

Биологическое время

И.А. Хасанов

Текст доклада прочитанного на заседании Российского междисциплинарного семинара по темпорологии, посвященном памяти Т.А. Детлаф

Уважаемые коллеги!

Я не был лично знаком с **Татьяной Антоновной**, но я хорошо знаю ее исследования, и кроме того с 1998 года мы вели с ней активную переписку.

Татьяна Антоновна была не только выдающимся ученым, но и прекрасным человеком – добрым, чутким, внимательным. Эти качества проявлялись в каждом ее письме.

Первое письмо от 12 июня 1998 года было послано ею после прочтения моей книги «Феномен времени». В этом письме она писала: **«Поддержка пришла со стороны, с которой я ее меньше всего ждала, и не только пришла, но еще и объяснила мне трудности, с которыми мы сталкиваемся при внедрении метода безразмерных критериев времени индивидуального развития пойкилотермных животных»**. И далее, обращаясь ко мне, она пишет: **«Вы нас убедили в правильности подхода к проблеме»**.

В этом письме **Татьяна Антоновна** еще продолжает называть разработанный ею метод хронометрирования этапов эмбрионального развития пойкилотермных животных **«методом безразмерных критериев времени индивидуального развития»**. Но уже в письме от 16 августа двухтысячного года она пишет, что книга, которую она готовит к изданию, **«...теперь называется “Температурно-временные закономерности развития пойкилотермных животных. Выбор единицы времени и опыт ее практического использования”**». И хотя в окончательном названии книги, вышедшей в 2001 году, выражение: **«Выбор единицы времени и опыт ее практического использования»** исчезло, тем не менее приведенный вариант названия говорит о том, что **Татьяна Антоновна** прекрасно поняла, что введенная ею единица длительности – это не какой-то безразмерный параметр, а параметр, имеющий размерность биологического времени, или, другими словами, единица биологического времени.

Правда, в самой книге, которая к этому времени уже была написана и где обобщались все полученные в предыдущих работах результаты, **Татьяна Антоновна** продолжает придерживаться терминологии, которая в 1960 году была предложена ею в работе, написанной в соавторстве с братом, физиком **Андреем Антоновичем Детлафом**. В ней обосновывалась правомерность использования единицы длительности, равной длительности митотического цикла периода синхронных делений дробления, получившей позднее наименование «детлаф». Сохранение в итоговой книге определения этой единицы как «безразмерного критерия» объясняется, видимо, и тем, что раздел **«Безразмерные критерии как метод количественной характеристики времени развития животных»** написан **Татьяной Антоновной** совместно, повторюсь, с физиком **Андреем Антоновичем**.

Для квалификации детлафов как безразмерных параметров имеются определенные основания.

Дело в том, что период синхронных делений дробления – это весьма кратковременный период, имеющий место в самом начале эмбрионального развития, *и далеко не у всех видов животных*. Поэтому непосредственно хронометрировать этапы эмбрионального развития в детлафах невозможно. Приходится для каждого изучаемого биологического вида находить в минутах длительности детлафов для всего интервала благоприятных для развития организма температур среды обитания, и затем, определив в минутах длительности разных этапов эмбрионального развития при определенных температурах, делить длительности этих этапов на значения детлафов для соответствующих температур. В результате действительно получается безразмерная величина. Но следует иметь в виду, что эта

величина безразмерна в системе единиц физического времени. Однако детлафы, как и любые другие единицы биологического времени, относятся к пока еще не разработанной системе единиц биологических величин. Это как бы первая фундаментальная единица будущей системы единиц биологических величин, и как таковая, она имеет размерность биологического времени.

Но до тех пор, пока в биологии не возникнет понимание того, что применение многими исследователями при изучении развития живых организмов разных единиц длительности – это не какой-то искусственный прием решения частных задач эмбриологии животных или физиологии растений, а более или менее успешное выявление биологического времени, в котором структурированы биологические процессы живых организмов, примерно так, как в физическом времени структурированы процессы физического мира, до тех пор не начнет формироваться такая теоретическая биология, которая будет способна выявлять собственно биологические законы реализации генетической информации, вопреки непрерывному воздействию на живой организм огромного количества стохастически изменяющихся факторов внешних условий.

Адекватному пониманию того, что биологические процессы функционирования и развития живых организмов первично структурированы в специфическом биологическом времени, **мешает широко распространенное представление, согласно которому время – это некое единственное и единое для всего материального мира равномерное течение или равномерная длительность, в общепринятых единицах которого должны хронометрироваться и описываться все материальные процессы.** Биологи продолжают считать, что время как явление материального мира является предметом изучения физики и философии. Это **глубокое заблуждение**, обусловленное историческими причинами.

Дело в том, что само положение человека в материальном мире таково, что в процессе познания окружающей объективно-реальной действительности он неизбежно должен был прежде всего обратить свое внимание на физическое время, ибо человек живет на одних из естественных часов этого времени, а именно на планете Земля, являющейся одной из планет Солнечной системы, которая также является естественными часами физического времени. Поэтому регулярная смена дня и ночи, фаз Луны, времен года еще задолго до возникновения науки и даже до появления понятия времени дали человеку единицы физического времени, которыми он начал отмерять время своей жизни и деятельности уже в далекие доисторические эпохи. Иными словами, человек **изначально умел измерять объективное время и ему не пришлось искать равномерные процессы еще не умея измерять длительность.** Умение находить равномерные процессы без умения измерять длительности имел для человека **не практический, а лишь теоретический интерес** и, фактически, **никого не интересовал.**

Неудивительно поэтому, что вплоть до середины XIX столетия развитие приемов и методов измерения времени и временного описания материальных процессов было связано исключительно с измерением физического времени и не возникало предположения о принципиальной возможности и реальном существовании иных типов времени.

Пожалуй, впервые мнение о том, что чутко реагирующие на колебания температуры среды и тем не менее однозначно развивающиеся по своим внутренним законам процессы эмбрионального развития животных структурированы в каком-то особом времени, в середине XIX столетия высказал **Карл Бэр.** Правда, он не говорил о биологическом времени, но его рассуждения о том, что разные живые организмы могут «жить быстрее или медленнее» и даже в разных масштабах времени, а также вывод о том, что жизненный процесс является (*цитирую*) **«не результатом органического устройства, а ритмом (Rythmus), подобным мелодии, по которому органическое тело строится и пере-страивается»** (*конец цитаты*), показывают, сколь большое значение он придавал временной организации биологических процессов и что он догадывался о существовании внут-

ренных законов развития живых организмов, которые не удастся раскрыть при хронометрировании развития эмбрионов в общепринятых единицах времени.

Более определенно идея специфического биологического времени начала формироваться в конце XIX столетия, когда **Ашкенази** (Askenazy) для хронометрирования роста растений ввел единицу, названную им **пластохроном**. В дальнейшем в эмбриологии, микробиологии, цитологии вводились разные единицы длительности. Однако все эти попытки хотя, фактически, и были попытками выявить биологическое время и начать хронометрировать и описывать процессы развития живых организмов в единицах биологического времени, самими биологами не осознавались как таковые. Время для них оставалось чем-то физическим, не имеющим прямого отношения к их исследованиям, представляющим собой, с их точки зрения, разработку частных искусственных методик описания отдельных этапов развития живых организмов. Поэтому вполне естественно, что эти исследования по сей день остаются известными узкому кругу специалистов – эмбриологов, микробиологов, физиологов растений и растениеводов, тогда как теоретическая биология продолжает развиваться преимущественно в русле адаптации к условиям живой материи приемов и методов теоретической и экспериментальной физики.

Вместе с тем исследование происхождения общеизвестного понятия времени, обозначающего измеряемую общепринятыми единицами и обычными часами равномерную длительность, приводит к выводу, что идущее от **Аристотеля**, его средневековых последователей и, наконец, от **И. Ньютона** представление о том, что длительность сама по себе течет равномерно и что эта равномерно текущая длительность и есть время, не соответствует действительности.

Безотносительная к материальным процессам, т.е. содержательно пустая длительность, не имеет никакой меры и не может обладать свойством равномерности. Более того, в ней вообще невозможно выделять какие-либо интервалы, поскольку ни одно ее мгновение особо не выделено.

О равномерной длительности можно говорить только в связи с равномерными материальными процессами. Собственно, само понятие – **равномерность** - означает *равные изменения материальной системы или процесса за равные интервалы длительности*.

Но если длительность сама по себе не обладает свойством равномерности и поэтому для введения меры длительности и практического ее измерения необходимо иметь равномерный материальный процесс, то возникает вопрос: как, еще не умея измерять длительность, выделить из всего многообразия материальных процессов равномерный? Здесь нужен какой-то критерий равномерности. В связи с этим меня заинтересовал вопрос: неужели до сих пор никто не пытался разработать способ, который позволял бы выявлять среди всего многообразия процессов материального мира равномерные процессы, не обладая изначально никакими методам измерения интервалов длительности?

Во всей изученной мною литературе я обнаружил только работу д'Аламбера, в которой он обсуждает вопрос о том, как найти равномерный процесс, и предлагает удивительно простой критерий равномерности.

Он говорит: **если взять отношение расстояний, которые два равномерно движущихся тела проходят за один и тот же интервал длительности, то это отношение будет постоянной величиной для любых произвольно взятых интервалов длительности, и это будет верно именно для равномерно и только равномерно движущихся тел.**

При этом он был уверен, что этот критерий позволяет однозначно делить все материальные процессы на равномерные (или, практически, приблизительно равномерные) и неравномерные. Но легко видеть, что если два равномерно движущихся тела начнут синхронно и с одним и тем же коэффициентом деформации изменять свои скорости, то отношение расстояний, проходимых этими телами за один и тот же интервал длительности, останется константой для любых произвольно взятых интервалов длительности, даже если коэффициент деформации их скоростей будет стохастической функцией физического времени t и сами эти процессы станут, таким образом, стохастическими процессами.

Иными словами, критерий равномерности д'Аламбера не определяет абсолютно равномерные процессы, а выявляет только группы или классы **соравномерных** процессов, т.е. *процессов, которые равномерны относительно друг друга.*

Так я пришел к выводу, что **равномерность** – это **не абсолютное свойство длительности, а соотносительное свойство материальных процессов.**

Д'Аламбер вполне справедливо мог не обращать внимания на возможность относительности свойства равномерности, поскольку он развивал ньютоновскую механику и мог считать, что предположение о существовании таких универсальных для всего физического мира сил является излишне смелым предположением. Но даже если такие силы и существуют, то они в рамках механики не могут быть выявлены, поскольку действуют соответствующим образом и на все те движения, при помощи которых измеряется время.

Сегодня, когда наука приступила к изучению временной организации процессов качественно разных материальных систем и областей материального мира, можно предположить, что такие классы соравномерных процессов могут существовать в каких-то материальных системах или областях материального мира и задавать там свои стандарты равномерности и равномерной длительности, т.е. свои типы равномерно текущего времени. Если это так, то привычная для нас общеизвестная равномерность инерциально-равномерных движений физического мира должна оказаться не абсолютной равномерностью, а лишь одной из частных видов равномерности, имеющей свои специфические механизмы и причины существования.

И действительно, анализ связанных с механическими движениями естественных часов общеизвестного времени, таких как вращающиеся вокруг собственных осей планеты и обращающиеся вокруг общих центров масс космические системы, типа Солнечной, точнее, космические системы, в которых с достаточной строгостью можно выделить и рассматривать как относительно самостоятельные системы двух тел, такие, как Солнце-Земля и Земля-Луна, физические маятники, колеблющиеся в постоянном гравитационном поле и в условиях, где силами трения и сопротивления среды можно пренебречь, кристаллические, молекулярные и атомные осцилляторы, приводит к выводу, что все они представляют собой закрытые консервативные динамические системы, которые в силу того, что не обмениваются с окружающей средой веществом и энергия движения в которых сохраняется постоянной, могут неограниченно долго, в идеале, конечно, сохранять состояние движения, не изменяя параметров, что и делает такие движения соравномерными, несмотря на то, что между подобными материальными системами нет никаких связей и взаимодействий и они могут находиться сколь угодно далеко друг от друга. Это и создает впечатление, что во всей Вселенной существует единый равномерный поток, называемый временем.

Я условно назвал класс соравномерных процессов физического мира **классом «инерциально-равномерных» движений**, поскольку в этот класс входят и равномерные инерциальные движения тел в инерциальной системе отсчета, хотя в него входят и колебания физических маятников, кристаллических и других осцилляторов. Колебательные движения вообще не относятся к равномерным процессам, но те из них, которые принадлежат закрытым консервативным системам, можно рассматривать как дискретно-равномерные процессы, у которых равномерно нарастает количество полных циклов колебаний.

Класс соравномерных процессов может возникнуть и в том случае, если имеется такой **фундаментальный процесс**, который *вызывает к жизни, индуцирует процессы, с большей или меньшей точностью копирующие ритмику этого фундаментального процесса.* К таким системам относятся, например, популяции животных, многие характеристики которых зависят от смены поколений и линейно нарастают со сменой поколений.

Но особый интерес имеют для нас **целостные высокоинтегрированные материальные системы**, в которых именно в силу целостности и высокой степени интеграции многие наиболее важные процессы настолько тесно взаимосвязаны и сопряжены, что под

воздействием множества, и в том числе стохастически изменяющихся факторов, ведут себя как единый поток, синхронно и с одним и тем же коэффициентом деформации изменяя свои скорости.

Именно к таким целостным высокоинтегрированным материальным системам относятся **живые организмы**. О том, что в них существуют свои классы биологических соравномерных процессов, свидетельствуют многочисленные исследования, в которых используются специфические единицы длительности, которые определяются как длительности периодов циклических процессов самих исследуемых организмов. Эти единицы длительности, если их измерять в физическом времени, оказываются стохастическими переменными величинами, но если рассматривать как самотождественные (конгруэнтные), то открывается удивительное единообразие, например, процессов эмбрионального развития даже генетически далеких друг от друга биологических видов.

Фактически, о существовании в развивающемся эмбрионе класса соравномерных биологических процессов и писала **Татьяна Антоновна Детлаф**, обобщая результаты своих исследований. (*Цитирую*): «...с изменением температуры пропорционально изменяются длительности процессов, имеющих самую разную природу и осуществляющихся на разных уровнях организации организма: внутриклеточном (молекулярном и ультраструктурном), клеточном (при делении клеток и их дифференциации), на уровне морфогенетических движений, процессов индукции и органогенеза». И далее она продолжает: «Не будет преувеличением, если мы скажем, что без этой способности пойклотермные организмы вообще не могли бы существовать в меняющихся условиях внешней среды: если бы разные компоненты комплекса процессов, из которых складывается любой этап развития, изменялся асинхронно, то это приводило бы к возникновению нарушений нормального развития, а на более поздних стадиях – к нарушению нормального функционирования организма. Не случайно, что одной из первых реакций зародышей на приближение к границе оптимальных температур является десинхронизация отдельных процессов развития» (*Конец цитаты*).

Здесь важен подчеркнутый **Татьяной Антоновной** вывод о том, что синхронное и пропорциональное изменение скоростей биологических процессов охватывает все иерархические уровни организации биологических процессов развивающегося организма. Это говорит о том, что на разных иерархических структурных уровнях существуют свои масштабы единого для организма биологического времени.

Так, используемые ныне разные единицы биологического времени, такие, как детлафы, тау-сомиты и др., задаются разными биологическими процессами. Но это процессы одного и того же класса соравномерных процессов организма. Об этом свидетельствует метрическая эквивалентность этих процессов, проявляющиеся в том, что задаваемые ими единицы длительности связаны между собой линейными уравнениями. Такое соотношение между **детлафами** и **тау-сомитами** установлено **Ю.К. Дорониным** и **В.А. Голиченковым**. Обобщив результаты многочисленных эмпирических исследований и проведя теоретические расчеты длительности одних и тех же этапов эмбрионального развития широкого круга биологических видов, включая высших млекопитающих и, в том числе, человека, в работе «*Временной модуль онтогенеза*» они пишут: «**Резюмируя представленные материалы, следует заключить, что τ_s и τ_0 у высших позвоночных, так же, как и у низших, связаны кратными соотношениями**» (*конец цитаты*).

Это общая закономерность для любого типа времени, являющегося равномерной длительностью соответствующего класса соравномерных процессов. Все процессы одного и того же класса соравномерности метрически эквивалентны и могут служить как датчиками единицы измерения, так и часами данного типа времени. Так, например, в физике **вместо секунды**, как фундаментальной единицы физического времени, можно было бы использовать любую другую единицу, задаваемую периодом обращения вокруг оси не Земли, а какой-либо иной планеты Солнечной системы или иной планетной системы нашей Галактики, или иных галактик, лишь бы эта планета, как динамическая система, при-

емлемо удовлетворяла бы критериям закрытости и консервативности. При этом изменились бы конкретные значения производных единиц физических величин и физических констант, в размерностях которых фигурирует размерность физического времени «секунда», но законы физики и физические теории не претерпели бы качественных изменений.

Поэтому вопрос о том, какой процесс из класса биологических соравномерных процессов использовать в качестве датчика единиц измерения и часов биологического времени организма, зависит от задач, которые ставит перед собой исследователь, от возможности достичь необходимой степени точности в измерении времени, от удобства измерений и теоретического описания процессов функционирования и развития организма. При этом следует учитывать, что разные единицы биологического времени, различающиеся между собой по длительности и относящиеся к разным иерархическим уровням организации биологических процессов, позволяют открывать биологические законы, характерные для этих иерархических уровней живого организма.

В этом отношении детлафы, как показали исследования **Татьяны Антоновны**, позволяют выявлять многие закономерности эмбрионального развития. Начатые ею исследования заслуживают продолжения и развития. Сама **Татьяна Антоновна** в одном из последних своих писем писала, что если бы у нее были помощники, можно было бы сильно расширить исследования, включив новые объекты, и с сожалением отмечала, что «это уже для следующих участников работы, которых в наше трудное для науки время не видно». Хотя по этой тематике, как она пишет, когда-то можно будет организовать целый институт, вооружив его современными методами и знаниями. Она с благодарностью писала о **Сергее Григорьевиче Васецком** и **Александре Петровиче Левиче**, которые помогали ей в пропаганде ее идей. Определенный оптимизм вселяли в нее распространение ее идей в мировой науке. В письме от 14 августа 2002 года она пишет: **«Мне мои коллеги из США пишут, что с успехом используют τ_0 в своей работе и это встречает большой интерес у коллег-биологов».**

Несомненно, избранное **Татьяной Антоновной** направление использования единиц биологического времени при изучении эмбрионального развития пойкилотермных животных может быть распространено на насекомых, птиц и разные виды животных. Нет никаких сомнений в том, что развитие методики **Татьяны Антоновны** и широкое использование ее в теоретических исследованиях и в решении практических задач селекции и разведения ценных пород животных принесет важные результаты.

Если же говорить о широкой перспективе введения в биологию понятия биологического времени, то следует отметить, что **детлафы, тау-сомиты** и другие используемые ныне **единицы биологического времени весьма крупны**. Так, например, детлафы, будучи измеренными в единицах физического времени, охватывают десятки минут и в пределах диапазона благоприятных для развития температур среды изменяются примерно от 20 до 120 минут. Другие единицы биологического времени, такие, как тау-сомиты, процент времени развития, также велики. *Они с успехом могут использоваться при изучении процессов развития на соответствующих иерархических уровнях организации эмбрионов, но не при изучении более быстрых биологических процессов фундаментальных иерархических уровней организма.* Для того, чтобы биологическое время заняло в биологии такое же положение, какое физическое время занимает в современной физике, необходимо найти наиболее мелкие единицы биологического времени и научиться хронометрировать и теоретически описывать функционирование и развитие живых организмов в этих единицах.

Имеются основания предполагать, что **водораздел между физическими и биологическими процессами** в организме проходит **на уровне ферментативных процессов внутриклеточного метаболизма**. На этом уровне циркуляция энергии по структуре макромолекулы фермента, как сложной колебательной системы, и процессы накопления в макромолекуле фермента свободной энергии окружающей среды являются **физическими процессами**. Также физическими процессами являются взаимодействия отдельных атомов в ходе биохимических и биофизических процессов ферментативного катализа, но

ферментативные циклы внутриклеточного метаболизма – это уже биологические процессы живого организма. Поэтому **именно среди длительностей периодов ферментативных циклических процессов внутриклеточного метаболизма, на мой взгляд, и следует искать наиболее фундаментальные и наиболее мелкие единицы биологического времени, в которых, по всей вероятности, закодирована генетическая информация.**

На сегодняшний день сделаны еще только первые и очень робкие шаги на пути формирования такой теоретической биологии, которая была бы способна выявлять и изучать внутренние, протекающие в биологическом времени собственно биологические законы живой материи. Для создания такой биологии необходимо еще решить много сложных проблем, поскольку введение в понятийный аппарат биологии понятия **биологическое время** – это очень серьезный процесс, требующий решения сложных и трудоемких задач, связанных с разработкой систем единиц биологических величин и выявлением систем биологических констант, а также с разработкой принципиально новых приемов и методов исследования живой материи. Однако и велика награда, которая ждет исследователей, ибо в конечном итоге будет создана такая не сводимая к физике теоретическая биология, которая по глубине основных принципов, широте охвата жизни и мощи средств и методов исследования и описания живой материи будет сравнима с современной теоретической и экспериментальной физикой, и биология, как мечтал **Джон Бернал**, станет, наконец, **«наукой о природе и активности всех организованных объектов, где бы они ни находились – на нашей планете, на других планетах солнечной системы, в иных звездных системах или других галактиках и во все времена, будущее и прошлое»!**

Спасибо за внимание.