

**С.В. ГАТАШ**

**БИОФИЗИКА И  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ КУРСА  
**"ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ"**  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ-БИОФИЗИКОВ  
РАДИОФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

**Харьков - 2005**

## ВВЕДЕНИЕ

Биофизика - одна из наиболее бурно развивающихся современных наук - за последние десять лет сделала гигантский скачок в области познания биологических явлений на молекулярном и клеточном уровнях. Но несмотря на большие успехи, общий результат этих работ не позволяет пока перейти к более глубоким теоретическим выводам в познании жизненных явлений. Взглянуть на накопленные факты с целью их обобщения и постижения объективной сущности - вот одна из основных задач современного этапа развития биофизики. Для их успешного решения необходима формулировка соответствующих законов с помощью точно определяемых понятий, категорий, концепций.

В этой связи, особенно актуальной становится задача философского обоснования и осмысления используемых в экспериментальных и теоретических исследованиях принципов и методов, развития методологических аспектов биофизики.

В настоящее время наметилась тенденция превращения биофизики в одну из основных общебиологических, теоретических наук. Научное формирование биофизики тесно связано с разработкой обобщающей системы понятий, призванной объединить все существенные результаты, полученные в биологических науках. При этом все большую методологическую актуальность приобретает необходимость выяснения и уточнения постановки вопросов о возникновении, конкретной истории биофизики как науки, о месте и роли этой науки в современном естествознании, о характере объекта познания биофизики, о значении ее для становления научной основы теоретической биологии.

Успехи биофизики во многом связаны с развитием концепции добиологической эволюции. Эта концепция подводит под теорию Дарвина физико-химическую основу, т.е. биофизика вносит новый вклад в то синтетическое, цельное понимание живого, к которому веками стремилась теоретическая мысль. Следовательно, за биофизикой решение задачи об уяснении той системы конструктивных деталей, которая используется при построении общей картины жизни. Это осуществляется путем физико-

химического объяснения жизненных явлений, которое позволяет лучше понять те закономерности живого, которые непосредственно невыразимы на физико-химическом языке в его современном виде.

В условиях интенсивного развития биофизики анализ проблемы соотношения биологии и физики приобретает ценность, далеко выходящую за пределы интересов только этих наук. В силу различных причин проблема соотношения биологии и физики выдвинулась в число одной из центральных в философии науки. Ее тщательное и всестороннее обсуждение должно выдвинуть новые идеи прежде всего мировоззренческого и методологического плана. Переосмысление на диалектико-материалистической философской основе имеющегося здесь богатейшего фактического материала, преодоление всевозможных субъективистских и метафизических абсолютизаций и мистификаций будет способствовать выработке как единой картины мира, так и более реалистической концепции научного познания.

## I. О ПРОБЛЕМЕ СООТНОШЕНИЯ БИОЛОГИИ И ФИЗИКИ

Проблема взаимоотношений между различными областями естествознания имеет не только методологическое, но и теоретическое, и практическое значение. От ее разумного решения зависит стратегия развития науки. Сегодня приобрело особую актуальность изучение связи биологии с физикой.

Очевидно, что обсуждение этой связи должно начинаться с точных определений. "Физика - наука о наиболее общих формах бытия и типах закономерных связей в природе, о наиболее простых и элементарных видах материи и формах движения. Биология - о наиболее сложных и дифференцированных объектах природы, достигающих в своем поступательном движении той высшей границы, где процесс развития выходит за рамки собственно природы и вступает в более высокую, качественно отличную от природы, хотя и тесно связанную с ней, область человеческой истории" [1]. Физика и биология занимают как бы крайние места в цепи наук о природе. Более обще, можно определить физику как совокупность научных дисциплин, изучающих явления неживой природы и элементарные акты этих явлений. Соответственно биология охватывает всю совокупность современных научных дисциплин, изучающих живую природу на всех уровнях ее организации: от молекулярного и клеточного до биосферы в целом.

Параллели в развитии биологии и физики, вопрос о соотношении этих наук стали предметом обсуждения во время, научных революций XIX и XX веков. Революция в естествознании XIX века была вызвана открытиями закона сохранения и превращения энергии в физике и клеточной теории и эволюционного учения в биологии, которые разрушили старые представления о неизменных "силах" в неживой природе и о неизменных видах в живой природе. Методологическая основа этих открытий была общей. Общность распространялась еще дальше: и в физике, и в биологии были найдены те дискретные микрообразования, из которых, как из соответствующих единиц, строились структурно более сложные (неживые и живые) тела природы. В физике была открыта молекула как мельчайшая частица вещества, состоящая из атомов, а в биологии - клеточная теория

показала, как построены живые организмы из клеток и как они возникают из клетки в своем онтогенетическом развитии.

Составляя общий ряд дискретных образований материи, начиная от звездной системы и кончая молекулами и атомам, Ф. Энгельс отметил, что "между земными массами и молекулами мы встречаем в органическом мире клетку" в качестве промежуточного звена. "Эти промежуточные звенья доказывают только, что в природе нет скачков именно потому, что она слагается сплошь из скачков" [2]. Здесь Ф. Энгельс сопоставил дискретный объект биологии клетку непосредственно с дискретным микрообъектом физики - молекулой.

Новейшая революция в естествознании произошла на рубеже XIX и XX веков. Решающим открытием в физике было обнаружение дискретных микрообъектов, более мелких, чем атомы: электрон, квант света, ядро, протон. В сочетании идей дискретности и непрерывности возникла в начале XX века квантовая механика, воплотившая в себе новый этап новейшей революции в физике и во всем естествознании.

Аналогично этому, в те самые годы разворачивалась новейшая революция и в биологии. Выдвигается идея особого наследственного вещества как материального субстрата свойства наследственности: де Фриз создает теорию мутаций; рождается понятие гена как дискретного носителя наследственности; наконец, Морган создает хромосомную теорию наследственности.

Проникновение идеи дискретности в области генетики вызвало революцию в биологии. Ее глубокое сходство в методологическом отношении с одновременно протекавшей революцией в физике свидетельствует не о простом случайном совпадении двух независимо совершавшихся событий, а о едином процессе революционного преобразования всего естествознания, захватившем обе основные его отрасли, изучающие неживую и живую природу и внутренне органически связанные между собой. Таким образом, сравнительный анализ научных революций XIX и XX веков показывает глубокий параллелизм развития физики и биологии, обусловленный их внутренним единством и глубокой взаимосвязью.

В настоящее время наиболее распространенная в литературе постановка вопроса о соотношении биологии и физики формулируется так:

возможно ли на основе принципов и законов физики дать полное объяснение феномена жизни?

Вопрос о сущности жизни, ее происхождении всегда был в центре внимания философов и естествоиспытателей. История этого вопроса и критика взглядов возникающих на основе идеалистических учений дана в книге А.И. Опарина "Материя - жизнь - интеллект", в которой автор приходит к утверждению, что "только на основе диалектико-материалистических представлений, рассматривающих жизнь как особую качественно новую форму организации и движения материи, возникшую когда-то в процессе эволюционного развития материи, можно рационально подойти к решению проблемы происхождения жизни".

Обращаясь к вопросу философского основания методологии научного исследования В.И. Ленин писал, что "естественник должен быть современным материалистом, сознательным сторонником того материализма, который представлен Марксом, то есть должен быть диалектическим материалистом" [3]. Ленинский анализ показал, что никакое научное знание не может быть в философском отношении беспредпосылочным и что любая научная теория создается как творческое переосмысление эмпирического материала на основе общих представлений о строении мира. В этом смысле современные физика и биология очень близки, так как имеют общие философские и методологические основания - диалектический материализм.

Существуют самые различные точки зрения, высказываемые при обсуждении вопроса о том, может ли физика объяснить сущность жизни? Так известный биофизик М.В. Волькенштейн (1981) решительно, без всяких оговорок присоединяется к категорически положительному ответу, а философ Г.П. Щедровицкий (1976) считает, что биология не совпадает с физикой ни по одному пункту, по которым она изучает собственно жизнь. Если жизнь объяснима в границах основных понятий и законов физики, то биология станет попросту частью физики. С другой стороны, не исключено, что для создания более глубоких, чем ныне существующие, биологических теорий нам потребуется онтология, отличная от той, которой мы пользуемся при описании физических явлений. Новая онтология может привести и к новому типу и новой форме теоретического построения в биологии. Наконец, и то и другое в итоге может выразиться в необходимости разработки новых

принципов, приемов и методов выдвижения и обоснования теоретических положений и систем, т. е. создания новой биологической методологии научного исследования.

Считается, что центральные онтологические понятия физики - это понятия материи, пространства, времени и причинности. Мир физики - это материальный мир причинных взаимодействий, расчлененный на отдельные пласты, слои, цепи и т.д. Генеральным методологическим принципом физического познания является чисто редуционистский принцип: объяснение свойств целого на основе анализа его частей и познания законов их взаимодействия. С логической точки зрения теории физики - суть гипотетико-дедуктивные построения, а их основные познавательные функции - объяснение и предсказание.

В биологии уже сейчас есть области, которые неотличимы по этим признакам от физики. Однако в большинстве областей наблюдается иное положение. Исторически сложившийся мир биологии - это мир не просто причинных взаимодействий, а мир непрерывно исторически развивающейся иерархии организованных сущностей: индивидов, популяций, биоценозов и биосферы в целом. К числу фундаментальных категорий биологии относятся понятия целостности, функции, целенаправленности. Соответственно в методологии биологии важнейшее место принадлежит принципам историзма и целостности. А формы, в которые отливаются результаты биологического познания, отличаются как по своей логической структуре, так и по познавательным функциям.

В.Г. Борзенков в книге "Биология и физика" (1982) определяет противоположные крайние позиции в проблеме соотношения биологии и физики как радикальный редуционизм и радикальный антиредуционизм. К первой он относит авторов, считающих, что все специфические понятия биологии носят либо описательный, либо метафорический характер; и что все позитивное содержание, заключенное в них, в принципе может быть выражено на языке, не содержащем терминов типа "организм", "целостность", "функция", "цель" и т.п. В конечном счете они приходят к выводу, что жизнь познаваема в тех же онтологических схемах, на тех же путях, теми же методологическими принципами, что и познание физических явлений. Соответственно и возникающие при таком методе познания теории, будут идентичными теориями физики. Конечным же результатом развития

биологии будет то, что она попросту станет частью физики.

Сторонника другой крайней концепции считают, что биология будет становиться наукой ровно в той мере, в какой она будет освобождаться от гнета физики. Сложные системы, которые изучает биология, не могут быть охвачены традиционными естественнонаучными исследованиями и не могут быть представлены в формах традиционных теорий. Вводя по отношению к таким объектам понятие "системной теории популятивного объекта", утверждают, что она должна строиться на совершенно иной категориальной основе, поскольку эти объекты нужно описывать принципиально иначе, чем объекты физических теорий, что сами эти объекты будут представлены в существенно иных онтологических картинах, чем физические объекты, что описывающие их теории будут иметь иную логическую структуру, нежели физические теории и т.д.

Между двумя крайними позициями радикального редукционизма и антиредукционизма существует большое число различных промежуточных позиций. Среди них обратим внимание на две концепции "мягкого" редукционизма и "мягкого" антиредукционизма большинства практически работающих биологов. Согласно первой концепции биология сохраняет и, видимо, навсегда сохранит свою специфичность предметного содержания. Но по мере развития она все более будет походить на физику по основным своим логико-методологическим и гносеологическим параметрам, т.е. ее законы все более будут универсальными, теории аксиоматическими и математизированными, будет расти их предсказательная сила.

По второй концепции не только предметное содержание биологии, но и особенности осуществляемых в ее рамках процедур сохраняют свое своеобразие. Например, из ее структуры неустранимы функциональные объяснения, а центральная для нее проблема адаптации вообще отсутствует в физике.

Как редукционизм, так и антиредукционизм вырастает на почве реальных достижений современной биологии и реальных же нерешенных проблем. То, что редукционизм и исторически и логически явно тяготеет к механицизму, а антиредукционизм - к витализму, не может служить достаточным основанием для их отбрасывания. И та и другая, позиции должны быть вновь переосмыслены с позиций диалектического и исторического материализма. Переосмысление их необходимо и для



выработки более адекватной концепции соотношения биологии и физики.

Современные физика и биология - в высшей степени динамичные образования, между которыми существуют многочисленные и разносторонние связи. Они непрерывно испытывают на себе влияние философии и методологии. В то же время, взаимодействуя друг с другом, изменяясь, биология и физика вносят свой вклад в более глубокое понимание человеком объективного мира как целого и своего места в нем.

## 2. РАЗВИТИЕ БИОФИЗИКИ И ЕЕ МЕСТО В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

Пожалуй, лучшим и наиболее конкретным ответом на вопрос о соотношении и взаимодействии биологии и физики является история формирования и развития науки биофизики, которая, можно сказать, и возникла как результат сближения биологии и физики. Иными словами, биофизика есть общее поле научного поиска и приложения методологических принципов исследования и теоретического обобщения биологии и физики для изучения объектов живой природы.

Первое определение биофизики, которая должна была разрушить границу между познанием живой и неживой материи, появилось в конце XIX века. Оно принадлежит английскому математику и философу Карлу Пирсону, который придерживался субъективно-идеалистических взглядов на природу научных знаний, за что был подвергнут критике философаматериалистов. Развернутая критика его взглядов содержится в работе В.И. Ленина "Материализм и эмпириокритицизм".

Тем не менее, в философской книге Пирсона "Грамматика науки" были высказаны положения, оказавшие влияние на последующее развитие науки, а определение биофизики можно считать справедливым и по сей день. К. Пирсон делает вывод о том, что мы не можем с полной определенностью утверждать, что жизнь есть механизм в применении к органическим телам, но представляется почти несомненным, что некоторые обобщения физики описывают по крайней мере часть нашего чувственного опыта относительно жизненных форм. Следовательно, нужна отрасль науки, имеющая своей задачей приложение законов физики к развитию органических форм. Он предлагает, такую науку, пытающуюся показать, что факты биологии образуют частные случаи приложения общих физических законов назвать биофизикой и предсказывает, что ей принадлежит крупное будущее.

В первой четверти XX века границы биофизики значительно расширяются благодаря тому, что методы химии, физики и математики все глубже проникают в область биологии, появляется новая исследовательская техника, материалистический взгляд на живую природу становится основой методологии в биофизике.

В середине XX века под влиянием успехов атомной физики, возникают попытки переосмыслить предмет биофизики. Так, американский

биофизик Ю. Аккерман отметил, что с точки зрения природы используемого материала биофизика определенно стоит ближе к обычной биологии, чем к физике, а в отношении методологии биофизика примыкает ближе к физике, чем к биологии.

Во второй половине XX века вместе с бурным развитием биофизики разгораются споры на тему: "Что такое биофизика?". Академик Г.М. Франк считал, что биофизика не имеет присущего только ей объекта или предмета исследования, как, например, микробиология. Биофизика скорее характерна только ей присущим физическим подходом к изучению широкого круга жизненных явлений. Известный биофизик Л.А. Блюменфельд в книге "Проблемы биологической физики" /1977/ определяет: "Биофизика есть часть биологии, имеющая дело с физическими принципами построения и функционирования некоторых сравнительно простых биологических систем, но рассматривающая их как нечто данное и не занимающаяся непосредственно вопросами их возникновения и эволюции".

В книге "Физико-химические факторы биологической эволюции" /1979/ С.Э. Шноль замечает, что собственно биологической является именно теория эволюции, но сам ход, этапы, траектории эволюционного процесса вполне подлежат изучению с позиций математики, физики и, поэтому, в сферу изучения биофизики включается эволюция биологических систем. Нельзя сказать какие из многочисленных определений биофизики являются верными; правильнее рассматривать их как отражение различных этапов развития науки и эволюции взглядов на объекты живой природы.

Биофизика по набору исследуемых явлений и используемых методов тяготеет к физике, а по изучаемым объектам и целям исследования - к биологии. Следовательно, правы те, кто относит биофизику к физике, и те, кто считает биофизику разделом биологии. Если рассматривать динамику развития биофизики, то заметна тенденция расширения общих областей физики и биологии, включаемых в биофизику. Путем взаимного проникновения физики и биологии идет расширение сферы биофизики.

Ю.М. Романовский в книге "Проблемы математической биофизики" /1981/ выделяет три главные особенности, характеризующие развитие современной биофизики: биология наряду с физикой стала, глобальной наукой, проникающей во все сферы деятельности человека; в настоящее время трудно найти такую область экспериментальной физики, достижения

которой не используются в биологических исследованиях; биология становится точной наукой - любая теоретическая обобщающая мысль в биологии оформляется в виде математической модели.

Таким образом, в настоящее время "биофизика превращается в теоретическую основу современной биологии - науку, изучающую физические механизмы и явления на различных уровнях структурной организации живых систем. Биофизика - не описательная наука, одна из главных ее целей - проникновение в сущность явлений путем построения иерархии математических моделей, выявляющих закономерности процессов, протекающих в живых системах"<sup>1</sup>. (Иваницкий Г.Р. Борьба идей в биофизике.- М.: "Знание", 1982, с. 9).

Рассмотрим, какое место занимает биофизика в системе наук современного естествознания. Известны два типа наук: основные, или фундаментальные и междисциплинарные или промежуточные. К фундаментальным наукам относятся такие, предметом которых служат основные формы движения материи в природе. В иерархической структуре естествознания они расположены следующим образом: механика, физика, химия, геология, биология.

До середины XIX века фундаментальные науки были почти полностью изолированы друг от друга. Во второй половине XIX века и особенно в XX веке ранее пустовавшие промежуточные области между фундаментальными науками стали заполняться вновь возникавшими междисциплинарными отраслями естествознания.

Выделяют междисциплинарные, или промежуточные науки первого и второго рода. Первые возникают на стыке двух фундаментальных наук, соприкасающихся между собой в иерархическом ряду, и изучают взаимные переходы двух смежных форм движения материи, из которых одна форма (высшая) возникает из другой (низшей) в процессе развития природы. Вторые возникают между более отдаленными одна от другой фундаментальными науками, которые не исследуют непосредственного превращения низшей формы движения в высшую. Однако, опосредовано, через необходимое промежуточное звено, все же совершается переход от данной низшей формы движения в высшую, то, эта высшая форма содержит в себе в превзойденном виде в качестве своей основы исходную низшую, из которой она в конце концов возникла, пройдя через опосредующее звено.

Поэтому методами более низшей науки можно и нужно изучать соответствующую сторону высшей формы движения.

Из приведенной классификации видно, что биофизика относится к междисциплинарным наукам второго рода. Естественно, что она должна изучать физическими методами физическую сторону биологических процессов любой сложности.

В настоящее время можно подойти к биологической науке с точки зрения изучаемых ею уровней развития жизни, переходя от самого низкого - молекулярного ко все более высоким - субклеточному, клеточному, надклеточному, организменному и так далее до самых высоких - биогеоценозов и биосферы в целом. Биофизика как переходная наука второго рода включается в изучение каждого из этих уровней развития жизни, причем ее роль неуклонно возрастает по мере движения от более высоких уровней к более низким. Объясняется это тем, что чем ниже уровень развития жизни, тем сильнее дают себя знать более простые и низшие формы движения материи - физические и химические - по сравнению с более сложной и высокой формой движения материи - биологической.

Таково место биофизики в системе современных естественных наук. Сам характер биофизики как междисциплинарной науки, связывающей между собой физику и биологию, ее расположение в структуре системы естествознания свидетельствуют о глубоком взаимопроникновении современных естественных наук как типичном проявлении общей тенденции развития всего современного научного знания к его внутреннему единству.

### 3. ОБЪЕКТ ПОЗНАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ БИОФИЗИКИ

Определение объекта познания биофизики осложнено, с одной стороны, бурным развитием этой науки, сопровождающимся вовлечением все новых областей в сферу своего изучения, с другой стороны, неоднозначным толкованием биофизики как науки и различными точками зрения на соотношение физики и биологии. Но так или иначе характер объекта познания биофизики связан, прежде всего, с пониманием своеобразия физики живой материи. Он обусловлен также и сложностью наметившейся тенденции превращения биофизики в одну из основных общебиологических наук. К тому же научное формирование биофизики тесно связано с разработкой обобщающей системы понятий, призванной объединить все существенные результаты, полученные биологических науках.

В самом широком понятии объект познания современной биофизики есть феномен жизни, развернутое определение живой системы, основывающейся на современных знаниях, дано М.В. Волькенштейном в книге Физика и биология (1980): Живой организм представляет собой открытую, саморегулируемую и самовоспроизводящуюся систему, далекую от равновесия, проходящую путь необратимого развития и возникающую в результате индивидуального и эволюционного развития. Живой организм есть гетерогенная система, образованная множеством различных, больших и малых молекул. Важнейшие функциональные вещества - это биополимеры - большие молекулы белков и нуклеиновых кислот.

Очевидно, что возникновение и существование систем, отвечающих приведенному определению жизни, ставит перед биофизикой множество проблем. Перечислим некоторые из них.

Раскрытие общих законов поведения открытых неравновесных систем, иными словами, установление, термодинамических основ жизни. Теоретическое истолкование явлений эволюционного и индивидуального развития и, непосредственно связанное с этим объяснение явлений саморегуляции и самовоспроизведения.

Раскрытие природы биологических процессов на атомно-молекулярном уровне, т.е. выяснение связи между строением и биологической функциональностью белков, нуклеиновых кислот и других

веществ, действующих в клетках. Изучение физических явлений в живых системах на более высоком надмолекулярном уровне, на уровне клеток и образующих их органоидов.

Создание и теоретическое обоснование физических и физико-химических методов исследования биологически функциональных веществ и надмолекулярных структур, из них построенных. Физическое истолкование обширного комплекса физиологических явлений.

Все перечисленные проблемы и представляют предмет изучения биофизики.

Биофизика, как и любая другая наука, состоит из областей исследования, которые отражают уровни структурной организации биологических объектов. Выделяют три основных раздела: молекулярную биофизику, биофизику клетки и биофизику сложных систем. На всех уровнях изучают физические явления, устанавливают особенности возникновения тех или иных физических закономерностей. К изучаемым явлениям относят: природу сил взаимодействия между объектами, механизмы преобразования энергии, подвижности объектов, восприятия, переработки и хранения информации и т.д.

Наиболее развитые биофизические исследования во многом ориентированы на выяснение глубинных, "первичных" физических механизмов, лежащих в основе изучаемых биологических процессов. В первую очередь на макромолекулярном и субклеточном уровнях, где достигается возможность наиболее тесной связи между биологией и физикой. Биофизика сегодня - это физика биологической структуры и функции преимущественно этих уровней, в будущем - и на более высоких уровнях пространственно-временной организации биологических систем. При этом главной стратегической проблемой биофизики становится познание биологического развития: онтогенеза и филогенеза. Вместе с тем уже теперь обнаруживается ограниченность чисто физического понимания таких объектов: их нельзя рассматривать в отрыве от специфичных для биологической системы феноменов типа "молекулярного узнавания", пространственной и временной самоорганизации, биоэнергетики и биологической информации.

Предмет биофизики не есть нечто постоянное и неизменное, он претерпевает изменения вместе с развитием новых идей в биофизике. Как

сказано у Гегеля: "Предмет по существу есть то же, что и движение; движение есть развертывание и различение моментов, предмет - нахождение их в совокупности" [1]. Исходя из выше изложенного, можно полагать, что объект познания современной биофизики (в плане ведущей тенденции его современного развития) - это информационно-энергетическое отношение в реальном биологическом процессе, т.е. процесс биофизический. Необходимость исследовать такой объект возникает на пути все более глубокого раскрытия содержания и специфики таких биологических процессов, как, например, наследственность.

Биофизический процесс сравнительно проще поддается содержательному, качественному и количественному описанию, чем реальный биологический процесс. Биофизический процесс понимается здесь в плане соответствующего изменения биологической структуры и функции, организации и эволюции, в аспекте соответствующего момента биологического движения и развития. Реально биофизический процесс осуществляется в единстве с процессом биохимическим (информационно-вещественным), так как каналы связи со средой организма, живой системы в виде потоков энергии и вещества обычно совпадают с соответствующими потоками информации.

Основное отличие биофизического процесса от соответствующего ему процесса физического, в том, что он осуществляется лишь в биологической системе, которая "скрепляется" присущими ей средствами приобретения, использования, хранения и передачи информации. Таким образом, биофизический процесс можно определить как регулируемый, управляемый на основе биологической информации физико-химический, физический процесс.

Объект познания биофизики формируется на основе эмпирических и соответствующих теоретических концепций. При этом в современных условиях все большую методологическую актуальность приобретает необходимость выяснения вопроса о характере "элементарного" объекта познания биофизики. Ситуация, складывающаяся в биофизике, приводит к теоретической необходимости и возможности трактовать элементарный объект ("элементарный биофизический акт") в информационно-энергетической форме. Пути разработки теории элементарного биофизического акта подробно изложены в работе Ю.Н. Полянского в книге



"Методологические и теоретические проблемы биофизики" (1979).

Объект познания биофизики в целом, биофизический процесс, выступает в форме соответствующей, жестко и вероятностно детерминированной иерархической интеграции, системных связей элементарных биофизических актов. Построение частной, и тем более общей, теории биофизического процесса представляется конструктивным лишь в форме понятийного развертывания их на основе информационно-энергетической модели элементарного биофизического акта, соответственно конкретной и абстрактной.

Один из путей рассмотрения представления об элементарном биофизическом акте как биофизической формы концепции биологического акта. Этот путь связан с анализом и обобщением соответствующего эмпирического материала современной биологии - энергетического (силового) и информационного (регуляторного). На этом пути биофизика приближается теперь в своей предметной области, говоря известными словами В.И. Ленина, "к таким однородным и простым элементам материи, законы движения которых допускают математическую обработку..." [2]. Примерами фрагментарных биофизических обобщений такого характера могут служить: энергетические - "элементарный акт трансформации энергии" и "элементарный акт переноса электрона"; информационные - "первичный элементарный регуляторный акт" и "элементарный информационный процесс".

В качестве конкретного примера можно привести релаксационную концепцию, предложенную Л.А. Блюменфельдом (1977). Здесь полагается, что конформационное изменение субстрат-ферментного комплекса, следующее за присоединением субстрата к активному центру фермента, носит характер релаксации. Физика элементарного акта в ферментативном катализе трактуется в аспекте конформационного изменения макромолекулы и скорость превращения субстрат - продукт определяется скоростью этого изменения.

Итак, объект познания современной биофизики включает в себя не только физические, физико-химические свойства биологических систем, но и информационно-энергетические отношения. Теория элементарного биофизического акта - отправной пункт восхождения и к теории объекта познания биофизики в целом.

"Всякое новое понимание предмета - писал И.П. Павлов, - начинается неизбежно с таких общих построений, которые только постепенно наполняются конкретным содержанием" [3]. В полной мере это можно отнести и к рассмотренному здесь информационно-энергетическому представлению объекта познания современной биофизика - его элементарной и целостной форм.

#### 4. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ

Разнообразие методов исследования, применяемых в современной биофизике, в том числе и средств теоретической интерпретации научных данных, создает ситуацию, когда проблема связи разных способов описания сложного биологического объекта становится особо острой и актуальной. Диалектико-материалистическая философия указывает на необходимость сочетания многочисленных определений при переходе от абстрактного к конкретно-целостному мысленному воспроизведению объекта. Конкретные принципы и способы синтеза частных представлений и целостное представление об объекте вырабатывает естествознание при решении задач, возникающих в ходе теоретического синтеза знаний.

Важнейшим предметом познания биологии и биофизики является сущность жизни. Поэтому пути познания этого феномена имеют огромное философски-методологическое значение. Этот вопрос очень непростой. Например, механицизм трактовал организм как сумму физических и химических свойств его частей. Витализм же добавлял к этой сумме нематериальную жизненную силу, делающее таким образом из суммы целое, целостность живого организма. С точки зрения диалектического материализма жизнь, живой организм не есть просто сумма свойств составляющих его атомов и молекул. Он обладает новыми качествами, возникающими как интеграция этих свойств в процессе закономерного развития матери.

В этой связи, не подлежит сомнению, что к числу самых коренных методологических вопросов биофизики относится вопрос о правомочности сведения сложных явлений биологических объектов к элементарным уровням физики и химии. Это одна из коренных гносеологических проблем, и в данном случае трудности усугубляются тем, что "сведению" подлежит самое сложнейшее, самое тонкое и совершенное из всего, что нам известно - явление жизни.

В настоящее время обсуждается вопрос о правильном соотношении двух течек научной мысли в изучении живого мира: "редукционизма" и "органицизма". Редукционизм утверждает, что путь познания сложного лежит через расчленение этого сложного на все более и более простые составные части и изучение их природы и свойств, что и дает сведения о

свойствах исходного целого. Органицизм, наоборот, постулирует невозможность сведения сложного к простому, и объектом своего исследования согласен принимать лишь ту или иную степень целостности. Здесь мы подходим к важной философской проблеме - о взаимоотношении части и целого, сложного и простого.

Эти взаимоотношения, прежде всего характеризуются наличием определенных, твердо фиксированных, многосторонних воздействий между частями в составе целого, воздействий, обладающих характером связей. Совершенно ясно, что без существования связей между частями никакая целостность не могла бы существовать. Отсюда следует вывод, что различие между целым и суммой частей состоит в наличии системы связей между последними.

Академик В.А. Энгельгардт говорил: "Результатом совокупности событий, из которых складывается возникновение целого из частей, является то, что часть, ранее бывшая самостоятельной, становится компонентом интегрального целого, внутренне объединенного. Этот результат мы и обозначаем термином "интеграция". Нечто ранее бывшее, перестает существовать, как таковое, и возникает нечто новое ранее не существовавшее, с новыми, ему свойственными качествами" [1].

Познание сущности явлений интеграции, ее закономерностей и ее движущих сил и их источников является магистральным путем для проникновения в природу биологической организации, на всех ее уровнях, от самых низших, молекулярных, и во всей иерархии все возрастающей степени усложнения. Естественно, что движение по этому пути должно идти от простого к сложному. Такой методологический подход есть путь научного познания - интегратизм.

Биологические законы действуют только в живой природе и имеют интегральный характер по отношению к более простым физическим и химическим закономерностям. Наследования в области добиологической самоорганизации, продолжающие известнее поиски, начатые А.И. Опариным (1977), показывают, что эта интегральность может быть значительно отодвинута "вверх". Но как далеко можно идти в непосредственном физико-химическом объяснении жизненных процессов? Здесь необходимо обратиться к такому важному понятию, как "научное объяснение".

Научное объяснение представляет собой раскрытие связей между

какими-либо событиями, процессами, закономерностями - объектами научного объяснения и другими явлениями, уже известными и объясненными, или же более общими и фундаментальными, или же их причинно обуславливающими. В логике под объяснением имеют ввиду прежде всего логическое выведение - дедукцию.

Объяснение, дедуктивного рода, конечно, не исчерпывают всех возможных форм объяснения. Но все же дедукция в объяснении - очень существенная познавательная процедура, поскольку она придает единство всему спектру применяемых при этом приемов, включая математические методы. Какова же роль дедукции в биофизике?

Как было показано выше, биофизика ставит физические задачи, относящиеся к живым телам, т.е. исходит при изучении живой природы из общих законов, описывающих поведение вещества и поля, и из атомно-молекулярных представлений, хотя решение этих задач может достигаться и нефизическими методами. Эта характеристика биофизики ясно показывает большую роль дедуктивной составляющей в объяснительной функции этой науки.

Рассматривая научное объяснение, можно сказать, что в иерархии уровней описаний, развертывающейся в реальном развитии знания осуществляется то "сведение", которое по сути своей есть уяснение сложного в терминах более простого и анализ простого, трактуемого как сложное. Однако, всякое объяснение сложного через простое имеет свои пределы. Например, неестественно было бы пытаться описывать поведение живых организмов в терминах субатомного уровня. В этом проявляется общий принцип нетранзитивности объяснительного процесса.

"В методологии науки - особенно в методологии физико-химического изучения биологических феноменов, в которых используются математические методы, - важно учитывать как реальную нетранзитивность объяснительных процессов, так и действие абстракции транзитивности объяснения как определенной установки научного исследования, как некоторого гносеологического регулятива" [2].

В биофизике это ярко проявляется в стремлении как можно дальше продлить вверх цепочку сведения к простому биологических феноменов. Однако возможности биофизики здесь ограничены нетранзитивностью процесса объяснения. Поэтому на определенном уровне на смену

биофизическим с необходимостью приходят иные методы. Так, например, с помощью кибернетических методов успешно развиваются информационно-биофизические исследования.

Пути рассмотрения свойств целого через свойства его частей приводят к системному подходу. Однако, наряду с правильными оценкам этого метода можно встретиться с двумя крайностями. Системно-структурный подход представляют иногда в виде абсолютно новой, возникшей в наше время методологии, способной дать ключ ко всем еще не разрешенным загадкам природы. При этом системно-структурный подход невольно противопоставляется материалистической диалектике. С другой стороны, этот метод отождествляется со структурализмом, рассматривается в качестве эффективного способа организации и формализации знаний.

Идеи системности и организованности глубоко уходят своими корнями в философские и научные представления прошлого. Системно-структурный подход при его правильном применении в конкретных областях не противостоит диалектике, но, напротив, включает в себя ряд принципов диалектической логики. В философском плане интерес к системным идеям объясняется тем, что они дают возможность глубже проанализировать как отдельные категории и законы, так и их совокупность. В работах А.С. Мамзина и И.К. Лисеева подробно анализируется методологическое значение системного подхода в биологии [3].

При системном анализе целостность является основным принципом. Г.Р. Иваницкий и В.П. Гарштейн /1979/ выделяют следующие требования, которым должен удовлетворять объект, чтобы его можно было рассматривать как систему: объект должен состоять из подсистем; объединение подсистем в систему должно помогать в формулировке задачи (цели исследования); должна существовать характеристика, определяющая представление подсистем в виде системы; система должна быть частью (подсистемой) большей системы.

В биологии фактически ставится задача обратная задаче, системного подхода в технике - по поведению уже существующей биологической системы восстановить ее организацию. Решение этой задачи состоит в последовательном применении методов анализа и синтеза. Анализ основан на выделении и исследовании как отдельных подсистем, так и взаимодействий между ними. Однако, синтезированная по результатам

такого анализа система может не отражать реального поведения объекта. В этом трудности применения системного подхода в биологии.

Таким образом, биофизика с одной стороны активно использует методологию различных областей естествознания а с другой стороны, своим развитием стимулирует разработку биофизических аспектов методологии научного исследования.

Одной из общих методологических идей, на основе которой возможен синтез разных, часто противоречивых данных в целостное представление, стала в естествознании идея дополнительности. Хотя принцип дополнительности первоначально был сформулирован Н. Бором для решения конкретной задачи квантовой физики, однако он далеко выходил за ее пределы. Н. Бор исходил из того, что "данные, полученные при различных условиях опыта, не могут быть охвачены одной единственной картиной: эти данные должны скорее рассматриваться как дополнительные в том смысле, что только совокупность разных явлений может дать более полное представление о свойствах объекта" [4].

Возможность и необходимость использования идеи дополнительности в биологии и биофизике связаны с целостностью объекта и почти беспредельной его делимостью. Уже эта ситуация, разноуровневость относительно поставленной задачи и ее решения, предполагает употребление, по крайней мере, двух систем понятий в каждом конкретном случае. Поскольку их сведение друг к другу не всегда оказывается возможным, идея дополнительности приобретает особую значимость.

Н.П. Депенчук (1976) показывает что необходимость применения идеи дополнительности в биологии обусловлена недостаточностью логических средств выражения свойств целостных биологических систем на основе познания объектов биологического исследования различного уровня членения. Эти трудности имеют и объективные основания в специфичности живого, в частности в его сложности, целостности и динамичности. Значимость идеи дополнительности возрастает в связи с развитием теории уровней структурной организации живого.

При исследовании структуры и функции систем живого также возникает необходимость применения принципа дополнительности. Структура требует определения пространственного соотношения частей в целом, то функция неизбежно связана с уничтожением их пространственной

определенности, так как исследует их изменения. Понятия "структура - функция" являются сопряженными понятиями, в том смысле, что детальное исследование структуры исключает функционирование объекта, а исследование функции и сохранение объекта функционирующим позволяет говорить о его структуре только в определенных, обусловленных условиях такого сохранения.

И, наконец, возможности использования идеи дополнительности связаны с тем, что структура биологического объекта исследования представляет собой на всех уровнях делимое образование, в то время как биологическая функция принципиально неделима и уничтожается или переходит в нечто другое при попытках ее подразделения.

В самом общем плане идея дополнительности в биологии может быть применима во всех случаях, где используются данные, полученные при аналитическом исследовании целого, для характеристики этого целого.

Таким образом, в биофизике мы встречаемся с необходимостью дополнения описаний на основе "противоположных" начал - информационного и энергетического. В плане единства научного знания, развиваемого современной биофизикой, эти противоположности в их единстве огрубленно отражают то противоречие, на основе которого движется и развивается живая природа.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Успеха биофизики за последние десятилетия развеяли всякие сомнения относительно значимости физических методов, понятий и законов для понимания жизненных процессов. Однако, прогресс познания жизни неотделим и от собственно биологических понятий и специфически биологического понимания процессов в живой природе.

Биофизика вместе с биологией и кибернетикой решая теоретические вопросы существования и приспособленности биообъектов, должны составить в совокупности единую теорию в смысле целостного охвата рассматриваемых проблем, более полную в смысле единства идейного и методологического содержания.

Сейчас уже достаточно полно осмыслена пагубность как односторонней абсолютизации, так и игнорирования какого-либо методологического подхода в развитии биофизики. Процесс диалектизации современного биологического познания требует целостного подхода к объекту исследования с учетом всех его объективных связей и зависимостей на пути применения разных методологических критериев. В связи с этим возникает задача изучения систематизации методологических подходов, их места и роли, их эвристических функций в познании, гносеологических аспектов их взаимодействия. В биофизике одной из важнейших становится задача методологического анализа биологических объектов и явлений с учетом единства взаимосвязанных и вместе с тем относительно самостоятельных аспектов - структурного, функционального и исторического.

В целом научное познание жизни сегодня можно охарактеризовать как ярко выраженный процесс взаимодействия различных наук. В результате достигнуто не только более глубокое понимание сущности жизни и законов ее развития, но и трансформация, глубокое преобразование логического строения всего научного знания на пути к его единству.

