История биофизики

Доклад члена-корреспондента РАН Г.Р.Иваницкого

 Иоган Вольфганг Гете (1749-1832) - ученый, поэт, художник и мыслитель (его, кстати можно назвать биофизиком, заложившим основы восприятия цвета и обнаружившим явление цветовой адаптации) писал: "История науки - это большая фуга, в которую мало-помалу вступают голоса народов". Мне хотелось построить этот доклад как фугу - в жесткий хронологический ряд развития биофизики ввести шесть тем с многоголосьем размышлений о судьбах науки, свои личные наблюдения и высказывания патриархов биофизики.

 Подготовка к этому выступлению напомнила мне высказывание Альберта Сент-Дьери, которое я слышал при посещении его лаборатории в Вудс-Холе во время 3-го Международного биофизического конгресса, который проходил в Кембридже в 1969 году. "Хочешь сэкономить на собственных похоронах, бери свечку в руки и ступай на кладбище. Такое чувство охватывает меня, - говорил он, - когда вы просите рассказать о моей научной биографии. Это все равно, что написать некролог самому себе".

 Аналогичные чувства возникали у меня. Я занимаюсь биофизикой почти 40 лет, а это близко к половине официального срока существования биофизики в России. Она приобрела организационную форму в виде создания исследовательского института в 1919 году. Первый научно-исследовательский биофизический институт в Советской России был создан в системе Наркомата здравоохранения академиком Петром Петровичем Лазаревым. Я застал еще тех, кто хорошо помнил и работал с Первыми и мог рассказать мне как все происходило на самом деле. Это любопытная и неопубликованная история, но об этом позднее. Говоря об истории, чтобы не впасть в ностальгию по прошлому, лучше смотреть вперед, а не назад.

Главные темы истории биофизики:

 1. Рождение

 Дату рождения биофизики, как и любой науки, даже приблизительно установить не удается. Она как кокетливая дама скрывает свой возраст.

 Если за биофизику условно принять науку, решающую биологические задачи с позиций математики и физики, то она, по-видимому, родилась в XII-XIII веке и ей 800 лет. В 1202 году Леонардо из Пизы, больше известный по прозвищу Фибоначчи (что означает сын Боначчи), опубликовал книгу "Трактат о счете". В ней, наряду со всеми арифметическими и алгебраическими сведениями того времени, содержалась первая биологическая задача, решенная с помощью математики: сколько кроликов рождается в один год от одной пары?

 "Природа кроликов такова, - пишет Фибоначчи. - что через месяц пара кроликов производит на свет другую пару, а производят потомство кролики со второго месяца после своего рождения". Таким образом он получил ряд {(1, 1,) 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377}. Два первых числа соответствуют началу размножения, 12 последующих - помесячному приросту поголовья кроликов. Каждый последующий член этого ряда равен сумме двух предыдущих. Этот ряд и вошел в историю как ряд Фибоначчи. Последовательность этих чисел обладает многими интересными свойствами, но рассказ о них требует специального доклада. Важно другое - это была первая дошедшая до нас нетривиальная математическая модель биологического процесса.

 В 1628 г. на основе количественных измерений и аналогий из гидравлики Уильям Гарвей (1578-1657) объяснил механизм кровообращения. Рене Декарт (1596-1650) в это же время ввел представление об организме, наделенном сознанием, как физическом механизме с рефлекторной дугой. Это было первое упоминание об обратной связи, столь существенное для развития всех разделов биологии. Еще одна существенная работа из этого ряда принадлежала итальянцу Джованни Борелли (1608-1679) - ученику Галилея, одному из крупных ученых XVII века. Его книга "О движении животных" в двух томах была обнародована уже после смерти. В первом томе описывалось строение и форма различных мышц человека и животных. Во втором - на основе механических аналогий и геометрических построений рассматривались сокращение мышц, движение сердца, циркуляция крови, пищеварение. Это был первый капитальный труд по биомеханике...

 Исторический список ученых Западной Европы, выступавших в роли "акушеров" при родах новой науки, - длинный - и его можно продолжать, но это не продуктивно. Сразу перенесемся в Россию начала XVIII века. Здесь следует назвать немца Готфрида Лейбница (1646-1716) и швейцарцев Даниила Бернулли (1700-1782) и Леонардо Эйлера (1707-1783). Первого, потому что он набросал для Петра I эскиз организации Академии в России и указал на необходимость приглашения ученых из Европы. Как известно, с 1725 по 1733 гг. состав нашей Академии был исключительно иностранным. Лишь с 1742 г. среди 49 членов появились трое русских, в том числе и М.В. Ломоносов (1711-1765), которого также можно зачислить в биофизики. Им в общей форме был сформулирован закон сохранения массы и движения и выдвинута в 1756 году одна из первых гипотез цветного зрения. С этого обычно начинаются все введения в учебниках биофизики. Но нам важнее сейчас отметить менее известную роль Даниила Бернулли, который писал Эйлеру: "Я желал бы, чтобы в Петербурге были медики, знающие начала математики, в особенности же - механику и гидравлику". Короче: Бернулли еще в начале XVIII века были необходимы биофизики. Любопытно, что Д. Бернулли и Л. Эйлера считают математиками, иногда физиками, но никак не биофизиками. Тем не менее необходимо напомнить, что и Л. Эйлер и Д. Бернулли сначала были назначены профессорами физиологии в Петербурге, а уже потом перешли на кафедры физики, и математики. Они, как и величайший биофизик XIX столетия Герман Гельмгольц, проделали похожую эволюцию, но значительно раньше: от наук о живом до физики и математики.

 Эйлеру, занимая пост физиолога, и в тоже время будучи физиком и математиком, ничего не оставалось, как внести существенный вклад в биофизику, а именно в теорию кровообращения. Первая задача о движении жидкости в растяжимых и упругих трубках была решена именно Эйлером. Резаль, Марей и Н.Е. Жуковский были значительно после и опирались на труды Эйлера. Кроме того в "Письмах к немецкой принцессе" он также изложил в популярной форме устройство и функцию глаза (неважно, что он ошибался, считая глаз ахроматическим аппаратом). Ему же принадлежит труд (1739) по теории слуха и теории музыки, где впервые был указан логарифмический закон восприятия, который много позднее стал известен как закон Вебера - Фехнера. Эйлер и здесь был первым.

 Что касается Д. Бернулли - то я его ценю не за уравнение, связывающее скорость и давление в потоке идеальной несжимаемой жидкости при установившемся течении (1738) (которое вошло во все энциклопедии и учебники). В биологии таких течений нет, потоки пульсируют, а жидкости всегда неидеальны и сжимаемы (будь то кровь, лимфа или клеточная протоплазма - это сильно неоднородные "бульоны"). Главный его биофизический и долгое время забытый труд, важность которого была осознана лишь в 80-ых годах нашего столетия - это так называемый, "Санкт-Петербургский парадокс" или "Очерки о разорении игрока в азартных играх". Это есть фундаментальная математическая модель, в том числе и биологической эволюции и образования кластерных и древовидных структур в морфогенезе. Огюстон Коши (1789-1857) (кстати почетный академик Петербургской академии наук с 1831 г.), Поль Леви (1886-1971) и другие были много позднее, в конце XIX и даже уже в XX веке. Термин "фракталы" появился в книге американца Б. Мандельброта "Фрактальная геометрия в природе" в конце нашего века (1982 г.). Д.Бернулли был первым.

 В чем смысл парадокса Бернулли? Об этом знают далеко не все. Напомню, что парадокс связан с возникновением временных шкал внутри случайного дискретного процесса, когда в нем начинает проявляться влияние предыстории. Он изучался им в связи с азартными играми, но является наглядным примером многих важных аспектов появления временных шкал и проявления фрактальности в биосистемах. Казалось бы, что когда в очередной раз кладутся фишки на рулетный стол или бросается монета, или раздаются карты - все предыдущие результаты игр забыты, игра начинается сначала. Вероятности каждой новой игры не зависят от результата предыдущей. Это означает, что не существует стратегии, которая может гарантировать выигрыш одному из игроков и разорение другого. При продолжительной вероятностной азартной игре каждый игрок в среднем должен остаться при своих деньгах. Однако практика показывает, что как правило, имеются выигравшие и проигравшие (также как в биосистемах "хищник-жертва" всегда есть погибшие, но остаются и выжившие). Почему?

 Дополнительная информация относительно предыстории о предыдущем раунде в игре несущественна для предсказания результатов последующего раунда, т.к. время корреляции или память, определяется временем продолжительности самого раунда, например, временем вращения рулетки. В этом интервале игрок не имеет возможности влиять на процесс игры. Однако, если допустить, что все вероятностные игры имеют "память", то должна существовать стратегия, приводящая к выигрышу путем увеличения зависимости одного раунда от другого. Ответ в азартных играх оказывается банальным, но трудно реализуемым. Стратегия на абсолютно достоверный выигрыш требует бесконечного времени на игру и, что особенно важно, притока капитала (энергии) во время игры, и состоит в тупом удваивании ставок на том же поле после каждого проигрыша. Теория вероятности в этом случае работает на вас. С каждым проигрышем вероятность выигрыша в следующем раунде растет. Образуется цикл с меняющимися коэффициентами обратной связи. "Упрямый" игрок (например, какой-нибудь фермент-частица или живой организм) в процессе игры многократно меняется местами с рулеткой (средой). Так как вероятность проигрыша игрока уменьшается, то преимущество на бесконечном интервале всегда на стороне игрока, если он обладает большим капиталом и может дождаться своего выигрыша (в природе все системы открыты для притока энергии, и необходимо только уметь этим пользоваться, и долго жить в популяционном смысле). Это простейший пример образования цикла с переменным коэффициентом обратной связи - с каждым проигрышем вероятность выигрыша в следующем раунде растет. Для организмов на определенном уровне организации в этом состоит смысл обучения, в том числе и через генетическую память. Как известно, аналогичное описание широко используется для моделирования движения броуновских частиц с предысторией. Ситуация качественно достаточно очевидная, если распределение неудач и удач асимметрично в сторону удач, то в конечном итоге для успеха решающим фактором является время. Однако здесь важна не качественная, а количественная сторона - сколько нужно ждать и какой капитал или его приток иметь, чтобы стать еще богаче. Эти зависимости и дал Бернулли. Сто лет спустя после Д. Бернулли описанием этого парадокса занялся О. Коши и нашел модификацию выражения для вероятности с N-шаговым добавлением к случайному распределению, когда оно трансформируется из реального пространства х в Фурье-пространство, а Леви в 30-х годах нашего столетия показал, что распределение числа раундов по играм, приводящих к выигрышу, имеет фрактальную размерность. Однако, не дослушав окончания, не бросайтесь сразу в казино, чтобы обогатиться, - второй момент в распределении Леви в пределе может быть равен бесконечности, так что с ограниченным капиталом и малой продолжительностью жизни можно не дождаться своего звездного часа, а наоборот полностью разориться. Это у биологической эволюции в запасе была вечность и Солнце как источник капитала.

 Теперь пропустим 200-250 лет из истории отечественной биофизики, о них можно прочитать во введениях многочисленных отечественных (М.В. Волькенштейна, А.Б. Рубина, Ю.В. Владимирова с соавторами и др.) и переводных учебников по биофизике. Отметим лишь наиболее крупные имена ученых и научных организаторов, оказавших заметное влияние на развитие отечественной и мировой биофизики: И.М. Сеченов, А.Ф. Вериго, А.Ф. Самойлов, Н.Е. Введенский, К.А. Тимирязев, А.А. Ухтомский, И.П. Павлов, Ю.В. Чаговец, В.Н. Вернадский, Н.К. Кольцов, С.Ю. Штейн, П.П. Лазарев, Н.А. Бернштейн, А.Н. Теренин, Э.С. Бауэр, Н.А. Белозерский, Б.Н. Тарусов, Н.В. Тимофеев-Ресовский, Б.П. Белоусов, Г.М. Франк, В.А. Энгельгардт, И.А. Терсков, А.А. Красновский, А.Л. Чижевский, Б.Н. Вепринцев, Н.М. Эмануель, А.А. Баев, Ю.А. Овчинников, М.В. Волькенштейн, А.М. Кузин и многие другие. Всех перечислить невозможно. Не все они себя считали биофизиками, но по сути все они занимались биофизическими проблемами. Ныне здравствующих я умышленно не называю. Из иностранных обязательно нужно упомянуть Г. Гельмгольца, Ж. Леба, Ю.Р. Майера и М. Рубнера.

 2. Именины

 Когда, появился термин "биофизика"? Здесь нет полной хронологической однозначности. Когда мы пытаемся проникнуть вглубь истории любой науки, то не видим ничего, кроме случайностей. Они могут выглядеть, как истоки явления, но оказаться лишь эпизодами в процессе непрерывного развития науки.

 Достоверно известно, что до XIX века термина "биофизика" не существовало. Родившийся ребенок по крайней мере 600 лет жил без имени, точнее под псевдонимом "этиология" (от греческого aitia - причина, учение о причинах), идущим еще от древних греков. Мне кажется, что псевдоним у "биофизики" был не так уж плох и прекрасно отражал ее место в системе биологических наук. Но как бы там ни было, у нашей науки появилось новое название. В связи с рождением термина "биофизика", думаю, следует упомянуть два имени: Карл Пирсон (1857-1936) и Жак Арсен Д'арсонваль (1851-1940). Первый был английским математиком и биологом. С 1884 г. он - профессор математики и механики Лондонского университета, а затем с 1911 г. - глава лаборатории евгеники. Нам он хорошо известен как создатель биометрии, основы которой заложил Ф. Гальтон. "Кривые Пирсона" вошли во все справочники по математике и энциклопедии. Но не меньшую известность ему принесла опубликованная им в 1892 г. философская книга "Грамматика науки", которая была переведена на многие языки, в том числе ив 1911 г. на русский.

 В ней он писал: "Мы не можем с полной определенностью утверждать, что жизнь есть механизм до тех пор, пока мы не в состоянии указать более точно, что именно понимаем мы под термином "механизм" в применении к органическим тельцам. Уже теперь представляется почти несомненным, что некоторые обобщения физики - в особенности великий принцип сохранения энергии - описывают, по крайней мере, часть нашего чувственного опыта относительно жизненных форм. Нужна, следовательно, отрасль науки, имеющая своей задачей приложение законов неорганических явлений, или физики к развитию органических форм. Такая наука, пытающаяся показать, что факты биологии - морфологии, эмбриологии и физиологии - образуют частные случаи приложения общих физических законов, получила название этиологии. Быть может, лучше было бы назвать ее биофизикой. В настоящее время биофизика еще не сделала особенно крупных успехов, но нет ничего невероятного в том, что ей принадлежит крупное будущее".

 Это был призыв ко всем физикам и математикам, интересующимся биологическими проблемами, и к биологам, не чуждым математики и физики, объединиться под знаменем этого термина.

 Второй был французский физиолог и физик. Главный его научный интерес находился в области изучения воздействия переменных токов на биологические объекты. В медицине хорошо известен термин " д'арсонвализация" - лечение импульсным током высокой частоты (110-400 кГц и выше), высокого напряжения (десятки тысяч Вольт) и малой силы тока (100-200 мА). Д'арсонваль предложил и обосновал этот метод в 1891 г. В 1882 г. (еще за 10 лет до выхода в свет книги Пирсона) в Коллеж де Франс он организовал кафедру, которую назвал "кафедрой биофизики". Главной ее темой и было исследование воздействия переменных токов на биообъекты.

 Таким образом, уже более 100 лет наша область науки носит название "биофизика". Однако с определением (что такое биофизика?) были проблемы. Но сначала - о рубрикации наук.

 3. Соседи

 Время меняет социальные формы и географические места событий, но человеческие мотивы и их эмоциональные проявления почти не меняются на протяжении столетий. Природа едина, а рубрикаторы наук всегда условны. Казалось бы, какая разница как делить единую науку на области знания и как их называть. Но на практике оказывается, что результат рубрикации влияет на развитие различных областей естествознания.

 Здесь во все века не последняя роль принадлежала чиновникам, через которых шло финансирование науки. Нет такой науки в рубрикаторе - и нет финансирования, нет и поощрений (симпозиумов и конгрессов, премий и медалей, академиков и журналов, общественного интереса и грантов). Поэтому ближайшие соседи по рубрикатору всегда пытались удержать и расширить свои границы.

 На одном поле биологии с разных сторон одновременно формировались две науки - биохимия и биофизика. Это потом уже произошло почкование каждой из них на многочисленных "родственников". Г.М. Франк, с именем которого связано развитие биофизики в 60-70-ых годах нашего столетия, давая определение биофизики накануне 4-го Международного биофизического съезда в Москве в 1972 г., писал:

 "Биофизика не имеет присущего только ей объекта или предмета исследования, как например, микробиология (наука, изучающая микроорганизмы) или энтомология (раздел зоологии, изучающий насекомых). Эта наука, скорее, характерна только ей присущим физическим подходом к изучению широкого круга жизненных явлений... особенно тесна связь, скорее даже "взаимопроращивание", биофизики и биохимии. И если изображать графически взаимоотношения биохимии и биофизики, нельзя ни в коем случае рисовать черту раздела между ними. Это будут, скорее, широкие кривые "распределения компетентности" с максимумами, сдвинутыми по отношению друг к другу".

 На "размытых границах компетентности" всегда есть повод посудачить - кто есть кто, и что он делает? Только конгрессы, на которых идет бескорыстный обмен знаниями, когда обсуждается все многообразие общих задач, когда обогащаются все стороны, а границы практически стираются, примиряют всех. Так было, так и будет. На биохимических конгрессах - обычно до 30 % биофизических докладов, так происходит и на биофизических, где приблизительно столько же участвует биохимиков.

 Важно подчеркнуть и роль личности научного организатора. Если он ближе к физике, то неизбежно размытая граница дает крен в сторону биофизики. Так в РСФСР было в начале XX века, когда усилилось влияние на биологию школ П.П. Лазарева и А.Ф. Иоффе или в Германии во второй половине XIX века, когда был силен в биологии авторитет Г. Гельмгольца и его школы. Если же лидер ближе к химии, то граница смещается в сторону биохимии. Так было, например, в СССР в 70-80 годах, когда был велик административный авторитет Ю.А. Овчинникова.

 Кроме того, в процессах дробления, идущих в самой науке, анализ превалирует над синтезом. Когда область науки формируется, - ее создают широко образованные дилетанты из других областей, а когда она дробится, то ее дробят и уничтожают профессионалы, знающие все о немногом. Этот процесс характерен для всех наук, особенно в XX веке. Многие высказывают опасения, что это ведет к потере целостности восприятия мира. Пример - высказывание известного биохимика Эдвина Чарграффа (1975г.):

 "Излишняя дробность представления о природе, зачастую приводящая к ее полному исчезновению, делает мир похожим на Шалтая-Болтая, которого не удалось собрать: такой мир может стать еще более неуправляемым по мере того, как от континуума природы будут отламывать - "для более тщательного изучения" - кусочки все мельче и мельче... И чудесный, красочный ковер распускается по ниточкам: одну за другой нити вытаскивают, разрывают, изучают; в конце концов узор забывается и восстановить его невозможно".

 Я думаю, что такое опасение преувеличено, потому дробление неизбежно и необходимо. Тем не менее классические постулаты биохимии группировались вокруг убеждения, что на некотором физико-химическом микроуровне мир прост и управляется фундаментальными законами, обратимыми во времени. Однако это упрощение оказалось чрезмерным. Можно конечно все живое свести к куче макромолекул и реакцией между ними, как и любое строение к куче кирпичей, но из одних и тех же кирпичей, как и макромолекул, можно построить соответственно завод или храм, монстра или человека. Лишь на уровне целого мы воспринимаем пространственно-временное готовое творение. Однако тут возникает проблема: поскольку живой организм в отличие от завода или храма строить некому, то мы должны, следовательно, приписать самим "кирпичам-молекулам" свойства, отвечающие одновременно и за план строительства и за сам процесс строительства, т.е. за самоорганизующийся процесс. В основе любой самоорганизации лежит необратимость (умение различать прошлое и будущее) и случайность. Ни генетика, ни молекулярная биология, а тем более биохимия, пока не могут ответить на вопрос - как на основе случайности возникает детерминированность - готовое здание? Уровень современной генетики - это уровень причинно-следственных отношений. "Такой-то ген коррелирует с таким фенотипическим признаком целого и не более того". Основное внимание обращается на номенклатуру кирпичей в куче. Это неизбежный и важный этап систематизации. Проблема в другом. Понимание процесса морфогенеза, в основе которого лежат кооперативные молекулярные явления, сегодня остается ключевой и междисциплинарной проблемой. Поэтому естественно ей уделяется значительное место и на биофизических, и на биохимических съездах. Она имеет место и на нашем съезде, потому что без биофизического подхода в ней разобраться невозможно.

 4. Самоопределение

 Определение любой области знания предполагает выделение границ ее компетентности в общей системе естествознания и создания ее образа для тех, кто этой наукой не занимается. Однако то, что очевидно, то весьма условно, не выдерживает проверки временем и в конечном счете неверно.

 В свое время Французская Академия определила свою деятельность, сформулировав ее через ограничения. Она будет рассматривать любые факты, кроме "камней, падающих с неба, и вечного двигателя". В первом она ошиблась, метеориты оказались не мифом, а реальностью. Определение пришлось пересмотреть.

 В 1961 году был создан Международный союз чистой и прикладной биофизики (IUPAB), и началась эра периодических Международных биофизических конгрессов. На первых порах на заседаниях Исполкомов IUPAB были бесплодные дискуссии на тему: "Что такое биофизика?" Каждый из исследователей, входящий в Исполком, хотел, чтобы та область знания, которой он занимается, нашла отражение в общем определении, а Исполком и Президент менялись раз в 3 года, поэтому это было достаточно бессмысленное занятие. Единогласно было принято только одно решение:

 "Биофизика делится на три части - молекулярная биофизика, биофизика клетки и биофизика сложных систем". Этот рубрикатор и был положен в основу биофизики, в том числе и журналов. Но и такая внутренняя рубрикация биофизики небезукоризненна, т.к. в биологии трудно найти простые системы. Но разделение биофизики на эти три рубрики, структурируя потоки информации, прижилось и существует уже более 30 лет, и это хорошо. Это лучше, чем споры, в которых рождалась не истина, а гипертония. Тем не менее многие любители пофилософствовать продолжали настаивать на дискуссиях. Порою доходило до комических ситуаций.

 Только два примера. В 1966 г. на 2-ом Международном биофизическом конгрессе в Вене Арон Качальский (замечательный ученый и остроумный человек), которому надоели эти дискуссии, будучи президентом IUPAB (1963-1966) в своей вступительной речи сказал: "На вопрос - что такое биофизика? Я отвечу: она как моя жена. Я ее люблю, чувствую, но не могу определить". На заседании одного из Исполкомов IUPAB (Швейцария, 1983 г.) при формировании программы 8-го съезда в Бристоле опять возникла дискуссия. Поводом для дискуссии всегда было распределение количества пленарных докладов от разных стран. Пленарные докладчики оплачивались из средств IUPAB, поэтому был соблазн "потянуть одеяло на себя" - бесплатно отправить на съезд своих учеников, - доказывая, что другой предлагаемый докладчик занимается не биофизикой. С целью погасить назревающий конфликт я заметил: "Биофизика это область знаний, которые получают в научно-исследовательских организациях, носящих аналогичное название и печатают в журналах с этим же названием". Это определение живет и по сей день. Я далек от мысли, что оно удачное. Подобные определения можно издать под рубрикой "Биофизики еще шутят".

 Если говорить серьезно, то существовало определение биофизики длинное и плохо запоминающееся. По сути это была калька со структуры научно-исследовательских планов ведущих биофизических центров на конец 70-ых годов, например, Института биологической физики АН СССР в Пущино. Оно было дано 17 лет назад в период проведения 1-го Всероссийского (тогда Всесоюзного) съезда биофизиков для опубликования в решениях съезда. Это определение содержало все ключевые слова такие как функциональные явления, уровни организации, методы и аппаратура, воздействия физических факторов и т.п. (все они содержатся в программе и этого съезда биофизиков), но главный аккорд был в заключительной фразе, столь необходимой тогда Отделу науки ЦК КПСС: "Результаты биофизических исследований вносят значительный вклад в развитие медицины, сельского хозяйства, техники, а также в решение конкретных экологических задач, имеющих значение для охраны окружающей среды. Практические разработки , выполненные советскими биофизиками вносят вклад в повышение экономического потенциала страны по реализации решений XXVI съезда КПСС и майского (1982г.) Пленума ЦК КПСС."

 Трудно поверить, но это было так. Тогда биофизику курировал Я.И. Ажипа - инструктор ЦК КПСС, который к юмору относился враждебно, своим местом дорожил и "фривольности" не позволял. Как Отдел науки ЦК КПСС руководил биофизикой - это тоже наша история. Для молодежи она уже непонятна. Рассказ о ней требует длительных разъяснений и нецелесообразен.

 Тем не менее можно дать определение биофизики, краткое и образное: "Всякое познание начинается с интуиции и чувств, а полет фантазии ограничивается экспериментом" (это не моя мысль, а Леонардо да Винчи). Теперь - моя: Сложите несколько сотен таких исследователей, знакомых с биологией, физикой, математикой и техникой, и вы получите образ науки, которая занимается "запутанными и плохо пока сформулированными проблемами биологии. Это и есть биофизика".

 5. Закономерности и случайности

 Скуп язык словарей и энциклопедий. Когда уходят из жизни очевидцы исторических событий, то некогда яркие краски кипящих страстей тускнеют. Одни из участников этих событий волею случая превращаются в припудренные иконы, имена других порою незаслуженно отправляются пылиться в исторические запасники. А сама канва отредактированных повествований становится похожей на истину так же, как телеграфный столб похож на зеленую сосну, из которой он изготовлен.

 Любопытна ситуация, приведшая к созданию и становлению отечественной биофизики. Много ли мы знаем о характере личности, о человеческих чертах ученых? В своем повествовании я ограничусь ролью лишь двух знаковых отечественных фигур: Петра Петровича Лазарева (1878-1942) и Глеба Михайловича Франка (1904-1976).

 Осенью 1977 г. рассерженный академик В.В. Шулейкин пришел к А.А. Баеву, тогда академику-секретарю нашего Отделения, с претензиями, что приближается 100-летний юбилей П.П. Лазарева, а Отделение, имеющее в названии и слово "биофизика", не проявляет к нему никого интереса. Почему В.В. Шулейкйн проявил активность в связи с юбилеем П.П. Лазарева? В.В. Шулейкйн был сотрудником первого Биофизического института, созданного П.П. Лазаревым. По инициативе В.В. Шулейкина и при поддержке П.П. Лазарева при этом Институте была основана в Кацивелли (на Южном берегу теперь уже не российского Крыма) морская станция, которой руководил В.В. Шулейкйн, где он сделал ряд работ по физике и биофизике моря. Были получены ответы на многие вопросы, которые имели в том числе и существенное значение для создания новых образцов военно-морской техники, например, сверхскоростных сторожевых катеров на подводных крыльях. Перечень этих вопросов был обширен: почему некоторые рыбы, например, дельфины, могут развивать большую скорость при низких энергетических затратах; как осуществляется движение летучих рыб; почему движение стай птиц или косяков рыб выгоднее, чем движение одиночной особи; как и почему морские животные чувствуют задолго до начала шторма его приближение и уходят на глубину, чтобы не разбиться о прибрежные камни и т.п.? В сборнике, посвященном 135-летию Московского общества испытателей природы под названием "Сборник статей по истории биофизики СССР. М. МОТП, 1940.", П.П. Лазарев всячески рекламировал работы тогда еще сравнительно молодого Шулейкина (1895-1979), и посвятил им несколько страниц. Естественно В.В. Шулейкин как благодарный ученик взял на себя хлопоты с организацией юбилея П.П. Лазарева. А.А. Баев от биофизиков нашего Отделения поручил мне подготовку этого юбилея и доклада на тему "Роль П.П. Лазарева в становлении в отечественной биофизики". Что мне удалось выяснить в процессе подготовки этого доклада, чтения трудов П.П. Лазарева, общения с В.В. Шулейкиным и особенно с профессором Я.Л. Шехтманом, который долгие годы работал с П.П. Лазаревым, а затем работал в нашем институте в Пущино.

 П.П. Лазарев был избран академиком в 1917 г. Показательно, что в связи с его разносторонней деятельностью рекомендацию в академики ему давали физиолог И.П. Павлов, математик и механик А.Н. Крылов, математик В.В. Стеклов, минеролог и геохимик В.И. Вернадский и химик Н.С. Курнаков. На первом месте его научных заслуг стояла разработка "ионной теории возбуждения" (1910). Однако вся эта теория оказалась неверной и представляет лишь исторический интерес. Тогда еще не было должного понимания сигнальных веществ и не осознавалось, что малые причины в нелинейных гетерогенных системах могут приводить к большим последствиям, и главное здесь не величины концентраций, а наличие рецепторов-мишеней с большими коэффициентами усиления эффектов. Кстати, один из учеников Лазарева, впоследствии крупный физик и президент Академии наук, С.И. Вавилов показал, что в условиях темновой адаптации наш глаз может зарегистрировать один фотон (фантастическая чувствительность!). Второе, что отмечалось как достижение Лазарева, - это его исследования в области фотохимии. По этому поводу у меня также есть скепсис. Затянувшаяся его дискуссия с К.А. Тимирязевым, порою весьма резкая с стороны последнего, на тему - что важнее для биофотоэффектов - яркость источника света (число фотонов n), на чем настаивал Лазарев, или цвет источника (частота излучений v), что утверждал Тимирязев, была довольно бессмысленной. Спор разрешился в 1905 г. А. Эйнштейном в пользу обоих исследователей, когда он записал уравнение фотоэффекта и перемножил эти две величины nhv (где h- постоянная Планка). Еще в 1887 г. Генрих Герц, заметил, что проскакивание искры между цинковыми шариками разрядника значительно облегчается, если один из них осветить ультрафиолетом. Год спустя А.Г. Столетовым был сформулирован закон: скорость фотоэлектронов, выбиваемых светом, растет с увеличением частоты падающего света, а число фотоэлектронов пропорционально его интенсивности. Так что зря они "ломали копья". Таким образом и в эту область вклад П.П. Лазарева весьма скромен.

 Картографирование под руководством П.П. Лазарева Курской магнитной аномалии (1918), которому впоследствии было отведено особое место как крупному достижению геофизической науки в период становления Советской власти, с моей точки зрения, - чисто техническая работа. Проведение ее было вынужденным и основанным на изоляции России от остального мира в результате Великой Октябрьской социалистической революции или, как теперь чаще ее называют "большевистского переворота 1917г.". До революции работа на магнитно-аномальной территории Курской и Орловской губерний уже была проведена под руководством профессора Московского университета Э.Е. Лейста. Документация оказалась в Германии (где Лейст в 1918 г. умер), и за нее запросили гигантскую по тем временам сумму (5 млн. золотых рублей). Лазарев взялся повторить эту работу. Так, что он был не первым, хотя при выполнении этой работы проявился его незаурядный организаторский талант. Кроме того эта работа не имеет отношения к биофизике. Тем не менее есть две биофизические работы, выполненные под руководством П.П. Лазарева, которые представляются мне интересными. Они имели и будут иметь продолжение. Первая касается изучения адаптации органов чувств, в частности, глаза. П.П. Лазарев и его ученики отметили в экспериментах неодинаковую чувствительность органов чувств, зависящую от возраста, в разное время. Показано возрастное изменение чувствительности глаза человека в условиях темновой адаптации. Но главное они обнаружили закономерные стохастические флуктуации. П.П. Лазарев потратил, как видно из опубликованных работ, не одно десятилетие для того, чтобы установить, что наблюдаемые флуктуации не являются результатом ошибок. Усредняя быстрые флуктуации, он обнаружил относительно медленные колебания. Он был первым, кто установил правильную суточную периодичность релаксационного характера рецепторной системы человека (циркадные ритмы). Кроме того, была обнаружена периодичность с характерными временами порядка месяцев, сезонов и лет. Эта работа цитируется и на нее обращено особое внимание в связи с проблемой старения и "биологических часов", с влиянием на точность их хода как внутренних генетических, так и внешних физических факторов.

 Вторая работа с продолжением была связана с мимикрией - защитной окраской у животных. Сам Лазарев писал о ней в 1940 году довольно скупо: "Практически мимикрия очень важна в военном деле, и Институт физики и биофизики дал не только развитую теорию светомаскировки в военном деле (1918-1923), но и показал на реальных примерах действительность своих теорий". В чем основной результат этих исследований и теории? П.П. Лазарев и его сотрудник В.А. Гамбурцев сняли спектры отражения хлорофилла зеленых листьев и пигментов, обеспечивающих покровительственную окраску у зеленых животных (попугаев, лягушек, насекомых), и показали, что хотя пигменты и хлорофилл отличаются по своим химическим свойствам, но их спектры в видимой области тождественны, поэтому объекты невидимы. Все очень просто. Эти результаты были опубликованы. Но далее делался еще один логический шаг, если одновременно картину отражения объекта и фона получить, например, в трех длинах волн, то там, где эти спектры не перекрываются, объект на фоне легко будет обнаруживаться. Чем дальше разнесены регистрируемые волны отражения по их длине, тем менее вероятна маскировка, при сильном разнесении длин волн наступает такая ситуация, что любой объект будет обнаружен. В 1975-1977г.г. мы совместно со специалистами фирмы Карл Цейсс Йена изготавливали серийные образцы автоматического прибора для автоматического анализа хромосом и построения кариотипов животных и растений хорошо известного в свое время прибора "Морфоквант". В это же время там мне показали прибор, который создавался как срочный заказ Министерства обороны СССР - "зональную камеру". Она должна была вести фотографирование из Космоса поверхности земли одновременно в трех длинах световых волн: видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом. Эти спутники-разведчики или, если хотите, спутники-шпионы с этой камерой, в соответствие с теорией Лазарева, должны были регистрировать наличие любых объектов независимо от фона. Таким образом, через 50 лет работа Лазарева и его сотрудников получила техническую реализацию.

 Любопытна и неопубликованная история создания в 1919 г. первого в Советской России Института биологической физики при Наркомате здравоохранения. Мне ее рассказал Я.Л. Шехтман. Наркомом медицины в тот период был Николай Александрович Семашко. Но указание Наркому - "создать этот Институт" - было дано В.И. Лениным. Почему? 30 августа 1918г. "вождь мирового пролетариата" был ранен эсеркой Фаиной Каплан. Стреляла ли именно подслеповатая Каплан в вождя большевиков, и зачем эсерам, которые вместе с кадетами в тот период были самой крупной партией, нужен был этот террористический акт, - остается для меня загадкой. Но факт ранения Ленина был. Врачам требовался рентгеновский снимок. Необходимо было выяснить локализацию, объем и характер анатомического повреждения.

 Как известно, рентгеновские лучи были открыты в 1895 году. Предположительно А.С. Попов уже через год изготовил в России первую рентгеновскую трубку. С февраля 1896 г. в Военно-медицинской академии с помощью лучей Рентгена началось систематическое обследование больных. В период Первой мировой войны под руководством П.П. Лазарева был сделан для армии даже передвижной рентгеновский кабинет на грузовике. Но у рентгеновских аппаратов того времени самым уязвимым местом был высоковольтный трансформатор. Для получения рентгеновского излучения необходимо поднять напряжение сети со 120 В до 40-200 кВ, т.е. соотношение витков первичной и вторичной обмоток трансформатора должно быть 1:1000. Мотать вручную такие трансформаторы с плохими изоляционными материалами того периода было проблемой. Намоточных станков и качественного провода в России не было. В голодной, разоренной внутриполитическими разборками и войной стране к середине 1918г. практически не осталось работающих рентгеновских аппаратов, но в лаборатории Лазарева такой аппарат был. Его работоспособность поддерживал Я.. Л. Шехтман. Там и был сделан рентгеновский снимок В.И. Ленину.

 Я. Л. Шехтмана, когда он был уже на пенсии, часто приглашали в школы г. Пущино рассказать, как он встречался с "вождем". О чем П.П. Лазарев говорил с В.И. Лениным, пока сохла пленка со снимком, Я.Л. Шехтман не слышал, но П.П. Лазарев визитом "главного большевика" остался доволен. О содержании беседы можно догадаться по последовавшим событиям. В 1918 г. в Петрограде, несмотря на голод и разруху в России, был открыт первый в мире Рентгенорадиологический институт, а немного спустя, в 1919 г. в Москве был создан первый в мире Институт биологической физики. Так, что Советский период развития биофизики в России начинается не с залпа "Авроры", а с выстрела Каплан.

 Теперь - очень кратко о Г.М. Франке. Он не менее достоин подробного рассказа, чем П.П. Лазарев, но это уже "новейшая история биофизики", свидетелей которой много в этом зале. Кроме того она опубликована в недавно вышедшей книге З.П. Грибовой "Глеб Михаилович Франк" (М., 1997), которая продается в книжных магазинах, а также в предисловии к избранным трудам Г.М. Франка: "Биофизика живой клетки" (М. 1982).

 Поэтому лишь отмечу, что объединяет и что разъединяет П.П. Лазарева и Г.М. Франка. Чем они похожи и чем отличаются? С моей точки зрения их объединяет неуемная энергия, широта научных интересов, незаурядные организаторские способности и создание новых научных школ. Даже неважно какой конкретный вклад в науку внес каждый из них. Они из породы ученых, формировавших идеологию науки в целом, непрерывно создававших новые ее разделы и оставлявших их на дальнейшую разработку своим ученикам. Из под крыла Лазарева вышли П.А. Ребиндер, В.В. Шулейкин, Б.В. Дерягин и многие другие. Там формировалось ядро будущего знаменитого ФИАНа с его Нобелевскими лауреатами.

 Г.М. Франк также сделал много в организационном плане: сформировал Институт биофизики МЗ СССР в 1948 г., обновленный Институт биологической физики АН СССР в 1956 г. и в значительной степени весь куст институтов Пущинского научного центра. В этот и последующие периоды на заложенной им основе были получены многие фундаментальные результаты, нашедшие дальнейшее практическое приложение, созданы газотранспортные кровезаменители, особые раневые покрытия, серия препаратов на основе янтарной кислоты и многое другое, а открытие автоволн и изучение механизмов колебательных реакций можно считать крупнейшим достижением мировой науки. Теперь мировая оценка этих работ. Профессор Кристиан Видаль (Франция): "Открытие автоколебательных реакций, а затем автоволн представляет собой важный вклад в развитие науки. Это мнение подтверждается многочисленными работами по этой проблеме, которые проводились и проводятся в самых различных областях науки - сначала в биохимии, затем в биологии и физике. Благодаря этому открытию... наши знания в области эволюции биологических систем стали теперь глубокими". Нобелевский лауреат профессор Илья Пригожин (Бельгия): "Работа по автоколебательным реакциям приобрела всемирное признание... Внесла огромный вклад в укрепление авторитета советской науки". Профессор Артур Винфри (США, 1991): "Эти исследования сильно повлияли на мою собственную работу, на работу ученых моей страны и Европы..." и т.д.

 Что же разъединяет Лазарева и Франка? Истоки и время. Франк моложе Лазарева на 26 лет. Лазарев вышел из школы знаменитого физика Петра Николаевича Лебедева из Московского университета. Хотя Лазарев и имел двойное образование, окончив к тому же медицинский факультет, но он шел в биофизику из физики. Поэтому его биофизические работы и работы его учеников были в большей степени физическими. Лазарев закладывал первые камни в переносном и прямом смысле в здание биофизики с физическим уклоном. Здание института на Миусской площади, где сейчас размещается Институт прикладной математики, строилось Лазаревым по эскизам П.Н. Лебедева, который умер в 1912 г. Здание было построено в 1916г.

 Франк, хотя и вышел из Ленинградской школы физиков от Абрама Федоровича Иоффе, но его исходное образование шло из биологии Московского университета, от проф. А.Г. Гурвича, поэтому он шел в биофизику из биологии, и формировался как биофизик-организатор в существенной части на волне создания атомной бомбы, атомной промышленности и атомной энергетики. Франк считал биофизику разделом биологии, а не физики. Время нивелировало это различие. Сотрудники института - выпускники Физфака МГУ, Физтеха и других физических и технических институтов дополнили биологическую направленность франковских устремлений физическими методами и подходами.

 6. Секрет долголетия

 Научные школы определяют долголетие и связаны с преемственностью через образование. Их история всегда расцвечена личными воспоминаниями и симпатиями, а следовательно субъективна.

 В коротком эссе я не мог дать полную картину развития отечественной биофизики, и не мог рассмотреть вклад всех биофизических школ. Уверен, что если бы этот доклад делал кто-либо из моих коллег, то были бы расставлены другие акценты, названы другие имена и рассмотрен другой ствол генеалогического дерева .

 Рассказ об истории биофизики будет не полным без упоминания о широкой сети биофизического образования. Первый курс по биофизике был прочитан П.П. Лазаревым для врачей еще в 1922 г. при клинике Московского университета, затем был прочитан ряд курсов для врачей при Государственном институте физиологии и ортопедии. В 1927 г. также П.П. Лазаревым был прочитан курс для студентов физико-математического факультета Ленинградского политехнического института. К концу 30-ых годов стали читать отдельные главы биофизики и в других учебных заведениях. Так началась подготовка биофизиков в нашей стране. В 1953 г. была организована первая специализированная кафедра биофизики на биолого-почвенном факультете в МГУ (Борис Николаевич Тарусов). В 1959 г. была создана кафедра на физическом факультете МГУ (Лев Александрович Блюменфельд), затем были созданы специализированные кафедры биофизики в Московском физико-техническом институте, в ряде медицинских ВУЗов и университетов по всей стране. В 1982 г. в стране существовало свыше 20 кафедр биофизики. Общее количество подготовленных ими на тот период специалистов превысило 2000 человек. Сейчас эта цифра по-видимому приблизилась к 10 тыс. На карте, составленной в 1982 г., показаны научные центры и места подготовки биофизиков.

 Распад СССР, конечно, повлиял на биофизику, но главная беда заключалась в резком снижении финансирования. Но я не хочу заканчивать доклад на пессимистической ноте, например, строкой из песни Сергея Никитина: "Кричит последний биофизик, надрывный, жалобный такой". Для меня удивительно, что в наше бесфинансовое для науки время биофизика продолжает развиваться. Конкурс в ВУЗах по этой специальности достаточно большой, а программа нашего Съезда и присутствующая в зале наряду с мэтрами молодежь заставляют меня предположить, что у 800-летней старушки-биофизики есть какой-то генетический секрет вечной молодости, который слабо связан с внешними обстоятельствами. К ней свыше продолжает спускаться вдохновение. Я хочу закончить свой затянувшийся доклад на оптимистической ноте - цитатой из "Гимна биофизиков":

 Виват всем биофизикам, виват!

 И нашей молодежи - долголетия!

 И не устанем повторять стократ:

 Быть биофизике и в новое столетие!