

Н.В. Жульева

О роли Н.А. Умова в становлении концептуального базиса биофизики

Жульева Нина Викторовна – аспирант. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1; e-mail: nina_rossia_mir@list.ru

В статье на примере работ Р. Клаузиуса, Л. Больцмана и Н.А. Умова рассмотрено становление понятий «энтропия», «организация» и «самоорганизация» в период формирования биофизики как раздела науки. Приобретение этими понятиями математического, физического и натурфилософского смыслов анализируется с привлечением предложенной А.И. Липкиным схемы функционирования идеальных объектов в структуре научной теории. Клаузиус вводит энтропию как следствие математических преобразований термодинамических уравнений, и она изначально имеет математический смысл. Больцман связывает энтропию с теорией вероятности и пытается доопределить ее физический смысл через натурфилософский смысл, интерпретируя энтропию как меру беспорядка. На этом этапе проблемное поле биофизики еще только формируется, и энтропия, с одной стороны, существует непосредственно как понятие с математическим смыслом, с другой – осмысливается как понятие с натурфилософским смыслом. Умов рассматривает энтропию преимущественно как характеристику общей тенденции к беспорядку, имея в виду и физический, и биологический смыслы данного понятия. Он пытается доопределить физический смысл энтропии через позитивно определенные понятия, вводя с этой целью понятие «стройность» для описания поведения организованной структуры. Трудности, связанные с физическим осмыслением понятий «стройность» и «энтропия», обуславливают их натурфилософскую интерпретацию. При этом энтропия и стройность характеризуют физическую систему «в целом», они метафоричны, у них нет строгой физической интерпретации, связанной с измерением какой-либо физической величины. На данном этапе становления биофизики эти концепты входят в ее концептуальный базис на натурфилософском уровне, их физический и биологический смыслы не сформулированы.

Ключевые слова: биофизика, термодинамика, энтропия, организация, самоорганизация, порядок, беспорядок

Понятия «энтропия», «организация» и/или «самоорганизация» задают концептуальный базис современной биофизики, определяют ее предметную область. Возникновение биофизики как раздела современной науки можно датировать серединой XX в., а период ее становления начинается с середины XIX в. Свой вклад в это становление внесли как физики (Р. Клаузиус, Л. Больцман,

Н.А. Умов, Э. Шредингер), так и биологи (Н.К. Кольцов, Н.В. Тимофеев-Ресовский). Параллельно этому научному процессу идет философское осмысление феномена организации. Развивается теория систем (А.А. Богданов, Л. фон Берталанфи), оформляется системный подход в рамках марксизма (В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин и др.). Эти разработки оказываются важными для биофизики на более поздних этапах ее развития. Философское осмысление самоорганизации появляется уже после работ И. Пригожина в 60-х гг. XX в. и усиливается в XXI в. (В.С. Степин, В.И. Аршинов, В.Г. Буданов и др.).

Предмет настоящего исследования – формирование и использование физического понятия «энтропия» в работах Р. Клаузиуса, Л. Больцмана и Н.А. Умова, а также последующая попытка Н.А. Умова сформулировать представления об «организации» на базе физических представлений об энтропии.

Для рассмотрения периода становления концептуального базиса биофизики необходимо опереться на такие концепции философии науки, которые затрагивают вопросы функционирования теоретических терминов в науке. В нашем исследовании в качестве инструмента мы принимаем средства и теоретическую структуру концепции А.И. Липкина, которая предполагает различение первичных идеальных объектов (ПИО) и вторичных идеальных объектов (ВИО) и включает в себя такие понятия, как «состояние системы», «измеримая величина», «операции приготовления объекта» и «операции измерения». Состояние системы дает «полную возможную информацию об объекте (системе) в данный момент времени», т. е. описывается полным набором измеримых величин, а в совокупности с уравнениями движения распространяется и на другие моменты времени [Липкин, 2014, с. 20]. Под приготовлением объекта понимается действие, в пределе имеющее результатом идеализированную систему (в своем роде предел множества реальных физических систем) [там же, с. 21]. Введение подобных понятий делает концепцию Липкина весьма детализированной и динамичной, что позволяет анализировать процесс формирования концептуального базиса.

Базисное понятие, по Липкину, может существовать на двух уровнях: 1) оснований раздела физики – ПИО существуют как идеализации, объекты, которые имеют общий для данного раздела физический смысл и которые можно получить путем приготовления объекта [там же, с. 9], и 2) конкретных моделей – ВИО конструируются из ПИО для решения определенной задачи [там же, с. 13] и имеют физический смысл в рамках решения типичной физической задачи. Мы полагаем, что в случае физических теорий следует добавить еще два уровня: 3) математический – существование понятия в качестве подструктуры собственно математических выражений и/или преобразований этих выражений в ходе решения уравнений движения (этот уровень отдельно выделен у В.С. Степина [Степин, 2003, с. 114–127]), и 4) натурфилософский – функционирование понятия в рамках общего осмысления (интерпретации) модели в связи с всеобщими универсальными характеристиками существования объекта в мире. Понятия, имеющие физический смысл на уровне ПИО или ВИО, будем обозначать индексом F (например: энтропия-F), понятия, имеющие смысл на уровне математической модели, – индексом M (энтропия-M), понятия, имеющие смысл на уровне натурфилософской интерпретации модели, – индексом N (энтропия-N).

Различение уровней интерпретации теоретического объекта – важная задача в рамках философии физики. Подобная проблематика поднимается в рамках философии квантовой механики [Печенкин, 2011], а также дискуссии реализма и антиреализма [Фурсов, 2013]. Концепция Липкина, как мы увидим далее, позволяет не только оценить теоретические объекты в их связи с реальными объектами, но и увидеть многоуровневую картину функционирования теоретических объектов в рамках одной теории.

Разработка понятия «энтропия» в работах Р. Клаузиуса и Л. Больцмана

Физические представления об энтропии были концептуализированы Р. Клаузиусом в работе «Механическая теория теплоты» (1864–1867) и развиты в «Лекциях по теории газов» Л. Больцмана (1866–1898).

В «Математическом введении» к своей работе Клаузиус использует основной ПИО классической механики – материальную точку, чье состояние задается величинами массы, координаты и скорости. Переход от классической механики к термодинамике оформляется во второй главе, где вводится новый ПИО – идеальный газ, состояние которого задается совсем не механическими величинами: «Пусть будет дано некоторое тело, состояние которого в отношении температуры, объема и т. д. предполагается известным» [Клаузиус, 1934, с. 94]. Новые величины – температура, объем и давление – описывают макросостояние газа без обращения к параметрам отдельных точек и уже не являются классически механическими. Смена ПИО изменяет онтологию теории и оформляет термодинамику как самостоятельный раздел науки.

Понятие «энтропия» Клаузиус вводит в третьей главе, посвященной второму закону термодинамики. Задача, стоящая перед Клаузиусом, состоит в описании изменения состояний идеального газа в цикле Карно. При возвращении системы в начальную точку физические величины – объем и давление – принимают начальные значения. Но в изменении состояний системы в ходе ее преобразований можно зафиксировать некую математическую подструктуру, похожую на физическую величину, – это энтропия. Она аналогична физическим величинам, входящим в дифференцируемые и интегрируемые выражения, но получает чисто символическое обозначение. Ее математический смысл состоит в отклонении системы от начальной точки в цикле Карно, она является функцией от теплоты и температуры. Уравнение, включающее энтропию, «дает еще одно выражение второго начала механической теории теплоты, очень удобное во многих исследованиях» [там же, с. 143].

Таким образом, определение энтропии как теоретического объекта осуществляется математически, через многообразие вариаций смены состояний идеального газа. При этом у энтропии, во-первых, отсутствует способ физического измерения (нет прямой физической интерпретации), во-вторых, нет собственного «объекта», в-третьих, она вводится как системный эффект. Это энтропия-М – фиктивная величина, не имеющая физического смысла и возникающая как промежуточная конструкция. Считая энтропию величиной, Клаузиус фактически расширяет физическую реальность своего времени.

У Л. Больцмана, в его «Лекциях по теории газов» [Больцман, 1953], происходит переход от энтропии-М к энтропии-Н. Опираясь на теорию Клаузиуса в случае газов, Больцман использует весь разработанный немецким ученым аппарат, включая и энтропию-М. Данное понятие фигурирует в том же типе задач (циклический термодинамический процесс), но модель идеального газа представлена механически – как система независимых молекул, состояние которой совмещает состояния всех молекул, определяемых через массу и скорость. Принимается, что молекулы при отсутствии внешних сил действуют как упругие шары (это допущение отсылает к теории упругости); их число в объеме газа полагается бесконечным, а движение случайным (допущения, отсылающие к теории вероятностей). Адекватность подобной модели зависит от решения вопроса о принципиальной взаимосвязи или независимости элементов системы [Сачков, 2013, с. 155–156], что существенно для концептуализации феномена организации и понимания сущности жизни.

На основании теории вероятностей происходит переход от микро- к макроуровню, от механического к термодинамическому описанию. Рассуждая о состояниях молекул, Больцман вводит представление о вероятности макросостояния как состояния системы молекул. Термодинамическое равновесие принимается за наиболее вероятное событие, и вероятность конкретного состояния зависит от его удаленности от термодинамического равновесия. Энтропия оказывается логарифмом термодинамической вероятности. Из более вероятного состояния сложно перейти в менее вероятное, следовательно, последнее можно считать отклонением от нормы. Теория вероятности в данном случае выступает не столько как физическая, сколько как математическая теория, и введение новой формулы энтропии расширяет математический смысл, развивая энтропию-М. Для самого Больцмана это выглядит как придание энтропии физического смысла, т. к. она становится величиной, характеризующей состояние тела. Но физический смысл понятия энтропии завязан на натурфилософские представления о том, что самое вероятное состояние – наименее упорядоченное. Оперировав понятиями упорядоченности и неупорядоченности, Больцман сбивается на мысленные эксперименты со Вселенной и на рассуждения, апеллирующие к обыденному здравому смыслу. Энтропия приобретает значение меры беспорядка и универсальной характеристики Вселенной, становясь энтропией-Н, и уже через энтропию-Н нащупывается уровень физической интерпретации – энтропия-Ф.

Энтропии-Н Больцман посвящает отдельные параграфы «Лекций по теории газов» [Больцман, 1953, с. 523–527], в которых описывает свое представление о действии второго закона термодинамики во Вселенной. Если представить Вселенную как механическую систему, состоящую из большого числа частиц, то такая Вселенная «в общем везде находится в тепловом равновесии, т. е. мертва» [та же, с. 525], либо эволюционирует к наиболее хаотичному состоянию. В любом случае будут возникать «островки» перехода к менее вероятному состоянию. К явлениям такого рода относится и феномен жизни: «Живое существо <...> будет определять направление времени к менее вероятным состояниям» [там же, с. 526]. Общая последовательность смены состояний представляется линейно (со статистически возможными отклонениями), а не в виде кругового обратимого процесса.

Энтропия и организация у Н.А. Умова

При рассмотрении предпосылок оформления биофизики как раздела науки линия классической физики начала XX в., восходящая к физике XIX в., может быть представлена взглядами русского физика-теоретика и видного ученого-энциклопедиста своего времени Н.А. Умова¹. Русская естественная наука в тот период уверенно встает в один ряд с лидерами научного мира – Англией, Германией и Францией. Русские естествоиспытатели интегрированы в мировое научное сообщество как благодаря общности решаемых научных проблем, так и благодаря получаемым результатам научной деятельности.

В 1901 г. Н.А. Умов открывает речью «Физико-механическая модель живой материи» XI съезд русских естествоиспытателей и врачей, что говорит об авторитете физика среди русского научного сообщества. Идеи, высказанные в этой речи, расходятся по России и за ее пределами (последнее было бы невозможным без существовавших в то время тесных связей между отечественными и европейскими учеными), а второе рождение переживают в рамках современной биофизики – в представлениях о молекулярной машине [Жульева, 2017, с. 161; Твердислов, Малышко, Ильченко, 2015].

Целью речи Умова было не действие в пределах разработанной дисциплины, а «нашупывание» новой предметной области – биофизической. Отталкиваясь от понятия энтропии, Умов формирует собственное понимание организации живой материи. Для этого в двух теоремах формулируются принципы взаимозаменяемости живого и неживого и равносильности их действий. Первая теорема гласит: «Действие живой материальной системы на неживую может быть заменено действием некоторой неживой материальной системы» [Умов, 1916, с. 185]. Вторая теорема формулируется как обратная первой: взаимозаменяемость обусловлена тем, что неживой системе можно придать соответствующую организацию. Потому основой для замены служит организованная неживая система – автомат, машина, механизм. Например, действие машиниста, увидевшего встречный поезд и дающего гудок, может быть заменено на механизм, реагирующий на свет от встречного поезда и путем замыкания электрической цепи дающий тот же самый гудок.

Подобное рассуждение можно интерпретировать как процесс приготовления объекта. Автомат предстает как идеальный объект по отношению к реальным живым объектам. Дальнейшее рассуждение о сущности жизни заменяется разговором о сущности механизма как идеального объекта. Так, мышца представляется хемодинамической машиной, в которой «вся доставляемая химическая энергия может превращаться в работу» [там же, с. 187], а различие хаотического движения во время лесного пожара и упорядоченного движения в паровом двигателе можно трактовать в качестве попытки приготовить объект для дальнейшей работы.

¹ Николай Алексеевич Умов (1846–1915) – заслуженный профессор Московского Университета; решил в общем виде задачу о распределении электрических токов на проводящих поверхностях произвольного вида; провел анализ многих формул Гаусса теории земного магнетизма; ввел в физику такие понятия, как скорость и направление движения энергии, плотность энергии в данной точке среды, пространственная локализация потока энергии. Следующий этап обобщения связан с именем Д. Пойнтинга, который ввел понятие потока электромагнитной энергии, вектор распространения энергии носит имя обоих ученых (вектор Умова–Пойнтинга).

Предполагается, что состояние системы описывается классическими термодинамическими величинами, такими как свободная энергия, температура, полезная работа. Но имеются и дополнения. Прочитав Умова: «Причина необратимости процессов природы и обесценения энергии заключается в том, что крупные и энергичные движения размениваются на более мелкие и медленные, переходящие постепенно в незримые, хаотические, неупорядоченные, нестройные движения. Конечный результат всех процессов природы – увеличение нестройности или, как говорят, рост энтропии» [там же, с. 192]. Приведенная цитата позволяет предположить, что состояние системы качественно характеризуется энергичностью движения – более или менее упорядоченного. Состояние системы может также характеризоваться мерой нестройности, энтропией. Так энтропия, а вслед за ней и стройность предстают как величины, характеризующие состояние системы. Подобный смысл мы встречали и у Больцмана. Энтропия предполагается в качестве физической величины – энтропии- F , однако свой физический смысл меры беспорядка получает через обращение к натурфилософскому смыслу – энтропии- N^2 .

Смысл энтропии- N соответствует беспорядку, хаотичности, нестройности и несвязности, а последовательность смены состояний системы представляется линейным необратимым процессом (как у Больцмана), а не круговым обратимым (как у Клаузиуса). Через энтропию- N происходит связывание биологического и физического смыслов. Недоопределенность энтропии- F и попытки определить энтропию- N явственно демонстрируют период становления биофизики как раздела науки. Недостаточная рефлексия, неразличение Умовым этих уровней и, как следствие, неаргументируемые переходы с одного уровня на другой только подтверждают тезис о становлении новой области знания.

Понятие «стройность»

Опираясь на понятие энтропии, Умов пытается концептуализировать организацию. Феномен жизни он подводит под общий закон роста энтропии, и она играет при этом двоякую роль. С одной стороны, жизнь – это борьба с нестройностью, т. е. с энтропией, и «приспособления организмов совершаются в том направлении, при котором нейтрализуются влияния, вызываемые ростом энтропии» [там же, с. 195]. На основании этого Умов выстраивает типичную для статистической физики схему: «В мире с беспредельным числом случайностей стройное движение должно возникать наряду с нестройным, но только в более редких случаях, так как мир подчинен закону роста энтропии» [там же, с. 194]. С другой стороны, закон роста энтропии представляется Умову значи-

² Характерно, что в узко научных работах Умова вроде статьи 1894 г. «Общее выражение термодинамического потенциала», цель которой – уточнение уже развитой термодинамической теории, понятие энтропии существует только как энтропия- M . Оно вводится как расшифровка знака S , который затем используется в формулах и преобразованиях формул, ее физический смысл не проблематизируется. От уровня математики к физическому, модельному уровню Умов переходит только при обсуждении целых формул: «Функция $U - TS$ представляет потенциальную энергию, соответствующую полностью превращенной работе» [Умов, 1950, с. 486]. Физическим смыслом обладает целая функция, а энтропия- M остается только подструктурой этой математической функции.

мым для функционирования органов чувств, которые могут быть восприимчивы к новым раздражениям только при условии затухания старых [там же, с. 196]. Помимо этого закон роста энтропии задает саму возможность действия статистических законов, т. к. рассеяние энергии определяет многообразие этого мира. Жизнь оказывается необходимой статистической погрешностью при достаточном уровне многообразия. Для формирования концептуальной биофизической схемы этих разработок недостаточно, поскольку энтропия как нестройность остается негативным определением. Поэтому Умов пытается зафиксировать содержание положительного понятия – стройности³.

Умов вводит понятие «стройность» описательно, используя примеры: лес, сжигаемый в паровом двигателе, будет вызывать более стройные движения, нежели во время лесного пожара. Лес в паровом двигателе обладает организацией, которая присуща машине, вырабатывающей полезную работу, а лесной пожар – принципиально хаотический и неорганизованный процесс. Стройность формы движения определяется стройностью машины и стационарностью ее действия. Стройность машины основана на связности элементов машины⁴, стационарность действия – на устойчивости, предохраняющей от случайностей [там же, с. 193]. Такая устойчивость обеспечивается разнообразием и дифференциацией органов, резонансом и гармонией с окружающей средой. Соотнесение с определением жизни, данным В. Оствальдом, добавляет к признакам стройности самосохранение и самоснабжение. Подобные характеристики сближают понятие стройности с понятием самоорганизации и дают нам право рассматривать понятие стройности в модели Умова как предтечу понятия самоорганизации. Концептуализация стройности предвосхищает процесс моделирования синергетической парадигмы, согласование и сборку принципов самоорганизации и их связь с эмпирическим материалом [Буданов, 2009, с. 68–69]. Считается, что в рамках философии линия концептуализации феномена организации восходит к тектологии А.А. Богданова и продолжается в работах Л. фон Берталанфи и И. Пригожина [Локтионов, 2016, с. 81]. В различных изложениях предыстории синергетики Умов обычно не упоминается⁵, тогда как биофизики опираются на него в своих исследованиях [Твердислов, Сидорова, 2012].

Для уяснения сути употребления понятия «стройность» у Умова приведем следующую цитату: «Условия стройной работы истопника, стройного течения химических процессов, дающих машине энергию, стройные условия смазки, чистки, регулирования, сигнализации и т. д. способствуют стройности движения» [Умов, 1916, с. 192]. Мы видим, что Умов закольцовывает определение, которое и так дается описательно. Стройность способствует стройности. Отсутствие явной дефиниции и круг во вводимом вместо нее неявном описательном определении демонстрируют первичность понятия стройности для биофизики как раздела науки в рамках концепции Умова.

³ Данный шаг аналогичен введению Э. Шредингером в работе «Жизнь с точки зрения физики» понятия отрицательной энтропии [Шредингер, 2009, с. 124].

⁴ У И. Пригожина и И. Стенгера можно найти развитие этой идеи связности элементов системы. Такие связи должны быть дальними, определяющими цельность и устойчивость действия системы, в противоположность состоянию хаоса, которое можно определить как наличие только локальных связей в пространстве и времени [Пригожин, Стенгерс, 2014, с. 159].

⁵ См. главу 1 «Синергетика в исторической ретроспективе» в [Князева, Курдюмов, 2002, с. 20–27].

Используемые Умовым примеры апеллируют к механизмам и связываются с живыми организмами на основании разобранных выше теорем о возможной взаимозаменяемости живых и неживых систем. Это упрощает задачу концептуализации новой области знания, поскольку опирается на «наблюдаемое» для определения характеристик «ненаблюдаемого». Наблюдаемым и подручным выступают механизмы, ненаблюдаемым и покрытым завесой тайны – живые организмы. Стройность в данном случае оказывается моделью, принципом всех стабильных систем, любой организации.

Таким образом, понятие «стройность» в работе Умова функционирует как модель действия организации на уровне физических интерпретаций – это стройность-F. Тем не менее как и энтропия-F, стройность-F не получает четкой дефиниции. Оно обозначает определенные наблюдаемые физические процессы естественной и искусственной организации, в которых находится нечто общее, именно это общее и фиксируется понятием «стройность». Стройность-F существует как ПИО, еще не породивший ВИО, – нет типичного приготовления объекта, с которым можно было бы работать типичным образом. Недоопределенность стройности-F опять способствует скачку к натурфилософскому уровню – стройности-N. Этот скачок обнаруживает себя и в оборотах речи (вроде резонанса в соответствии с «чувством красоты»), которые апеллируют к интуитивному пониманию с помощью образов, связанных исключительно с человеческой деятельностью, и в идеологичности и непроясненности некоторых аналогий (вроде описания получения цветной фотографии за счет резонанса с пленкой: «В нервной материи остаются следы, способные производить отбор, подобный тому, который производится липмановской пленкой» [Умов, 1916, с. 198]). Физическая модель по умолчанию вписывается в картину мира, и полученная из натурфилософской картины понятийная структура подготавливает место, на которое впоследствии встанет развитое физическое, а затем и биофизическое понятие.

Попытки говорить о степенях стройности свидетельствуют о стремлении определить стройность-F как рабочую физическую величину. Таковой, однако, она может стать, только став еще и стройностью-M. Степени стройности должны быть определены и экспериментально, и количественно, иметь свою размерность и быть вписанными в уравнения движения.

Чтобы понять, как развивается концептуальный базис биофизики, нужно выяснить соотношения стройности-F с энтропией-F. Как говорилось выше, подведение феномена жизни как частного случая под общий закон роста энтропии производится Умовым через введение понятия стройности. Вместе с тем тенденция стройности противопоставлена тенденции энтропии. Схема, предполагающая локальную стройность в океане случайностей и хаотичности и находящая свое оправдание в статистических закономерностях, неполна без описания механизма, благодаря которому получается эта локальная стройность. В качестве такого механизма Умов выбирает явление отбора. Стройные движения предполагают запись энтропии – энергия рассеялась, но нам необходима память о совершенном. Такая память и делает возможным отбор, создающий стройные движения из нестройных. В качестве примера приводится действие органной трубы среди воздушной бури, которая за счет резонанса издает свойственный ей музыкальный тон. Умов утверждает, что «на музыкальный

тон не было затрачено новой энергии, а только произошел отбор, сортировка хаотических движений частиц воздуха в гармонические или стройные движения» [Умов, 1916, с. 197]. Если стройность названа Умовым необходимым признаком живого [там же, с. 194], то идея «следа» и отбора – попытка сформулировать не только необходимый, но и достаточный принцип живого – должна составить содержание третьего закона термодинамики, который включит процессы жизни в процессы природы [там же, с. 200].

В соответствии с таким отбором действует, как предполагается, демон Максвелла, отделяющий быстрые молекулы от медленных. Однако в рамках теории информации выясняется, что на получение информации о молекулах требуются затраты энергии, поэтому демон Максвелла может существовать только в потоке энергии [Винер, 1983, с. 116–117]. Следовательно, аргумент, согласно которому процесс отбора не требует дополнительных затрат энергии, оказывается несостоятельным. Теория информации предоставляет и другой довод против такого опирающегося на случайность механизма: органная труба во время воздушной бури вряд ли произведет на свет сонату Бетховена. Тем не менее в рамках концепции Умова этот механизм оказывается важной частью процесса подведения феномена жизни под общие законы физики.

С формальной точки зрения стройность-F подчиняется энтропии-M и энтропии-N, т. е. стройность как модель живой материи вписывается в мир с законом роста энтропии, имеющим математическое выражение. Стройность-F, подобно энтропии-F, приобретает свой смысл на пересечении энтропии-M и энтропии-N. Но стройность-F и энтропия-F не пересекаются – они являются моделями разных процессов, обладают разной областью применения. Стройность-F оказывается вписанной в случайную погрешность при действии закона роста энтропии. Она не нарушает этого закона, но является моделью поведения организации – живой структуры или машины. Противопоставление же понятий происходит только в том случае, если они существуют на одном уровне в рамках теоретической схемы. Поэтому они сопоставляются как противоположные только как стройность-N и энтропия-N – на уровне натурфилософского смысла. Таким образом, обнаруживаются смешение в употреблении понятий «энтропия» и «стройность», наличие нерелексированных переходов с одного уровня на другой, в то время как проблема однозначности понятий – ключевая для определения концептуального базиса новой предметной области.

Заключение

В соответствии с классической эмпирической установкой подведения частного под общее жизнь нужно понимать как частное проявление физических законов. В концепции Умова этот подход реализуется благодаря понятиям «энтропия» и «стройность», на концептуальном уровне выступающим как ПИО.

Энтропия – это ПИО, созданный из ВИО. В биофизическом проблемном поле она 1) непосредственно существует как энтропия-M, 2) осмысливается как энтропия-N, и 3) постоянно происходят попытки доопределения энтропии-F через позитивно определенные понятия. Так, в работах Умова «стройность» –

это попытка введения ПИО, сопряженного с энтропией, с опорой на натурфилософски интерпретированный ВИО. Но употребляется это понятие только как модель поведения организованной структуры – как стройность- F .

Попытка эксплицировать определение жизни оказывается очень важной в рамках определения предметной области нового раздела науки. Определение жизни в биофизике завязывается на концептуальный базис, формирующийся вокруг понятий «энтропия» и «стройность». Проблемы, связанные с предметным смыслом выбранных понятий, с необходимостью соединения физического и биологического смыслов энтропии и организации (стройности) и разведения разных уровней рассмотрения (математического, физического и натурфилософского), затрудняют создание концептуального базиса биофизики как раздела науки. Тем не менее только возникновение собственного предмета как определение собственных идеальных объектов оформляет область знания в раздел науки.

Сложности физического осмысления стройности и энтропии обуславливают их натурфилософскую интерпретацию. При этом энтропия и стройность характеризуют физическую систему «в целом», они метафоричны, у них нет строгой физической интерпретации, связанной с измерением какой-либо физической величины. В то же время именно через натурфилософский уровень реализуется связь физического и биологического смыслов исследуемых понятий на данном этапе развития биофизики, определяется биофизическое проблемное поле.

Таким образом, на протяжении истории науки прослеживаются следующие тенденции определения физического смысла понятия «энтропия». Одна тенденция восходит к энтропии- M и к попыткам перевести смысл математического понятия на физический уровень. Другая тенденция основана на подключении общих рассуждений, которые выглядят натурфилософскими. Эти линии прослеживаются и у классиков термодинамики Клаузиуса и Больцмана, и у Умова. В результате мы имеем энтропию- M , недоопределенную энтропию- F и попытки определить энтропию- N . Недоопределенность энтропии- F можно считать характеристикой этапа становления биофизики как раздела науки. Отсутствие физического смысла способно порождать кризисы оснований теории [Степин, 1998, с. 29], что будет заметно на более поздних этапах развития биофизики.

Несмотря на то, что рассуждения Умова были весьма неточны, его речь оказалась значимой для становления биофизики как раздела науки. Опираясь на компендиум современной ему физики, русский ученый доказывал возможность и необходимость изучать живую материю средствами физики, а также оформлял концептуальный базис биофизики. Идеи Умова разошлись как санкция на биофизическое исследование для физиков и биологов того времени. Умов работал в том же проблемном поле, в котором позднее окажутся и Н.В. Тимофеев-Ресовский, и Э. Шредингер. Шредингер, написав в 1943 г. работу «Жизнь с точки зрения физики», завершит оформление концептуального базиса биофизики как раздела науки.

Список литературы

- Больцман, 1953 – *Больцман Л.* Лекции по теории газов / Пер. с нем. Б.И. Давыдова. М.: Гос. изд-во технико-теорет. лит., 1953. 554 с.
- Буданов, 2009 – *Буданов В.Г.* Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 240 с.
- Винер, 1983 – *Винер Н.* Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине / Пер. с англ. И.В. Соловьева и Г.Н. Поварова. М.: Наука; Гл. ред. изд. для зарубеж. стран, 1983. 344 с.
- Жульева, 2017 – *Жульева Н.В.* Понятие «машины» в биофизике: что это может дать исследованиям искусственного интеллекта? // *Нейронаука для медицины и психологии: 13-й Международ. междисциплинар. конгр. Тр. Конгр.* М.: МАКС Пресс, 2017. С. 161.
- Клаузиус, 1934 – *Клаузиус Р.* Механическая теория тепла / Пер. с нем. В.Н. Фишмана // *Карно С., Томсон-Кельвин В., Клаузиус Р., Больцман Л., Смолуховский М.* Второе начало термодинамики / Под ред. и с предисл. А.К. Тимирязева. М.; Л.: Гос. технико-теорет. изд-во, 1934. С. 70–158.
- Князева, Курдюмов, 2002 – *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. СПб.: Алетей, 2002. 414 с.
- Липкин, 2014 – *Липкин А.И.* Основания физики: взгляд из теоретической физики. М.: ЛЕНАНД, 2014. 208 с.
- Локтионов, 2016 – *Локтионов М.В.* А.А. Богданов как основоположник общей теории систем // *Философия науки и техники.* 2016. Т. 21. № 2. С. 80–96.
- Печенкин, 2011 – *Печенкин А.А.* Классификация интерпретаций квантовой механики // *Будущее фундаментальной науки.* М.: URSS, 2011. С. 25–34.
- Пригожин, Стенгерс, 2014 – *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой / Пер. с англ. Ю.А. Данилова. М.: Едиториал УРСС, 2014. 304 с.
- Сачков, 2013 – *Сачков Ю.В.* Вероятность – на путях познания сложности // *Философия науки.* Вып. 18: Философия науки в мире сложности. М.: ИФ РАН, 2013. С. 145–161.
- Степин, 1998 – *Степин В.С.* Методология построения теории в неклассической физике // *Философские проблемы классической и неклассической физики: современная интерпретация.* М.: ИФ РАН, 1998. С. 24–42.
- Степин, 2003 – *Степин В.С.* Теоретическое знание. М.: Прогресс-Традиция, 2003. 744 с.
- Твердислов, Малышко, Ильченко, 2015 – *Твердислов В.А., Малышко Е.В., Ильченко С.А.* От автоволновых механизмов самоорганизации к молекулярным машинам // *Изв. РАН. Сер. физическая.* 2015. Т. 79. № 12. С. 1728–1732.
- Твердислов, Сидорова, 2012 – *Твердислов В.А., Сидорова А.Э.* Самоорганизация в иерархии активных сред как движущая сила эволюции биосферы // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физика. Астрономия.* 2012. № 2. С. 65–69.
- Умов, 1950 – *Умов Н.А.* Общее выражение термодинамического потенциала // *Умов Н.А.* Избр. соч. М.; Л.: Гос. изд-во технико-теорет. лит., 1950. С. 484–491.
- Умов, 1916 – *Умов Н.А.* Физико-химическая модель живой материи // *Умов Н.А.* Собр. соч. Т. 3. М.: Типо-литогр. Т-ва И.Н. Кушнеревъ и Ко, 1916. С. 184–200.
- Фурсов, 2013 – *Фурсов А.А.* Проблема статуса теоретического знания науки в полемике между реализмом и антиреализмом. М.: Изд. Воробьев А.В., 2013. 240 с.
- Шредингер, 2009 – *Шредингер Э.* Что такое жизнь с точки зрения физики? / Пер. с англ. А.А. Малиновского. М.: РИМИС, 2009. 176 с.

About the role of N. Umov in the formation of conceptual basis of biophysics

Nina V. Zhuleva

Lomonosov Moscow State University. 1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: nina_rossia_mir@list.ru

The article deals with the becoming of the concepts of “entropy”, “organization” and/or “self-organization” in the period of the formation of biophysics as a branch of science by the example of the work of R. Clausius, L. Boltzmann and N. Umov. On the base of the scheme of the functioning of ideal objects in the structure of scientific theory proposed by A. Lipkin, the formation of these concepts and the acquisition of mathematical, physical and natural-philosophical conceptions is traced. R. Clausius introduces entropy as a consequence of mathematical transformations of thermodynamic equations, and that conception initially has a mathematical meaning. L. Boltzmann connects entropy with the theory of probability and tries to define its physical meaning through a natural-philosophical meaning, interpreting entropy as a measure of disorder. At this stage, the biophysical problem field is only becoming. Entropy a) exists directly as a concept with a mathematical meaning and b) is comprehended as a concept with a natural-philosophical meaning. N. Umov considers entropy mainly as a characteristic of the general tendency towards disorder, bearing in mind both the physical and biological meanings of this concept. He tries to define the physical meaning of entropy through positively defined concepts. Dealing that, he introduces the concept “orderliness” to describe the behavior of an organized structure. The complexities of physical understanding of “orderliness” and entropy cause their natural-philosophical interpretation. By the way, entropy and “orderliness” characterize the physical system “as a whole”, they are metaphorical, they do not have a strict physical interpretation associated with the measurement of some physical quantity. At this stage of the development of biophysics, these concepts are included in its conceptual basis at the natural-philosophical level, their physical and biological meanings are not formulated.

Keywords: biophysics, thermodynamics, entropy, self-organization, organization, order, disorder

References

Boltzmann, L. *Leksii po teorii gazov* [Lectures on Gas Theory], trans. by B. I. Davydova. Moscow: Gos. izd-vo tekhniko-teoreticheskoy literatury Publ., 1953. 554 pp. (In Russian)

Budanov, V. G. *Metodologiya sinergetiki v postneklassicheskoy nauke i v obrazovanii* [Methodology of Synergetics in Post-non-classical Science and Education]. Moscow: “LIBROKOM” Publ., 2009. 240 pp. (In Russian)

Clausius, R. “Mekhanicheskaya teoriya tepla” [The Mechanical Theory of Heat], trans. by V. N. Fishmana, in: Carnot, S., Thomson, W., Clausius, R., Boltzmann, L., Smoluchowski, M. *Vtoroe nachalo termodinamiki* [The Second Law of Thermodynamics]. Moscow, Leningrad: Gosudarstvennoe tekhniko-teoreticheskoe izdatelstvo Publ., 1934, pp. 70–158. (In Russian)

Fursov, A. A. *Problema statusa teoreticheskogo znaniya nauki v polemike mezhdum realizmom i antirealizmom* [The Problem of the Status of Theoretical Knowledge of Science in the Debate between Realism and Antirealism]. Moscow: Izdatel' Vorob'ev A.V. Publ., 2013. 240 pp. (In Russian)

Knyazeva, E. N., Kurdyumov, S. P. *Osnovaniya sinergetiki. Rezhimy s obostreniem, samoorganizatsiya, tempomiry* [The Foundation of Synergetics: Blow-up Regimes, Self-organization, Tempoworlds]. Saint-Petersburg: Aletejya Publ., 2002. 414 pp. (In Russian)

Lipkin, A. I. *Osnovaniya fiziki: vzglyad iz teoreticheskoy fiziki* [The Foundation of Physics: the View from Theoretical Physics]. Moscow: LENAND Publ., 2014. 208 pp. (In Russian)

Loktionov, M. V. “A. A. Bogdanov kak osnovopolozhnik obshhej teorii system” [A.A. Bogdanov as a Founder of the General System Theory], *Filosofiya nauki i tekhniki*, 2016, vol. 21, no. 2, pp. 80–96. (In Russian)

Pechenkin, A. A. “Klassifikatsiya interpretatsij kvantovoj mekhaniki” [The Classification of Interpretation of Quantum Mechanics], in: *Budushhee fundamental'noj nauki*. Moscow: URSS Publ., 2011, pp. 25–34. (In Russian)

Prigogine, I., Stengers, I. *Poryadok iz khaosa. Novyj dialog cheloveka s prirodoy* [Order out of Chaos: Man's new dialogue with nature], trans. by Y. A. Danilova. Moscow: Editorial URSS Publ., 2014. 304 pp. (In Russian)

Sachkov, Yu. V. “Veroyatnost' – na putyakh poznaniya slozhnosti” [Probability is on the Ways of Comprehension of Complexity], in: *Filosofiya nauki. Filosofiya nauki v mire slozhnosti*. Moscow: IF RAN Publ., 2013, pp. 145–161. (In Russian)

Schrödinger, E. *Chto takoe zhizn' s tochki zreniya fiziki?* [What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell], trans. by A. A. Malinovskogo. Moscow: RIMIS Publ., 2009. 176 pp. (In Russian)

Stepin, V. S. “Metodologiya postroeniya teorii v neklassicheskoy fizike” [Methodology of Construction of Theory in Non-classical Physics], in: *Filosofskie problemy klassicheskoy i neklassicheskoy fiziki: sovremennaya interpretatsiya*. Moscow: IF RAN Publ., 1998, pp. 24–42. (In Russian)

Stepin, V. S. *Teoreticheskoe znanie* [The Theoretical Knowledge]. Moscow: Progress-Traditsiya Publ., 2003. 744 pp. (In Russian)

Tverdislov, V. A., Malyshko, E. V., Il'chenko, S. A. “Ot avtovolnovykh mekhanizmov samoorganizatsii k molekulyarnym mashinam” [From Autowave Mechanisms of Self-organization to Molecular Machines], *Izvestiya RAN. Seriya fizicheskaya*, 2015, vol. 79, no. 12, pp. 1728–1732. (In Russian)

Tverdislov, V. A., Sidorova A. E. “Samoorganizatsiya v ierarkhii aktivnykh sred kak dvizhushchaya sila ehvolyutsii biosfery” [Self-organization as the Driving Force for the Evolution of the Biosphere], *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 3. Fizika. Astronomiya*, 2012, no. 2, pp. 65–69. (In Russian)

Umov, N. A. “Fiziko-khimicheskaya model' zhivoj materii” [Physical and Chemical Model of Living Matter], in: N. A. Umov, *Sobranie sochinenij, vol. 3*. Moscow: Tipo-litographiya t-va I.N. Kushnerev i Ko Publ., 1916, pp. 184–200. (In Russian)

Umov, N. A. “Obshhee vyrazhenie termodinamicheskogo potentsiala” [The General Expression of Thermodynamic Potencial], in: N. A. Umov, *Izbrannye sochineniya*. Moscow, Leningrad: Gosudarstvennoe izdatel'stvo tekhniko-teoreticheskoy literatury Publ., 1950, pp. 484–491. (In Russian)

Wiener, N. *Kibernetika, ili Upravlenie i svyaz' v zhivotnom i mashine* [Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine], trans. by I.V. Solov'eva & G.N. Povarova. Moscow: Nauka Publ., 1983. 344 pp. (In Russian)

Zhuleva, N. V. “Ponyatie ‘mashiny’ v biofizike: chto eto mozhet dat' issledovaniyam iskusstvennogo intellekta?” [The Concept of “Machine” in Biophysics: what may it give to Artificial Intelligence Research], in: *Nejronauka dlya meditsiny i psikhologii: 13-j Mezhdunarodnyj mezhdistsiplinarnyj kongress. Trudy Kongressa*. Moscow: MAKS Press Publ., 2017, p. 161. (In Russian)