

ЭРВИН БАУЭР И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

К 100-летию со дня рождения

С. Э. Шноль, доктор биологических наук
Институт биологической физики АН СССР
Пушино, Моск. обл.

ТВОРЧЕСТВО Э. С. Бауэра, его яркая и трагическая жизнь символичны для нашей истории. Венгерский коммунист, участник Венгерской революции 1919 г., эмигрировавший после ее поражения в Германию, а затем в Чехо-Словакию, наиболее плодотворные годы проживший в СССР, он погиб (как и его жена Стефания Сциллард) в 1937 г. На долгие годы его имя было забыто, а труды недоступны. После XX съезда КПСС и полной реабилитации о Бауэре немало писали философы и биологи — историки науки. Однако новым поколениям он почти неизвестен.

Сейчас, когда мы пытаемся возродить былой уровень нашей науки, важно восстановить «связь времен», знать труды людей, составляющих славу и гордость страны, их стиль мысли и работы, кодекс чести, нравственные правила и заблуждения, как основу становления новых поколений исследователей.

В силу этого попытаемся наряду с биографическим очерком представить возможное место концепции Бауэра в современной биологии.

Специфический характер «юбилейной» статье придает трагическая гибель Бауэра в расцвете творческих сил. Он мог бы быть непосредственным свидетелем и участником революционного развития биологии в 40—60-е годы. Можно лишь догадываться, какие изменения в свою теорию внес бы он сам, учитывая новые данные. Зловещие силы помешали ему. Одна из наших задач попытаться это сделать вместо него.

ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ

Эрвин Бауэр родился 19 октября 1890 г. в тогда венгерском г. Лёче (ныне Лёво, Чехо-Словакия). Его отец — Симон Бауэр — был учителем французского и немецкого языков в реальном училище, а мать преподавала французский и английский в женской гимназии г. Сегеда. Отец в 47 лет умер от рака. В семье осталось трое детей: Герберт — 13 лет, Хильда — 9 лет и Эрвин — 6 лет, и матери пришлось нелегко.

Старший брат Эрвина — Герберт — стал видным венгерским писателем и режиссером, известным под именем Бела Белаж (лауреат премии им. Кошута). Он долго жил в Германии, а затем в СССР и возвратился в Венгрию после разгрома фашизма.

Эрвин в 1914 г. окончил медицинский факультет в Геттингенском университете (Германия), где занимался гистологией и патологией, намереваясь посвятить себя проблеме злокачественного роста. С началом первой мировой войны был мобилизован в австро-венгерскую армию. Уже в 1915—1918 гг., работая в гарнизонной больнице, занимался исследованиями в области медицины и теоретической биологии.

Первая жена Э. Бауэра — известная венгерская писательница Маргит Кафка — и их маленький сын умерли от гриппа в 1918 г.

В эти годы Бауэр увлечен революционной деятельностью, участвует в Венгерской революции 1919 г. и после падения Республики, осенью 1919 г., вместе со своей второй женой Стефанией Сциллард эмигрирует сначала в Вену, затем Геттинген, а в 1921 г. переезжает в Прагу. Работая

в отделе общей биологии и экспериментальной морфологии Карлова университета, Бауэр изучает реакции клеток на различные факторы внешней среды в связи с общей теорией жизненных явлений.

В 1925 г. Бауэры по приглашению Института профессиональных заболеваний им. Обуха приехали в Москву, где Бауэр стал сотрудником лаборатории общей биологии института. В 1930 г. на русском языке выходит книга Бауэра «Физические основы в биологии».

Через год Б. П. Токин, тогда директор Биологического института им. К. А. Тимирязева, пригласил Бауэра для организации лаборатории общей биологии и разработки проблем теоретической биологии, а в 1934 г. Бауэр переезжает в Ленинград, где возглавляет отдел общей биологии в новом Всесоюзном институте экспериментальной медицины. В 1935 г. выходит в свет его главный труд — «Теоретическая биология»¹.

Эта уникальная книга состоит из двух частей. Первая часть, озаглавленная «Общая теория живой материи», включает: «Введение. Предмет и метод теоретической биологии»; главы — «Принцип устойчивого неравновесия», «Свободная энергия живых систем и принцип работы системных сил», «Противоречие между внешней и внутренней работой в живых системах», «Принцип увеличивающейся внешней работы как историческая закономерность», «Проблемы «живого белка». Во второй части книги, названной «Теория жизненных явлений», на основании принципа устойчивого неравновесия в отдельных главах — «Обмен веществ и граница ассимиляции», «Размножение», «Приспособление», «Раздражимость», «Эволюция» — показаны логические следствия исходного принципа. Эти главы замечательны стилем и логикой изложения, демонстрацией плодотворности дедуктивного метода. «Информационно-эволюционная» интерпретация принципа Бауэра делает эти логические построения вполне современными, показывая, как далеко опередил Бауэр свое время.

В эти годы помимо плодотворного сотрудничества со многими известными советскими биологами устанавливается тесная идейная связь с выдающимися физиками А. Ф. Иоффе, Н. Н. Семеновым, Я. И. Френкелем. В Физико-техническом



Э. С. Бауэр. 1935 г.

институте проходят совместные семинары физиков и биологов.

На квартире Э. С. Бауэра в редкие часы отдыха собираются друзья по науке. Музицируют: Френкель и Стефания играют на скрипке, а Бауэр аккомпанирует на фортепьяно или играет на скрипке. Но эта идиллическая картина не отражает трагического содержания тех дней. Бауэры приехали в Советский Союз в 1925 г. — в период своеобразного ренессанса науки и культуры в стране. Это удивительное время (1924—1929 гг.) необходимо пристально исследовать и историкам и методологам науки.

В те годы возникают многочисленные научные школы — физиков, химиков, математиков, биологов, экономистов и др.; создает свои научные обобщения В. И. Вернадский, пионерные труды К. Э. Циолковского стимулируют работы по реактивному движению, формируется «гелиобиология» А. Л. Чижевского, работают талантливые авиаконструкторы, лингвисты, литературоведы, музыковеды. Этот интеллектуальный взрыв был подготовлен предшест-

¹ Подробнее см.: Токин Б. П. Теоретическая биология и творчество Э. С. Бауэра.

вующими десятилетиями бурного общественного и культурного развития России после отмены крепостного права.

После трудных лет войны, после революции и перехода к мирной жизни и нэпу, носителя духа науки и просвещения — прогрессивная интеллигенция и передовая молодежь — с огромной энергией и страстью устремились к прерванным занятиям. Это яркое по интеллекту и настроению научное сообщество приняло Бауэра с «полным резонансом».

Ему, венгерскому коммунисту, было легче принять чуждые для беспартийных интеллигентов формы партийного и государственного руководства наукой. А руководство было произвольным и догматическим. Нелепые ярлыки и «проработки» с позиций «классовости науки» или «единственно верного» учения диалектического материализма затрудняли развитие науки. Выдающихся ученых изгоняли из университетов и научных обществ. В 1927 г. развернулась борьба с «меньшевистствующими идеалистами» в науке (им был объявлен, например, Н. К. Кольцов). Активные гонения ученых, затихшие было в 1924—1929 гг., с новой силой разыгрались в 1929 г. — когда, в частности, был ошельмован и выслан в Нижний Новгород С. С. Четвериков. Началась кампания подавления свободной научной мысли, проявившаяся более всего в преследовании обществоведов, экономистов, историков, в «Шахтинском деле» и других процессах с участием технической и гуманитарной интеллигенции.

Особенно трудной была ситуация в Ленинграде (после убийства С. М. Кирова), куда в 1934 г. переехали Бауэры. В 1937 г. Бауэра и его жену арестовали. Они никогда более не видели друг друга и своих детей (старшему — Михаилу было тогда 12 лет, младшему — Карлу — 3 года), судьба которых типична для того времени. Детей поместили в разные детдома. Миша навещал младшего брата, как мог утешал и согревал его. Однако в 1941 г. пути братьев разошлись: Миша просился на фронт, но попал в концлагерь, а следы Карла, переименованного в Василия Бычкова, затерялись на долгие годы.

После XX съезда и полной реабилитации родителей Михаил вернулся в Ленинград. Лишь немногие из бывших друзей родителей (Б. П. Токин, А. Д. Сперанский и В. А. Мужеев) приняли сердечное участие в судьбе старшего сына Бауэра. Драматичные поиски младшего брата могли бы составить одну из характерных повестей нашего жестокого времени. Карл (Василий

Бычков) смутно помнил, что у него был брат, что он — Бауэр, и убедился в этом почти случайно, прочитав в ежегоднике БСЭ, в дополнительном томе, краткую статью «Э. С. Бауэр — выдающийся советский и венгерский ученый-биолог...» Карлу почти не удалось получить образование. Дочь М. Э. Бауэра — Светлана Михайловна — математик, преподаватель Ленинградского университета — носитель генов и традиций этой замечательной семьи — показалась мне очень похожей на Стефанию Бауэр-Сциллард, свою бабушку, талантливого математика, чья статья в сотрудничестве с А. Н. Колмогоровым была опубликована в «Докладах АН СССР» в 1934 г.

Двенадцать лет, прожитых в России, были для Бауэра весьма плодотворными. Его влияние на развитие советской биологии воплотилось в трудах многих его современников. Здесь вышел его главный труд — «Теоретическая биология», посвященный вечному вопросу о сущности отличий живого от неживого.

За прошедшие почти 60 лет коренным образом изменились основные разделы биологии. Сохранились ли теоретические положения Бауэра в свете новых данных? Особый интерес представляют гносеологические, мировоззренческие основы его взглядов, отражавших развитие науки в конце XIX — начале XX в.

ЖИВОЙ БЕЛОК

Вопрос о сущности отличий живого от неживого занимал умы мыслителей античности, Ренессанса и нового времени.

Сознание возможности познания природы объектов нашего мира определило философию рационализма в эпоху Возрождения. Главным стал вопрос о природе самого человека и сущности жизни. Однако потребовалось около 300 лет интенсивного научного творчества, чтобы в конце XIX в. эта проблема приобрела должный фундамент.

Классическая механика Галилея и Ньютона обеспечила триумф детерминизма, основанного на убеждении в существовании однозначной связи причин и следствий. В XIX в. успехи физики и химии создали естественное основание материализма. Возникло представление, что жизнь — свойство особого живого вещества, видимого через микроскоп в каждой клетке. Эта слизистая аморфная масса, названная протоплазмой (т. е. всеобщей первичной основой жизни), стала объектом пристального изучения.

Выделенный из протоплазмы ее главный компонент, универсальный носитель всех свойств живого — протеин — оказался удивительно похожим на обычный белок куриного яйца, молока, крови. Сходство в основном проявлялось в способности к свертыванию при нагревании. Так возникла ложная гомология понятий «протеин» и «белок», и вопрос о «сущности жизни» свелся к изучению состава, строения и свойств протеина. К сожалению, в литературе термины «протеин» и «белок» стали синонимами. Общефилософское понятие «протеин» сменилось словосочетанием «живой белок».

В результате фракционирования и тщательной очистки выяснилось, что белки — это полипептиды, состоящие из 20 различных аминокислот. Возникли новые вопросы: можно ли считать полипептиды «живым белком» и чем они отличаются от неживых веществ? Тривиальность химического состава «живого белка» привела к мысли, что свойства жизни преимущественно физические, а не химические, т. е. молекулы «живого белка» находятся в особом «живом» состоянии. Это означало, что жизнь — «следствие особой физики» — т. е. существует особая биологическая физика. Такое противопоставление и соревнование биохимии и биофизики в поисках биологической специфики — характерная черта науки конца XIX и начала XX в.

Как и при любом другом выделении чистых веществ, для идентификации «живого вещества» нужен набор диагностических признаков. «Если оно живое, то... должно быть — раздражимым, подвижным, осуществлять обмен веществ, размножаться, передавать свои признаки следующим поколениям». Однако обнаружить все эти свойства у очищенного белка в растворе нельзя, вероятно, потому что они слабо выражены и не выявляются обычными методами. Но если жизнь — следствие особого физического состояния, задача состоит в том, чтобы выяснить природу этого состояния.

В конце XIX в. попытки найти особое физическое состояние «живого вещества» предпринимались многими исследователями. Тогда открывались законы сохранения, появились понятия «энергия» и «энтропия», создавалась термодинамика, и вопрос о «сущности жизни» естественно трансформировался в Концепцию особых термодинамических свойств живых организмов.

В самом деле, с точки зрения термодинамики (преобразование энергии, направленность эволюции) биологические системы казались противоположными нежи-

вым. Для понимания «сущности жизни» появилась потребность объяснить эту термодинамическую специфику.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ

«Теоретическая биология» Бауэра основана на представлении об особом термодинамическом состоянии молекул «живого белка». Жизнь — следствие «устойчиво неравновесного» состояния особых молекул. «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях»². Из этого принципа устойчивого неравновесия Бауэр выводит все свойства живых организмов: обмен веществ и ассимиляцию, раздражимость, способность к размножению — делению клеток, рост и старение. Получается логически стройная система теоретической биологии.

Со времени написания «Теоретической биологии» прошло 55 лет. За это время появились новые направления науки, в том числе термодинамика необратимых процессов, теория информации, биоэнергетика, физика и физическая химия макромолекул, прояснились механизмы биосинтеза основных компонентов «протоплазмы» и фракционирования биологических мембран, молекулярные механизмы формообразования в клетке, наследственности, изменчивости, размножения. В итоге изменились и общие представления о «сущности жизни». Насколько же сохранилась сегодня термодинамическая концепция Бауэра?

Сама по себе термодинамическая неравновесность — отнюдь не специфическое свойство живых организмов. Мерой неравновесности служат знак и величина изменений свободной энергии системы при переходе из одного состояния в другое. Множество объектов нашего мира неравновесно и тем не менее существует длительное время. Каменный уголь сильно «неравновесен» (в реакции $C + O_2 = CO_2$ высвобождается немалая энергия), но сохраняется неизменным миллионы лет из-за огромных кинетических барьеров, препятствующих реализации предписаний термодинамики. Устойчиво неравновесны в этом смысле многие минералы и вещества.

Бауэр же в своем принципе устойчивого неравновесия рассматривает неравновесность как следствие постоянного во-

² Бауэр Э. С. Теоретическая биология. М., 1935.

зобновления термодинамического потенциала, активного удаления системы от положения равновесия. Такой вид устойчивого неравновесия реализуется лишь в циклических процессах — например, когда выход системы из неравновесного состояния приводит сопряженно к «деградации пищи»; выделяемая при этом свободная энергия обеспечивает возврат системы в исходное неравновесное состояние, которое подчас достигает еще большей неравновесности.

Таким образом, принцип Бауэра основан на представлениях термодинамики сопряженных процессов, функционирующих по принципу обратных связей. Примечательно, что этот принцип Бауэр сформулировал ранее 1935 г., тогда как энергетическое сопряжение в биохимических процессах, как основа «биологической термодинамики», было осознано лишь после работ Г. Калькара и Ф. Липмана в 1939—1941 гг. А ключевая роль системы обратных связей в биохимических и биологических процессах окончательно утвердилась позднее под влиянием исследований Н. Виннера и создания кибернетики.

Соответствует ли современная «биоэнергетика» принципу Бауэра? К моменту написания «Теоретической биологии» значение соединений ортофосфорной кислоты в энергетике клеток только намечалось. В 1941 г. стал ясен «физический смысл» процессов катаболизма — деградации пищи, и появилась концепция макроэргичности. Свободная энергия, выделяющаяся при катаболизме, аккумулируется в «макроэргических» пирофосфатных связях АТФ, синтезируемой из ортофосфата и АДФ, а затем используется для биосинтезов, мышечного сокращения, работы ионных насосов.

С термодинамической точки зрения в этом цикле (сопряженный синтез АТФ — накопление термодинамического потенциала — «создание неравновесности» — гидролиз АТФ, сопряженный с совершением полезной работы — уменьшением неравновесности) постоянно возобновляется термодинамический потенциал, посредством ресинтеза макроэргических фосфатов в системе процессов с обратными связями. Таким образом, Бауэр в «Теоретической биологии» опередил развитие фундаментальных направлений науки — представления о стационарном, динамическом поддержании неравновесных состояний, об обратных связях, как условия динамического поддержания таких состояний, о термодинамике далеких от равновесия систем.

Однако Бауэр полагал, что такое устойчиво неравновесное состояние присуще

только молекулам «живого белка», а не каким-либо низкомолекулярным «метаболитам» типа АТФ. Поэтому концепцию макроэргичности нельзя рассматривать как непосредственную иллюстрацию верности принципа устойчивого неравновесия Бауэра.

Асимметричное распределение ионов — «сверхравновесная» концентрация ионов калия и натрия внутри клетки — одно из самых характерных проявлений жизнедеятельности. Это устойчивое неравновесное распределение активно поддерживается «ионными насосами», работающими за счет свободной энергии реакции гидролиза АТФ. Казалось бы, все соответствует принципу Бауэра.

Ко времени написания «Теоретической биологии» представления о неравновесном распределении ионов были достаточно развиты: уже рассматривались возможные биофизические, термодинамические, кинетические «механизмы» и физиологическое значение таких ионных градиентов. Однако настоящий прогресс в этой области начался после 1954 г., когда А. Л. Ходжкин и А. Ф. Хаксли показали, что эти ионные градиенты обусловлены селективной проницаемостью биологических мембран (Нобелевская премия 1963 г.), а Скоу в 1956 г. открыл мембранный фермент (K-Na-АТФазу), создающий неравновесное распределение ионов, сопряженно с гидролизом АТФ. Началось бурное развитие «биомембранологии».

Сначала полагали, что ионная асимметрия обусловлена необходимостью реакции на внешние стимулы, т. е. обеспечивает «раздражимость» и «возбудимость» клетки. Однако работы П. Митчелла (1961—1967 гг.) выявили «энергетический смысл» ионных градиентов: неравновесные концентрации ионов водорода и других ионов создают электрохимический потенциал, используемый для сопряженного синтеза АТФ.

В настоящее время сотни работ, подтверждающие устойчиво неравновесное распределение ионов, служат прекрасной иллюстрацией верности принципа Бауэра.

Однако Бауэр был убежденным противником особой роли межфазных соотношений в биологической термодинамике и, следовательно, особой роли биологической мембраны. Его «Теоретическая биология» основана на особых свойствах «молекул живого белка» (протоплазмы), а не ее пограничных слоев. Возможно, что в сущности понятию «живой белок» вовсе не противоречит допущение особой роли биологических мембран. Однако понимаемые конкретно химически словосочетания «живой

белок», «живая материя» заставляли Бауэра и его последователей — особенно Д. Н. Насонова — отвергать принципиальное значение клеточных мембран.

Возможно, сам Бауэр, дожив до 60-х годов, отказался бы от излишне ригористического толкования своего принципа, увидев его иллюстрацию в асимметричном, неравновесном, устойчиво поддерживаемом распределении ионов в системе клетка—среда.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МОЛЕКУЛ БЕЛКОВ

Допущение Бауэра об особом неравновесном, напряженном, «деформированном» состоянии молекул белка в общем не подтвердилось. Конфигурация полипептидных цепей в растворе или в комплексах с липидами и другими компонентами протоплазмы равновесна: нарушенная при денатурации упаковка полипептидных цепей восстанавливается при ренатурации. Однако в процессах жизнедеятельности вполне вероятны неравновесные конфигурации полипептидных цепей.

Наибольший интерес в этой связи представляет ферментативный катализ. Бауэр полагал, что молекула «живого» белка (фермента) катализирует соответствующие реакции за счет своей «структурной энергии» — «...источником работы, производимой живыми системами, служит в конечном счете свободная энергия, свойственная этой молекулярной структуре, этому состоянию молекул (живой материи)...»; «...это неравновесное состояние, эта деформированная молекулярная структура ... поддерживается или постоянно восстанавливается за счет энергии непрерывных процессов выравнивания, протекающих в живой ткани...»; «...катализатор (т. е. деформированное, неравновесное состояние молекулы, действующей как «катализатор»), с одной стороны, сам действует в реакции ... с другой же — может существовать лишь постольку и так долго, пока он может сохранить такое неравновесное состояние в силу реакций, которые становятся возможными вследствие этого состояния»³.

Эти представления о ферментативном катализе были развиты Н. И. Кобозевым в теории «рекуперации энергии», согласно которой часть энергии, выделяющаяся в катализируемой реакции, сохраняется в макромолекуле фермента и используется в по-

следующем катализе. Эти же идеи Бауэра стимулировали появление «машинной» концепции, объясняющей работу фермента механическими, конформационными движениями частей макромолекулы (С. Э. Шноль, Д. С. Чернавский, У. И. Хургин, 1966). В наиболее полном виде эти идеи представлены в экспериментальных и теоретических работах Л. А. Блюменфельда с сотрудниками по релаксационной динамике макромолекул ферментов в катализе.

Действительно, при ферментативном катализе, когда концентрация субстратов велика, молекулы фермента находятся в устойчивом неравновесном состоянии. Соответствует ли это принципу Бауэра? В частном случае — да. Однако в формулировке Бауэра есть замечательные слова: «Все и только живые...» Устойчиво неравновесное состояние катализатора при избытке субстрата лишено биологической специфики.

Итак, в результате развития науки в последние десятилетия стало ясно, что физические свойства молекул биологически важных веществ (белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, метаболитов и т. д.) принципиально не отличаются от аналогичных небиогенных молекул. Сущность жизни не определяется особым физическим состоянием всех этих молекул. При этом биологически важные структуры имеют уникальные сочетания физических свойств. Но обо всех этих свойствах нельзя сказать «Живые и только живые...». Все эти свойства, более или менее выраженные, присущи и заведомо небиогенным молекулам, структурам, системам.

ПРИНЦИП БАУЭРА И ЭВОЛЮЦИЯ

Наиболее важные, принципиальные достижения в биологии последних десятилетий коснулись изучения нуклеиновых кислот, молекулярных основ изменчивости, наследственности, размножения в сочетании с теорией информации, иными словами, вновь возникшая молекулярная биология образовала новый фундамент теоретической биологии, для развития которой необходимо соединение с теорией эволюции. В сущности, специфической биологической дисциплиной можно считать лишь теорию эволюции, в ходе которой формируются все свойства и особенности живых организмов⁴.

Сохраняет ли свое значение принцип устойчивого неравновесия Бауэра в свете

³ Там же. С. 93, 99, 121—122.

⁴ Шноль С. Э. Физико-химические факторы биологической эволюции. М., 1979.

этих новых, принципиальных изменений наших знаний? Удивительным образом не только сохраняет, но и приобретает гораздо более глубокое и естественное звучание. В самом деле биологическая эволюция — процесс неуклонного возрастания количества и качества информации — устойчиво неравновесный процесс соответственно принципу Бауэра.

Основу биологической специфичности составляет «осмысленная», целесообразная последовательность азотистых оснований в нуклеиновых кислотах, возникающая в процессе естественного отбора. Чем лучше отобрана последовательность, чем совершеннее наследственный текст, тем, с точки зрения термодинамики, более неравновесны молекулы нуклеиновых кислот и далее, соответствующие им молекулы белков, клеточные структуры и т. д. Сохранение неравновесных наследственных текстов — специфическое обязательное свойство жизни. Более того, живые организмы — объекты биологической эволюции и, следовательно, вовлечены, в ходе естественного отбора, в процесс возрастания количества и качества информации, т. е., с точки зрения термодинамики, в процесс возрастания неравновесности. В самом деле: «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии (поскольку условие жизни — уникальные наследственные тексты в нуклеиновых кислотах, уникальные последовательности аминокислотных остатков в белках и т. п.) и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физи-

ки и химии при существующих внешних условиях» (т. е. используют накопленную в ходе эволюции информацию, зафиксированную в свойствах белков и других молекул для матричного воспроизведения макромолекул и репарации мутационных нарушений).

Еще более общее значение принцип Бауэра имеет в эволюционном смысле. В процессе эволюции («все и только живые...») происходит все большее удаление биологических систем от равновесия — от бессмысленного, случайного сочетания нуклеиновых оснований — букв — в полинуклеотидных цепях — наследственных текстах.

Рамки журнальной статьи не позволяют продолжить анализ творчества Э. С. Бауэра. Представляется важным, чтобы его мысли и дела стали известны нашим современникам. К сожалению, хотя труды Бауэра широко цитируются не только биологами, но и философами (И. Т. Фролов, В. Г. Афанасьев, А. С. Карпинская), должного вовлечения идей Бауэра в современный «научный метаболизм» пока нет.

Его «Теоретическая биология», переизданная в 1982 г. на русском и английском языках в Венгрии, так и не попала к советским читателям. Хочется надеяться, что специальный симпозиум, посвященный Э. С. Бауэру, привлечет внимание к творчеству замечательного биолога новые поколения исследователей⁵.

⁵ Симпозиум, посвященный трудам Э. С. Бауэра, состоялся в Пушкино 28 октября—2 ноября 1990 г.