

Две стороны медали

Ф.И. АТАУЛЛАХАНОВ¹
(ИНТЕРВЬЮ ВЗЯЛ **В.В. ПТУШЕНКО²**)

¹ Центр теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН, Москва, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля РАН, Москва, Россия;

ptush@belozersky.msu.ru

Фазоил (Фазли) Иноятович Атауллаханов — биофизик, академик РАН, директор (2006–2018) и научный руководитель (2018 — н. в.) Центра теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН, профессор МГУ и МФТИ, Соросовский профессор. В публикуемых здесь воспоминаниях соединены фрагменты нескольких бесед, состоявшихся в течение 2023–2024 гг. В них Ф.И. Атауллаханов вспоминает начало своей работы в лаборатории С.Э. Шноля и свое критическое отношение к направлению его работ. Эта работа начиналась с проверки множества чужих исследований, в которых были обнаружены колебания в биологических системах и которые после тщательной проверки оказывались артефактами. Ф.И. описывает становление своих представлений о колебаниях в биологических системах, которые в конечном итоге привели его к осознанию значительной роли С.Э. Шноля в развитии этой области науки. В беседе затрагивается вопрос о роли реакции Белоусова — Жаботинского в развитии синергетики, теории активных сред.

Ключевые слова: колебательные процессы и резонансы в биологии, реакция Белоусова — Жаботинского, пероксидазно-оксидазная реакция, теория активных сред, Д.А. Франк-Каменецкий, А. Пуанкаре, А. Тьюринг.

Птушенко В.В. — Фазли, я хотел бы начать наш разговор с просьбы объяснить то противоречие, которое, как кажется на первый взгляд, было в твоих воспоминаниях о твоей работе с Симоном Эльевичем и о его вкладе в науку. В тех воспоминаниях, которые ты мне передал для публикации в этом сборнике и которые были ранее в несколько сокращенном виде опубликованы в качестве некролога в «Троицком

варианте»¹, ты говорил о том, что вклад С.Э. в науку фантастически велик, и ты его считаешь научным подвигом. С другой стороны, в твоих воспоминаниях, которые мы записывали для фонда «Устная история», ты рассказывал, насколько сложными были твои отношения с С.Э. и в студенческие², и в аспирантские годы, какой ерундой тебе казалось то, чем он предлагал тебе заниматься, насколько, скажем так, маргинальными были те работы, к которым С.Э. проявлял интерес. В какой момент произошел перелом в твоём отношении к Шнолю и ты стал понимать эту его значительную роль в науке?

Атауллаханов Ф.И. — Я был студентом на кафедре биофизики, пришел в лабораторию Шноля делать дипломную работу. Честно говоря, я пришел туда не потому, что меня очень сильно увлекали идеи того, чем там занимались, а из шкурных соображений. У меня не было московской прописки, я был вообще никто, мне надо было ехать в Пушкино. А в Пушкино — лаборатория Шноля, почему бы и нет? А в лаборатории Шноля — куда? На самом деле я особо даже ничего и не выбирал. Меня как бы пихнули к Лобышеву. То есть, совершенно не выбирая ничего, я оказался погружен в ту ахинею, которую С.Э. всячески пытался культивировать. Лобышев дал мне задачу. Говорит, вот есть такая дама, я уже забыл ее фамилию, где-то в Симферополе. Она опубликовала статью, которая показала некие резонансные свойства электропроводности растворов белков в каком-то диапазоне частот, порядка, наверное, меггерц или что-то около. И вот у нее там были прямо такие резонансы!



Рис. 1. Фазли Атауллаханов // Личный архив С.Э. Шноля

Fig. 1. Fazly Ataullakhanov (S.E. Shnoll's personal archives)

¹ *Ф. Атауллаханов* Роль Симона Шноля в открытии механизмов реакции Белоусова — Жаботинского (Памяти Симона Шноля. Юрий Нечипоренко, Хосе Луис Хернандес Касерес, Валерий Н. Сойфер, Василий Птушенко, Фазли Атауллаханов, Маша Тутукина). «Троицкий вариант — Наука» № 19 (338), 21 сентября 2021 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.trv-science.ru/2021/09/pamyati-shnolya/>, https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/436161/Pamyati_Simona_Shnolya. (Здесь и далее — прим. В. Птушенко.)

² Фрагмент этих воспоминаний Фазли Атауллаханова, необходимый для понимания публикуемой беседы с ним, приведен в Приложении 1 к этой статье.

В.В. — Это то, о чем ты рассказывал, когда ты для проверки этой работы сделал вибратор на шаговом двигателе?

Ф.И. — Нет, это была очень простая вещь. Смотри, человек берет электрохимическую ячейку, просто два электрода, в которую наливает раствор белка. И измеряет частотную характеристику этого устройства. И получает какие-то сложные зависимости, не похожие на то, что должно быть для обычного сопротивления, или конденсатора, или конденсатора с сопротивлением, то есть для обычных релаксационных систем. И говорит: ого, значит это белок дает эти все фокусы! А раз это белок, значит, белок и дает резонансные эффекты. И появляется статья, на которую Шноль, естественно, с его энтузиазмом реагирует со страшной силой. Он говорит: вот оно, ура! — давай Лобышев, разбирайся. А Лобышев — что? Он посадил студента. Разбирайся, студент. Студент разобрался. Сделал суперчувствительные по тем временам усилители. Все измерил, перемерил. Построил всякие электрические того, что там делается. И понял, что никаких резонансов у этого белка нет. Экспериментально показал, что можно просто солевой раствор правильной концентрации подобрать и получить такие же вещи — потому что кювета так по-дурацки устроена. То есть это все чистые артефакты.

Ну, диплом мне тем не менее за это на физфаке дали. Нельзя сказать, что это был блестящий диплом. Человек честно выполнил поставленную перед ним задачу. Естественно, что работы в этом направлении в лаборатории Шноля прекратились. Лобышев перестал заниматься электрическими характеристиками растворов белков. Сарвазян в это время занимался акустическими, ультразвуковыми характеристиками растворов белков, Лобышев — электрическими, Заикин тоже электрическими занимался. Но после этого Заикин прибил к Жаботинскому, и они занялись замечательными делами. А Лобышев в конце концов занялся просто водой. А я, окончив кафедру биофизики и, в конце концов, попав в лабораторию Шноля стажером, оказался опять без работы. Все, та работа закончилась, Шноль дает мне другую — и все в одной и той же сфере: это исследования колебательных процессов в биологии. Ну, я закрываю вторую работу, третью, четвертую. По-моему, там чуть ли не десяток этих работ набрался. И среди них в том числе и паровозик, который ты имеешь в виду³. Очень он зрительно смотрится хорошо! Но сколько может это продолжаться? Да сколько угодно. Потому что у Шноля таких примеров был миллион, на всю жизнь — продолжать закрывать эти эффекты один за одним.

Через год примерно этой деятельности, даже меньше, чем через год, когда я закрыл очередной подобный эффект, я решил, что — ну, хватит уже, сколько можно ерундой заниматься! Есть проблема: Шноль говорит, что в биологии бывают колебания, причем колебания резонансные. Он говорит много всяких слов, которых в физике очень мало. Но на то он и биолог, чтобы физику разбирали мы, его сотрудники, а не он сам. А он — энтузиаст этого дела. Я решил, что раз так, надо самому разобраться в этой самой колебательной науке и понять, что вообще в принципе может быть, а чего не может с точки зрения колебательных процессов. И я ушел в подполье, за что меня Шноль чуть не выгнал с работы. Я перестал ходить на работу. Засел за уравнения, за статьи. И осознал уже тогда отчетливо одну довольно простую вещь: что в биологии резонансных колебаний не бывает. Ни в биологии,

³ Я не могу не привести здесь фрагмент этих воспоминаний Фазли Атауллаханова, рассказанных им с большим юмором. Он приведен в Приложении 2 к этой статье.

ни в химии — нигде. Поэтому искать резонансы, как Шноль призывал, который видел всю эту колебательную кухню как резонансную, абсолютно неправильно, нету этого в биологии. Если кто-то говорит, что он обнаружил биологический резонанс, это не надо рассматривать — так же, как и вечный двигатель. До этого человечество еще не дошло, конечно, но я дошел и решил для себя: все, никаких резонансов, больше я этой ерундой не занимаюсь. И сделал какой-то доклад на семинаре у Шноля, в котором уже предлагалась некоторая позитивная программа. Я предлагал какой-то новый метод исследования кинетики ферментов. И это вызвало позитивную реакцию. Меня не успели выгнать из лаборатории. Все-таки Симон Эльевич был мягкий человек⁴.

К этому времени я поступил в аспирантуру. И, опять же, Шнолю было непонятно, что со мной делать. Ну, отдали меня Жаботинскому. Сказали: вот пусть Жаботинский будет у тебя руководителем. Жаботинский мне сказал: ты хочешь этим заниматься? Ну, занимайся. Вот тебе место. Я готов с тобой обсуждать раз в неделю то, что ты там делаешь. Так мы с ним и жили. Я не стал заниматься его колебательными процессами, занимался своими вещами, а он — своими. И мы с ним подружились и очень хорошо и мирно сосуществовали.

Но уже в этот момент я понял, что если искать какие-то колебательные процессы в биологии, то надо их искать в системах, которые специально для этого сделаны — в которых есть положительные обратные связи, в которых есть соответствующие элементы, обеспечивающие формирование релаксационной колебательной системы. Если просто резонансная система — это что такое? Это нечто, что само по себе трясется и колеблется — маятник, колебательный контур и т. п. Но релаксационные колебания нельзя получить просто так, это активная система, в которую надо закачивать энергию в определенном виде и иметь определенного типа связи и характеристики для того, чтобы в ней появились колебания. И с этого момента мне лично все стало ясно, и дальше уже пошла нормальная работа, каждый занимался своим делом. Я показал механизм... как же она называлась?.. — пероксидазно-оксидная реакция! Была описана такая колебательная реакция в системе пероксидазы, и непонятен был механизм этих колебаний. Но там-то, в отличие от обычных «резонансных» явлений в биологии, шла нормальная реакция, как реакция Белоусова — ну, естественно, другая биохимия, но там тоже были сильно неравновесные процессы. Этому была посвящена моя кандидатская диссертация. Я в этом разобрался, сделал теорию — она до сих пор жива и носит мое имя. Вместе с девочками, с которыми мы это опубликовали в свое время. Там все нормально: там действительно есть стадии, которые приводят к положительным обратным связям, там есть автокатализ, там есть ингибирование. То есть идеологически это похоже на то, что в реакции Белоусова — Жаботинского.

⁴ К моменту окончания аспирантуры отношение С.Э. к аспиранту Фазли Атауллаханову уже разительно изменилось. Об этом вспоминает и сам Фазли (см. ниже), но это можно видеть и, например, по выступлению С.Э. на защите кандидатской диссертации Фазли в 1974 г. Мне кажется, это очень яркое выступление, показывающее отнюдь не только отношения С.Э. Шноля и Ф.И. Атауллаханова, но и мировоззрение самого С.Э., его отношение к людям и умение менять и переосмысливать это отношение в лучшую сторону. Поэтому я хотел бы привести этот отзыв, сохранившийся в архивных материалах Института биологической физики АН СССР — см. Приложение 3 к этой статье.

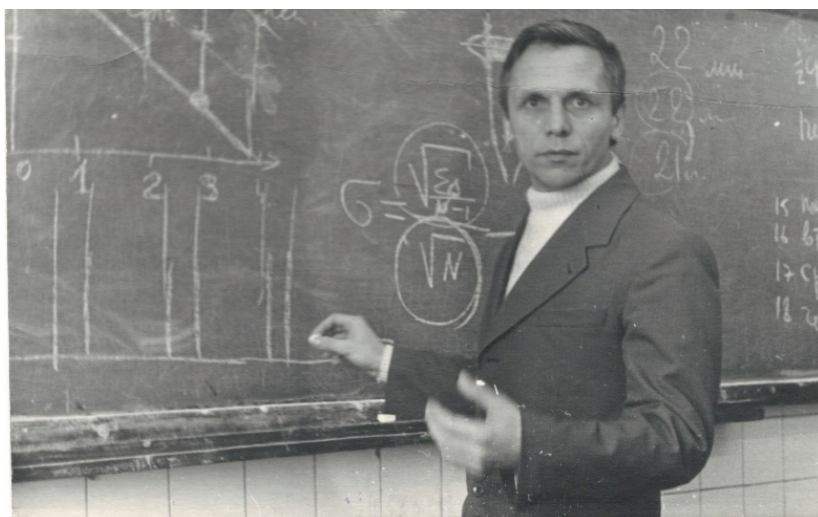


Рис. 2. А.М. Жаботинский (вверху), А.Н. Заикин (внизу).

Архив лаборатории физической биохимии ИТЭБ РАН

Fig. 2. A.M. Zhabotinsky (at the top), A.N. Zaikin (at the bottom).

Archives of the Laboratory of Physical Biochemistry, ITEB RAS

Ну, сделали, и слава Богу, и хорошо. К этому времени моя аспирантура закончилась. И мне места в Институте биофизики не нашлось, по счастью. Если бы не это, я бы продолжал заниматься реакцией пероксидаза-оксидазной.

В.В. — А какое впечатление о лаборатории в целом и о Шноле как ее руководителе у тебя осталось после этих трех-четырех лет работы в ней?

Ф.И. — Впечатление — о совершенно неправильном поведении Шноля как руководителя. Скажу на примере истории с реакцией Белоусова-Жаботинского.

Шноль дал задачу и самоустранился. Как ты знаешь, он потом даже не хотел соавторства. Это неправильно для руководителя. Что должен был делать С.Э. как руководитель? Погрузиться в предмет, который ты, естественно поначалу не знаешь. Новое ведь. А он устранился. Дальше: Жаботинский и Заикин — оба хорошие физики, но нулевые химики. Они сделали первый шаг и очень удачно его опубликовали на Западе. Большие молодцы. Но дальше нужно было разбирать химию того, что там происходит. Все, на что их хватило — это понять, что бромат является ингибитором (думаю, не без помощи Ягужинского⁵). Дальше еще раз повезло — статью заметил и подхватил Винфри⁶ — активный американец, который написал много популярных статей. Особо ничего в науку не внес, но масса народу об этой реакции узнала. И в игру включилась профессиональная лаборатория Нойеса⁷. Они быстро раскрутили почти всю химию этой реакции, а Тайсон⁸ быстро сделал осмысленные модели. Позже в игру включился Пригожин⁹ и все кругом загудело. Но если вспомнить о науке, то все печально. Русские быстро потеряли приоритет. И все раздражали другие люди. Типичная русская история. И вина на шефе всегда больше, чем на молодых. А С.Э. был биохимиком. Ему сам Бог велел залезть по уши в химию и продвинуть понимание. Тогда его вклад, а вместе с тем и русский вклад был бы качественно другой. А он устранился.

В.В. — А как ты думаешь, почему он устранился? Не хотел заниматься этим? Или не мог?

Ф.И. — Думаю, не мог. Точнее, не хотел погружаться, не хотел учить новую для него область науки. А шеф должен постоянно учиться, чтобы быть впереди учеников.

В.В. — Но Шноль специально пригласил в помощь Жаботинскому Льва Сергеевича Ягужинского, насколько я знаю, высококлассного химика. Наверняка это было более эффективное решение для исследования химизма реакции, чем включение в работу самого Шноля. Почему же и вместе с Ягужинским они не справились? Задача была слишком сложна?

Ф.И. — Не знаю, в чем было дело.

⁵ Лев Сергеевич Ягужинский (р. 1935), химик специалист в области биоэнергетики. В начале 1960-х гг. сотрудничал с лабораторией С.Э. Шноля в исследованиях реакции Белоусова-Жаботинского.

⁶ Артур Винфри (Arthur Taylor Winfree; 1942–2002), специалист в области математической биологии, занимался разработкой математических моделей таких биологических и химических явлений, как сердечная аритмия, циркадные ритмы, реакция Белоусова-Жаботинского, и др. В его память учреждена премия международного Общества математической биологии.

⁷ Ричард Нойес (Richard Masy Noyes; 1919–1997), физико-химик, автор (вместе с Р. Филдом) простейшей реалистичной математической модели реакции Белоусова-Жаботинского, получившей название «Орегонатор» (1974).

⁸ Джон Тайсон (John J. Tyson; born 1947), специалист в области математической биологии, автор математических моделей таких биологических и химических явлений, как колебательные химические реакции, возбудимые среды, регуляция клеточного цикла, и др.

⁹ Илья Романович Пригожин (1917–2003), физик, физико-химик, лауреат Нобелевской премии по химии за работы в области неравновесной термодинамики (1977 г.). Автор (совместно с Р. Лефевром) тримолекулярной математической модели колебательной химической реакции, получившей название «Брюсселятор» (1968).

В.В. — Скажи, пожалуйста, а когда и каким образом ты пришел читать лекции на кафедру биофизики? Кто тебя пригласил? С.Э. имел к этому отношение?

Ф.И. — Да, Симон Эльевич Шноль, с которым у нас были такие волны отношений, то в плюс, то в минус, в конце концов меня очень полюбил, и все эти годы он ко мне очень хорошо относился. А я всегда к нему хорошо относился — это только ему казалось, что я неправильно себя веду. На самом деле он замечательный... я бы сказал, пропагандист. Я не могу сказать, что Симон Эльевич — сильный ученый, он не много сделал собственно в науке; но то, что он привнес в российскую науку — это неоценимо, это колоссально. И когда я защитил докторскую диссертацию, он меня попросил: «Может быть, ты будешь какие-то лекции мне помогать читать?» И я начал читать эти лекции, стал появляться на кафедре по субботам, когда Шноль там бывал. Я начинал с четырех лекций в курсе биохимии Шноля, помогая ему рассказывать сложные вещи, касающиеся регуляции метаболических путей. Постепенно стало ясно, что это никакая не биохимия. Студентам нужна биохимия гораздо более примитивная. И сделали отдельный курс — мой курс биофизики клетки. С 1985 г. я эти лекции читаю, 40 лет. Лекции разрослись, курс непрерывно меняется, потому что наука не стоит на месте, все время появляется что-то новое, что нужно в курс добавлять. Вместо четырех в этом году была 51 лекция. Хотя я на кафедре никогда не был полноценным сотрудником. На четверть ставки, треть ставки, а первые лет пять читал их просто «на общественных началах».

Я сказал о том, как замечателен был Шноль. Но во время этих лекций я наблюдал и обратную сторону его как лектора, как ученого, не самую лучшую черту С.Э. Помогая ему читать лекции, я вынужден был слушать его лекции. И хорошо — наконец, я все мог слушать и даже обсуждать. Рассказывая разные байки, С.Э. любил рассказывать про реакции, которые с биохимической точки зрения бессмысленны. Например, про дезаминирование АМФ. И с характерным для него азартом рассказывал, какие идеи высказывались об этом в далеком прошлом. К этому времени, совсем независимо от этих рассказов, моя команда пришла к пониманию того, зачем нужны эти реакции в клетке. Мы все это хорошо опубликовали и по-русски, и по-английски. Естественно, С.Э. эти статьи не читал. Как-то раз после очередной лекции на эту тему я попытался ему рассказать, в чем дело. Но он быстренько прервал меня и не стал даже слушать, не говоря о чтении. Я не сильно удивился, поскольку уже сталкивался с его нежеланием погружаться в новую науку. Он вообще очень не любил читать современную биохимию. Он жил классической биохимией, которую впитал в себя студентом. Со следующего года, когда он рассказывал об этих реакциях теми же словами, что и раньше, он в конце добавлял: «А вот Фазли знает ответ. Пусть он вам и рассказывает».

В.В. — То есть он честно признавался в своем незнании, и что ученик его обошел? Я сейчас пытаюсь вспомнить биографии разных выдающихся ученых, и у меня создается впечатление, что это более или менее обычное явление — что человек застревает в той научной картине, которая впитана с юности, и так и не адаптируется к новым подходам.

Ф.И. — Может, и обычная, но какой ты лидер, профессор и прочая, если твой студент знает больше тебя?! Хочешь быть лидером — учись. Это не только никогда не поздно, но просто необходимо, раз ты ученый.

В.В. — Тогда от этого возвращаюсь к вопросу, с которого мы начали. Когда ты стал понимать тот научный подвиг Шноля, о котором писал в некрологе? Правильно ли я понимаю, что уже где-то к моменту окончания аспирантуры ты это осознал?

Ф.И. — Да, конечно. Потому что, когда я понял, что биологические колебания могут быть только в специальном образом устроенных системах, с током энергии и со всеми прочими вещами, я вошел в эту область и понял роль Шноля. Мне тогда стало ясно, что таких примеров очень мало, и на фоне вот этого вот хлама и десятков всяких «резонансных» статей на эту тему есть несколько примеров, где действительно по-настоящему возникают эти колебания. И что проблема в том, что этих примеров мало и их трудно исследовать. Шноль — тот человек, который вытащил наружу самый лучший.

В.В. — То есть ты понял, что вот этот раздражавший тебя интерес Шноля ко всяким сомнительным открытиям в биологии и его усилия по поискам, вытаскиванию «на свет божий» и организации исследований реакции Белоусова — Жаботинского — это как две стороны одной медали, неизбежные спутники друг друга в научном поиске Шноля?

Ф.И. — Да, именно так.

В.В. — А скажи, пожалуйста, — я понимаю, что это сослагательное наклонение, но тем не менее, по твоим ощущениям — как ты думаешь, если бы Шноль прошел мимо реакции Белоусова, не вытащил ее наружу, и вся эта белоусовская реакция вместе с ним канула бы в Лету, то сколько бы тут лет понадобилось, чтобы вновь к этому прийти? Или, может быть, все это уже витало в воздухе, и — если не Белоусов, так через пять лет кто-нибудь другой ее открыл, если не в СССР — так где-то еще?

Ф.И. — Ты знаешь, Вася, я думаю, что очевидных ответов конкретно на этот вопрос не существует, потому что реакцию Белоусова, может быть, и не открыли бы вовсе, или бы когда-то кто-то открыл как одну из множества колебательных реакций. Но в семидесятые-восемидесятые годы прошлого века, то есть спустя 20–30 лет после того, как Белоусов открыл эту реакцию, и примерно тогда, когда Жаботинский начал все это двигать, наука внутренне созрела до того, чтобы в этом начать разбираться. Реакция Белоусова была как бы — ну, такой спичкой, которая добавила скорости этому процессу. Но если бы ее не было, то все было бы то же самое, люди бы в этом во всем разобрались, только медленнее — они уже начинали в этом разбираться. Потому что самые первые работы, в которых все эти вещи были осознаны, были сделаны намного раньше, чем белоусовская работа появилась, в сороковые и даже в тридцатые годы, и это началось с работ Семенова по цепным реакциям и работ по механизмам горения.

В.В. — Франка-Каменецкого?

Ф.И. — Да, Франка-Каменецкого. Вот эти работы — они гораздо более сложные, потому что нет простой наглядной системы, в которой можно было бы все наблюдать. С пламенем не очень-то хорошо поработаешь! Но тем не менее они в эту сторону копали, и другие люди копали с других сторон, например, тот же Пригожин — физики пытались уйти от равновесной, даже квазиравновесной, термодинамики ко все более и более неравновесным системам. И возникали всякие слова — то синергетика, то еще что-то такое, как бы с разных сторон под это дело шел подкоп. И реакция Белоусова — Жаботинского — она идейно мало чего дала, она просто

дала экспериментальный объект, на котором очень легко и просто можно это все наблюдать, и именно это очень сильно двинуло все это направление. Например, когда Заикин увидел эти самые структуры, все эти самые кольца, мишени, ревербераторы и прочее, то стало ясно, что это потрясающая вещь: всего лишь чашка Петри, несколько реактивов, и ты все это можешь изучать до потери пульса!

Но если бы не было работ Белоусова, Жаботинского, Заикина и прочих, то к этому бы пришли другие люди — кардиологи, которые все равно изучали распространение возбуждения по активной среде, и у них там возникали эти ревербераторы и все те же самые проблемы и находки, и они бы медленнее, сложнее, но все равно бы пришли к этим же самым понятиям.

В.В. — Да, понятно, что с этой стороны идти было бы гораздо сложнее, не получалось бы простых промежуточных этапов, и тогда это действительно минимум на десятилетия растянулось бы, а то и на полвека.

Ф.И. — Ну, на полвека вряд ли. Я думаю, что действительно, может быть, лет десять-пятнадцать, может быть, двадцать — сэкономила эта реакция людям для понимания базисных вещей в этой области.

В.В. — То есть значение этой реакции было — как дрозофилы для генетики? Не то что без нее совсем не обойтись, но с ней гораздо...

Ф.И. — Да, гораздо удобнее. Удобный, простой, наглядный пример, на котором можно все закономерности видеть.

В.В. — То есть получается, что, когда Франк-Каменецкий в конце тридцатых в горении все это обнаружил, еще не созрело, так сказать, научное окружение?

Ф.И. — И сам он не до конца понимал то, что делает. Но объект был тот, и рано или поздно они бы разобрались и пришли бы к пониманию этих самых закономерностей, которые так легко и просто видеть в реакции Белоусова — Жаботинского.

В.В. — Можно ли в двух словах сказать, что изменилось в науке в целом с конца 1930-х по начало 1960-х? Что именно приводило к тому, что в 1930-е эти идеи были непонятны, а в 1960-е уже все было готово к их восприятию? Математические методы? Но ты подчеркивал, что они все, по сути, шли уже от Пуанкаре. Химия? Или, может быть, неравновесная термодинамика?

Ф.И. — Не в словах дело, а в понимании. Нужно было время и люди, которые поймут эти сложные вещи. На это нужно время, на это нужны десятки лет, чтобы появился один человек, который может это все внутри себя осознать.

Ну, смотри, эти среды в какой-то степени, если посмотреть с точки зрения классической физики — это крайне неудобные объекты. Почему? Потому что они очень сильно нелинейны, а физика не умеет работать с нелинейными объектами. Поэтому, например, теория фазовых переходов создавалась очень долго. Осознание того, что надо создать теорию фазовых переходов, пришло еще в XIX в., а и в XX в. ее толком не было, и теория фазовых переходов Ландау — это еще далеко не полноценная теория. Очень искусственно, условно, на каких-то довольно странных предположениях сделанная теория, которая, по сути дела, толком ничего не объясняет. А фазовый переход — это важная вещь в физике, правильно? А ничего сделать не могли, понять ничего не могли. Что, инструмента не было? Уравнений не было? Да нет, уравнения можно было написать, но их нельзя было решить, невозможно было проанализировать. Ну, по крайней мере, наверное, не было людей, которые могли бы так глубоко в это погрузиться и разобраться.

Очень прихотливая вещь — наука, и то, как устроено понимание людьми разных вещей. Например, смотри, вот динамический хаос: всего-навсего — простая, в общем, тривиальная достаточно вещь. И уравнения тривиальные, всего три уравнения с какой-то очень небольшой нелинейностью. А открыт этот динамический хаос был только в 1950-е гг. Лоренцем. Почему? Мог это дело открыть Пуанкаре? Мог. Больше того, его работы по динамике трех тел очень близко к этому подходят. Может быть, он в голове и понимал всю суть этого дела, вот этот динамический хаос и все закономерности, но он не мог решить эти уравнения. И Лоренц не смог их решить, он был, конечно, гораздо слабее, чем Пуанкаре. Почему же тогда в 1950-е гг. это состоялось? Появился компьютер, Лоренц уравнения аналитически не решил, но показал решение в виде численных вещей. И — поехало. И люди осознали эту вещь, стали вдумываться, понимать и разбираться.

Может быть, кстати, здесь компьютеры сыграли существенную роль, по крайней мере в теории фазовых переходов точно. Там никаких нормальных уравнений до сих пор нет, и после Ландау тоже много было разных других, и даже Нобелевских премий за теорию фазовых переходов, а все пустое. И по-настоящему то, что там происходит, мы стали понимать, только когда появились мощные вычислительные системы. Потому что уравнения написать можно, а решить их... даже не решить, а просто понять, что в этих уравнениях, нельзя, потому что они сильно нелинейные. Не умеем мы сильно нелинейные вещи анализировать.

Собственно, то, что принесла теория активных сред, это... Ну, фазовый переход — это тоже кусочек этой науки. Это как бы большая наука, касающаяся всяких сложных процессов в сильно нелинейных средах, и фазовые переходы — это тоже один из таких примеров, когда происходит сильно нелинейный, сильно неравновесный процесс. А вроде лежит на поверхности, люди видели эти фазовые переходы, ну, сколько тысяч лет до того, как мы стали понимать и вообще эти слова придумывать. Спокон веку, что называется. Поэтому вот здесь очень трудно выводить какие-то закономерности. Случаи играют исключительную роль. Случаи и люди. Отдельные уникамы, которые время от времени рождаются и могут в этом разобраться.

В.В. — И кто были эти уникамы вот здесь, в шестидесятих годах? Сам Жаботинский? Или ты имеешь ввиду еще кого-то, благодаря кому стало возможным развитие этой области в начале шестидесятих?

Ф.И. — Смотри, развитие этой области стало возможным благодаря в первую очередь работе Тьюринга. Это пятидесятые годы. Структура Тьюринга — это была революция. Это была чисто из головы выдуманная вещь... абсолютно неправильная. Статья Тьюринга опубликована в очень приличном журнале, *Proceedings of the Royal Society*, королевское общество опубликовало эту работу. И как эта работа устроена? Он написал несколько химических уравнений. И в этих химических уравнениях возникали эти структуры. Но он не мог эти химические уравнения как следует даже проанализировать. Он их проанализировал каким-то странным образом, почти что на пальцах, кое-где используя численные решения, просто цифры подставляя в эти уравнения и получая из этого какие-то выводы. И я думаю, что он отлично все понял до всяких уравнений. Но ему нужно было как-то людям объяснить то, что он понял. И поэтому он написал эту систему уравнений. Позже было показано, кстати, Корзухиным, что химия, которую написал Тьюринг, абсолютно неправильная, она невозможна. То есть такая химическая система в принципе

невозможна. С точки зрения химии это была ошибочная работа. И я думаю, что, конечно, Тьюринг не химик и химия ему была до лампочки. А он пытался изложить людям представление о том, что в сильно нелинейных системах — ну в данном случае он в качестве примера этой нелинейности взял химические уравнения — возможно возникновение структурной неустойчивости. Когда пространство исходно изотропное вдруг перестает быть изотропным. И он вообще-то думал, что он вообще не про химию говорит и не про физику, а говорит про биологию и механизмы дифференцировки и возникновения организмов. То есть как образуется организм из одной клетки.

Я думаю, что такие люди, как Тьюринг, они абсолютно... Он это все замечательно понял, и главная его трудность была в том, как это объяснить людям. Он это понял без уравнений, и без всякого понимания биологии — кроме общего понимания, что из одной клетки получается сложная структура. У него в голове появилось представление о том, как это может происходить, чисто динамически. И он думал, а как бы это дело другим объяснить. И не мог, наверное, долго не мог придумать, пока, наконец, не увидел, что можно какие-то химические реакции написать и с их помощью проиллюстрировать эту идею.

Это оказалось чрезвычайно плодотворным, потому что это сломало идейный барьер. А реакция Белоусова, я говорю еще раз, это не идейная вещь вообще, это была чисто экспериментальная модель, на которой удобно эти вопросы исследовать. Поэтому главное достоинство Толи Жаботинского, моего учителя и друга, состояло в его железной неуклонности. Не то, что его осенили какие-то гениальные идеи, а в том, что он, взявшись за эту задачу, с неуклонной железной упрямостью разбирал ее по косточкам. И на всякие глупости, которые говорили рецензенты Белоусову, он не обижался, а просто пытался поставить простые эксперименты, которые опровергают их доводы о том, что это артефакты, о том, что это происходит на границах сред, и прочее. Это была его главная заслуга. Он показал, что эта химическая реакция является удобным инструментом для исследования вот этих сложных, сильно неравновесных явлений, конкретным объектом, на котором эти неравновесные явления — прямо в изобилии! — легко наблюдаются. Но как только эта статья была опубликована на Западе — все, в СССР все кончилось. Потому что у нас занялись любимым делом — начали выживать Жаботинского из института, стали объяснять, что какая-то ерунда все это, вся эта реакция Белоусова, хоть ее и опубликовали в *Nature*, но все равно это все какая-то ерунда — какое она имеет отношение к биофизике?! Какая это биология? Никакой биологии нет. Какая-то химия дурацкая — «малоновая кислота»... Всем казалось, что это игрушки. На уровне юного химика. Чего-то намешали, чего-то видим, чего-то там бегают куда-то, чего-то там как-то шевелится. Зачем он нужен, этот Жаботинский — и потихоньку его вообще выдавили из института. Конечно, не сразу. Просто никто не считал в Институте биофизики, что это важное направление. По сути получилось, что за всю историю существования этого института — это самое главное его достижение. Хотя и совсем не биофизическое. Но оно потом и в биофизике пригодились, и много где. Но простора для работы Жаботинского в институте не нашлось. Ни возможности организовать для него отдельную лабораторию, ни поддержки с закупками оборудования.

Вот один пример. Жаботинский и Заикин увидели пространственные явления в реакции, а она происходила между желтым и белым цветом. То есть ближний

ультрафиолет. И глазами плохо было видно эти все колебания. Жаботинский с Заикиным — наверное, с подачи Заикина, я не могу точно сказать, кто это осознал, что есть видеокамеры, которые более чувствительны в этой области, чем человеческий глаз, — заказали по тем временам довольно дорогую технику, которая могла это все регистрировать. Но внутри этой техники, как часть этой кухни, были хорошие телевизоры. Два, по-моему, телевизора они там заказали. Эти телевизоры — ну, для России тогда это все была экзотика. Но когда этот заказ каким-то странным образом все-таки выполнен, один из пушинских начальников узнал, что пришли два хороших телевизора, и он их немедленно забрал себе. Не потому, что ревновал Жаботинского, а просто поставил их себе дома и наслаждался программой передач.

К сожалению, сильно новые вещи в науке остаются непонятными людям на протяжении многих десятилетий. А если они непонятны, то это не значит, что к ним есть уважение. Если человек не понимает что-то, он же не говорит: «Это, наверное, что-то очень важное, но я просто не понимаю, о чем речь идет». Никогда никто так не скажет. Если он не понимает, он говорит, что это чушь, — сразу, безапелляционно. А если он еще при этом какие-то посты занимает, то уж он постарается, чтобы эта чушь не доминировала в его епархии — в его институте, лаборатории или еще где-то. Ну, из самых разумных, благородных соображений, не из зависти, он действительно искренне верит, что это чушь, на которую в крайнем случае можно не обращать внимания, но уж культивировать-то никак нельзя.

В.В. — В общем, как я понимаю, научная позиция Шноля была в этом отношении прямо противоположной, вплоть до крайностей?

Ф.И. — Думаю, да.

В.В. — Спасибо!

Приложение 1

Здесь приведен фрагмент воспоминаний Фазли Атауллаханова, записанных мною для фонда «Устная история» (к моменту выхода этого выпуска они уже опубликованы на сайте «Устная история», <https://oralhistory.ru/talks/orh-2600>). Несмотря на то что эти воспоминания очень критические, мне кажется, что они непременно должны быть приведены здесь, т.к. замечательно показывают и причины той резкой полярности отношений к С.Э. выпускников кафедры биофизики, о которой я могу судить по общению с представителями разных поколений, и замечательные черты С.Э., проявляющиеся в его поведении даже в печальных конфликтных ситуациях.

В. Птушенко

Наши отношения с Симоном Эльевичем были очень сложные. Особенно в молодости. Ну, по разным причинам. Первая причина была... Он на меня очень сердился, и даже поговаривали о том, что меня с кафедры надо гнать. Но думаю, что до этого бы никогда не дошло. Кафедра тогда не была такой, чтобы прямо уж гнать человека. Но за что? Я не ходил на лекции Шноля. И это, наверное, его вообще бесило до глубины души. Но он-то был уверен, что он блестящий лектор и совершенно замечательные лекции читает. И кто спорит? Он действительно был блестящий лектор и читал замечательные лекции! Но не по биохимии. Это не биохимия. Это черт-те что. Я это тогда понял. И не стал ходить на его лекции. Я предпочитал прочесть несколько учебников по биохимии — благо, я быстро читал — и этим ограничиться, а это время проводить в других лабораториях, у старших товарищей. У меня было несколько приятелей по общежитию, которым я делал дипломы. Одному в корпусе А (в Институте Белозерского), другому в Институте мол. биологии. Я что-то паял, какую-то конструкцию собирал, какой-то прибор строил — одному, другому... И это мне доставляло колоссальное удовольствие. И очень хорошо получалось. А сидеть на лекциях Шноля и слушать какие-то анекдоты про биохимию мне было неприятно. А Шнолю было неприятно видеть такого студента, которому это неинтересно. Ему казалось, что это не потому, что его лекции посвящены не биохимии, а потому, что я неуч, нерадивый студент, которому-то все наплевать. Он ничем не интересуется, даже такие замечательные лекции слушать не хочет.

Но я глубоко благодарен Симону Эльевичу за то, что он не довел эту неприязнь до того, до чего обычно российские люди всегда это все доводят, до полного разрыва и уничтожения.

Приложение 2

Еще один яркий фрагмент воспоминаний Фазли Атауллаханова из той же беседы («Устная история», <https://oralhistory.ru/talks/orh-2600>), о его работе в лаборатории С.Э. Шноля — о непростых событиях, но с большим юмором!

В. Птушенко

Когда я приехал в лабораторию Симона Эльевича продолжать это дело, заниматься было особо нечем, и Симон Эльевич в своей традиционной манере — ну, он был человек очень деликатный, он не мог мне сказать: “Фазли, займись-ка ты моими колебаниями!” — он ждал, когда я сам, наконец, раскачаюсь до этого. И он мне предложил какую-то другую статью, в которой тоже какие-то резонансы обнаружили, тоже еще чего-то. Ну, я пару месяцев поработал и закрыл эту работу тоже. Потом мне дали еще какую-то тему, потом здесь на биофаке был профессор, очень хороший мужик, очень приятный. У нас с ним были даже очень хорошие отношения. Забыл его фамилию...

А идея была такая. Он показал, что облучение звуком, обычным звуком, культуры то ли дрожжей, то ли эшерихии коли, приводит к резонансному увеличению скорости роста. Вот когда ты трясешь их с одной частотой, это увеличение маленькое, а с определенной — там резонанс. Ну, такая четкая картинка у него получалась, объясняющая действие звука на эту систему. Он даже подозревал, что это, наверное... Да, Шноль это объяснял тем, что это как раз те частоты, на которых идет синтез белка, и вот рибосома работает с этой частотой, и когда мы ультра-... не ультра-, а обычным звуком ее как бы подпихиваем — вот она и дает эти резонансы. Такая жуть! Но я честно, не предвзято — мне сказали сделать — я пришел, посмотрел на его установку. Значит, установка заключалась в чем? К акустическому динамику приклеили держатель для пробирки. Ставили туда пробирку, включали генератор с разными частотами и получали эти самые кривые роста. В пробирках на определенных частотах все росло гораздо быстрее. Ну, я тут же понял, в чем дело. Тут думать-то особо не пришлось, мгновенно все было понятно. Но нужно было доказать, что это так. Значит, этот динамик с пробиркой имел такую резонансную частоту. На этой частоте все тряслось лучше всего. А лучше росло, потому что лучше тряслось. Мешалка, обычная, нормальная резонансная мешалка — и все!

Так что я сделал, чтобы доказать, что это все артефакт? Я построил устройство, которое трясло пробирку с определенной, заранее заданной амплитудой. И как оно ее трясло? Это был, конечно, шедевр. Я построил паровоз, то есть шатунно-кривошипный механизм, который железно, стопроцентно давал одну и ту же амплитуду при любой скорости вращения. Ну, он не мог давать другую, потому что это просто механика, самая натуральная. А что приводило его в движение? Ротор центрифуги угловой. Я такое сделал приспособление, что эта штука ставилась на центрифугу, центрифуга крутилась, это колесо крутилось, и эта штука тряслась с постоянной амплитудой. Обычная центрифуга с угловым ротором, но не быстрая. Там скорость же управляется, скорость вращения ротора. И, соответственно, скорость колебаний этого трактора или паровозика тоже менялась. Частота менялась, естественно. Частоту мы аккуратно померили, крышку центрифуги заблокировали, чтобы она не требовала закрывания обязательно, и сделали все эти опыты на тех частотах, на которых он эти резонансы получал. Мы получили эффект! Но на всех частотах один и тот же!

Приложение 3

*Выступление С.Э. Шноля на защите кандидатской диссертации Ф.И. Атауллаханова 10.04.1974 (Объединенный научный архив ФИЦ «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской Академии наук». Ф. 1. Оп. 1. Д. 418 Л. 136–137).
В. Птушенко*

Уважаемые товарищи! Мой долг характеризовать Ф.И. Атауллаханова в качестве научного работника. Я думаю, что мое мнение разделят многие, знающие Атауллаханова, что он представляет собой, без преувеличений, идеальный тип научного работника. Я бы сказал больше. Это идеальный сотрудник лабораторий, разных причем. Сейчас я обосную эти заявления.

Мне известен Фазоил Иноятович с его третьего курса университета. Я следил и присутствовал при всех стадиях его обучения после третьего курса в университете. Это был блестящий студент. Он работал здесь, в Пушкино, с 1968 года, его дипломная работа, его стажерство, аспирантура — все прошло здесь, и мы, от имени коллектива кафедры биофизики и коллектива нашей лаборатории, можем наверное сказать, что по сочетанию теоретического склада ума, глубокой и широкой теоретической подготовки и весьма высокого экспериментального искусства, наверное, кого-либо трудно с ним сопоставить. Это я не с тем, чтобы превосходным образом и дальше так говорить, я просто на самом деле других таких примеров не знаю. Я думаю, что наиболее часто эти свойства выражаются в наших годовичных семинарах, когда Фазоилу Иноятовичу принадлежит весьма ценный, не всегда ценимый, впрочем, труд и искусство обобщать услышанное наиболее лаконичным образом. Это искусство (которое меня всегда поражало, и я надеюсь, будет и дальше доставлять нам удовольствие) — вслед за долгим докладом сказать в нескольких словах, о чем шла речь, — ему принадлежит, и он, возможно, передаст когда-нибудь это искусство другим. Он счастливый экспериментатор. Это значит, что созданные им установки работают сразу. Это тоже столько же наука, сколько и искусство, не вполне мне понятное, но, безусловно, имеющее место. Есть еще одно свойство в оправдание того, что я сказал об идеальном сотруднике лаборатории. На протяжении этих лет Фазоил Иноятович работал не столько, может быть, над своей непосредственной проблемой, сколько тянул, помогал и укреплял работу всех, кто в этом нуждался, а многие нуждаются в дружеской поддержке. Это весьма редкое свойство: бросить свою работу и начать налаживать работу товарища, начать вместе с ним пробивать трудности эксперимента — ценнейшее, и как бы хотелось, чтобы оно было распространенным, свойство.

Вот по совокупности: по глубине теоретической подготовки, экспериментальному искусству и редкому свойству товарища, я думаю, что все это соответствует сказанному, — это идеальный научный работник, и сегодняшняя его диссертация — малая часть того, что он сделал в научной работе, и сам он конечно же соответствует всем возможным искомым степеням

Two sides of the same coin

FAZLY I. ATAULLAKHANOV¹

(THE INTERVIEW WAS CONDUCTED BY VASILY V. PTUSHENKO²)

¹ Center for Theoretical Problems of Physico-Chemical Pharmacology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

N.M. Emanuel Institute of Biochemical Physics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; ptush@belozersky.msu.ru

Fazoil (Fazly) Inoyatovich Ataullakhanov is a biophysicist, member of the Russian Academy of Sciences, director from 2006 to 2018 and scientific adviser since 2018 at the Center for Theoretical Problems in Physico-Chemical Pharmacology of the Russian Academy of Sciences, professor at Moscow State University and Moscow Engineering Physics Institute, and Soros Professor (a prestigious academic position funded by the Soros Foundation). The memoirs presented here combine excerpts from several conversations that took place in 2023–2024. In them, F.I. Ataullakhanov recalls the beginning of his work in S.E. Shnoll's laboratory and shares his critical views on the direction of S.E. Shnoll's research. His work began with verifying numerous studies conducted by other scientists, which reported finding oscillations or resonance effects in biological systems. However, after thorough verification, they turned out to be artefacts. Fazly describes the development of his understanding of oscillations in biological systems, which ultimately led him to recognise the significant role of S.E. Shnoll in the advancement of this field of science. He also touches upon the role of the Belousov — Zhabotinsky reaction in the development of synergetics and the theory of active media.

Keywords: oscillatory processes and resonances in biology, Belousov — Zhabotinsky reaction, peroxidase-oxidase reaction, theory of active media, D.A. Frank-Kamenetsky, J.H. Poincaré, A. Turing.