласно ему, источником неравновесия, а следовательно, и свободной энергии живой системы, являются неравновесные молекулы- "живые" белки, которые и осуществляют работу против равновесия. Внешняя энергия идет не непосредственно на работу, а на возобновление и сохранение этих неравновесных структур, которые, естественно, в процессе работы теряют свой потенциал. Можно спорить, обладают ли потенциальной энергией сами белки или же энергия запасена в АТФ (Воробьева, Зотин, 1973), который, кстати, не может образоваться без участия белков, но в общем случае работоспособными структурами на уровне клеток являются белки. В любом случае, работа осуществляется только за счет энергии самой системы, т. е. системными силами, а не силами, внешними по отношению к системе. Благодаря работе системных сил, живая система может осуществлять ассимиляцию, т. е. построение "живых" молекул из неживых молекул пищи. Но ассимиляция сопряжена с диссимиляцией - тратой уже имеющейся энергии на ассимиляцию. Бауэр показывает, что имея некий запас свободной энергии живая система может его увеличивать до определенного предела - границы роста - за счет прироста массы, но после этого предела свободная энергия уже не может возрастать за счет ассимиляции, она может только снижаться, и с неизбежностью происходит старение. Выход из этого положения - увеличение потенциала живой системы (свободной энергии, приходящейся на единицу живой массы) за счет "ассимиляции" части ее живой массы. Отсюда следует возможность размножения, а необходимость размножения следует из того, что в любом другом случае живая система рано или поздно придет в состояние равновесия, что противоречит первому принципу.

Третий и наиболее важный в контексте нашего обсуждения принцип Бауэра с необходимостью вытекает из первых двух и из свойства изменчивости живых систем. Живые системы осуществляют два вида работы - внутреннюю, направленную на замедление снижения уровня свободной энергии системы, и внешнюю, направленную в общем случае на ассимиляцию. Благодаря размножению и росту биомассы, источники ассимилируемого вещества и энергии, для данного вида живых систем становятся все более дефицитными. Изменчивость вместе с конкуренцией за источники вещества и энергии приводит к ограниченному увеличению разнообразия систем в определенных пределах энергопотребления. Неограниченное увеличение разнообразия потребителей на этом уровне невозможно, поскольку приводит к критическому уменьшению численности ("живой массы") отдельных видов потребителей. В этом случае критичным для выживания становится относительное увеличение способности живой системы осуществлять внешнюю работу, что, позволяет, например, проникнуть на новую территорию или другим способом получить доступ к новым источникам вещества и энергии. Несмотря на то, что в природе существуют и другие способы увеличить вероятность выживания в борьбе за существование (например, паразитизм) все они являются ограниченными и в конечном счете тупиковыми по сравнению с возможностями, которые дает увеличение способности живой системы производить

внешнюю работу. Безусловно, увеличение внешней работы может происходить, только если работоспособность живой системы в целом увеличивается. Отсюда следует важнейший вывод, что в процессе эволюции биосферы максимум работы, а следовательно, свободной энергии всех одновременно существующих живых систем, а следовательно, степень отклонения биосферы от равновесного состояния, возрастает.

Поскольку увеличение внешней работы прямо связано с активизацией обмена, следует ожидать, что у более "примитивных" живых систем удельное энергопотребление ниже, чем у более поздних форм. На это обратил внимание еще Бауэр. Этот его вывод был достаточно строго подтвержден А. И. Зотиным (Зотин, 1984), который показал не только то, что в процессе эволюции растет показатель интенсивности дыхания животных, но и то, что этот рост ускоряется.

По данным Бауэра, удельное энергопотребление максимально у человека; даже если среди высокоорганизованных животных он и не стоит на первом месте, человек, безусловно, многократно превышает этот показатель, если учесть ту внешнюю работу, которую он осуществляет уже с использованием своего разума и неживых орудий труда. Более того, интуитивно понятно, что в процессе уже социальной эволюции также происходил рост внешней работы и можно доказать, что именно он был двигателем того, что мы называем социальным прогрессом.

Исходя из принципа увеличения внешней работы можно сформулировать гипотезу о том, что генеральным направлением прогрессивной эволюции на нашей планете является увеличение свободной энергии биосферы и все более полное и эффективное использование падающей на поверхность Земли энергии Солнца, что все больше удаляло биосферу от воображаемого равновесного состояния, в которое пришла бы планета в случае прекращения поступления внешней энергии. Поскольку каждый следующий этап увеличения внешней работы, который, по существу, является ароморфозом (Северцов, 1934), переводит систему во все более неравновесное состояние, можно показать, что интервалы между такими "ароморфозами" становятся короче и эволюция ускоряется.

Однако этот прогресс нельзя назвать неограниченным, поскольку открытая система может эволюционировать лишь тогда, когда продукты реакции удаляются из нее. Следовательно, предел эволюции может наступить, когда она замедлится вследствие "самоотравления". Выходом из положения может быть только превращение Земли в действительно открытую систему, что не исключено, если наша планета не является единственной обитаемой.

Литература

1. БАУЭР Э. Теоретическая биология. М.-Л. ВИЭМ. 1935. 206 с.
2. ВОРОБЬЕВА А., ЗОТИН А. И. Теоретические взгляды Э. Бауэра и современная биология. Ж. общей биологии, т. 34, с. 90-96, 1973.
3. ЗОТИН А. И. Биоэнергетическая направленность эволюционного прогресса организмов. // Термодинамика и регуляция биологических процессов. М.: Наука. 1984 с. 269-274.
4. ПРИГОЖИН И. Введение в термодинамику необратимых процессов. М.: ИЛ. 1960. 127с.
5. СЕВЕРЦОВ А. Главные направления эволюционного процесса. М.-Л. Изд-во АН СССР. 1934. 150 с.
6. ТИМОФЕЕВ-РЕССОВСКИЙ Н.В., ВОРОНЦОВ Н.Н., ЯБЛОКОВ А.В. Краткий очерк

В. Л. Воейков: Принцип увеличивающейся внешней работы Э. Бауэра и прогрессивное развитие материи

теории эволюции. М., Наука. 1969. 407 с.

7. ЭЙГЕНМ, ЦУСТЕР П. Гиперциклы. М Мир. 1982. 216 с.