

*Ю.С. Моркина*

## **Структура живого вещества: основной вопрос биологии**

**Моркина Юлия Сергеевна** – кандидат философских наук, старший научный сотрудник. Институт философии РАН. Российская Федерация, 109240, г. Москва, ул. Гончарная, д. 12, стр. 1; e-mail: morkina21@mail.ru

Положение биологии как естественной науки определяется ее объектом – живым веществом. В силу необычайной сложности объекта биология стоит особняком среди других наук. С одной стороны, теоретический аппарат биологии сходен с таковым аппаратом физики, как последний видит В.С. Степин. Биологическая теория содержит идеальные объекты (ИО): как теоретические (по Степину), так и эмпирические. Биология также построена на наблюдении и эксперименте, хотя включает и третий способ научного познания – моделирование, который в биологии играет важную роль. Биология, так же как и физика, содержит научную картину мира (НКМ), исходя из которой ученые осуществляют теоретическую деятельность и которая также влияет на повседневную картину мира социума. С другой стороны, биология приближается и к идиографическим наукам – исследует уникальные сложные системы: от биосферы в целом до живого организма и составляющих его клеток. В данной статье мы рассматриваем сравнительно ранние по времени попытки поставить биологию на прочную теоретическую основу. Это «теоретическая биология» Э.С. Бауэра (1935 г.) и «теория биологического поля» А.Г. Гурвича, которая впервые была предложена им в 1921 г. и заново пересмотрена в 1944 г. С точки зрения философии науки мы сформулировали основной вопрос биологии: чем живое отличается от неживого. Именно на этот вопрос, в первую очередь, пытаются ответить ученые-биологи. Кроме этого, мы используем понятие автопоззиса, которое подразумевает взаимное влияние друг на друга части и целого в живом веществе, благодаря чему живая система и способна к саморазвитию. Также мы взяли на себя смелость выдвинуть собственную умозрительную гипотезу, отвечающую на основной вопрос биологии.

**Ключевые слова:** наука, биология, теория, идеальный объект, устойчивое неравновесие, биологическое поле, гидратация

## Биология как естественная наука

Биология как естественная наука стоит особняком среди других естественных наук: физики и химии. Это положение определяется, прежде всего, сложностью изучаемого объекта – живого вещества. Говоря о сложных системах, философы часто имеют в виду именно биологические объекты. Биология, в связи с этим, отличается особой степенью теоретичности. Большую роль в ней играют попытки теоретического обоснования эмпирических фактов, связанных с реакцией живого вещества на внешние воздействия. Живой организм остается своеобразным «черным ящиком»: на входе – воздействие на него, на выходе – его реакция, но проследить всю цепочку между воздействием и реакцией очень сложно, и часто реакция бывает непредсказуемой и несоизмеримой с воздействием.

Сложности в изучении живого вещества также добавляет многофакторность, которую приходится учитывать: факторов, влияющих на живое вещество, очень много, более того, возможно, что далеко не все из них известны науке. При постановке биологического эксперимента необходимо выяснить, какие из факторов учесть и какими можно пренебречь. Выбор сложный, и, делая его, всегда можно совершить ошибку – в таком случае результаты эксперимента могут оказаться невоспроизводимыми. Несмотря на все это, учеными-биологами вновь и вновь предпринимаются попытки не просто изучить живое вещество, но и поставить его изучение на теоретическую основу. Биологическая теория при этом постоянно развивается и отличается от других наук, в том числе физики, над теоретическим аппаратом которой рефлексировал В.С. Степин. Также биология может равняться и на «науки о духе» как имеющая дело каждый раз с неповторимой системой (индивидуальным живым организмом). Организмы одного биологического вида различаются как генетически, так и морфологически и могут по-разному реагировать на, казалось бы, одинаковые воздействия, и здесь опять встает вопрос о многофакторности – одинаковыми ли были воздействия или ученый упустил из виду какой-либо фактор? Особую сложность представляет изучение человеческого мозга, когда многофакторность достигает своего апогея. Но это – тема отдельной статьи.

Живой организм, считают некоторые философы, заслуживает изучения не как единица среди других единиц, но как «личность», непохожая ни на какой другой организм своего вида. Если целостный организм сложно изучить естественнонаучными методами, то не менее сложно изучить его отдельные ткани и отдельные клетки. Современные ученые уже сходятся во мнении, что живой организм необходимо рассматривать холистически: не как сумму отдельных клеток, но как единую систему. Тем не менее полезно изучать и отдельные клетки, пытаясь определить их роль в целом организме. Клеточная биология в настоящее время интенсивно развивается. Также не стоит на месте генетика, изучающая молекулу ДНК и связанные с ней процессы, происходящие в организме. В состоянии развития находится и современная генная инженерия, но ученые все еще часто получают результаты, которые не могли предсказать, когда созданная ими гибридная ДНК внедряется в живой организм. Несмотря на это, отдельные биохимические реакции, идущие в организме *in vivo*, хорошо

изучены и повторены учеными *in vitro*. Созданы даже искусственные рибосомы, функционирующие в пробирке почти как естественные, выделенные из живых клеток. Искусственная рибосома, получившая название Ribo-T, устроена немного иначе, чем естественные рибосомы. Но важно, что *in vitro* она функционирует во многом сходно (хотя сходство не идеальное) с естественной рибосомой, осуществляя синтез белков. В настоящее время структура искусственных рибосом совершенствуется учеными. Такие исследования биохимических реакций в пробирке наносят существенный удар по витализму – представлению о том, что живое вещество, живой организм содержит в себе загадочный «оживляющий» фактор, за счет которого живое вещество кардинально отлично от неживого, и поэтому процессы, происходящие в организме, нельзя воспроизвести в «неживом» пробирочном растворе. Но на самом деле биологические объекты поддаются моделированию. Моделирование применяется во многих науках, но в биологии оно становится одним из основных методов. Исходя из представления о сложности живого вещества и многофакторности внешних влияний на него, а также сложности внутренних процессов, являющихся реакцией на это влияние, ученый может попытаться смоделировать свой объект, чтобы затем сравнить результаты моделирования реальности с самой реальностью. Ученые-биологи используют два вида моделей:

1. Модель *in vitro* процессов, происходящих *in vivo*. В таком моделировании в настоящее время ученые значительно преуспели, многие процессы, происходящие в живой клетке, воспроизведены в пробирке.
2. Компьютерная модель. Ученый может ввести данные, полученные экспериментально или путем наблюдения, в компьютер, чтобы попробовать предсказать биологическую реальность.

Теоретическим обоснованием биологических процессов занимались еще авторы книги «На пути к теоретической биологии» (1968–1972) (ред. К. Уоддингтон<sup>1</sup>, он же – один из авторов). Книга представляет собой результат работы первого симпозиума по теоретической биологии. После окончания симпозиума его участники представили статьи по отдельным обсуждавшимся проблемам. Все эти материалы были включены в книгу, в которой биологи, физики, математики и химики рассматривали ряд основных проблем современной им теоретической биологии, касающихся концепции эволюции, молекулярной биологии, регуляторных процессов, процессов морфогенеза и т. д. Книга «На пути к теоретической биологии. I Прологомены» под ред. К. Уоддингтона (Авторы: К. Уоддингтон, Э. Майр и др.) вышла на русском языке в 1970 г.

Но в настоящей статье, «не растекаясь мыслью по древу», мы хотели бы рассказать о двух более ранних попытках построения биологической теории, имевших место в России и в СССР. Это «теоретическая биология» Э.С. Бауэра и «теория биологического поля» А.Г. Гурвича. «Теоретическая биология» Э.С. Бауэра прошла три этапа в своем развитии: первый – в 1920 г. была опубликована книга «Grundprinzipien d.ren, naturecviss. Biologie», второй этап –

---

<sup>1</sup> Уоддингтон Конрад Хэл (1905–1975) – английский биолог, командор ордена Британской империи, член Лондонского и Эдинбургского королевских обществ. Сфера профессиональных интересов: биология развития, палеонтология, генетика, эмбриология и философия. Считается, что он заложил основы системной биологии.

книга «Физические основы в биологии» (1930 г.). «Теоретическая биология» вышла в СССР в 1935 г. А.Г. Гурвич – автор трудов по цитологии, эмбриологии, биофизике, теоретической биологии. В 1912–1922 гг. впервые ввел в эмбриологию понятие морфогенетического (биологического) поля, позднее разрабатывал его теорию с целью объяснить характер и направленность развития организмов. В 1923 г. открыл митогенетические лучи – сверхслабое ультрафиолетовое излучение живых тканей, стимулирующее деление клеток (митоз) посредством цепных химических реакций.

Несмотря на то что некоторые данные (экспериментальные факты), которые они обобщали, в настоящее время устарели, нас привлекает в этих теориях пафос – стремление создать общую теорию живого вещества и ответить на вопрос: чем отличается живое вещество от неживого? Их построения отличаются исключительной логикой, демонстрируют необыкновенную ясность мысли и проникнуты «исследовательским азартом». Несмотря на позднейшие опровержения, «теоретическая биология» Э.С. Бауэра внесла свой вклад в теоретическое осмысление как самой биологии, так и ее философии, стремящейся обобщить и объяснить сам биологический поиск. Философия биологии как метанаука призвана обобщить как результаты исследования живого вещества, так и методы, применяемые в биологии, а также историю биологических исследований. Надеемся данным трудом внести свою лепту в систематизацию представлений об объекте биологии – живом веществе, живой клетке, живом организме.

Но перед началом рефлексии над этими работами подчеркнем важность научного воображения и творчества в построении научной теории. Умозрение, умопостижение, научное воображение – необходимые условия применения любого научного метода: наблюдения, эксперимента, моделирования. Использование любого из научных методов предполагает творческий подход к нему ученого. Для того чтобы спланировать эксперимент, для того чтобы интерпретировать его результаты, необходима творческая апперцепция объекта эксперимента субъектом. Такая же ситуация складывается с наблюдением и моделированием. Научное воображение необходимо и для построения научной теории. Для всех научных действий, которые анализирует В.С. Степин – крупнейший отечественный исследователь науки, необходимо определенное «отражение» объекта в уме ученого, получаемое с помощью научного воображения и творческого подхода.

Научное творчество применяется как для создания теоретического идеального объекта (по В.С. Степину), так и эмпирического идеального объекта. Идеальные объекты (как теоретические, так и эмпирические) существуют в сознании ученых-исследователей. Создание эмпирического идеального объекта подразумевает также обдумывание ученым того, какие факторы, влияющие на объект исследования, существенны и какими можно пренебречь. Тем более это верно и для теоретических идеальных объектов. По В.С. Степину, идеальные объекты являются частью теории и апперципируются в ее рамках. Творчество, научное воображение при создании научной теории работает как фактор, определяющий данную теорию, ее идеальные объекты, ее структуру, включение в нее фактов и результатов экспериментов, которые ее подтверждают.

Теория, чтобы быть научной, обязательно должна быть истинной. Ученый-исследователь, планируя эксперименты, выдвигая гипотезы, стремится познать истинную сущность объекта. Но уже Т. Кун и К. Поппер, пытаясь провести

демаркацию науки и ненауки, понимали, что истинность теории и ее научность – не одно и то же. Это подразумевал К. Поппер, вводя принцип фальсификации. Современный отечественный исследователь Л.А. Маркова в качестве критерия научности предлагает «научный смысл» – научную осмысленность гипотезы или теории, еще не подразумевающую истинность последних. Но, доказанные или нет, научные гипотезы и теории строятся с применением научного воображения, складываются в сознании ученого и в этом сознании существуют как результаты творческой апперцепции.

В данной статье мы собираемся разобрать две попытки описания-объяснения биологических фактов учеными-исследователями. Как мы уже говорили, это будут теории Э.С. Бауэра и А.Г. Гурвича, которые для своего времени объясняли, почему и как живое вещество отличается от неживого. Эти теории, без сомнения, являются научными, соответствуют принципу фальсификационизма К. Поппера и воззрению Л.А. Марковой относительно научной осмысленности. Также мы представим в данной статье, насколько это возможно, краткое изложение собственной умозрительной биологической гипотезы, пытаюсь ответить на тот же вопрос, на который стремились дать ответ Э.С. Бауэр и А.Г. Гурвич, создавая свои теории, а именно чем живое вещество отличается от неживого.

### Теоретическая биология Э.С. Бауэра

В 1935 г. советский исследователь Э.С. Бауэр выпускает книгу под названием «Теоретическая биология». Само название интригует, ведь биология в этом плане – наука особая. Теоретизация биологии в силу необычайной сложности ее объекта представляет для ученых непростую задачу. Э.С. Бауэр проанализировал и обобщил научные факты и результаты биологических экспериментов своего времени. Достаточно взглянуть на оглавление его книги, чтобы увидеть, что это действительно попытка построения общей теории живой материи. В первой же главе своей книги Э.С. Бауэр формулирует свой принцип устойчивого неравновесия. В чем он заключается? Второе начало термодинамики (второй закон термодинамики) устанавливает существование энтропии как функции состояния термодинамической системы и вводит понятие абсолютной термодинамической температуры, т. е., второе начало представляет собой закон об энтропии и ее свойствах. Согласно ему в изолированной системе энтропия остается либо неизменной, либо возрастает (в неравновесных процессах), достигая максимума при установлении термодинамического равновесия (закон возрастания энтропии). Но в живом веществе этот закон как будто не соблюдается: мы видим вместо распада – усложнение структур, и эта сложность структур живой материи устойчива, более того, она растет с развитием организма<sup>2</sup>. Живые организмы не находятся в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Как пишет Э.С. Бауэр, «все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия,

<sup>2</sup> Конечно, рассуждая о втором начале термодинамики, следует учитывать, что оно сформулировано для *изолированных* систем, в то время как вся биосфера в целом и отдельный живой организм являются *открытыми* системами, получающими энергию извне.

требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях» [Бауэр, 1935, с. 43].

Принцип устойчивого неравновесия Э.С. Бауэра означает, что живые системы накапливают в себе энергию, не только противясь предписанному вторым началом термодинамики увеличению энтропии, но активно эту энтропию уменьшая. Живое вещество, считает Э.С. Бауэр, отличается от неживого накопленной и хранимой «избыточной энергией», определяющей структуру молекул, из которых оно состоит. Поэтому Э.С. Бауэр еще называет ее «структурной энергией». И именно эта энергия, запасенная в молекулах живого вещества, помогает организму выполнять работу по построению этого живого вещества, способствует его росту. «Структурную энергию» Э.С. Бауэр понимает как деформацию, неравновесие молекул в составе живого вещества, отличающее их от таких же молекул в неживом веществе. «Лишняя», «структурная» энергия может затрачиваться на работу по поддержанию структур живого вещества. Энергия же пищи не напрямую затрачивается на работу по построению живых молекул, но преобразуется сначала в «структурную энергию», которая затем уже может расходоваться на поддержание жизни.

Следовательно, для сохранения их, то есть условий системы, необходимо их постоянно возобновлять, то есть постоянно затрачивать работу. Таким образом, химическая энергия пищи потребляется в организме для создания свободной энергии структуры, для построения, возобновления, сохранения этой структуры, а не непосредственно превращается в работу [Там же, с. 55].

Неравновесное состояние всей живой системы, по Э.С. Бауэру, является самоподдерживающимся. Живое вещество активно противостоит «умиранию» – выравниванию потенциалов энергии. Термодинамическое равновесие с окружающей средой для живого означает смерть. По Э.С. Бауэру, живое вещество при неблагоприятных условиях, грозящих ему умиранием (например, отсутствие пищи), использует структурную энергию части своих молекул, чтобы поддержать неравновесие структуры другой части молекул, более важных для сохранения жизни. И только когда структурной энергии совсем не остается, наступает термодинамическое равновесие – смерть живой системы.

Читая Э.С. Бауэра, можно сделать вывод (вернее, он пишет это напрямую), что *in vitro*, в пробирочных растворах, молекулы живого вещества «умрут» – вернуться в равновесное состояние с окружающей средой, и тогда биохимические реакции, происходящие в живой клетке, в пробирке осуществляться не будут. Но дальнейшие исследования по биологии показали, что это не так – и в пробирке идут сложнейшие биохимические реакции, свойственные живой материи, живой клетке, например, функционирование рибосом и синтез белка в соответствии с кодом ДНК. И даже искусственные, созданные химическим способом, рибосомы в пробирочном растворе функционируют так, как и «нерукотворные» структуры живой клетки. Все это делает выводы Э.С. Бауэра об особом неравновесном, деформированном состоянии органических молекул внутри живой клетки, в живом веществе, старевшими.

Что же остается? Живое вещество действительно накапливает избыточную энергию, но хранит ее не в разнице потенциалов «напряжения», деформации живых молекул, а в химических связях высокомолекулярных соединений. Живое вещество действительно противится умиранию путем расходования дополнительной энергии, только эта энергия высвобождается не в результате «разрядки» деформированных молекул, а в результате распада высокомолекулярных соединений.

При этом сам принцип накопления избыточной энергии и использования этой энергии на работу против энтропии, на работу по самоорганизации сложного живого вещества, остается актуальным. Более подробно и современно о самоорганизации – автопоэзисе – живого вещества пишут У. Матурана и Ф. Варела. Автопоэзис – биологическое понятие, разработанное для живых систем, было введено в 1973 г. чилийскими биологами Умберто Матурана и Франсиско Варела и разработано в сотрудничестве с Рикардо Урибе. Автопоэзис – производство системы посредством нее самой, оно включает воспроизводство своих границ, а значит, и своей целостности. Живая система (например, человеческое тело) продуцирует саму себя.

Э.С. Бауэр же внес свой неоценимый вклад, прежде всего, заключающийся в попытке теоретически обобщить данные о живых системах и сформировать *общий принцип* для функционирования живого вещества. Многие его идеи и выводы не устарели и сегодня. Кроме того, «Теоретическая биология» являет собой прекрасный образец строгой научности, стройной логической системы, объясняет многие современные Э.С. Бауэру научные факты и результаты биологических исследований. Его книга – прекрасный пример использования *научного воображения*, сведения фактов в единую теорию и затем выведения из этой теории гипотез, которые могут быть проверены в эксперименте, т. е., его построения отвечают принципу фальсификационизма К. Поппера. Эта книга, и устаревшая (фактуально), и актуальная по сей день – неоценимый вклад в биологию как науку. «Теоретическая биология» при своей логической стройности для своего времени объясняла, почему живое вещество является живым, чем оно отличается от неживого. Этот вопрос мы можем назвать *основным вопросом биологии*. Итак, делая вывод из работ, представляющих собой *умозрительные* попытки формирования единого принципа бытия живого вещества, мы можем сформулировать основной вопрос теоретической биологии: вопрос об отличии живого вещества от неживого. По сей день биологи (о чем свидетельствуют и современные учебники биологии) формулируют не один общий принцип, но говорят о функциях, совокупность которых отличает живое от неживого. В ряду признаков живого вещества при этом некоторые из них могут нарушаться, и только их совокупность свойственна живому веществу и отличает его от неживого. В то же время, ученые – современники Бауэра и другие ученые-теоретики – все же пытаются ответить на *основной вопрос биологии* и *умозрительно* свести воедино факты, добытые их современниками в биологических экспериментах. Далее мы рассмотрим еще одну умозрительную «теорию всего» в науке биологии.

### Теория биологического поля А.Г. Гурвича

Автором другого общего биологического понятия, другой попытки создать общую биологическую теорию является русский и советский биолог, открывший сверхслабые излучения живых систем (mitogenetic rays) и создавший концепцию морфогенетического поля (morphogenetic field), А.Г. Гурвич. Он сформулировал теорию биологического поля или, как он еще называл его, морфогенетического поля. Будучи эмбриологом, А.Г. Гурвич размышлял о том, как развивается эмбрион и почему ткань, которая сформируется из клетки эмбриона, зависит от местоположения этой клетки в эмбрионе. Теория биологического поля Гурвича впервые была предложена им в 1921 г. и заново пересмотрена в 1944 г.

К теории эмбрионального и биологического поля А.Г. Гурвич пришел, опираясь на современные ему исследования по эмбриологии, на изучение факторов, определяющих процесс развития эмбриона. Эта теория пытается развить понимание специфических особенностей живого организма и выделить особенности, которые были бы присущи живому организму и только ему. Она вносит вклад (или в свое время внесла) в понимание живого организма как целостной системы. Живой организм предстает в ней как саморазвивающаяся сущность, имеющая свой принцип развития, автономная, отделенная от других живых организмов, представляющая собой не сумму живых клеток, но их целостную систему. А.Г. Гурвич ищет принцип, распространяющийся *только* на живые системы, который в то же время был бы для них совершенно обязательным. Сначала А.Г. Гурвич ставил себе задачу найти специфическую закономерность хода развития эмбриона. Для этого он ввел понятие биологического поля, которое заимствовал из физики. Биологическое поле, согласно А.Г. Гурвичу, – это совокупность физических полей, в живом организме приобретающая совершенно особую конфигурацию и служащая функциям живого вещества. Биологическое поле (совокупность физических полей, поставленная на службу живому организму) вырабатывается клеткой как совокупность полей всех молекул данной клетки, в том числе клеточного ядра. Биологическое поле, имея источником клетку, выходит за ее пределы и воздействует на соседние клетки. Совокупное поле всех клеток живого эмбриона формирует общее *эмбриональное поле*, являющееся морфогенетическим – именно оно определяет судьбу каждой клетки в целостном эмбрионе. Такая теория объясняет, почему судьба каждой эмбриональной клетки или кусочка эмбриональной ткани зависит от их местоположения в целостном эмбрионе. Так, если срезать у эмбриона лягушки кусочек кожной ткани и пересадить его на место глаза, из него сформируется хрусталик, т. е. его судьба в корне изменится, и именно целостный эмбрион «диктует» каждой клетке, в какую ткань она далее разовьется. Клеточное поле А.Г. Гурвич рассматривает как биологическое понятие универсального значения. По А.Г. Гурвичу, тайна живого вещества и его отличие от неживого раскрывается так: любой живой организм, любая живая клетка формирует свое общее биологическое поле. Далее именно это поле – клеточное поле, эмбриональное поле, биологическое поле в целом – определяет расположение и движение всех молекул в каждой клетке, и таким образом, в живом организме каждая часть зависит от целого. Говоря об эмбриональном поле, А.Г. Гурвич представляет его как надклеточный фактор,

задающий вектор развития организма. Но биологическое поле отвечает не только за развитие эмбриона, но в уже развивающемся организме оно определяет как его структуру, так и его функционирование. Клеточные поля живого организма сливаются в единое биологическое поле, объектом которого становятся органические молекулы всех клеток данного организма. Именно поле создает упорядоченность, свойственную всем организмам как живым системам. В таких построениях А.Г. Гурвича мы наблюдаем определенный круг: биологическое поле как совокупность полей определенной сложной конфигурации создается клеткой, ее макромолекулами. Поле это распространяется за пределы клетки, сливаясь с полями соседних клеток. В конце концов, весь организм становится источником целостного биологического поля. С другой стороны, именно это целостное поле влияет на каждую молекулу в живой клетке, в живом веществе, указывая ей ее место и создавая свойственную живому веществу упорядоченность. Получается, что при посредстве поля органические молекулы живого вещества упорядочивают друг друга и сами себя. Эта картина созвучна концепции автопоэзиса, развиваемой У. Матураной и Ф. Варелой и более поздними их последователями. Возможно, к теории биологического поля А.Г. Гурвича ученые еще вернуться.

При помощи этой теории А.Г. Гурвичу удается описать и объяснить как процесс эмбриогенеза, так и процессы, протекающие в уже взрослом сформированном организме, вплоть до процессов, идущих в мозге и определяющих когнитивные навыки организма. Теория биологического поля (в этом несомненная заслуга А.Г. Гурвича) представляет организм как целостное единство, влияющее на каждую часть этого целого. Его концепция становится в ряд с другими концепциями, авторы которых стремятся создать «теоретическую биологию» – общую теорию живого вещества, отвечающую на сформулированный нами основной биологический вопрос об отличии живого от неживого.

Концепциям А.Г. Гурвича и Э.С. Бауэра свойственен, конечно, определенный витализм, как любым концепциям, пытающимся ответить на основной вопрос биологии, подразумевающий, что живое вещество от неживого отличается радикально и что можно найти общий принцип этого отличия. Вместе с этим, обе эти концепции вполне материалистичны и, в принципе, сводят биологию к особой сложной физике. Обе эти теории – попытки применения научного воображения к накопленным современной им биологией эмпирическому материалу, к биологическим фактам, полученным путем экспериментов.

А.Г. Гурвич, Э.С. Бауэр... Нашу собственную биологическую гипотезу, которую мы приведем далее, хотелось бы поставить в этот ряд. Прежде всего, потому, что она умозрительна. Она объясняет некоторые факты биологии и процессы, происходящие в живом веществе. С другой стороны, и для нее, наверное, также найдутся опровергающие контрфакты.

### Теория гидратации

Итак, здесь мы предложим собственную биологическую гипотезу, также пытаясь ответить на сформулированный нами ранее основной вопрос биологии: чем живое вещество отличается от неживого? Конечно, изложенное ниже стоит рассматривать только как попытку внесения вклада в теоретическую

биологию. Все это еще подлежит эмпирической проверке в эксперименте и наблюдении. Это не более чем гипотеза, и именно поэтому мы ставим ее в ряд с теоретическими попытками других биологов.

### **1. Структура воды**

Наша «теория гидратации», возможно, не нова в том смысле, что биологи давно обратили внимание на особую «живительную» функцию воды в живом веществе. Виталистически настроенные биологи подозревали особое «живое» состояние воды внутри живых клеток. Современная биология рассматривает роль воды в живом веществе как огромную и критическую для пребывания живого живым. Нами выдвигается и обосновывается тезис именно о структурной роли воды в живом веществе.

Вода в организме человека – от 50 до 85 % его веса. Вода, составляющая в процентном соотношении большую часть живого вещества, является субстанцией, до конца не изученной, совершенно особой и отличающейся от других жидкостей-растворителей. Молекула воды представляет собой диполь, т. е. является поляризованной структурой. На атоме кислорода существует дробный отрицательный заряд, в то время как на атомах водорода – дробный положительный заряд. Благодаря своей биполярной заряженности молекула воды может образовывать слабые связи с ионами и заряженными частями молекул других веществ. В то же время молекулы воды взаимодействуют и друг с другом. Данные рентгеноструктурного анализа показали, что вода в жидком состоянии имеет упорядоченную структуру, ее молекулы связаны водородными связями. На сегодняшний день предложено уже большое число моделей, пытающихся объяснить структуру воды, ее физические и химические свойства. Все эти модели не являются удовлетворительными, и ни одна из них не объясняет всех свойств воды [Нгуен Суан Нгиа, 2011, с. 37]. С другой стороны, исследователи сходятся в том, что жидкая вода структурирована. Диффузное перемещение молекул воды сопровождается разрывом и образованием водородных связей. Согласно теоретической работе О.А. Пономарева [Пономарев, 2000], в воде могут иметься ассоциаты, состоящие из приблизительно  $10^6$  молекул. Также в литературе существуют данные о формировании в воде гигантских гетерофазных кластеров размером вплоть до долей миллиметра [Фесенко, 1999; Смирнов и др., 2005]. Под термином «состояние воды» обычно понимают совокупность физических свойств воды при тех или иных условиях. Ученые высказывают мнение, что таких «состояний воды» может быть бесконечное множество [Нгуен Суан Нгиа, 2011, с. 39]. Также недавно был открыт феномен «сверхтекучести воды», которую она обретает, попадая в капилляры, в том числе, капилляры растений или животных, включая человека [Ходаков, 2007; 2017].

### **2. Структура органических молекул**

Органические вещества, составляющие живое вещество, по большей части представляют собой макромолекулы. Макромолекулами являются такие основные для живого вещества молекулы, как молекулы белков, ДНК, а также РНК. В структуре белка выделяют четыре уровня. Так, первичная структура белка – это последовательность аминокислот, составляющая полипептидную цепь. Вторичная структура белка – это размещение в пространстве отдельных

участков полипептидной цепи, которое в пределах одного белка может быть как упорядоченным, так и неупорядоченным. Третичная структура – это способ размещения в пространстве всей полипептидной цепи. Наконец, четвертичная структура образуется при связывании между собой нескольких уложенных определенным образом (т. е. имеющих вторичную и третичную структуру) молекул. Здесь важно то, что вторичную, третичную и четвертичную структуру белки принимают в водном растворе. Также в водном растворе принимает свою естественную форму двойная спираль ДНК, состоящая из связанных друг с другом двух цепочек нуклеотидов.

### 3. Гидратация

Гидратацией называется процесс связывания частиц растворимого в воде вещества с молекулами воды. Гидратация является частным случаем сольватации – присоединения к веществам какого-либо растворителя. Гидратация электролитов в растворах является главной причиной их диссоциации на ионы, обуславливает устойчивость ионов в растворах и препятствует обратному соединению ионов в молекулы. Реакции гидратации часто обратимы; обратная реакция называется дегидратацией. Получаемые при этом соединения называются гидратами, а входящая в них вода – гидратной. Для живого вещества важна гидратация как макромолекул, так и отдельных ионов, вместе с макромолекулами и водой составляющих живое вещество. Такие биологически важные ионы, как  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ , в водном растворе гидратируются следующим образом: положительно заряженные катионы притягивают к себе молекулы воды, которые примыкают к ним своей отрицательно заряженной частью; отрицательно заряженные анионы притягивают положительно заряженные части молекул воды, образуя с ними водородные связи. Благодаря этому, каждый заряженный ион в водном растворе окружен пленкой из молекул воды. К первому водному слою окружающим ион молекул присоединяются молекулы воды второго слоя, которые образуют водородные связи с молекулами воды третьего слоя и т. д. Иными словами, ион образует вокруг себя кластер определенным образом упорядоченных молекул воды. Биологические макромолекулы (белки, липиды) могут иметь гидрофильную и гидрофобную части. Гидрофильные части макромолекулы связывают воду, гидрофобные являются «несмачиваемыми» и «отталкиваются» от молекул воды. Так, такая важная часть живой клетки как ограничивающая ее мембрана – состоит из двойного слоя липидов, гидрофобными концами соединяющихся друг с другом, гидрофильными же – наружу и внутрь клетки. Биохимические реакции, как *in vivo*, так и *in vitro*, таким образом, *всегда* идут в водных растворах. Макромолекулярные белки образуют в воде коллоидные растворы.

Коллоидные растворы – это дисперсные системы, в которых частицы (капли, пузырьки) имеющие размер в пределах 1–100 нм, распределены в дисперсионной среде. Коллоидные растворы являются промежуточным состоянием между истинным раствором и суспензией. Коллоиды состоят из: 1) прерывная фаза (дисперсная); 2) непрерывная фаза (дисперсионная среда). Частицы в коллоидном растворе имеют диаметр в диапазоне 1–500 нм. Они не склонны к осаждению, и их нельзя отделить от дисперсионной среды центрифугированием и фильтрованием.

#### 4. Водные структуры клетки, важность гидратации ионов и макромолекул для живого вещества

Хотя роль воды для жизни и живого вещества трудно переоценить, мы считаем, что эта роль до сих пор недооценивалась биологами. А именно недооценивалась структурная функция воды. Живое вещество состоит из макромолекул, ионов и воды, включая в себя при этом и другие вещества, которые вместе с водой (и только вместе с ней) создают устойчивые динамические констелляции, составляющие цитоплазму.

Гипотеза, выдвигаемая нами, подразумевает, что вода, как в клетке, так и в целом организме, образует устойчивые динамические структуры, функционирующие как живое, т. е. вода выполняет структурную функцию. Структурируемая органическими макромолекулами, она, в свою очередь, структурирует и стабилизирует молекулы в цитоплазме, направляя при этом движение цитоплазмы в целом и отдельных ее молекул к месту биохимических реакций. При этом (как в теории А.Г. Гурвича) образуется определенный «круг самоорганизации»: макромолекулы структурируют воду, которая, в свою очередь, структурирует их, и весь комплекс в целом идет по пути развития и роста за счет цепных реакций, одними из которых будут реакции образования молекулами воды упорядоченных структур. При этом если мы будем изучать наноструктуры живой клетки, то обязательно увидим ту упорядоченность, о которой идет речь. Так, мы можем быть не в состоянии отличить порядок от хаоса, если заранее подразумеваем только *определенный* порядок. Но то, что нам кажется при этом хаосом, может представлять собой особый порядок, другой, чем мы ожидаем.

Итак, мы выдвигаем гипотезу об особой упорядоченности и структурной функции молекул воды в живом веществе. При этом в живой клетке молекулы воды вкуче с макромолекулами создают структуру цитоплазмы, находясь в разной степени связанности с органическими молекулами и друг с другом. Структура цитоплазмы при этом создается макромолекулами, ионами и связанными с ними молекулами воды. Гипотеза о структурной функции молекул воды, об образовании ими устойчивых динамических структур в цитоплазме, в принципе, объясняет, как проходят биохимические реакции в клетке, почему органические молекулы находятся в нужной для реакции пространственной ориентации или приводятся цитоплазмой к этой ориентации. Данная гипотеза также объясняет, как идут биохимические реакции, связанные с обменом веществ, распадом и синтезом макромолекул, восстановлением поврежденных структур в живом веществе.

Итак, гипотеза о водных структурах живого вещества объясняет четкость и стройность биохимических реакций, если предположить, что они направляются динамическими водно-органическими структурами. Структурно-информационной функцией воды в живом веществе объясняются некоторые биохимические цепные реакции, особая «легкость» их протекания. Отвечает эта гипотеза и на виталистический вопрос – он же основной вопрос биологии, – «чем живое вещество отличается от неживого». Ответ этот будет своеобразным: между живым и неживым веществом нельзя провести четкую границу. Вода с ее структурами, особыми химическими и физическими свойствами является *предпосылкой* возникновения живой материи. Она

представляет собой субстанцию, промежуточную между неживым и живым веществом. С одной стороны, она сама по себе еще не формирует живого организма. С другой стороны, без нее как без «оживляющей» субстанции органические молекулы еще не составляли бы живого вещества. Далее, жизнь образует «градиенты», состояния воды и органических молекул, промежуточные между неживой материей и состоянием вещества в живой клетке. Так, вирусы вне клетки и в негидратированном состоянии представляют собой кристаллические образования, включающие в себя плотно упакованные ДНК или РНК и белки. Попадая в живую клетку, вирусы «оживляются», встраиваются в клеточные структуры и начинают вести себя как живое вещество. Гипотеза постепенного перехода неживого вещества в живое объясняет также, почему биохимические реакции *in vitro* при соответствующих условиях проходят так же, как *in vivo*, и почему искусственные рибосомы функционируют *in vitro*, как рибосомы естественного происхождения. Водные, структурированные органическими веществами, растворы находятся *in vitro* в квазиживом состоянии. Но «утешением виталиста» может стать «принцип гидратации» – обводненности живого вещества и особой структурной функции воды в живом веществе. Мы предполагаем, что именно вода, структурированная макромолекулами (белками, ДНК и РНК) помогает протеканию процессов, связанных с информационной функцией данных макромолекул в живом веществе.

Конечно, вода участвует, помимо образования живого вещества, во многих неорганических процессах. Например, эффект «сверхтекучести» воды, открытый сравнительно недавно Г.С. Ходаковым, проявляется в биологических системах, когда водные растворы веществ, какими являются кровь и лимфа, текут по капиллярам человеческого тела. Этот же эффект помогает деревьям поднимать почвенную воду с растворенными неорганическими веществами на высоту кроны. С другой стороны, тот же эффект «сверхтекучести» наблюдается при попадании воды в капилляры пористых неживых веществ: например, изучена скорость течения водных растворов в пористых мембранах, сформированных пересованием слоя механоактивированных порошков [Ходаков, 2007].

Также способность воды быть универсальным растворителем и образовывать связи с растворенными в ней веществами играет роль как для биохимических реакций, так и для химических реакций между неорганическими веществами.

Здесь мы и утверждаем, что вода для жизни является предпосылочным веществом, участвующим как в неорганических, так в биохимических реакциях. Жизнь при этом образует градиенты: от неживых растворов неорганических веществ через квазиживое состояние растворенных органических макромолекул *in vitro* – к живой системе, которой является отдельная клетка, а также весь живой организм в целом.

Мы утверждаем, что вода и в неживой природе представляет собой предпосылку живого благодаря многим своим уникальным свойствам, далеко не все из которых нашли сегодня научное объяснение.

Итак, мы проанализировали биологию как эмпирическую науку, имеющую чрезвычайно сложный объект – живое вещество. Мы показали роль научного воображения и творческого подхода для науки и вспомнили две попытки

умозрительно создать биологическую теорию: теоретическую биологию Э.С. Бауэра и теорию биологического поля А.Г. Гурвича. Обе эти теории призваны были ответить на то, что мы назвали «основным вопросом биологии»: чем живое вещество отличается от неживого. Далее мы предприняли собственную попытку умозрительного объяснения функционирования живого вещества. Надеемся, проведенный нами анализ и наша биологическая гипотеза заинтересуют читателя.

### Список литературы

- Бауэр, 1935 – *Бауэр Э.С.* Теоретическая биология. М.; Л.: Изд. ВИЭМ, 1935. 206 с.
- Гурвич, 1944 – *Гурвич А.Г.* Теория биологического поля. М.: Советская наука, 1944. 156 с.
- Гурвич, 1945 – *Гурвич А.Г.* Митогенетическое излучение. М.: Наука, 1945.
- Нгуен Суан Нгиа, 2011 – *Нгуен Суан Нгиа* Диэлектрическая релаксация надмолекулярных структур в биологических жидкостях на низких и инфранизких частотах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. СПб., 2011. 176 с.
- Пономарев, 2000 – *Пономарев О.А., Фесенко Е.Е.* Свойства жидкой воды в электрических и магнитных полях // *Биофизика*. 2000. Т. 45. № 3. С. 389–398.
- Смирнов и др., 2005 – *Смирнов А.Н., Лапшин В.Б., Балышев А.В., Лебедев И.М., Гончарук В.В., Сыроешкин А.В.* Структура воды: гигантские гетерофазные кластеры воды // *Химия и технология воды*. 2005. № 2. С. 11–37.
- Степин, 1999 – *Степин В.С.* Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 1999. 390 с.
- Фесенко, 1999 – *Фесенко Е.Е., Терпугов Е.Л.* О необычных свойствах воды в тонком слое // *Биофизика*. 1999. Т. 44. Вып. 1. С. 5–9.
- Ходаков, 2007 – *Ходаков Г.С.* Сверхтекучесть почвенной воды в капиллярной системе растений // *Российский химический журнал*. 2007. Т. 51. № 3. С. 172–176.
- Ходаков, 2017 – *Ходаков Г.С.* Физико-химическая механика сверхтекучести крови // *Приборы Ходакова*. 2017. URL: <http://khodakov.ru/zagadka-krovi-cheloveka-razgadana/> (дата обращения: 14.10.2019).

### Structure of living substance: the main question of biology

*Julia S. Morkina*

Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences. 12/1 Goncharnaya Str., Moscow, 109240, Russian Federation; e-mail: morkina21@mail.ru

The position of biology among other natural sciences has been outlined by its subject matter – living substance. Due to the extraordinary complexity of the object, biology stands apart from other sciences. On the one hand theoretical apparatus of biology seems similar to physical one, as seen by academician V.S. Stepin. Biological theory contains ideal objects – both theoretical and empirical. Biology is also based on observation and experiments, though comprises model-making method, which plays important role in it. Biology as well as physics creates its own scientific picture of the world as the basis of both scientific physical and everyday social activity. On the other hand biology seems similar to ideographic sciences as focusing upon unique complex systems: from entire biosphere to living bodies and their cells. The paper highlights comparatively early attempts to gain solid theoretical basis to biology, “Theoretical biology” by E.S. Bauer (1935) and “Theory of biological field” written by A.G. Gurwitch (1921, 1944 – second ed.) being among them. The paper tries to emphasize exclusive role of speculation as the foundation of any theorizing. The main

question of biology as seen from the philosophical point of view we would like to formulate as follows: what's the difference of living from nonliving? This is the question, which all biologists try to answer first of all. In addition, we use the concept of autopoiesis, which implies the mutual influence on each other of the part and the whole in living matter, due to which the living system is capable of self-development. This process creates the foundation of all livings' development. We put forwards our own hypothesis which tries to answer the main question of biology.

**Keywords:** science, biology, theory, ideal object, sustainable disbalance, Biological field, gidration

## References

Bauer, E.S. *Teoreticheskaya biologiya* [Theoretical biology]. Moscow – Leningrad: VIEM Publ., 1935. 206 pp. (In Russian)

Gurvich, A.G. *Teoriya biologicheskogo polya* [Theory of biological field]. Moscow: Sovetskaya nauka Publ., 1944. 156 pp. (In Russian)

Gurvich, A.G. *Mitogeneticheskoe izluchenie* [Mitogenetic radiation]. Moscow: Nauka Publ., 1945. (In Russian)

Nguen, Suan Ngia. *Dielektricheskaya relaksatsiya nadmolekulyarnykh struktur v biologicheskikh zhidkostyakh na nizkikh i infranizkikh chastotakh*. Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata fiziko-matematicheskikh nauk [Dielectric relaxation of supramolecular structures in biological fluids at low and infra-low frequencies. Thesis for the degree of candidate of physical and mathematical Sciences] Saint-Petersburg, 2011. 176 pp. (In Russian)

Ponomarev, O.A. & Fesenko, E.E. "Svoistva zhidkoi vody v elektricheskikh i magnitnykh polyakh" [Properties of liquid water in electric and magnetic fields], *Biofizika*, 2000, vol. 45, no. 3, pp. 389–398. (In Russian)

Smirnov, A.N., Lapshin, V.B., Balyshev A.V., Lebedev, I.M., Goncharuk, V.V., Syroeshkin A.V. "Struktura vody: gigantskie geterofaznye klasteri vody" [The structure of water: giant heterophase clusters of water], *Himiya i tekhnologiya vody* [Chemistry and technology of water], 2005, no. 2, pp. 11–37. (In Russian)

Stepin, V.S. *Teoreticheskoe znanie* [Theoretical knowledge]. Moscow: Progress-Traditsiya Publ., 1999. 390 pp. (In Russian)

Fesenko, E.E. & Terpugov E.L. "O neobychnnykh svoistvakh vody v tonkom sloe" [On unusual properties of water in a thin layer], *Biofizika*, 1999, vol. 44, no. 1, pp. 5–9. (In Russian)

Khodakov, G.S. "Sverkhtekuchest' pochvennoi vody v kapillyarnoi sisteme rastenii" [Superfluidity of soil water in the capillary system of plants], *Rossiyskiy himicheskij zhurnal* [Russian chemical journal], 2007, vol. 51, no. 3, pp. 172–176. (In Russian)

Khodakov, G.S. "Fiziko-khimicheskaya mekhanika sverkhtekuchesti krovi" [Physico-chemical mechanics of blood superfluidity], *Pribory Hodakova* [Khodakov Devices], 2017. [<http://khodakov.ru/zagadka-krovi-cheloveka-razgadana/>, accessed on 14.10.2019]. (In Russian)