



ХИМИЯ
И ЖИЗНЬ



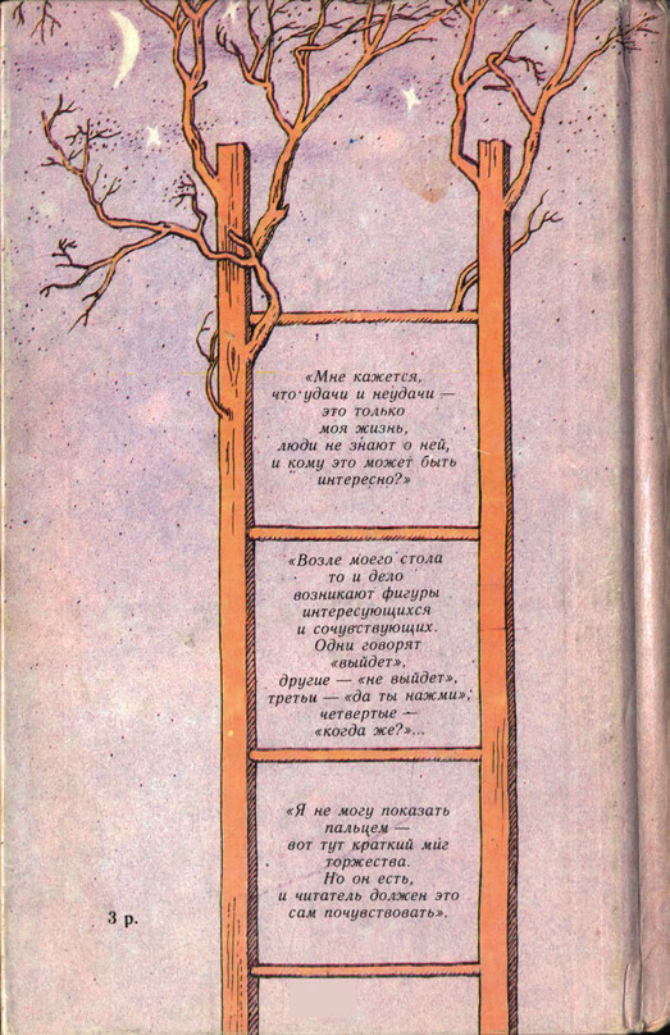
КРАТКИЙ МИГ ТОРЖЕСТВА

БИБЛИОТЕКА ЖУРНАЛА "ХИМИЯ И ЖИЗНЬ"

КРАТКИЙ МИГ
ТОРЖЕСТВА

ОТОМ, КАК ДЕЛАЮТСЯ
НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
"НАУКА"

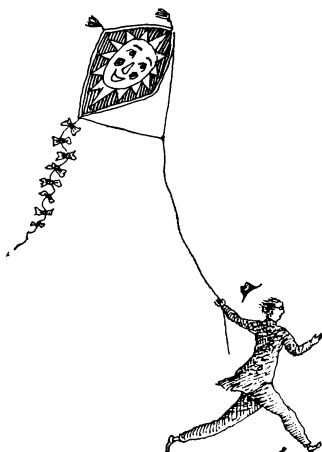


«Мне кажется,
что удачи и неудачи —
это только
моя жизнь,
люди не знают о ней,
и кому это может быть
интересно?»

«Возле моего стола
то и дело
возникают фигуры
интересующихся
и сочувствующих.
Одни говорят
«выйдет»,
другие — «не выйдет»,
третьи — «да ты нажми»,
четвертые —
«когда же?»...

«Я не могу показать
пальцем —
вот тут краткий миг
торжества.
Но он есть,
и читатель должен это
сам почувствовать».

БИБЛИОТЕКА
ЖУРНАЛА
ХИМИЯ И ЖИЗНЬ



**КРАТКИЙ МИГ
ТОРЖЕСТВА**

О ТОМ, КАК ДЕЛАЮТСЯ
НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКА»
1989

ББК 24.84
К 78
УДК 8294 : 087.6 (023.11)

Составитель

ВЕРА ЧЕРНИКОВА

Рецензент

доктор физико-математических наук

ВАЛЕРИЙ ИВАНОВ

Художник

ВЛАДИМИР ЛЮБАРОВ

К $\frac{4702010204-001}{055(02)-89}$ Без объявл.

ISBN 5-02-007779-8 © Издательство «Наука» 1989 г.

*Перед вами, читатель, первая книга
нашей «Библиотеки».*

*Она выходит спустя двадцать три года после того,
как появился первый номер журнала «Химия и жизнь».*

*В предисловии к этому номеру редакция писала,
что далеко не все о новом издании
ей самой уже доподлинно известно.*

*Вот и о том, как сложится «Библиотека»,
знать заранее просто нельзя.*

*Но одно можно сказать определенно:
основой ее книг станет то лучшее, что было
создано за два десятилетия журналом
и его авторами.*

О чем эта книга?

*О том, как совершается научное творчество.
История науки полна событиями, которые круто
меняли ее пути. Одни, подобно взрыву, сразу
проламывали стену неизвестного.*

*Другие, как тихий поток, размывали пласты
прежних представлений, постепенно прокладывая
новые русла. Этот путь к истине
вызывает в нас обостренный интерес.*

*Мы осмысливаем причины
и следствия, ищем новые подробности,
перебираем имена. Нас интересует в судьбе
ученого все — сюжеты, полные хорошо видимого
действия и скрытая работа мысли.*

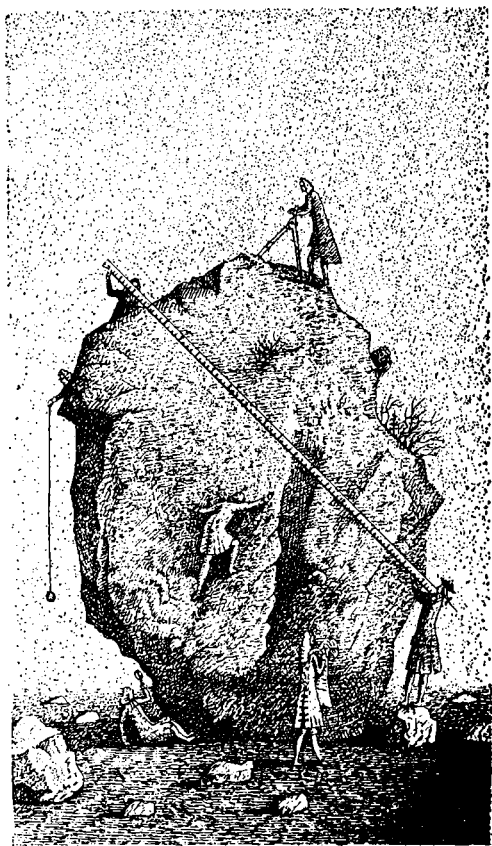
*Нас интересует, как человек выбирал
цель исследования, что преодолевал в себе,
с кем сотрудничал,*

*что читал, каковы его способ анализа и острота
интуиции, какие вопросы он задавал себе,
природе, людям. Как он шел*

к открытию и каким стал миг его торжества.

*Главным героем «Химии и жизни» всегда был
человек науки. Ученому, нашему современнику,
посвящен и первый сборник нашей «Библиотеки».*

Академик И. В. ПЕТРЯНОВ-СОКОЛОВ



ТАКИМ ОБРАЗОМ, Я ПРИШЕЛ К ИДЕЕ

АКАДЕМИК Н.Н. СЕМЕНОВ

ФАКТЫ И ИДЕИ
В ТВОРЧЕСТВЕ УЧЕНОГО

АКАДЕМИК В.А. ЭНГЕЛЬГАРТ

ЛАБОРАТОРИЯ У КОРОВЬЕГО БРОДА

АКАДЕМИК И.П. КУУНЯНЦ

МАКСИМУМ УСИЛИЙ-
НА МИНИМУМЕ
ПРОБЛЕМ

ПРОФЕССОР
Э.А. РОГОВИН

ТАКИМ
ОБРАЗОМ,
Я ПРИШЕЛ К ИДЕЕ

АКАДЕМИК
Н. Н. СЕМЕНОВ

«Я привык просыпаться с ощущением радости». Эти слова академика Семенова (1896—1986), человека, чей рабочий день нередко затягивался за полночь, запомнились с середины шестидесятых годов. В те времена Николай Николаевич Семенов — кандидат в члены ЦК КПСС, депутат Верховного Совета СССР, вице-президент Академии наук, директор Института химической физики и всем миром признанный глава крупнейшей научной школы. И именно так он ответил на вопрос, успел ли отдохнуть к началу семинара, открывшегося в девять часов утра (накануне пришлось заседать до трех ночи).

Как донести в словах все своеобразие этой удивительной личности? Физик по образованию и стилю мышления — а революцию совершил в химии, став в то же время и одним из тех, кому мы обязаны освоением атомной энергии; крупнейший авторитет в кругу химиков — а необратимое воздействие оказал на развитие биологии, техники, методологии познания. Если попытаться все же высказать ключевые слова, определяющие такой нестандартный, уникальный комплекс, это были бы: гармония, цельность взгляда на мир, не расщепленный в своей реальности на деланки, соответствующие «ведомствам» отдельных отраслей науки.

Мы, работающие в «Химии и жизни» и участвовавшие в ее создании, знали Николая Николаевича не понаслышке и испытывали к нему особые чувства: первый в мире научно-популярный журнал, целиком посвященный проблемам химии и биологии, был организован при его горячем участии, первый номер «Химии и жизни» открывается его статьей о будущем — статьей, в которой он пожелал журналу «полнокровной, беспокойной, творческой жизни».

Дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской, двух Государственных и Нобелевской премий, он был на редкость демократичен, у него всегда находилось время для любого, кто приходил к нему с новой идеей, изобретением, деловым предложением. «У настоящего ученого занятие наукой является непреодолимой потребностью, более того, подлинной страстью, которая всегда романтична», — это сказано Семеновым на конференции молодых ученых. И это полностью приложимо к его собственной жизни.

Штрихи к портрету...

В Черноголовке организуется филиал Института химфизики. Семенов буквально болеет этим делом. Трудностей поначалу более чем достаточно — и снабжение, и строительство, и кадры... Решает их Николай Николаевич чисто по-семеновски. Чтобы привлечь в филиал талантливую молодежь, беседует не только с намеченными кандидатами, но и с их женами. Добивается, чтобы в Черноголовке была лучшая в Московской области средняя школа («Вот увидите, родители еще будут сюда возить детей из Москвы»), чтобы сохранились нетронутыми окрестные леса («Если посадить туда два десятка тетерок и уберечь их от лис и браконьеров, через два года будет уже около трех тысяч тетеревов»). А одновременно добывается доставки труб, цемента, арматуры на стройку, налаживает работу первой в Черноголовке столовой...

Другие эпизоды, запечатленные в записных книжках, в дневнике, в памяти...

Вот Семенов внимательно, даже дотошно, расспрашивает сотрудников о состоянии дел в области химии полимеров — а сам в это время составляет букет из цветов, стоящих перед ним в вазе.

Вот он, выходя из Ленинградского театра оперы и балета, восхищается исполнителями, только что танцевавшими «Болеро», — и вдруг вздыхает: «Жаль, что я вот так танцевать уже не могу».

Всегда увлеченный, стремительный Николай Николаевич...

Кандидат химических наук
М. И. Розлин

В 1924 г. моя лаборатория занималась интересными научными проблемами, и занималась с успехом.

Вместе с А. Ф. Вальтером мы развивали новую теорию так называемого теплового пробоя диэлектриков и

ставили целую серию острых опытов для проверки математических следствий нашей теории.

Совместно с Ю. Б. Харитоном и А. И. Шальниковым мы изучали совершенно новые вопросы конденсации паров из молекулярных пучков на сильно охлаждаемых поверхностях. Мы натолкнулись на неожиданные и интереснейшие новые явления и старались осмыслить их теоретически.

Совместно с В. Н. Кондратьевым и А. И. Лейпунским (тогда студентом) мы занимались только возникшей тогда новой областью — электронной химией. В дальнейшем Кондратьев стал одним из пионеров современной теории строения молекул и механизма элементарных химических актов.

В лаборатории работало несколько студентов, в числе их будущие академики и члены-корреспонденты АН СССР А. К. Вальтер, А. И. Шальников, А. А. Ковальский. Это был очень молодой и крайне активный в научном отношении коллектив, как, впрочем, и коллективы других лабораторий Физико-технического института. Так, в лаборатории самого Иоффе тогда работали такие молодые люди, как И. В. Курчатов, К. Д. Синельников, Я. И. Френкель, И. В. Обреимов и многие другие широко известные сейчас ученые. Наш общий учитель А. Ф. Иоффе заражал всех нас научным энтузиазмом, страстной любовью к исканиям — к раскрытию еще неизвестных тайн вещества, он приучал нас к строгому теоретическому повседневному анализу полученных экспериментальных результатов, к смелому выдвижению новых гипотез...

Как-то вечером — это было в конце 1924 г. — ко мне пришла З. Вальта, милая молодая девушка, окончившая университет. Она просила принять ее в аспирантуру института — в мою лабораторию. Я совсем ее не знал, но мои молодые сотрудники были с ней знакомы. Один из них много рассказывал ей о нашей работе. Зиночке хотелось работать у нас.

В трех комнатах лаборатории было тесно. Кроме того, меня так увлекали уже ведущиеся у нас работы, что мне не хотелось ставить еще одну новую тему. И все же, посоветовавшись со своими сотрудниками, я решил, хотя и не очень охотно, взять Зину Вальта к нам в качестве аспиранта. Мы решили поручить ей изучение выхода света при реакции окисления фосфора.

Всем известно, что фосфор на воздухе окисляется и интенсивно светится. Мы хотели выяснить, какая часть энергии этой химической реакции выделяется в виде светового излучения. Мы думали, что при атмосферном давлении возбужденные молекулы продуктов реакции в большинстве своем теряют энергию при столкновениях, не успевая испустить свет. С понижением давления этот эффект должен был бы уменьшаться, так как при этом столкновения происходят реже. Зато эффект излучения должен был бы возрасти. И мы думали, что относительная интенсивность свечения при очень низких давлениях кислорода будет в несколько тысяч раз больше, чем при одной атмосфере. Решено было проверить это на опыте...

Тема эта не являлась развитием других наших работ и идей. Она была выбрана случайно. И, признаться, не очень меня интересовала.

Если бы я знал, что двойная случайность — принятие в аспирантуру Вальта и поручение ей именно этой темы — определит в дальнейшем в значительной мере работу всего нашего коллектива! Конечно, разветвленные цепные реакции все равно были бы неизбежно открыты в скором времени, но то, что именно мы оказались пионерами этой важнейшей области химии и физики, явилось делом случая.

Детали того, что я хочу рассказать дальше, может быть, потребуют от многих читателей известного напряжения, но без этих деталей мне трудно обойтись — они существенны для рассказа, для понимания того, как из малого вырастает большое. Впрочем, читатель вправе пропустить иные подробности...

Установка Вальта была устроена так. Из сосуда, содержащего кусочек желтого фосфора, тщательно откачивали воздух. Сосуд нагревался, и при разных температурах, в интервале от 16 до 50° Цельсия, в нем устанавливались разные концентрации паров фосфора. Кислород впускался в сосуд под тем или другим давлением. Оно измерялось специальным чувствительным ртутным манометром, а для того, чтобы фосфорные пары и продукты реакции не портили манометра, между ними и сосудом стояла ловушка, охлаждаемая жидким воздухом. Непосредственно работой руководил Юлий Борисович Харитон.

В первых же опытах Харитон и Вальта натолкнулись на совершенно неожиданное явление. Оказалось,

что при достаточно низких давлениях кислорода, измеряемых сотысячными долями атмосферы, пары фосфора вообще не вступали в реакцию с кислородом и никакого свечения не было. Происходило нечто обратное тому, что следовало ожидать! Это было очень удивительно — ведь всегда считалось, что молекулы фосфора в любых условиях энергично и быстро соединяются с молекулами кислорода, образуя пятиокись фосфора.

И вдруг оказалось, что эта реакция не идет до тех пор, пока давление впущенного кислорода мало — меньше некоторого критического значения. При давлении выше критического она шла интенсивно с испусканием света. Впущенный кислород, реагируя с фосфором, выгорал. При этом его давление падало и наконец спускалось до указанного критического значения. После этого в течение двух суток не замечалось никакой реакции. Однако достаточно было добавить чуть-чуть кислорода, так, чтобы его давление снова стало выше критического, как опять появлялось свечение! Такое поведение противоречило всем существовавшим тогда представлениям о механизме химических реакций.

Харитон и Вальта забыли о первоначальной цели работы и занялись изучением этих новых непонятных явлений. При этом выяснился еще один, совсем уже странный факт. При давлении ниже критического кислород, как мы видели, не реагирует с фосфором. Достаточно, однако, ввести в сосуд добавку некоторого количества аргона, чтобы произошла яркая вспышка. Инертный газ аргон, не способный ни к каким химическим реакциям, делал кислород реакционноспособным! Это было уже настоящим чудом...

Нам так и не удалось поначалу теоретически разобраться во всех этих необычных явлениях, и мы закончили исследования опубликованием статьи Харитона и Вальта у нас и в Германии — в журнале «*Leitschrift für Physik*». Мы ограничились описанием полученных нами экспериментальных результатов.

Харитон уехал в длительную научную командировку — в Англию. Вальта перешла в аспирантуру другого института. Работа прекратилась. Но Лейпунский, запимавшийся тогда фотохимическим окислением паров ртути, попробовал, между прочим, установить: нет ли для этих реакций своего критического давления

кислорода? В менее четком виде, чем в случае окисления фосфора, он отметил это явление и здесь. Быть может, мы и не вернулись бы к работам с фосфором, если бы вдруг не возникла в том острая необходимость.

Работа Харитона и Вальта, к счастью, подверглась крайне острой критике со стороны знаменитого немецкого профессора М. Боденштейна, можно сказать главы мировой химической кинетики того времени. В краткой статье он прямо написал, что все результаты Харитона и Вальта являются иллюзией: в действительности никаких критических явлений не существует, а дело объясняется очень просто — несовершенством установки для опыта. Пока нет свечения, в сосуде с фосфором вообще нет кислорода. И вот почему. Сосуд у нас соединялся с манометром стеклянной трубкой, часть которой охлаждалась жидким воздухом. Пары фосфора из реакционного сосуда непрерывно проникали в холодную часть этой соединительной трубки — в ловушку, где и конденсировались. Таким образом, на пути впускаемого в сосуд кислорода возникала встречная струя из паров фосфора. Она не позволяла кислороду проникать в реакционный сосуд, пока в ловушке давление кислорода не пересиливало давления паров фосфора. А когда фосфор нагревался и давление его паров повышалось, естественно, надо было повысить давление кислорода, чтобы он проник в сосуд. Когда к кислороду добавлялся инертный газ, он, конечно, увеличивал его давление, и тогда в смеси с аргоном кислород получал возможность пройти внутрь сосуда. Начиналась реакция... Вот и все. Боденштейн отметил также, что предельные явления наблюдались в давние времена рядом авторов для многих реакций, но при проверке каждый раз оказывалось, что эти явления связаны с разного рода экспериментальными ошибками.

Прочитав статью Боденштейна, я увидел, что возражения очень серьезные. Мы попытались разобраться в опытах Лейпунского с окислением ртути и сами убедились, что там критические явления иллюзорны и полностью объясняются соображениями Боденштейна. Теперь у меня создалось трудное положение в самой моей лаборатории. Сотрудники явно сомневались в правильности опытов с фосфором... Однако, обдумывая весь ход опытов Харитона и Вальта, я все больше

убеждался, что эти опыты не могли быть объяснены боденштейновскими соображениями. Я решил сам провести новую работу, с тем чтобы окончательно решить вопрос.

Опыт был поставлен так, что исключалась всякая возможность диффузии паров фосфора из сосуда. Мы использовали другой тип манометра, припаяли его непосредственно к сосуду так, чтобы отпала нужда в охлаждаемой ловушке. На этой установке наличие критического давления было с полной несомненностью обнаружено и детально изучено. Качественно все наблюдавшиеся прежде явления были подтверждены. Количественные значения оказались несколько иными. Соображения Боденштейна, видимо, частично имели основания, но само явление, которое наблюдали Харитон и Вальта, оказалось реальным, а не иллюзорным. В частности, полностью подтвердился удивительный эффект инертного газа. Была получена очень простая зависимость между критическим давлением кислорода и количеством добавленного аргона. Мало того, мной совместно с Шальниковым было открыто еще одно столь же непонятное явление. Обнаружилось, что критическое давление кислорода сильно понижается при увеличении размеров сосуда, причем для сферы оно обратно пропорционально квадрату диаметра.

Хотя поставленные мной опыты с полной ясностью показали нашу правоту, я все же для полной убедительности произвел еще один опыт. В сосуд с фосфором я впустил кислород при давлении ниже критического. Затем стал постепенно заполнять сосуд ртутью, сжимая таким образом кислород. Когда он сжимался до критического давления, происходила вспышка. Если я сжимал его еще сильнее, возникало свечение, длившееся до тех пор, пока кислород не выгорал до критического давления.

Таким образом, все возражения Боденштейна были сняты.

В чем же причина этих удивительных явлений, так явно противоречащих всем представлениям о химических реакциях? Над этим я упорно, мучительно размышлял. Тот факт, что при давлении ниже критического молекулы фосфора и кислорода, непрерывно сталкиваясь, не реагируют друг с другом, ясно показывал, что прямого соединения этих молекул с образованием окислов фосфора не происходит. Мы давно

уже сопоставили этот факт с работами Боденштейна по другой фотохимической реакции — соединению водорода с хлором. Боденштейн показал, что под действием света эта реакция идет при комнатной температуре, причем один поглощенный световой квант приводит к образованию миллиона молекул хлористого водорода! Такую реакцию Боденштейн назвал цепной. Знаменитый немецкий физик и химик Нернст объяснил, в чем тут дело. Энергии кванта достаточно для того, чтобы двухатомная молекула хлора распалась на отдельные атомы. Каждый из них активнее первоначальной молекулы и потому легко вступает в реакцию с молекулой водорода. Она тоже двухатомна. Один из ее атомов вместе с атомом хлора дает молекулу продукта — хлористого водорода, а другой атом водорода остается свободен. Теперь он легко вступает в реакцию с ближайшей молекулой хлора, образуя вторую молекулу хлористого водорода и отдельный атом хлора... Это повторяется много-много раз, возникает как бы длинная цепь реакций. Она растет, пока два атома хлора соседних цепей случайно снова не соединятся в неактивную молекулу...

Уже во время опыта Харитона и Вальта мы думали, что реакция окисления фосфора идет таким же путем, причем активными частицами в этой реакции являются, как мы думали, атом кислорода и некий гипотетический первичный окисел фосфора.

Что касается начального зарождения таких активных частиц без освещения, в темноте, то в очень небольшом количестве они могут появиться просто в результате теплового движения. Но этих первичных частиц образуется так мало, что, несмотря на длинную цепь, реакция идет крайне медленно и при давлении ниже критического мы ее не можем заметить.

Однако что же происходит при давлениях выше критического, размышляли мы, почему при этом вдруг начинает идти столь быстрая реакция? Обычный цепной характер ее развития нам здесь ничего не мог объяснить.

Я уже сейчас не помню хорошо, когда у меня мелькнула догадка, чем реакция окисления фосфора отличается от реакции хлора с водородом... Не помню, как мне пришла в голову главная мысль, что в ходе этой реакции образуются не обычные молекулы пятиокси фосфора, а молекулы возбужденные — имеющие

избыточную энергию, что и является причиной испускания света при соединении фосфора с кислородом. Но иногда возбужденная молекула пятиоксида фосфора может столкнуться с неактивной молекулой кислорода, еще не успев испустить свет. Тогда эта избыточная энергия вызывает расщепление кислородной молекулы на активные атомы, каждый из которых, в свою очередь, начинает боденштейновскую прямую цепь реакции окисления фосфорных паров.

Таким образом, я пришел к идее, что цепь окисления фосфора является разветвленной, подобно дереву с его ветками. Такая разветвленная цепная реакция напоминает горную лавину, которая начинает нарастать и мощно развиваться от ничтожной причины. Достаточно появиться в результате теплового движения хотя бы одной активной частице, чтобы реакция вырослась быстро и лавинообразно, распространившись по всему объему сосуда. Но оставалось непонятным, почему же эта лавина образуется лишь при давлениях выше критического, а ниже критического не образуется? Ответ на этот вопрос дал мне наш эксперимент по определению критического давления в сосудах разного диаметра.

Я уже говорил, что критическое давление тем меньше, чем больше сосуд; оно падает пропорционально квадрату размеров сосуда. Значит, если бы он был безгранично велик, то есть не имел бы стенок, то критическое давление упало бы до нуля, иначе говоря, никакого критического давления вовсе не было бы и реакция окисления шла бы всегда — лавина всегда могла бы развиваться. Стало быть, лавину сдерживают стенки сосуда?

Отсюда был лишь один шаг до предположения, что активные частицы — скажем, атомы кислорода, — доходя до стенок, захватываются ими, выбывают из игры и не могут далее вызвать реакцию. Два таких атома, встречаясь на стенке, образуют вновь неактивную молекулу кислорода, которая легко слетает в объем, очищая стенку. На пути цепи — от места ее зарождения внутри сосуда до стенок — происходит то или иное число реакций, возникает столько-то частиц. Чем уже сосуд, тем короче эта цепь, тем меньше в ней элементарных реакций, тем меньше успевает возникнуть разветвлений. Если мы будем, поддерживая одно и то же давление кислорода и фосфора, умень-

шать сосуд, то дойдем до такого размера, когда большая часть цепей вообще не успеет разветвиться. Но тогда число погибших на стенке атомов кислорода окажется больше, чем число появляющихся в результате ветвления. Естественно, что при этом лавина уже развиваться не сможет и реакция практически прекратится... Вот я и получил наконец объяснение странного явления критического размера.

Этим же путем убедился, что если в сосуде неизменных размеров мы будем уменьшать плотность кислорода, то неизбежно придем к явлению критического давления. Если мы учтем, что молекулы инертного газа, «путаясь в ногах» у активной частицы, замедляют ее движение к стенке, то получим объяснение и удивительному влиянию аргона на величину критического давления...

Построив на основе этих предположений математическую теорию, я убедился, что полученные в опытах закономерности поразительно хорошо описываются теоретическими формулами. Все стало ясно, и я был совершенно убежден в правильности не только опытов, но и теории.

С некоторым торжеством начал я свой доклад на совете Физико-технического института. Однако очень быстро я заметил, что члены совета и сам академик Иоффе мне не верят. За прошедший год они так привыкли к мысли, что Боденштейн был прав в своей критике и что явления, наблюдаемые Харитоном и Вальта, иллюзорны, что не хотели даже задумываться над моими новыми экспериментальными доказательствами и над новой теорией. Мои товарищи по совету, как и сам академик Иоффе, придумывали невероятные возражения против новых опытов. Я совершенно измучился, но так и не сумел убедить их в своей правоте. Хорошо помню, как после заседания, провожая Абрама Федоровича Иоффе до его квартиры, я говорил ему, что и другие члены совета, и он сам просто не смогли сосредоточиться на смысле и значении новых данных, не поняли их и поэтому настаивали на неправильных, устаревших выводах. Я сказал ему, что не пройдет и года, как все переменят свою точку зрения, согласятся со мной, поймут важное значение нашей теории... И я сказал о своем намерении напечатать новую работу у нас и за границей. Я был действительно полностью уверен в успехе, и уже ничто не могло меня сбить с

этой позиции. Я даже не был чрезмерно огорчен дискуссией на совете.

Вскоре работа появилась в «*Leitschrift für Physik*», и я послал оттиск Боденштейну. И тут пришло первое признание. Боденштейн написал мне, что как ни удивительны наши результаты, но сомневаться в них больше нельзя... Он предлагал мне далее печатать мои работы в его журнале «*Leitschrift für Physikalische Chemie*». Он выступил впоследствии (в 1928 г.) с большим докладом на съезде немецких электрохимиков и значительную его часть посвятил изложению наших результатов.

В конце 1927 г. я уехал на озеро Селигер и там писал новую работу, усовершенствованную теорию разветвленных цепных реакций. Я доложил ее на совете Физико-технического института, и на этот раз академик Иоффе и все члены совета поздравили меня.

Летом 1928 г. в Англии на очередной конференции Фарадеевского общества стихийно возникла длительная дискуссия по нашим работам, хотя никто из моих сотрудников, равно как и я сам, не был приглашен на эту конференцию и никакого доклада о нашей работе там не было сделано. После этого на меня впервые обрушился целый поток репринтов от ученых из всех стран и одновременно посыпались просьбы о присылке оттисков наших работ. Американский журнал «*Physical Review*» заказал мне автореферат по нашим трудам.

Читая отчет о конференции Фарадеевского общества, я узнал, что теория разветвленных цепных реакций получила в 1928 г. новые веские подтверждения. Молодой ученый Хиншелвуд в Оксфорде обнаружил верхнее критическое давление для реакции соединения водорода с кислородом. Выше этого второго критического значения реакция практически не идет. Хиншелвуд дал объяснение этому явлению в рамках той же теории разветвленной цепной реакции.

Мне хотелось прямыми опытами доказать все мои предположения, которые я положил в основу теории.

Прежде всего надо было доказать, что цепи действительно обрываются на стенках сосуда. Я решил проверить это на хорошо изученной фотохимической реакции соединения хлора с водородом. В этой реакции, как помнит читатель, цепи не разветвлены, и мне надо было показать, что длина этих цепей будет уменьшаться при уменьшении диаметра сосуда.

В то время ко мне приехал из Перми замечательный молодой ученый Трифонов (к великому сожалению, рано умерший от туберкулеза). Он захотел заняться этой работой. Как было известно, цепи этой реакции при обычных давлениях обрываются в самом объеме сосуда вследствие хотя и редких, но неизбежных встреч друг с другом активных атомов хлора, выбывающих таким образом из игры, а также из-за реакции атомов водорода и хлора с кислородом, если исходные газы содержат хотя бы небольшие примеси кислорода. Чтобы выявить роль стенок, опыты ставились при пониженном давлении. Трифонов показал, что в этих условиях уменьшение размеров сосуда действительно уменьшало скорость реакции как раз обратно пропорционально квадрату диаметра сосуда. Работа Трифопова была опубликована в начале 1929 г.

Так гипотеза об обрыве цепей на стенках была непосредственно подтверждена.

Далее мне надо было убедиться, что энергия возбужденной молекулы пятиокси фосфора действительно достаточно велика, чтобы вызывать расщепление молекул кислорода на атомы. Это было доказано в 1928 г. Лейпунским. Пропуская пучок электронов сквозь зону реакции окисления фосфора, он обнаружил, что часть электронов приобретала дополнительную энергию движения, значительно превосходящую энергию, нужную для расщепления кислородных молекул. А одолжить эту энергию электроны могли только у возбужденных частиц пятиокси.

Дальнейшие существенные для теории результаты мы получили в опытах моих и Рябинина по окислению серы. Кроме всего прочего, нам удалось наблюдать ряд явлений, которые убедительно доказывали, что именно атомы кислорода служат активными частицами в этой цепной реакции.

С этими опытами было связано решение еще одной проблемы, очень волновавшей меня. Дело в том, что многие оппоненты теории не соглашались с тем, что достаточно даже небольшого числа активных центров, чтобы началась разветвленная цепная реакция. Теоретически это было несомненно, но мне хотелось доказать это прямым опытом. Тогда скептикам уже нечего будет возразить.

В опытах по окислению серы это и удалось сделать. В нужных пределах давления вспышка то появлялась,

то не появлялась. В согласии с моими представлениями, отсутствие вспышки означало, что активных частиц в объеме нет, что они не возникли спонтанно, как это часто бывает, и реакция начаться не смогла. Но для других такое доказательство было малоубедительным.

Мне пришло в голову поставить опыт очень простым способом. В тот момент, когда кислород по соединительной трубке впускался в сосуд, я решил пропускать через него ничтожный импульс тока. Расщепление молекул кислорода на активные атомы могло быть при малости импульса только крайне незначительным. Это было известно. Но я был уверен, что все же и этого малого количества активных центров всегда будет достаточно для развития реакции: одновременно с включением рубильника в реакционном сосуде всякий раз будет происходить вспышка.

Помню тот трепет, с каким я в первый раз протягивал руку к щитку с рубильником. Я долго не решался начать опыт. Мне казалось, что в эту минуту решится судьба всей теории. И, не преувеличивая, я могу сказать, что действительно безумно волновался. Ожидания не обманули меня, и, конечно, вспышка произошла!

Но может быть, это была случайность? Ведь и без разряда иногда появлялись вспышки... Только если при неоднократном повторении опыта не будет ни одной осечки, только тогда можно будет сделать надежное умозаключение... Мы начали снова и снова проделывать этот опыт. И конечно, вспышка происходила каждый раз, когда от катушки Румкорфа пробегал через кислород слабенький импульс, то есть каждый раз, когда хотя бы малое число активных центров присутствовало в смеси несомненно..

В 1930 г. правительство дало мне возможность организовать самостоятельный институт — Институт химической физики для развития новой, пограничной между физикой и химией, области науки. Это позволило с большими силами и в лучших условиях продолжать нашу работу.

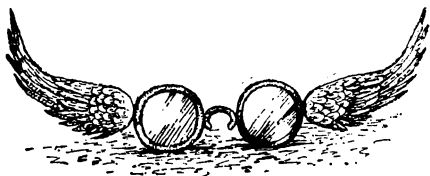
С 1931 г. я начал писать большую монографию «Цепные реакции», которую закончил в 1934 г. Книга была тогда же издана в Советском Союзе, а в 1935 г. — в Англии.

В этой книге я построил развитую теорию цепных реакций и показал, что такого рода процессы характерны для очень большой части химических реакций,

в частности таких важных для практики, как медленное окисление, горение в двигателе внутреннего сгорания, полимеризация, хлорирование и т. п. В это же время работами Райса в США и Фроста у нас было показано, что такой мощный промышленный процесс, как крекинг нефти, также является цепной реакцией.

Работа над книгой отнюдь не ограничивалась только изложением уже известного материала и теоретическими расчетами. Непрерывно шла параллельная разработка теории, и часто выяснялось, что не хватает то тех, то других экспериментальных данных. Мои товарищи по институту быстро ставили необходимые опыты и получали результаты, которые позволяли правильно осветить в тексте тот или иной вопрос. Таким образом, создание этой книги являлось само по себе мощным стимулом для углубления научной работы. Книга явилась плодом творчества всего нашего коллектива, без участия которого этот труд просто не мог бы быть завершен.

Кондратьев, Ковальский, Загулин, Нейман, Чирков, Налбандян, Рябинин, Апин, Шехтер и другие проделали в те годы громадную экспериментальную и теоретическую работу. Выходом в свет нашей книги завершился первый этап создания цепной теории. Эта теория прочно стала одним из основных разделов химической кинетики. Дальнейшая работа по цепным реакциям во всех странах пошла в направлении изучения механизма отдельных процессов и выяснения химической природы активных частиц, в каждом частном случае обеспечивающих развитие цепи. Учение о цепных реакциях все более становилось разделом не только химической кинетики, но химии в целом.



ФАКТЫ И ИДЕИ В ТВОРЧЕСТВЕ УЧЕНОГО

АКАДЕМИК
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

Если вам доведется встретиться с Владимиром Александровичем, писал один из сотрудников академика Энгельгардта профессор Б. П. Готтих, вы увидите высокого, подтянутого и совершенно седого человека. Уже через несколько минут он и сам увлечется беседой и увлечет вас. Поразит неисчерпаемой эрудицией, широтой интересов, глубиной знаний, и все это без ноток наставника, пророка, изрекающего неоспоримые истины. Скорее всего, о чем бы ни шел разговор, вы услышите вопрос: «А как вы думаете?» — и увидите устремленный на вас взгляд внимательных, слегка улыбающихся голубых глаз. Он будет очень доволен, если ваш ответ совпадет с его мыслями, задумается, если услышит какую-то неожиданную, не предугаданную им формулировку (и вовсе не станет сразу ее отвергать), только не отвечайте на его вопросы «не знаю», потому что после нескольких таких ответов он потеряет к вам всякий интерес. Настоящий исследователь, Владимир Александрович признает только тех, кто не складывает руки с бессильным «не знаю», а старается понять «что? как? почему?».

Академик В. А. Энгельгардт (1894—1984) был из числа ученых, которых уже при жизни именуют классиками. Он многое сделал впервые в науке: одновременно с В. А. Белицером открыл важнейший энергетический процесс, идущий в живой клетке,— окислительное фосфорилирование; установил, что сократительный белок мышцы — миозин обладает ферментативной активностью: он сам расщепляет молекулу АТФ и энергия, выделяющаяся при этом, служит источником для работы мышцы. Эти исследования положили в биологию

мии начало новому направлению — структурно-функциональной биоэнергетике.

В очень трудные для нашей биологии годы, в конце пятидесятих годов, когда термина «ген» не признавали, а название «молекулярная биология» отвергали очень многие, даже весьма известные биохимики, Энгельгардт сумел создать первый в нашей стране институт, в котором закладывались основы отечественной молекулярной биологии. При нем Институт молекулярной биологии (сначала он назывался — ...радиационной и физико-химической биологии) стал первоклассным научным учреждением.

Прославленный ученый, Энгельгардт придавал особое значение популяризации науки и сам активно ею занимался. Сотрудники «Химии и жизни» помнят, как в редакции раздавался телефонный звонок, и сразу узнаваемый голос Владимира Александровича сообщал, что «есть кое-что любопытное». Например, попало к нему интересное сообщение в только что полученном научном журнале или приехал к ним в институт автор сенсационной работы, о которой непременно надо сообщить в журнале. Иногда следовало приглашение на семинар, конференцию, лекцию, иногда — просто на беседу с ним. А порой в редакции совершенно неожиданно возникала его высокая сухоощавая фигура. Владимир Александрович заходил обсудить что-то, его интересовавшее.

Однажды на вопрос корреспондента о том, что есть самое важное в его работе ученого, Владимир Александрович ответил: «Прежде всего — приносить пользу». В другой раз отметил: «Стало так привычно говорить, что вот такой-то отдал всю свою жизнь служению науке. Но правильно ли это? Не вернее было бы сказать, что там, где мы имеем дело с подлинным проявлением научного творчества, сама наука всю жизнь служила ученому источником высочайшего удовлетворения, самых глубоких радостных переживаний...»

Здесь публикуется беседа, которая состоялась в канун восьмидесятилетия ученого.

Меня просили высказать мой взгляд на проблему взаимоотношений в науке двух ее важнейших составляющих: фактов и идей. Охотно выполняю эту просьбу.

Названная проблема иногда подменяется другой, более частной, о соотношении между экспериментом и теорией, о том, что важнее — теория или эксперимент — и даже кто нужнее — теоретик или экспериментатор. Это, конечно, упрощение, такой спор не имеет серьезного смысла. Но разные мнения о значении и месте фактов и идей в науке, об их сравнительной ценности на самом деле существуют. Вот, часто повторяют слова Ивана Петровича Павлова, который говорил, что факты для ученого подобны воздуху для птицы, что это опора, которая поднимает птицу ввысь..

Но воздух служит птице опорой только до тех пор, пока она находится в движении. Стоит ей остановиться — и птица обречена на падение. Движение крыльев я сравнил бы с движением мысли ученого, с теми идеями, которые возникают у него, когда он размышляет, опираясь на факты.

Ученый не должен — это тоже слова Павлова — превращаться в архивариуса фактов. Да, факты важны, но они остаются безжизненными, пока их не одухотворяет творческая идея. Если встать на путь метафор, то я сравнил бы факты с камнем, из которого скульптор высекает свое творение, или с кирпичами и бетонными плитами, из которых воздвигают здание, задуманное архитектором. И ваятель, и архитектор держат в своем воображении какой-то образ, какую-то идею, которые они хотят извлечь из камня или воплотить в величественном строении.

Именно так, как сопоставление, как сочетание инертного материала и одухотворяющей мысли, взаимодействуют идеи и факты в науке, в творчестве ученого. Почти всегда, встречаясь с задачами познавательного характера, я мысленно возвращаюсь к принципу комплементарности, или дополнительности, которому придавал огромное значение Нильс Бор. Принцип дополнительности, считал Бор, господствует в фундаментальных явлениях физики и в то же время применим, по его убеждению, к явлениям биологического мира. Мне думается, что между идеями и фактами тоже существуют отношения комплементарности. Факты не требуют оправданий своему существованию, если они установлены с достаточной надежностью. Иначе обстоит дело с идеями, где так легко уклониться в область беспочвенных мечтаний, унести в заоблачную

высь, и горе тому, кто пустится в маниящий путь на крыльях, скрепленных, как у Икара, недолговечным воском.

Я снова обращаюсь к мудрости великих людей, живших до нас. У меня в руках седьмой том трудов Луи Пастера. Здесь собраны речи, высказывания, литературные заметки. Можно сказать, что именно в этой книге заключен сгусток идей Пастера, так как шесть предшествующих заняты описанием фактов, из которых эти идеи вытекают.

Особенное внимание уделяет Пастер предвзятым идеям. Ничего мы не делаем, говорит он, не имея предвзятой идеи. Да только нужна мудрость, чтобы не верить вытекающим из этой идеи выводам до тех пор, пока факты не укрепят и не подтвердят ее. Предвзятые идеи, если они подвергнуты суровому контролю эксперимента, становятся живительным пламенем науки. Но Пастер говорит и о том, как легко случается, что ученый развивает увлекательную идею дальше и дальше, порой за пределы ее приложимости. И тогда предвзятая идея превращается в навязчивую, представляющую огромную опасность. Вот почему, говорит Пастер, я хотел бы, чтобы на всех храмах науки были начертаны слова, которые я взял эпитафией к своей книге о брожении и производстве пива: «Самое большое извращение — это верить вещам потому, что хочется, чтобы было так, как ты желаешь...»

О самом термине «предвзятость». Может быть, смысл этого слова трансформировался в нашем представлении. Под предвзятостью мы понимаем сегодня необъективную точку зрения, какую-то ограниченность в суждениях, и выражение «предвзятая идея» звучит как бы пренебрежительно, негативно. Это наше восприятие справедливо лишь для тех ситуаций, когда защитник идеи стремится доказать ее правильность во что бы то ни стало, когда все полученные факты он подгоняет под свою идею, отбрасывая как негодные, недостойные внимания те наблюдения, которые в эту идею не укладываются.

Пастер, завещая ученикам не бояться предвзятых идей, имел в виду другое. «Быть убежденным, что ты обнаружил важный научный факт, с жаром хотеть его скорее обнародовать, и сдерживать себя днями, неделями, порой целыми годами, оспаривать самого себя, пытаться опровергнуть собственные опыты и сообщить

о сделанном открытии после того, как истощены и отвергнуты все противоречащие гипотезы и предположения,— да, это тяжкое испытание. Но зато, когда после стольких усилий наконец приходишь к подлинной уверенности, то тут испытываешь одну из самых огромных радостей, какие только может ощущать человеческая душа...»

Попытаюсь проследить, каким образом абстрактные идеи и почерпнутые в опытах факты сыграли свою роль в становлении молекулярной биологии.

Началом ее считается раскрытие двуспиральной структуры ДНК, вещества наследственности. Один из авторов этой работы — Джеймс Уотсон без лишней скромности сравнил свое открытие с великим взлетом ума Чарлза Дарвина. И он же называет в числе движущих сил своего исследования тщеславное стремление опередить Лайнуса Полинга в гонке за Нобелевской премией. Вот что, оказывается, заставляло двух главных участников, Уотсона и Крика, работать дни и ночи, конструируя замысловатые молекулярные модели...

Не придавайте этому замечанию большего значения, чем это сделал сам автор книги «Двойная спираль». Оно лишь подчеркивает, оттеняет роль именно умозрительных построений. Поиски фактов были уже вторичным элементом, они состояли в том, чтобы подобрать молекулярную модель, которая бы лучшим образом отвечала теоретическим построениям.

Конечно, если бы раньше Чаргафф не открыл факта эквивалентного содержания пуриновых и пиримидиновых оснований в молекуле нуклеиновой кислоты, то идея комплементарного построения двойной спирали вряд ли могла возникнуть у Уотсона и Крика. Но Эрвин Чаргафф ограничился только тем, что открыл закон Чаргаффа, а вывода о возможном принципе построения двойной спирали ДНК не сделал: Уотсон и Крик извлекли идею из фактов, установленных Чаргаффом, и эта идея позволила им получить новые факты, которые иначе не могли бы быть открыты. В их работе теория и экспериментальный поиск шли рука об руку, роль абстрактного мышления усиливалась поисками вещественного фактического материала.

Как же обстоит дело с принципом комплементарности идей и фактов на нынешнем этапе молекулярной биологии?

Я бы сказал, что та насыщенность принципиальными, отвлеченными представлениями и идеями, которая была характерна для молекулярной биологии до недавнего времени, оказалась сейчас до известной степени оттесненной на второй план. Мы становимся очевидцами неудержимого накопления новых и новых фактических сведений. Искусство экспериментатора приобрело самодовлеющий характер, и удельный вес тех самых предвзятых идей, о которых говорил Пастер, ощущается в гораздо меньшей степени. Очень многие из вновь установленных фактов стали следствием применения новых химических, оптических, кристаллографических методов.

Конечно, следует избегать в подобных оценках крайностей. Каждый успешный опыт есть результат заранее продуманной его постановки, есть использование накопленного ранее знания для того, чтобы поставить новый вопрос перед природой и заставить ее дать достаточно убедительный ответ. Все это относится, конечно, к области идей, хотя роль их здесь проявляется в более скрытой форме. Но главное заключается в том, что с возрастанием числа новых фактов все больше усиливается голод по свежим принципиальным идеям, прокладывающим новые пути.

Сейчас в молекулярную биологию пришло новое поколение, новая генерация. И это уже теперь сложившиеся ученые, со своими взглядами, с солидной теоретической подготовкой и экспериментальными навыками. Отличается ли эта молодежь от первой генерации?

Я думаю, что никакого особого различия в молодежи разных поколений нет. Молодежь всегда опережала своих предшественников. А если меня что и увлекает в этой новой генерации, так это то, что она успешно ассимилирует стремительный поток фактов. Естественно, что научное воображение молодых может позволить себе более рискованные полеты.

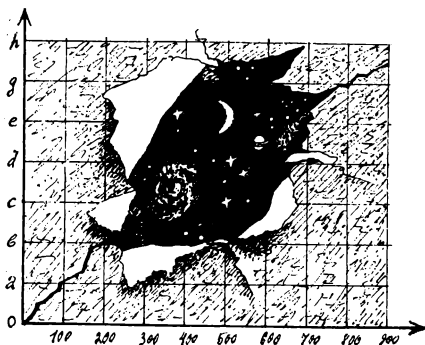
Если из этих полетов они смогут благополучно вернуться на твердую землю фактов, то успех и развитие нашей науки на ближайшие годы считаю прочно обеспеченным. .

Мне хочется подчеркнуть здесь еще одну мысль. Молодому человеку очень важно иметь возможность свободно менять одну область занятий на другую в поисках основного призвания и наилучшего приложения

своих способностей. Мне бы хотелось, чтобы этот принцип был реализован и в обучении нынешней молодежи. Возможность поиска и выбора наиболее целесообразного решения мне кажется необходимой и полезной: ведь не всегда удастся в начале пути правильно определить главное дело жизни.

Единственное, что на самом деле необходимо, — воспитать в себе строгий подход к своим замыслам, к своим идеям. Я вспоминаю урок, преподанный мне на самых первых этапах моей научной работы. Демобилизовавшись после гражданской войны, я попал в Биохимический институт здравоохранения, где директорствовал Алексей Николаевич Бах. Я занялся по его совету изучением иммунитета. Поработав некоторое время, я пришел к Баху и сказал ему, что у меня есть очень интересные мысли и вырисовывается новая теория иммунитета. Он попросил меня изложить эти мысли, покорно выслушал их и сказал: «Дорогой мой, если б мне за это платили, я бы всю жизнь сидел и выдумывал всякие интересные мысли. А вы лучше за лабораторным столом работайте, работайте...»

С тех пор я стараюсь уделять фактам чуть больше внимания, чем замысловатым идеям. Но за фактами всегда так заманчиво увидеть идею, хотя это и не всегда возможно...



ЛАБОРАТОРИЯ У КОРОВЬЕГО БРОДА

АКАДЕМИК
И. Л. КНУНЯНЦ

Академик Иван Людвигович Кнунянц известен миру как глава советской школы химиков-фтороргаников. Но мастером синтеза он стал, когда этой области науки, можно считать, еще не было на свете. В 1923 г. семнадцатилетний абитуриент Кнунянц явился в приемную комиссию Московского высшего технического училища и потребовал, чтобы его приняли на электротехнический факультет. На электротехническом мест не было, и юношу с трудом уговорили временно поступить на химический. И кто знает, может быть, со временем он действительно добился бы своего и пошел по стопам отца, в электротехнику, если бы не встреча с профессором А. Е. Чичибабиным, который заведовал в МВТУ кафедрой органической химии. Под влиянием этого крупнейшего ученого Кнунянц увлекся химией и уже никуда от нее не уходил.

Немногие годы спустя ему довелось пережить свой первый миг торжества: по разработкам Кнунянца и его товарищей был пущен завод, производивший противомаларийный препарат акрихин. Впоследствии, конечно, были и другие не менее впечатляющие успехи: Иван Людвигович был удостоен звания Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской и трех Государственных премий. Но тот, первый успех, был особенно памятным.

Многие из нас, бауманцев, на вопрос, где мы учились, отвечают коротко: у Коровьего брода. Это колоритное старомосковское название, пожалуй, только потому и помнят, что когда-то оно относилось к месту, где стоит наше славное училище.

В МВТУ я поступил в 1923 г. Тогда еще полагалось платить за обучение, покупать форменную тужурку и фуражку. Деньги на все сразу мне наскрести было трудно, и я обратился с прошением, чтобы от платы за учение меня освободили. Тут я и встретился с деканом химического факультета профессором Чичибабиним. Это уже позднее химический факультет выделился в отдельное учебное заведение и готовить химиков в МВТУ перестали, а тогда на химфаке преподавали такие именитые ученые, как Н. А. Шилов, В. Н. Ипатьев, В. М. Родионов, П. П. Шорыгин. Канцелярия факультета, впрочем, была, на взгляд современного администратора, несолидной. Кроме самого декана, работала там делопроизводитель Цурикова, да были еще, помню, машинистка и рассыльный.

Мое прошение было принято с полным пониманием: Алексею Евгеньевичу самому довелось в студенческие годы перебиваться с хлеба на квас, а жить в знаменитой, Гиляровским описанной «Ляпинке». Так что, хотя финансовыми делами деканат и не распоряжался, со стороны декана было мне оказано полное содействие и от платы за обучение я был освобожден.

Потом я стал слушателем его лекций. Лектором Чичибабин был весьма своеобразным. На первых лекциях набиралось полным-полно народу, но где-то к середине курса публика заметно редела. Действовал своего рода естественный отбор. Алексей Евгеньевич несколько не заботился об ораторских красотах, быстро стирал с доски формулы — редко кто успевал их списать — и так густо насыщал свой рассказ сведениями, а также идеями, нередко возникавшими у него прямо по ходу изложения, что выдержать такое мог только слушатель, искренне влюбленный в химию. Поэтому к концу курса нас осталось то ли восемь, то ли девять. И именно нас профессор экзаменовал дольше всех.

Знаете, сколько длился чичибабинский экзамен? Три, а то и четыре дня! Нужно было явиться в лабораторию, где Алексей Евгеньевич, не отрываясь от опытов (он всегда делал их своими руками), вначале задавал студенту несколько вопросов из первых глав курса. Если дело шло хорошо, он приглашал на завтра и продолжал спрашивать по следующим главам. И так — всю органическую химию до конца. Вспоминная о своем учении, я думаю, что и эти, казалось бы, сумбурные лекции, и эти многодневные экзамены сла-

гались в довольно эффективную систему, с помощью которой Алексей Евгеньевич добивался самого главного, на что должно быть нацелено преподавание. Он развивал у учеников самостоятельное химическое мышление, ориентируясь не на отстающих, не на равнодушных, а на увлеченных, преданных...

Вообще учили тогда хорошо, без спешки. Срок обучения не был ограничен так строго, как теперь, а на дипломную работу время и вовсе не лимитировалось. Когда дело доходило до дипломной, Чичибабин прежде всего спрашивал, над какой темой хотел бы работать сам ученик. И никогда не препятствовал даже самым фантастическим затеям. Спросил он и меня. А я, надо сказать, тогда предполагал специализироваться в химии и технологии нефти. Вот и придумал тему: исследование пиролиза нефти в присутствии аммиака. Не будут ли при этом получаться амины? Чичибабин не возражал, и я взялся за дело с понятным энтузиазмом. Но скоро выяснилось, что никаких аминов из нефти не сделать. Тогда Алексей Евгеньевич предложил мне другую тему, а потом, увы, и третью.

На этот раз Алексей Евгеньевич поручил заняться производными своего «вещества номер один» — альфа-аминопиридина, получаемого с помощью реакции, во всех учебниках именуемой реакцией Чичибабина. Я синтезировал альфа-диметиламинопиридин и стал разрабатывать его реакции, сравнивая их с реакциями диметиланилина. Тут уж дело пошло на лад, получилось немало интересного. Синтезированы были, в частности, производные дипиридилметана, впоследствии использованные мной для получения новых красителей. Написали мы с Чичибабиным статью и послали ее в «*Berichte*» — это и была моя первая публикация. А потом защитил дипломную работу. Сколько я ее делал? Около года...

После этого Чичибабин предложил мне остаться у него ассистентом. Как раз тогда, в 1928 году, его избрали академиком. Это нисколько не отразилось на укладе его жизни. Каждый день Алексей Евгеньевич приходил в лабораторию ровно в девять утра, надевал свой белый халат и обходил всех сотрудников. Вопрос каждому задавался один и тот же: что у вас нового? Новое, сами понимаете, появлялось не каждый день. Но если у кого-то новостей не было три-четыре дня подряд, то Чичибабин к такому человеку подходить

переставал. И не было в лаборатории у Коровьего брода наказания страшнее.

Я нередко рассказываю эту историю своим сотрудникам, а сам гадаю: вот не буду подходить к кому-нибудь из них неделю-другую — заметит ли он, забеспокоится ли? Алексея Евгеньевича, видимо, тоже занимали похожие вопросы, но виду он не подавал. Он хорошо умел соблюдать наружную суровость, которая, видимо, давалась ему не без труда, потому что на самом деле он был человеком безусловно добрым. Мы, конечно, догадывались об этом, особенно когда приходили к нему в гости (Алексей Евгеньевич и его жена Вера Владимировна очень любили собирать у себя молодежь). Поэтому вдвойне переживал тот, кого учитель все же подвергал бойкоту.

Одним из первых дел, порученных мне в качестве ассистента, было наладить элементарный микроанализ по Преглю и делать этот анализ для сотрудников лаборатории. Затея эта была новой и непривычной. Не только потому, что микроанализ был изобретением сравнительно недавним, но и потому, что странно было химикам отдавать свои вещества в чужие руки. Ведь анализы испокон веку каждый делал сам. Я помню еще привычку Алексея Евгеньевича после завершения анализа высасывать газ из трубки ртом, чтобы быстро освободить ее от кислорода и приступить к сжиганию следующей навески. Так вот, при анализе по Преглю такие вольности уже не проходили, требовалась предельная аккуратность, и мне пришлось стать педантом. Я до сих пор благодарен Чичибабину за то, что он поручил мне это занятие, которое молодым химикам передко кажется изнурительным и унылым: аналитическая выучка мне потом ох как пригодилась!

Поначалу, когда я делал анализы для Чичибабина или для Шорыгина, заказчик обычно сидел около моего прибора, не спуская с него глаз: и посмотреть новинку было интересно, и результаты узнать не терпелось...

Еще, помню, Чичибабин поручал ассистентам подбирать кое-какой вспомогательный материал для своего учебника — он как раз тогда его заканчивал. Не думаю, чтобы наша добыча была для него так уж незаменима, но старались мы как могли. Учебник потом переиздавался многократно — он и до сих пор остается непревзойденным с методической точки зрения.

Правда, первое послевоенное издание, вышедшее под редакцией профессора П. Г. Сергеева, было испорчено вставленной в него совершенно чуждой Чичибабину дикетопиперазиновой теорией происхождения белков. Она, помимо прочего, сильно портила стройность изложения. Но в последующих изданиях, к счастью, этой теории уже не было.

Думаю, что, поручая молодежи собирать материал для учебника, ассистировать при чтении лекций, а иной раз и подменять лектора, Чичибабин задавался целью приохотить нас к преподавательской работе. А эта работа стала тогда нелегкой. В МВТУ была введена новая система обучения, так называемая непрерывная производственная практика. Студент месяц ходил на занятия, потом месяц работал на заводе, потом снова месяц занятий... Надо ли говорить, что многое усвоенное на занятиях за месяц на заводе он успешно забывал. Эту не оправдавшую себя систему вскоре отменили, но она успела стать причиной трагедии в жизни Чичибабина.

У них с Верой Владимировной долго не было детей; когда родилась дочь Наташа, Алексею Евгеньевичу было уже за сорок. В 1930 г. Наташа поступила в МВТУ, и ее сразу послали практиковаться на Дорогомиловский завод, в цех, где производилось сульфирование нафталина. А надо сказать, что эта реакция идет при 180°C под давлением. Цеховой инженер решил показать практикантке, как отбираются пробы по ходу процесса. Он подвел ее к автоклаву и попросил рабочего отобрать пробу через нижний спуск. Вентиль оказался забитым, и тогда решили автоклав открыть.

Инженер велел аппаратчику сбросить давление. И вот здесь-то по вопиющей небрежности оба — и инженер, и аппаратчик — не заметили, что труба, через которую сдувают газы, тоже забита. Решив, что давление уже сброшено, стали открывать люк, но едва ослабили болты, как крышку сорвало и горячую массу, состоящую из олеума, нафталина и продуктов реакции, выбросило в помещение. Вы знаете, что такое олеум, да еще горячий? Цех мгновенно заполнился едким туманом, в котором местные люди, хорошо знающие, где выход, сориентировались быстро, а вот Наташа заблудилась. Дочь Алексея Евгеньевича не была трусливой — она кинулась к окну, чтобы выброситься со второго этажа, но увидела, что под окном стоят бу-

тыли с кислотой. Тогда она вернулась, стала искать дверь, но поскользнулась и упала навзничь в лужу олеума.

Бравые мужчины тем временем хватились ее, вернулись в цех, вынесли девушку. Но раздеть ее и немедленно обмыть, что было совершенно необходимо, они постеснялись; стали ждать скорую помощь.

Тогда еще не умели делать пересадку кожи на большой поверхности. Наташа через несколько дней умерла.

Можете себе представить, каким ударом это было для отца. ...Вскоре они с Верой Владимировной отправились на лечение за границу. Потом Чичибабин работал в Париже, в лаборатории профессора Фурно. За последние 15 лет своей жизни Чичибабин опубликовал около ста работ, среди них расширенное и дополненное французское издание своего учебника, а также сообщение об открытии такой важной в практическом отношении реакции, как присоединение сероводорода к окиси этилена.

И все же не подлежит сомнению, что этот глубоко русский человек тосковал по Родине и мечтал вернуться.

Когда война кончилась, они с Верой Владимировной начали собираться домой, но тут случилась с ним неожиданная болезнь, которая и оказалась последней. Алексей Евгеньевич скончался 15 августа 1945 года...

Вернусь, однако, к началу 30-х годов. Зимой по Москве еще ездили в санях. На центральных улицах — на Моховой, на Мясницкой — стояли громадные котлы. Дворники сгребали в них снег, жгли под ними костры — и талая вода стекала в канализацию. Чисто было на улицах.

На Трубной площади всюду действовал Чеховым еще описанный рынок, где торговали певчими птицами, собаками, кошками... Кошки тогда у всех были покупные. Голуби в привычном для современного москвича изобилии водились только в одном месте — у Иверской часовни, которой теперь уже нет.

В ЛАСИНе — так сокращенно называлась организованная в конце 20-х годов при Академии наук Лаборатория по исследованию и синтезу растительных и животных веществ (я попал в нее после МВТУ) — большинству сотрудников не было и тридцати. Пожилым был только один — заведующий лабораторией Мопсей Михайлович Кацнельсон, человек очень своеоб-

разный. Когда построили метро, помню, он отказывался в нем ездить, говорил: пока жив, под землей мне не место. За противомаларийные препараты мы взяли по его инициативе.

Еще не были осушены болота на Кавказе и в других краях, освоение многих благодатных мест тормозилось из-за повальной малярии — тогда ею страдали сотни тысяч человек. Для лечения малярии уже применялся не только традиционный хинин. С 1926 года на мировом рынке появились синтетические препараты, заметно превосходящие его по активности. Но и за хинин, и за эти новинки приходилось платить валютой.

Никто нам не говорил — вот, мол, хорошо бы от расходов избавиться, наладить производство своих, советских препаратов. Сами понимали.

Синтез хинина тогда еще считался неосуществимым, а формулы плазмохина и атебрина — так назывались зарубежные синтетические лекарства — были неизвестны. Немецкие патенты, посвященные противомаларийным средствам, содержали громадные списки потенциально активных веществ — но какие из них соответствуют фирменным названиям? Решить задачу можно было только опытным путем.

Весной 1931 года мы раздобыли около килограмма плазмохина и занялись его расшифровкой.

В те времена химики не считали для себя обязательным нянчиться с чужими патентными тайнами. В любой стране, подметив за рубежом полезную новинку, старались ее перенять и сделать на свой лад, самостоятельно. Так же действовали и мы — тем более что Советский Союз еще не был участником патентной конвенции и никаких законов мы, стало быть, не нарушали. В статье, опубликованной в 1934 году, наш коллектив так и написал: «Для исследования нами был получен образец германского препарата „Plasmochin Bayer“ в виде таблеток, с содержанием чистого плазмохина 0,02 г в каждой таблетке, а также „Plasmochin vormischung“ в виде порошка».

Расшифровка — дело азартное. Тут никогда не обойдешься стандартными рецептами — надо наблюдать и соображать, с чем бы ни работал — с природным продуктом или с неизвестной таблеткой. Взяли мы 400 граммов желтых таблеток, хорошенько растерли их в ступке. Потом залили литром спирта и стали нагревать с обратным холодильником. Часа через три жес-

тый цвет перешел в раствор, но осталось немало вещества белого, нерастворимого. С ним разобрались быстро: пробы показали, что это крахмал, обычная балластная добавка к таблеткам.

Взялись за раствор. Упарили спирт, а то, что осталось, облили крепкой щелочью. Действовали уверенно, потому что знали: хинин и его синтетические аналоги — это азотистые основания, продаваемые в виде солей. Ну а соли превращаются в основания именно щелочами. И верно: осадок, оставшийся после упаривания, едва налили щелочь, превратился в темное масло. Раствор же снова стал желтым. Далее нам предстояло изучить отдельно масло (основание) и кислоту, которая перешла в щелочной раствор...

ЛАСИН помещался по соседству с МВТУ, на Бауманской улице, рядом со старинной, павловских еще времен, аптекой. Жили мы там хорошо, по-семейному. Да и могло ли быть иначе в лаборатории, где единомышленники работали вместе с утра до вечера?

Была у нас кухарка — в подвальном помещении готовила превосходные обеды. Мы в складчину купили всю столовую посуду, питались, как дома. Иногда устраивали перерыв на часок. Почитать, поспорить. Раздобыли, помню, французское издание мемуаров Казановы. Страшно интересная книга, но по-французски я читал только со словарем — у нас почти все лучше знали немецкий. А Коля — покойный академик Николай Николаевич Ворожцов — читал и говорил по-французски совершенно свободно. Так вот, усаживались в кружок и он переводил нам с листа.

Чаще, разумеется, читали мы не мемуары, а научную литературу. Библиотека при лаборатории была превосходной. И еще один, особый, был стимул заходить туда почаще: наш библиотекарь Валечка была на редкость красивой девушкой.

Если будут рассказывать, как мы там кого-то водой обливали в день преполовения (так, кажется, назывался этот старинный праздник), то вы не каждому слову верьте. Была у нас, правда, такая посуда на входе пристроена — когда надо, опрокидывалась. Но мы ее в ход пускали крайне редко. Однажды только помню — когда один из наших сотрудников в белые брюки вырядился...

Когда выяснилось, что основание плазмохина окислением можно расщепить на два фрагмента (один —

содержащий хинолиновое кольцо, другой — диамин алифатического ряда), то синтез первого взяли на себя товарищи. А диамин достался мне. С кислотой же, которая окрашивала щелочной раствор, нам все-таки помог разобраться патент со списком препаратов. Когда стало ясно, из каких фрагментов состоит основание, то формула кислоты после элементного анализа была найдена по этому списку.

Интересная, кстати, кислота — метилен-ди- β -оксинафтойная. Получают ее сравнительно просто, а для образования солей с лекарственными основаниями она почти идеальна: и соли хорошо кристаллизуются, и транспорту препарата через клеточные мембраны она, видимо, способствует. Толковые специалисты кислоту выбирали — в те времена она входила в состав многих препаратов. Теперь как-то забылась...

Итак, на мою долю достался фрагмент, представляющий собой диамин алифатического ряда, 1-диэтиламино-4-аминопентан. Вещество для нас ключевое, во-первых, потому, что оно было необходимо для синтеза не только плазмохина, но и атебрина, а во-вторых, потому, что делать этот диамин было на редкость трудно. Существовал способ, позволявший получить его из сравнительно доступного диэтиламиноэтанола, но с низким выходом. На основе же ацетопропилового спирта можно было сделать прекрасно — когда потребовалось подтвердить строение диамина, я сделал его из этого спирта за одни сутки. Начал утром — и, не останавливаясь, прошел все четыре стадии синтеза к следующему утру. Очень уж не хотелось прерываться. Когда же дошло до синтеза больших количеств — беда: сам ацетопропиловый спирт по известным тогда способам получался очень скверно.

Все, стало быть, упиралось в ацетопропиловый спирт. Логика подсказывала, что его можно получить из ацетоуксусного эфира, одного из популярнейших среди химиков-органиков исходных соединений: подействуй на натриевое производное этого эфира окисью этилена... На бумаге все получалось хорошо, но на практике натриевое производное готовили в среде спирта. А это представляло немалое неудобство.

Но почему нельзя взять ацетоуксусный эфир и обыкновенную водную щелочь? Когда я задал такой вопрос, сказали — с ума сошел. Не знаешь, что ли, алкилирование ацетоуксусного эфира делается в спирте, и при-

том в абсолютном, совершенно не содержащем воды?

Но я не послушался. Взял крепкую, двадцатипроцентную щелочь, растворил в ней этот самый эфир и добавил для начала диметилсульфат (он был у меня готовый, а окись этилена пришлось бы еще получать. Но зачем? И то и другое — алкалирующие средства). Добавил — и с почти количественным выходом получил метилацетоуксусный эфир. Вот вам и абсолютный спирт!

После этого, когда я взялся готовить окись этилена, меня уже сумасшедшим не называли.

Конечно, мне повезло: концентрацию щелочи я попросту угадал. Будь она пониже, ацетоуксусный эфир попросту разрушился бы. А так все прошло гладко. Я растворил эфир в охлажденной щелочи, добавил окись этилена. При нежном, очень осторожном подкислении отделился слой жидкости, которая спиртовых групп не содержала. Это, как оказалось, был циклический сложный эфир — лактон. Из этого лактона при простом омылении с очень хорошим выходом получается ацетопропиловый спирт.

Как выяснилось позднее, лактон можно превращать и во многие другие полезные вещества. Сейчас, например, он используется в производстве витамина B₁.

Патентной тайны мы из наших разработок не делали. Синтез лактона был описан в обычной статье, и его стали применять всюду. А называть — лактон Кнунянца...

Я хорошо знал почетного академика М. А. Ильинского. Он оппонировал на защите моей докторской диссертации, потом мы подружились. Михаил Александрович был добровольцем на русско-турецкой войне 1877 года, за храбрость получил золотое оружие. Так вот, на праздник по случаю моей защиты явился при этой сабле, лихо танцевал с нашей Валечкой... А было ему уже около восьмидесяти. Он и химик был отважный, деловой — все свои разработки обязательно доводил до заводского внедрения. Это была замечательная порода — русские исследователи и инженеры старой школы. У них и теперь можно многому поучиться. Ну а тогда их традиции были у нас перед глазами: разработка не считалась законченной, пока не начинал работать завод.

Вот и с противомаларийными препаратами до завода дело дошло скоро.

Атебрин в отличие от плазмохина содержал не хи-

полиновое, а акридиновое ядро. Синтез этой части соединения был успешно осуществлен Зинаидой Викторовной Беневоленской; а как делалась алифатическая часть, я уже рассказывал. Препарат, получавшийся по такой усовершенствованной методике, мы называли акрихином. И такое же название было присвоено заводу, который немедленно начали строить под Москвой (он и до сих пор так называется).

В 1934 году был утвержден государственный план борьбы с малярией. Существенной его частью было наладить производство отечественных лекарств.

В проектировании двух цехов завода участвовал и я. На время пуска переселился на завод. Дело шло быстро и в общем успешно. Но одна авария все-таки приключилась. Конструкция автоклава, в котором получался тот самый диамин, оказалась не совсем удачной. Загружали в аппарат оксим метил-γ-диэтиламинопропилкетона, который делался из ацетопропилового спирта, заливали спирт и добавляли натрий. Реакция шла быстро и чисто, в лаборатории я ее проделывал многократно.

В горловине автоклава была заслонка, которую отодвигали, чтобы забрасывать куски натрия. Потом быстро задвигали. Пока проводили реакции с небольшими количествами веществ, все шло гладко. Но вот сделали большой аппарат, натрий в него забрасывался килограммовыми брусками. Забросили первый, потом второй — а к третьему автоклав настолько разогрелся, что натрий стал прямо на горловине плавиться и прилипать к заслонке. Закрыть ее не удалось, а что такое расплавленный натрий на воздухе — можете себе представить. Из аппарата ударил фонтан огня.

Хорошо, что стоял он не в цехе, а на отдельной площадке под легким навесом. Никто не пострадал, но уж над конструкцией автоклава пришлось еще поработать.

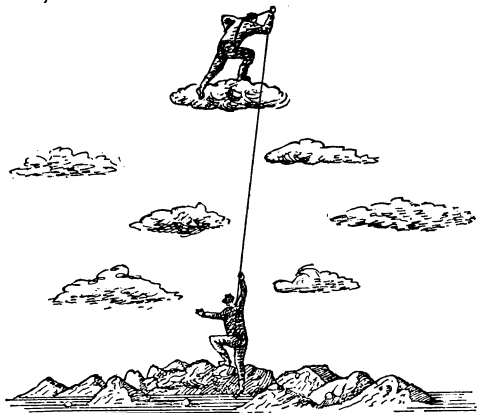
Эта поучительная авария пуск завода не задержала — очень скоро акрихин производился тоннами.

Общесоюзная борьба с малярией пошла весьма успешно. К 1941 году заболеваемость упала по сравнению с 1934 вчетверо, к 1952 — более чем в 50 раз. К настоящему времени этой болезни в нашей стране практически нет.

Вы спрашиваете, сколько мне тогда было лет? Когда начинали расшифровку плазмохина — около двадцати пяти, когда заработал «Акрихин» — двадцать восемь.

После 1930 года ему не довелось ни разу встретиться с учителем. Чичибабин, уезжая во Францию, надеялся, что разлука временная. Но вышло иначе. В конце 1936 г., когда маховик сталинских репрессий начал раскручиваться в полную силу, ему было приказано немедленно возвращаться в Москву. Ученый не смог выполнить ультиматум сразу — и вместе с другим замечательным химиком Владимиром Николаевичем Ипатьевым, который работал в США, был исключен из Академии наук СССР и лишен советского гражданства. Он тосковал по Родине, часто вспоминал своих друзей и учеников.

Свидетельство об этом пришло в письме с неожиданным обратным адресом: Риека, Югославия. Живущий в этой стране профессор Евгений Церковников, прочитав в «Химии и жизни» воспоминания Кнунянца, сообщил, что работал у Чичибабина в Париже. И что учитель очень тепло вспоминал о своих московских сотрудниках, особенно хорошо — о Кнунянце. Быть может, это и есть академик Кнунянц? — обращался к редакции читатель из Югославии...



МАКСИМУМ УСИЛИЙ- НА МИНИМУМЕ ПРОБЛЕМ

Профессор
З. А. Роговин

Летом 1975 г. на трассе Байкало-Амурской магистрали двести добровольцев испытывали одежду, сделанную из ткани, которой были приданы свойства отпугивать мошкар. Так проходила проверку одна из многих оригинальных разработок, родившихся в проблемной лаборатории Московского текстильного института, основанной и бессменно руководимой профессором Захаром Александровичем Роговиным (1928—1981).

Трижды работы З. А. Роговина были отмечены Государственными премиями — за разработку метода получения огнестойких и водоустойчивых тканей; за разработку метода получения волокна капрон; за цикл работ по химическим превращениям и модификации целлюлозы.

Роговин входил в науку под руководством крупнейшего химика-органика академика П. П. Шорыгина; потом вместе с учителем помогал создавать в нашей стране промышленность искусственного волокна; потом сам стал учить других и создал школу специалистов в области химических волокон, известную теперь во всем мире.

Одна из важнейших задач ученого — найти свое место в том огромном потоке исследований, который захлестывает в наши дни любую область науки, в частности химию, и в особенности химию полимеров.

Можно по-разному решать эту задачу. Можно без конца дополнять, уточнять, опровергать уже опубликованные (свои и чужие) работы. Давать новые цифры, новые наблюдения, которые будут упомянуты потом в монографиях, в очередных обзорах. Это создает своего

рода известность: вас цитируют, на вас ссылаются. Так работают во многих лабораториях, где каждый сотрудник — сам по себе, каждый имеет свою узкую тему, которую постоянно уточняет, дополняет и т. д. Может быть, такой путь в известной степени закономерен, но мне он не кажется лучшим и достаточно эффективным.

Что-нибудь кардинальное или хотя бы более или менее основательное не под силу сделать в нынешних условиях одному исследователю или маленькой группе исследователей. На мой взгляд, научную работу, особенно при решении крупных практических задач, нужно строить по принципу: концентрация усилий максимума людей на минимуме проблем.

С этой точки зрения наиболее целесообразно создание коллектива, объединенного одной общей целью, работающего над одной новой, свежей идеей. Такой коллектив непременно должен представлять собой сплав: с одной стороны, как центры кристаллизации, в нем есть специалисты, у которых за плечами знания, большой опыт работы, жизненная школа успехов и поражений, а с другой стороны, молодежь, которая несет свои идеи, свои взгляды, которая недоверчиво, критически относится ко многим устоявшимся представлениям, не боится спорить, но вместе с тем с оптимизмом берется за самые трудные затеи и полностью отдается делу, в которое поверила.

Единая цель, единый научный подход — это вовсе не означает, что все работают по стандартной методике и все придерживаются одинаковой точки зрения при решении частных задач. Обязательно должно быть соблюдено лишь главное требование: коллектив сплочен одной, общей идеей. В этом — первое условие успешной работы.

Утверждая это, я основываюсь на опыте работы проблемной лаборатории химии целлюлозы при Московском текстильном институте. Мне хочется подытожить уже сделанное этим коллективом и высказать некоторые общие принципиальные соображения, накопившиеся за последнее время. Мы, химики, никогда не имели таких условий и таких возможностей, как сейчас. Многим ведущим специалистам предоставили под одну определенную идею все необходимые условия работы. Одиш получил лабораторию, другой — большой сектор в институте, третий возглавил новый институт.

К сожалению, не все из нас сумели воспользоваться этими возможностями. Некоторые решили, что появился удобный повод увеличить число сотрудников: было пятьдесят — сделали сто, было сто — набрали двести. Это ошибочная и часто вредная тенденция. В таком коллективе, занятом решением конкретной проблемы, руководитель теряет главную свою функцию, он уже не может эффективно направлять работу, у него нет возможности входить в дела отдельных сотрудников или отдельных групп сотрудников, что бывает подчас совершенно необходимо. Нечего и говорить, как важно в таких условиях суметь вовремя остановиться, трезво определить оптимальную численность коллектива...

Выбирая идею, на которой стоит сконцентрировать необходимый максимум усилий, очень важно найти свой, оригинальный путь — хоть на маленьком участке науки, но такой, чтобы усилия, деньги, время не были потрачены на достижение легкого и дешевого успеха, на повторение уже кем-то сделанного. Бывает же, что создается новый материал, а на самом деле — это точная копия того, что уже сделано за границей, а порой и довольно скверная копия. Нужен свой, истинный приоритет, только он дает нам авторитет в масштабах мировой науки.

Исходя из этой концепции, мы попытались в нашей лаборатории, созданной в 1959 г., сосредоточить внимание на проблеме модификации целлюлозы.

Чем объясняется наш выбор, почему именно целлюлоза? Потому, что целлюлоза — самый доступный, самый массовый полимерный материал, которым снабжает человека природа. Каждый год этот материал возобновляется буквально в неограниченном количестве, и важно использовать это его принципиальное преимущество перед синтетическими полимерами, на производство которых тратятся нефть, природный газ, каменноугольная смола. Естественно, речь не идет о противопоставлении целлюлозных материалов синтетическим, производство которых увеличивается год от года. Однако, как нам кажется, в век синтетических полимеров уместно и даже необходимо говорить о том, что материалы, поставляемые природой, еще долго будут играть свою роль в жизни человека.

У целлюлозы есть несомненные достоинства: она хорошо поглощает влагу, ее легко перерабатывать в

волокно, у нее прекрасные механические свойства. Но есть у нее и серьезные изъяны: она горюча, разрушается от действия света, тепла, микроорганизмов. В молекуле целлюлозы содержится только один тип реакционноспособных групп, и возможности ее химических превращений сильно ограничены.

Мы поставили задачу избавить целлюлозу от недостатков, присущих ей, и, с другой стороны, сохранить и направленно улучшить все ценные свойства, которыми ее снабдила природа. Мы идем еще дальше и, используя современные методы органической химии и химии полимеров, придаем целлюлозе новые для нее качества. Это очень заманчивая научная цель — сделать целлюлозу лучшей, чем создала ее природа, и это очень важная для народного хозяйства проблема.

Наш коллектив насчитывает около шестидесяти человек, и все мы вместе целеустремленно работаем над решением общей проблемы. Но тут очень важно уточнить, что я понимаю под решением научной проблемы...

Может быть, я очень субъективен, но нет большего удовлетворения для ученого, чем увидеть, как на основе его научных концепций появляются реальные материальные ценности. Эти ценности — новые изделия, новые материалы, которые необходимы народному хозяйству, обогащают экономику страны.

Здесь возникает вопрос: как далеко простираются обязанности ученого? Можно создать в лаборатории принципиально новый материал. Можно опубликовать статьи, получить авторские свидетельства и патенты в разных странах. Но сплошь и рядом случается, что практический выход от всех этих приятных событий ничтожно мал или просто равен нулю. А все потому, что от лабораторных опытов до реализации идеи в полупромышленном или промышленном масштабе лежит очень длинный и сложный путь. Многие мои товарищи говорят: не наше дело заниматься этим. Мы открыли принципиально новую возможность, мы нашли новый путь решения задачи. Дальше пусть вступают в дело отраслевые институты, заводы, пусть они доводят наши открытия до практики...

Это очень опасный путь, который в большинстве случаев не приводит к хорошим результатам. Конечно, доведение до практики результатов своих исследований — очень неблагодарный труд. Реализация научных идей, которая подчас так неудачно называется

внедрением, страшит многих. Но на это, я убежден, надо сознательно идти и доводить дело до логического конца. Исследователи прежде всего сами заинтересованы в том, чтобы проделанная ими работа превратилась в реальные вещи — в тех случаях, конечно, когда это возможно. Это требует большой, сложной, кропотливой работы, требует учета множества второстепенных и даже третьестепенных условий.

Могу привести примеры из своей практики. Вы, скажем, решили множество проблем: чисто химических, технологических, аппаратурных. У вас нет только решения проблемы сточных вод, и из-за одного этого созданный материал не может реализоваться в производстве... Вы решили десяток сложных задач, но вариант технологического процесса, который вы предлагаете, требует применения специальных коррозионно-стойких материалов, а у вас и у завода таких материалов нет. И опять задача, над которой вы давно бьетесь, не решена до конца... Вы ориентируетесь на периодическую схему работы аппаратов — схему, которую сегодня уже не назовешь прогрессивной, — и решение получается экономически невыгодным, а значит, проблема опять-таки не решена!

То есть формально вы чисты, свое дело вы сделали, а дальше ждете, пока дяди за вас все доделают. Но дядя за вас делать ничего не будет. И эту ситуацию нельзя разрешить каким-нибудь приказом или даже правительственным постановлением. Но ее все-таки можно и нужно разрешить, например создав коллектив, который включает наряду с научными работниками еще и творческих людей с промышленных предприятий и из отраслевых институтов. И те и другие равноправно участвуют в создании нового материала. Может быть, кому-нибудь это покажется утопией, не знаю, но у нас это, кажется, получилось.

Бывает, конечно, что мои молодые товарищи по работе, не успевшие пресытиться публикациями статей, числом авторских свидетельств и прочими признаками научного роста, выражают недовольство, когда их командироват на заводы, где приходится решать проблемы, представляющиеся им второстепенными, мелкими. В этих случаях приходится не раз и не два настойчиво объяснять, что принцип доведения научной проблемы до создания вполне реальных новых материалов вынуждает отрешиться от деления работы на при-

ятную и неприятную. Ученому надо знать производство, ему важно пройти школу практической работы — тогда, не витая в облаках, он четко представит себе реальное воплощение своих творческих замыслов.

Теперь в нескольких городах работают большие опытно-промышленные установки, выпускающие материалы, созданные в нашей лаборатории. Поверьте, это большая радость для исследователя: приезжая на завод, видеть партии нового материала, созданные усилиями его коллектива в длительной, черновой, подчас неблагодарной работе...

Под городом Иваново на хлопчатобумажной текстильной фабрике производится по несколько миллионов метров в год кровоостанавливающей марли. Одна из самых важных задач, которые мы решаем, — работа на медицину, на здоровье человека. Эта марля запатентована уже в нескольких странах.

Началось промышленное производство разработанных у нас в лаборатории антимикробных волокнистых материалов. Эти ткани предназначены для клиник, где особенно остро стоит проблема борьбы с инфекционными заболеваниями, например для клиник, где делают операции на сердце или пересадку почек. Из бактерицидных тканей в таких клиниках будет со временем сделано все белье для врачей и больных, а стерильный воздух в палаты будет подаваться через фильтры из антимикробных волокон...

На Рязанском заводе химического волокна работает первый в нашей стране, да и в мире, цех мтилона (волокна, представляющего гибрид вискозного волокна и полиакрилонитрила). С этим волокном мы приняли большие муки. В 1971 г. вместе с сотрудниками Рязанского комбината и Люберецкого коврового комбината (где используют это волокно для выделки ковров) мы потратили массу сил на такие, казалось бы, не наши дела, как урегулирование технических условий производства нового материала. А что значит урегулировать? В данном случае это значило, что потребовалось собрать 16 виз различных ведомств. Нам пришлось заняться даже вопросом урегулирования цен, и это было непростое дело, ибо сталкивались совершенно противоположные интересы: предприятие стремится получить большие прибыли на новом материале и стремится продать его подороже, а это, естественно, тормозит его использование, ограничивает спрос на него...

В том же цехе производятся ионообменные волокна. С помощью этих волокон полностью улавливаются драгоценные металлы из раствора — золото, платина, серебро; очищаются сточные воды от вредных примесей, например ртути: они же используются в респираторах для защиты от вредных примесей в воздухе.

Все это промышленная отдача наших исследовательских работ. И все это не случайность. Мы провели очень большую черновую работу. И то, что происходит сейчас, можно назвать аккумуляцией опыта. На деле оправдывается принцип концентрации максимума усилий на решении одной-двух крупных народно-хозяйственных проблем, в которых мы никого не дублируем и никого не повторяем.

Я хочу подчеркнуть еще один принцип, которым мы руководствуемся в работе. Это непрерывный критический пересмотр того, что уже достигнуто, постоянная оценка и сопоставление сделанного нами с тем, что делается в других лабораториях страны и за рубежом. Польза от свежей научной и технической информации хотя бы в том, что она не дает заблуждаться на свой счет (чего, кстати, никогда не бывает). Самая правильная позиция такова: сделано кое-что, можно сделать и больше, и лучше.

Именно поэтому мы не приходим в отчаяние, если какие-то наши работы оказываются устаревшими (например, организация у нас в стране массового производства волокна лавсан заставила потесниться некоторые наши материалы). Что ж, такая конкуренция ущемляет самолюбие, но нельзя не отметить, что она заставляет заново осмыслить уже сделанное, несомненно повышает интерес к работе.

Важно, конечно, создать новый материал. Важно добиться, чтобы он воплотился в реальное производство. Но есть третья, не менее важная задача — создание научной школы. Я говорю об эстафете поколений в науке, недаром же говорят: «Учитель, воспитай ученика». Книжки устаревают, крупные технические достижения тоже устаревают. Единственное, что не стареет, — дух и традиции научной школы. Ученики воспринимают ваши взгляды на науку, они наследуют ваши творческие и этические принципы, методы, опыт. Они развивают ваши представления, обогащают их, а бывает — и опровергают вас. Но сами всегда идут вперед. Ученики, школа — это самое большое удовлетво-

решение, которое может пожелать себе каждый, кто посвятил себя науке...

Я сам очень многим обязан учителю — академику Павлу Полиевктовичу Шорыгину. Благодаря ему я занялся химией целлюлозы. А начинал я сразу с попытки практического решения очень большой и сложной проблемы.

Помню, как в 1932 году мне, двадцатипятилетнему специалисту, предложили заняться проблемой, связанной с ассимиляцией пороховой промышленности. Военные невзгоды в ту пору для нашей страны кончились, и надо было что-то делать с предприятиями, работавшими на оборону. Следовало подумать, как приспособить к мирным нуждам уже существующие пороховые заводы и чем занять те, которые еще предстояло построить, ведь страна не должна забывать о своей безопасности...

Порох получают из нитроцеллюлозы. По-видимому, надо было попытаться делать что-нибудь полезное из этого сырья, например какое-нибудь волокно. Я хорошо помню, как невелик был коллектив Института искусственного волокна и как все мы были молоды и неопытны. Кроме нашего руководителя П. П. Шорыгина, в стране вообще не было ученых, разбиравшихся в химии полимеров и в производстве волокон. Нам предстояло стать первыми...

Свою задачу мы сформулировали так: разработать процесс получения гидратцеллюлозного волокна на основе омыленной целлюлозы. Поясню, чего же мы добивались.

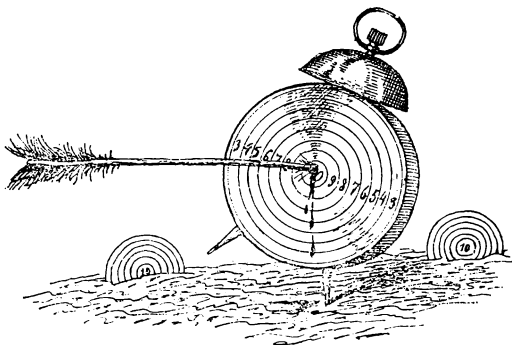
Первое в мире искусственное волокно получил француз П. Шарданэ в конце XIX века. Это было волокно из нитроцеллюлозы, и оно не нашло применения, так как было горючим и даже взрывоопасным. Позже научились переводить нитроцеллюлозу в негорючее состояние методом омыления, отщепляя от ее молекулы определенные химические группировки. В двадцатых годах началось промышленное производство волокна из нитроцеллюлозы — в Польше и Венгрии. Но делалось все столь несовершенными методами, что выгоднее было законсервировать и существовавшие старые и новые пороховые заводы, чем тратить деньги на такое производство.

Мы разработали два новых технологических процесса: получения волокна из нитроцеллюлозы и последую-

щего омыления этого волокна. Мы предложили новую аппаратуру, которая работала на очень больших для того времени скоростях.

Никогда не забуду той огромной радости, которую испытали мы одним осенним вечером в маленькой комнатке нынешнего здания физико-химического института им. Л. Я. Карпова, когда на нашей лабораторной установке было впервые получено волокно при скорости 200 метров в минуту, в то время как в других странах в заводских масштабах скорости не превышали 30 метров. Я бы пожелал, чтобы каждый молодой исследователь хоть раз в жизни испытал то удовлетворение и радость, которые довелось испытать тогда нам. Это удовлетворение не сопровождалось никакими поощрительными материальными стимулами. Просто были радость удачного творчества и гордость, что удалось решить такую сложную проблему.

Это был первый случай, когда мне пришлось работать не над новым материалом, а над новой, более прогрессивной технологией. Возможно, что с тех пор я и почувствовал важность практической отдачи своей работы.





Лайнус Полинг:

"Химики-это те,
кто в самом деле понимает мир"

Нил Бартлетт:

"Коллеги хором сказали —
не может быть!"

Дерек Бартон:

"Я нахожу большое наслаждение,
делая что-нибудь изящно, элегантно"

Роберт Вуавора:

"Если путь к цели очевиден,
то к такой цели
неинтересно
идти"

Лайнус Полинг:
"ХИМИКИ-ЭТО ТЕ,
КТО В САМОМ ДЕЛЕ
ПОНИМАЕТ МИР"

Человек идет по лесу... Яркие краски осени. Стройные стволы деревьев. Камни, порошенные мхом.

Город... Бетон и железо. Блеск стекла. В этом тоже своя красота.

Человек спрашивает, а что там, внутри? Как это все устроено? Проникнуть в природу вещей люди стремились всегда. Демократит. Эпикур. Лукреций:

«Что, наконец, представляется нам затверделым и плотным,

То состоять из начал крючковатых должно, несомненно, Сцепленных между собой наподобие веток сплетенных».

Первые наивные догадки о взаимодействии «начал» вещества — атомов.

В двадцатом веке человек научился проникать в природу вещей, узнавать, как расположены атомы в окружающих предметах, и перед ним открылся новый, воистину прекрасный мир.

Лайнус Полинг очень много сделал для того, чтобы этот мир стал достоянием человечества. Отливающие металлом кристаллы сульфидов и невзрачные хлориты, тающие на глазах гидраты газов и упругие волокна шерсти — вот некоторые из вещей, строение которых раскрыто при его участии, и таких разных.

Но настоящему ученому мало знать — как? Важно знать — почему? Какова причина «сцепленности» атомов? Физики-теоретики, создав квантовую механику и рассчитав с грехом пополам молекулу водорода, успокоились: им ясно, почему атомы притягиваются друг к другу и образуют химические соединения.

А Полинга интересует: почему в парафинах атомы расположены в вершинах тетраэдра, в шестифтористой

сере — в вершинах октаэдра, а в металлах и многих солях упакованы плотно. И он дает химикам удобные инструменты, позволяющие наглядно представить природу взаимодействия между атомами, понять причину возникновения тех или иных структур, предсказать строение еще не изученных соединений. Эти инструменты — идея гибридизации электронных орбиталей, представление о резонансе молекулярных структур, правило Полинга для сложных ионных кристаллов, ионные радиусы по Полингу...

Он не хочет допустить, чтобы что-то оставалось необъясненным, непонятым. И он объясняет — пусть пока приблизительно, но наглядно и красиво. Чтобы этим могли пользоваться все. Книга Полинга «Природа химической связи» доступна тем, кто овладел основами химии. Но надо научить людей и этим основам. И Полинг пишет блестящий, уникальный по простоте и глубине изложения элементарный учебник современной химии.

Полинг, несомненно, обладает обостренным чувством прекрасного. Модели многих структур выглядят особенно изящно, если они выполнены в «полинговских» полиэдрах (многогранниках). Теоретические построения Полинга и раскрытые им структуры приносят эстетическое наслаждение. Его книга «Архитектура молекул», созданная вместе с художником и архитектором Р. Хейвордом, стоит на моей полке рядом с альбомом репродукций В. ван Гога.

Человек идет по лесу... Мир не потускнел от того, что он знает, как расположены атомы в древесине, в камнях, в мехе пушистых зверюшек, в снежинках. Знание приносит новую красоту.

Кандидат химических наук
Г. Г. Маленков

Беседа с Лайнусом Полингом, выдающимся американским ученым, лауреатом двух Нобелевских премий и Международной Ленинской премии «За укрепление мира между народами», состоялась в Москве в 1975 г.

— Профессор, советским читателям хорошо известно ваше имя. Одни учат химию «по Полингу», другие лечат «по Полингу» простуду. Мы намерены опубликовать беседу с вами в те дни, когда, как сообщают справочники, вам исполнится 75 лет. Этим мы хотели бы

выразить то уважение, которое вызывает ваша научная и общественная деятельность.

— Спасибо, я рад и тронут.

— Наука будит к себе противоречивое отношение общества. Ею восхищаются, от нее отворачиваются, ее проклинают. Но в любом случае — все хотят знать, как наука делается! История науки — один из любимых сюжетов, даже для людей, далеких от научных занятий. Поэтому мы спрашиваем юбиляра: что из пережитого кажется вам самым ярким, самым приятным? О чем вам хотелось бы сейчас вспомнить?

— Мне представляется, что самая большая радость выпала на мою долю однажды ночью, в декабре 1930 года.

Я тогда интересовался химическими связями, пытался понять, что они собой представляют. Это была головоломная проблема... Физики уверяли, что атом углерода имеет на внешней оболочке разные электроны: два *s*-электрона и два *p*-электрона — с разными, естественно, орбиталями. Но химики говорили, что этого не может быть, так как углерод образует четыре одинаковые связи, а значит, либо все электроны одинаковы, либо они как-то уравнены в правах. Как можно было примирить эти суждения?

Я много размышлял над этой проблемой, и мне пришла в голову мысль, что *s*- и *p*-орбитали могут как-то сочетаться друг с другом, перемешиваться так, что образуются четыре одинаковые связи. Но подтвердить свою догадку точным математическим расчетом я не мог, задача была слишком сложна.

Прошел почти целый год. И вдруг меня осенило, что смешанные, или гибридные, орбитали углерода можно рассчитать с помощью простых алгебраических действий. Для этого важно учесть зависимость электронных *s*- и *p*-орбиталей от направления их в пространстве и сложить их так, чтобы гибридные орбитали приняли максимально вытянутую конфигурацию. В тех местах, где гибридные орбитали наиболее вытянуты, как раз и образуются химические связи между атомами. И связи эти направлены от ядра в углы правильного тетраэдра.

Я работал почти всю ночь, волнуясь все больше и больше, потому что мое правило сложения орбиталей оправдывалось и для других молекул. Стало ясно, например, что я могу объяснить, почему двухвалентные

палладий и платина образуют четыре связи. Эта проблема тоже была головоломкой, а теперь получала очень простое объяснение. Оно сводилось к тому, что у этих металлов пара собственных электронов и пара заимствованных у соседей образуют четыре смешанные орбитали — связи. Расчеты показывали, что эти связи лежат в одной плоскости и направлены в углы квадрата. Тогда же я смог предсказать, что соединения двухвалентного никеля тоже обладают плоскостно-квадратной структурой. Позже другие исследователи изучили соединения никеля и подтвердили мою догадку.

Да, сейчас я думаю, что это был самый замечательный момент в моей жизни... И если вы заглянете в нынешние книги по химии, то увидите, что там то и дело упоминаются связи, образованные гибридными орбиталями.

— Теории химической связи, сформулированной вами, уже больше сорока лет. Есть ли у вас ощущение, что все здесь уже сделано и нечего больше открывать?

— Конечно, такого ощущения нет. Идет время, и возникают новые идеи, новые мысли.

Знаете, когда-то казалось, что в теории химического строения вещества, развитой Кекуле, Купером, Бутлеровым и Франклендом, все так хорошо объяснено и почти все понятно. А пробелы были. Эти пробелы приводили меня в замешательство, когда мне было 18 лет. Я подступился к ним впервые в 22 года, когда начал дипломную работу. В тридцать лет с помощью законов квантовой механики я смог получить ответы на вопросы, которые до того вызывали лишь чувство недоумения и бессилия. И снова показалось, что теория химического строения вещества разработана окончательно.

А теперь оказывается, что полнота наших знаний только кажущаяся. И в свои семьдесят с лишним лет я увлечен новым типом химических связей, совсем недавно еще неизвестных науке. Я говорю о четверных связях. Есть связи одинарные, есть связи двойные, есть тройные. И оказывается, есть связи четверные, в которых участвуют сразу 8 электронов! Это связи экзотические, они очень короткие. Их обнаруживают между атомами рения, молибдена или хрома. Понимание природы таких связей позволяет составить общее представление о молекуле, в которой они проявляют себя.

Правда, пока не похоже, что теорию химической связи ждут революционные изменения. Но существенный вклад еще может быть сделан.

— Выдающийся советский ученый академик В. А. Энгельгардт приписывает исследователю некий инстинкт творческой деятельности. Энгельгардт сравнивает удовлетворение ученого полученным им ответом на загадку природы с удовлетворением чувства голода, с утолением жажды. Какую же радость дарит наука вам?

— В мире есть два главных источника радости... Один из них — удовлетворение любознательности, интеллектуального голода. Это желание понять, что представляет собой мир. Что такое металл, дерево, минерал, цемент, живое существо, небесные тела. Это стремление все узнавать.

За те семьдесят пять лет, которые я прожил, ученые сделали множество потрясающих открытий об этом мире. Помню, в те времена, когда я только что закончил институт и работал над докторским дипломом, — это было в США, в Калифорнии, — на меня налетел как-то один из наших студентов с радостным криком. Фамилия студента была Рихтер, он готовился стать геологом, позже он изучал природу землетрясений и теперь его имя известно всем, существует даже шкала землетрясений Рихтера. Рихтер выпалил: «Вы слышали, что случилось? Два молодых голландца обнаружили, это электроп вращается вокруг собственной оси!» Рихтер был очень сильно возбужден. И я тоже пришел в сильное волнение: это было такое интересное, такое замечательное открытие!

Я всегда испытывал огромное удовольствие, узнавая, что сделали другие. Но конечно, еще большую радость я ощущаю, когда сделаю что-то сам.

Вот совсем недавно я вывел заново формулу тетрадимита. Тетрадимит находят в кварцевых жилах, это довольно заурядный минерал. Я занимался им очень давно, в 1935 году, когда у меня был кристалл этого минерала — в коллекции, подаренной мне Робертом Оппенгеймером. Родители Роберта были богатыми людьми, и он мог свободно тратить деньги. Как-то он увлекся минералами и собрал прекрасную коллекцию. Но потом потерял к ней интерес. Мы с ним были друзьями, и вот однажды он привез коллекцию в Нью-Йорк и отдал ее мне, потому что я тогда интересовался

минералами. Это был прекрасный подарок. Я использовал многие образцы этой коллекции, чтобы определить кристаллическую структуру минералов с помощью рентгеновских лучей.

Так вот, в 1935 году я дал кристалл тетрадимита одному из моих студентов — Дэвиду Хаккеру, чтобы он сделал рентгеновские дифракционные фотографии. Затем, проанализировав снимки, я определил строение кристалла и опубликовал результаты. По моим наблюдениям, кристалл имел слоистую структуру: слой висмута, слой теллура, слой серы; затем слой теллура, слой висмута, слой серы; потом опять висмут, теллур, сера и так далее.

Но совсем недавно, в 1974 году, стали известны новые свойства этого соединения, которые заставили меня усомниться в правильности моих прежних выводов. Теперь я понял, что структура кристалла выглядит иначе: в нем нет слоев только теллура или только серы, а есть слои, содержащие или один атом серы на шесть атомов теллура, или один атом теллура на шесть атомов серы. И если раньше считали, что формула тетрадимита $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$, то теперь она имеет другой вид: $\text{Bi}_8\text{Te}_{13}\text{S}_5$. Мне было очень приятно сделать этот небольшой вклад в минералогию.

— У каждого исследователя есть свое любимое детище, своя привязанность в науке. Но ваши интересы так многогранны: от квантовой химии до биологии и медицины. Наверное, вы никогда не страдали от недостатка признания. Но по-видимому, далеко не все из сделанного вами нашло удовлетворяющую вас оценку. Мы хотим исправить положение и просим вас позволить себе немного фантазии. Итак, если бы вам присудили еще одну Нобелевскую премию, что было бы темой вашей лауреатской лекции?

— Несомненно, моя речь была бы посвящена гемоглобину. Сорок лет назад мы с моим студентом Чарльзом Кориэллом обнаружили, что гемоглобин меняет свои магнитные свойства, когда присоединяет или теряет молекулу кислорода. Это очень важное наблюдение, так как, изучая магнитные свойства гемоглобина и других металлопротеинов, мы можем получать представления о структуре и внутриатомных взаимодействиях в этих белках.

Вообще я много занимался гемоглобином и получил возможность показать, что такая тяжелая болезнь, как

серповидно-клеточная анемия, есть болезнь молекул гемоглобина.

Наверное, в своей речи я затронул бы и ортомолекулярную медицину — это врачевание с помощью веществ, присутствующих в самом человеческом организме. Дело лишь за тем, чтобы нужным образом изменить их концентрацию и мобилизовать на борьбу с болезнью.

— Например, насытить организм витамином С?

— Да, в первую очередь я говорю о нем. Я сам каждый день принимаю солидную дозу витамина С, а когда заболелаю — еще увеличиваю ее. Но нам нужно не только это вещество. Очень важен для организма витамин Е. Правда, его не нужно поглощать в столь больших количествах. Кстати, в ортомолекулярной медицине очень важна тема не только пользы, но и вреда. Мы съедаем сейчас в 10—15 раз больше сахарозы, чем наш первобытный предок. Я думаю, это очень вредно. Один из путей сохранить здоровье и продлить жизнь — сократить потребление сладкого: не только сахара, который мы кладем в чай, а вообще всего сладкого.

Наши знания в молекулярной медицине еще очень малы и фрагментарны. Это огромная область, ждущая своих исследователей.

— Спасибо, профессор Полинг. Мы примем это к сведению. А теперь еще один вопрос. Не хотите ли вы обратиться к тем, кто посвятил себя химии?

— Я надеюсь, что все, кто уже работает в этой науке или только вступает в нее, будут всю жизнь находить химию столь же интересной, какой находил ее я. Я надеюсь, что превращения веществ будут волновать новые поколения химиков так же, как это волновало их предшественников.

Я думаю, что химики — это те, кто в самом деле понимает мир. Физики знают лишь ограниченную часть мира, они изучают взаимодействие электронов и ядер, всякие пионы, каоны и прочее, в какой-то степени они интересуются взаимодействием атомов. Но им не интересно то многообразие веществ, которыми богат наш мир. Этот огромный мир — удел химиков. Я от души желаю им удачи.

Нил Бартлетт:
"КОЛЛЕГИ ХОРОМ
СКАЗАЛИ —
НЕ МОЖЕТ БЫТЬ!"

Профессор химии Нил Бартлетт из Калифорнийского университета выступил на XII Менделеевском съезде (1981 г., Баку) с чрезвычайно интересным докладом «Синтетические металлы», в котором о металлах как таковых было буквально два слова. В основном речь шла о соединениях. Соединениях, весьма нетривиальных, — с небывало электроотрицательным катионом и сложным анионом, который мог бы стать достойным партнером катиону-сверхокислителю.

Вообще, все, что делает этот исследователь, отличается нетривиальностью и в то же время исключительно строгой логикой. Он любит (и ищет) простые закономерности, ясный язык, простые однозначные выводы. Его экспериментаторские «ходы» выверены на редкость точно.

Два больших открытия сделаны Нилом Бартлеттом. Первое — то, что он увидел в гексафториде платины исключительно важный окислитель, способный перевести молекулярный кислород в положительно заряженный ион, и инициировал огромное количество работ по синтезу соединений, у которых сродство к электрону больше, чем у кислорода, хлора, фтора...

Одного этого было достаточно, чтобы стать очень заметной фигурой среди химиков-неоргаников. Но Бартлетт пошел дальше. Он первым получил, выделил и изучил соединения, в которых благородные газы образовывали истинную химическую связь. И опять его пионерская работа вызвала поток исследований и синтезов, в результате которых получены сотни соединений ксенона и радона...

Наш век прославился триумфами теории, без про-

маха предсказывающей то, чего никто и никогда не видел. Но устои химии ничуть не изменились. Инертные газы, в сущности, и теперь не утратили право носить это прозвище. Их химия беднее, чем химия любых других элементов, и такой останется навсегда. Человечеству пришлось затратить свыше шести десятилетий, чтобы заставить их вступить хоть в какие-нибудь реакции,— и первым, кто добился этого, был Бартлетт. Как же он рискнул пренебречь мнением авторитетов, отрицавших возможность таких реакций? Что заставило его осуществить знаменитые опыты, которые (задним числом это понятно) могли бы сделать до него очень многие? Вот об этом мы просим рассказать Бартлетта.

— Ксенон не может реагировать даже с самым активным элементом — фтором. Об этом было громогласно заявлено как раз тогда, когда я родился — в 1932 году. Работа была опубликована авторитетными экспериментаторами и убедила всех, в том числе, видимо, и теоретиков, которые предсказывали, что реакция идти может. Я имею в виду Лайнуса Полинга, вскользь упомянувшего о фторидах ксенона и криптона двумя годами ранее, а также немецкого физикохимика Антропоффа, написавшего статью о соединениях ксенона еще в 1924 году.

Поэтому сороковые и пятидесятые годы прошли впустую: возобладал скепсис, старым прогнозам не верили. Антропофф объявлял, что возможны не только фториды, но даже и хлориды ксенона, что он их скоро сделает. Но так и не сделал.

Тут наш собеседник допускает небольшую неточность. В статье 1924 года речь идет не о хлоридах, а об оксидах, и получается, будто ксенон должен реагировать даже с кислородом. Химикам это представлялось нелепостью. Тем не менее Антропофф угадал: в 70-е годы оксиды ксенона были получены, правда обходным путем. Время все поставило на свои места. Не обязательно перекраивать Периодическую таблицу, как это делал немецкий ученый, но его малонизвестная работа — свидетельство великих прогностических возможностей менделеевского закона.

— Для меня все началось в ноябре 1956 года. Я заинтересовался шестифтористой платиной, решил

ее полностью очистить от примеси бромидов. Как это сделать? Естественно — фтором. Бром и любые бромиды превратятся в летучий светло-желтый трифторид брома...

Взял я кварцевую трубку, поместил туда гексафторид платины, нагрел бунзеновской горелкой и пустил фтор. Странная наблюдалась вещь: пошли красные пары. Неужели брома в образце так много? Нагреваю посильнее — паров становится больше. Прибавляю ток фтора — а их еще больше.

И тут я заметил, что это вовсе не бром: красное вещество оседает на холодном конце трубки в виде кристаллов. А бром-то жидкости!

Кристаллы я собрал, но заняться ими как следует тогда не смог — шли последние дни работы над диссертацией. Моей темой были фториды серы, а вовсе не платины. Я только успел убедиться, что при сильном нагревании красное вещество не только возгоняется, но и разлагается. А если бросить его в воду — реагирует со взрывом.

Уточняем, где это происходило. Дело было еще в Даремском университете, в Англии, на родине нашего собеседника. Вот почему американский профессор так отчетливо, так понятно говорит по-английски: он же родом из Ньюкасла.

— После защиты в 1958 году я перебрался в Канаду, в университет Британской Колумбии. И тут мне повезло: первый же мой аспирант, как выяснилось, владел методом анализа, позволявшим установить состав красных кристаллов. Это вещество — очень трудное для исследования. Но аспирант умел сжигать образцы в бомбе с натрием. Мы с ним установили, что никакого брома в веществе нет. Есть платина, фтор и... кислород. Формула — O_2PtF_6 . Откуда взялся кислород? Может быть, проникла влага и получились оксифториды платины? Нет, воды во фторе не бывает — он же с ней реагирует. Так откуда кислород? Из воздуха? Тогда, выходит, попала в мои руки соль, в которой молекула шестифтористой платины соединена с молекулой кислорода.

Каким образом? Кислород ее окислил? Это абсолютно невозможно. Она его окислила? Тогда должен в составе соли быть парамагнитный катион O_2^+ .

Мы его действительно там обнаружили. Сделали и

рентгеноструктурный анализ — монокристалл, к сожалению, вырастить не удалось, — но и анализ порошка нашу гипотезу подтвердил: формулу надо писать $O_2^+PtF_6$.

С этим я выступил на университетском семинаре. Сообщил, что шестифтористая платина, судя по моим данным, должна обладать колоссальным сродством к электрону — около 56 килокалорий на моль — и окислять молекулярный кислород.

А коллеги хором сказали — не может быть! Ищите ошибку. Они никак не хотели верить, что фторид платины — окислитель такой силы.

Потом-то я узнал, что группа Вайнстока, работавшая с шестифтористой платиной в Арговнской лаборатории в США, начиная с 1957 года постоянно получала это красное вещество, и в немалых количествах. Но строением его долгое время никто не интересовался, были уверены, что это продукт гидролиза.

И в самом деле. Не надо быть химиком, чтобы знать, что кислород — окислитель. Бывают вещества, которые нельзя хранить на воздухе — они неустойчивы к кислороду, но, как правило, это сильные восстановители. А кому в голову придет беречь от кислорода окислитель? И если он «испортился» — ясное дело, проникла влага (гексафторид платины к ней в самом деле неравнодушен). И возиться тут не с чем.

Таковы, очевидно, были соображения тех, кто возмущался не стал. Бартлетт между тем от своего не отступился.

— Чтобы убедить коллег в своей правоте, я решил с помощью шестифтористой платины сделать какое-нибудь еще более эффективное окисление. Подумал об азоте или инертных газах. Однако припомнил потенциал ионизации гелия — двадцать четыре электрон-вольта, у азота еще больше — и решил: не пойдет. О том, что потенциалы снижаются, если двигаться вниз по Периодической таблице, я тогда не вспомнил.

Через несколько дней, готовясь к лекции, я листал учебник — и мне попалась на глаза известная диаграмма, похожая на пилу: зависимость потенциала ионизации от порядкового номера элемента. Каждый инертный газ — это пик на диаграмме, но, чем больше атомная масса, тем пик ниже. У аргона, кажется, около семнадцати электрон-вольт, у криптона — четыр-

надцать, у ксенона — двенадцать и одна десятая. А у кислорода — двенадцать и две!

Однако в тот момент углубляться в эту идею я не мог — опаздывал на лекцию. Поэтому учебник пришлось захлопнуть. Но немедленно после лекции я начал расспрашивать, где можно достать немного ксенона. Меня направили к спектроскопистам — они, мол, часто применяют благородные газы для разбавления своих образцов. Но спектроскописты сказали: криптона у нас сколько угодно, а вот ксенона нет. Когда я объяснил им свою проблему, они посоветовали — берите криптон, ведь потенциал ионизации у него немалого больше. С их, физической, точки зрения, немалого. А ведь это у ксенона потенциал меньше, чем у кислорода. У ксенона, а вовсе не у криптона. В конце концов я раздобыл ксенон.

Название газа Бартлетт произносит протяжно: «зи-инон». Видно, что это слово он повторяет с удовольствием. Спрашиваем, кто помогал ему в знаменитых экспериментах, а Бартлетт отвечает: «Никто».

Он делал их сам. Он вообще предпочитает все делать своими руками.

— У меня были два студента из Индии, совсем новички, работать с фторидами они еще не умели. Да если бы и умели, я бы все равно провел опыты сам. Такие вещи лучше делать самому. Это доставляет огромное удовольствие.

Итак, следовало смешать ксенон с шестифтористой платиной. У меня нашелся кварцевый сосуд, в котором можно было точно измерить объем газа, а потом привести его к стандартному объему. Я загрузил в него исходные вещества и стал ждать. Ждал целый день, и когда удостоверился, что газ до конца израсходовался, действительно вступил в реакцию, было уже поздно, около семи вечера. Хотелось оповестить весь мир, но тут я обнаружил, что в здании пусто. Все коллеги ушли, была пятница, начинался уик-энд. Абсолютно не перед кем похвастаться!

Еле дождался понедельника.

Он радуется своим воспоминаниям, и мы вместе с ним как бы переселяемся в 1961 год, в эту счастливую пятницу. И понимаем: сколько же терпения тре-

бывалось! Ждать битый день, пока этот медлительный газ израсходуется, потом терпеть еще два дня, чтобы поделиться радостью с коллегами...

— Реакция получилась, но это, как всегда, оказалось только началом. Образовалась смесь веществ очень не простая, в работе неудобная. Никак не удавалось получить из нее кристаллические продукты. Это, кстати, и до сих пор не удалось — те же вещества пришлось потом готовить обходными путями. Без кристаллов же нельзя было сделать рентгеноструктурный анализ, а без него доказать, что в веществе содержится катион ксенона, было довольно трудно. Кроме того, реакция идет не очень-то однозначно. Если взять избыток ксенона, получается в основном желтое вещество с формулой ксенон—платина фтор шесть. Но если в избытке шестифтористая платина, то образуется другое вещество, красное: ксенон фтор — платина фтор шесть и пятифтористая платина, продукт восстановления шестифтористой.

Он рисует фломастером в нашем блокноте. Вот они — первые соединения ксенона. С разгона наш собеседник изобразил и схему, по которой позднее получили еще одно соединение — $\text{XeF}^+\text{Pt}_2\text{F}_{11}^-$. Спрашиваем, а когда же получили фториды ксенона?

— Разумеется, как только удалась реакция с шестифтористой платиной и стало ясно, что ключ — в потенциалах ионизации, мы немедленно повторили давний опыт. Смешали ксенон с фтором. Только не стали греть в стальной бомбе или пропускать электрический разряд, как это делали неудачливые предшественники тридцатью годами ранее, а просто погрели смесь в стеклянном приборе. Реакция пошла!

Правда, чистые фториды в тот раз выделить не удалось — снова образовалась смесь. Но, к счастью, вскоре в Аргоннской лаборатории установили, что при нагревании синтезированных нами гексафторплатинатов образуется чистейший четырехфтористый ксенон. Он летуч и отделяется очень легко. А к концу 1962 года так же получили в индивидуальном виде и дифторид, и гексафторид ксенона.

Это они успели, пока я пытался изготовить соединения криптона — надеялся, что с их помощью фториды ксенона удастся сделать чище.

Бартлетт рисует схему получения четырехфтористого ксенона, а мы спрашиваем, обзавелся ли он тогда, наконец, единомышленниками.

— О, да! После того как возможность окислить ксенон была доказана, коллеги сомневаться перестали, и все, как один, обратились в мою веру. Тем не менее, справиться с криптоном удалось не сразу. Я попытался, что шестифтористой платины здесь уже недостаточно, и надеялся на гексафториды свинца или родия. Последний как раз синтезировали к тому времени в США. Но с криптоном не справился и родий — фтор шесть.

Соединения криптона мы все же получили, потому что были уверены в успехе. Потенциал ионизации у него действительно не такой уж большой. А вот с аргоном бьемся до сих пор. Я не думаю, что можно синтезировать соединения самых легких благородных газов — гелия и неона. Но аргон, это уже установлено, может образовать катион, в котором энергия связи весьма солидная — 63 килокалорий на моль. Проблема состоит лишь в том, чтобы подобрать анион, способный существовать в паре с таким сильным окислителем. Возможно, здесь подошел бы анион шестифтористого золота. Анион этот известен, но само шестифтористое золото — нет.

Я думаю, что с помощью электролиза солей этого аниона мы такое золото все-таки получим. И тогда не исключено, что в наши руки попадет материя, способная окислить даже аргон.

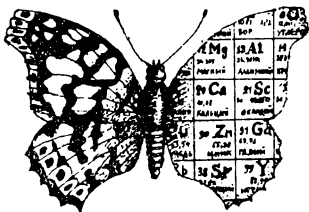
Бартлетт охотно и подробно рассказывает, что и с чем он собирается смешать, чтобы приготовить этот невиданный окислитель, — он не из тех, кто помалкивает о своих планах. А мы не упускаем возможности тоже кое-что ему порассказать и сообщаем историю, которую услышали от академика И. В. Петрянова. Перед войной в Москве у профессора Казарновского в Физико-химическом институте им. Карпова работала Берта Григорьевна Зискинд, которая очень интересовалась благородными газами. Так вот, она не поддавалась всеобщему скепсису и реакцию ксенона с фтором все же проделала. Успела получить какие-то соединения, но публикации так и не подготовила, все проверяла и проверяла себя... Бартлетт почти не удивляется услышанному.

— Верю, и охотно. Все дело в предрассудках. Теперь-то мы знаем, что достаточно поместить смесь ксенона и фтора в кварцевую ампулу и выставить ее на солнце, чтобы на стенке появились кристаллы дифторида ксенона. У нас в Пасадене для этого хватает минуты, а где-нибудь поближе к экватору довольно и секунд. Дифторид ксенона оказался чрезвычайно доступным соединением. Так что человек, свободный от предрассудков, мог получить его и сорок, и пятьдесят лет назад. Просто жизнь распорядилась иначе.

Вот и вся история того, что успело уже стать классикой химии. Бартлетт рассказывает так, будто дело было бог знает когда. Конечно, в то время, когда о нем заговорил весь химический мир, он только-только вышел из аспирантов. Но ведь ко времени нашей беседы ему не было и пятидесяти!

Прощаясь, мы спрашиваем, где можно прочесть о подробностях этих событий. Оказывается — нигде. Кое-какие детали он сообщал журналистам, но всю историю, от начала до конца, изложил в первый раз.

Время дополнило ее неожиданным, но отрадным эпилогом. В 1987 г. в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова установили «мировой рекорд» и получили семифтористое золото. Когда авторов работы спросили, что натолкнуло их на идею опыта, они ответили: рассказ Нила Бартлетта.



ДЕРЕК БАРТОН:
"Я НАХОЖУ
БОЛЬШОЕ НАСЛАЖДЕНИЕ,
ДЕЛАЯ ЧТО-НИБУДЬ
ИЗЯЩНО,
ЭЛЕГАНТНО"

В 1950 г. в международном химическом журнале «Experientia» Дерек Гарольд Ричард Бартон опубликовал статью, где он утверждал, что многократно наблюдавшиеся различия реакционной способности одинаковых заместителей в одинаковом структурном и стереохимическом окружении могут быть объяснены различными конформационными состояниями этих заместителей. Именно эта концепция положила начало конформационному анализу, одной из самых бурно развивающихся областей органической химии.

Но «область» — это, пожалуй, не то слово. Конформационный анализ можно скорее назвать естественным состоянием органической химии, во всяком случае — значительной ее части. Он используется сейчас почти во всяком исследовании, особенно природных соединений.

За свою выдающуюся работу — создание и развитие конформационного анализа — Бартон был удостоен многих наград и в 1969 г. — Нобелевской премии.

Бартон много занимается химическим синтезом природных соединений и изучает пути их биогенеза. Несколько удивительно изящных синтезов, проведенных Бартоном с сотрудниками, в известной степени моделируют синтезы природы.

В 1970 г. на Международном симпозиуме по химии природных соединений в Риге Д. Бартон прочел лекцию об изучении подходов к полному синтезу тетрациклинов. (Эта лекция обсуждается в беседе с Бартоном, состоявшейся тогда же в Риге.) Первые два представителя этой группы антибиотиков — ауреомицин (хлортетрациклин) и тетрациклин (окси-

тетрациклин) — были открыты в конце сороковых годов, а уже в 1952 г. удалось выяснить их строение. Ауреомицин и тетрациклин оказались химически очень интересными веществами с на редкость многообразной реакционной способностью. Неудивительно, что тетрациклины сразу сделались предметом вожделения для химиков-синтетиков. В середине 50-х годов за дело принялось несколько сильных групп в США, ФРГ и СССР. Первыми (1966 г.) пришли к финишу советские исследователи, синтезировавшие тетрациклин (эта работа была выполнена в Институте химии природных соединений АН СССР — теперь это Институт биохимической химии — под руководством М. М. Шемякина и М. Н. Колосова); позже группа американских и западногерманских ученых во главе с Г. Муксфельдом завершила синтез тетрациклина (1968 г.).

Там, где до Бартона уже было сделано очень многое, он сумел найти свой совершенно оригинальный подход к решению проблемы. Сложную полициклическую систему, лежащую в основе тетрациклина, он построил совсем не так, как делали до него. И на этот раз стратегия бартоновского синтеза вызывает ассоциации с работой величайшего мастера — самой Природы.

Доктор химических наук
Ю. А. Берлин

— Вы рассказали на симпозиуме о синтезе тетрациклина. Что же, антибиотики — новое ваше пристрастие?

— Молекулы антибиотиков — это очень интересные химические структуры. Все они довольно сложны и содержат множество разнообразных функциональных групп. Поэтому они представляют хороший вызов тому, кто занимается органическим синтезом. А когда вы чувствуете, что вызов на самом деле хорош, то стараетесь сделать все, что в ваших силах... Конечно, интереснее всего сделать то, что считалось совсем невозможным. Или что было трудно выполнить методами, которыми вы располагали в самом начале работы. Так вот, антибиотики отвечают второму требованию. И можно еще добавить, что они очень нужны медицине. Поэтому тут намного легче убедить тех, кто дает деньги ученым...

— Но известно, что синтезом тетрациклина интересуются не только в Англии, но и в Советском Союзе

и в других странах. Скажите, есть ли смысл разным исследователям тратить столько сил и средств на создание одного и того же препарата? Не достаточно ли удовольствоваться какой-то одной фундаментальной работой, чьим-то одним успехом, а затем идти дальше, заниматься другими делами?

— О, все обстоит не так просто. Я приведу пример, который, я уверен, поймет каждый. Полиэтилен — очень важный полимер — был создан фирмой «Ай-Си-Ай» в Англии накануне последней войны. Сейчас во всем мире существуют целые отрасли промышленности, выпускающие полиэтилен. Но большую часть полиэтилена делают вовсе не тем способом, который изобрели англичане, а методом низкого давления, предложенным Циглером и Натта, за который они получили Нобелевскую премию. Теперь попробуйте принять ту точку зрения, что если мы умеем уже получать полиэтилен по методу «Ай-Си-Ай», то незачем искать другие способы. Это значило бы, что метод Циглера—Натта не был бы никогда открыт и та огромная промышленность, которая выпускает полиэтилен и обращает его в столь нужные вещи, тоже не появилась бы.

— Значит, поиски оригинального пути — это уже достаточное оправдание для научной работы?

— Да. Когда вы выбираете объект для синтеза, такой, как тетрациклин, вы уже знаете, куда вы хотите идти. Но число путей, по которым вы можете идти, остается почти бесконечным. И каждая группа, которая работала с тетрациклином, выбирала свой метод. Далее: цель, во имя которой ведется синтез, — это не просто создание экономичного способа получения тетрациклина, потому что микроорганизмы все равно продельвают это намного более эффективно, чем мы с помощью химии. Но, пытаясь провести синтез, вы должны изобретать новые реакции, или новые реагенты, или новые методики. И то, что вы изобрели применительно к тетрациклину, может оказаться потом полезным для всей органической химии. Например, здесь в Риге я рассказал о новом катализаторе для процесса циклизации, в котором создаются сложные полициклические системы. Не так уж много известно методов для создания таких систем, а среди них не было пока такого, который позволял бы вести реакцию в столь мягких условиях, как это удалось нам. Если реакция,

которую я описал, имеет общий характер, а это как будто бы так, то значит появился новый метод для конструирования линейных молекул. И для того, кто хочет синтезировать вовсе не тетрациклин, а что-то совсем другое, все равно важно знать, что такой метод существует.

— Поэтому в пленарной лекции вы и сказали, что вам доставил удовольствие сам путь, по которому вы шли, синтезируя тетрациклин?

— Я действительно нахожу большое эстетическое наслаждение, делая что-либо изящно, элегантно. В синтезе важнее всего — прийти к конечному продукту таким путем, который вам самим принесет удовлетворение.

— Это, наверное, именно то, что сближает творчество ученого с творчеством человека искусства?

— О да, я тоже считаю, что ученый и художник имеют много общего. Особенно в побуждающих мотивах. Оба они творческие личности, создающие личности. Но есть и некоторые отличия. Работа ученого, сделанная раз, сделана и навсегда. То есть она остается с нами и к ней будут постоянно обращаться. А в искусстве меняется мода, и то, что сейчас признают, могут не признавать через столетие.

— Настоящее искусство тоже непреходяще.

— Мне хочется отметить, раз уж мы обсуждаем эту проблему, что признание искусства зависит еще и от того, в какой части света вы находитесь. В Японии или Китае по-своему думают о том, что красиво, и что нет, и что вечно в искусстве.

— Но ведь мы можем их понять...

— Можем, но только в некотором приближении. А вот если вы создадите новое химическое вещество, то его могут сделать потом и в Японии, и в Америке. И оценят его и тут и там. Но конечно, дело не в том, чтобы просто создать еще одно новое вещество. Сейчас это совсем нетрудно сделать. А в том, чтобы добиться чего-то, что дается нелегко, и сделать это изящно. В этом и кроется доступная всем красота науки. Я думаю, что самыми волнующими в моей жизни были моменты, когда я задумывал что-то, начинал представлять, что сделаю это так-то и так-то, а позднее в лаборатории действительно делал это. Я знаю из своего опыта, что такие минуты творения приходят не случайно, для этого нужен какой-то внешний толчок...

Вам задает вопросы ваше окружение, книги, вся внешняя среда. И вы начинаете искать...

Так было, например, с синтезом усниновой кислоты, которым мы занимались лет пятнадцать назад. Формула этой кислоты была принята химиками с 1923 года. Я смотрел на эту формулу и говорил себе, что не могу поверить, что она правильна. Было поразительно, что за все время никто не усомнился в этой формуле. Но, задавшись однажды таким вопросом и поняв, как должна выглядеть формула на самом деле, можно было пойти дальше и предсказать, как пойдет синтез усниновой кислоты. И казалось даже возможным сформулировать на этой основе теорию биосинтеза алкалоидов и многих других природных веществ. Около десяти лет я доказывал экспериментально правильность своей теории, и вот признано, что она верна.

А в другом случае мне был задан вопрос; каким способом можно было бы получить альдостерон? Я почти сразу же представил себе два метода, которые могли быть тут использованы. Один из них оказался на самом деле интересным, с его помощью получают сейчас альдостерон совсем простым путем. А кроме того, при разработке этого метода была открыта реакция, которая нашла общее применение в химии.

— Какое же из ваших открытий вам особенно дорого?

— Несколько работ принесли мне наибольшее удовлетворение. О двух из них я только что рассказал. Но конечно, прежде всего вспоминается то мгновение, когда я увидел и смог понять важность конформационного анализа. Это на самом деле произошло в одно какое-то мгновение, как бы в озарении.

— Вы хотите сказать, что до той минуты у вас вообще не было мыслей об этом, не было каких-либо идей?

— Я бы сказал, что тогда самой проблемы не существовало, по крайней мере для большинства химиков. То есть никто не пытался ее осмыслить. В 1945 году я начал работать преподавателем в университете. Я преподавал физическую химию и поэтому читал много литературы по этому предмету. И в то же время меня интересовали сложные природные соединения. Именно поэтому я был в курсе тех проблем, которые обсуждались в химии природных соединений, особенно в химии стероидов. Как-то я наткнулся на

работу профессора Хассела и вдруг сразу увидел значение того, что он сделал для органической химии в целом и что следует из его работы дальше. Тогда — это было в 1950 году — я написал короткую статью, в которой проиллюстрировал важность конформационного анализа в химии природных соединений.

Да, так это и бывает... Вы должны провести много лет, читая литературу, откладывая информацию в своем сознании, чтобы быть готовым в один какой-то момент ответить на вопрос, который вдруг возникает у вас или у других. И тогда открытие может уместиться в одном мгновении, тогда то, что было до сих пор неясным, становится внезапно простым и очевидным.

— Строите ли вы планы работы на будущее?

— Я думаю, что красота науки в том и состоит, что вы не можете предсказать, что в ней скоро станет важным. Это, может быть, противоречит вашей точке зрения, но тем не менее я убежден, что вы никогда не сможете спланировать то, что предстоит открыть науке через несколько лет.

— Но все-таки каждый знает, хотя бы примерно, что ему больше всего хотелось бы сделать. Химик, например, — какой синтез он попытался бы осуществить, будь на то его воля.

— Мне было бы намного более интересно осуществить не какой-то монументальный синтез, а изучить, как участвуют в процессах синтеза ферменты. Я думаю, что это сейчас одна из основных, фундаментальных проблем в органической химии. Почему существует такое различие между реакциями, которые мы проводим и которые ведут ферменты? Нам предстоит еще создать молекулы, которые могли бы имитировать действие энзимов. В общем, проблема состоит в том, научимся ли мы когда-нибудь синтезировать относительно маленькие молекулы, которые имели бы такую же активность, как ферменты.

— Если бы к вам, как к Фаусту, явился Мефистофель и в обмен на вашу душу предложил нечто такое, что вы могли бы взять по своему выбору, что бы вы попросили?

— О, думаю, что этот вопрос следовало бы задать не мне, а доктору Вудворду, потому что я совершенно уверен, что он-то продал свою душу дьяволу лет двадцать пять назад за право стать гением органической химии. Так вот, почему вы не спросите об этом доктора Вудворда?

Роберт Вудворд:
"Если путь к цели
очевиден, то к такой цели
неинтересно
идти"

Когда он встречал маленькую собачку,
он не обращал на нее никакого внимания,
но стоило появиться здоровому псу,
как он струной вытягивал свой обрубленный
хвост...

Он не знал, что такое страх.
Он не был похож ни на одну
из известных мне собак.

Э. Сетон-Томпсон, «Снап»

Роберт Бернс Вудворд (1917–1979), нобелевский лауреат, профессор Гарвардского университета, член Национальной академии США и по крайней мере еще двух десятков других академий и ученых обществ, принадлежал к числу наиболее известных химиков-органиков нашего времени. Славу ему доставили работы по полному синтезу хинина, стрихнина, резерпина, холестерина и ланостерина, кортизона, лизергиновой кислоты, колхицина, хлорофилла и витамина B_{12} . Он установил структуру алкалоидов стрихнина и цевина, антибиотиков тетрациклина, ауреомицина и магнамицина, ядовитого начала рыбы фугу — тетродотоксина. Вместе с К. Блохом он сформулировал новую концепцию биогенеза холестерина. Одновременно с английским химиком Х. Вилкинсоном Вудворд понял природу сэндвичевых металлоорганических соединений. А в 1965— в тот год, когда ему была присуждена Нобелевская премия, — он в соавторстве с Р. Гоффманом опубликовал серию статей о сохранении орбитальной симметрии, глубокое теоретическое исследование, основанное на соображениях, заимствованных из квантовой механики, которое совершенно по-новому осветило обширную область органической химии, известную ранее под выразительным названием «по mechanism reactions» — реакции без механизма.

Уже один этот список говорит об исключительной эрудиции — от биохимии до квантовой механики — и широте интересов, необычной для нашего времени, когда нормой, увы, становится узкая специализация; однако он не дает еще представления о совершенно уникальном научном стиле Р. Б. Вудворда, в котором даже весьма далекие от мистических настроений ученые склонны подозревать нечто дьявольское и сверхъестественное.

Хотя цель вудвордовских синтезов всегда заранее известна читателю его работ, рядовому органику никогда не удается предугадать не только весь путь синтеза, но и каждую следующую стадию, любой дальнейший шаг на пути к цели: подход, метод и стиль работы Вудворда так же отличаются от традиционных, как дедуктивный метод Шерлока Холмса от приемов инспектора Лестрейда.

Искусство, артистичность — вот, пожалуй, те определения, которые точнее всего передают главные особенности научного стиля профессора Вудворда. Но, кроме этого, есть еще тонкое понимание физического и химического поведения и пространственной структуры органических молекул, парадоксальность и рискованность решений в сочетании с продуманностью общего плана и чувством гармонии, неукротимый темперамент, заставляющий браться за безнадежно трудные задачи. (Свидетельство тому можно найти и в беседе с Вудвордом, состоявшейся в Москве в 1976 г.)

Изысканно культурный бостонский язык его статей уснащен множеством «вудвордизмов», повергающих переводчика то в восторг перед блеском его речи, то в отчаяние от попыток найти эквиваленты головокружительным английским оборотам и изобретенным им терминам. Вот лишь несколько образчиков его стиля:

«...Бробдингнеганский белок вируса табачной мозаики...» (Бробдингнег — страна великанов у Свифта);

«Насколько плохо мы еще понимаем беат-кортикотропин, это однообразное чудо-юдо»;

«Что касается меня, то не скрою: я надеюсь, что „синтез ради синтеза“ будет продолжаться наперекор утилитарному духу нашего времени. Органический синтез — штука волнующая, полная неожиданностей, требующая смелости, подчас поднимающаяся до вершин искусства. Чего же боле? И было бы очень грустно, если бы химики перестали это понимать».

Читая его статьи, слушая его удивительные доклады, невольно думаешь, что, стань он романистом, он был бы вторым Анатолем Франсом, в драматургии — вторым Бернардом Шоу, в шахматах — вторым Талем. Но он очень рано избрал место приложения своих способностей, органическую химию, и сам стал эталоном — Р. Б. Вудвордом.

*Доктор химических наук
О. С. Чижов*

— У нас есть особый повод обратиться к вам с расспросами, доктор Вудворд. Некоторое время назад нам довелось беседовать с Дерекком Бартоном — тоже нобелевским лауреатом по химии. Когда мы задали собеседнику шутливый вопрос, что попросил бы он в обмен на свою душу, явился к нему Мефистофель, то профессор достаточно серьезно объяснил, что этот вопрос следует задавать не ему, а Вудворду, который явно продал душу дьяволу за право называться гением органической химии.

— Что-то не припомню такой сделки...

— Но нам определенно хочется понять, как это у человека может «все» получаться.

— Я никогда не думал о победах и поражениях. У меня была просто хорошая жизнь, и я всегда наслаждался ею. Конечно, бывают особые моменты, когда дела и впрямь идут на лад. Но это длится так недолго — какие-то считанные часы. А на следующий день надо идти дальше. Одним успехом жить нельзя, важно получать удовольствие от работы постоянно: все поражения и победы — части одного целого. Не может же все время ладиться. Я бы сказал даже, что, когда дела плохи, это приближает время, когда они пойдут успешнее.

— Мы знаем о ваших победах. Расскажите о том, что вам не удалось.

— Не думаю, что стоит об этом рассказывать.

— Почему?

— Удаются очень редкие эксперименты. Гораздо больше не получается. Но и тот эксперимент, который не вышел, так же важен, как удавшийся.

— Вам не хочется вспоминать о неудачах?

— Вовсе нет, но мне кажется, что удачи и неудачи — это только моя жизнь, люди не знают о ней, и кому это может быть интересно?

— История открытий, жизнь ученых — это интересно очень многим, поверьте.

— Видите ли... Я хочу, чтобы вы поняли, что я думаю по этому поводу. Я никогда не буду писать автобиографию — мне кажется неудобным писать о самом себе. Даже не знаю почему.

— Тогда, может быть, вы расскажете о людях, с которыми вместе работали, о своих друзьях, среди которых, наверное, есть выдающиеся личности?

— Одна из самых приятных сторон научной работы — это возможность сотрудничать с другими. Мне приходилось тесно соприкасаться с множеством людей, за мою жизнь у меня было около полутысячи сотрудников. И эти люди, и наша общая работа интересовали меня больше всего. У меня есть друзья во всем мире. Самое приятное для меня — общаться с ними, бывать у них, говорить с ними.

— С кем из них вам интереснее всего?

— Зачем же обижать кого-то?

— По-видимому, вы расположены к людям?

— Мой опыт говорит о том, что в большинстве своем люди все-таки хорошие. И куда приятнее искать хорошее, нежели высматривать пороки. Я предпочитаю сосредоточиваться на лучшей стороне явлений.

— Кто были ваши учителя в науке?

— Своими знаниями я обязан только самому себе. Я сам себя учил химии. Я уважаю многих ученых старшего поколения, но ни с кем из них я непосредственно не работал.

— Где же вы получили образование?

— Я поступил в Массачусетский технологический институт и проучился там полтора года. А потом меня выгнали, потому что я не отдавал должного принятым курсам обучения, мне было интереснее заниматься тем, что я считал нужным и интересным, а не тем, что полагалось по программе. Я пошел на работу. Но, проработав немного, вернулся в институт, решив выполнить все, что от меня требуют...

Потом я получил должность в Гарвардском университете и работаю здесь и поныне, то есть уже 39 лет.

— Вы знали, что будете химиком, еще до поступления в институт?

— Я это знал уж не помню с какого времени. Даже тогда, когда был еще ребенком. Мне трудно припомнить время, когда бы я не интересовался химией.

— Вы росли в семье ученых?

— Нет. Отец умер, когда мне было около года. Мать не занималась наукой. Но она поощряла меня.

— Разрешала дома экспериментировать?

— Да, у меня была небольшая лаборатория. Я там ставил самые простые опыты — по книгам, которые у меня были. Когда стал постарше, то занялся более серьезными вещами. Пока реактивы я не мог покупать сам, это делала для меня мать.

— У вас есть ученики?

— Я не читаю лекций в университете, но со мной работают студенты, и мой способ обучения состоит в том, что они беседуют со мной, а я с ними.

— Какой научной проблемой вы заняты сейчас?

— Сразу двумя важными вещами. Одна работа связана с синтезом биологически активных соединений. Мы пытаемся создать новые эффективные антибиотики — эта работа идет в Базеле, в Швейцарии. В Гарварде мы тоже работаем с антибиотиками — макролидами.

Другая работа носит теоретический характер, она не имеет очевидного практического применения, и если оно и будет, то только в далеком будущем.

— Когда вы приступаете к синтезу, то по какому принципу выбираете вещество, которое хотите синтезировать?

— Мне нравится браться за синтез тех веществ, в возможность получения которых никто не верит. И нравятся люди, которые не боятся такой работы.

Как-то из Англии ко мне приехал человек с очень хорошими рекомендациями — он хотел работать со мной. Я дал ему довольно простой синтез...

— Простой — на ваш взгляд?

— Может быть. Но он выполнил этот синтез за две недели. Тогда я подумал: ага, это способный человек, мы должны с ним сделать что-нибудь посерьезнее. И объявил ему, что мы будем синтезировать холестерин. Мы выполнили этот синтез: он, я и еще несколько сотрудников. Годом позже он признался, что вначале, услышав о предстоящем синтезе холестерина, подумал обо мне: «Видать, он просто сумасшедший...» Но все равно решил попытаться. Фамилия этого человека Зондхаймер, сейчас он профессор Имперского колледжа в Лондоне.

На будущее у меня не бывает четко разработанных планов. Конечно, собираясь синтезировать столь слож-

ные вещества, как витамин В₁₂ или хлорофилл, надо иметь план. Но этот план должен быть гибким, чтобы всегда была возможность изменить путь или даже цель. Я тут уже упоминал макролиды. В этой группе антибиотиков есть один — эритромицин. Это очень интересное вещество, заманчивый и вместе с тем весьма трудный объект синтеза. Здесь мы сталкиваемся со стереохимическими проблемами, которые не могут быть разрешены уже известными методами синтеза. Надо искать новые методы, и в этом свой особый интерес. Если путь к цели очевиден, то к такой цели неинтересно идти.

— Как-то стало привычным делить ученых на два типа — одни поглощены наукой и ничем больше не интересуются, а другие, наоборот, широко открыты во внешний мир. К какой категории вы бы отнесли себя?

— К третьей. Я с удовольствием провожу время за работой. Но я очень люблю читать, люблю встречаться с друзьями, люблю ходить в гости. Я не интересуюсь политикой в отличие, например, от Джима Уотсона, но у меня много интересов помимо химии — люди, книги, театр, кино, музыка.

— Какая именно музыка?

— Всякая, исключая, пожалуй, только оперу.

— Книги?

— Всяческие исторические романы, мемуары, автобиографии, фантастика.

— И фантастика?

— Да. У меня есть друзья среди американских фантастов — Клиффорд Саймак, Рэй Бредбери.

— А сами вы пишете что-нибудь, кроме научных статей? Мы имеем в виду популяризацию науки.

— Нет. Я полагаю это очень важным и интересным делом. Но чувствую, что не смог бы выполнить его достаточно хорошо. Поэтому и не занимаюсь им. Иногда я читаю популярные лекции и делаю это с большим удовольствием. И все-таки, на мой взгляд, они мне не очень удаются. Это дело должны делать те, кто имеет талант хорошо его делать. А я — не из их числа.

— Некоторое время назад газеты и журналы писали о страхе американского общества перед наукой, о том, что многие ваши сограждане предают науку анафеме из-за возможных бед, которые она может принести миру. Что вы думаете обо всем этом?

— Мне кажется, что американцы в достаточной сте-

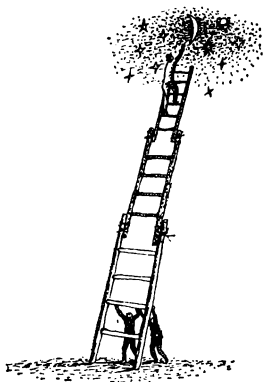
пени уважают науку и чувствуют доверие к тому, что делают ученые. Правда, несколько лет назад в нашей стране было что-то вроде движения, направленного не только против науки, но вообще против любого вида интеллектуальной деятельности. Но не думаю, что это отражало настроения всего американского народа, скорее носителями этих настроений были некоторые интеллигенты — те из них, которые по каким-то причинам не любят сами себя. В целом, я думаю, американцы в высшей степени расположены к науке...

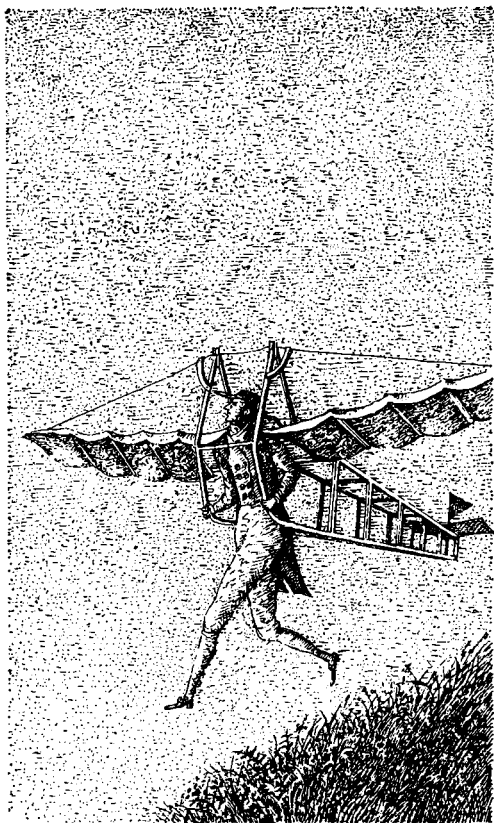
— А что это было за движение?

— Его называли антикультурой. Молодежь была озабочена, например, проблемами окружающей среды. Она считала, что наука во всем виновата... Сейчас все переменялось. Стало ясно, что многие проблемы, перед которыми стоит общество, могут быть решены только с помощью науки — демографический взрыв, нехватка пищи, загрязнение среды, болезни... Все больше молсдых людей снова выбирают науку.

— Но путь в науку — тяжелый путь?

— Если вы любите науку, тогда путь в нее легкий. А если не любите, то зачем заниматься ею?





КРАТКИЙ МЫГ ТОРЖЕСТВА

К истории одного открытия

профессор
М. С. РАБИНОВИЧ

КРАТКИЙ МИГ ТОРЖЕСТВА

К истории одного открытия

профессор
М.С. Рабинович

Матвей Самсонович Рабинович (1919—1982) пришел в аспирантуру ФИАН, в его теоретический отдел, в 1944 г. и был принят с определенным целевым заданием. Дело в том, что в начале того же года В. И. Векслер выдвинул свою смелую идею новых сверхрелятивистских ускорителей. До того все предлагавшиеся и обсуждавшиеся схемы получения протонов высокой энергии сводились лишь к улучшениям уже существующего циклотрона Лоуренса и единственной возможностью казалось увеличивать размеры магнита. Так можно было надеяться получить протоны с энергией в сотни мегаэлектрон-вольт. Векслер же сразу перескочил через дорелятивистский предел, предложив схемы фазотрона, микротрона, синхротрона. Идея была ошеломляющей (хотя теперь она кажется кое-кому простой), и вначале мало кто поверил в ее осуществимость. Ведь Векслер не имел никакого опыта работы с ускорителями и соответственно никакого авторитета в этой области. Скепсис касался прежде всего, конечно, устойчивости пучка и процесса в целом.

Рабиновича приняли в аспирантуру именно для того, чтобы он разработал проблему подробнее и, по существу, построил достаточно полную теорию резонансных ускорителей. Это был рискованный шаг. Ведь опыта научной работы у него совсем не было — он окончил физфак МГУ досрочно в связи с начавшейся войной и был направлен инженером на машиностроительный завод в Дмитров (под Москву). Завод работал на оборону, и почти до конца войны М. С. Рабинович был занят только этим делом.

Как руководитель по аспирантуре, я сразу предло-

жил ему работу, как мне казалось, очень трудную: прежде всего нужно было повторить расчет автофазировки, ранее сделанный в идеализированном приближении (считалось, что моменты ускорения частиц сливаются в непрерывный процесс), подтвердить, что расчет эффективен и для реальной схемы. Я очень сомневался в том, что он с этим справится: задача не сводилась к привычному методу решения дифференциального уравнения, а становилась гораздо сложнее. Но уже вскоре, через месяц или два, он пришел ко мне с готовым результатом. Я не верил своим глазам. Долго мучил его проверками, подозрениями, однако так и не смог подкопаться. Результат был верен и подтвердил теорию. Затем задание было усложнено, еще более приближено к реальным условиям. И с этим новым заданием Матвей Самсонович прекрасно справился. Я снова не мог найти даже малейших огрехов. Теперь отпадали всякие сомнения в стабилизирующем действии автофазировки.

Вскоре — через полгода или год — стало ясно, что Рабинович не нуждается уже ни в каком руководстве, что он — зрелый, самостоятельный физик. Это было удивительно, но это было так. Он стал работать в непосредственном контакте с группой Векслера и в полной мере овладел всеми аспектами проблемы. (В 1972 г. Рабинович написал для «Химии и жизни» публикуемую здесь статью-воспоминание об открытиях академика Векслера. — Ред.)

В теории ускорителей возникало много новых сложных вопросов. Чтобы сооружаемые модели заработали, нужно было разобраться не только в автофазировке, но и выяснить, как можно преодолеть другие возможные неустойчивости. Возникло много коварных неожиданностей. Короче говоря, нужно было построить достаточно полную теорию кольцевых резонансных ускорителей. Львиную долю этой работы и выполнил Матвей Самсонович.

Один молодой сотрудник лаборатории, где на самом деле эти работы, сказал тогда с восхищением: «У него мозг, как бритва!» Да, его острота мысли, трезвость ума и профессиональная хватка были поразительны с самого начала. Но к этому нужно добавить и самостоятельность, оригинальность суждений, мышление физика, а не математика, которому математика нужна лишь как хорошо освоенный инструмент.

Когда много лет спустя он нацелил свою лабораторию в ФИАНе на стеллараторную программу, некоторые ведущие термоядерщики взирали на это с пренебрежением и даже с состраданием — что можно сделать при таких скромных масштабах? Но я помню, как потом на защите докторской диссертации одного из сотрудников М. С. Рабиновича, оппонент соискателя академик Л. А. Арцимович, этот гордый и даже высокомерный человек, сказал: «Я недооценивал эти работы, я был не прав».

*Член-корреспондент АН СССР
Е. Л. Фейнберг*

Да, каждой истине сужден лишь краткий миг торжества между двумя бесконечностями времени, в одной из которых ее отвергают как парадокс, а в другой третируют как тривиальность. Эти слова, прочитанные еще в студенческие годы, сопровождают меня всю жизнь. Их я вспоминаю каждый раз, когда думаю о своем учителе Владимире Иосифовиче Векслере и о его двух выдающихся открытиях, одному из которых краткий миг торжества был сужден уже после смерти автора.

История этих открытий показывает, каким необычным образом реагирует научная общественность на новый, революционный подход к проблеме. Когда старые методы продолжают давать хорошие результаты, оказывается, что не только начинающему, но даже очень крупному ученому бывает нелегко объяснить, почему он сошел с проторенных путей.

Но после того как ученые и общество восприняли какое-либо открытие и оно овладело умами, все в нем становится обычным и до удивительности понятным, почти тривиальным. Единственно, что остается непонятным: почему его не сделали вы или я?

Может быть, в этом психологическом феномене и кроется причина того, что только писателям (а не ученым!) удаются книги и статьи, излагающие историю и суть открытия. Может быть, важнее не точное изложение фактов, а какие-то литературные приемы, которые заставляют нас стать на точку зрения современников открытия? Так или иначе, а читатель научно-популярного журнала хочет видеть не только побудительные причины открытия — его историю, но и содержание — суть дела, даже некоторые технические детали, рас-

сказанные так, чтобы читать их не было скучно. Сознавая справедливость этого требования, хоть оно и противоречиво, я рискую либо нагнать на читателя скуку научными подробностями, либо дать коллегам повод обвинить меня в вульгаризации. Чтобы как-то найти выход, я буду рассказывать не только о научных истинах, но и о вещах, которые могут всеми восприниматься непосредственно, так как они не стали еще монополией узкого круга специалистов.

Больше всего мне хотелось бы рассказать о коллективном методе ускорения, выдающемся открытии В. И. Векслера. У этого открытия длинная и нелегкая судьба. Его долго игнорировали и пазывали странным, но когда идея коллективного ускорения была понята, то тут же выяснилось, что почти все основные явления, лежащие в ее основе, известны давным-давно. Случай этот не исключение, он скорее правило. Так же «почти все» было известно и перед первым паровозом, и перед первым квантовым генератором, и перед тысячами и тысячами других — больших и малых — открытий.

Почему же только очень немногим удается их сделать, когда десятки, сотни и тысячи людей знают «все», чтобы совершить переворот в науке? Почему эти знания не помогают им, а ослепляют? Мне кажется, потому, что последний шаг к истине — нередко решающий — бывает особенно труден для тех, кто уже прошел 99 частей пути. Знания часто делают ученых слишком осторожными, выпячивают все реальные и мнимые трудности, стоящие на пути. Эти знания, как оковы, не позволяют сделать решающего скачка. Но вот этот скачок сделан — кем-то другим, — и вдруг вы видите, понимаете, что перед вами была не пропасть, а всего только узкая и порой пеглубокая трещина. Частые споры о приоритете и авторстве — следствия этой психологической трудности, а не плохого характера или недобросовестности спорщиков.

Еще один урок истории многих открытий: истину невозможно познать по частям, ее пужно охватить целиком. То же самое можно выразить еще резче: если вы знаете 99 процентов истины, то вы не ближе к пей, чем тот, кто не знает о ней ничего.

И последнее: всякое настоящее открытие подобно пропзведению искусства. Оно само и особенно подходы к нему несут черты личности автора. Поэтому пемыс-

лимо говорить о коллективных методах ускорения, не рассказав о Векслере.

На этом я заканчиваю вступление, но все еще не могу перейти к сути дела. Отойдем же от рассуждений о психологической природе открытий и поговорим о некоторых физических понятиях. Ужасный переход от романтики к прозе жизни.

Человек и ускорители

Ускорители заряженных частиц — это инструмент для исследования явлений, происходящих на очень маленьких расстояниях и за очень короткий промежуток времени. Они — антиподы телескопов и в некотором смысле подобны микроскопам, но с разрешающей способностью в десятки миллиардов раз большей.

Эта аналогия, как и любая другая, не совсем точна: через микроскоп мы видим лучи, отражаемые от малых предметов, в ускорителе же потоки частиц не только отражаются — они способны также рождать новые частицы. Это дает возможность исследовать не только свойства той частицы, которую мы рассматриваем, но и особенности взаимных превращений и распадов в иерархии элементарных частиц, тесно связанных друг с другом, — изучать явления, происходящие с невообразимо малыми объектами в течение невообразимо малых промежутков времени.

Но слово «невообразимо» годится лишь для романов. Оно выражает эмоции, а нам нужны факты, числа...

Единицу, удобную для измерения атомов, ввели давно и называли ангстремом. Сто миллионов ангстрем — один сантиметр, размеры атомов — порядка ангстрема, а размеры больших молекул — на порядок или два больше. А единица в сто раз меньшая, чем ангстрем, — это ферми. Размеры атомных ядер или элементарных частиц — порядка ферми...

Для того чтобы рассмотреть, что происходит на расстояниях в десятки, сотни и тысячи раз меньших, чем ферми, нужны огромные, поистине гигантские энергии. Именно поэтому ускорители — самые крупные и дорогие установки, применяемые для научных исследований (если, конечно, не считать космических станций и ракет) — нацелены на изучение сверхмалых расстояний. С их помощью ищут новые фундаментальные законы природы. Найти их можно только на очень ма-

лых расстояниях (очень малых промежутках времени) и на очень больших расстояниях (очень больших промежутках времени). Во всяком случае, мы (может быть, ошибочно?) в этом уверены. Малыми расстояниями занимается физика высоких энергий, большими расстояниями — астрофизика.

Эти законы очень трудно найти. Они, как мираж, время от времени возникают перед глазами, а затем рассыпаются под влиянием фактов, и расстояние до них непрерывно увеличивается по мере продвижения вперед. Но они обязательно будут найдены, и будущее развитие науки непременно приведет к пониманию границ применимости современных теорий, к созданию новых теорий, которые не будут похожи ни на теорию относительности, ни на квантовую механику. За какими границами возникнет новый мир? Об этом можно только гадать, но для нас важно, что именно ради этой благородной цели строятся огромные и дорогие ускорители и тысячи ученых пробуют свои силы и способности в попытках приблизиться к новому миру.

Действительно ли задача так важна? Ответ на этот вопрос предельно ясен, и он вытекает из требований единства науки, в частности единства физики. Без поиска фундаментальных законов природы не может развиваться знание. Если развивать только прикладные разделы наук и не заниматься фундаментальными исследованиями, то на первых порах это может оказаться даже выгодным. Но, безусловно, постепенно это приведет к вырождению науки и ученых, к уменьшению научного потенциала страны и, в конце концов, к вырождению также и прикладных разделов науки. Нет явной постоянной границы между фундаментальными и прикладными исследованиями, она размыта и находится в непрерывном движении.

На другой же вопрос — о соотношениях и пропорциях, в которых в данный исторический момент должны развиваться прикладные и фундаментальные науки, — такого четкого ответа нет. Ускорители заряженных частиц на очень большие энергии — это основа для будущего проникновения в самые глубины материи. Ускорители на малые и средние энергии — это приборы новой техники. И те и другие — необходимый элемент нашей культуры: они служат не только для познания, но и для усовершенствования самого человека, его представлений о природе вещей.

Ускорители, электрические поля и автофазировка

Ускорять по-настоящему мы умеем только заряженные частицы, и единственное настоящее средство ускорения — это электрическое поле. Если вы умеете создавать напряжение (разность потенциалов между электродами) в миллион вольт, то, проходя эту разность потенциалов, электрон получит энергию в 1 МэВ.

Такой метод ускорения (его называют электростатическим) сохранил свое значение до наших дней, и с помощью всяких ухищрений удалось ускорить протоны до энергии почти 40 МэВ. Но нас будут интересовать сейчас гораздо большие энергии, а чтобы их получить, электростатический метод уже не годится. И вот почему.

Хорошо известно, что в электростатическом поле набранная частицей энергия определяется однозначно ее начальным и конечным положениями и не зависит от пути. Поэтому многократное прохождение разности потенциалов ничего полезного дать нам не может. Чтобы ускорять в электрическом поле частицы до сверхбольшой энергии, нужно не статическое, а индукционное или волновое поле. В индукционном электрическом поле энергия уже зависит от пути, и при многократном вращении по окружности частица постепенно увеличивает набранную энергию. Заряженная частица может также непрерывно набирать энергию, если она движется вместе с электромагнитной волной или хотя бы не сильно отстает от нее.

Вся история ускорителей почти до самого последнего времени — это изобретение способов синхронизации движения частиц в такт с переменным электрическим полем. История эта началась где-то в середине двадцатых годов и бурно расцвела после второй мировой войны. Всевозможные ухищрения, к которым приходилось прибегать создателям все новых и новых, и тем не менее в своей основе одинаковых, ускорителей, — это другая тема. Но для того чтобы читателю были понятны новые идеи в ускорительной технике, мы не можем пройти мимо выдающегося открытия, сделанного в 1944 г. В. И. Векслером. Это так называемый принцип автофазировки, благодаря которому предел достижимых энергий был быстро поднят в тысячи и десятки тысяч раз. Это открытие

Векслера до сих пор остается основой всех работающих и строящихся ускорителей на сверхбольшие энергии.

Владимир Иосифович Векслер

Вот некоторые сведения из анкеты В. И. Векслера.

Родился в Житомире 4 марта 1907 г. Семи лет остался без отца, с 14 до 18 лет воспитывался в детском доме в Москве. В 1925 г. направлен Хамовническим райкомом ВЛКСМ Москвы на фабрику имени Свердлова электромонтером. В 1927 г. поступил в Институт народного хозяйства имени Плеханова. В 1930 г. произошла реорганизация этого института, в связи с этим перешел на работу младшим лаборантом во Всесоюзный электротехнический институт. Одновременно продолжал заочно учиться в Московском энергетическом институте, который и закончил экстерном в 1931 г., получив диплом инженера-электротехника.

Я уверен, что это очень существенно и важно для понимания личности Векслера — долгий жизненный путь от электромонтера до руководителя Отделения ядерной физики Академии наук СССР. Почти двадцать лет он сам собирал и монтировал придуманные им установки, не чурался никакой работы. Это позволяло ему ясно видеть не только фасад современной физики, ее идейную сторону, но и все, что скрывается за окончательными результатами, за точностью измерений, за блестящими шкафами приборов. Кстати, из крупных физиков нашего века не только Векслер инженер по образованию. Но во всяком случае, не следует подходить к В. И. Векслеру и в этом с обычной меркой. Формальный ценз образования для него мало значил, он всю жизнь учился и переучивался и до самых последних лет вечерами в отпуске изучал и конспектировал (!) теоретические работы других ученых.

Важным шагом в жизни Векслера был переход в 1937 г. в Физический институт имени Лебедева Академии наук СССР. Небольшой в те годы Физический институт жил напряженной творческой жизнью. Научные вопросы по самым различным разделам физики обсуждались всем коллективом, без деления на младших и старших, без деления на оптиков и ядерщиков, теоретиков и экспериментаторов. Не было еще тех границ между физиками разных специальностей, кото-

рыс характерны для наших дней и нередко оказывают удручающее воздействие на научную молодежь, и не только на молодежь.

В. И. Векслера, кстати, интересовали не только космические лучи — главный предмет его исследований в течение десяти лет (1937—1947). Много внимания он уделял методам регистрации заряженных частиц, но больше всего его занимала возможность создания ускорительных установок. Было много безрезультатных поисков, было изобретение уже давно изобретенного, потом был почти пятилетний перерыв в этих поисках.

Первый свой ускоритель Векслер предложил в начале 1944 г. Этот аппарат, получивший название микротрона, был в течение многих лет лишь забавной научной игрушкой, пригодной скорее для лекционных демонстраций, чем для работы. Трудно удержаться и не сказать несколько слов о микротроне, так как его изобретение лучше слов характеризует методы работы Векслера. Синхронности работы ускорителей, известных до 1944 г., мешало релятивистское возрастание массы частиц с ростом скорости. Основное внимание и усилия многих ученых были направлены на «борьбу» с этим эффектом, а Векслер решил использовать этот эффект, превратив его из вредного в полезный. Если возрастание массы сделать очень большим (в целое число раз), скажем в два-три раза, то частота обращения частиц уменьшится тоже в целое число раз. Тогда резонанс не нарушится. Действительно, если период обращения частиц и период изменения ускоряющего поля отличаются в целое число раз, то синхронность движения не нарушается. Микротрон — это резонансный ускоритель с переменной кратностью.

В 1944 г., анализируя работу своего микротрона, Векслер открыл совершенно новое явление, которое он назвал автофазировкой. Явление автофазировки в принципе аналогично автоподстройке радиоприемников 1-го класса. Если период обращения частицы зависит от ее энергии, а энергия зависит от фазы, то период обращения должен быть связан с фазой. Это и обуславливает автофазировку. Оказалось, что частицы сами автоматически будут подстраиваться к вполне определенной фазе, зависящей только от основных параметров ускорителя: амплитуды напряжения на электродах, скорости изменения магнитного поля и частоты обращения частиц.

Без преувеличения можно сказать, что это одно из крупнейших открытий XX в. С этого времени все замыслы Владимира Иосифовича связаны с ускорителями заряженных частиц. Еще несколько лет он не бросает космические лучи, ездит в экспедиции на Памир, но жизнь его уже принадлежит ускорителям.

Но вернемся к 1944 г.

У Владимира Иосифовича возникла тогда донкихотская идея: построить первый ускоритель на принципе автофазировки — то, что впоследствии было названо синхротроном, — силами двух человек. Еще шла война, и хоть уже и чувствовалось приближение победы, весь институт (и Векслер тоже) занимался другими, гораздо более важными для того времени делами.

И вот в конце 1944 г. Векслер представил свои работы о принципе автофазировки, опубликованные в «Докладах Академии наук СССР», на ежегодный научный конкурс института. Решение жюри было знаменательным: «Если работа В. И. Векслера правильная, то не нам давать ему премию, а если неправильная, то тем более не давать... Но работа интересная, ее нужно поддержать, пускай еще немного поработает...»

Для будущего ускорителя выделили небольшую комнату, и Владимир Иосифович поручил своему ученику Борису Белоусову сооружать синхротрон... Ему дали в помощь одного инженера и одного лаборанта, через некоторое время появилось еще несколько человек. С большим трудом с помощью академика Сергея Ивановича Вавилова удалось уговорить директора Московского трансформаторного завода соорудить магнит для ускорителя.

Установку наконец соорудили, но все попытки запустить ее оказались безуспешными. Нужен был магнит более высокой точности, но где его достать? И в институте стали появляться теоретические работы, «доказывающие», что принцип автофазировки неверен...

Обстановка изменилась только в конце 1945 г. — на волне взрывного развития ядерной физики сильно вырос интерес и к ускорителям. И еще «помог» известный американский ученый Эдвин Макмиллан. Однажды осенним вечером, когда группа в который раз обсуждала результаты экспериментов, появился взволнованный Белоусов с тонкой зеленой книжкой американского научного журнала «Physical Review».

Там была напечатана короткая заметка Макмиллана, излагающая... принцип автофазировки. Это было удивительно, так как работы Векслера уже были опубликованы — и на английском языке тоже — примерно год назад. Расстроенный Владимир Иосифович пошел посоветоваться с С. И. Вавиловым, а мы старательно вчитывались в статью Макмиллана, стараясь найти в ней хотя бы небольшие отличия от уже опубликованного. У Макмиллана были интересные соображения о когерентном излучении электронов, было найдено хорошее название для ускорителя — синхротрон — и больше ничего нового!

Через несколько дней Владимир Иосифович написал письмо в редакцию «Physical Review». Но еще до того как пришел ответ, о В. И. Векслере заговорили агентства всего мира. Многие американские ученые, прочитав статью Макмиллана, послали ему фотокопии работ Векслера. Знаменитый Эрнест Лоуренс (получивший в 1939 г. Нобелевскую премию за изобретение циклотрона — ускорителя протонов и альфа-частиц) выступил с заявлением о приоритете В. И. Векслера: идею автофазировки Э. Макмиллан выдвинул годом позже, хоть и независимо от Векслера. Лоуренс тогда писал, что в развитии науки есть своя логика, которая приводит к почти одновременному рождению открытий в разных частях света.

В 1946 г. в нашем институте была создана специальная лаборатория ускорителей, и первым ее заведующим стал В. И. Векслер. А на следующий год был запущен один из первых в мире электротронных синхротронов на 30 МэВ. Еще до того как он был готов, началось проектирование и сооружение в Москве ускорителя электронов на 270 МэВ. Он был пущен в работу в 1949 г., и тогда же по инициативе В. И. Векслера и С. И. Вавилова начались работы по проектированию большого ускорителя протонов — синхрофазотрона на энергию 10 миллиардов электрон-вольт в Дубне. Векслер был назначен руководителем этой работы. Наверное, только тот, кому приходилось участвовать в сооружении крупных физических установок, может представить себе такую работу, всю массу тяжелых, зачастую подавляющих дел, которые ввалены на плечи.

Векслер всегда любил работать с молодыми людьми, особенно с теоретиками. Я объясняю это тем, что

ему вечно приходили в голову новые идеи, нередко неверные, но большей частью весьма необычные, фантастические на первый взгляд. Они вызывали у многих физиков, привыкших к медленному, солидному стилю научной работы, возражения, порой даже насмешки и нежелание спорить по существу. И поэтому Владимиру Иосифовичу было проще с теми, кто еще не обрел такой солидности.

Когда пришла мировая известность, Векслер не изменил своему стилю. Продолжались громкие споры в лаборатории, высказывались рискованные, иногда фантастические мысли. Только теперь он иногда говорил ученикам: «Я прошу не рассказывать пока об этой идее, потому что из нее, может быть, ничего хорошего и не получится».

По мере того как росла известность Векслера, увеличивался и объем организационных, административных дел. Он становится директором Лаборатории высоких энергий в Объединенном институте ядерных исследований, продолжает руководить лабораторией в Москве. Очень трудно в таких условиях продолжать творческую работу.

Но как раз в эти годы Векслер и выдвинул совершенно новую идею — коллективный метод ускорения. Прошло очень немного времени после триумфа автофазировки, и было на первый взгляд непонятно, почему Владимир Иосифович Векслер занялся поисками принципиально новых методов ускорения.

После открытия принципа автофазировки конструкторы и изобретатели вздохнули свободнее. Оказалось, что можно изменять во времени как угодно магнитное поле и частоту ускоряющего электрического поля: все равно режим резонансного ускорения не будет нарушен. Это означало, что можно легко подобрать такие условия, чтобы частицы все время двигались почти по одной и той же орбите. Экономически это было очень выгодно, потому что в качестве камеры можно было использовать кольцевую трубу с небольшим эллиптическим сечением. Вдоль этой трубы размещаются магниты; весь ускоритель монтируется в туннеле, таком же, как в метро. При удобных с технической точки зрения величинах магнитных полей удастся сообщить частицам энергию до 50 МэВ на 1 метр периметра ускорителя. Например, периметр синхрофазотрона в Дубне 200 метров и максимальная энергия

равна $50 \times 200 = 10000$ МаВ = 10 ГэВ. Периметр ускорителя в Серпухове 1500 метров и энергия 75 ГэВ. Периметр гипотетического ускорителя на 1000 ГэВ был бы 20 километров и так далее. Значит (простое умножение!), можно в принципе получить любые энергии, если забыть, что стоимость ускорителя растет в лучшем случае пропорционально его размерам. (Имеется в виду использование магнитов, существовавших в то время: сверхпроводящие магниты позволили уменьшить эту оценку в несколько раз. — *Ред.*)

Казалось бы, можно вообще отказаться от магнитных полей. На линейном ускорителе — в прямой многокилометровой трубе — можно на первый взгляд создать электрические волновые поля напряженностью 0,5—1 гигаВольт на метр (миллиард вольт на метр). Однако такое поле неизбежно вызовет пробой — холдную эмиссию электронов из стенки камеры.

Таким образом, и этот путь (пока?!) был забракован инженерами и положение представлялось безысходным. И когда выход был найден, в него никто сначала не поверил.

Коллективные методы ускорения

Открытие не пришло в результате внезапного озарения. Оно возникло в результате длительного, деятельного поиска.

Начиная примерно с 1952 г., В. И. Векслер начал искать совершенно новые принципы ускорения — когерентный, радиационный, ударный... Но эти новые работы, доложенные на многих всесоюзных и международных конференциях, встречали наряду с естественным любопытством все растущее чувство скепсиса. Конечно, новые идеи, новые принципы — это интересно. Но как их применить к конструкции ускорителя, оставалось неясным. Во всяком случае, нигде в мире у Векслера не нашлось последователей. Тем не менее с небольшой группой учеников он продолжал поиски. В те годы ускорительная техника переживала расцвет. Поэтому, естественно, вызывала раздражение группа «бунтовщиков», которая не хотела идти вместе со всеми. Их не очень сильно ругали — из вежливости. Авторитет выдающегося ученого давал В. И. Векслеру возможность продолжать работы в избранном направлении, несмотря на скепсис научной общественности.

А чтобы не растрачивать усилия на полемику, Векслер с 1962 г. решил не публиковать больше промежуточных результатов исследований.

В августе 1965 г. Владимир Иосифович тяжело заболел и 22 сентября 1966 г. умер.

После его смерти работы продолжались под руководством В. П. Саранцева, одного из ближайших сотрудников и учеников Векслера. Очевидно, в таких условиях самым правильным было вынести на суд научной общественности достигнутые к тому времени результаты.

Впервые о работах Векслера, Саранцева и их сотрудников было доложено в конце 1967 г. на конференции по технике и физике ускорителей, которую устраивали каждые два года. Мало кто рассчитывал на то, что доклад этот встретит понимание, а тем более принесет успех. Во всяком случае, никто из авторов работы не поехал в Кембридж (США), где проводилась конференция. Доклад был прочитан от имени авторов одним из членов советской делегации — и произвел сенсацию.

Может быть, и следовало бы рассказать о сложном пути этого открытия, о ложных направлениях, разочарованиях и надеждах, борьбе мнений. Но тогда пришлось бы воссоздать обстановку в лаборатории, характеры людей — предшественников открытия. Дело явно мне не под силу. Поэтому расскажу о сути работы в ее конечном виде. Как любил иногда говорить Владимир Иосифович: «Изложите результаты, а все остальное имеет интерес только для вашей биографии».

Почти десять лет оружием В. И. Векслера были только чернила и бумага. И лишь в начале шестидесятых годов начали вырисовываться контуры того, что мы сейчас называем коллективным методом ускорения. И в 1962 г. началось сооружение моделей новой машины.

Но мы несколько забежали вперед. Я призываю читателя набраться терпения и постараться понять, что такое коллективный метод ускорения.

Электроны держат и ускоряют ионы

В обычных ускорителях ускоряющее электрическое поле создается внешними источниками: зарядами, возникающими на неподвижных металлических элек-

тромах или в поле электромагнитной волны. В коллективном методе ускорения ускоряющее поле создается потоком электронов, увлекающих за собой частицы противоположного знака — протоны, α -частицы или тяжелые ионы.

Новый принцип состоял в том, что частицы малой энергии и малой массы могут ускорить частицы большой массы до большой энергии. Электрон примерно в 2000 раз (точнее, в 1836 раз) легче протона. Следовательно, если протоны будут в конце концов двигаться со скоростью электронов, то их энергия будет в 2000 раз больше энергии электронов. Чтобы протоны и электроны двигались вместе, сила, действующая на протоны, должна быть в 2000 раз больше, чем сила, действующая на электроны. Воздействовать на электроны можно с помощью внешних источников обычными слабыми силами; колоссальные силы, действующие на протон или ион, должен создавать «коллектив» электронов.

Но мощные силы притяжения электронов и протонов — это мощные силы отталкивания одинаково заряженных электронов. Если этому расталкиванию дать разыграться, то электроны разлетятся во все стороны. Значит, расталкивание электронов нужно скомпенсировать, не изменив величины ускоряющей силы. Не противоречиво ли это требование?

Оказалось — нет. Но только при условии, что электроны движутся со скоростями, близкими к скорости света.

Собственное магнитное поле летящих в одном направлении электронов может частично скомпенсировать силы их расталкивания. Это происходит по тому же закону, по которому притягиваются проводники с током, текущим в одном направлении (школьная физика, действие магнитного поля на ток). Вспомните, пожалуйста, что магнитное поле тока не меняет силы кулоновского притяжения ионов и электронов.

Ускоритель электронных колец

Для того чтобы осуществить идею коллективного ускорителя, была придумана специальная схема. В устройстве, носящем название компрессора или адгезатора (адиабатический генератор заряженных тороидов), в магнитном поле образуются электронные кольца,

имеющие большую плотность заряда. Кольца не разлетаются, поскольку кулоновское расталкивание электронов, имеющих энергию порядка 10–20 МэВ, компенсируется их магнитным притяжением. В электронное кольцо вводят ионы (примерно процент от количества электронов), которые удерживаются в нем кулоновскими силами. Кольцо в целом можно ускорять, например в линейном ускорителе. При этом ионы будут увлекаться кольцом, а их конечная энергия будет больше энергии электронов в сотни раз.

Никакие электрические поля не произведут сами по себе ускорения, если кольца неподвижны. Мы должны привести их в движение в направлении, перпендикулярном плоскости колец. При этом нельзя изменять существенным образом их размеры, чтобы не уменьшить притяжения между электронами и протонами. По-видимому, это самое трудное при создании коллективного ускорителя.

Для ускорения колец большие внешние электрические поля не нужны. Кольцо можно считать одной большой заряженной частицей и ускорять ее, как обычно ускоряют электрон.

Коллективный метод особенно хорош для ускорения тяжелых ионов, предназначенных для синтеза трансурановых элементов. В этом случае достаточно ускорить кольцо на участке длиной всего 20–30 см, чтобы получить нужные энергии. Открываются и другие заманчивые перспективы для работы коллективного ускорителя в разных областях ядерной физики. Здесь не действует обычная арифметика.

На этом можно было бы и закончить, но, прежде чем подвести итог, попытаюсь ответить на несколько вопросов. С некоторой степенью условности можно считать, что задает их одно и то же лицо; назовем его редактором.

Вопросы и ответы

Редактор. Вы пишете, что академик Векслер только через 10 лет после возникновения идеи коллективного метода ускорения приступил к экспериментальной работе. Теоретические расчеты были уже закончены, была уверенность в справедливости новой идеи?

Автор. Так было при создании обычных ускорителей, но не в этот раз. Тут было много сложных про-

блем, не поддающихся расчету. Нужны модельные эксперименты...

Редактор. Если теория еще не завершена, то должны же быть какие-то другие критерии, позволяющие решить, что предварительный этап работы закончен и нужно приступать к сооружению модели. Могли бы вы сказать о таких критериях?

Автор. К сожалению, они отсутствуют... И тем не менее эксперимент надо начинать, а это связано с большими затратами, часто со строительством. Авторам нужно убедить научную общественность и руководство института, Академию наук СССР или другое ведомство, что пришло время раскошелиться, но их убежденность в этом определяется главным образом интуицией. Создается очень сложная ситуация, которую может разрешить только научный авторитет автора предложения. Конечно, на первых порах вам разрешат сооружать только малую, относительно недорогую модель.

Редактор. Но все же были какие-то научные факты, результаты, которые убедили Владимира Иосифовича, что пора начинать?

Автор. По-моему, психологически решающим для Векслера был изобретенный им метод инерционной стабилизации продольного размера кольца электронов. Однако потом оказалось, что его практически осуществить нельзя. Уже после начала экспериментальных работ были предложены другие, простые и эффективные способы стабилизации. Не в этом дело. Из истории науки мы знаем случаи, когда ошибки способствовали движению вперед.

Редактор. Вы хотите меня убедить в полезности ошибок?

Автор. Конечно, нет. Я хочу вас убедить вот в чем: безусловных критериев перехода научного направления в новое качественное состояние не существует. После того как это произошло, можно установить такой критерий для этого направления, но, увы, это уже никому не нужно...

Редактор. У меня есть еще замечания. Прежде всего о заглавной теме. Где у вас краткий миг торжества? Где отвергают истину и где ее третируют? Мне кажется, что в тексте трудно усмотреть эти три периода. И последнее. Места, где излагается физика, трудно читать читателю-нефизикѹ.

Автор. Столько обвинений, что сразу на все не ответишь! Начну с первого. Мое название, моя главная тема,— это обобщение тысяч случаев, и оно принадлежит не мне. Каждый случай по-своему индивидуален, в каждом свои отклонения. Было бы нехорошо подгонять реальные события под схему. Но нет никакого сомнения, что история открытий В. И. Векслера в общем подтверждает эту схему, хотя вы и заметили в ней отклонения.

Редактор. И все-таки! Вы назвали статью «Краткий миг торжества». В чем же он?

Автор. Я не могу показать пальцем — вот, тут краткий миг торжества. Но он есть, и читатель должен это сам почувствовать. Однако с кратким мигом торжества истины связаны и другие обстоятельства, и о них, может быть, стоит сказать еще несколько слов.

Когда наступает этот краткий миг и даже противники открытия превращаются в его ярких сторонников, тогда в работу втягивается множество людей, привлеченных рекламой и шумом. Гораздо больше, чем нужно на первое время... Им кажется, что с помощью выдающегося открытия очень просто, легко, в короткий срок можно преодолеть все препятствия, создать дешевые и мощные установки. Вот примеры. В 1951 году И. Е. Тамм и А. Д. Сахаров предложили свой метод управляемого термоядерного синтеза, многим казалось, что через два-три года будет создан термоядерный реактор. В 1952 году греческий инженер мукомольной промышленности Н. Кристофилос предложил свой метод сильной фокусировки, и тут же появились предложения о создании сверхдешевых ускорителей со сверхжесткой фокусировкой. В соответствии с этим же «законом», когда в 1967 году стал известен коллективный метод ускорения Векслера, в американских газетах появились сообщения, что надо тут же переделывать проекты ускорителей...

Но и в первом, и во втором, и в третьем случае вскоре выясняется, что дело обстоит не так просто. Термоядерному реактору мешают неустойчивости. Созданное для его сооружения бюро экспериментальной проверки переименовывается в отдел плазменных исследований, работы продолжаются, и конца им пока не видно. Сверхжесткой фокусировке мешают резонансы, и ее откладывают в долгий ящик, а удовлет-

воряются умеренно жесткой фокусировкой. Коллективному методу ускорения мешает недоработанность многих технических и физических проблем.

Все начинают понимать, что открытие открытием, а для того, чтобы его использовать, нужна длительная, напряженная и скучная работа. И тут начинается отлив людей, обманутых в своих лучших чувствах. Праздник кончился, наступили будни. Можно сказать, что именно с этого момента открытие входит в золотой фонд знаний всего человечества и что ему дана правильная оценка.

Гораздо труднее ответить на другое замечание — трудно читать. И я хотел бы сначала высказать свою точку зрения на научно-популярную литературу.

Редактор. Если вы не будете ее ругать...

Автор. Ни в коем случае! Я считаю, что она служит тем же целям, что и фундаментальные научные исследования, не связанные прямо с практикой. Полное удовлетворение материальных и культурных потребностей человека пужно для совершенствования самого человека! Но совершенный человек глубоко заинтересован в познании самого себя и окружающего мира, он всеобъемлюще любопытен. Фундаментальные науки направлены не только на познание мира, но и на возбуждение и частичное удовлетворение этого любопытства, а следовательно, на усовершенствование человека.

И одна из относительно легко прослеживаемых связей между фундаментальными науками и обществом — научно-популярная пропаганда, и в частности научно-популярная литература. Результаты труда ученых должны становиться достоянием всех людей, желающих знать о них, и общество в этом глубоко заинтересовано...

Редактор. Какое это имеет отношение к вашей статье?

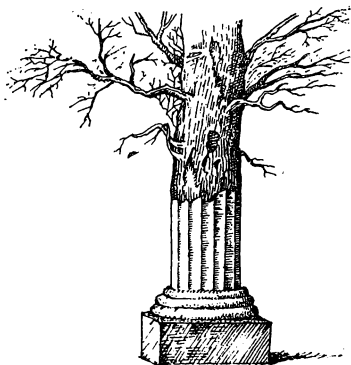
Автор. Это не имеет отношения к качеству выполнения моих намерений, но имеет отношение к целям, которые я ставил. Мне хотелось, чтобы читатель понял основной смысл той работы, о которой шла речь. Пусть детали будут понятны тому, кто уже кое-что знает об ускорителях. Ведь нельзя в каждой статье, посвященной ускорителям, начинать все сначала. Если кого-то смущают цифры или формулы, их можно пропустить. Я, например, с удовольствием читаю работы по музы-

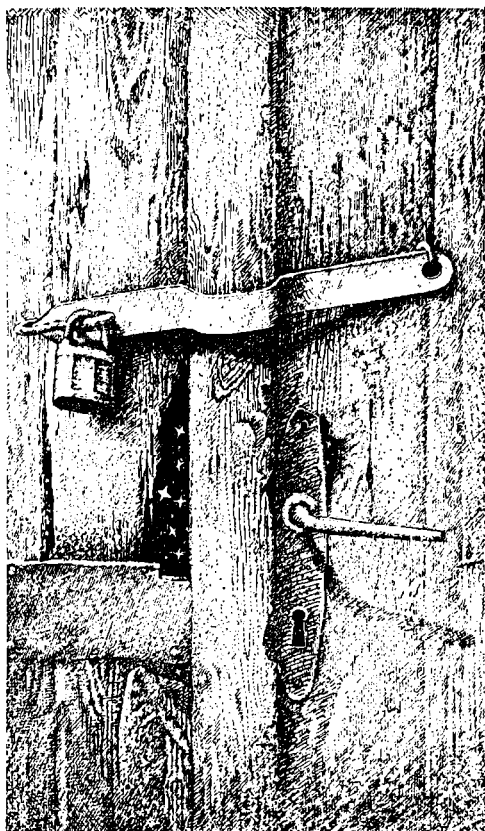
ке, а когда в ходе изложения появляются ноты, я их должен пропустить. Конечно, что-то я теряю, но тем не менее дочитываю до конца. Научно-популярная статья не роман, можно непонятные места пропускать и возвращаться или не возвращаться к ним позже.

Вместо заключения

О выводах, которые следуют из рассказанной истории, я уже писал в самом начале. Но в конце все равно должно быть заключение, хотя бы для тех читателей, которые не имели времени или желания следить за всей логикой рассуждения и жаждут выводов. Таких много, и я сам принадлежу к их числу.

И я говорю им и самому себе: будут новые ускорители, в которых электроны ускоряют ионы. Пройдет еще сколько-то лет — и новые ускорители дадут нам новые сведения о структуре материи. Может быть, через какое-то время и для них придет краткий миг торжества.





Рудольф Мессбауэр:

"ОТКРЫТИЕ МОЖНО БЫЛО СДЕЛАТЬ
ГОРАЗДО РАНЬШЕ,
НО ЕГО ПОЧЕМУ-ТО ПРОГЛЯДЕЛИ"

КАК БЫЛО ОТКРЫТО
СПОНТАННОЕ ДЕЛЕНИЕ

Профессор К.А. ПЕТРЖАН

Дороти Ходжкин:
"МНЕ, ВЕРОЯТНО,
ВЕЗЛО"

Рудольф
Мессбауэр:

"ОТКРЫТИЕ
МОЖНО БЫЛО
СДЕЛАТЬ
ГОРАЗДО РАНЬШЕ,
НО ЕГО ПОЧЕМУ-ТО
ПРОГЛЯДЕЛИ"

В 1958 году Рудольф Мессбауэр, двадцатидевятилетний физик из ФРГ, открыл эффект, который позднее стали называть его именем. В 1961 г. — всего три года спустя, такое случается не часто! — ему была присуждена за это открытие Нобелевская премия.

Полное название эффекта Мессбауэра: резонансное ядерное поглощение гамма-квантов в твердых телах без отдачи. Это одно из тех открытий, о которых говорят, что они определяют лицо современной науки — тончайший метод исследования, позволяющий измерять очень слабые явления с поразительной точностью. Достаточно напомнить, что с помощью эффекта Мессбауэра можно непосредственно определить валентность атома, не разрушая вещество, что с помощью этого эффекта удалось измерить предсказанное Эйнштейном гравитационное красное смещение частоты фотонов, то есть, образно говоря, удалось взвесить фотон...

Осенью 1969 г. профессор Р. Мессбауэр дал в Москве это интервью.

— Мы хотели бы, г-н профессор, начать с вопроса, имеющего важное значение для нашей беседы. Что вы думаете о премии Калинга?

— Премия Калинга?

— О, об этой премии вы и не слыхали? (присутствующие смеются.) Премия Калинга учреждена ЮНЕСКО, ее присуждают за выдающиеся успехи в популяризации науки.

— Вот как! Конечно, в этой области есть проблемы... Я имею в виду, что ученые под разными предлогами отказываются писать популярно. Нет ничего странного

в том, что они говорят, будто это пустая трата времени и что у них есть много дел поважнее. Но с другой стороны, это и не совсем справедливо! Налогоплательщики — ведь это они поддерживают научные исследования. Так что каждый ученый просто обязан не только что-то давать, какие-то результаты... Он еще обязан держать людей хоть немного в курсе того, что происходит в науке. Только очень часто бывает так, что ученые — это совсем не те люди, кто может хорошо объяснить другим суть своей работы. Знаете, они, может быть, хотят этот сделать, но не могут...

— Ответ звучит весьма обнадеживающе... Мы как раз хотим попросить вас рассказать — возможно доступнее — о своем открытии. Как именно это произошло? Над чем вы тогда работали? Какую цель преследовали?

— О, это долгая история. Так просто не расскажешь. Все это началось... весной пятьдесят третьего года. Я тогда заканчивал Технический университет в Мюнхене, и мне надо было найти тему для дипломной работы.

Я советовался об этом с несколькими профессорами и так дошел до профессора Майер-Лейбница. Он предложил мне множество тем, но все они мне не нравились, кроме самой последней, которая значилась, по правде говоря, под номером тринадцать. Она мне, вообще-то, понравилась только тем, что я не имел ни малейшего понятия, о чем идет речь. И я подумал: если не вытяну диплом, то хоть по крайней мере узнаю немало. Вот это и было начало.

Незадолго до этого английский физик Мун опубликовал первые работы по ядерной резонансной флуоресценции. Профессор дал мне список литературы по этим экспериментам и задание: заняться чем-нибудь в этой области. Конечно, самым главным было то, что меня ткнули носом в это дело.

В те времена условия нашей работы в Мюнхене были невероятно плохи. У нас было очень мало денег и почти никакой аппаратуры и никакой надежды поставить нужный мне опыт. Я защитил диплом, сделал кое-какие предварительные эксперименты. Я бы сказал, что для будущего открытия они были не так уж важны, но зато я влез в теорию. То есть начал понемногу разбираться в этом деле...

А через два года появилась возможность перейти в

Гейдельберг, в Институт медицинских исследований имени Макса Планка, в отдел физики. Это был хороший шанс для меня, потому что институт Макса Планка гораздо лучше оборудован — у них была и аппаратура, и гораздо больше денег, чем у нас в Мюнхене. Вот тогда, в тысяча девятьсот пятьдесят пятом году, я и начал по-настоящему работать.

Во всей Западной Германии не было тогда ни одного реактора и получить радиоактивные источники было очень трудно. Мне приходилось доставать их за границей. Трудность состояла в том, что военная администрация, которая еще была тогда у нас, вмешивалась во все, они хотели точно знать подробности — например, если мне нужен радиоактивный источник, то зачем. А именно об этом я не хотел говорить, потому что так об этом мог бы узнать кто угодно и где угодно и кто-нибудь другой уже давно поставил бы эти опыты, прежде чем я дошел до них.

Вот какими были для меня проблемы того теперь уже давнего времени...

А в начале пятьдесят седьмого года я измерил эффект. Но я был осторожен. И целые полгода пытался экспериментально себя опровергнуть. Ну как бы доказать надежным опытом, что никакого эффекта на самом деле нет.

Через эти полгода стало совершенно ясно, что эффект действительно есть, но величина его мала. Я стал проверять все, что можно было проверить, чтобы со всей уверенностью исключить такое объяснение: все дело в случайной примеси какого-нибудь неинтересного вещества. Понемногу начала проясняться и теория. Так что я мог опубликовать свою работу.

Теперь о решающем эксперименте... Сначала я защитил диссертацию — на рождество пятьдесят седьмого, вернулся в Мюнхен и какое-то время своей работой не занимался. А собственно решающий эксперимент, в котором непосредственно измерил остроту кривой, пика, — он был сделан весной, через три месяца. Я уехал опять в Гейдельберг, потому что условия для опытов были там гораздо лучше. И сделал там с довольно примитивными средствами вторую часть работы. Я хотел работать побыстрее. Например, мне был нужен, чтобы менять скорость движения образца, диск — такой, как в патефоне. А для диска требовались конические шестерни. Нужно было потратить уйму

времени, чтобы отфрезеровать в мастерской шестерни! В конце концов я отправился в магазин игрушек — в Западной Германии у нас весьма передовая игрушечная промышленность... И я купил шестеренок от «конструктора», и с этими шестеренками мы смастерили вращатель, с которым было доказано существование той самой линии.

— Из вашего рассказа можно сделать вывод: история о том, что вы открыли эффект будто бы случайно, выдумана. Вы уже в пятьдесят третьем году знали, что вы ищете. Верно ли это?

— Нет, не совсем так. В пятьдесят третьем я, можно сказать, наткнулся на эту область. А что возможен сам эффект — это стало ясно только после многих опытов, после того, как я доказал, что они дают результаты, которые полностью противоречат, так сказать, нормальной теории. И тогда возникла задача: сначала эти противоречивые результаты однозначно подтвердить. Убедиться, что их нельзя объяснить тем, что мы зовем «Dreckeffect», что дело не в каких-то там загрязнениях, а в самом настоящем физическом явлении...

— И все-таки не сыграл ли здесь свою роль случай? Если бы вы не сделали этого открытия, было бы оно сделано, скажем, через полгода или через год кем-нибудь еще?

— Знаете, с этим эффектом все вообще складывалось очень интересно. В принципе его можно было открыть на двадцать пять лет раньше! Так что полгода тут ничего не значат.

А вообще-то, само развитие науки всегда будет происходить так, что к какому-то времени какое-то открытие просто созревает. Наука готова для его созревания, потому что его фундамент уже заложен. Ну а эффект, о котором мы говорим, — это прямо учебный пример того, как открытие можно было сделать гораздо раньше, но его почему-то проглядели. Ведь было немало людей, которые были практически уже совсем рядом. И все-таки проглядели. Так что тут мы просто-напросто наверстали то, что должно было совершиться уже давно.

— Может быть, в задержке виновато отчасти то самое нежелание ученых популярно информировать общество об успехах и «трудных местах» науки, о котором мы говорили в начале беседы? А если горорить

серьезно, то не видите ли вы и на самом деле каких-то важных задач научно-популярной литературы, помимо очевидной — чисто просветительской?

— Я думаю, что если наука все больше влияет на повседневную жизнь, то очень важно, чтобы каждое поколение знало больше. Это касается хотя бы основ науки. И для этого главное средство информации — книги. Но теперь нужны уже и другие способы, я имею в виду радио, телевидение. И так далее... И школьное образование — школы обязательно должны быть лучше! Новое поколение — им придется понимать, что они делают. Ведь заводы, институты все время оснащают такими сложными и тонкими вещами! И если вы хотите ими пользоваться, значит, надо понимать... надо хотя бы понимать, насколько сложны эти вещи.

— Ну а вы, г-н профессор? Принимаете ли вы активное участие в этом благородном деле?

— Да... И нет. Я бы уклонился от этого вопроса. Я полагаю несправедливым, когда ученые сидят в башне из слоновой кости и говорят: простите, это не наша задача — излагать популярно, мы исследователи, у нас нет времени заниматься популярным изложением. Так вот, это не совсем порядочно; я хочу сказать: мы, ученые, можем заниматься тем, что нам нравится, только потому, что общество согласно отдавать на это деньги.

Но с другой стороны, я думаю, что порой ученые просто не способны представить свои работы доступно. Конечно, есть немало известных ученых, которые весьма неплохо излагают эти штуки... Но все-таки мне кажется, что на то и существует цех научных журналистов — они и должны в первую очередь перебрасывать мосты между затворником-ученым и обществом. Люди, у которых есть не только дар понять, схватить самое главное в сути науки, но у которых есть способность передать это письменно или устно в приличной литературной форме...

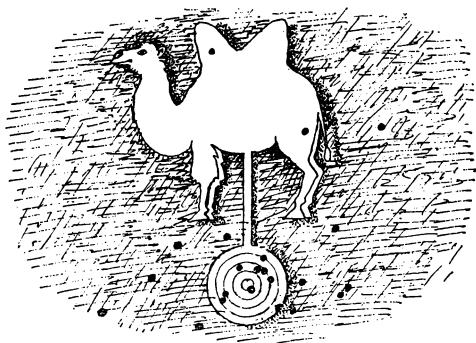
— Считаете ли вы, что в этом должны участвовать ученые, у которых есть, как вы сказали, дар к популяризации? Или предпочтение надо отдать «чистым журналистам»?

— Думаю, что обычный журналист не в состоянии прилично изложить суть научной работы. Мы так часто читаем статьи и заметки в журналах, в газетах — и в них все неверно... Это больно читать. Наверное,

для этого дела нужны люди, у которых, с одной стороны, есть научное образование, но с другой — им не удастся самостоятельная научная работа, а рассказать о ней они могут.

Вот в Мюнхене есть, к примеру, один журналист. Он у нас провалился на защите диплома, не кончил университет. И знаете, стал прекрасным научным журналистом. Он теперь пишет для крупных журналов в Западной Германии статьи о науке. У этого человека есть образование физика. Он бы не был самородком в науке, но все же знает очень много — более чем достаточно, чтобы написать популярно. И он стал прекрасным журналистом. Я имею в виду, что он пишет лучше, чем большинство ученых. Мы недавно вспоминали, как провалили его, и решили, что это был важный успех наших профессоров. Если бы его не провалили, он, возможно, был бы теперь плохим физиком в какой-нибудь лаборатории, а так он — отличный научный журналист.

— Может быть, и отличных физиков стоит готовить тем же способом — проваливая на экзаменах журналистов?



КАК БЫЛО ОТКРЫТО СПОНТАННОЕ ДЕЛЕНИЕ

Профессор
К. А. ПЕТРЖАК

В 1938 г. был открыт процесс деления атомных ядер урана нейтронами. А год спустя молодые советские физики К. А. Петржак и Г. Н. Флеров, работая под руководством И. В. Курчатова, открыли спонтанное (самопроизвольное) деление ядер урана на два осколка сравнительно близких масс. В дипломе на открытие записано, что это «новый вид радиоактивности, при котором первоначальное ядро превращается в два ядра, разлетающихся с кинетической энергией около 160 МэВ».

Распространено мнение, что спонтанное деление — процесс редкий. Это не так: спонтанно делятся ядра всех элементов тяжелее тория. Этот процесс лимитирует массу ядра, определяет границу периодической системы и, следовательно, облик Вселенной. Возможно, это наиболее важный из всех процессов ядерного распада.

Спонтанное деление ядер урана было впервые обнаружено в 1939 г. в Ленинграде. Но окончательное подтверждение открытия удалось получить лишь через год под Москвой. «Под» — не в смысле «поблизости от», а в самом прямом смысле этого слова. Можно указать место последних опытов еще более определенно: не под Москвой, а под нынешним Ленинградским проспектом Москвы, на станции метро «Динамо»...

В дипломе на открытие, который мы потом получили, стоят лишь две фамилии — Г. Н. Флерова и моя, но их могло бы (а может быть, и должно бы) быть три.

Чудом сохранился наш первый отчет об этой работе — обычный отчет, какие во всех лабораториях пи-

шут в конце года. Обратите внимание на последнюю страницу...

«Тот факт, что тяжелые ядра могут самопроизвольно делиться, приводит к крайне существенным следствиям не только в ядерной физике, но и в химии, в вопросе о границе периодической системы элементов. Очередная задача исследования заключается, однако, в настоящий момент не столько в анализе этих следствий, сколько в накоплении экспериментальных фактов, начало которому, как мы надеемся, положено этой работой».

Во всяком случае, так мы считали много лет насад. Читайте дальше.

«Выражаем искреннюю благодарность нашему руководителю проф. И. В. Курчатову, наметившему все основные контрольные опыты и принимавшему самое непосредственное участие в обсуждении результатов».

Не считайте эту фразу просто актом вежливости. Заслуга Игоря Васильевича не меньше нашей, но руководитель, «наметивший все основные контрольные опыты и принимавший самое непосредственное участие в обсуждении результатов», наотрез отказался стать соавтором работы, сделанной руками его учеников. А мы действительно были его учениками — и я, и Георгий Николаевич — Г. Н., как его зовут теперь физики.

В предвоенные годы ядерной физикой занимались сравнительно немногие. И еще меньше было людей, которые, как Курчатов, верили в прикладные возможности этой науки. Именно этим объясняю я тот, к примеру, факт, что почти все приборы для исследований, счетчики частиц, усилители импульсов мы делали своими руками. Один из таких приборов стал темой моей дипломной работы, а руководителем ее был Игорь Васильевич. Он в то время разрывался на три фронта — вел лабораторию в Физтехе (главная ядерно-физическая лаборатория тех лет, всю атомную тематику Абрам Федорович Иоффе отдал «на откуп» Курчатову), заведовал физическим отделом у нас в Радиовом институте (РИАНе) да еще заведовал кафедрой в педагогическом институте. Бороды он еще не носил.

Спустя года два — я продолжал заниматься приборостроением — Курчатов прислал ко мне на консультацию студента Флерова, задиристого и самолюбивого. Тема его диплома была близка к моей, оба мы были моло-

ды и вскоре стали работать сообща, хотя формально были сотрудниками разных институтов.

А спустя какое-то время — кажется, это было в самом конце тридцать восьмого года — о ядре заговорили всерьез. Умы взбудоражило сообщение, что Ган и Штрассман в Германии открыли деление ядер урана нейтронами. Они пытались получить новый элемент, а натолкнулись на новое явление. Явление интересное прежде всего своим энерговыделением — огромным количеством энергии, высвобождавшейся при каждом элементарном акте.

Курчатов поручил нам с Флеровым повторить эти опыты, воспроизвести их. Уран был (в виде так называемой урановой смолки), радон-бериллиевый источник нейтронов — тоже, а на регистрирующих приборах мы оба к тому времени собаку съели.

Результаты Гана и Штрассмана заинтересовали прежде всего энергетической стороной дела. И естественно, многие физики задумались, а не могут ли эти ядра делиться сами по себе, спонтанно. Нильс Бор рассчитал даже время жизни урана по спонтанному делению и получил 10^{22} лет. Либби попробовал обнаружить спонтанное деление экспериментально, но сумел установить лишь нижний предел: 10^{14} лет — и прекратил опыты.

Начиная свои опыты, мы не ставили целью открытие спонтанного деления, а искали энергетический «порог» деления урана, то есть хотели выяснить, как зависит процесс деления от энергии нейтронов. В нашем распоряжении была обычная ионизационная камера и обычная по тем временам регистрирующая радиоаппаратура, смонтированная собственноручно...

В каждом приличном опыте положено прежде всего смотреть нулевой эффект, то есть узнать, что дают измерения при отсутствии возбудителя процесса, в нашем случае — источника нейтронов.

И всякий раз, когда измеряли нулевой эффект, он не был равен нулю: камера нет-нет да и щелкнет! Объясняли это чем угодно, но только не спонтанным делением: проезжими трамваями, космическим излучением, несовершенством усилительной аппаратуры, влиянием посторонних нейтронных источников.

Когда первый раз сообщили об этом Курчатову, реакция его была не слишком положительной: «Это какая-то грязь». От греха подальше, то есть от РИАНов-

ских источников нейтронов, перебрались из РИАНа в Физтех. Но и там камера щелкала. Остались трамваи, космика, осталась та же аппаратура, но исключать возможность нового явления — самопроизвольного деления ядер — тоже не было оснований. (Кроме теоретических расчетов Бора.) Идея эта родилась при обсуждении результатов опытов с Курчатовым. Эффект был — слабый, но был! Тут же придумали опыт, в сущности очень простой: решили сделать ионизационную камеру многослойной, как радиоконденсатор. Если «щелчки» от урана, то увеличение количества урана должно привести к более частым щелчкам!

Щелчки стали чаще. Это усиливало версию о новом явлении, но уверенности у нас не было.

Сообщение о последних опытах и дальнейших планах нашей работы Курчатов встретил серьезно и, я бы сказал, сердито: «Если действительно так, если наблюдается у вас новое явление, то это... Это бывает раз в жизни, и то не у всех. И нужно бросить все и заниматься явлением — год, два, десять, сколько понадобится», — и тут же набросал программу исследований.

Предстояло доказать, что все другие причины — аппаратура, трамваи, электрическая сеть, космос — не существенны, что эффект — не от них.

С радиотехникой и электричеством разделились довольно быстро — за полгода. Оставался космос: жесткая составляющая космического излучения могла дать такие же пики, такие же щелчки.

Сначала думали от космического излучения спрятаться на дне моря — померить нулевой фон, находясь на подводной лодке. От этой идеи пришлось отказаться — Балтика мелка, двадцатиметровый слой воды от космического излучения почти не защищает. Но в то время в Москве уже работало метро.

Абрам Федорович Иоффе, директор Физико-технического института, академик с мировым именем, написал письмо наркому путей сообщения. Он просил разрешить нам поэкспериментировать под землей, на одной из станций метро. Вскоре пришел ответ на красивой зеленой бумаге. Ответ положительный. Более того, нарком обязывал своих подчиненных оказывать физикам всемерную помощь. Эта бумага помогла нам быстро на пассажирских поездах перевезти в Москву необходимое оборудование, и вскоре мы — Г. Н., я и аппаратура — обосновались в небольшой комнате на

станции метро «Динамо». Так мы и работали месяцев шесть—восемь.

Глубина станции — около 60 метров, это эквивалентно 180 метрам воды. В таких условиях космический фон уменьшался на 95%. Работали в основном ночью: тихо, никто не мешает, да и мы никому. Поезда не искрят... На «Динамо» повторили все, что делали на уровне моря. Эффект был! За сороковой год все закончили, и Иоффе телеграфом послал наше сообщение в «Physikal Review».

Вот и вся история. Впрочем, еще до поездки в Москву случилась еще одна история, о которой мы оба вспоминаем с улыбкой. Но тогда нам было не до смеха: в один «прекрасный» день многократно наблюдавшийся нами эффект вдруг пропал. День, другой, третий... Две недели — и ни одного щелчка!

Перебрали всю аппаратуру, проверили каждый контакт — эффекта нет. Курчатов проявил максимум такта. Придет, поздоровается, «ну как?»... Никакого шума, никакого давления. Зато мы нервничали, особенно Флеров. У него же характер — винт. Сам завелся и других дозаводил. Кончилось ссорой, и на правах старшего (по возрасту) я выпроводил его из лаборатории.

Пытаюсь сосредоточиться, мысленно перебираю всю схему — нет, все проверено. Не перебирали лишь саму импульсную камеру. Но что в ней может быть? Конструкция-то простейшая: диски, покрытые урановой смолкой и склеенные между собой шеллаком... Все-таки разобрал ее.

Оказалось, что от долгого употребления, от дорожной тряски или от других причин слой расклеился, окись урана осыпалась и эффект, естественно, не мог не пропасть. За ночь я нанес на все пластины новый урановый слой, собрал камеру, подключил аппаратуру. Защелкала...

Утром пришли Игорь Васильевич и Г. Н. Эффект был, и мы на радостях на два дня уехали в Волхов...

И еще об одном хочу сказать — о стиле работы в лабораториях Курчатова, Иоффе, Хлопина... Нас никто не заставлял приходить к определенному часу. Понятия «табель» не существовало. А работали даже больше, чем сейчас, — мое такое мнение. Когда занимались спонтанным делением, по две недели домой не приходили. Допускаю, впрочем, что просто брызжу: «Да, были люди в наше время...»

Дороти
Ходжкин:

"МНЕ,
ВЕРОЯТНО,
ВЕЗЛО"

Прямо скажем, рентгеновской кристаллографии есть чем похвалиться. Мы теперь знаем структуру льда, графита, алмаза, огромного множества прочих кристаллических соединений, мы знаем об упаковке кристаллов и о внутреннем строении молекул, составляющих эти кристаллы, получена масса сведений о геометрии молекул. Можно смело сказать, что знаниями, добытыми с помощью рентгеноструктурного анализа, теперь пронизано все здание науки.

Особенно содержательна геометрия органических молекул. Но именно эти молекулы оказываются для рентгеноструктурного анализа наиболее сложными. Больше всего хлопот доставляла исследователям расшифровка молекул, содержащих одну-две сотни атомов.

И вот такую именно структуру более чем тридцать лет тому назад сумела расшифровать Дороти Ходжкин. То была молекула витамина B_{12} . (А до этого были первые рентгеновские снимки белка пепсина, сделанные вместе с Джоном Берналом в Кембридже; установление структуры пенициллина в Оксфорде; избрание ее — первой в истории женщины — в Лондонское Королевское общество.)

Трудная работа, упорная работа, богатая интуиция, успех, решение — так можно охарактеризовать исследование витамина B_{12} , увенчанное в 1964 г. Нобелевской премией. Однако, если нам дорог и мир наших эмоций, мы должны особое ударение сделать на том, что это была еще и очень интересная работа.

Витамин B_{12} , как и всякий витамин, есть то, без чего человек не может жить. В 1948 г., когда работа

начиналась, было ясно только одно — структура витамина B_{12} достаточно сложна. Здесь имеется в виду химическая структура, химическая формула. И вот эту формулу первой сумела увидеть именно Д. Ходжкин, увидеть на основе полученной ею картины пространственного строения витамина. А это значит, что все те несколько лет, пока шла работа, перед ней стоял вопрос: с чем именно она работает? (Обычно химическую формулу исследуемого соединения кристаллографы знают заранее и все же работу свою считают трудной.)

Увидеть первым — уже одно это значит для ученого очень много. Но если вы посмотрите на структуру B_{12} , то поймете: здесь было что видеть!

У Дороти Ходжкин есть еще один излюбленный объект — инсулин, белок, которым она начала заниматься в двадцатипятилетнем возрасте. Но даже теперь, когда структура этого белка уже давно определена, доскональное изучение его свойств занимает внимание Ходжкин и ее многочисленных учеников, работающих в Англии, Японии и Китае.

*Кандидат физико-математических наук
В. В. Борисов*

— Вы спрашиваете о витамине B_{12} ? Да, я с удовольствием вспоминаю об этой работе. Но это было так давно. С тех пор столько всего произошло. Пожалуй, я смогла бы все лучше припомнить, если начать с самого начала... (Беседа с Д. Ходжкин происходила в один из ее приездов в Москву, в 1975 г.)

Это было в конце 1948 года в Оксфорде. Как-то под вечер к нам в лабораторию зашел доктор Лестер Смит, работавший в одной из химических фирм. Он принес пробирку с маленькими красными кристалликами — к нам часто приносили кристаллы — и попросил разобраться, что это такое. Кристаллики Лестер получил из вещества, обнаруженного в печени.

Несколькими неделями раньше группа американских ученых во главе с К. Фолкерсом опубликовала статью, в которой шла речь о веществе, тоже выделенном из печени и тоже образующем красные кристаллы. Было известно, что это вещество предупреждает развитие злокачественной анемии, поэтому его поначалу называли антианемическим фактором. Позже ока-

залось, что в организме человека оно не синтезируется, мы получаем его с пищей, и вещество отнесли к витаминам.

Витамин B_{12} — это американцы его так называли. В их статье сообщались показатели преломления кристаллов, и Лестер ничего больше не просил, кроме как измерить показатели преломления его кристаллов. Он хотел знать, те же самые у него кристаллы, что у американцев, или нет. Мой коллега доктор Спиллар измерил показатели преломления и подтвердил — да, те же самые. А я подумала, что с помощью рентгеновских лучей, наверное, смогла бы узнать об этих кристаллах значительно больше.

Я отобрала крошечный кристаллик и поставила его на съемку, так что к вечеру того же дня была готова первая рентгенограмма. За ночь должна была быть снята вторая рентгенограмма.

На следующий день в Оксфорде проходил биохимический семинар, на котором Лестер рассказал все, что ему было известно об этих кристаллах. Но знал он тогда о них очень мало.

Сразу же после семинара мы вернулись в лабораторию и я проявила вторую рентгенограмму. Лестер считал, что вещество имеет пептидную природу и оценивал его молекулярный вес примерно в 3000. Я же прямо по мокрой рентгенограмме промерила расстояние между пятнами и прикинула, каким должен быть молекулярный вес. У меня получилось вдвое меньше — 1500. Помню, как Лестер обрадовался: раз молекула легче, значит, с ней и работать проще.

Прошло несколько недель, и ко мне снова обратились из лаборатории, где работал Лестер. Они были очень взволнованны, звонили мне прямо домой, во время обеда. Оказалось, хотя абсолютной уверенности еще не было, что они нашли в кристаллах витамина B_{12} кобальт. Меня спросили, не возмусь ли я за расшифровку структуры витамина. Ведь кобальт — это тяжелый атом! Тут дело в особенностях рентгеноструктурного анализа. Исследование очень упрощается, если хоть один атом в молекуле значительно тяжелее остальных.

Помню, я согласилась не сразу. Говорила, что для такой большой молекулы кобальт недостаточно тяжел. Хотя, конечно, можно попытаться...

Так я взялась за эту работу.

Сейчас, при нынешней аппаратуре и всех современных методах, с витамином B_{12} было бы легче работать. А тогда у нас было оборудование, которое можно назвать очень примитивным. Интенсивность пятен оценивали на глаз, много расчетов вели вручную, у нас ведь не было возможности считать на электронных вычислительных машинах.

Мы снимали множество рентгенограмм и самого B_{12} , и разных его химических модификаций. Конечно, основная трудность — в интерпретации данных. На первой стадии расчетов вы должны по интенсивности пятен узнать о расположении пусть даже немногих атомов. Потом идут другие расчеты, основанные на предыдущих. И вы ищете остальные атомы.

У нас, естественно, были свои предположения о том, что представляет собой молекула витамина. И многие из них оказались правильными. Но... нет, далеко не все. Мы долго думали, что в витамине должно быть порфириновое ядро — такое ядро присутствует в гемоглобине и тоже придает ему красный цвет. Все было очень похоже — четыре плоских пятичленных кольца вокруг атома металла. И только потом мы сумели разглядеть, что в одном месте соседние кольца связаны между собой не через углеродный атом, как это было у всех других колец, а непосредственно соединены друг с другом. И мы поняли, что это не совсем порфирин.

Но это случилось уже позднее, когда мы исследовали один из продуктов распада витамина.

Когда работа интересная, в нее постепенно включается множество народу, приходят очень способные люди, и с ними приходит успех. В Кембридже работала тогда группа химиков — Тодд, Джонсон и Кэннон. Очень многие пытались разделить витамин на части, старались это сделать и в Кембридже. И знаете, они не только сумели разделить витамин, но даже и закристаллизовали полученные фрагменты. А кристаллы для нас — это самое важное.

Было это так. Кэннон, молодой австралиец, подверг витамин B_{12} кислотному гидролизу, а продукты распада попытался закристаллизовать в разных растворителях. Он оставил препараты в лаборатории, а сам уехал отдыхать. Вернувшись, обнаружил в одной из

пробирок кристаллы. Он сразу же позвонил к нам в Оксфорд, был очень возбужден и просил приехать.

Мы приехали, отобрали несколько кристаллов. Один из них дал очень хорошие рентгенограммы. Кристалл содержал только ядро витамина B_{12} — около половины всех атомов полной молекулы витамина.

А когда работа уже шла вовсю, к нам позвонили из Кембриджа, извинялись: «Надеемся, вы не тратите времени зря на эти кристаллы, препарат оказался очень грязным, из него ничего не получится». Мы сказали: нам не так уж важно, какие у вас препараты, кристалл этот очень хороший, мы будем с ним работать, даже если он окажется единственным.

Кристалл действительно помог нам расшифровать структуру ядра витамина. Это была новая, еще не известная форма ядра, родственная порфирину. Мы назвали ее коррином...

Все это произошло в 1953 году. Через год в Париже должен был состояться Международный конгресс кристаллографов. Я написала туда, сообщив все, что было известно о структуре коррина. Мне предложили выступить на пленарном заседании. Но полной уверенности у меня тогда еще не было. И я не решалась на столь торжественное выступление. Я ответила, что выступлю только на секции.

В мае следующего года я снова получила письмо из оргкомитета. К сожалению, писали они, так и не удалось найти докладчика для вечернего пленарного заседания, и снова просили меня выступить. Но к тому времени работа с коррином была уже полностью завершена, и я согласилась.

Выступление в Париже было для меня волнующим событием, мы докладывали о завершении важнейшей стадии в изучении витамина B_{12} .

Дальше дело пошло быстрее. Зная структуру коррина, можно было получить уже и полную структуру витамина. Первое сообщение о ней мы сделали следующим летом, в голландском городе Лейдене, где проходил Международный биохимический конгресс. Мы не посылали туда тезисов, но потом узнали, что на одной из секций будет докладывать американец Фолкерс — вы помните, я уже о нем говорила, он первым получил этот витамин. Мы попросили разрешения сообщить наши результаты в дискуссии по до-

кладу. Нам ответили: пожалуйста. Это и было первое сообщение о расшифровке полной структуры витамина В₁₂.

Слухи о предстоящем сообщении уже распространились на съезде, и на заседание пришло много народу, все хотели услышать нас. Я часто вспоминаю этот день. Помню, в первом ряду сидел один голландский химик и все время хохотал надо мной. Дело в том, что на дискуссию отводят очень мало времени, и, чтобы уложиться, я старалась как можно быстрее выложить все наши результаты. Но все слушали с большим интересом, наши данные очень хорошо согласовывались с тем, что доложил раньше Фолкерс...

Мне, вероятно, везло — у меня были очень хорошие сотрудники и помощники. Специально я их никогда не подбирала. Они приходили сами.

Преподавая в Оксфорде, я рассказывала о больших возможностях рентгеноструктурного анализа, и многие способные студенты приходили ко мне потом работать. Но работа у нас считается нелегкой, работают энтузиасты, готовые на тяжкий труд в течение многих лет. Поэтому я предоставляла место всем, кто к нам приходил: уже само согласие работать в рентгеноструктурном анализе было им лучшей рекомендацией...

Витамин В₁₂ — это уже прошлое. Теперь я занимаюсь структурой белка инсулина.

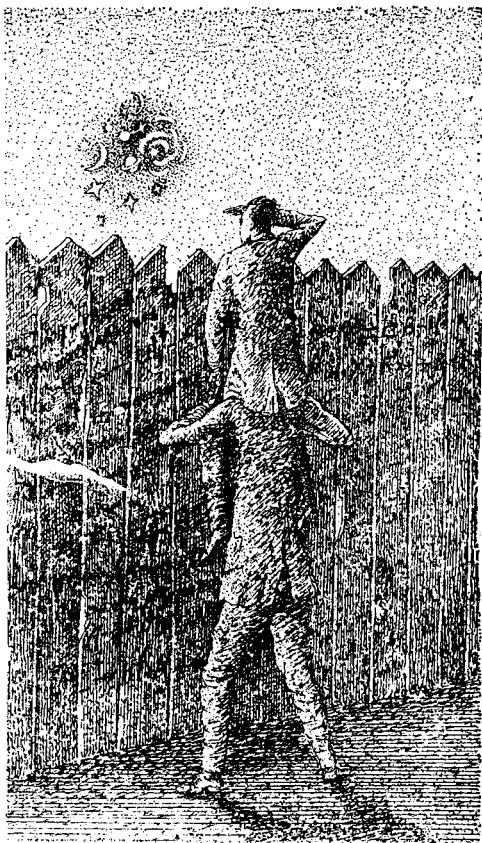
Впервые инсулин заинтересовал меня очень давно, в 1935 году. Канадец Д. А. Скотт передал очень хорошие кристаллы инсулина Р. Робинсону, профессору органической химии в Оксфорде, но тот не знал, что с ним делать. А я была молода, только что вернулась из Кембриджа, где работала с Дж. Берналом, с которым мы вместе исследовали белок пепсин. Стало быть, я уже имела опыт работы с белком, и Робинсон передал кристаллы инсулина мне. Я получила рентгенограммы этого белка. Но то был тридцать пятый год, и как работать с такими сложными молекулами, тогда еще не знали. Я оставила эту работу на многие годы и вернулась к ней лишь после того, как закончила работу с витамином В₁₂.

Молекула инсулина больше витамина В₁₂. Она состоит из двух цепей (А-цепи и В-цепи), содержащих 51 аминокислотный остаток. Вы, должно быть, знаете,

что это был первый белок, у которого выяснили последовательность аминокислот. Сэнгер расшифровал ее в 1953 году. В инсулине нам важно знать, какие аминокислотные остатки выполняют функциональную роль и что именно они делают. Мы уже знаем, какие из них наиболее важны, они, кстати, одинаковы в большинстве известных инсулинов...

Вы спрашиваете о моей семье, о том, каково женщине в науке. Мне было нелегко, все-таки трое детей. Но у меня были студенты, которые могли уже выполнять довольно сложную работу. Так вот, они делали измерения и расчеты, а я возилась с очередным бэби. Теперь я уже на пенсии, но по-прежнему принимаю участие в исследовании инсулина. Конца этой работе пока не видно...





ВОСПОМИНАНИЯ О ГЕЛИИ-II

Академик АН Грузинской ССР
ЭЛЕВТЕР
АНДРОНИКАШВИЛИ

ВОСПОМИНАНИЯ О ГЕЛИИ - II

АКАДЕМИК АН Грузинской ССР
ЭЛЕВТЕР
АНДРОНИКАШВИЛИ

«Физик с мировой известностью, академик Академии наук Грузинской ССР Элевтер Луарсабович Андроникашвили написал необычную книгу и назвал ее странно: „Воспоминания о жидком гелии“. Можно подумать, что это популярная книга — об одном из интереснейших объектов исследований в физике XX века. Да, конечно, и это есть в ней. Но это прежде всего книга о тех, кто такую науку создает, и о том, как они ее создают, книга, написанная как автобиография одного из ее патриархов (так он сам себя назвал). Это и книга его размышлений об искусстве и о методах организации науки; о том, что приносит успех в научном творчестве, и о том, почему радость творчества может быть самой высокой из человеческих радостей... Вряд ли найдется читатель, который не почувствует преклонения автора перед наукой, его восхищения верными слугами науки, одновременно являющимися ее творцами».

Так отзывался член-корреспондент АН СССР Е. Л. Фейнберг на книгу, фрагменты которой под общим названием «Воспоминания о гелии-II» впервые были напечатаны в «Химии и жизни» в 1979 г.

Главы книги, вошедшие в этот сборник, интересны тем, что в них с предельной ясностью показано взаимодействие теории и эксперимента, которое только и могло привести к триумфу в области физики низких температур: открытие явления сверхтекучести жидкого гелия (П. Л. Капица, 1938 г.), создание теории сверхтекучести (Л. Д. Ландау, 1941 г.), подтверждение и уточнение предсказаний теории (В. П. Пешков и Э. Л. Андроникашвили, 1945—1946 гг.), новое несогласие экспериментатора и теоретика (Э. Л. Андроникашвили и Л. Д. Ландау, 1947—1948 гг.).

Два участника этих событий — академики Л. Д. Ландау и П. Л. Капица были удостоены позже Нобелевских премий.

Автор книги, лауреат Государственных премий, почти сорок лет возглавлял созданный им в Тбилиси Институт физики.

Ландау как таковой

Давайте познакомимся теперь поближе с Львом Давидовичем Ландау, в ту пору тридцатитрехлетним человеком, находившимся в расцвете своего таланта.

Хотите начать с внешнего облика? Пожалуйста.

Он очень высок и очень худ. Голова очень большая и хорошо посаженная на длинной шее. Но до головы мы еще доберемся... Впалая грудь, впалый живот, впалые бедра. Что еще может быть впалым у человека?

Характерные особенности его фигуры таковы, что их несподручно выражать словом «телосложение». Это он, Ландау, пустил в ход выражение «теловычитание», использованное впоследствии Граниным для характеристики Дана — одного из действующих лиц его романа «Иду на грозу».

У Ландау очень длинные и стройные (наверное, худые) ноги, длинные руки с длинными и нервными пальцами. Кисти очень мягкие, непрерывно находятся в движении: посплюнув палец, он часто трет себе шею, щеку, губу и даже за губой.

Входя в лабораторию, он сейчас же хватается со стола разные вещи, за которые теоретику вовсе не надлежит хвататься. Поэтому его появление у стола экспериментатора несет с собой угрозу. Некоторые из нас просят его положить руки на спинку стула и прижимают их своими лопатками. Только так и можно работать в его присутствии.

Все движения Ландау очень угловаты, я бы сказал даже «остроугловаты». Части его фигуры никогда не образуют по отношению друг к другу тупого угла, он всегда острый: взять хотя бы руки, остро согнутые в локтях, никогда не прижатые ни к груди, ни к бокам, ни к бедрам. Несмотря на высокий рост и худощавость, он не гибкий, а ломкий, как перочинный ножик со многими лезвиями.

Крупные черты красивого лица в ореоле чуть курчавящихся густых черных волос озарены творческим

вдохновением, редко оставляющим Ландау. Верхняя губа выступает больше, чем нижняя, поэтому на лице лежит отпечаток детскости. Большой, немного выпуклый лоб выдает в нем человека огромного ума, а красиво прорезанные густо-карие глаза задумчивы, иногда трагичны.

Но это ничего! Дау в общем веселый человек, он часто смеется, еще чаще шутит, любит приветствовать друзей глубоким реверансом и помахать при этом длинной рукой, почти доставая ею до пола: он воображает, что держит в руках широкополую шляпу с перьями. Меня он приветствует еще и другим способом: гордо закручивает отсутствующие у него усики. Он утверждает, что мои коротко подстриженные усы я ношу для придания себе «большей победительности».

Льва Давидовича я знаю очень давно — с 1931 года. Я был студентом четвертого курса Ленинградского политехнического института, когда к нам в аудиторию вошел очень молодой человек — двадцатитрехлетний профессор Ландау, только что возвратившийся из длительной поездки по европейским научным центрам, куда он был командирован по окончании Ленинградского университета.

В его лекциях не было и тени формализма. Он избегал громоздких выводов и математических сложностей. Но когда на доске появлялась очередная, на вид простая формула, то за ней всегда стоял огромный математический аппарат, которым он владел безупречно и знания которого требовал от всех окружающих. Рассказывая студентам об электродинамике, он часто опирался на интуицию, еще чаще — на соображения о симметрии или размерностях и вкладывал в каждую свою фразу глубокий физический смысл, который часто оказывался труднее самых трудных математических выкладок.

Мы, студенты, считали, что он нас немного «дрейфит». Впоследствии, когда ему говорили об этом, вспоминая прошлое, он всегда кричал в ответ тонким голосом: «Чепуха!» — и даже немного обижался.

Он держался со студентами очень просто и довольно скоро сошелся с некоторыми из нас, что было вполне естественно, так как разница в возрасте между нами была очень маленькая, всего в два-три года.

Мы часто бывали у него дома и подолгу спорили о разных разностях. Его суждения были всегда предель-

но резкими — и в мыслях и во вкусах та же остро-
угловатость, что и во внешнем облике. Он или что-то
очень любил, как любил, например, историю, которую
знал досконально, — всех времен и всех народов, —
или ненавидел и презирал, как презирал, например,
оперу, куда он не ходил никогда и принципиально.

В те годы Ландау был окружен группой молодых
блестящих теоретиков, таких, как, например, Матвей
Петрович Бронштейн, по прозвищу Аббат, или швей-
царец Рудольф Пайерлс, ученик знаменитого Паули,
приехавший в 1931 году в СССР для работы с Дау.

Аббат, ближайший друг Ландау, был человеком
очень маленького роста, с высоким и негромким голо-
ском и огромными очками на носу. Сверстник Дау
и наш профессор, Матвей Петрович тоже был близок с
некоторыми студентами и тоже часто делился с ними
своими мыслями о науке, о методах преподавания, об
искусстве и литературе. Его манера держать кисти
рук у груди даже в тех случаях, когда они были за-
няты портфелем, придавала ему вид робкий и проси-
тельный. Но в своих суждениях он был смел и прин-
ципиален до резкостей. Он знал массу языков и в
годы, о которых идет речь, изучал дополнительно ис-
панский и японский.

В ту пору молодая профессура уделяла много сил
и вкладывала много страсти в ниспровержение устано-
вившихся норм преподавания физических дисциплин.
Ландау и Бронштейн ниспровергали в Политехниче-
ском, другие физики — в Ленинградском университете.
Почва была благодатная. Это была эпоха расцвета так
называемого бригадно-лабораторного метода, когда
студенты составляли учебные планы сами, сами вы-
бирали себе лекторов и назначали себе такие предме-
ты, о которых преподаватели порой и не слыхивали.
Экзаменов не было. Профессора знакомились со сту-
дентами на «консультациях», во время которых один
из студентов задавал за всю бригаду вопросы препо-
давателю. Задавать вопросы студентам не полагалось.
Если преподаватель был молод, то такая консультация
зачастую выливалась для него в настоящий экзамен.

Но у Ландау и Бронштейна мы сидели смиренно —
мы всецело были на их стороне в борьбе за новый
подход к преподаванию теоретической физики.

Теория вероятностей, аналитическая механика, тео-
рия относительности — все это в те годы было ябло-

ком раздора между математиками и физиками. Теоретики старой формации вели с группой Ландау ожесточенные споры. Аналитическую механику нам читали и математики и физики. От мнения подопытных кроликов зависело очень многое. Помню, как однажды я возвращался из института в обществе Бронштейна и одного из молодых и очень талантливых математиков. Все 40 минут пути шел спор о курсах аналитической механики. Страсти накалялись. Весь трамвайный вагон — сплошь студенты — напряженно прислушивался.

Я, прослушавший оба курса, должен был выносить решения о правоте того или другого спорщика по каждому из вопросов. Наконец Бронштейн в сердцах вскочил со своего места, выбежал на площадку, довольно громко сказал про своего собеседника: «Идиот и совершеннейший неуч», и мы вышли с видом победителей на две остановки раньше, чем было надо.

Борьба, в которой Ландау и его друзья принимали такое темпераментное участие, продолжалась еще долго. Победа новых взглядов была обеспечена полным «Курсом теоретической физики» Ландау и Лифшица, который с конца тридцатых годов на протяжении многих лет выходил том за томом. «Механика», «Статистическая механика», «Механика сплошных сред», «Электродинамика», «Квантовая механика», «Общая теория поля» сыграли громадную роль в развитии нашей науки. В следующие десятилетия эти книги вышли у нас вторым и третьим изданием, потом их издали в Англии, США, в странах социалистического лагеря. В 1962 году этот труд, по которому училось несколько поколений физиков, был удостоен Ленинской премии. В 1932 году я находился у «устных источников» этой замечательной научной концепции.

Свою молодость Ландау провел в борьбе за становление нового. Он боролся методом шумных споров, методом «отлучения от церкви», методом тотального презрения к старому, отжившему, неправильному. Так проведенная молодость оставила след на долгие годы. И теперь, создавая новую теорию сверхтекучести, Дау продолжал оставаться непримиримым и резким. Огромное число людей, особенно экспериментаторов, его побаивалось. Даже товарищи по работе, те, что помоложе, подолгу не решались спросить Ландау о чем-нибудь.

Обычно желавший поинтересоваться его мнением

долго стоял у дверей лаборатории и прислушивался к ученым беседам, которые вел Ландау со своими сотрудниками, разгуливая по длинному коридору Капичника. Удостоверившись, что Дау находится в хорошем настроении, жаждущий приобщиться высказывал из-за дверей и выпаливал:

— Дау, я хотел спросить вас...

— Чушь! — кричал Ландау, не дослушав вопроса, и жаждущий немедленно скрывался за дверь.

Конечно, репертуар его выкриков был значительно богаче: «патология», «ахинея», «галиматья», «ерунда», «глупости», «позор говорить такие вещи» — необычайно разнообразию слышимую реакцию Дау на задаваемые ему вопросы.

Нехорошо ругать товарищей только за то, что они задали вопрос в неудачной форме. Но я считаю, что тут были повинны обе стороны. Во-первых, Дау не выносил неожиданностей, они оказывали на него удручающее действие: он просто пугался. По меньшей мере нетактично высказывать из засады хоть с дурачками, хоть с умными вопросами на человека, который всегда и всем говорит, что предпочитает быть пять минут трусом, чем всю жизнь мертвецом. Во-вторых, не стоит так панически бояться прослыть недостаточно умным человеком и при первом же несогласии, хотя бы и выраженном в такой шокирующей манере, прятаться за ту же дверь, из-за которой ты только что выскочил.

Может быть, это неправильно, но я всегда оставлял за человеком (в том числе и за собой) право ошибаться. Поэтому я не высказывал на Дау из-за дверей, а выслушав крик «ахинея!», не убегал, а требовал доказательств того, что мой вопрос и в самом деле ахинея. Между прочим, довольно часто выяснялось, что вопрос вовсе не так уж глуп и вполне достоин ответа из уст самого Дау.

Моей способностью задавать ему вопросы широко пользовались другие, и мне иногда приходилось задавать чужие вопросы. Ответы порой казались мне не очень интересными, коль скоро они не касались меня, и я их плохо слушал или бестолково доносил до подлинного автора вопроса. Тогда мне доставалось, но уже не от Дау, а от вопрошавшего.

Не раз я говорил:

— Дау, почему вы так нетерпимы к чужим недо-

статкам и готовы сожрать человека живьем только за то, что он задал вам вопрос в недостаточно продуманной форме?

— Что вы, Элевтерчик,— говорил Дау.— Я никогда и никого не обижаю, я никогда никого не сожрал, я вовсе не язычник. Наоборот, я полон христианского смирения. Просто я выполняю свой долг христианина и защищаю науку от нападков на нее со стороны...

Тут я его перебивал, чтобы не услышать обидные слова в адрес моих товарищей, ибо я предполагал, что одно из таких слов вот-вот должно было сорваться с его уст.

— Ну вот уж и христианин,— говорил я, переводя разговор на его любимую тему.— Вы, как минимум, магометанин: вас полностью изобличают ваши взгляды на взаимоотношения с женщинами.

— Я не отрицаю,— возражал мне Дау,— что я красивист. Но это еще не значит, что я магометанин. Зато вы типичный душист, и я вас за это презираю! Фу! Как можно быть душистом? Послушайте! — кричал он проходившим мимо.— У нас объявился новый душист. Это Элевтер, который больше всего ценит в женщине душу вместо того, чтобы любить ее за красоту. А еще грузин! А еще усы носит! Как вам не стыдно быть душистом!— восклицал он театрализованным голосом.

Разговорить на подобные темы он мог до бесконечности, притом был крупным теоретиком в этой области. Например, изобрел «модуль города» и подсчитал его для многих городов. Модуль Ландау — это отношение числа красивых женщин к общему числу женщин. Ходили слухи — впрочем, им не отрицаемые, — что он даже записывал адреса и телефоны своих знакомых не в алфавитном порядке, а в порядке убывающей красоты.

Как и все истинно талантливые люди, он был полон противоречий. Создавал себе репутацию человека нехраброго, а в действительности постоянно совершал очень смелые поступки. Да хотя бы его многолетняя борьба за свои взгляды на науку и ее преподавание — разве это не смелость? По существу, Ландау был очень добрым человеком и, несмотря на все свои наскоки, несмотря на воинственные выкрики в адрес тех, с кем он не соглашался, всегда готов был оказать любому материальную помощь. Но, внушив себе, что

тот или иной человек — плохой физик, Ландау сохранял это представление (часто неправильное) на многие годы.

Стиль его работы был также необычен. Уже упоминалось, что он часто разгуливал по коридору института с кем-нибудь из своих сотрудников, рассуждая вслух. Увидеть его в библиотеке изучающим журналы было почти невозможно. Тем не менее он знал огромное число физических фактов и конкретных значений физических величин, хорошо представлял себе принципы множества экспериментов, как отечественных, так и зарубежных, и не только в тех областях, в которых он работал, но и во всех других. Дома книг по физике он также не держал.

Можно предполагать, что он пополнял свои феноменальные знания исключительно на слух, главным образом на своих семинарах по теоретической физике, на которые стекались все его бывшие и теперешние ученики независимо от того, где они работали. Как правило, на каждом семинаре докладывалось по нескольку статей из новых журналов, причем все эти статьи докладывал один человек — очередной докладчик. Перебивая докладчика, которому приходилось долго работать над каждой статьей, чтобы разобраться в ней как следует, Ландау командовал: «Пропусти — это совершенно понятно» — или: «Пропусти — это чушь, я уже вижу, что вывод неправилен».

Совершенно особой была творческая манера Ландау. Он ясно предвидел, каким должно быть теоретическое описание нового физического явления. Но к конечному результату он стремился, исходя из самых общих и самых абстрактных положений теоретической физики. Он был удивительный интуит. Его интуиция проявлялась прежде всего в том, что он всегда исходил именно из тех предпосылок теории, которые приводили к конечным результатам наиболее коротким путем. Поэтому его теоретические работы всегда давали читающему их глубокое эстетическое удовлетворение.

Его творчество не распадалось на две части, как это обычно бывает: первая — написание некоторого уравнения и решение, сползающее с кончика пера вместе с каплей чернил, и вторая — отыскание физической сущности полученного решения. У Ландау физическое мышление полностью сливалось с мышлением математическим.

Его ученики, в большинстве того же возраста, что он сам, или чуть младше, буквально боготворили своего наставника, несмотря на его строгость и крайнюю степень взыскательности. Можно сказать, что и тогда, когда они были не с Дау, он все же в значительной степени заполнял их мысли. Но все же каждого из них можно было, хотя бы мысленно, отделить от Дау. Всех, но не Евгения Лифшица.

Наверное, это Женья Лифшиц виноват в том, что у Дау нет почерка, так как его каракулям вряд ли можно присвоить это почетное звание. Формулы он так или сяк писал сам, преимущественно в очень неудобной позе, лежа на мягкой тахте, имевшей угловую форму. Но написать какой-нибудь текст было выше его сил. Обычно за него все статьи писал Женья, понимавший его с полуслова.

К тридцати трем годам Ландау был уже автором многих всемирно известных теоретических исследований, ставших теперь классическими: они легли в основу многих экспериментальных работ, которые велись в разных странах. Это и лавинная теория ливней космических лучей, и теория диамагнетизма, и теория фазовых превращений в самом общем ее виде. Это, наконец, теория промежуточного состояния в сверхпроводниках, полуразрушенных магнитным полем.

И все же не это главное в его таланте. Главное выяснилось теперь, десятилетия спустя, когда оказалось, что все сделанное им в науке не нуждается ни в каких переделках.

В пору, когда Ландау работал, например, над теорией космических лучей, было известно только, что они состоят из фотонов и электронов. За прошедшие годы к ним прибавились мю, пи- и К-мезоны, протоны и нейтроны, гипероны и другие элементарные частицы. Но к тому, что сделал Ландау в теории космических лучей, можно только добавлять. Изменять там нечего. Такое в физике случается редко. Он — классик.

Он классик не только по нерушимости полученных им результатов. Он классик и потому, что сделанное им всегда облечено в великолепную, донельзя красивую форму.

Я многое сказал о Дау, кроме самого важного — как он работал. Увы! Я не могу рассказать об этом, несмотря на то что наблюдал его много лет подряд.

По-видимому (но это только догадка), он работал всегда, во всех ситуациях, непрерывно, легко, на ходу.

Много лет спустя, году в 1960-м, я и мои молодые сотрудники были поставлены перед необходимостью решить сложную математическую задачу из гидродинамики классической жидкости. Без этого двигаться дальше в наших исследованиях было нельзя. Мы приехали из Тбилиси и обратились за помощью к московским теоретикам. Одни из них подвергли сомнению саму постановку такой задачи, другие сказали, что она очень сложна, и я обратился к Дау.

— Как же, как же,—сказал он,—я приблизительно помню, что там должно получаться, но точной формулы сейчас сказать не могу.

— А где об этом можно прочесть?—спросил я.

— Вы нигде не прочтете, потому что эта задача никем не была решена.

— Так откуда же вам известно хотя бы приблизительно, каков должен быть ответ?

— Э, старое дело! Это еще было в Казани во время эвакуации. У меня разболелся зуб, и мне пришлось долго сидеть в приемной у врача. Мне было скучно, и я придумал себе эту же задачу и решил ее на клочке бумаги.

— Решите теперь заново,—упрашивал я.

— Ленъ!—ответил Дау, часто ссылавшийся на свою в действительности не существовавшую леность.

Задачу пришлось решить самим, и это пошло очень на пользу нашим теоретикам, так как она таила в себе много неожиданностей.

...Нет, я положительно не знаю, когда работал Ландау. Единственное, что осталось мной не обследованным,—это часы, в какие он уединялся с Женей Лифшицем.

Иногда я врвался к нему домой, на второй этаж его двухэтажной квартиры, чтобы проверить свои мысли.

— Дау, Элевтер! Идите, я вас покормлю!—кричала снизу его жена.

— Коруша! Меня Элевтер не пускает,—ябедничал Дау.

Потом мы спускались на кухню и, размахивая ложками и целясь друг в друга вилками, продолжали начатый разговор.

Но приходить к нему за советом после половины

седьмого было бессмысленно. В это время он тщательно брился, раздражал бритую кожу одеколоном и густо пудрился.

— Рабочий день кончен, и надо развлекаться,— заявлял он.

— А куда вы идете?

То он говорил, что идет в театр, то напускал страшного туману.

Как правило, это были минуты блиц-споров об искусстве.

— Константин Симонов — великолепный поэт?! — кричал он на меня.

— Я на этот мюзик-холл и за деньги носа не покажу,— нападал на Дау в свою очередь я.

— Не говорите глупости! Ерунда! Там красивейшие девушки... Известный душист! У вас не вкус, а черт знает что такое! — с этим криком он сбегал с лестницы и исчезал, а я шел к себе домой и переживал запоем последние эксперименты Капицы и новую теорию Ландау.

Капица и Ландау. Они здорово дополняли друг друга. И безусловно, оба ощущали огромную потребность друг в друге. К этому еще примешивалось никогда не иссякавшее чувство благодарности, которое Ландау испытывал к Капице, помогшему ему в трудную минуту жизни. Но об этом он говорил редко. Ландау предпочитал расхваливать Капицу за трезвый ум, за умение настоять на разумном решении вопроса, за абсолютное понимание физики, наконец, за великолепное научное творчество, в частности за его последние работы.

Я все старался тогда осмыслить понятия «живой» и «мертвой» жидкости, на которые Дау разделил гелий-II. И каждый раз, как я об этом думал, в памяти всплывала реплика академика Алексея Николаевича Крылова:

— Моряки тоже говорят о живой и мертвой воде. Они, кстати, и цветом различаются. Не дай бог попасть кораблю в мертвую воду. Хоть все механизмы работают хорошо, а его ход в мертвой воде все не тот.

И ответ Ландау:

— Боюсь, Алексей Николаевич, что в данной ситуации ваша аналогия не совсем правильна: живую и мертвую жидкости в гелии-II совершенно нельзя разделить — они как бы растворены одна в другой.

Более всего меня поразила предсказанная Ландау опыт с вращением гелия-II: нормальная компонента («живая») должна была вращаться вместе со стаканом, а сверхтекучая («мертвая») — оставаться неподвижной.

Я заканчивал работу над сверхпроводимостью сплавов, потом закончил ее, потом расстался с Институтом физических проблем почти на четыре года, но так и не смог расстаться с мыслями об опыте с вращающимся стаканом, в котором жидкий гелий должен был стоять и двигаться одновременно. Парадокс!

Структура тепла

Термин «структура тепла» большинство читателей, даже физиков, встречают, может быть, впервые. Но никаким другим термином определить сущность новой теории Ландау, объяснившей открытие Капицы, нельзя.

Уже со школьных лет мы привыкаем к тому, что тепловое движение атомов в твердом теле или жидкости можно представить себе в виде их колебаний вблизи положений равновесия. Однако тепловые колебания соседних атомов не вполне независимы друг от друга — между ними имеется определенная корреляция. Эта корреляция связана с силами взаимодействия между соседними атомами. Предположим, что мы «нагрели один атом», то есть сообщили кинетическую энергию только одному из них. Благодаря этому атом начнет отклоняться от положения равновесия (тем больше, чем сильнее мы его «нагрели») и потянет за собой соседние атомы, те в свою очередь потянут своих соседей и так далее. Таким образом «нагревание одного атома» приведет к возникновению упругой волны.

Но «нагреть один атом» нельзя. Мы всегда нагреваем одновременно бесчисленное множество атомов, которые колеблются при этом с разными амплитудами, с разными частотами, в разных направлениях. Возникает огромное число упругих волн, которые где-то гасят, где-то, наоборот, взаимно усиливают друг друга. В последнем случае образуются так называемые волновые пакеты, которые бегут по кристаллической решетке твердого тела или по жидкости, отражаются от внешних граней кристаллов или от стенок сосудов

с жидкостью, сталкиваются между собой, обмениваются друг с другом энергией.

Волновые пакеты ведут себя так, как если бы они были частицами. Эти «якобы частицы», или, лучше сказать, квазичастицы, известны физикам под названием фононов.

Наличием фононов объясняются тепловые свойства всех твердых тел при низких температурах. Тепловые свойства жидкого водорода или охлажденных благородных газов — неона, аргона и других, которые при нормальном давлении не замерзают вплоть до температуры в $20-30^\circ$ по абсолютной шкале, также могут быть объяснены особенностями поведения фононов.

Но свойства жидкого гелия, единственной жидкости, не замерзающей даже при абсолютном нуле, с помощью только одних фононов объяснить нельзя — это доказал Ландау.

Он догадался, что свойства жидкого гелия могут быть поняты только в том случае, если предположить, что тепловое движение в нем осуществляют два типа квазичастиц. Первый — это обычные фононы. Вторым он назвал «ротонами», от слова «rotation» — вращение (предполагалось, что атомы гелия могут группироваться по несколько штук вместе, образуя хоровод; впоследствии такое представление оказалось неправильным).

Совершенно интуитивно Ландау предположил, что в отличие от фононов, число которых связано с ростом температуры кубической зависимостью, число ротонув увеличивается приблизительно по экспоненциальному закону. И что для возникновения ротона — опять-таки в отличие от фонона — требуется затратить определенную порцию энергии. Эту минимальную энергию Ландау назвал энергетической щелью. Энергетическая щель — важнейший параметр в теории сверхтекучести, она в значительной степени определяет сущность этого явления, отличая жидкий гелий от всех других, неквантовых, классических жидкостей.

Благодаря разной зависимости числа фононов и ротонув от температуры вблизи абсолютного нуля (приблизительно до $0,6\text{ K}$) в гелии преобладают фононы. Затем по мере нагревания число ротонув начинает быстро обгонять число фононов, и, наконец, большинство свойств жидкого гелия начинают определять именно ротонув.

Подводя к жидкому гелию при абсолютном нуле тепло, мы будем порождать в нем тепловые возбуждения — фононы и ротоны. Но свойства этих квазичастиц таковы, что они могут вовлечь в тепловое движение только относительно небольшое количество жидкости.

Чем больше ротонов и фононов, тем большее количество жидкости участвует в тепловом движении. Наконец (лямбда-точка!) число квазичастиц становится так велико, что уже вся жидкость оказывается вовлеченной в тепловое движение. Все удивительные свойства жидкого гелия-II пропадают, и он превращается в тривиальную классическую жидкость — гелий-I.

Что же следует из того, что в гелии-II в каждый данный момент в тепловое движение вовлечена только часть атомов, притом во всякое мгновение — разные атомы? Испытывать трение могут только те участки жидкости, в которых в данный момент есть тепло: трение всегда связано с выделением тепла. Поэтому при протекании через тонкие капилляры и щели такие участки жидкости будут тормозиться. А участки, лишенные тепла, будут просачиваться через тончайшие зазоры, не испытывая трения. Отсюда следует, что жидкость можно отфильтровать от содержащегося в ней тепла чисто механическим образом. Этим и воспользовался Капица, когда он измерял вязкость гелия по скорости его протекания через щель или когда он заставлял втекать в бульбочку навстречу выделявшемуся в ней теплу тонкий слой жидкости, теплосодержание которого оказалось равным нулю.

Совокупность участков жидкости, охваченных тепловым движением (в следующее мгновение тепловые возбуждения покинут их для того, чтобы вовлечь в тепловой хаос соседние участки), Ландау назвал нормальной компонентой. Совокупность же тех участков, в которых в данный момент тепла нет (но, может быть, оно появится в них в следующее мгновение), была названа им сверхтекучей компонентой. Гелий-II — это как бы смесь двух компонент, обладающих диаметрально противоположными свойствами. Если нагревать гелий-II, то нормальная компонента будет стремиться в более холодные части жидкости, а сверхтекучая — навстречу теплу. И хотя жидкость будет неподвижна как целое, обе компоненты потекут

навстречу друг другу, выравнивая температуру во всем объеме.

Но как определить взаимную концентрацию пормальной и сверхтекучей компонент при разных температурах?

Для решения этого вопроса Ландау и предложил вращать стакан, наполненный гелием-II. Тогда нормальная компонента увлечется стенками, а сверхтекучая будет оставаться неподвижной.

Но как определить, сколько гелия стоит на месте и сколько вращается вместе с вращающимся стаканом? ..

Этот-то опыт и запал мне в душу, и мысли о нем не покидали меня последующие годы.

Мне везет

Война приближалась к концу. Академические учреждения, ранее эвакуированные из Москвы, начали возвращаться в столицу.

Летом 1944 года получаю письмо от Капицы: он приглашает меня в свой институт продолжать исследования в области физики низких температур.

Через несколько недель на короткий срок вырываюсь из Тбилиси в Москву. Уже чувствуется близость победы. Крупнейшие ученые, инженеры, писатели, художники, артисты уже успели вернуться из эвакуации. Возникают новые учреждения, институты, общества, новые планы, надежды, желания.

— Когда сможете вернуться в институт?— спросил меня Петр Леонидович.

— Вероятно, смогу начать работу в январе.

— А в каком амплуа вы предпочитали бы начать работу у нас?

— Пожалуй, докторантом,— ответил я.— Пожалуй, так легче будет освободиться...

— Вы хотите продолжать исследования по сверхпроводимости?

— Нет, Петр Леонидович. Я мечтаю заняться сверхтекучестью. В развитие ваших последних работ и теоретических исследований Дау.

— Сверхтекучестью...— неопределенно произнес Капица и добавил: — Ну ладно, о деталях вашей работы мы поговорим после вашего приезда, а пока что езжайте и постарайтесь поскорее освободиться. Я, в свою очередь, предприму шаги, необходимые для вашего зачисления в докторантуру.

...В Москве я порезал ногу и приехал домой с нагноившейся раной. Пришлось пролежать два месяца с больной ногой, но с совершенно здоровой головой. И тут-то мне удалось придумать для себя «научную биографию» на много лет вперед. Все, что я собирался делать когда-нибудь, должно было быть связано со сверхтекучестью.

Лежу и день за днем придумываю эксперимент за экспериментом.

Почти ежедневно ко мне приходили два моих бывших студента, приносили нужные книги, делали расчеты для моих будущих экспериментов. Если бы не превратности судьбы, то и сейчас я продолжал бы осуществлять ту тотальную программу.

Наконец я здоров. Наконец я в Москве. Наконец я опять в кабинете Капицы.

И снова:

— Чем собираетесь заниматься?

— Я продумал большую программу экспериментов по сверхтекучести...

— По сверхтекучести? (Пауза.) Знаете, Элевтер, когда я приехал в Кембридж, Резерфорд спросил меня: «Чем вы хотите заниматься?» — «Альфа-частицами», — ответил я. «Но альфа-частицами занимаюсь я», — обрезал Резерфорд. И мне стало ясно, что я должен выбрать другую область исследования. Правда, я вскоре приобщился к тому, чем занимался сам Резерфорд.

— Но Петр Леонидович! — почти прошептал я. — Я понял вас в тот раз так, что вы согласны...

— Ну ладно, бог с вами. Начните тогда с того, на чем остановился перед войной я. Начните с измерения критических скоростей. Располагайтесь в большой комнате, там уже работают трое моих сотрудников, в частности Пешков. Он тоже изучает сверхтекучесть.

Резюме

Решившись отложить на время эксперимент с критическими скоростями, предложенный мне Капицей, снова возвращаясь в мыслях к пункту № 1 моей программы.

Задача заключалась в том, чтобы ответить на вопрос: может ли гелий-II одновременно и стоять и двигаться?

В эксперименте, который был мной задуман, оставаться в покое должна была сверхтекучая компонента, а участвовать в движении прибора — нормальная компонента.

На мое великое счастье, я решил поставить этот опыт не с вращающимся стаканом, как это предлагал Ландау, а в том варианте, который только и мог в то время привести к прямому доказательству правильности основных идей, заложенных в его теорию. Во вращающемся стакане в определенных, но неизвестных тогда условиях обе компоненты могут двигаться вокруг оси прибора с совершенно одинаковыми средними скоростями.

Я решил взвесить нормальную компоненту, не прибегая к весам, и показать, что ее масса отличается от полной массы гелия-II тем больше, чем ниже температура всей системы. С этой целью мне пришлось в голову построить прибор, состоящий из большого числа параллельных лепестков, который, будучи подвешен на тонкой упругой нити, должен был бы вместо вращения совершать малые колебания вокруг своей оси. Нормальная компонента, обладающая вязкостью, будет вовлекаться лепестками в колебательное движение прибора, и, чем больше ее масса, тем большим моментом инерции будет обладать такая система и тем больше окажется период колебания прибора.

Сверхтекучая компонента, не обладающая трением, не будет увлекаться стопкой лепестков: заполнен прибор такой жидкостью или нет, его момент инерции будет в точности равен моменту инерции пустого прибора.

Если прибор заполнить жидким гелием-II, температура которого близка к лямбда-точке, то есть к 2,17 К, то момент инерции и период колебаний должны быть максимальными, а при абсолютном нуле — одинаковыми как для пустого прибора, так и для прибора, заполненного жидким гелием-II. В одном случае весь жидкий гелий был бы неподвижен, в другом — он весь находился бы в движении.

Если, несмотря на свою парадоксальность, предположение, что жидкий гелий может одновременно и стоять и двигаться, справедливо, то при температурах между абсолютным нулем и 2,17 К период колебаний, а следовательно, и момент инерции должны будут отличаться от тех же характеристик как для пустого

прибора, так и для прибора, заполненного жидким гелием-II, имеющим температуру лямбда-точки.

Зная момент инерции прибора с жидким гелием при разных температурах, мы могли бы установить, в какой степени жидкий гелий-II стоит и в какой степени он движется при той или иной температуре.

Конечно, это очень трудно себе представить. Но повторим себе: в гелии-II структура тепла такова, что его не хватает на всю жидкость. В каждый данный момент в тепловое движение вовлечена только часть вещества. И, увлекая поверхность дисков тепловые кванты, мы можем вовлечь во вращение прибора только ту часть вещества, которая в этот момент охвачена тепловым движением.

Каждой температуре жидкого гелия-II соответствует свое определенное количество тепловых квантов, а следовательно, и свое определенное количество вещества, ведущего себя как нормальная вязкая жидкость. Количество этого вещества в одном кубическом сантиметре получило название плотности нормальной компоненты и обозначение, составленное из греческой и латинской букв ρ_n («ро-эн»). Плотность невязкой, сверхтекучей компоненты обозначается символом ρ , («ро-эс»). Сумма $\rho_n + \rho$, равна обычной плотности жидкого гелия ρ , и потому отношение $\frac{\rho_n}{\rho}$ (физики скороговоркой произносят его «роэнкро») — важнейший параметр жидкого гелия-II.

Выполнить задуманный мной опыт было довольно трудно по трем причинам. Во-первых, вязкость даже жидкого гелия-I — полностью нормальной жидкости — почти в 1000 раз меньше, чем вязкость воды при комнатной температуре. Стало быть, для того, чтобы увлечь весь жидкий гелий-I, находящийся между соседними лепестками, расстояния между ними должны быть очень маленькими. Расчет показал, что они не должны превышать 0,02 сантиметра.

Во-вторых, лепестки должны быть в точности параллельны по отношению друг к другу и в точности перпендикулярны оси, вокруг которой происходят колебания, иначе не избежать тривиального перемешивания жидкости и в движение вовлечется не только нормальная, но и сверхтекучая компонента.

Наконец, общий вес прибора, изготовленного из металла, должен быть сравним с общим весом жидко-

го гелия, заполняющего прибор, иначе он будет нечувствителен к изменению периода колебаний, а вместе с тем и момента инерции, а следовательно, и к изменению плотности нормальной компоненты. Максимальная плотность жидкого гелия в семь раз меньше плотности воды, значит, прибор надо было сделать как можно более ажурным. Расчеты показали: толщина каждого алюминиевого лепестка-диска должна быть порядка одной тысячной сантиметра.

Сто совершенно параллельных дисков: толщина каждого — одна тысячная, расстояние между ними — две сотых сантиметра. Зато — возможность определить рознькро!

Мне никогда не приходило в голову делать тайну из планируемых мной опытов. Это не соответствует моему темпераменту. Поэтому о работе вскоре знало множество людей, которые ничем не могли помочь, зато интересовались ею ежедневно. Но что мне их интерес, когда у меня ничего не выходило! Я вернулся в институт и приступил к делу 2 января 1945 года, а десятого или пятнадцатого в лабораторию вбежал Ландау.

— Неужели вы в самом деле сможете измерить, как изменяется с температурой плотность нормальной компоненты?

— Попытаюсь, во всяком случае, — отвечаю уклончиво, боясь взять на себя всю полноту ответственности за будущее науки.

— Дау говорил мне, что вы взялись за определение рознькро? Если вам это удастся, это будет очень здорово! — сказал мне Лифшиц через несколько дней после разговора с Ландау.

— Ты действительно сможешь открыть закон убывания розн с понижением температуры? — спросил Мигдал.

— Смогу открыть!

— Вы скоро сможете сообщить данные о рознькро? — вцепился в меня Смородинский. — Теоретики в них очень нуждаются.

— Скоро, Яша, дорогой, скоро.

И так на протяжении многих недель. Спрос на рознькро растет. Отступления нет и быть не может, и я уже ругаю себя за то, что вставил в свой тотальный план экспериментов по гелию-II этот опыт, которого теоретики не хотят ждать даже каких-нибудь нескольких месяцев. Надо же было!..

Возле моего стола то и дело возникают фигуры интересующихся и сочувствующих: ученые, аспиранты, студенты, механики. Одни говорят «выйдет», другие — «не выйдет», третьи — «да ты нажми», четвертые — «когда же?». Хороша обстановка для работы!

И ведь это 1945 год. Еще идет война. Нет ни необходимых материалов, ни приборов. Часть оборудования не перенесла двойной транспортировки — в эвакуацию и из эвакуации. Кое-что институт оставил в Казани. Не было ни дьюаров, ни форвакуумного насоса, ни вакуумной резины. Все приходилось занимать, выпрашивать, выклянчивать.

Раздобыл я наконец алюминиевую фольгу, из которой собирался сделать прибор, и занялся сооружением макета будущей установки.

И вдруг неприятность. К моему макету подошел Капица.

— Ну, где у вас тут приборчик, которым вы собираетесь измерить плотность нормальной компоненты?

— Пока не готов, Петр Леонидович.

— А чем вы занимаетесь? — недовольным топом спросил Капица.

— Ведь я здесь только полтора месяца... Вот успел сделать макет и собираюсь испытать его. Всего как два дня фольгу для прибора достал.

— Я не пойму, — сказал Капица, — вы приехали ко мне в игрушки играть, что ли?

— Причем тут игрушки? Работаю, как умею, не нравится — могу уехать...

Я сам удивился резкости своего тона, но поправить что-нибудь было невозможно: Капицы в лаборатории уже не было. Конечно, если бы я тогда знал, что именно так обрушивался на сотрудников его учитель Резерфорд и что впоследствии сам усвою эту манеру и стану так же обрушиваться на своих учеников, то мог бы сдержаться...

Собрал разбросанные инструменты, приборы, выключил все установки и пошел домой.

В коридоре меня догнал Шальников, бежавший буквально вприпрыжку.

— Что вы там натворили?

— Ничего...

— А почему же Капица вышел от вас сам не свой от гнева? Я его спрашиваю: «Что с вами, Петр Леонидович?» А он махнул рукой и говорит: «Ну и гоно-

ристый парень, этот Андроников. Ничего ему сказать нельзя». И ушел из института к себе в коттедж.

— Дело плохо,— говорю.

— Да уж не блестяще,— подтвердил Шальников.— Ираклия и Виву сюда выпишите с Арбата или сами к ним поедете?

— А ну вас, вечно одно и то же, не до шуток мне сейчас,— отмахнулся я от него, сел в автобус и поехал на Арбат к своим.

Конечно, мне следовало извиниться перед Капицей. Но я был так взвинчен, что не извинился.

Петр Леонидович простил мне мою выходку, и я принялся за работу с удвоенной энергией.

Задуманный мной опыт был предельно трудным и во всяком случае выходил за рамки моих тогдашних экспериментальных навыков. Он требовал мобилизации всех умственных и физических сил, требовал вдохновения, терпения. Иногда нельзя было перевести дыхание в течение минуты, а иногда нельзя было отвести взгляд в течение получаса. Иногда нельзя было пошевелиться. С утра до вечера нельзя было сделать ни одного неосторожного или неправильного движения.

Наша лаборатория поняла это и всячески старалась вести себя так, чтобы мне ничто не мешало. Но поведение остальных было просто ужасным. Каждый раз, когда приходилось переживать один из напряженнейших моментов жизни, во время сборки стопки дисков, в комнату врывался кто-нибудь из посторонних и отвлекал мое внимание. Я делал неуверенное движение — и многочасовая работа шла насмарку.

Теперь приходилось жалеть, что я не Капица, к которому нельзя входить, когда он экспериментирует. С удивлением взирал я на непрошенных гостей, и по моему взгляду они догадывались о неуместности своего визита и виновато удалялись.

Наконец все прониклось серьезным отношением к моей затее. Контакты со всеми были отрегулированы, а это как раз то, без чего заниматься наукой просто невозможно. Научное общение требует обязательно взаимной доброжелательности, огромного взаимного доверия.

Особенно я сошелся с Тумановым — мягким, интеллигентнейшим, очаровательным юношей, одинаково близким и теоретикам и экспериментаторам. Его рабочий день по сравнению с рабочим днем других сотруд-

ников института был довольно рыхлым. По-видимому, это и была та главная причина, которая рассорила его с Ландау, чьим аспирантом он был, и привела в лагерь экспериментаторов. Зато у него был велик интерес к людям, его окружающим, и к тому, что они делают. Он оказывал любую помощь товарищам, и мы, перегруженные сверх меры, часто пользовались его услужливостью. В частности, он постоянно делал за меня расчеты.

Эксперимент

Уже говорилось, что прибор надо было сделать из алюминиевых лепестков толщиной 10 микрон. Число таких лепестков достигало сотни. Все лепестки надо было насадить на общую алюминиевую ось вперемежку с алюминиевыми же шайбами, толщина которых с точностью до 1% равнялась 0,02 см. Шайбы предназначались для того, чтобы создать одинаковое расстояние между лепестками и придать им параллельность.

Весь прибор в собранном виде должен был обладать точной осевой симметрией, а для этого хорошо было бы обточить его на токарном станке. В кусочках фольги произвольной формы с помощью пробойника я вырезал отверстия, затем эти кусочки и разделяющие их кусочки бумаги насадил на ось с винтовой нарезкой на конце и всю эту массу плотно зажал между двумя стальными пластинками с помощью гайки. Механик вставил ось в цапгу, запустил станок, и резец... пошел рвать бумагу и алюминиевую фольгу, превращая все в клочья.

Мы с токарем Алексеем Макаровичем Гончаровым долго скребли в затылках. Наконец решили: я соберу еще одну такую заготовку, заморозу ее в жидком воздухе и Гончаров обточит ее в холодном виде. Но алюминий хорошо проводил тепло внутрь заготовки, и она успевала согреться раньше, чем кончалась обработка. Только после четвертого или пятого замораживания работу удалось довести до конца.

Теперь предстояло расчленить заготовку на алюминиевые и бумажные кружочки и выровнять их. Механический пресс стоит у моего стола в лаборатории, но алюминий — металл очень мягкий; не успеешь распрямить диск, глядишь, а он уже опять мятый. О том, чтобы такой диск взять в руки, не может быть и речи,

от одного прикосновения на нем появляются изгибы и изломы.

Однажды просыпаюсь рано утром с чувством готового решения. Сделать фольгу совершенно плоской можно, равномерно растянув каждый диск на оправке. Одеваюсь и бегу в лабораторию. Оправка готова, и вот уже рука устала дергать рукоятку пресса, диски натянуты, но... их коробят огромные напряжения, необходимой жесткости нет. С неудачей пришлось ознакомиться все.

В сочувственном гомоне мозги почему-то не хотели работать. Они предпочитали делать это по ночам, и, хотя спать приходилось очень мало, а потому сон был крепким, русская пословица «Утро вечера мудренее» оправдывалась всякий раз, как только дело заходило в тупик. Правильные решения приходили ко мне подсознательно, во сне.

Скидываю ноги с кровати, а в голове уже ясная картина: на каждом диске надо сделать ребра жесткости. И полная технология: необходимо на матрице сделать один круговой валик и концентричную этому валику канавку, высота и глубина которых равны толщине шайбы. Соответствующие канавка и валик, в точности таких же размеров, должны быть сделаны на пуансоне. И тут мне на помощь снова пришла высочайшая квалификация Гончарова, всегда готового выдать для науки все, на что он только был способен. Не будь Алексея Макарыча — не было бы и эксперимента, известного как «Андроникашвили-эксперимент».

Как много значит для ученого замечательный профессионализм и потребность бескорыстного (именно бескорыстного) служения науке, которая так часто проявляется в людях, обслуживающих научное учреждение! И как редко мы вспоминаем этих людей...

Стеклодув Петушков, машинисты ожигательных установок Яковлев и Мрыша, механики и токари Миныхов, Арефьев, Гончаров, Христюк, Корольков — все это люди, сделавшие для меня гораздо больше, чем сделало большинство моих друзей и коллег по профессии. Без их доброго отношения, без их бескорыстной дружбы мои успехи в науке были бы совершенно невозможны.

...На этот раз не помогла и дружба. Ребра придали фольге жесткость, но напряжения остались столь сильными, что диски повело, как крылья вентилятора.

«Последний штрих» пришел по безнадежности или по интуиции — не помню. Я взял два листа шероховатой бумаги, проложил между ними диск из алюминиевой фольги, вставил все это между пуансоном и матрицей и нажал на рукоятку пресса.

С трепетом разъединил листки бумаги и вынул металлический лепесток — совершенно плоский и жесткий. Но не блестящий, а матовый. Шероховатость, появившаяся на нем благодаря неровностям поверхности бумаги, приняла на себя (или, лучше сказать, разрядила) все напряжения, искажавшие форму лепестка.

Я слегка дунул — и легчайший листок отделился от стола и стал парить в воздухе.

Это была победа. И страшное волнение. Настало время собирать лепестки в стопку. Не прикасаясь к ним пальцами, подхватываю их лопаточкой из тонкой слюды и как бы роняю на ось, зажатую в миниатюрные тиски. Собрав стопку, заключаю ее в алюминиевую оболочку с толщиной стенки всего лишь в сотую долю сантиметра — шедевр, вышедший из рук Виктора Христюка. В этой эфемерной броне моему детищу были не страшны даже руки Ландау, которому я разрешил поддержать прибор несколько секунд, что он и сделал с весьма понимающим видом.

Но вот прибор скреплен с тонкой, прямой, как стрела, стеклянной палочкой, другой конец ее подвешен на упругой бронзовой проволочке.

В дьюар, в котором трепетно колотится о стенки моя стопка, залит жидкий гелий — и эксперимент начинается.

Как ни странно, опыт удался с первого раза. С секундомером в руках, с прикованным к шкале взглядом я измерял период колебаний стопки дисков. Время от времени крутил вентили и, понижая упругость паров гелия в дьюаре, уменьшал температуру. Вместе с температурой совершенно явно уменьшался и период колебаний. Когда жидкий гелий выкипел, я выключил установку, схватил попавшийся под руку кусок миллиметровки и, вооружившись логарифмической линейкой, наскоро нанес несколько точек и провел кривую.

Кривая получилась плавная, только одна точка выскочила за пределы погрешности опыта.

Прибжевав домой, ошалевший, опьяневший от радости, вызванной тем, что на графике зависимости рознькро от температуры кривая поползла вниз, я позвонил Аркадию Бенедиктовичу Мигдалу. Именно ему надлежало сыграть роль сосуда, в который должна была вылиться моя радость, и он сыграл эту роль великолепно. Через минуту он был у меня. В упоении мы рассматривали мою кривую, которая в общем согласовывалась с теоретической кривой Ландау, хоть и шла все же заметно выше. Но главное, конечно, заключалось не в этом. Главное заключалось в том, что качественно теория Ландау была подтверждена, что гелий в моих экспериментах и стоял и двигался одновременно.

С точки зрения наших обычных представлений этого просто не может быть. Но гелий — жидкость не обычная, а квантовая. А квантовая механика имеет дело с системами, находящимися одновременно в различных квантовых состояниях. Наложение двух или нескольких состояний, или, как говорят, суперпозиция состояний, для квантовой механики — дело обычное. Правда, понятие о суперпозиции состояний было привычным для физиков, когда они говорили о явлениях микромира. Отныне масштабы применимости этого понятия возросли с размеров атомных орбит до размеров моего прибора.

Понаслаждавшись видом кривой, Мигдал произнес:

— Надо бы поскорей показать кривую Дау. Он будет очень рад.

Но был уже вечер, и Ландау не оказалось дома.

Уход Мигдала оставил меня в одиночестве. Мысли вихрились в голове, все время возвращаясь к различным этапам эксперимента. И хотя предшествующий ход событий вполне подготовил меня к свершившемуся, сейчас снова стало приходить в голову — да уж не удалось ли мне взвесить тепловые возбуждения и тем самым доказать реальность квазичастиц? Из способа описания квазичастицы превратились в реальность. Этого в эксперименте, предложенном Дау, было бы невозможно наблюдать.

И действительно, масса ротона, вычисленная из моих экспериментальных данных по формулам первоначального варианта теории Ландау, была близка к предсказанному им значению.

Но какова диалектика науки? Сперва мы ищем самое простое и модельное представление для новых, только что родившихся понятий. Потом, видя, что эти представления не полностью удовлетворяют им, мы начинаем усложнять первоначальные модели. Часто при этом наглядность полностью исчезает. Так было и с теорией Ландау, в последующем варианте которой понятие «ротон» претерпело сильное качественное изменение, потеряв ту модельность, о которой говорилось выше. А десять лет спустя знаменитый американский физик Фейнман снова ввел модельное представление о структуре ротона, совершенно отличное от структуры, первоначально предложенной Ландау. Но к фейнмановской структуре вычисленная из моих экспериментальных данных масса ротона не имела уже никакого отношения...

«Неужели и стоит и движется? — повторял я про себя, как помешанный. — Но этого же не может быть!»

И тут я впервые ощутил, что настоящее научное открытие — это как раз то, что не может быть (с точки зрения суммы знаний, накопленных человечеством). Через тридцать лет к фразе: «Наука — это то, что не может быть» — я прибавил: «А то, что может быть, — это научно-технический прогресс».

О новых экспериментальных данных Ландау узнал только на следующий день. Расхождение с теорией его беспокоило мало.

— В этой области температур у теории маленькая точность. Но основное, как вы понимаете, не в этом. Важно, что доказана возможность одновременного существования двух видов движения... Черт знает как красиво! Теперь будете знать, кто такой Ландау?!

Он закрутил воображаемые усы и даже топнул ногой.

— Впрочем, ваш эксперимент в известном смысле даже важнее того, который я предлагал вначале. Ведь вам удалось непосредственным образом взвесить нормальную компоненту, неотделимую от сверхтекучей.

День научной разведки в определении розкрос остался позади. Началась систематическая, планомерная борьба за каждую температурную точку, за точность каждого измерения и каждого отсчета, учет самых незначительных влияний, казалось бы ничего не значащих.

Ландау загорелся еще большим нетерпением. Заходил ко мне и к Пешкову по нескольку раз в день, собирал сведения об опытах со вторым звуком, тепловых волнах, распространяющихся в гелии-II, которые вел Пешков, садился за мой стол и, анализируя накопленные экспериментальные данные, старался предсказать, как с понижением температуры пойдет дальше моя кривая. Расхождения с теорией все же оставались, даже при низких температурах, где экспериментальная кривая должна была бы полностью совпадать с теоретической...

Победной весной 1945 года праздновали 225-летие со дня основания Академии наук СССР. В Москву съехалось множество ученых из разных стран. По институту ходили французы, предводительствуемые супругами Жолио-Кюри. Знаменитый Ленгмюр — американский электровакуумщик, пользуясь насосом, носящим его имя, показывал, как получить в условиях лаборатории молнию. Эксперимент привлек много любопытных, и в комнату Шальникова, где это происходило, нельзя было пробиться. В другом помещении столпились англичане. Капица что-то долго объяснял им про мощные магнитные поля. Гости обращались с хозяином по-свойски, все время прерывая его возгласами «Питер!», и, чтобы лучше видеть, влезали на стулья, на столы и даже перешагивали друг через друга.

От англичан узнали, что через месяц в Оксфорде состоится конференция по низким температурам, и Капица тут же принял решение послать туда работу Пешкова о втором звуке, которая к тому времени была закончена.

Все иностранцы были поражены тем, что в СССР, в условиях войны, продолжали развиваться самые передовые исследования по физике низких температур. Через два или три месяца один из американских журналов напечатал статью, в которой говорилось об успехах в этой отрасли физики у нас в стране и сообщалось, что во многих университетах США «по примеру русских, не прекращавших научную работу в этой области даже во время войны, открываются такие же лаборатории».

После празднеств я написал статью и показал ее Ландау.

— Мне кажется, что название «Температурная зависимость плотности нормальной компоненты ге-

лия-II», которое вы собираетесь присвоить вашей статье, не отражает в достаточной степени сущности обнаруженных вами фактов. Вы пишете: «Удалось установить, что описанным способом возбуждается только нормальный вид движения, тогда как сверхтекучая часть гелия-II остается неподвижной». Так и озаглавьте статью: «Непосредственное наблюдение двух видов движения в гелии-II». Это же фундаментальный факт, что гелий-II может одновременно и стоять и двигаться!

Главный тезис теории Ландау был доказан. Новый парадокс вошел в физику низких температур.

Голландцы

Зайдя в библиотеку и перерывая новую литературу, наткнулся на только что пришедшую тетрадку голландского журнала «Physika».

Три статьи одна за другой. Кеезом и Дюйкер; Мейер; Мейер и Меллинк. Дюйкер, наверное, бельгиец. Какой же это Мейер? Ах! Л. Мейер! Кажется, его зовут Лотар... А Меллинка совсем не знаю. Так набегают одна на другую ничего не значащие мысли, пустые попытки представить себе воочию своих западных оппонентов. Все равно никогда не увижу...

Постепенно вчитался в статьи. В этих трех работах делались попытки определить критические скорости при течении гелия-II по капиллярам и щелям, измерялись зависимости критических скоростей от толщины зазора, от температуры и от других параметров.

Эксперименты выполнены очень точно. Но боже! Что за трактовка?! От нее исходит аромат старины. Они, по-видимому, ничего не смыслят в сущности физических явлений, протекающих в гелии-II.

— Дау, они ничего не смыслят в сущности физических явлений, протекающих в гелии-II.

— Кто они? По странной случайности вы забыли сказать мне, о ком вы говорите.

— Ах, да! Я говорю о голландцах: Кеезومه и его учениках. Опубликованы их статьи, из которых становится очевидным, что авторы не имеют ничего общего с современной наукой.

— Мне кажется, что в той степени, в какой это касается свойств гелия, этим страдают не только голландцы, но и англичане и тем более американцы. И вообще не ищите другого места в мире, где бы о гелии знали

так много, как знают о нем в нашем институте. У кого вы еще найдете такого Элевтера, кстати, как я вам уже говорил, самого знаменитого из всех Элевтеров мира?

— Вы мне очень льстите, но это не так. Я очень бы хотел, чтобы это было так, но, к сожалению, существовал еще греческий министр иностранных дел Элевтерос Венизелос...

— Прозаическая личность, фу, как вам не стыдно так унижаться...

— Но пражский архиепископ Элевтерий?

— Какое сравнение? И какое значение вообще в XX веке может иметь какой-то архиепископ...

Так, путая серьезное с самыми глупыми шутками, Дау обычно и вел научные дискуссии. Серьезная фраза переходила неожиданно в шуточное окончание, фраза, начавшаяся шуткой, могла закончиться глубокой мыслью или труднопроверяемой загадкой, с которой начиналось новое исследование.

— ...А чем хотят увлечь нас эти три голландца?

— Не три, а четыре, хотя, правда, один из них бельгиец. Они измеряют теплопередачу в тонких щелях с зазором от 10 до 0,15 микрона.

— О-о! Это может нам пригодиться. Очень большой диапазон.

И он схватил журнал и стал быстро просматривать резюме.

— На что вы жалуетесь? Вы хотите, чтобы они делали правильные выводы? Но ведь они не знают работ самого знаменитого в мире Элевтера по определению вязкости нормальной компоненты! До чего они могли додуматься, не зная этой величины?

— Они приводят интересные данные для значений критических скоростей.

— Ну, естественно! Они наверное и ставили эти работы с целью определения критической скорости. Знаете, Элевтерчик, не был бы я ленив в такой степени, я бы занялся этой работой. Но лень пересчитывать в духе ваших идей все, что они там натворили.

— Поручите Халату!

— Халат занят теорией вязкости гелия-II. Кстати, я вам уже говорил, что теорфизика состоит из двух частей: одна — собственно теоретическая физика и другая — теория вязкости гелия-II?

— Уже говорили.

— В таком случае больше ничего интересного сооб-

щить вам не могу.— И, сделав реверанс, он помахал воображаемой шляпой, подкрутил воображаемые усы, крикнул: «Эх, удалец, Элевтер!» — и удалился восвояси.

— Рабочий день кончился... не на такого напали... — послышалось в коридоре, и входная дверь хлопнула.

Вооружившись логарифмической линейкой и книгами по гидродинамике, я вывел уравнение, которому должно было бы подчиняться течение вязкой жидкости в сложных условиях голландского прибора, и начал тщательно пересчитывать полученные с его помощью результаты.

Если Дау прав и у гелия-II нет вязкости в обычном понимании, а есть только вязкость нормальной компоненты η_n (этаэн) и если я прав в экспериментальном определении этой величины, рассуждаю, сидя в библиотеке, то из опытов голландцев можно получить то же самое значение этаэн и ту же самую зависимость от ее температуры...

С этой мыслью сажусь за стол утром и встаю с ней из-за стола поздно вечером два с половиной или три месяца подряд.

Вот здорово! Температурная зависимость этаэн что у них, что у меня одинаковая, если взять зазор в щели, равным десяти микронам. Хуже получается, если взять 5 микрон.

Но что творится при зазоре в 1 микрон! А при зазоре в 0,5, а при 0,15!!!

Пересчитав все эксперименты Кеезома и Дюйкера, Мейера и Меллинка, убеждаюсь в том, что критические скорости могут быть весьма разной величины, что они зависят от ширины капилляра или щели, зависят от температуры и от других условий.

Узнав об этом, Пешков выходит из себя.

— Ну знаешь! Основываться на измерениях каких-то голландцев — это уж совсем не солидно. Я ж тебе все время говорю: критическая скорость при всех условиях равна 20 см/сек.

— Нет, не обязательно.

— Нет, 20!

— Почему ты Кеезома, одного из опытнейших экспериментаторов Европы, считаешь «каким-то голландцем»?

— Он чересчур стар.

— Ну не веришь, так измеряй сам.

— Да зачем мне измерять, когда я и так знаю.

— Но ты знаешь неправильно!

— Нет, правильно!

И вот новые опыты, возникшие в результате дискуссии между Пешковым и мной.

Два плоских круглых стеклышка прижаты друг к другу крохотными струбцинками. Между стеклышками расположен нагреватель — миниатюрная цилиндрическая печка. Внешний диаметр этой печки около 100 микрон. Прибор размещается в дьюаре с жидким гелием-II. На нагреватель короткими импульсами подается ток. Выделяется джоулево тепло, но оно тут же рассеивается благодаря специфическому механизму теплопередачи в гелии-II. В момент, когда скорость гелия достигает критической, теплопередача нарушается, гелий вблизи нагревателя вскипает и вокруг него образуется газовый чулок. Зная поверхность печки и количество тепла, выделяемого в момент образования газового чулка вокруг нагревателя, можно высчитать скорость нормальной компоненты, соответствующей критическому режиму, и скорость сверхтекучей компоненты, движущейся навстречу нормальной.

В этих опытах критические скорости достигали пятидесяти сантиметров в секунду. Но канадец Холлис-Халлет, повторивший через несколько лет мои опыты со стопкой дисков, определил, что критическая скорость может уменьшаться даже до десятых долей сантиметра в секунду.

В действительности она не ограничивается и этими значениями. Как стало известно несколько лет спустя, критические скорости при вращении стакана еще гораздо меньше, чем при колебательном движении дисков. Так разрешился наш с Пешковым спор о том, обязательно ли критическая скорость равна 20 см/сек.

А теперь существует даже формула, связывающая значение критической скорости с гидродинамическими характеристиками эксперимента — с радиусом стакана, расстоянием между соседними дисками, зазором в капилляре, толщиной щели и так далее.

Гипноз

Во время новых опытов по определению критической скорости я наткнулся на неожиданное явление. По теории Ландау сверхтекучая компонента стремится в то

место, в котором выделяется тепло. Там она превращается в нормальную компоненту и в виде таковой уходит от источника тепла. И в свободном объеме гелия-II обнаружить перепад температур нельзя.

В следующей серии моих экспериментов обе компоненты текли именно в свободном объеме гелия-II — и вот тебе раз! Я обнаружил огромный скачок температуры!

Знаете, что значит наткнуться на запрещенное физической явление? Первое побуждение — закрыть эффект всеми имеющимися в вашем распоряжении силами.

— Что у вас получается? — спрашивают все: Ландау, Лифшиц, Смородинский... Вот, черт, привыкли интересоваться!..

— Ничего не получается!

— Как ничего? Вы же начали эксперименты?

— Начал, да ничего не получается.

— Да в чем загвоздка?

— Не выходит что-то, повторимости нету.

На первый раз отделался. А сам пересматриваю заново всю установку, всю измерительную схему. Эксперимент. Опять то же самое!

— Галя Мирская говорит, что у вас получаются какие-то вещи, запрещенные теорией Дау...

Мирская — практикантка, студентка V курса физфака, я выпросил ее себе в помощь.

— Чтоб этой Гале!.. В общем — да.

— Так вы же сами говорите, что повторимость экспериментов отсутствует?

— Нет, теперь все повторяется даже с ненужной точностью...

— Послушайте, Элевтер! Я в вас разочаровался. Вы, говорят, намерили какую-то ахинею?

— Дау! Но почему же ахинея? Измерение остается измерением.

— Чушь, чушь! Не хочу слушать. Черт знает что он говорит! Нашел какие-то явления, которые противоречат моей теории, и еще вздумал их защищать.

Дау убежал по лестнице, перепрыгивая через две ступеньки. Вдали раздался гул голосов. Сходка! Потом толпа двинулась громить меня и мой прибор.

— Элевтер, как тебе не стыдно? Сознайся, что заврался.

— Да не заврался я...

— Но ведь Дау говорит, что этого не может быть.

— Причем тут Дау? И без Дау известно, что по теории этого не должно быть. Все мы достаточно разбираемся в теории, чтобы понимать это. Но если получается?

— Не может получаться!

— Это по теории не может. Да видно теория не все учитывает, потому и получается.

Оскорбленная толпа загудела, отхлынула, повернулась и, шаркая ногами по лестнице, исчезла.

Кажется, хватил лишку. Чего они все так разобиделись? Но, по правде сказать, я и себе-то казался чуть ли не преступником и уж во всяком случае — полной бездарностью: намерить скачки температуры в гелии-III!

Через неделю пошел советоваться с Халатниковым. Не тут-то было. На эту тему — рта не раскрывает.

Пришлось самому сесть за книги, журналы, расчеты. И вдруг — святые боги! «Скачок температуры у поверхности, на которой излучается тепло»... Не может быть! Это же статья Капицы! Ничего не понимаю. Та самая статья, которую я читал раз пятьдесят, та работа, основываясь на которой Дау строил свою теорию.

— Дау, а чем вы объясняете, что у Капицы тоже были скачки температуры?

— Не было у него никаких скачков. Вообще я в вас разочаровался. Намерить какую-то ерунду в такой ясной области.

— Почему Капица имел право измерить скачок, а я не имею?

— Да не было у него никаких скачков! Вы просто что-нибудь путаете. Вы даже статьи разучились читать. На кого, на кого, но возводить поклеп на Капицу, чьи работы я знаю наизусть... Это, знаете ли, уж сверх всякой меры.

— Дау, поглядите сюда...

— Не стану.

Говорят, что в жизни можно обойтись без насилия. Ерунда! Чтобы Дау согласился прочесть две строчки, пришлось прибегнуть, мягко выражаясь, к легкому давлению.

— Ничего не понимаю, — шипел Дау. — Первый раз вижу у Капицы какие-то скачки. Вот уж никогда их не замечал! Пш-пш-пш. Что бы это могло значить?

Но секрет так и не раскрылся. На следующий день все прибегают узнать — «на какой странице у Капицы в статье описаны эти ваши, ну как бишь их — скачки?»

Только и слышно:

— Вы читали про скачки температуры у Капицы?

— Читал! Но ведь это в корне противоречит теории Дау!

— Что за новости — скачки температуры какие-то?

— Хороши новости! Опубликовано в сорок первом, еще до войны, а сейчас, слава богу, сорок седьмой...

Продолжаю мерить. Теперь всех интересует вопрос: как велики могут быть эти скачки? И я дал в конце концов ответ всем любопытным: перегревы в непосредственной близости к поверхности, на которой выделяется тепло, могут достигать по меньшей мере 2000 градусов на сантиметр длины. Вот тебе и сверхтеплопроводность!

Несколько дней спустя ко мне вошел Дау.

— О чем задумались, Элевтерчик?

— Думаю, откуда могут взяться скачки температуры.

— Хитер! Ишь чего захотел. Этого даже я не могу придумать.

— Дау, а не может быть так, чтобы градиент температуры создавали примеси, имеющиеся в гелии-II? — робко, даже чересчур робко, спросил я.

— Чушь! — закричал Ландау. — Во-первых, в гелии-II, как показали Шурочка Шальников и его югослав грозный Савич, примесей вообще быть не может, и вам это известно не хуже меня. Во-вторых, если бы они и были... если бы они и были... то они должны двигаться вместе со сверхтекучей компонентой... на встречу нормальной...

Я вскрикнул от радости.

В этот момент в комнату вошел Исаак Яковлевич Померанчук, которому Дау дал прозвище «Чук», и, обращаясь к Ландау, спросил:

— Учитель! Вы читали новую статью американцев в «Физреве»?

— А что там пишут американцы? — небрежно спросил Ландау, не отрывая взгляда от бумаги, на которой были начертаны формулы, соответствовавшие обсуждаемому явлению.

— Они сообщают, что исследовали движение примесей в гелии-II. Им удалось растворить в гелии-II его легкий изотоп, который, таким образом, является примесью...

При этих словах я чуть было не лопнул от счастья и закричал в нетерпении:

— Ну и что же?

— Атомы примеси, как оказалось, всегда движутся вместе с нормальной компонентой, а не со сверхтекучей. Очень интересно, очень интересно!

Теперь я готов был умереть от горя.

— Что с вами? — спросил меня участливо Померанчук.

— Не в ту сторону двигаются, — сказал Ландау. — Ну ничего, Элевтерчик, на этот раз нам с вами не повезло. Не будем отчаиваться. Я поручу Халату подумать на эту тему. Халат что-нибудь да придумает... Он такой — Халат!

Халатников создал теорию происхождения скачка температуры на теплорассеивающих поверхностях через пять лет.

Но интересно в этой истории одно: тот невероятный самогипноз, под которым находился автор теории Ландау, гипноз, под которым находились все окружающие — и теоретики и экспериментаторы, не разрешавшие себе даже задуматься о том, что в теории Ландау могли остаться неотраженными какие-то стороны явления сверхтекучести.

Спрашивается: нужен ли в науке такой гипноз и самогипноз? Представим себе, что произошло бы, если бы Ландау не исключил из сферы своего внимания скачки температуры, открытые Капицей, которые ввиду всеобщего гипноза мне пришлось открыть еще раз заново.

Не сомневаюсь в том, что если бы Ландау не абстрагировался полностью от всего второстепенного, если бы он не находился полностью во власти главных своих идей, которые он положил в основу теории, если бы он действовал с оглядкой на все то, что было сделано экспериментаторами, — то теория гелия-II вообще не появилась бы на свет. Более того, она не появилась бы даже в том случае, если бы Ландау задался важнейшим вопросом: «А что такое сверхтекучая компонента?»

Но на такой самогипноз имеют в науке право только единицы, создающие основы.

Вот так, крупными мазками, создавал свою теорию нормальной компоненты гелия-II этот великий мастер современной физики. Свойства сверхтекучей компоненты оставались для него фоном, в который он не вглядывался.

В этом заключалась его поразительная мудрость.

Рыцарь науки

Весной 1947 года я принял участие в подготовке русского издания фундаментального труда маститого голландского ученого В. Х. Кеезома «Гелий». В книге описывался атом гелия (включая ядро), свойства газообразного, жидкого и твердого гелия, переход из одного агрегатного состояния в другое, ожижительные машины и т. д. Здесь было все, за исключением советских работ, если не считать исследования, в котором Капица открыл явление сверхтекучести.

Правда, старик Кеезом писал эту книгу в Англии, где он провел в изгнании всю войну. Он был оторван от своего кабинета и библиотеки, текущая советская литература 1941 и последующих годов до него не доходила. Поэтому винить его в необъективности нельзя. Но тем не менее было невозможно издать перевод этой книги на русский язык, не внося обширных дополнений. Решено было отразить в них все достижения советских и зарубежных физиков в области экспериментов, основанных на теории Ландау, равно как и саму теорию. Мне досталась глава «Экспериментальные исследования по сверхтекучести гелия-II». Мне казалось необходимым показать, в какой степени все опыты, как советских исследователей, так и зарубежных, соответствуют теории Ландау, и выявить, выходят ли имеющиеся расхождения между теорией и опытом за пределы погрешности измерений.

И вот как-то обнаруживаю, что одно такое расхождение касается основополагающих экспериментов, давших повод считать, что течение гелия-II через узкую щель полностью обратимо. Баланс теплот у меня явно не сходился. Правда, разница между тем, что было вычислено мной и что измерили экспериментаторы, составляла всего 10%. Но отклонение наблюдалось всегда в одну и ту же сторону и превышало ошибку измерения в 3—4 раза. Было ясно, что в своих опытах они не учитывали какого-то явления.

Наутро говорю Ландау о результатах моих вычислений. Ландау очень заволновался и побежал думать. Этот вопрос задевал и его теорию, так как одним из ее главных фундаментов были как раз эти опыты по обратимости гидротермических процессов в гелии-II.

Огорчив Ландау, причем огорчив изрядно, иду к себе и выясняю, что во всех опытах не учитывалась тепло-

та конденсата паров, которые ожигались, когда уровень жидкого гелия-II поднимался, уменьшая замкнутое пространство, занятое паром. Не учитывался, естественно, и объем сконденсировавшегося пара, следовательно, все повышение уровня гелия-II в бульбочке приписывалось его течению через узкую щель.

Вечером беззаботно сижу в ванне на втором этаже нашей квартиры, когда в первом раздаются нетерпеливые звонки и вскоре кто-то мчится наверх.

— Элевтер, Элевтер, где ты, я спас обратимость!

Голос Ландау. То, что он обращается ко мне на «ты», означает высшую степень возбуждения.

— Я — в ванной. Выйду к вам, как только оденусь.

— Некогда мне ждать! У меня важные новости! Мне удалось спасти обратимость!

Он потребовал, чтобы его впустили в ванную комнату. Он пробовал мне что-то объяснить, но мыло на голове мешало восприятию. Кроме того, ему потребовалась бумага. Кроме того, ему стало жарко и душно, а дело спасения есть дело неотложное. Через пять минут, завернувшись в простыню, мокрый и дрожащий, я стоял у своего письменного стола и слушал объяснения Дау.

— Не пройдет, — выслушав, отрезал я. — В эксперименте не учтена теплота конденсации.

— Ах, черт возьми, это, кажется, еще хуже! — закричал Дау. И кинулся было домой разрабатывать новые меры по спасению обратимости, но остановился перед изображением Семеновой на обложке театральной программы.

— Как! И вы захотели стать красивистом?

— Да при чем тут красивист. Просто она самая замечательная бале...

— Фу, какая глупость! Некогда мне слушать про ваших замечательных балерин. Не задерживайте меня, я иду спасать повергнутую вами обратимость!

Дау относился к науке как джентльмен. Он ее оберегал от грубого обращения недостаточно деликатных физиков. Он думал о ней непрерывно и непрестанно. Он много раз «спасал ее», и нередко ему действительно удавалось спасти тот или иной принцип или закон, порой весьма важный.

И в этой заботе о науке заключался весь Дау. Сам слабый, неуклюжий и даже в чем-то робкий, он всегда готов был загородить науку своим телом.

Творческие разногласия

Эксперимент, в котором мне удалось доказать возможность одновременного существования двух видов движения в гелии-II — сверхтекучего и нормального, продолжал занимать мои мозги. И не только мои. Об этом же думали Шальников, Пешков. А как выяснилось потом, и профессор Пайерлс в Англии, и профессор Фейнман в США, и в Западной Германии гениальный Гейзенберг. И все думали об одном и том же: «А что будет, если гелий-II не колебать, как это делал Андроникашвили, а наливать в прозрачный стакан и крутить? Будет он одновременно и стоять и двигаться? И в чем конкретно выразится эта ситуация?»

По существу, речь шла об опыте в том первоначальном виде, в каком его предлагал поставить Ландау.

Предполагалось, что в новом эксперименте глубина мениска вращающегося гелия-II будет зависеть не только от радиуса стакана и скорости вращения, но и от плотности нормальной компоненты.

Для всех других жидкостей глубина мениска от плотности не зависит. И для ртути, и для воды глубина менисков (при прочих равных условиях) одинакова. Мениск принимает форму параболоида благодаря тому, что на жидкость действуют две силы: одна — сила тяжести, другая — центробежная.

Совершенно иначе должен был вести себя гелий-II. Сила тяжести здесь действует на всю массу жидкости, тогда как центробежная сила должна действовать только на вращающуюся нормальную компоненту и не должна действовать на неподвижную сверхтекучую компоненту. Поэтому глубина мениска гелия-II должна быть пропорциональной рознкро. А коль скоро розн зависит от температуры, то и глубина мениска должна была с изменением температуры измениться.

Для проверки этих предположений и был построен прибор, представлявший собой стакан из оргстекла, который был помещен внутри дьюара с гелием-II и мог равномерно вращаться в довольно широком интервале скоростей.

Опыт был очень прост. И даже странно, что я в свое время предпочел ему сложный эксперимент со стопкой дисков. И тем не менее рука не поднималась пачать этот простой опыт. А вдруг гелий поведет себя не так, как ему предписано теорией Ландау, и «мой» эффект,

который уже завоевал себе известность, полетит к черту?

— Что вы еще затеяли? — говорил Ландау. — Ведь вы уже доказали своим прежним опытом, что теория верна!

Наконец, набравшись храбрости, приступил к эксперименту. О, ужас! Гелий-II вращается, как самая обыкновенная жидкость, глубина мениска не отличается от глубины мениска воды, масла, ртути... Разве только образуется маленький конус у оси вращения под поверхностью мениска. Но все решает глубина, а глубина мениска неизменна. Никаких признаков того, чтобы в гелии-II вращалась только нормальная компонента, и в помине не было.

В таких чрезвычайных обстоятельствах у меня сразу появилось много добровольных консультантов. Каждый из них находил, что мой прибор далек от совершенства. Одни — что стакан имеет эксцентриситет, другие — что прибор на больших оборотах вибрирует, третьи — что нужен агатовый подшипник с агатовой иглой.

Появился Дау. Его, очень высокого, с приподнятыми локтями и сцепленными вместе пальцами правой и левой руки, сопровождал Шальников, низкий, с руками, глубоко засунутыми в карманы брюк.

— Ну что, домерился? — ехидно спросил Дау. — Покажи, как это выглядит.

Он стал смотреть в дьюар и так долго присматривался, что на минуту у меня возникло сомнение: «Да видел ли он когда-нибудь жидкий гелий?»

— Ничего не вижу, — сознался он, немного сконфузившись. — Объясните мне: где здесь гелий? Все говорят «визуальное наблюдение», а на самом деле ни черта не видно.

Качая, болтая и колыхая дьюар, ему показали гелий, стакан и снова гелий, зачерпнутый в этот стакан. Потом поворачивали прибор и показали, как выглядит мениск.

— Ты наблюдаешь что-то не то, — заключил Дау. — Это, наверное, какие-то нестационарности режима вращения.

— Да что вы, Дау, помилуйте! Вы же видите, что прибор вращается идеально! — взмолился я.

— Ну хоть чем-то должен мениск гелия-II отличаться от мениска обыкновенной жидкости?

— Он и отличается: при больших скоростях у него

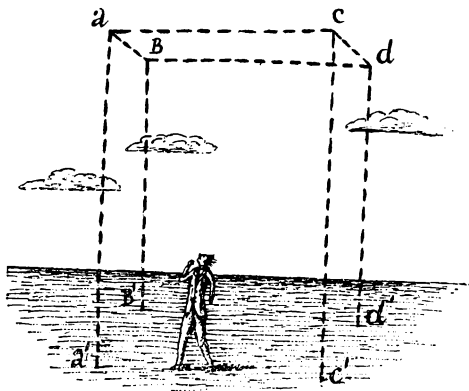
на верхушке параболоида образуется небольшое коническое углубление.

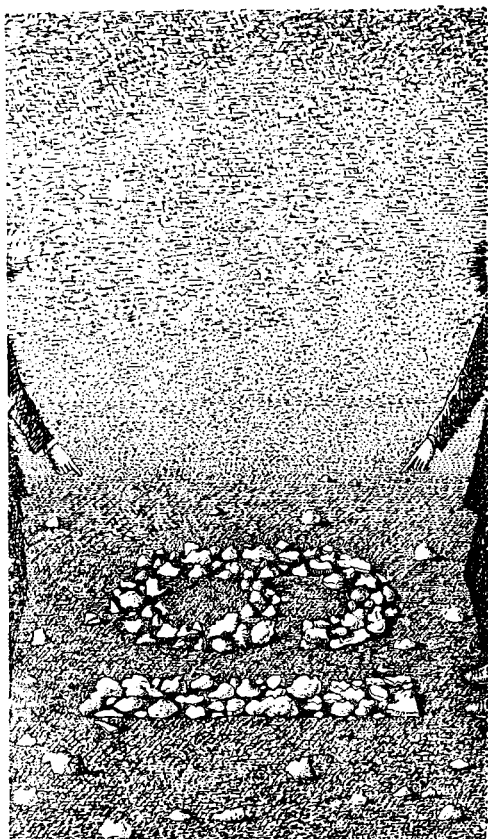
— Эге! — обрадовался Ландау. — Этим ты меня только убеждаешь в том, что наблюдаешь какие-то нестационарности. Ну посуди сам: откуда бы на параболоиде образоваться еще и конусу? Этот опыт никуда не годится, и, что главное, он ровно ни о чем не говорит. Как по-твоему, Шурочка?

Шальников подтвердил, что опыт, и правда, не годится.

Через четыре года тот же Дау встретит меня в коридоре института и бросит фразу: «А твой опыт с вращением повторил в Кембридже некто Осборн и, представь себе, получил такие же результаты, хотя я продолжаю не верить им».

Еще через три года он и Лифшиц напишут статью, в которой они постараются построить теорию вращения гелия-II на основе поруганных ими экспериментов. Но будет поздно: теория будет уже построена Фейнманом...





ОБ ОТКРЫТИЯХ —
ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫХ И НЕПОВТОРИМЫХ
ГЮНТЕР СТЕНТ

БЕЛЬБЕРДИНСКОЕ СТОЛПОТВОРЕНИЕ
ЭРВИН ЧАРГАФФ

ДЖЕЙМС УОТСОН:
"ВРЕМЯ ПРОСТОТЫ НЕ НАСТАНЕТ НИКОГДА"

ДВОЙНАЯ СПИРАЛЬ:
КАК ЭТО СЕЙЧАС МНЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ
ФРЭНСИС КРИК

АЛЕКСАНДР РИЧ: "МОЯ ЦЕЛЬ —
УЗНАТЬ ВО ВСЕХ ДЕТАЛЯХ,
КАК РАБОТАЮТ
БИОЛОГИЧЕСКИЕ
МОЛЕКУЛЫ"

ОБ ОТКРЫТИЯХ — ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫХ И НЕПОВТОРИМЫХ

Гюнтер Стент

Автор этой статьи — Гюнтер Стент, молекулярный биолог. Он родился в 1924 г. в Берлине, окончил Иллинойсский университет (США), работал в Пастеровском институте в Париже, в Калифорнийском университете в Беркли. Стент сосредоточил свои интересы на работе генетического аппарата. Постепенно он все больше внимания стал уделять проблемам истории и философии науки. Его статьи в газетах и журналах приобрели популярность, его выступления в журнале «Scientific American» не раз служили поводом для оживленных дискуссий. Кстати, именно из этого журнала переведена статья, вошедшая в данный сборник.

Немало толков вызвала книга Г. Стента «Грядущий золотой век» (1969), в которой он объявляет, что молекулярная биология как наука кончилась. То есть все фундаментальные открытия в ней сделаны, осталось лишь малое — доделки и практические приложения. Но молекулярная биология ответила на этот вызов. Немногом временем спустя была открыта обратная транскрипция, разрушившая одну из догм этой науки; научились читать генетические тексты; искусственным химическим путем стали синтезировать фрагменты ДНК; овладели искусством кроить и перекраивать молекулы наследственности.

Этот «взрыв» новых методик сразу же привел к фундаментальным открытиям. Мы узнали много неожиданного об устройстве генов — оказалось, что они бывают мозаичными, прыгающими, перекрывающимися. Обнаружилось новое свойство РНК — быть самой себе ферментом и так далее и тому подобное. И конца этому потоку открытий не видно.

А ведь Стент так убедительно доказывал, что неизведанное кончилось! Но это, пожалуй, говорит как раз о неординарности его личности. У экстраординарных людей и ошибки экстраординарные.

Размышляя об истории молекулярной генетики, я пришел к выводу, что два самых знаменитых ее эпизода — открытие О. Эвери ведущей роли ДНК в трансформации бактерий и открытие Дж. Уотсоном и Ф. Криком двуспиральной структуры ДНК — иллюстрируют две проблемы общего характера. Судьба Эвери проливает свет на вопрос, есть ли смысл в утверждении, будто то или иное открытие «опредило свое время». А пример Уотсона и Крика позволяет порассуждать о том, насколько уникально и неповторимо любое научное открытие.

Некоторое время назад я опубликовал краткий очерк молекулярной генетики, уделив особое внимание ее истокам. В этом историческом обзоре я не упомянул ни Эвери, ни его открытия. После выхода книги издатель получил письмо от одного микробиолога, который писал: «Нужно считать обидным и непонятным пробелом то, что Стент не упоминает о решающем доказательстве роли ДНК как основного вещества наследственности, полученном О. Эвери, К. Маклеодом и М. Маккарти. Все развитие молекулярной генетики основывается на этом экспериментальном доказательстве... Я достаточно стар, чтобы помнить, какое волнение и энтузиазм вызвала публикация статьи Эвери, Маклеода и Маккарти. Прекрасный бактериолог, Эвери был скромным, тихим и не любил шумихи. Но эти черты характера не должны заставить научный мир забыть это замечательное имя».

Я был захвачен этим письмом врасплох и написал в ответ, что мне, конечно, следовало упомянуть об этом открытии, сделанном в 1944 г. Однако, поразмыслив, я добавил, что неверно думать, будто все развитие молекулярной генетики основывается на этом доказательстве. На самом деле оно на протяжении многих лет почти не оказывало влияние на генетиков. Причиной было то, что работы Эвери оказались преждевременными.

Я не хочу сказать, что открытие осталось незамеченным или вызвало недоверие. Мне кажется, что генетики просто не знали, что с ним делать и как его исполь-

зовать. И поэтому в сороковые годы открытие Эвери не оказало буквально никакого влияния на развитие генетики.

Можно ли указать критерий для оценки преждевременности открытия, кроме утверждения, что оно не повлияло на развитие науки? Да, такой критерий существует. Открытие преждевременно, если оно не увязывается с существующими уже общепринятыми представлениями.

Этот критерий вполне применим к работе Эвери.

С тех пор как Ф. Мишер открыл ДНК в клеточном ядре (1869 г.), предполагалось, что ДНК играет какую-то роль в генетических процессах. Это подозрение усилилось, когда в тридцатых годах нашего века обнаружили, что ДНК — основной компонент хромосом. Однако тогдашние знания о молекулярном строении ДНК не позволяли представить, как она может служить носителем генетической информации. Считалось, что ДНК — это однообразная макромолекула, в которой правильно чередуются четыре нуклеотида и которая имеет, как и другие монотонные полимеры (например, крахмал или целлюлоза), всегда одинаковое строение — независимо от своего происхождения. Постоянному присутствию ДНК в хромосомах находили чисто структурное или физиологическое истолкование. А информационная роль гена приписывалась белку хромосом, поскольку с самого начала века было известно, что между различными белками в одном и том же организме или между аналогичными белками в разных организмах существуют большие различия. Это обстоятельство не ускользнуло от Эвери. Он писал: «Если результаты настоящего исследования трансформирующего начала подтвердятся, то нуклеиновые кислоты следует рассматривать как обладающие биологической специфичностью, химическая основа которой остается пока неизвестной».

Однако к 1950 г. представления о монотонности строения ДНК были отброшены в значительной мере благодаря работам Э. Чаргаффа. Чаргафф показал, что четыре нуклеотида не обязательно присутствуют в ДНК в равных количествах. Он обнаружил, далее, что точный нуклеотидный состав ДНК зависит от ее биологического источника. Поэтому, когда два года спустя, в 1952 г., А. Херши и М. Чейз показали, что при заражении бактерии вирусом по меньшей мере 80% ви-

русной ДНК попадает в клетку и по меньшей мере 80% вирусного белка остается вне ее, уже существовала возможность увязать с накопленными знаниями их вывод о том, что ДНК является веществом наследственности. Незвестную химическую основу биологической специфичности, о которой писал Эвери, стали рассматривать как последовательность нуклеотидов в полинуклеотидной цепи. Воздействие эксперимента Херши—Чейз на науку было немедленным и драматическим. ДНК внезапно оказалась в центре внимания, а белок, поскольку дело касалось природы гена, отступил на второй план. Уже спустя несколько месяцев были высказаны первые предположения о генетическом коде, и Уотсон с Криком вдохновились на поиски структуры ДНК.

Конечно, открытие Эвери — лишь одно из многих преждевременных открытий в истории науки. Я рассказал о нем в основном из-за того, что сам не сумел его оценить, когда в 1948 г. начал работать в Калифорнийском технологическом институте у Макса Дельбрюка в группе бактериальных вирусов. Я не раз задумывался над тем, каким бы оказался мой дальнейший путь в науке, если бы я проявил достаточную проницательность, оценил работу Эвери и за четыре года до Херши и Чейз сделал бы вывод, что ДНК должна быть наследственным веществом и в нашем объекте экспериментов...

Вероятно, самый знаменитый пример опережения своего времени связан в биологии с именем Грегора Менделя, чье открытие гена в 1865 г. должно было ждать 35 лет, чтобы быть «заново открытым» на рубеже нынешнего века. Можно отметить, что открытие Менделя не оказало немедленного влияния на развитие науки, потому что концепция дискретных единиц наследственности не увязывалась с каноническими познаниями в области анатомии и физиологии, существовавшими в середине XIX в. Кроме того, статистический метод, с помощью которого Мендель оценивал результаты своих экспериментов с горошком, был совершенно чужд мышлению биологов того времени. Однако к концу XIX в. были открыты хромосомы и процесс их деления — митоз и мейоз; теперь результаты Менделя могли быть объяснены с помощью картин, видимых в микроскоп. Кроме того, применение статистики в биологии стало к тому времени общепринятым.

Тем не менее пример с открытием Эвери в некоторых отношениях более ярок, чем с открытием Менделя. О работе Менделя до ее «переоткрытия» почти никто не упоминал, а доказательства Эвери широко обсуждались и все равно не были оценены по достоинству на протяжении последующих восьми лет.

Случаи позднего признания известны и в физике. Один пример — это М. Полани. В 1914—1916 гг. он опубликовал теорию адсорбции газов на твердых телах, согласно которой сила, притягивающая молекулу газа к поверхности твердого тела, зависит только от положения молекулы, а не от присутствия других молекул в силовом поле. Несмотря на то что Полани сумел привести веские экспериментальные доказательства, его теория была отвергнута. И не только отвергнута. Ведущие авторитеты сочли ее столь смехотворной, что, продолжай Полани защищать ее, настал бы конец его профессиональной карьере — по крайней мере, так полагает сам Полани. Спасло ученого только то, что он опубликовал работы, содержавшие более приемлемые для того времени идеи.

Причину всеобщего недоверия к работам Полани можно понять. Именно в этот момент была выявлена роль электрических сил в архитектуре вещества. Ни у кого не было сомнений, что в адсорбции газов тоже должно наблюдаться электрическое притяжение между молекулами газа и твердой поверхностью. Но такую точку зрения нельзя было примирить с основным положением Полани о взаимной независимости отдельных молекул газа в процессах адсорбции. И только в 30-х годах, когда получила развитие новая теория межмолекулярных сил, основанная не на электростатическом притяжении, а на квантовомеханическом резонансе, стало возможным говорить о таком поведении молекул газа, которое наблюдал в экспериментах Полани. Но к этому времени его теория была столь решительно отправлена в мусорный ящик бредовых идей, что ее «переоткрытие» состоялось лишь в 50-х годах.

Можно ли объяснить недооценку современниками некоторых открытий иными причинами, а не их преждевременностью? Полагаю, что нет. Но вот мой критик-микробиолог считает, что причиной недооценки вклада Эвери в науку был характер ученого — скромный, спокойный, чуждый шумихе. Чаргафф в своем

очерке истории исследования нуклеиновых кислот поддерживает мысль о том, что недооценка открытия современниками объясняется личной скромностью и отворачиванием ученых к саморекламе. 75-летний разрыв между открытием ДНК Ф. Мишером и всеобщим признанием важности этого открытия он приписывает тому, что Мишер был одним из незаметных ученых, жившим в то время, когда «еще не заработала гигантская машина прессы, которая сегодня громкими фанфарами извещает мир даже о самом незначительном ходе науки на шахматной доске природы». А 35-летний срок, потребовавшийся для признания открытия Менделя, часто объясняют тем обстоятельством, что Мендель был скромным монахом захолустного монастыря в Моравии. Таким образом, отсутствие рекламы выдвигается как альтернатива преждевременности открытия. На мой взгляд, это неуместно и неправильно.

Но важнее другое. Применимо ли понятие преждевременности только к ретроспективным суждениям? Нет, я полагаю, что оно может быть полезным и при оценке событий настоящего времени. Понятие о преждевременности научной идеи может быть применено и к шумным дискуссиям, посвященным ЭСП (extra-sensory perception — сверхчувственному восприятию). Летом 1948 г. я присутствовал при горячем споре в Колд Спринг Харборе между двумя будущими китами молекулярной биологии — С. Лурия и Р. Робертсом. Робертс тогда интересовался ЭСП и считал, что ученый мир не уделяет этой проблеме должного внимания. Насколько я помню, он полагал, что можно поставить эксперименты с молекулярными пучками, которые дадут более определенные результаты, чем широко применявшиеся тогда методики Дж. Райна с угадыванием карт. Лурия же заявил, что его не только не интересуют предлагаемые Робертсом эксперименты, но что он считает обсуждение такой чепухи вообще недостойным человека, называющего себя ученым. «Как можно всерьез говорить о явлениях, несовместимых с самыми элементарными физическими законами? — вопрошал он. — ЭСП доступно лишь отдельным людям, а значит, вообще лежит вне науки, которая должна иметь дело с явлениями, доступными любому наблюдателю».

Робертс отвечал, что это Лурия ведет себя недостойно ученого, проявляя предвзятое отношение к непоп-

ным фактам. То, что не каждый человек обладает сверхчувственным восприятием, может означать, что ЭСП подобно музыкальному таланту, который есть тоже не у всех. А если какое-то явление кажется несовместимым с тем, что мы знаем сегодня, то это еще не причина того, чтобы закрывать на него глаза. Наоборот, долг ученого — попытаться придумать эксперимент, который покажет, действительно ли существует это явление.

Мне казалось тогда, что правы оба, и впоследствии я не раз задумывался об этом удивительном споре, но никак не мог прийти к какому-нибудь определенному мнению. Наконец мне попала рецензия на одну книгу об ЭСП, написанная моим коллегой из Беркли С. Черчменом, и я подумал, что нашел путь к ответу.

Черчмен писал, что возможны три научных подхода к ЭСП. Первый состоит в том, что истинность или ложность ЭСП, как истинность или ложность существования бога или бессмертия души, не могут быть подтверждены или опровергнуты с помощью эмпирических наук.

Таким образом, проблема ЭСП признается несуществующей. По-моему, это более или менее совпадает с позицией Лурия.

Второй подход состоит в том, чтобы перевести явления ЭСП на язык современных научных понятий — таких, как подсознательное восприятие или сознательное мошенничество. Таким путем проблема ЭСП признается вполне тривиальной. Вероятно, этот подход тоже был бы приемлемым для Лурия, но не для Робертса.

Наконец, третий подход заключается в том, чтобы принять идею ЭСП буквально и попытаться с полной серьезностью изучить все данные, на которых она основана. Это более или менее соответствует позиции Робертса. Однако, как указывает Черчмен, мало вероятно, чтобы этот подход принес удовлетворительные результаты. Парапсихологи могут с некоторым основанием настаивать на том, что существование ЭСП уже полностью доказано, поскольку ни один другой комплекс гипотез в психологии не был подвергнут такому строгому критическому рассмотрению, как эксперименты с ЭСП. Более того, многие другие явления были признаны существующими на основе куда более скудных статистических данных, чем те, что при-

водятся в доказательство ЭСП. Черчмен считает, что подход к ЭСП с точки зрения его доказуемости лишен смысла, так как за неимением сведений о том, как происходит ЭСП, невозможно определить, какие наблюдаемые факты объясняются только с помощью ЭСП, а какие свидетельствуют против него.

Прочитав рецензию Черчмена, я понял, что Робертсу не следовало бы проводить свои эксперименты с ЭСП — и не потому, что, как считал Лурия, это не было бы наукой. Дело в том, что любые позитивные данные, какие удалось бы получить в пользу ЭСП, были бы тогда, да и сейчас, преждевременными. Другими словами, пока не окажется возможным увязать ЭСП с каноническими познаниями, скажем, в области электромагнитной теории или нейрофизиологии, никакое доказательство этого явления не может получить признания.

Можно ли приписать такую недооценку преждевременных открытий лишь интеллектуальной близорукости и внутреннему консерватизму ученых, которые, будь они чуть более восприимчивыми и непредубежденными, немедленно признали бы и оценили любое хорошо аргументированное научное предположение? Полани, например, отвечает на этот вопрос отрицательно. Размышляя о печальной судьбе своей теории полвека спустя после того, как она была выдвинута, он пишет: «Эти выкидыши научного метода неизбежны... В каждый данный момент должна существовать общепринятая научная точка зрения на природу вещей, в свете которой члены научного сообщества ведут свои исследования. Должна существовать сильная презумпция того, что всякие противоречащие этой точке зрения данные неверны. Такими данными приходится пренебрегать, даже если это нельзя обосновать, в расчете на то, что они по истечении некоторого времени окажутся ложными».

Такое представление о характере научной деятельности несколько отличается от общепринятого, согласно которому как будто полагаются любой ценой избегать суждений, основанных на авторитетах. Считается, что хороший ученый должен быть непредубежденным человеком, готовым принять любую идею, основанную на фактах. Однако история науки показывает, что ученые далеко не всегда действуют согласно с этим представлением.

Э. Чаргафф написал одну из многих рецензий на «Двойную спираль» — автобиографическую повесть Уотсона о том, как они с Криком открыли структуру ДНК.

В своей рецензии Чаргафф отмечал, что научные автобиографии — это «самый трудный и неблагодарный литературный жанр». Большинство их, говорит он, «производит впечатление написанных специально для отделов уцененных книг, куда они и попадают чуть ли не раньше, чем выходят в свет». Причин этому, согласно Чаргаффу, не нужно долго искать; ученые «ведут монотонную, лишенную событий жизнь... и, кроме того, часто не умеют писать». «Могут существовать и более глубокие причины банальности, отличающей большинство научных автобиографий. Если бы не существовали Шекспир и Пикассо, не был бы написан „Тимон Афинский“ и созданы „Авиньонские девицы“. Но о многих ли научных достижениях можно это сказать? Кажется, что, за очень редкими исключениями, не люди делают науку, а паука делает людей. Что А делает сегодня, то Б, В или Г паверняка могут сделать завтра».

Читая рецензию, я обнаружил, что целиком согласен с автором по поводу общей литературной беспомощности людей науки. Однако до тех пор мне и в голову не приходило, что кто-то может иметь такие противоречивые и, на мой взгляд, явно ложные представления о двух важнейших областях человеческого творчества — науке и искусстве. Я начал расспрашивать своих знакомых ученых, считают ли они, что существует важная качественная разница между достижениями искусства и науки и что первые уникальны, а вторые вполне повторимы. К моему еще большему удивлению, я убедился, что большинство из них согласны с Чаргаффом. Да, говорили они, все это так: мы не имели бы «Тимона Афинского» или «Авиньонских девиц», если бы не существовало Шекспира и Пикассо, а если бы не существовало Уотсона и Крика, мы бы все равно узнали структуру ДНК. Таким образом, вопреки моему первому впечатлению оказалось, что ошибочность изложенных Чаргаффом представлений не столь уж очевидна и с философской и с исторической точек зрения. Поэтому я в дальнейшем изложении попробую достаточно ясно показать, что между достижениями искусства и науки — в смысле их уни-

кальности — не существует такой уж глубокой разницы.

Прежде всего здесь следует ясно определить, что означает «искусство» и «наука». Понимание этих слов основывается на той точке зрения, что и искусство и наука — это деятельность, имеющая целью познание истины о мире и сообщение этой истины другим. Таким образом, главное содержание и искусства и науки составляют передача информации и восприятие ее смысла. Идет ли речь о художнике или об ученом, для обоих творческий акт состоит в том, чтобы высказать что-то новое, осмысленное о мире, что-то добавить к уже накопленному капиталу нашего «культурного наследия».

Теперь рассмотрим утверждение о том, что только Шекспир мог бы создать семантические структуры, из которых складывается «Тимон», в то время как кто-то другой, не Уотсон и не Крик, мог бы сделать сообщение, опубликованное ими весной 1953 г. в «Nature» под названием «Структура дезоксирибонуклеиновой кислоты».

Во-первых, очевидно, что именно та последовательность слов, которую Уотсон и Крик послали в «Nature», не могла бы быть создана, если бы не существовали ее авторы, — точно так же, как последовательность слов, образующая «Тимона», не была бы написана без Шекспира, по крайней мере до тех пор, пока не кончат свой труд обезьяны, печатающие на машинках (есть и такая остроумная идея) случайные последовательности букв в Британском музее. Поэтому оба произведения с этой точки зрения совершенно уникальны.

Однако нас интересует на самом деле не точная последовательность слов. Нас интересует их содержание. Можно допустить, что кто-нибудь еще, кроме Уотсона и Крика, мог бы со временем предложить удовлетворительную структуру ДНК. Но тогда уж и образ Тимона, и история его злоключений не только могли бы быть написаны без Шекспира, но и на самом деле были написаны без него. Шекспир просто переработал историю Тимона, которую прочитал в составленном В. Пэнтером сборнике классических историй «Дворец наслаждений». Сам Пэнтер, в свою очередь, использовал в качестве источников Плутарха и Лукиана.

Но ведь нас интересует не сама история Тимона: гораздо важнее то глубокое проникновение в челове-

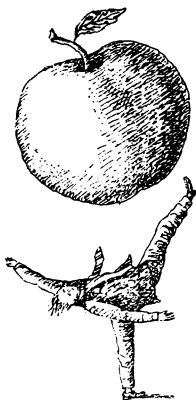
ческие чувства, которое мы находим в пьесе Шекспира. Шекспир показывает, как человека преобразуют несчастья, как он переходит от беспечного существования к страстной ненависти к людям. Но можно ли с уверенностью сказать, что эта голая идея делает «Тимона» уникальным? Нет. Кто осмелится утверждать, что, если бы не было Шекспира, ни один другой драматург не дал бы нам образца такого же глубокого проникновения в человеческие страсти? Конечно, другой драматург воспользовался бы совершенно иным сюжетом (как сделал и сам Шекспир в своем гораздо более удачном «Короле Лире») и у него могло бы получиться не хуже. Единственная причина, по которой этого не произошло, заключается в том, что Шекспир уже проделал это в 1607 году. Точно так же никто не открыл структуру ДНК потому, что Уотсон и Крик уже открыли ее в 1953 году.

Таким образом, нам остается утверждать, что «Тимон» является уникальным созданием Шекспира потому, что ни один другой драматург, даже если бы он и проявил примерно такое же понимание человеческой души, не сделал бы этого в точности так же, как это сделал Шекспир. Но здесь не нужно обижать Уотсона и Крика, предполагая, будто те, другие люди, которые со временем открыли бы структуру ДНК, открыли бы ее точно таким же образом и оказали бы такое же революционизирующее воздействие на современную биологию.

Будучи знаком с теми, кто пытался раскрыть структуру ДНК, я утверждаю, что если бы не существовало Уотсона и Крика, то прозрения, которые они подарили науке внезапно, появлялись бы постепенно, на протяжении многих месяцев или даже лет. Возможно, д-р Б догадался бы, что ДНК представляет собой двухтяжевую спираль; потом д-р В мог бы обнаружить водородные связи между тяжами. Позже д-р Г мог бы предположить комплементарное соединение пуринов и пиримидинов, а д-р Д в следующей публикации предложил бы специфические пары нуклеотидов: аденин—тимин и гуанин—цитозин. И все это время доктора Е, Ж, З и И путали бы все дело, публикуя неправильные структуры и ошибочные предположения.

Что же касается меня, то я целиком поддерживаю мнение, высказанное Питером Медаваром в его рецензии на «Двойную спираль»: «Выдающейся особенностью

этого открытия была его полнота, его окончательность. Если бы мы видели, как Уотсон и Крик бьются в поисках ответа, если бы они опубликовали отчасти правильное решение и потом дополняли бы его исправлениями и новыми толкованиями, частично принадлежащими другим ученым, если бы решение появлялось по кусочкам, а не в сиянии прозрения,— это все равно был бы великий эпизод в истории биологии, но эпизод более обычный: нечто сделанное великолепно, но не в столь романтической манере...»



БЕЛИБЕРДИНСКОЕ СТОЛПОТВОРЕНИЕ

Эрвин
ЧАРГАФФ

Э. Чаргафф, классик биохимии, как-то назвал себя последним из вымершей породы естествоиспытателей. Он родился в 1905 г. в г. Черновцы, окончил Венский университет, работал в Берлине, Париже, с 1935 г. живет в США и работает в Колумбийском университете. Его интересы сосредоточены на химии нуклеиновых кислот, в 1950 г. он установил знаменитые «правила Чаргаффа» — закономерности, определяющие соотношения пуриновых и пиримидиновых оснований в молекулах ДНК и РНК, синтезируемых живыми организмами...

В этой короткой биографической справке нет одного — необычайной личности самого Чаргаффа. Брюзга и блестящий полемист; консерватор и автор революционного открытия; пурист, страстно борющийся за чистоту и высшую мораль науки, и критик, необъективный к тем членам научного сообщества, которые делают науку не так, как ему привычно. Он призывает к скромности, отрицает рекламу, но его публицистические выступления и статьи привлекают всеобщее внимание, и не только ученых. Это ли не реклама? Впрочем, хватит. Лучше обратиться к самому Чаргаффу, ибо никакое описание его личности не скажет о нем столько, сколько говорит о нем каждое, даже небольшое, его сочинение.

I

«Две недели спустя,— пишет Уотсон в своей книге „Двойная спираль“,— мы с Чаргаффом скользнули взглядом друг по другу в Париже, на Международном биохимическом конгрессе. Мы встретились во дворе...

Сорбонны, и только едва заметная сардоническая усмешка показала, что Чаргафф меня узнал».

Поскольку у меня в памяти удерживаются, к сожалению, лишь всякие пустяки, я действительно припоминаю встречу на биохимическом конгрессе 1952 года и неуклюжего молодого человека. Правда, мое настроение в тот момент вряд ли можно было назвать сардоническим: просто я разыскивал уборную, но какую бы дверь ни открывал, обязательно оказывался в какой-нибудь аудитории, всякий раз украшенной одним и тем же большим портретом кардинала Ришелье.

Когда в «Двойной спирали» заходит речь обо мне, то автор обычно употребляет эпитеты «саркастический» или «сардонический». На самом же деле после первой встречи в Кембридже с этой парой энтузиастов ко мне больше подошло бы определение «озадаченный»: я действительно был озадачен при виде двух человек, которые пытаются уложить нуклеотиды в спираль и рассуждают о ее шаге (двойной эта спираль стала, кажется, только после того, как я рассказал им о наших результатах), не потрудившись узнать строение соединений, из которых эта спираль должна состоять. Ужас, в который привела меня такая безграничная отвага, поймет лишь тот, кто припомнит, что в то время молекулярной биологии еще не существовало. Это сейчас в науке принято считать, что выходить за пределы своей специальности и своей компетенции полезно, и многим удается проглотить больше, чем они откусили. А тогдашнее мое отношение к этой затее правильнее было бы назвать «лаконическим», потому что, уезжая из Кембриджа, я записал для памяти: «Два бродячих торговца в поисках спирали».

II

Однако здесь я не хочу писать о книге Уотсона — это я в свое время уже сделал. Мне хотелось бы сказать несколько слов о том, каково было заниматься наукой, особенно нуклеиновыми кислотами, в те доисторические времена (до эры Уотсона—Крика), когда еще не дошло дело до откровений, преподносимых наподобие нагорной проповеди, когда «невидимые коллективы» еще не начали играть неприглядную роль замкнутых гильдий, сдерживающих прогресс, и когда журнал

«Nature» еще не печатал бойких научных фельетонов. Кроме того, я хотел бы добавить несколько слов о том, что я думаю о нынешнем положении дел.

Никто из тех, кто вошел в науку за последние десятилетия, не может себе представить, какими скромными масштабами отличалось тогда сообщество ученых. Отбору способствовало нечто вроде добровольного обета бедности, который должен был принести каждый вступающий в это сообщество. Если не считать прикладных лабораторий, игравших большую роль лишь в некоторых отраслях науки (например, в химии), то только в университетах существовали исследовательские должности, да и тех было очень мало, а оплачивались они плохо. Один из моих прежних руководителей уверял меня, что для него достаточным вознаграждением служила сама возможность вести исследования по своему усмотрению. (Впрочем, он имел еще и вполне приличный посторонний источник дохода.)

Наука — или, во всяком случае, та ее часть, которую я знаю, — была скромной; она была дешевой; она была открытой. Тогда еще можно было ставить эксперименты в прежнем смысле этого слова. Сейчас все трудятся над «проектами», результат которых должен быть известен заранее, иначе не удастся отчитаться в непомерных ассигнованиях, которых требуют эти проекты. А статьи пишутся тем не менее по-старому, как будто открытия, о которых в них говорится, были результатом поисков.

В промежуток между двумя мировыми войнами было сделано очень много важных научных открытий. Их поток продолжался и даже усиливался в Соединенных Штатах примерно до 1950—1955 гг., а потом заметно ослабел — почти в обратной пропорции к числу новых работников, приходящих в науку. Я знаю не так уж много столь разительных примеров диалектического перехода количества в качество.

Поскольку в то время научные эксперименты обходились сравнительно дешево, всегда было заманчиво устремиться в какую-нибудь новую область. Риск был минимальным, результаты, к сожалению, — иногда тоже. Но путь к ним всегда был радостным. С тех пор благодаря нескольким могучим техническим достижениям положение изменилось. Применение изотопных меток привело к развитию целой отрасли про-

мышленности, продукция которой становилась все дороже по мере того, как росло разнообразие меченых соединений и снижались требования к их чистоте. Мощные центрифуги и другое оборудование в огромной степени расширили пределы возможного, но в еще большей степени удорожили достижение этих пределов. Появились и такие новые методики, например хроматография, электрофорез и спектрофотометрия, которые принесли больше пользы, чем вреда. И все-таки, по грубым подсчетам, нынешняя моя научная статья обходится раз в 20—25 дороже, чем такая же статья, подготовленная 35 лет назад (если вообще возможны такие сравнения). Мне могут возразить, что подобные подсчеты бессмысленны: чтобы обрести еще одну оперу Моцарта, мы бы ничего не пожалели. Однако это возражение легко отвести, поскольку никто из нас опер Моцарта не пишет.

III

Малочисленность научных работников в те времена имела и другие последствия. Было сравнительно легко открывать новые области деятельности и возделывать их: никто не опасался, что его немедленно ограбят, как это почти неминуемо происходит сейчас. Симпозиумов тогда созывалось сравнительно немного, а их участники не представляли собой полчища голодной саранчи, жаждущей новых областей, куда можно еще вторгнуться. Библиографические списки составлялись сравнительно честно, в то время как сейчас целые блоки ссылок перетаскиваются путем своеобразной транзакции из одной статьи в другую, так что если на какую-то работу перестают ссылаться, то уж навсегда. Такой разрыв преемственности традиций — вероятно, одно из самых разрушительных последствий массовости научного сообщества, в котором мы живем сейчас.

«Что ново — то истинно» — эта иллюзия исказила сам смысл научного исследования. Стремление быть постоянно «на гребне волны» несовместимо с поисками истины о природе, а эти поиски и есть наука; когда говорят: «Теперь это уже не истина», истины нет вообще. Несколько лет назад я слышал, как один мой видный коллега объявил на научном съезде: «Результаты, о которых я докладывал в прошлом году, были основаны на фактах, которые теперь не имеют места».

Такая форма отречения прилась бы очень кстати Галилею и не вызвала бы возражений у инквизиции. Наша нынешняя литература до краев полна фактами, но я боюсь, что многие из них уже «не имеют места». И если хваленое самоочищение науки теперь прекратилось, то это только отчасти вызвано все возрастающей сложностью все хуже излагаемых экспериментов. В гораздо большей степени это результат той атмосферы спешки и гонки, в которой сейчас часто ведутся исследования: в «чаду безумств, балов и баловства» (Байрон. «Дон Жуан»).

Беглый набросок золотого века науки, которого никогда не было, я закончу еще двумя штрихами. Поскольку ученых было немного, молодому научному работнику было легко заработать себе репутацию. Две-три приличные статьи — и он уже был свой.

Наши тогдашние научные знания были ограничены — мы еще не были оглушены многократными мощными взрывами фактов (из которых немало до крайности тривиальных); благодаря этому можно было понять основы одного или даже нескольких разделов науки. Это буколическое время, кажется, кончилось; все мы уже не плывем, а отдаемся течению. Или, если выражаться не столь метафорично, наука, как и любой другой вид деятельности, не может процветать, если занимающиеся ею имеют возможность знать все меньшую и меньшую часть того, что им следовало бы знать. И даже если сделать скидку на нынешние трудности приобретения необходимых знаний, я должен сказать, что меня ставит в тупик крайняя нелюбовь к химии и неведение ее, которые я часто встречаю среди молекулярных биологов. Химия — это наука о веществах; и поскольку молекулярная биология изучает вещества, а не торгует ими, как предметами потребления, постольку хорошее знание химии ей необходимо.

IV

Мне было бы очень жаль, если бы создалось впечатление, будто я пытаюсь нарисовать идиллическую картину доброго старого времени. Я вырос в жестокие времена, и чем дальше, тем становилось хуже. Я уже писал как-то, что меня удивляет, как это в такое скверное время появилось так много хорошей науки; пожалуй, это единственная область деятельности че-

ловеческого разума, которая до последнего времени была на подъеме. Тем не менее не следует удивляться, что в насквозь прогнившем обществе даже от свя-тых слегка пахнет гнильцой.

Одно из главных несчастий моего времени — манипулирование человечеством с помощью рекламы. В области науки эта злая сила долгое время не проявляла себя — может быть, из-за того, что у растущего капитализма и молодого империализма были другие заботы, а может быть, благодаря тому, что ученые в силу своей малочисленности ухитрялись оставаться невредимыми, спрятавшись в щелях общества, которое тогда еще почти не обращало на них внимания... Однако к тому времени, когда появилась на свет молекулярная биология, все механизмы рекламы были готовы к бою. И вот тут-то сатурналия и разыгралась в полную силу.

V

Я не хотел бы, чтобы у читателей создалось впечатление, будто молекулярная биология началась с двойной спирали... Ее родословная, вероятно, восходит к открытию трансформирующих свойств ДНК и началу изучения бактериофагов. По моему мнению, вряд ли стоило создавать новую науку, которая состоит, в сущности, в приложении к биологии химических и отчасти физических методов: для этого существуют биохимия и биофизика.

Я прекрасно помню ощущение, которое испытал, увидев в «Nature» те две первые статьи о ДНК. Их тон был явно необычным — в нем было что-то высокомерное, что-то от оракула или даже от десяти заповедей. Все трудности, например, даже сейчас не очень понятный механизм расплетания гигантских двуспиральных структур в условиях живой клетки, просто отбрасывались с той самоуверенностью, которая позднее так ярко проявилась в нашей научной литературе. Это был тот самый дух, который вскоре принес нам «центральную догму», против чего я выступил, по моему, первым, потому что никогда не любил наставников-гуру, пусть даже и с докторским дипломом. Я увидел в этом первые ростки чего-то нового — какой-то нормативной биологии, которая повелевает природе вести себя в соответствии с нашими моделями.

Структурная модель, предложенная для ДНК в пер-

вой статье,— двойная спираль, нити которой связаны парными основаниями,— представлялась мне не только самым изящным решением с эстетической точки зрения; это был и наиболее вероятный вывод из закономерностей спаривания оснований, ранее обнаруженных мной во многих препаратах ДНК. В значительно меньшей степени я был согласен со схемой репликации ДНК, предложенной во второй статье. Даже сейчас я не могу сказать, что совершенно с ней примирился: механизм синтеза ДНК *in vivo* все еще мне неясен.

Я не знаю, как обстояло дело в 1865 г., когда Кекуле предложил перевернувшую всю органическую химию структурную модель бензола: были ли тогда выпущены галстуки, украшенные веселепскими шестигольниками? Вряд ли, потому что тогда еще не наступило время массового оглупления, а искусство рекламы было еще в пеленках. Во всяком случае, рекламная свистопляска, которая последовала за обнародованием модели ДНК, вероятно, не имеет себе подобных в истории науки.

VI

Научная индукция, по сути дела, представляет собой параллелограмм сил — рациональной и иррациональной. Вот почему Наука во многих отношениях не столько наука, сколько искусство. Поэтому невозможно переоценить роль, которую играют в научном исследовании воображение, непредвиденные выводы, основанные на неожиданных аналогиях. Если все можно предсказать заранее, то на нашу долю остается только безрадостная проверка. Чем больше мы полагаемся на аксиоматические построения, на предписанные модели, тем больше ограничивается свобода научного интеллекта и тем меньше нового может быть обнаружено. Боюсь, что именно в таких условиях работает сейчас в значительной своей части молекулярная биология.

Исследователь постоянно рискует переоценить истинность своих наблюдений, оставляя еще меньше места для диалектики. Для меня же научная истина складывается из всего того, что пока еще не опровергнуто,— в лучшем случае это плотная мозаика приближений. Поэтому преследование имеет гораздо большую ценность, чем сама добыча, или, если выра-

жаться мягче, путь к цели исследования важнее самой цели. Не значит ли это, что я предлагаю считать покровителем ученых Сизифа? Вообще говоря, нет. Самым трагичным в судьбе этого мифологического героя было то, что он всегда вкатывал в гору и упускал один и тот же камень; по-моему, это как раз то, чем занимаются сейчас многие молекулярные биологи.

Статьи, публикуемые в этой области, технически весьма грамотны. Поскольку независимо от того, какой биологический объект изучают, идут в ход одни и те же методики, результаты обычно подтверждают друг друга, и это толкуется как доказательство единства природы. Когда же появляется какое-нибудь новое оборудование или новая методика, возникает новая группа результатов, и это почитают научным прогрессом. Пелена монотонности опустилась на область науки, которая когда-то была самой живой и привлекательной из всех. Раньше каждая из биологических дисциплин имела свое характерное лицо, свою сферу интересов и этим привлекала свой определенный тип ученых. Теперь, когда я иду по лаборатории, занимаюсь ли в ней вирусами или физиологией развития, я вижу, как все сидят перед одними и теми же ультрацентрифугами или сцинтилляционными счетчиками, производя на свет все те же совпадающие кривые. Слишком мало места осталось для самого важного — для игры научного воображения. Homo ludens (человек забавляющийся) отступил перед убийственной серьезностью больших финансов.

VII

Отмеченное интеллектуальной слабостью, наше время отличается между тем необыкновенной категоричностью суждений. Многие великие построения современности — экзистенциализм, структурализм, трансформационная грамматика, центральная догма и другие принципы молекулярной биологии, превращенные в лозунги, — все они с самого начала выглядели какими-то искусственными и преувеличенными. В них был привкус чего-то не совсем честно заработанного. Как образы, которые нам показывает в своих зеркалах фокусник: зеркала затуманиваются, и видения исчезают. Многое из провозглашенного, возможно, и соответствует истине; по все это выглядит пышной упаковкой, которая занимает куда больше места, чем само содер-

жимое. Создается даже впечатление, будто само существование содержимого зависит именно от упаковки.

Тем не менее я не желал бы кончить на этой ноте. Мне хочется напомнить несколько имен. Это имена тех, кто проделал основополагающие исследования по нуклеиновым кислотам и кого я знал лично — или до, или после того, как я покинул мирное поприще, чтобы заняться суровыми проблемами химии нуклеиновых кислот. Некоторые весьма важные работы по химии пуринов и пиримидинов провел Т. Джонсон из Йельского университета, благодаря которому я впервые попал в Америку. В Берлинском университете я встречал Стейделя — когда-то он был одним из сотрудников Косселя. Александр Тодд познакомил меня с лабораториями органической химии, когда я в 1934 г. посетил Оксфорд. В Рокфеллеровском институте я часто встречал Ф. Левина, чьи работы, особенно по сахарам, входящим в состав нуклеиновых кислот, заслуживают более высокой оценки, чем они получили. В том же институте я несколько раз мельком видел великого и скромного Эвери. Еще были Галланд, Джордан и Дж. Дэвидсон, Браше и Касперссон, Боуден и Пири, Хаммарстен и Джорнс, Таннхаузер и Герхард Шмидт, Мирский и Поллистер, а в Москве — мягкий и вежливый Белозерский. В Колумбийском университете много лет работал Закариас Дитше — без его дифениламиновой реакции не могло бы быть выполнено большинство работ по ДНК. Многие из этих людей уже нет, но, к счастью, не весь этот список заупокойный. Все они работали тогда, когда исследователи еще не были столь отчуждены от предмета своих исследований, еще до того, как изучение природы стало вестись открытым способом и на первый план вышли вскрышные работы. Сейчас обитатели обреченного замка, в который превратился Дворец Науки, говорят на одном и том же языке, но не понимают друг друга.

Немногие разделяют мое мнение — и во всяком случае, не те, кто некоторое время назад поднял меня на смех в одной журнальной статье, заявив, что мой идеал ученого — это Луи Пастер в исполнении киноактера Пола Муни. Может быть, они и правы, хотя я в этом сомневаюсь. Однако что мне действительно не нравится — это когда *E. coli* выступает в роли природы. Уж слишком велика разница в таланте.

ДЖЕЙМС
Уотсон:

"ВРЕМЯ ПРОСТОТЫ НЕ НАСТАНЕТ НИКОГДА"

Знаменитый изобретатель Томас Альва Эдисон как-то сказал: «Гений — это на девяносто девять процентов труд до изнеможения и на один процент игра воображения».

Случай Дж. Уотсона как будто опровергает эти слова. Те, кто прочли его нашумевшую книжку «Девяная спираль» об истории открытия структуры ДНК, нигде не заметят, что автор с утра до ночи корпит над трудными экспериментами или же изнурительными расчетами. Напротив, он увильивает от скрупулезной микробиологической работы в Европе, для которой ему выхлопотали стипендию руководители, отправляется на конференцию в Италию, где откровенно отлынивает от заседаний и лишь выносит из доклада Мориса Уилкинза сведения о том, что ДНК очень однообразная структура. А потом почему-то едет в Англию, и здесь, вместо того чтобы погрузиться в детальные биохимические исследования, тратит время, прогуливаясь по аллеям Кембриджа с неудачником Фрэнсисом Криком. Кстати, это в адрес Крика заметил тогда известный физик Ф. Дайсон, что ему жаль способного ученого, который упустил время, занимаясь военной наукой (а разница между военной наукой и наукой вообще такая же, как между военной музыкой и музыкой), и что вряд ли выйдет путное из нового увлечения Крика биологией.

Тем не менее союз этих странных людей привел едва ли не к самому крупному открытию в истории современной науки — определению строения «атома жизни» — гена.

Я был бы не прав, если бы оставил читателя с ощущением, что великие открытия могут быть сделаны

как-то походя. И пример Уотсона при внимательном рассмотрении как раз опровергает такое представление. Просто за внешней бравадой автора «Двойной спирали» надо увидеть то, что было на самом деле. А была денная и ночная концентрация мысли на том, как же устроена ДНК. Был крайне важный контакт с химиком Джерри Донохью, в результате которого родилась идея комплементарных пар оснований аденин — тимин и гуанин — цитозин, краеугольный камень двойной спирали. Было и постоянное «подогревание» Фрэнсиса Крика в те минуты, когда тот уже не видел дальнейшего пути и терял интерес к проблеме. И была прежде всего уверенность в том, что ген — это ДНК, тогда как подавляющее большинство биологов думали, что ген — это белок.

Интервью с Уотсоном (которое состоялось в Москве в 1985 г.) только подтверждает сказанное. Чуть ли не с детских лет, во всяком случае со студенческой поры, Джим Уотсон задался одной целью: понять причину разнообразия живых существ. Эта цель конкретизировалась, свелась к вопросу о природе гена, наконец, к пространственной структуре ДНК, но никогда не менялась на другую.

И вот цель достигнута. 24 апреля 1953 г. в журнале «Nature» вышла статья Дж. Уотсона и Ф. Крика о структуре ДНК — натриевой соли дезоксирибонуклеиновой кислоты. Что дальше? Первой реакцией Уотсона наряду с радостью был страх. А вдруг все это чепуха и модель двойной спирали окажется ошибочной? Конечно, каждый ученый имеет право на ошибку. Но чем больше претензия, тем горше крах, особенно если предмет краха — единственная или, во всяком случае, главная цель жизни.

Фрэнсис Крик устроен совсем иначе. Профессионал в структурном анализе, он был уверен в верности их с Уотсоном работы. Кроме того, как ни важна структура ДНК, его интересовали и другие проблемы молекулярной биологии. Отсюда — разные пути этих людей в дальнейшем. Крик продолжал плодотворно работать: гипотеза о существовании особой РНК, перекодирующей нуклеотидные последовательности в белковые; доказательство в изящном эксперименте триплетности генетического кода; построение молекулярной модели изломов в ДНК...

Уотсон же, немного поэкспериментировав над струк-

турой РНК, вовсе прекратил лично участвовать в научной работе. «Все равно лучше того, что я сделал, я уже никогда не сделаю» — это его слова. И это можно понять. Человек, у которого единственная цель жизни достигнута, должен переключиться на другое.

Но совсем отойти от науки он не захотел или не смог. Уотсон становится директором давно уже знаменитой Лаборатории Колд Спринг Харбор, а также читает лекции студентам. Говорят, что лектор он неважный. Но его книга «Молекулярная биология гена», все время обновляемая, — один из лучших в мире учебников. Сейчас молекулярная биология страшно разрослась, и — в этом весь Уотсон — он приглашает в соавторы пять крупнейших специалистов, чтобы создать новый вариант учебника, теперь уже под названием «Молекулярная биология клетки».

Как директор лаборатории Джеймс Уотсон — блестящий менеджер. Он очень чутко чувствует научные тенденции, в курсе всех работ своих сотрудников, хотя категорически отказывается быть их соавтором. Он ловок в доставании денег на исследования и очень любит, чтобы в его лабораторию приезжали исследователи со всего мира.

Доктор физико-математических наук
В. И. Иванов

— Доктор Уотсон, в предисловии к вашей книге «Двойная спираль» вы утверждали, что широкая публика не представляет себе, как делается наука. И добавляли, что пути научных исследований почти столь же разнообразны, как человеческие характеры. Вы добились своего — привлекли внимание множества людей к событиям и отношениям в стенах того «дома», где проходит жизнь сообщества ученых. Но ваш рассказ ограничен был узкими рамками — 1951—1953 годами. Побеседуем сегодня о том, что было «до» и что произошло «после».

— «До» была, например, книга о птицах, которую родители подарили мне на рождество лет так в восемь или девять. Она расшевелила во мне интерес к живой природе. Отец стал брать меня на прогулки за город. Мать моя была католичкой, и лет до двенадцати я исправно ходил с ней по воскресеньям в церковь. А потом переключился на птиц — к удовольствию отца, который отвергал религию. Приохотился читать книги по биологии.

— Какие книги?

— В первую очередь разные энциклопедии. Рядом с нашим домом была публичная библиотека, и я страстился ходить туда с отцом. Меня все больше занимало, что это такое — живые существа и откуда они взялись.

Я узнал слово «эволюция». Оно обозначало путь, которым нынешние формы жизни возникли из более простых. Вот это сильно разжигало мое любопытство. С птиц начался мой интерес к жизни, который доминирует до сих пор.

— Но орнитологом вы все-таки не стали.

— Я поступил в Чикагский университет очень рано, в 15 лет. И был до крайности счастлив, потому что американские средние школы были тогда ужасны.

Мы жили в восьми километрах от университета, я ездил туда на трамвае. Университет давал очень хорошее классическое образование; но оно казалось мне несколько отрешенным от жизни, слишком описательным, что ли.

Нас учили знающие люди. Из профессоров там были известный эмбриолог Поль Вейсс, Сьюэлл Райт — почти столь же знаменитый в популяционной генетике, как Рональд Фишер или Джон Холдейн. Так что в университете уже сложились хорошие традиции в генетике. Именно Райт заразил меня желанием узнать природу гена. Так, начав с орнитологии, я пришел к мысли стать генетиком.

— Итак, вам повезло в университете — вы встретились с яркими учеными, которые помогли вам сформировать главный интерес в жизни. Но вам продолжало везти и дальше. Вашими наставниками оказались Макс Дельбрюк и Сальвадор Лурия, основатели знаменитой фаговой группы. Или это было уже не везение, а ваш сознательный выбор?

— Это случилось потому, что аспирантом я отправился делать диссертацию в Университет штата Индиана. Я стремился именно в этот университет, так как там обосновался выдающийся генетик Герман Мёллер, один из открывателей радиационного мутагенеза.

Мёллер в тридцатые годы работал в Советском Союзе и, вернувшись в США, нигде не мог из-за этого устроиться. Только в Индиане его приняли.

— Неужели Мёллер, нобелевский лауреат, не мог найти работу?

— Тогда он еще не был нобелевским лауреатом. Он получил премию уже в университете. Добавлю, что Мёллер слыл марксистом. Он стал им в молодые годы еще в Техасе, потом поехал работать в Германию, в Берлин, а после прихода к власти Гитлера отправился в Советский Союз.

— Выходит, в Индиане собрались выдающиеся ученые: генетик Мёллер да еще Сальвадор Лурия — микробиолог, открывший в эксперименте стадии размножения бактериофагов.

— Да, с этой коллекцией мог соперничать только Калифорнийский технологический институт. Но Калтех не брал на работу евреев. Не взяли Лурия, отказали Мёллеру, хотя тот на самом деле не был евреем. Мёллер ненавидел антисемитизм и поэтому говорил всем, что он еврей.

Вот так получилось, что курс вирусологии я слушал у Лурия, а курс генетики — у Мёллера. Потом я поехал делать мою диссертацию в Калтех, но Калтех отверг меня, потому что я не имел подготовки в физике. Пришлось вернуться в Индиану. И здесь я оказался вовлеченным в работу фаговой группы, которой руководили Лурия и Макс Дельбрюк, физик-теоретик, бывший тогда профессором Калтеха. О Дельбрюке я уже знал по книге Эрвина Шрёдингера «Что такое жизнь? С точки зрения физика». При встрече я удивился тому, как он молод.

Многие генетики в сороковых годах думали, что вирусы — это чистые гены и для понимания того, что такое ген, как он устроен, нужно изучать вирусы. Простейшими вирусами были фаги, так возникла фаговая группа, которая надеялась узнать, как гены управляют наследственностью клеток.

Сам Дельбрюк увлекся биологией под влиянием Н. В. Тимофеева-Ресовского. И если Лурия и Дельбрюк — мои отцы в науке, то Тимофеев-Ресовский — мой дедушка в ней.

— Фаговая группа изучала простейшую модель процессов размножения. Обсуждали ли вы роль ДНК в этих процессах?

— Нет.

— Но ведь Дельбрюк еще до вашей встречи писал, что веществом генов может быть именно ДНК.

— Да, так он писал в статье 1942 года. Но потом его интересы все больше смещались к взаимодействию

бактериофагов с клеткой... В общем, это был очень хороший период моей юности, потому что я мог обсуждать самые актуальные вопросы с учеными самого высшего класса.

— Задавшись мыслью узнать, как устроен ген, вы уже понимали, что без физики эту загадку не решить?

— Конечно, физика была мне интересна. Особенно потому, что я прочел Шрёдингера. Но многое в его книге было слишком сложным для моего уровня понимания. Кстати, мой интерес к физике одобрял Лурия. Он не любил биохимиков, считал химиков низшей кастой, и только физики были еще ничего. То есть он признавал лишь физиков и генетиков.

Но меня тянуло и к химии. Она привлекала меня возможностью объяснить наследственность. Главным химиком тут был Лайнус Полинг. Дельбрюк не любил Полинга, и это удивляло меня. Полинг такой великий человек! Но у них был разный подход к науке. Дельбрюк был очень широк — он интересовался многими разделами науки, даже теми, где он не работал. Для Полинга же существовала только та наука, которую он сам изобрел. Но конечно, изобрел он немало. Правда, и Дельбрюк не очень-то интересовался α -спиралями Полинга.

Меня же все больше увлекала пространственная структура молекул. Я думал: может, наподобие того, как Полинг сконструировал свою α -спираль для белка, и мне удастся соорудить нечто похожее для гена, то есть для ДНК.

— Но почему вы так нацелились на ДНК? Ведь тогда далеко не все были убеждены, что ДНК имеет какое-то отношение к наследственности.

— Но на это указывали эксперименты О. Эвери по трансформации бактерий. Он показал, что наследственность передается с помощью ДНК. Правда, многие тогда считали бактерии совсем особой формой жизни, где все не так, как у людей. Кроме того, большинство биохимиков думали, что секрет жизни — в ферментах, а нуклеиновые кислоты не проявляли свойств ферментов.

— Кажется, не только биохимики, но и генетики вслед за Джоном Холдейном считали, что секрет жизни — в ферментах. Герман Мёллер был в их числе.

— Да, но Мёллер все-таки упоминал о ДНК как о возможном веществе гена. Но химическая структура

ДНК еще не была полностью установлена. Не знали даже, что мономеры в этой молекуле соединяются фосфодиэфирной связью. Только к 1950 году это выяснил Александр Тодд.

Тем не менее, невзирая на мнения таких авторитетов, я пришел к выводу о важности ДНК. Все-таки самое простое объяснение трансформации получалось на основе ДНК.

— Мы специально не спрашиваем, как вы в конце концов открыли двойную спираль. Наверное, эта тема у вас, что говорится, в зубах навязла. А кроме того, все это хорошо описано в вашей книге, которая обошла весь мир и была издана и у нас. Но вот что интересно. Из этой книги мы знаем, что вам в третий раз повезло — вы встретили в Кембридже Фрэнсиса Крика. Воистину, правильно вас называли «счастливчик Джим». Кстати, если бы вы сейчас начали писать эту книгу заново, то как бы вы ее написали?

— Точно такой же. Более того, я хотел продолжить эту книгу и даже частично написал продолжение. Может быть, удосужусь его закончить. Но дальнейшее — не столь уж интересная история.

— Может быть, потому, что не вы становитесь главным действующим лицом? После открытия двойной спирали следующий шаг сделал Георгий Гамов, который предложил идею генетического кода, в частности, его триплетной структуры. Когда вы познакомились с Гамовым?

— Он написал мне письмо летом 1953 года, после того как прочел нашу с Криком статью в «Nature». Встретились мы на рождество в том же году в Вашингтоне. Я тогда уже много слышал о нем от Дельбрюка. Дельбрюк завидовал Гамову, так как тот был лучшим физиком, чем он. Но и в биологии Гамов отличился — догадался, что код должен быть триплетным, то есть что каждая аминокислота зашифрована тройкой нуклеотидов в ДНК.

— Эта идея произвела на вас впечатление?

— Нет, не произвела, потому что Гамов полагал, будто белки непосредственно собираются на ДНК. Он игнорировал главное: с ДНК считывается сначала РНК, а по ней уже синтезируется белок.

— Да, мы помним по «Двойной спирали» о ваших ночных грезах у камина и непоколебимой уверенности в бессмертии генов, то есть высокой стабильности ДНК.

Вы даже повесили над столом листок с надписью: ДНК→РНК→белок. Но, хотя структурные обоснования триплетности кода Гамова были явно неверными, в целом его идея оказалась правильной.

— Да, конечно. Но меня тогда больше всего интересовала РНК. Мы пытались построить модель РНК, но не слишком успешно.

Надо сказать, что Гамов был всегда в центре внимания. Он был очень склонен к розыгрышам и шуткам, хотя далеко не всем его остроумие нравилось. Но некоторые шутки были просто блестящи. Однажды он со своим студентом Альфером написал статью и решил позвать в авторы Бете, чтобы вышло Альфер, Бете, Гамов. Но самое интересное, что это была очень значительная работа — об альфа-, бета- и гамма-излучениях.

Позже, когда Гамов осознал важность РНК, ему пришла идея создать клуб РНК, члены которого носили бы галстуки, украшенные символами нуклеотидов и аминокислот. Из шутки родился клуб, а в клубе родилась статья Крика с его адапторной гипотезой, которая предсказывала существование транспортной РНК. Эта статья так и не была опубликована в «нормальной» научной печати, а ходила в рукописи по рукам. Мне его гипотеза совсем не нравилась, я не видел никаких экспериментальных оснований для существования такой РНК. Тем не менее Крик оказался прав. Кстати, он придумал все это в противовес идее Гамова о прямой сборке белка на двойной спирали ДНК.

В 1956 году мы услышали, что Хоглэнд открыл тРНК (ее тогда называли sРНК, от soluble — растворимая) и обнаружил белки-синтетазы, которые присоединяют к тРНК аминокислоты. Так закончился «теоретический» период в истории РНК, да и ДНК.

А еще некоторое время спустя идеи Гамова о триплетности кода были подтверждены в эксперименте. Сидней Бреннер, к которому позже присоединился и Крик, проводил скрещивания фагов, в которых были вызваны мутации под действием акридиновых красителей. Предположили, что мутация сдвигает фазу считывания информации с ДНК на один нуклеотид. Значит, если код триплетен, то три мутации должны возвращать фазу считывания к норме. Это и наблюдалось. Так была доказана идея Гамова о триплетности кода.

— Крик, наверное, как теоретик лишь обсуждал результаты и выдвигал гипотезы?

— Нет-нет, Фрэнсис сам ставил опыты, проводил скрещивания.

— А кому принадлежала идея о том, что эти мутации не что иное, как выпадения и вставки пар оснований, сдвигающие фазу считки?

Ведь это ключевая идея всей работы!

— Ну, судя по тому, что говорил Крик, получалось, что это его идея. Но я думаю, что в такой работе трудно установить, кто первый сказал «а». Когда-то я тоже думал, что в знаменитом эксперименте Лурии — Дельбрюка, где проверялось действие естественного отбора на бактериях (позже эта работа была отмечена Нобелевской премией), Лурия лишь ставил опыты, а Дельбрюк предложил идею. На самом деле идея тоже принадлежала Лурии. Дельбрюк только провел математическую обработку результатов.

— Спасибо, судя по всему, вы вкратце пересказали нам содержание книги о дальнейшей истории двойной спирали. Будем ждать, когда она напишется и попадет к читателям, и, может быть, «Химии и жизни» опять повезет с первой публикацией... Кстати, доктор Уотсон, вы понимаете, что первая ваша книга сыграла примерно такую же роль, как и книга Шрёдингера «Что такое жизнь?». Это не комплимент, потому что на самом деле очень много людей, прочитав книгу, поняли, какая замечательная наука — молекулярная биология. Даже те люди, которым наука казалась сухим, неинтересным занятием...

— Вряд ли это относится к Соединенным Штатам, где молекулярная биология уже задолго до появления моей книги стала престижным занятием. Но может быть, здесь, в Советском Союзе, она сыграла ту роль, о которой вы говорите. В общем же у нас в стране ее больше читали школьники.

— Мы знаем другую вашу книгу, уже определенно написанную не для школьников. Это «Молекулярная биология гена». Она выдержала уже несколько изданий.

— Да, первое ее издание, я думаю, сыграло великую роль в Соединенных Штатах, потому что это была небольшая и понятная книга, которую мог прочесть любой ученый. Второе издание было уже размером с Библию. Сейчас готовится четвертое — еще толще. Оно

содержит больше фактов, чем я сам знаю. Поэтому сейчас книга стала уже коллективной, в ней авторами выступают специалисты из разных разделов молекулярной биологии. Ее уже не назовешь книгой для тех, кто хотел бы знать только основные принципы. Это труд для специалистов. В ней будет около тысячи страниц, а весить она будет около пяти килограммов. Таков сейчас вес наших знаний.

— Позвольте, но вот в физике дело обстоит иначе. По мере ее развития тоже накапливаются факты, детали. А потом вдруг наступает момент, когда все они охватываются единым и очень экономным объяснением. Не ждет ли это и молекулярную биологию. Тогда можно будет написать и совсем небольшую книгу.

— Нет, у нас, я думаю, время простоты никогда не настанет. Мы всегда, рассуждая о гене, будем вынуждены говорить о считывании с него информации и о регуляции этого считывания, о воплощении этой информации в белки и о регуляции этого воплощения и о многом, многом другом. Ведь даже простейшая форма жизни нуждается примерно в тысяче разных белков.

— Трудно все-таки понять, как возникла жизнь, если даже простейшая ее форма столь сложна. Взять хотя бы рибосому. Очень сложное устройство. Причем из него нельзя ничего убрать, не уничтожив функцию, которую оно выполняет.

— Я думаю, что «ранние» рибосомы обходились без белков. Мне нравятся идеи, развиваемые в этой области академиком А. С. Спириным. И вообще, мне нравятся фундаментальные исследования. Сейчас мы торопимся поучаствовать во всей этой кутерьме с генетической инженерией, биотехнологией, а проблеме рибосомы не уделяем должного внимания. В Соединенных Штатах заниматься рибосомами уже не модно! А люди стремятся во что бы то ни стало быть модными. Даже в ущерб науке.

— Раньше, говоря о пути к научному открытию, вы выделяли романтически дерзкий дух, самомнение, веру в свою правоту — качества, которые помогли вам достичь успеха. Что сейчас вам кажется главным?

— Быть очень хорошим, тщательным наблюдателем. Вы должны удерживать в памяти целый воз фактов, не в компьютере, а в голове — чтобы вас вдруг осенила интересная идея. Я думаю, что самым важным из неожиданных событий последних лет было открытие

«сплайсинга» РНК (способности вырезать и склеивать куски молекул) без всяких ферментов. Это очень, очень важно для проблемы происхождения жизни. Вообще же интересные наблюдения довольно часто делаются именно интересными людьми. И еще ученым требуется постоянно болтать друг с другом. Для постороннего наблюдателя такое общение выглядит пустой тратой времени, а на самом деле без этого просто нельзя.

— Разговоры способствуют развитию науки?

— Конечно. Ведь это обмен идеями — не важно когда, в частных беседах или на научных встречах. Например, так, как это происходит в Колд Спринг Харборе, где каждое лето ученые собираются, чтобы поговорить об экспериментах, уже сделанных или еще не сделанных. Эти разговоры очень важны.

А еще очень важно, особенно для молодых людей, предоставить в любой лаборатории максимальную свободу критиковать научные результаты тех, с кем они работают. Примером тут был Лурия, который всегда хорошо ко мне относился, хотя я стал возражать ему чуть ли не с самого начала. Он не был в восторге от моего непослушания, но не переставал оказывать мне всесекую поддержку.

— А как же теперь вам самому переносить непослушание, особенно младших сотрудников?

— О, очень многие со мной не согласны. Но я никогда не стремился сделать свою жизнь легкой...

— Вы отдаете предпочтение фундаментальным работам. Но в наше время многие ученые вынуждены делать что-то и для практики.

— Ну, я бы не сказал, что в Соединенных Штатах исследователя вынуждают это делать. Практика и наука сейчас сильно переплелись. Прикладные работы часто оказываются важными и в чисто научном отношении. Так было с изучением вирусов. А сейчас многие из нас «вынуждены» участвовать в исследовании рака, потому что за это хорошо платят. Но рак — это же очень интересно для понимания работы генов! А если еще и деньги дают... Впрочем, чисто практические исследования меня все-таки не привлекают, тут я не специалист. Самое практичное — это делать то, что ты можешь делать. Если, конечно, не про вас сказано: «Единственная работа, которую вы можете делать, — это делать глупости».

— Вы знакомы с работами советских ученых?

— Некоторые работы в области молекулярной биологии показались мне весьма интересными. Но я заметил, что в целом у вас здесь не очень осознают, сколь быстро развивается эта наука в масштабах всего мира. Мне хотелось бы принимать у себя намного больше советских специалистов. Неинформированность сразу означает отставание. Мы не успеваем издавать книгу за книгой по нашим конференциям в Колд Спринг Харборе. Иногда даже кажется, что прогресс науки более стремителен, чем хотелось бы. Вот я возвращаюсь домой после нескольких месяцев отсутствия, и бог знает, что они там успели понаделать. Когда все так быстро движется, бюрократия становится непозволительной роскошью. Лет двадцать назад ее еще можно было терпеть, но не теперь.

— Скажите, в этом стремительном мире такие издания, как журнал «Химия и жизнь», имеют ценность для ученого?

— Они очень важны. Прежде всего для студентов, чтобы зажечь их интерес к науке. Я, например, очень люблю английский журнал «New Scientist». Мне такой обзорный журнал очень полезен, так как по специальным журналам не уследишь даже в биологии за всем интересным. Для студентов же — это просто жизненная необходимость. И еще — чем больше иллюстраций в научных публикациях, тем лучше. Мы в лаборатории все больше прибегаем к компьютерной графике. Она позволяет делать книги с такой скоростью, которая еще недавно была немыслима.

— Есть ли у доктора Уотсона вопрос, на который он больше всего хотел бы получить ответ?

— О, конечно! Где можно было бы купить популярный журнал с названием «Молекулярная биология»?

— Ну, мы имели в виду нечто из научной сферы.

— Уж если из научной, то тогда вопрос: как работает мой мозг?

— У вас есть хобби?

— Писать.

— Книжки?

— Да, книги. Это мое хобби.

— Пожалуйста, напишите несколько слов для советских читателей.

— Я не очень умею это делать... Но может быть, так: «Темп, который сегодня набрала молекулярная биология, и пугает и изумляет меня».

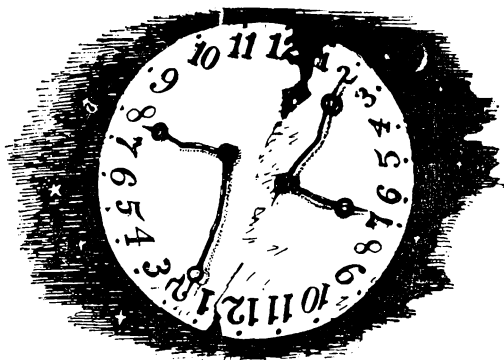
Оценка, данная Уотсоном темпам молекулярно-биологических исследований, справедлива и поныне. За прошедшие после беседы три года случилось много интересного и неожиданного.

Открыли еще одну форму двойной спирали — в ней цепи идут в одном и том же направлении, а не в противоположных, как во всех остальных спиралях.

Обнаружили «гены оригинальности» — участки ДНК, которые у каждого индивидуума выглядят по-своему и столь же характерны, как отпечатки пальцев.

Выяснили строение особо важных зон в хромосоме, и это позволило создать искусственную хромосому, которая ведет себя при делении клеток так же, как природная. Началась грандиозная работа по полной расшивке генома человека.

Золотой век молекулярной биологии продолжается.



ДВОЙНАЯ
СПИРАЛЬ:
КАК ЭТО СЕЙЧАС
МНЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ

ФРЭНСИС КРИК

Когда речь заходит об истории молекулярной биологии, то сразу же возникает имя Фрэнсиса Крика. Его роль в открытии двойной спирали, и в последующем «ажиотаже вокруг генетического кода» (выражение самого Крика) сделала его одним из отцов молекулярной биологии. Не случайно во многих интервью и статьях этого сборника Крик упоминается то и дело.

Фрэнсис Крик родился в 1916 г. Окончил Лондонский университет. Во время войны принимал участие в разработке радара и магнитных мин. С 1947 г. работал в Кембридже. В 1962 г. вместе с Дж. Уотсоном и М. Уилкинзом получил Нобелевскую премию. Сейчас живет и работает в Калифорнии (США).

Среди множества талантов Крика еще один несомнен — его способность облекать свои соображения в яркую афористичную форму. Многие его научные афоризмы стали весьма популярны. Вот лишь три примера:

«тРНК — это нуклеиновая кислота, которая стремится стать ферментом»;

«ферменты умеют делать все что угодно, причем с удивительной легкостью и изяществом»;

«ДНК — столь важная молекула, что мы никогда не будем знать о ней слишком много».

...Можно задать вопрос: что бы произошло, если бы Уотсон и я не раскрыли структуру ДНК? Такие проблемы, насколько я знаю, не пользуются уважением в среде историков, хотя если историк не может дать разумного ответа на подобный вопрос, то я вообще не понимаю, что такое исторический анализ.

Если бы Уотсон был убит теннисным мячом, я один, пожалуй, не смог бы расшифровать структуру. Но кто смог бы?..

Уотсон и я всегда полагали, что Лайнус Полинг, увидев рентгеноструктурные данные из Лондонского Королевского колледжа, обязательно попытается еще раз подойти к структуре ДНК. Но он сам отметил, что, хотя наша структура ему понравилась сразу же, прошло какое-то время, пока он окончательно убедился в том, что его собственная модель неправильна. Без нашей модели он мог и не прийти к такому выводу. Розалинд Фрэнклин была всего в двух шагах от решения проблемы. Ей нужно было только осознать, что две цепи ДНК ориентированы в противоположных направлениях и что основания в их правильной таутомерной форме спарены друг с другом. Но она в это время уже собралась уйти из Королевского колледжа, прекратить изучение ДНК и заняться вирусом табачной мозаики в лаборатории Бернала. Морис Уилкинс сообщил нам, что хочет вплотную заняться моделями ДНК,— как раз незадолго до того, как узнал о нашей структуре. Наши постоянные разговоры о пользе конструирования моделей возымели свое действие, и он как раз собрался предпринять такую попытку.

Итак, я сомневаюсь в том, что открытие структуры ДНК задержалось бы больше чем на два или три года.

Имеется, однако, несколько более общий аргумент, недавно предложенный Гюнтером Стентом и поддержанный таким утонченным теоретиком, как Питер Медавар.

Предполагается, что если бы Уотсон и я не открыли структуру ДНК, то вместо внезапного и яркого появления на научной сцене ей была бы уготована постепенная и медленная расшифровка и в результате она бы гораздо слабее повлияла на дальнейший ход событий.

В связи с этим Стент утверждает, что научное открытие гораздо ближе к творческому акту в искусстве, чем обычно принято считать. Стиль, полагает он, так же важен, как и содержание.

Я не вполне убежден в правильности такого рассуждения, по крайней мере в этом случае. Я думаю, что не Уотсон и Крик сделали структуру ДНК, но скорее структура ДНК сделала Уотсона и Крика. Ведь, кроме всего прочего, я был тогда совершенно неизвестен в широких научных кругах, а Уотсона считали слишком

оригинальной личностью, чтобы предполагать в нем что-нибудь по-настоящему основательное.

И уж во всех приведенных выше рассуждениях упущена, как мне кажется, внутренняя красота самой двойной спирали. Эта молекула, как и ученые, имеет свой стиль.

Генетический код открыли не сразу, не в один момент, но после расшифровки кода его влияние на развитие науки оказалось достаточно сильным. Я сомневаюсь в важности того факта, что именно Колумб открыл Америку. Гораздо важнее было то, что нашлись деньги и люди, способные использовать сделанное нами открытие для дальнейшего продвижения вперед. Именно этот аспект в истории открытия структуры ДНК заслуживает, как мне кажется, наибольшего внимания, как бы ни были интересны и поучительны для других ученых «человеческие» аспекты открытия.

Меня иногда спрашивают, не собираюсь ли я написать свои воспоминания об открытии структуры ДНК. В пятидесятые годы я действительно рассказывал об этом группе историков науки в Кембридже и в Оксфорде. Вероятно, я проявил при этом несколько большую эрудицию и солидность, чем мог позволить себе Уотсон в «Двойной спирали», которую уместнее всего считать ярким фрагментом его автобиографии, написанной для широкой аудитории. Что же касается собственной книги воспоминаний, то я придумал для нее название («Расхлябанный винт») и даже, как мне кажется, запоминающееся начало («У Джима были совершенно бестолковые руки. Достаточно было посмотреть, как он чистит апельсин...»). Но двинуться дальше не хватало духа.

Наконец, кто-нибудь, возможно, захочет узнать, рад ли я на самом деле тому, что все случилось именно так, а не иначе? Я могу ответить, что мне доставляли удовольствие все перипетии нашей истории — как провалы, так и взлеты. Все это безусловно помогло мне позднее, когда разразился ажиотаж вокруг генетического кода. Но для описания моих ощущений я, пожалуй, не смогу найти лучшего способа, чем процитировать сказанное художником Джоном Минтопом много лет назад. Минтон говорил о своем собственном творчестве: «Когда пишется картина, все главное находится в ней». А это главное, как мне кажется, есть не что иное, как удача, хорошая голова, вдохновение и упорный труд.

Александр Рич:

"Моя цель —
УЗНАТЬ ВО ВСЕХ ДЕТАЛЯХ,
КАК РАБОТАЮТ
БИОЛОГИЧЕСКИЕ
МОЛЕКУЛЫ"

Алекс Рич — кристаллограф, ученик Лайнуса Полинга. Сознывая могущество метода рентгеноструктурного анализа, он берется за решение самых трудных задач, когда, казалось бы, для успеха нет никаких предпосылок. Так было, например, со структурой транспортной РНК — молекулы, которая играет ключевую роль в биосинтезе белка. Среди всех рибонуклеиновых кислот тРНК — одна из самых малых. Но тем не менее она в десятки раз больше тех отдельных звеньев РНК, которые умели закристаллизовывать к тому времени, как Рич взялся за дело. И все-таки ему удалось его затея.

Справедливости ради надо отметить, что в этой работе у Рича были серьезные конкуренты — группа А. Клуга из Кембриджского университета. Англичане чуть раньше соперников закристаллизовали тРНК. Зато Рич все-таки первым опубликовал модель этой молекулы. Она походила на букву «Г», у которой каждый отрезок состоял из витка двойной спирали. Очевидно, что такая форма должна быть как-то связана с ролью, которую выполняет тРНК в белковом синтезе. Но и сейчас еще, спустя десять лет после этого открытия, мы не знаем, почему молекуле придана форма бумеранга.

Второе важнейшее открытие Рича связано с еще более неожиданной структурой. Как только химики научились синтезировать короткие одинаковые отрезки цепочек ДНК, Рич и его группа стали пытаться закристаллизовать эти отрезки. Первым получился кристалл спиральки, построенной из шести пар оснований ГЦ, где гуанин — цитозин чередуются в каждой цепочке. Начали исследовать этот кристалл. В общем-то работа

полезная, но, казалось бы, не слишком интересная. В самом деле, чего можно было от нее ожидать? Разве лишь подтверждения знаменитой модели Уотсона — Крика.

Но результат был как гром среди ясного неба: спираль оказалась не правой, как в модели Уотсона — Крика, а левой, да и ход цепей в ней был зигзагообразный, а вовсе не гладкий, как в классической модели ДНК. Отсюда пошло и название новой формы — Z-форма, т. е. зигзагообразная.

Что же, Уотсон и Крик ошиблись со своей правозакрученной спиралью? Нет, конечно, структура ДНК в целом весьма близка к их модели. Но работа Рича показала, что отдельные участки в ДНК могут быть закручены и наоборот. Опять-таки многие отмахнулись от такого предположения — мало ли что получается в кристалле и почему надо думать, что Z-форма играет какую-нибудь биологическую роль?

Но Рич остался верен себе. Он развернул обширнейшие исследования, кооперировался со многими биологами, пытаясь доказать, что Z-форма встречается в живой природе, и стремясь выяснить, зачем она может быть нужна организму. Попытки эти привели к чрезвычайно интересным результатам. О них, как, впрочем, и о многих других примечательных событиях в своей жизни в науке, Рич рассказывает в беседе, состоявшейся в Москве в 1984 г.

Доктор физико-математических наук
В. И. Иванов

— Вы — физик, а работаете в молекулярной биологии. Почему вы пришли в эту науку, как определились в ней ваши собственные интересы?

— Исследовательская работа началась для меня в конце сороковых — начале пятидесятих годов. Пять лет я провел тогда, сотрудничая с Лайнусом Полингом в Пасадене, в Калифорнийском технологическом институте, называемом коротко в просторечии Калтех. Попав в Калтех, я еще не очень ориентировался в новом для себя обществе. По образованию я физик, а «залетел» к химикам и биологам. Но меня ошеломили возможности, которые открывала рентгеновская дифракция в изучении трехмерного строения молекул.

Собственные мои интересы сосредоточились на больших молекулах. Первое исследование было связано с

аномальным гемоглобином, поскольку Полинг тогда только что обнаружил существование модифицированной формы гемоглобина у больных серповидно-клеточной анемией. Поначалу и я принялся искать аномальный гемоглобин у больных другими формами анемии, например талассемией.

Однако уже в это время меня очень интересовали и нуклеиновые кислоты. Частично этот интерес родился случайно — просто потому, что нуклеиновые кислоты тоже большие молекулы; но частично это связано с тем, что нуклеиновые кислоты — важные компоненты вирусов, которыми очень активно занимались в Калтехе в то время.

Моя первая работа заключалась в получении хороших рентгенограмм нитей ДНК. У нас не было подходящего оборудования, то есть рентгеновских установок, и я потратил немало времени, стараясь их сконструировать. Но тут стали известны исследования, выполненные в Англии Морисом Уилкинсом и Розалинд Фрэнклин, точно так же, как и статья Уотсона и Крика о двойной спирали. Эти работы свидетельствовали, что молекула ДНК обладает не только интересным строением, но и наделена важными биологическими свойствами, которые можно понять, исходя из структуры молекулы. Сливки были сняты. Вот тогда я и решил заняться молекулярной структурой РНК, о которой почти ничего не было известно.

Вскоре в Калтех приехал из Англии Джим Уотсон. И мы вместе принялись изучать разные РНК. Мне сейчас бывает интересно перечитывать статьи того времени, потому что они яснее ясного показывают, как мало мы знали, а точнее, не знали ничего о связи физического строения молекулы РНК с ее биологической ролью. Рентгенограммы свидетельствовали, что молекула РНК может, подобно ДНК, образовывать двойную спираль, но вместе с тем соотношение нуклеотидов в РНК не соответствует принципу комплементарности, то есть противоречит тому, что известно о ДНК. Как же в таком случае образоваться двойной спирали? И почему это в ДНК и РНК соотношение нуклеотидов разное — ведь РНК считывается с ДНК, то есть представляет собой ее копию? Мы были озадачены... Это только потом стало ясно, что цепь РНК, перевиваясь сама с собой, может давать короткие двойные спирали. Полной комплементарности тут не требуется. Да, очень

немного мы тогда знали о нуклеиновых кислотах. Даже не отличали информационную РНК от рибосомальной.

— Но ведь это было замечательное время. Все: биологи, физики, химики — ощущали, что вот-вот что-то произойдет. Факты накапливались, чтобы в вашей науке произошел наконец, говоря на языке астрофизиков, большой взрыв.

— Обстановка в Пасадене в этот период — с 1949 по 1954 год — была и впрямь волнующей. Полинг сделал свое замечательное открытие главных структурных элементов в молекуле белка: α -спирали и β -складчатой структуры. Много усилий он потратил на выяснение структуры аминокислот и коллагена — главного белка соединительной ткани. Эти исследования увлекли и меня. И позднее вместе с Криком мы сумели придумать, как белковые цепочки образуют тройную спираль коллагена.

В биологическом отделе изучали также бактериофагов: там исследовали способ, которым фаги преобразуют метаболизм в клетках *E. coli* — так, что бактерия начинает производить (в ущерб себе!) новые вирусы. Все это время нас не покидало чувство первооткрывателей. Во всем ощущалось, что в Пасадене дело идет, хотя мы и знали, что в Англии тоже не дремлют. В 1953 году в Калтех приезжали Макс Перутц и Джон Кендрю и рассказывали о своих первых работах по гемоглобину и миоглобину. Об этих их исследованиях теперь знают все.

Я был тогда молодым исследователем, и мной владело чувство, что мир широко распахнут для науки, что мы входим в долгожданный период, когда наконец-то сумеем понять молекулярные основы жизни. Это ощущение волнения, которым мы жили в тот давний период, сохранилось во мне до сих пор.

— Вы еще долго проработали в Пасадене?

— Нет, в 1954 году я перешел в Национальный институт здравоохранения, и именно там Северо Очоа дал мне несколько образцов полинуклеотидов — полиуридиловую и полиадениловую кислоты. Мне удалось вытянуть нити из их смеси и проанализировать структуру молекул, формирующих эти нити. Оказалось, что цепочки полиуридиловой и полиадениловой кислот обвивают друг друга, образуя двойную спираль, похожую на ДНК.

До сих пор помню наше воодушевление — эта работа ясно продемонстрировала, что цепи нуклеотидов сами создают двойную спираль! Что стабильность спирали заложена в самой ее структуре и спираль не нуждается в помощи фермента, который бы производил на свет эту форму. Так мои новые опыты сомкнулись с работой по РНК, сделанной в Калтехе. С этого началась большая серия исследований, посвященных конформации биологических молекул.

— Героем которых и стала для вас транспортная РНК?

— Да, хотя получилось это не сразу. Идею о существовании переносчика аминокислот высказал в 1957 году все тот же неутомимый Крик. Молекулы эти были очень быстро открыты — позже их назвали тРНК. К этому времени я уже работал в Массачусеттском технологическом институте. Я создал здесь рентгеноструктурную лабораторию, чтобы продолжить изучение полинуклеотидов. Но тут обнаружили информационную РНК (иРНК). Это было в 1961 году, и мне захотелось узнать, как проявляет себя этот вид нуклеиновых кислот в синтезе белков.

Мне показалось, что молекулы иРНК должны быть намного длиннее, чем рибосомы, в которых реализуется генетическая информация. А уже отсюда следовал вывод, что одна иРНК должна взаимодействовать сразу с несколькими рибосомами. Так оно и оказалось. Нам удалось обнаружить то, что вошло теперь в научный обиход под названием полирибосом, или полисом. Это не что иное, как наборы рибосом, работающие на одной молекуле информационной РНК.

Дальше я стал подумывать: а нельзя ли закристаллизовать рибосомы? Или же закристаллизовать какие-либо компоненты системы синтеза белков, например транспортные РНК? Работа началась в середине шестидесятых годов. Сначала это были робкие попытки. Но в конце концов к 1973 году мы оказались в состоянии подробно проанализировать структуру индивидуальной молекулы — фенилаланиновой транспортной РНК дрожжей. Правда, работа эта растянулась на десять лет. Но мы сумели составить совершенно ясное представление о трехмерной структуре транспортных РНК.

— Более десяти лет ушло на изучение биосинтеза белков. Круг интересов сложился, он четко очерчен.

И вдруг, откуда ни возьмись, Z-форма ДНК. Что за зигзаг, извините за каламбур?

— Бывает, что идешь постоянно одним и тем же путем совершенно сознательно. Но бывает и так, что работа делает неожиданный поворот и этому не противишься, потому что вдруг открываются совершенно новые возможности.

Много лет назад я очень хотел выяснить «устройство» ДНК, построив карту ее электронной плотности с высоким разрешением. Но тогда сделать этого было нельзя. Недавно я вернулся к этой проблеме, но уже располагая другими, более совершенными техническими возможностями. Удалось закристаллизовать олигонуклеотид — отрезок, состоящий из шести пар оснований. Это позволило получить дифракционную картину с очень высоким (как говорят, атомарным) разрешением.

Первый же монокристалл, который мы проанализировали, содержал двойные спирали. Но что за спирали — левые! Было чему удивиться...

Открытие так заинтересовало меня, что я решил детально изучить химию и биологию этой формы ДНК. Быстро выяснилось, что это типичная двойная спираль с уотсон-криковскими парами оснований, с двумя цепями, которые идут антипараллельно, с типичными водородными связями. И все-таки это была спираль левая, а не правая! Анализ показал, что такова еще одна стабильная форма двойной спирали, и мне показалось естественным, что природа могла бы найти применение этой форме в живых организмах.

Правда, многие полагали, что мы столкнулись с химическим курьезом, не имеющим никакого биологического смысла. Но за последние годы накапливается все больше данных в пользу того, что левая спираль ДНК замешана во многих важных процессах. Например, не так давно открыты белки, обладающие свойством связываться именно с левозакрученной ДНК. Они, эти белки, выполняют важные биологические функции, возможно даже участвуют в регуляции работы генов...

Самое замечательное в науке то, что она преподносит сюрпризы, заставляет ученого менять планы, подчиняясь ее зову. Так случилось и со мной, когда я столкнулся с левой Z-формой.

— С момента рождения молекулярной биологии прошло три десятилетия. Вы знаете, кто начинал эту на-

уку, — расскажите, что это были за люди? Откуда они пришли? Как изменилась ваша наука за свою короткую историю и кто делает ее теперь?

— Молекулярная биология вбирала в себя людей из самых разных дисциплин. Лучшие пришли из физики, из математики, из физикохимии. Были генетики, были химики. Всех объединяло понимание того, что для объяснения основ жизни необходимо изучать биологические молекулы и их поведение. Но так как все эти люди пришли из далеких друг от друга, разобщенных тогда областей знания, то в нашей работе царил поначалу некоторый разнобой. Зато обернулось все это разнообразием методов и идей.

Теперь молекулярная биология вступила в более зрелый период. Сейчас это установившаяся дисциплина. Целые институты заняты ею. Есть много журналов... И она непосредственно получает вчерашних студентов прямо сразу, после общего университетского обучения, без того, чтобы они углублялись в другие дисциплины. В некотором смысле это имеет свои преимущества: идет быстрое пополнение свежими силами. Но такая система обладает и недостатками, люди больше не приносят в молекулярную биологию свой опыт работы в физике, математике или физической химии. В какой-то степени это даже замедляет развитие нашей науки.

Дело в том, что молекулярная биология на самом деле одна из самых междисциплинарных областей знания. И сила ее как раз в том, что она использует достижения прочих наук — физики, математики, биологии, химии. Надеюсь, что эта ее особенность не утратится со временем. Но опасаясь, что будет происходить дальнейшая концентрация тех, кого специально обучали молекулярной биологии, и уменьшаться доля чужаков, проникающих в нее со стороны. Это грозит тем, что ослабеет приток новых приемов, приборов, технологий. А главное — свежих идей.

— Но вы, конечно, слушали толки — они возникали уже не один раз — о том, что молекулярная биология пережила свой золотой век, что она выбрала все, что могла. Что осталось ей в удел одна лишь рутинная работа. Согласны ли вы с этим суждением хотя бы отчасти?

— Знаете, скучными людьми не становятся — ими рождаются. Что на самом деле может вызвать в нашей науке уныние или скуку? Может быть, то, что она

постоянно переворачивает только что устоявшиеся представления? Вот вам только один пример. Давно ли мы свято уверовали в то, что генетическая информация записана в ДНК строго определенным образом, что все основания, кодирующие определенный белок, расположены по порядку? Это было совсем еще недавно. А представления, только-только оформившиеся, уже опровергнуты. Мы узнали, что текст в ДНК подобен мозаике, в нем смысловые куски отделены друг от друга «бессмысленными», не несущими информации фрагментами. Когда с ДНК снимается копия в виде информационно РНК, лишним кусочкам предстоит быть вырезанными. Так и происходит в клетках всех эукариот. Зачем природе нужна мозаичность генетического текста, как она возникла — об этом приходится пока только гадать. Но так или иначе, а открытие это полностью перевернуло наши представления об организации генетического материала.

Если такие революции могут происходить в какой-то области знания, — значит, она, эта область, пребывает еще на ранней стадии своего развития. Наши знания о молекулярных основах жизни еще очень фрагментарны. Мы понимаем не так много, как нам кажется. Молекулярные биологи только начали проникать в причины многих болезней, только ищут способы лечения наследственных и прочих недугов. Мы только подступаемся к исследованию высших организмов. А проблема рака... А возможности геной инженерии... Нет, это даже хорошо, что кому-то становится скучно, — пусть эти люди уходят. Освобождают место для тех, кто открыт волнению и азарту.

— Скажите, наверное, у вас есть свой «проклятый» вопрос, на который вы больше всего хотели бы получить ответ?

— Да, конечно. Это тайна происхождения жизни.

— Вы надеетесь, что ответ на него даст молекулярная биология?

— Увы, нет. Это проблема междисциплинарная. Очень важно, что тут сумеют физическая химия и астрономия.

— В последнее время немало спорили о происхождении генетического кода. Не кажется ли вам, что тот, кто ответит на вопрос о происхождении кода, по-видимому, и узнает, как произошла жизнь?

— Да, я согласен. Именно здесь нас поджидает за-

мечательные открытия. Хочется понять, как именно были отобраны нуклеиновые кислоты на роль переносчиков генетической информации. Конечно, они очень подходят для этой работы, но, возможно, были и есть другие кандидаты на ту же роль. Ясно, что переносчик должен быть полимером, чтобы нести в себе длинный текст, но в принципе не так уж обязательны в его составе сахара или азотистые основания. Безусловно, стоит поразмыслить о других возможных носителях наследственной информации, о других способах ее реализации.

— То есть вы допускаете существование жизни другой молекулярной природы?

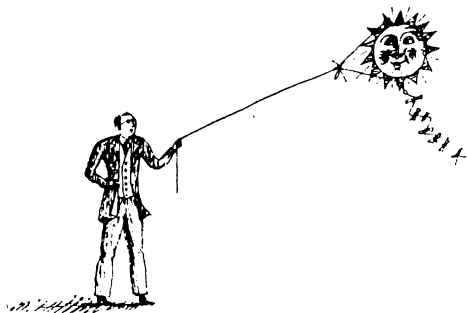
— А чему вы удивляетесь? Вселенная велика, условия в ней далеко не везде одинаковы: иные, чем у нас, формы отбора могли дать и другие формы жизни.

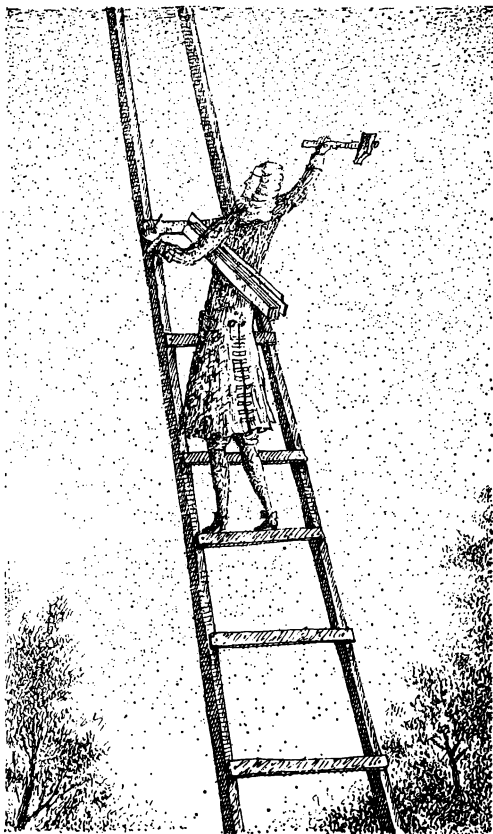
— Сколько часов длится ваш рабочий день?

— Столько же, сколько и у советских ученых, — 24 часа.

— Так уж совсем без передышки? Знаете, даже самые одержимые из знакомых мне научных работников ходят слушать джаз или плавают на байдарках.

— Ну а я зато выращиваю помидоры. И, должен вам признаться, с большим удовольствием. Мои помидоры получаются куда вкуснее тех, что продаются в магазине...





Гобинд Корана:

"Я НЕ ИЩУ ГЕНИЕВ..."

НАЧИНАЕМ С ИНТЕРФЕРОНОВ

ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ АН СССР Е.Д. СВЕРДЛОВ

ЙОЗЕФ РЖИМАН:

"НАУКА НЕ СТОЛЬ СИЛЬНА,
ЧТОБЫ ТВОРИТЬ ЧУДЕСА ТАМ,
ГДЕ ГОСПОДСТВУЕТ БЕСПОРЯДОК"

ПЬЕР ГРАБАР: "Я ЛЮБЛЮ, КОГДА
В ЛАБОРАТОРИИ
ПОЮТ И СМЕЮТСЯ.
ЭТО ЗНАЧИТ,
ЧТО ВСЕ ИДЕТ
ХОРОШО"

Гобина Корана:
"Я НЕ ИЩУ
ГЕНИЕВ..."

Хар Гобинд Корана родился в Индии в 1922 г., получил образование в Европе и с 1960 г. работает в США, в Массачусеттском технологическом институте. Его имя стало известно широкой публике после того, как в 1968 г. ему совместно с М. Ниренбергом и Р. Холли была присуждена Нобелевская премия по медицине и физиологии за выдающийся вклад в расшифровку генетического кода. Но еще задолго до этого, с середины 50-х годов, специалисты по химии и биохимии нуклеиновых кислот внимательно следили за статьями Кораны, посвященными изучению химических свойств моноклеточных и путей направленного создания олиго- и полинуклеотидных цепей со строго определенной последовательностью мономерных звеньев. Интенсивно и целенаправленно развивая эту область биоорганической химии, Коране первому в истории науки удалось синтезировать искусственный ген. В 1970 г. на Международном симпозиуме по химии природных соединений Корана впервые сообщил об этой работе. Там же, в Риге, состоялась публикуемая здесь беседа с ним.

Спустя несколько лет в лаборатории Кораны синтезировали еще один ген и продемонстрировали его биологическую активность в живой клетке. К середине семидесятых годов Корана изменил своим давним интересам и переключился на изучение мембранных белков. Порожденное, а затем оставленное им направление пережило головокружительный взлет, нынешние возможности искусственного синтеза нуклеиновых кислот поражают воображение, но по-прежнему в основе этого синтеза лежит то, что в свое время придумал и сумел сделать Корана.

— Что побудило вас заняться исследованиями, лежащими на грани химии и биологии?

— Многие из нас начинали свой научный путь химиками, но поставили перед собой цель развивать химические методы с тем, чтобы впоследствии с их помощью решать биологические проблемы. Иначе говоря, мы понимали, что рано или поздно химия и биология сольются.

— А вы отдавали себе отчет, что работа в той области химии, которой вы себя посвятили, приведет в конце концов к синтезу гена?

— Такого никто не может знать заранее.

— Но у вас все же была какая-то конструктивная программа?

— Я могу лишь повторить: человек не может заранее знать, в чем будет заключаться очередное наиболее важное открытие. Я думаю, что каждый должен делать все, что он может делать в пределах собственных возможностей и квалификации, должен держать глаза и уши открытыми и следить за всем, что происходит вокруг. Ведь открытия приходят со всех сторон. Например, я помню, какое впечатление произвела на меня работа Ниренберга, которая впервые была доложена в Москве в 1961 году. К тому времени я уже десять лет работал в области химии нуклеотидов и поэтому сразу понял, что как химик я должен включиться в работу по изучению генетического кода. Но я, конечно, не знал тогда, что потом займусь синтезом гена. Кстати, уже начав работать в этой области, я вовсе не знал, к чему это может привести: ведь это было еще до того, как был открыт применяемый нами фермент ДНК-лигаза, а без этого фермента, как вы понимаете, ген синтезировать бы не удалось. Я не говорю, конечно, что если бы ДНК-лигаза не была обнаружена, то не удалось бы синтезировать ген вообще, это удалось бы, но только значительно позже и, возможно, не нам.

— В каком году вы начали работу по синтезу гена?

— В 1965 году. Решение синтезировать именно этот ген было принято тотчас же после того, как мы узнали от Холли последовательность нуклеотидов в аланиновой тРНК.

— Пять лет потребовалось, чтобы прийти к замечательному результату. Но когда вы только начали свою работу, у вас не могло быть абсолютной уверенности

в успехе — вы же сами сказали, что невозможно предугадать очередное открытие. Скажем, если бы вы не получили в свое распоряжение ДНК-лигазу, то сообщение о синтезе гена было бы сделано не сегодня и не вами, а сколько-то лет спустя каким-нибудь другим химиком. Так как же вы тогда, в 1965 году, отважились приступить к исследованию, которое несомненно сулило неимоверные трудности, но не давало уверенности в конечном успехе?

— Что бы я ни ответил на ваш вопрос, это будет означать, что я предаюсь гордыне, а это не очень хорошо. Мне остается только повторить то, что когда-то сказал Даг Хаммаршельд, генеральный секретарь Организации Объединенных Наций. Он сказал, что никогда не следует измерять высоту горы до тех пор, пока не взберешься на ее вершину, потому что, только взбравшись на вершину, можно увидеть, что гора была не очень-то высокой... Добавлю от себя: вы никогда не взберетесь на вершину горы, если будете все время смотреть только на эту вершину, вы непременно споткнетесь о камень, которого не заметите у себя под ногами; но вы никогда не взберетесь на вершину и в том случае, если будете идти, не выбирая направления, а только глядя себе под ноги, чтобы не споткнуться. То есть во всяком деле, в том числе и в научной работе, нужно выбрать цель, выбрать направление, а потом идти в этом направлении, не обращая внимания ни на какие трудности. Кстати, когда я смотрю на какую-нибудь проблему в целом, у меня всегда возникает ощущение, что я, быть может, и не успею пройти всю дорогу...

— Вы работаете не в одиночку, в вашу группу входят молодые талантливые ученые из многих стран — Италии, Норвегии, Голландии, Японии, Индии, США. Работал в вашей группе и химик из СССР. Как вы подбираете сотрудников?

— У меня работают только молодые люди, уже получившие квалификацию опытных химиков. Но я не ищу гениев, превыше всего я ценю преданность работе. У меня нет постоянного штата: сотрудники приходят ко мне и уходят, проработав два-три года. А вообще из большого числа предложений от желающих работать у меня я принимаю очень немногие: я люблю, чтобы группа оставалась небольшой. Например, над синтезом гена алапиновой тРНК работало всего тридца-

дцать человек, причем на протяжении всех пяти лет группа оставалась интернациональной.

— Вы сказали, что превыше всего цените преданность работе. Правда ли, что в вашей лаборатории работают по 16 часов в сутки и практически без выходных?

— Отношение сотрудников к работе — это очень важно. Важна увлеченность. И я думаю, что каждый руководитель может добиться такой увлеченности от своих сотрудников, подавая им личный пример. Я не люблю, чтобы работали на меня, я люблю, чтобы работали со мной... в одной упряжке. Я не думаю, чтобы мои сотрудники стали сами работать так много, как работаю я, но когда они видят, как я работаю, то и они начинают работать все интенсивнее и интенсивнее. Потом они видят, что могут сделать еще немножко больше, потом еще немножко больше. И это их захватывает, а потом у них возникает чувство свершения...

— А какие из подобных свершений запомнились вам больше всего?

— Были очень волнующие моменты. Например, когда мы впервые в начале 1968 года (это было 9 января, в мой день рождения) применили ДНК-лигазу и увидели, что с ее помощью можно спивать олигонуклеотиды... Дни, подобные этому, редки. Но были и другие такие дни. Еще до того как мы начали синтезировать ген, в августе 1964 года, мы в половине одиннадцатого вечера обнаружили, что маленькие кусочки ДНК могут быть значительно увеличены с помощью ДНК-полимеразы, открытой Корнбергом. Я помню очень ясно, что мы пошли домой в первом часу ночи, когда все уже было закрыто, но мы все-таки ворвались в один бар и пили там пиво. Мы знали, что сделали очень важный шаг. Это всегда очень волнующие моменты.

— Какие надежды вы связываете с дальнейшим развитием науки?

— Я думаю, только наука может решить сложнейшие проблемы, стоящие перед современным человечеством, например такие проблемы, как получение достаточного количества пищи или сохранение среды, в которой мы обитаем.

— Но вы говорите о науке вообще. А что вы думаете о последствиях вашей работы? Когда в печать просочились слухи о том, что синтезирован ген, то возмож-

ность сознательного управления наследственностью человека перестала казаться чистой фантазией. А подобная возможность вызвала у людей вполне естественную тревогу.

— Тревогу может вызывать практически любая научная работа. Более того, человек знаком с этой проблемой двойственности применения знаний с древнейших времен. Например, когда человек научился добывать огонь, то он мог использовать его или для того, чтобы обогреть свое жилище, или для того, чтобы жечь жилища соседей... С этой же проблемой столкнулся и Нобель: динамит используют не только для мирных, но и для военных целей. Поэтому весь вопрос заключается лишь в том, чтобы использовать научные достижения подобающим образом. Если же этого не произойдет, то последствия могут быть самыми печальными.

— В печати были сообщения о том, что некоторые специалисты в области молекулярной биологии решили отказаться от активной научной деятельности потому, что достижения этой науки в будущем могут быть использованы во вред человечеству. Как вы расцениваете подобные поступки?

— Я думаю, что бессмысленно бросать работу в избранном направлении даже в том случае, если знаешь, что последствия этой работы могут быть использованы во вред человеку. Ведь то, чего не сделал один, непременно рано или поздно сделает другой. Так что пассивный уход от научной деятельности не может ни к чему привести.

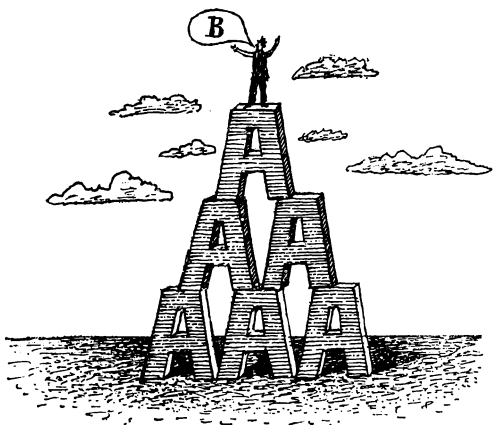
— Как вы считаете, можно предотвратить использование научных достижений, в частности в области молекулярной биологии и генетики, во вред человеку?

— Я думаю, я надеюсь, что к тому времени, когда управление наследственностью станет реальностью, люди будут достаточно мудрыми для того, чтобы разумно решать подобные проблемы. Сейчас перед человечеством стоит множество проблем, для разрешения которых необходим разумный подход, — это, например, проблема использования космического пространства, проблема использования могущественных сил, которыми располагает современная цивилизация. И намечается явная тенденция ко все более и более разумному решению подобных проблем. А то, о чем мы сейчас говорим, приобретает, возможно, какую-нибудь практи-

ческую значимость через несколько десятилетий, не ранее. Я надеюсь, что к этому времени человечество значительно поумнеет.

— Некоторые ученые отрицательно относятся к популяризации научных знаний, поскольку популяризация неизбежно связана с упрощением сути научной работы. Не кажется ли вам, что гласность, пусть даже достигнутая ценой некоторых упрощений, позволит человечеству более сознательно, а значит, и более разумно относиться к тому, что его ожидает в будущем?

— Безусловно. Гласность, широкое обсуждение научных проблем имеют только положительное значение для жизни общества.



НАЧИНАЕМ С ИНТЕРФЕРОНОВ

ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ АН СССР.
Е. Д. СВЕРДЛОВ

Евгений Давидович Свердлов, лауреат Ленинской и Государственной премий, заведует лабораторией в Институте биоорганической химии им М. М. Шемякина АН СССР, а недавно избран директором Института молекулярной генетики АН СССР. Область его интересов — нуклеиновые кислоты. Он предложил оригинальную идею определения нуклеотидной последовательности — методом избирательной химической модификации.

Е. Д. Свердлова интересуют не только фундаментальные, но и прикладные исследования. Под его руководством в нашей стране был разработан генноинженерный способ получения интерферона человека. А что это означает на деле?

Хотя задача может показаться чисто технической, здесь в действительности есть много невыясненных научных вопросов, а также то, что именуется научной кооперацией. Эта кооперация принимает различные формы — от совместной работы, распределения конкретных заданий до советов, как лучше выполнить ту или иную процедуру. Непосвященные мало знают об этом компоненте научной деятельности. Со стороны представляется, что наука — это обсуждение открытий на симпозиумах и конференциях, сами же открытия готовятся в лабораториях, в которых есть все или почти все, что нужно. На самом деле такое представление весьма далеко от действительности. Очень важно, а во многих случаях и самое главное в научной деятельности — неформальное общение специалистов. Попросту, это разговоры — всегда и везде — и, наконец, взаимные просьбы, просьбы, просьбы: реактивов, препаратов, возможности провести измерения на приборе, посчитать на компьютере и так далее и тому подобное. Без это-

го, по крайней мере в молекулярной биологии, не получается ничего.

Публикуемый рассказ Е. Д. Свердлова о генноинженерном интерфероне вводит читателя в это братство ученых, самых разных по положению, должности, специальности, умелости, предприимчивости. Братство, которое оказывается удивительно прочным, несмотря на возникающие конфликты — зачастую очень острые, прочным потому, что иначе просто невозможно делать всю эту науку.

Боюсь, что я вряд ли твердо знал, что такое интерфероны, когда наш директор, академик Юрий Анатольевич Овчинников, в середине 1980 года вызвал меня и сказал: «Женя, надо сделать интерферон человека генной инженерией. Это очень серьезная проблема». Я пытался слабо сопротивляться: «Мы не сможем... нет опыта... нет базы...» Ответом было: «Если у вас нет базы, то идите работать туда, где база есть». Я понял, что интерферон очень нужно сделать. Но как?

В общем виде я представлял себе, что надо делать. Прежде всего требуется получить ген, кодирующий интерферон. Для этого надо взять клетки человека, выделить из них информационные РНК (иРНК), получить с помощью фермента обратной транскриптазы комплементарные этим иРНК молекулы ДНК (кДНК); соединить кДНК с молекулами ДНК-векторов и ввести полученные рекомбинантные ДНК в бактериальные клетки. Далее те бактериальные клетки, в которые проникли рекомбинантные ДНК, можно поместить на твердую питательную среду. Клетки начнут размножаться, каждая дает потомство, и в том месте, куда она попала вначале, вырастет нечто очень напоминающее шляпку масленка. Одна шляпка состоит из миллионов совершенно одинаковых бактерий — потомков исходной пра-пра-пра... родительницы. Это потомство называют клоном, саму операцию такого размножения клеток — клонированием, а сумма всех клонов, в которую входят почти все кДНК, соответствующие множеству разных иРНК, синтезируемых клеткой, носит название библиотеки кДНК. В каждом клоне представлен только один тип кДНК. И вот в этой библиотеке нужно найти именно те клоны, где содержится запись об интерфероне. Их должно быть очень мало, так как среди множества информационных РНК в

клетке на долю иРНК интерферонов приходится, наверное, десятые, а то и сотые доли процента.

Но как все это делать? У меня был вполне достаточный опыт экспериментальной работы, чтобы представлять пропасть между принципиальной простотой того, что я знал, и сложностью его практического исполнения. Каждая стадия — это полновесное «ноу-хау», а за «ноу-хау» не зря платят большие деньги.

Более того, все вышеизложенное лишь самое общее представление, которое годится на все случаи жизни, и, как всякая вещь, годящаяся на все случаи, для каждого конкретного случая подходит не самым лучшим образом.

Чтобы выбрать наиболее правильный путь получения библиотеки клонов и поиска в ней определенной кДНК, нужно хорошо представлять себе тот конкретный объект, который собираешься клонировать.

Знакомлюсь с проблемой

Разговор с директором состоялся в конце дня, и на завтра я отправился в библиотеку знакомиться с интерфероном поближе. Литература оказалась весьма обильной, и вот что я узнал.

В 1957 году А. Айзекс и Дж. Линденман показали, что клетки животных, инфицированных вирусом, выделяют в среду некий фактор. Этот фактор, будучи добавленным к здоровым клеткам, придает им устойчивость к действию вируса, то есть интерферирует (препятствует) его действию. Фактор назвали интерфероном. Ясно, что он мог бы стать универсальным противовирусным средством. Обычно клетки не синтезируют интерферон, синтез должен быть чем-то вызван (индуцирован). Один из способов подтолкнуть клетку — воздействие вируса. Далее. Интерфероны — это белки видоспецифичные, то есть если хочешь лечить интерфероном людей, то использовать для этого нужно интерферон человека. И еще. Существуют три группы интерферонов: α -интерферон, образующийся при действии вирусов на лейкоциты, β -интерферон, выделяемый клетками фибробластов, и γ -интерферон (еще называемый иммунным), который способны синтезировать Т-лимфоциты. У человека α -интерферон состоит из смеси многих похожих белков, а β - и γ -, по-видимому, представляют собой индивидуальные белки.

Интерферонов (любых) клетка выделяет очень мало. Например, из 1 л крови доноров можно получить около 0,000001 г лейкоцитарного интерферона. Иммуный интерферон значительно менее доступен, чем фибробластный или лейкоцитарный, и значительно менее изучен.

Картина была безрадостная, из нее следовал вывод, что браться нам надо за лейкоцитарный интерферон, поскольку с иммунным дело совсем сложное, фибробласты мы культивировать не умеем, а вот лейкоциты, наверное, сможем получить.

Нужно было искать партнеров, которые умели бы эти лейкоциты индуцировать.

Несколько запомнившихся разговоров того времени:

— Говорят, ты собираешься получать генноинженерный интерферон?

— Да.

— Ну-ну...

— Слушай, я тут намереваюсь получать генноинженерный интерферон. Ты хочешь войти в команду?

— Старик, я не сумасшедший ...

Ищу партнеров

Я отправился в аптеку, где выяснил, что интерферон получают в Институте эпидемиологии и микробиологии им. Гамалеи АМН СССР. Потом пошел в межведомственный совет по проблемам физикохимической биологии и биотехнологии к его ученому секретарю О. В. Старовскому, и вскоре было собрано совещание, в котором участвовали сотрудники института им. Гамалеи. Первый альянс был создан. Но в изначальном виде он оказался неплодотворным, примерно полгода было потрачено впустую. Затем на арене появился человек из того же института, который реально, а не на словах смог предоставить для работы достаточно лейкоцитов, индуцированных вирусом. Это был Владимир Павлович Кузнецов, из отдела, которым руководил академик АМН СССР В. Д. Соловьев. Валентин Дмитриевич Соловьев — пионер исследований интерферона в СССР, а В. П. Кузнецов руководит производством этого лекарства. И он настоящий энтузиаст. Дело сдвинулось с мертвой точки.

Оказалось также, что интерфероном интересуются во ВНИИ генетики Главмикробиопрома (директор В. Г. Дебатов), а в рижском Институте органиче-

ского синтеза АН ЛатвССР мой хороший знакомый Э. Я. Грэн уже начал подобную нашей программу. Все мы договорились о кооперации.

Не успели начать работу, как одна за другой появились статьи группы Ч. Вейссманна из Швейцарии и группы Д. Гедделя из США, проводивших клонирование и описавших структуры кДНК нескольких лейкоцитарных интерферонов, и статья Т. Танигучи из Японии, клонировавшего кДНК фибробластного интерферона. Было ясно, что проблемой активно интересуются во всем мире. Неудивительно: от интерферонов ждали многого. Некоторые исследования показывали их противоопухолевую активность, что само по себе подогревало интерес врачей, а широкий спектр противовирусной активности вообще не вызывал сомнений.

Выделяем иРНК интерферона

Позвонил В. П. Кузнецов: «Через три дня запускаем для вас лейкоциты. Как обрабатывать их после индукции?» После недолгого размышления мы решили забрать лейкоциты сразу после завершения индукции и выделять иРНК у себя, в Институте биоорганической химии.

Индукция закончилась поздно вечером. В 12 часов ночи лейкоциты были привезены из института им. Гамалеи к нам, и выделение иРНК началось...

К этому важному моменту мы готовились заранее — учились выделять информационные РНК из лейкоцитов свиньи. Тренировка оказалась полезной. Лейкоциты были разрушены, из них выделили все виды РНК, которые содержатся в клетке: рибосомные, транспортные, информационные. У иРНК есть отличительная особенность: она несет на конце «хвост» — полимер, составленный из одних аденозинов, полиА. За этот «хвост» ее можно вытянуть из смеси всех РНК.

Вытаскивающей «рукой» служат полимеры, ковалентно связаны с целлюлозой. Поскольку тимидин способен образовывать комплементарные пары с аденозином (вспомните знаменитые уотсон-криковские пары А—Т и Г—Ц), то олигоТ прочно связывается с «хвостом» молекулы иРНК и сорбируется на целлюлозе. Прочие РНК оказываются несвязанными.

Вот это все и проделали двое сотрудников нашей лаборатории — С. А. Царев и Т. В. Виноградова. За не-

сколько циклов круглосуточной работы они выделили достаточно много иРНК. Но мы не знали, есть там что-нибудь относящееся к интерферону или нет. Проанализировать полученную иРНК помог К. Г. Газарян, заведовавший в то время кафедрой эмбриологии на биологическом факультете МГУ.

Там у них на биофаке есть большой аквариум, в котором живут любимые эмбриологами африканские шпорцевые лягушки — *Xenopus laevis*. Ооциты этих лягушек представляют собой клад для исследователей иРНК. Ооцит готов синтезировать белок с любой эукариотической иРНК — для этого он оснащен всем необходимым. Требуется только ввести РНК в цитоплазму ооцита. Делают это с помощью микроинъекций растворов, содержащих иРНК. Именно так и поступили сотрудники К. Г. Газаряна. Оказалось, что впрыскивание нашей иРНК придает экстрактам, полученным из ооцитов, интерфероновую активность — они подавляют размножение вирусов. Такой способностью не обладала иРНК, выделенная из неиндуцированных лейкоцитов. Вывод следовал однозначно — в нашей иРНК содержится та, что кодирует интерферон.

Первый опыт выделения иРНК оказался успешным. Потом это стало привычной операцией, но все мы хорошо помним волнение на каждом этапе отработки методики и радость каждой удачи. Потом у нас появились свои ксенопусы и впрыскивание в ооциты тоже было освоено. Но с каким же уважением смотрел я в первый раз на неказистых амфибий, казавшихся мне великолепными, и на людей, которые умели впрыснуть в миллиметровую бусинку ооцита несколько сотых микролитра раствора!

Двигаемся дальше

Следующим этапом должна стать обратная транскрипция: получить по нашим иРНК комплементарные им ДНК. Опять совершенно новая для нас операция. К счастью, среди моих приятелей не последнее место занимает такой человек, как Вадим Моисеевич Кавсан, работающий в Киеве, в Институте молекулярной биологии и генетики АН УССР. Среди множества совершенных им славных дел одно было замечено и отмечено Государственной премией СССР: он наладил в нашей стране производство обратной транскриптазы и готов был предоставить этот фермент для работы.

Но одной дружеской готовности мне было мало, и я предложил Кавсану проводить обратную транскрипцию вместе, чтобы сэкономить время и деньги, которые стоит этот фермент, не тратя то и другое на обучение работе с ним. Вадим тут же согласился и даже, вопреки обыкновению, не стал требовать взамен каких-нибудь дефицитных реактивов. Нет, не подумайте чего плохого — Вадим человек бескорыстный, но ведь он научный работник, хочет работать и сталкивается при этом в полной мере с недочетами системы снабжения научных исследований. Трудно предвидеть на долгий срок вперед, какие результаты даст эксперимент сегодня и, следовательно, какие вытекающие из этих результатов эксперименты придется делать завтра. Вести эксперимент — значит использовать реактивы, ферменты, посуду, оборудование. Мы заказываем это на год вперед, реально получаем года через полтора и, хотя стараемся предвидеть все на все случаи жизни, все равно ошибаемся. Если бы можно было часть средств использовать более гибко, давая заказы ну, скажем, за месяц! Экономило бы это деньги, и наука выигрывала бы. Если бы... Ну а пока...

— Вадим, у тебя есть обратная транскриптаза?

— Есть, но мне пужно 100 микрокури меченых дезокситрифосфатов...

— Роберт, говорят у тебя есть концевая нуклеотидилтрансфераза?

— Ну есть, а вот нет ли у тебя немножно рестриктазы XhoII?

— Валерий Иванович, извините ради бога, но один доброжелатель утверждает, что у вас есть хороший клеповский фрагмент...

— Знаете, его очень мало, но если у вас есть экзонуклеаза-III, то можем поменяться...

Звонят телефоны, заключаются сделки, тратится время, хорошо, если у кого-нибудь есть...

А Кавсан человек действительно бескорыстный. Вскоре к нам на улицу Вавилова приехал его сотрудник Алеша Петренко, и они с Сергеем Царевым стали синтезировать кДНК. Прodelали они примерно следующее. К смеси иРНК добавили олигоТ — такой же, какой был «пришит» к целлюлозе. В результате образовался комплекс, в котором олигоТ связан с «хвостом» в иРНК. Обратная транскриптаза присоединяет к олигоТ нуклеотиды, комплементарные иРНК и строит пер-

вую цепь ДНК. ОлигоТ играет роль затравки в этом синтезе. Без затравки обратная транскриптаза не работает — она должна с чего-то начать синтез. Вторую цепь ДНК синтезировали с помощью другого фермента, ДНК-полимеразы. Комплементарная ДНК была готова. Теперь ее нужно было клонировать.

**Библиотека клонов,
она же клонотека, она же банк кДНК**

Некоторый опыт клонирования у нас уже был. Незадолго перед началом работы по интерферону мы сделали довольно симпатичную работу, в которой синтетическая ДНК, кодирующая маленький нейропептид — лейцинэнкефалин, была клонирована и встроена в геном *E. coli*. Но то, что предстояло на этот раз, было, конечно, значительно сложнее.

В первом случае клонировали один определенный фрагмент ДНК и, в сущности, все полученные клоны содержали требуемую вставку. А теперь в смеси разных кДНК, которой мы располагали, присутствовала лишь ничтожная часть той кДНК, которая кодирует интерферон: 0,01% — одна десятитысячная часть смеси. Это означало: для того чтобы с вероятностью 99% обнаружить в библиотеке кДНК требуемый клон, нужно перебрать около 50 000 клонов. Ну а если вдруг доля искомой РНК еще меньше? А закон Паркинсона?.. В общем, лучше бы получить клонов тысяч так двести, думал я.

И тут встало сразу несколько проблем. Первая — эффективность клонирования. Для работ с энкефалином это было несущественно, а сейчас мы располагали примерно 2 мкг кДНК, из которых надо было получить 200 000 клонов, то есть на каждый нанограмм кДНК следовало получать хотя бы по 100 клонов.

Вообще-то, судя по научной литературе, ничего в этой задаче особенного не было — в других лабораториях получали и по 1000 клонов на нанограмм кДНК, но мы пока мало что умели и ориентировались на более скромные цифры.

Далее. Для клонирования лейцинэнкефалина все необходимые структурные элементы гена были запланированы при его синтезе. А теперь эти элементы еще пужно было присоединить к нашей кДНК. Перед нами были два пути. Один — так называемый полиГ —

полиЦ тэйлинг (по-русски — присоединение «хвостов» или «охвостение»). Он состоит вот в чем. С помощью фермента концевой нуклеотидилтрансферазы к комплементарной ДНК пристраивают полиЦ — «хвосты». А плазмиду-вектор разрезают какой-либо рестриктазой и в местах разреза тоже наращивают «хвосты» — полиГ. Когда такие «охвостенные» плазмиды и кДНК смешивают, то полиЦ и полиГ взаимодействуют друг с другом и образуется рекомбинантная ДНК, которую можно клонировать.

Второй путь таков. С помощью фермента ДНК-лигазы к кДНК пришивают синтетические фрагменты, так называемые линкеры, в которых есть куски, узнаваемые определенной рестриктазой. Затем ДНК расщепляют этой рестриктазой и линкеры образуют так называемые «липкие» концы: выступающие одноцепочечные участки. Они всегда комплементарны тем концам, которые образуются при расщеплении любой ДНК именно этой рестриктазой. Затем ДНК-вектор разрезают данной рестриктазой; ДНК-вектор и кДНК смешивают, их «липкие» концы слипаются, и после сшивки ферментом образуются циклические рекомбинантные ДНК.

Было решено использовать оба пути. За метод тейлинга взялся С. А. Царев (звонок А. Бочарову из Института молекулярной биологии АН СССР: «Саша, ты не дашь нам немного нуклеотидилтрансферазы?»). А за линкерную методику — Галина Сергеевна Монастырская (звонок К. Г. Скрыбину в тот же ИМБ: «Костя, дай пожалуйста, немного Hind III линкера!»).

Что же касается микробиологической части работы, то есть введения рекомбинантных ДНК в клетки, посева их на твердую среду и получения клонотек, то за нее отвечала Елена Михайловна Ходкова (теперь она, во-первых, Зайцева, а во-вторых, к сожалению, уехала от нас в Ленинград). Многими трудами ей удалось достичь эффективности клонирования 100—200 (а время от времени и 300!) клонов на нанogramм ДНК. И вот две клонотеки получены.

Клоны были выращены на фильтрах из нитроцеллюлозы, которые лежали на питательном агаре, и с них были сняты копии (мы их называем репликами), то есть на каждый из фильтров клонотеки клали чистый фильтр, этот новый фильтр помещали на питательную среду, и в тех местах, где он соприкасался с клонами

исходного фильтра, выросли новые клоны — от бактерий, перешедших с исходного фильтра. Реплики, таким образом, зеркально отображали распределение клонов в исходной клонотеке. На каждом исходном фильтре было около 2000 клонов, клонотека состояла из 200 фильтров (а ведь были еще копии), и во всем этом «стоге сена» нужно было найти «иголку» — клоны, содержащие кДНК интерферона.

Интерферон, ау!

Ю. А. Овчинников регулярно обсуждал со мной ход дела, советовал, энергично помогал организационно. Но его беспокоило, что двигаемся мы медленно. Получение интерферона входило в Государственную комплексную целевую программу «Биотехнология», и было невозможно не выполнить наши обязательства. Но ведь не все удастся ускорить работами круглосуточными, без выходных и отпусков. Шла весна 1981 года, а у нас еще не было в руках гена. Более того, мы, честно говоря, не знали, как его искать. Испробовали несколько вариантов, которые ни к чему не привели. И некоторые сотрудники уже прямо спрашивали меня, а что будет, если не найдем? Об этом же думал и я.

Существовала еще одна возможность — использовать гибридизацию клонов с мечеными синтетическими олигонуклеотидными зондами. Опять совершенно новый для нас путь. Да еще и непростой, потому что химики, работавшие тогда с нами, синтезировали олигонуклеотиды и медленно и неохотно.

Одну из реплик кДНК на нитроцеллюлозных фильтрах обрабатывали щелочью, при этом колонии разрушались, ДНК в них денатурировала, то есть две ее комплементарные цепочки разделялись и сорбировались в той точке нитроцеллюлозного фильтра, в которой находился клон. Олигонуклеотиды синтезировали так, что они были комплементарны одной из цепочек кДНК интерферона и, следовательно, могли образовывать с этой цепочкой комплементарный комплекс. Если олигонуклеотид метить радиоактивным изотопом фосфора ^{32}P , то при добавлении такого меченого олигонуклеотида к фильтру с сорбированной денатурированной ДНК он найдет комплементарную последовательность, свяжется с ней, и участок фильтра, где на-

ходился клон, содержащий эту последовательность, станет радиоактивным. Этот участок легко обнаружить с помощью радиоавтографии: рентгеновская пленка, приложенная к фильтру, засвечивается в участках, соприкасающихся с радиоактивными клонами.

Правда, бактерии на реплике при этом убиваются. Но можно на другой, параллельной реплике взять клон, положение которого совпадает с радиоактивной точкой на первой реплике, размножить этот клон, выделить плазмиду и определить ее структуру, чтобы убедиться, что это действительно кДНК интерферона.

Олигонуклеотиды были синтезированы, и работа по гибридизации началась. Ее делали С. Царев и я. Да только вот беда: все клоны давали некоторый фон радиоактивности из-за неспецифического связывания меченых олигонуклеотидов, и мы все время боялись пропустить нужные клоны, поскольку не знали, как отличается специфическая гибридизация от неспецифической. И вдруг на одном из фильтров какой-то клон дал сигнал значительно более интенсивный, чем другие. Ура!

Тотчас отыскивали этот клон на параллельной реплике. Он действительно давал четкую гибридизацию с одним из олигонуклеотидов. Выделили из него кДНК, и Г. С. Монастырская определила ее первичную структуру. Ничего общего с геном интерферона!

Сильная гибридизация объяснялась случайным совпадением маленького участка структуры. Не виновата в этом была Галя, которая определяла первичную структуру, но злы мы были почему-то на нее. И все же клон этот сослужил нам полезную службу. Мы использовали его для контроля превышения сигнала над фоном и в дальнейшем на каждый фильтр клонотехи наносили в определенном месте бактерии из этого клона, чтобы сравнивать сигнал в этом участке с другими сигналами.

Вскоре многодневная тяжелая работа стала приносить плоды. В библиотеке из примерно 400 000 клонов было найдено около двухсот клонов, дающих несомненный сигнал. А один из этих клонов давал гибридизацию с двумя разными олигонуклеотидами, комплементарными к разным участкам кДНК.

Если гибридизация с одним олигонуклеотидом еще могла быть случайной, то теперь ее случайность можно было считать очень маловероятной. И мы начали

анализировать кДНК этого клона. А чтобы не терять времени, 50 гибридизующихся клонов отдали для параллельного анализа Дебаву и 50 отправили в Ригу.

В Риге к этому времени тоже завершали создание клонотеки, и мы переправили им меченые зонды для анализа и разработанные нами методики гибридизации... Оставшиеся 100 гибридизующихся клонов мы продолжали анализировать сами.

Пока шел этот анализ, Г. С. Монастырская определила первичную структуру фрагмента, гибридизовавшегося с двумя олигонуклеотидами. Он оказался полным геном одного из интерферонов, описанных Д. Гедделем, — интерфероном F, хотя и с некоторыми отклонениями, одно из которых мы приписали ошибке, сделанной Гедделем при определении первичной структуры. В остальном же — несомненный ген интерферона!

Напряжение многих месяцев спало. Я сообщил Ю. А. Овчинникову о находке, а на очередном совещании Межведомственного совета сказал: «Поиск клонов и экспрессию генов можно сравнить с поиском и засолкой грибов соответственно. Если грибы найдены, то, плохо ли, хорошо ли, они будут засолены. Худо, когда грибов нет. А ген интерферона у нас уже есть».

Началась спокойная (сравнительно) полоса работы.

Вскоре из ВНИИгенетики сообщили, что в 50 переданных им клонах два содержат фрагменты другого гена интерферона — гена α_2 , описанного незадолго до этого Ч. Вейсманном. (Эти фрагменты впоследствии были использованы коллегами из Главмикробиопрома как зонды для поиска генов в банке геномных генов, полученном ими от К. Г. Газаряна, и позволили легко обнаружить несколько геномных генов интерферона.) Мы же тем временем нашли фрагмент еще одного гена — α_1 (по номенклатуре Вейсманна), очень удобный тем, что его вырезала рестриктаза EcoRI — самая доступная из рестриктаз. Этот клон также был передан в Ригу и для контроля гибридизации, и как источник одного из фрагментов гена интерферона, который сам, будучи меченым, мог служить весьма специфичным зондом. Прошло некоторое время, и мы нашли в наших клонах еще несколько фрагментов гена интерферона α_2 и получили возможность вдобавок к гену

Восстановить целый ген α_2 , что вскорости и было сделано. Это было существенно, поскольку, по имевшимся тогда данным, именно интерферон α_2 был основным компонентом в природной смеси лейкоцитарных интерферонов. В дальнейшем один из концов этого гена мы заменили на фрагмент, найденный в Риге, — он давал большее удобство при операции вырезания гена из плазмиды.

Пока же шел этот поиск и анализировались фрагменты, мы начали следующую стадию работы — экспрессию генов интерферона. Иными словами, их надо было заставить работать в микробных клетках.

Экспрессировать — это не грибы солить

E. coli (кишечная палочка) так долго была излюбленным объектом генетиков, что и в генную инженерию она вначале вошла как монополист. Однако у бактериальных клеток есть ряд недостатков. В частности они не способны правильно отщеплять сигнальные пептиды от белков млекопитающих, они не могут также осуществлять такие процессы, как процессинг и модификацию эукариотических белков. По этим причинам бактериальные клетки не всегда подходящие хозяева для чужеродных генов, хотя они и привлекательны простотой обращения. В последнее время стали разрабатывать системы экспрессии генов в бациллах, дрожжах, клетках растений и млекопитающих. Мы же начали с *E. coli*.

Опять принципиально все было ясно. Во-первых, ген интерферона кодировал не тот интерферон, который выделяется из клеток при индукции вирусом, а интерферон-предшественник — более длинный белок, который в клетках млекопитающих расщепляется (говорят — «вызревает») и дает «тот», «зрелый», интерферон. Мы знали, что клетки бактерий не могут правильно расщеплять белки-предшественники млекопитающих и давать «зрелые» продукты. Следовательно, нужно исходный ген предварительно реконструировать — отделить часть, кодирующую только зрелый интерферон, от всего лишнего и присоединить к ней фрагмент ДНК, кодирующий два сигнала, необходимые, чтобы обеспечить синтез интерферона по иРНК, — один из них помогает иРНК связаться с рибосомой, а другой дает возможность начать синтез. Кроме того, к гену

следует присоединить промотор — сигнальный элемент, обеспечивающий считывание гена, синтез иРНК, соответствующей гену интерферона.

Ни одна из этих операций не представляла для нас труда. В кратчайший срок первая конструкция была готова. Для ее изготовления к гену интерферона присоединили бактериальный промотор, который заставляет клеточные ферменты копировать этот ген в виде иРНК. Промотор мы позаимствовали у *E. coli* — в бактерии он управляет синтезом ферментов, ведающих усвоением лактозы (так называемый *lac*-промотор). Вместе с промотором присоединили также сигналы начала синтеза белка. Эти сигналы считываются в составе иРНК и указывают клетке, где ей нужно начать синтез. Всю полученную конструкцию мы встроили в молекулу-вектор, способную размножаться в бактериальной клетке и передаваться из поколения в поколение.

Плазмиду со встроенным в нее геном интерферона ввели в клетку *E. coli*. Клетки были выращены, разрушены, и по всем канонам в их экстракте должен был присутствовать интерферон. Экстракту надлежало обладать противовирусной активностью. Но он не обладал. Об этом сообщил нам В. П. Кузнецов, который анализировал активность. Взяли другой промотор, тоже заимствованный у *E. coli*, но управляющий биосинтезом триптофана. Создали вторую конструкцию. Кузнецов проанализировал — есть интерферон! Но очень мало — 1 л суспензии содержал около 10 мкг интерферона. Этот сигнал был подтвержден и сотрудником Института вирусологии А. С. Новохатским, который присоединился к нашей работе.

По нашим приближенным оценкам, потребность в интерфероне составляла несколько килограммов в год. Нетрудно посчитать, что при такой производительности для получения килограмма интерферона требовалось бы выращивать 10⁸ л бактериальной суспензии. И это — в лучшем случае, если бы интерферон при очистке не терялся. Наши коллеги из Главмикробиопрома (теперь Минмедбиопром) посчитали, что они смогут начать производство, если производительность штамма будет хотя бы 1 мг/л. Надо было в 100 раз увеличивать производительность. И началось...

К гену присоединяли разные промоторы, сильные, очень сильные, регулируемые, нерегулируемые. Чем

сильнее промотор, тем больше молекул иРНК синтезируется в клетке, тем, казалось бы, больше интерферона должно вырабатываться. Однако ничего не менялось. Тогда началась другая эпопея — стали менять структуру элементов, регулирующих сам синтез белка. Эти усилия дали нам штаммы бактерий, продуцирующие до 0,2 мг интерферона. Уже кое-что, но надо было достигивать до 1 мг.

Попробовали такой вариант: ген вместе с промотором вставили в особую плазмиду — так называемую «ран-эвэй» (убегающую). При низкой температуре в клетке содержится всего от двух до пяти таких плазмид. Но если повысить температуру до 40–42° С, то число их стремительно возрастает и достигает нескольких тысяч. Плазмиды убегают от клеточного контроля. Мы надеялись, что возрастет число копий гена в клетке и благодаря этому подскочит «количество» синтезируемого интерферона. Так и произошло: клетки, получившие убегающую плазмиду, после подогрева синтезировали до 5 мг/л. В лаборатории царило всеобщее ликование. Но оно гасло день ото дня: наши новые продуценты синтезировали все меньше и меньше интерферона, через месяц они опустились до 10 мкг/л и на этом уровне застыли.

«Психология» клеток, приводящая к этому эффекту, оставалась непонятной. Было ясно только одно: нужно искать дальше. Может быть, интерферон разрушается клеточными ферментами — протеазами? Взяли клетки с пониженным содержанием протеаз, перевели туда плазмиду — никакого эффекта. Возможно, иРНК интерферона разрушается клеточными рибонуклеазами? Перевели плазмиды в клетки с пониженным содержанием рибонуклеаз. Опять никакого эффекта. Попробовали... попробовали... и все безрезультатно. Ох, и поминали мои хорошие знакомые про засолку грибов!

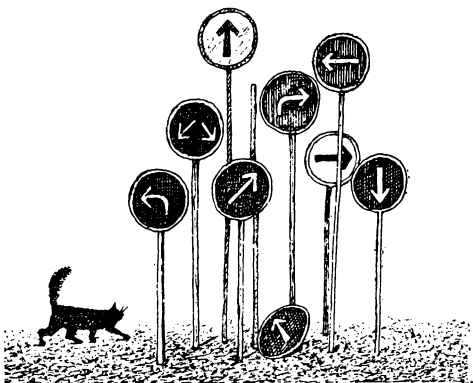
Решение нашлось случайно и неожиданно. Внимательно изучив структуру промоторов, мы нашли способы реконструировать их для наших целей.

И получилось то, что надо! Простой, удобный в работе штамм, дающий желаемые несколько миллиграммов интерферона с литра. Штамм был, кроме того, удивительно стабилен. В дальнейшем описанная здесь конструкция «промотор-ген» была использована для экспрессии всех лейкоцитарных интерферонов — где бы ни

были найдены их гены: у нас, в Риге и во ВНИИ генетики, везде она дала самые хорошие результаты.

В дальнейшем та же конструкция, будучи введенной уже не в *E. coli*, а в другие бактерии, позволила достичь еще более эффективного синтеза. Это сделали уже наши коллеги из ВНИИ генетики и селекции. И в этом виде она пошла в промышленность.

Потом мы создали штаммы— продуценты рекомбинантного иммунного интерферона. У них на долю интерферона приходится 50% белка, синтезируемого клеткой. Потом была работа по изучению вируса гепатита А, направленная на создание вакцины. Потом мы вместе с лабораторией Ю. А. Овчинникова клонировали и изучили структуры огромных генов, кодирующих субъединицы важнейшего клеточного белка Na, K^+ -АТФазы. Потом мы наладили у себя получение обратной транскриптазы и концевой нуклеотидилтрансферазы и других ферментов и научились синтезировать олигонуклеотиды и многое другое. Но все это было потом, и в основе всего этого лежало то, что невозможно описать в статьях, что условно называют «ноу-хау» и что было приобретено в работе по клонированию и экспрессии лейкоцитарного интерферона.



Йозеф Ржиман:

"НАУКА НЕ СТОЛЬ
СИЛЬНА, ЧТОБЫ ТВОРИТЬ
ЧУДЕСА ТАМ,
ГДЕ ГОСПОДСТВУЕТ
БЕСПОРЯДОК"

Каждый год два деятеля науки — советский и зарубежный — становятся обладателями высшей награды Академии наук СССР за выдающиеся достижения в области естественных наук. Эта награда — золотая медаль им. М. В. Ломоносова. В 1987 г. медаль получил Председатель Чехословацкой академии наук академик Йозеф Ржиман.

Й. Ржиман — крупный специалист в области биохимии, молекулярной биологии, генетики ретровирусов. Он организовал и возглавил широко известный и за пределами Чехословакии Институт молекулярной генетики, где на самом современном уровне развиваются работы по биотехнологии, онковирусологии, гибридной технике.

В 1979 г. за успешное выполнение научной программы проекта «Обратная транскриптаза» («Ревертаза») Й. Ржиман вместе с известными советскими учеными получил Государственную премию СССР. Сейчас сотрудничество продолжается в рамках новой программы «Ревертаза—онкоген».

Беседа с академиком Й. Ржиманом состоялась сразу после вручения ему золотой ломоносовской медали.

— Вы — биохимик, вирусолог, молекулярный биолог. Как шла эволюция вашей научной жизни, какой этап в ней вам наиболее дорог?

— Все началось в школьные годы. В гимназии я увлекся естественными науками, особенно медициной. После освобождения нашей страны в 1945 году, как только появилась возможность снова учиться, я поступил в Карлов университет в Праге на медицинский

факультет. Уже тогда мне было ясно, что в работе врача особую роль имеет знание химии. И поэтому в университетском курсе немало времени отдавал этой науке. Моя первая научная работа была сделана еще в студенческие годы. В детской клинике в Праге я изучал, как сказывается недостаток витаминов на развитии грудных детей. В первые послевоенные годы это была достаточно важная тема. Тогда и появилась у меня первая публикация.

Но в медицине я проработал после университета всего год. А потом совершил прыжок «в темноту» — перешел в Высшую химико-технологическую школу. В ее рамках формировались тогда институты, ставшие позднее основой Академии наук.

Я занялся биохимией тканей и клеток. Наука эта у нас была развита слабо, и моим учителем стал венгерский ученый Ференц Штрауб, открывший мышечный белок актин. Сам же он был учеником еще более прославленного учителя — нобелевского лауреата Альберта Спент-Дьердьи.

Меня заинтересовали биохимические основы (теперь принято говорить — молекулярные) злокачественного роста. Важно было найти модельную систему для этих исследований, и я отыскал ее в 1958 году, когда изучал взаимодействие онкорнавируса с клеткой в Каролинском институте в Швеции. В этих работах мы использовали вирус лейкоза птиц. Постепенно удалось выяснить, что лейкоз, вызванный вирусом, есть особый процесс роста клеток и этому процессу присущи свои закономерности. То есть злокачественное заболевание развивается по определенным правилам, а вовсе не является собой некий хаос. Выбор именно такой модели позволил нам несколько опередить исследователей, работавших с другими вирусами, тоже вызывающими злокачественные процессы, например с вирусом саркомы Рауса.

Особенно меня занимал генетический аппарат вируса. В 1967 году я выяснил, что нуклеиновая кислота, входящая в состав онкорнавирусов, выполняет роль информационной РНК при синтезе вирусных белков в клетке. На эту работу позднее стали часто ссылаться.

Работы с вирусом лейкоза птиц заложили основы молекулярной биологии онкогенных вирусов. Это позволило нам включиться в первый совместный молекулярно-биологический проект социалистических стран

«Ревертаза», инициатором которого был академик Владимир Александрович Энгельгардт.

Онкогенные вирусы стали использовать для изучения молекулярной генетики животных клеток. Они оказались для этого уникальной моделью. Во-первых, их генетический аппарат устроен гораздо проще, чем у клеток, он состоит всего из нескольких генов. Во-вторых, у некоторых вирусов, наделенных так называемой трансформирующей активностью, есть, помимо генов, необходимых для размножения самого вируса, еще и гены, ответственные за злокачественное перерождение клеток, зараженных этим вирусом.

Крайне важным стало открытие, что исходно такие гены были нормальными клеточными генами, выполнявшими, вероятно, ответственные регуляторные функции. Однако, переключав в геном вируса, они приобрели новые свойства и, выходя из-под контроля клетки, могут вызывать злокачественное перерождение.

Я объясняю сейчас упрощенно, но даже из такого рассказа очевидно, что мы пытаемся понять, в каких условиях трансформированная клетка меняется настолько, что возникает болезнь. Каждый шаг по этой дороге познания дорог мне по-своему. Я счастлив, что тут есть и мой вклад исследователя.

— За многие годы совместной работы у вас появились в Советском Союзе не только близкие коллеги, но и, наверное, друзья?

— Особенная дружба меня связывала с академиком Энгельгардтом. Он внушил мне симпатию с первой же встречи, это был ученый и человек, воистину достойный уважения. Я мог бы назвать среди близких мне в вашей стране людей еще много имен — известных и менее известных. Но лучше скажу по-другому. Самые сильные впечатления возникали при встрече с теми, для кого познание есть краеугольный камень в жизни, кто полагает, что наука должна служить человеку, и кто сочетает работу в науке с глубокими этическими принципами.

У меня много друзей во всем мире. В моей лаборатории работали ученые из СССР, США, Японии, Индии. Не знаю, какая еще деятельность, кроме науки, дает человеку такое приятное, я бы сказал — даже возвышенное, ощущение принадлежности к единому сообществу, исполняющему высокую нравственную миссию на Земле.

— Как участник нескольких международных программ вы можете судить о достоинствах и недостатках кооперации в работе ученых. Какое будущее у этой формы научных исследований?

— В проекте «Ревертаза» речь шла не только о разделении исследовательской работы, но одновременно — о кооперации, материальной и информационной, а также о взаимном обучении и обеспечении приборами. Опыт был настолько удачен, что я всемерно стремлюсь развивать такое сотрудничество наших академий. Важно, чтобы совместные проекты имели не только четкие цели, но также предусматривали конкретное и ясное разделение работы, выполняемой стабильными исследовательскими коллективами. Существенно, чтобы участники обладали равноценными интеллектом и эрудицией. Не вижу в будущем другого эффективного пути развития науки в наших братских странах, кроме как использование совместных, точно сформулированных проектов.

Хочу добавить: помимо того, что нас связывает, есть и то, что нас разъединяет. Это всевозможные административные и управленческие барьеры. Некоторые из них в прошлом, возможно, и имели какое-то оправдание. Но сейчас, в условиях проходящей у нас и у вас перестройки, мы должны проявить достаточно смелости и организаторской гибкости для того, чтобы использовать потенциал международного научного сотрудничества на все сто процентов.

— Вы возглавляете академию, институт, лабораторию, то есть в основном выступаете как организатор, руководитель. Как эта деятельность сочетается у вас с научной работой? Легко ли вы смирились с такой переменной?

— Контакт с экспериментальной наукой я стараюсь сохранять все время — и руководя моей собственной лабораторией, и планируя работу в Институте молекулярной генетики. Область науки, в которой я вырос, — молекулярная биология ретровирусов — помогла мне направить институт в сторону генетической инженерии, которой мы пользуемся для исследования ретровирусов и для конструирования генов. Разумеется, нас интересуют те гены, белковые продукты которых имеют большое значение для сельского хозяйства и медицины. Сам я тоже стараюсь продолжать экспериментальную работу. В общем, у меня проблемы те же,

что и у всех, кто руководит большими научными коллективами.

Человек, который относится к своей работе ответственно, никогда не испытывает чувства, что времени у него достаточно. В науке это проявляется, может быть, сильнее, чем где-либо. В этом смысле для меня с ранних лет примером был отец. Он был инженером, и не плохим, стоял у истоков нашей современной горной инженерии. Благодаря ему я понял, что в науке рабочий день не кончается в какое-то определенное время, как это бывает у большинства людей. Каждый день после ужина отец продолжал работать. Я перенял эту привычку. Если мне порой удается вырваться на дачу, то и там у меня приготовлены книги, необходимые для работы. В общем, я принадлежу к тем, кто считает проведенные в лаборатории выходные дни не только полезными, но и приятными.

— У вас большой институт?

— По сравнению с аналогичными учреждениями в других странах он не очень велик, в нем около трехсот пятидесяти человек. Понимая относительную ограниченность материальных и интеллектуальных ресурсов, мы с самого начала стремились к четкой специализации.

— Сколько сотрудников из 350 вы лично пригласили работать в институте?

— Сколько принимал на работу сам? Может быть, двести человек, может быть, больше, не могу сказать точно. Но я стремлюсь иметь представление о каждом, стараюсь понять, в чем ценность каждого сотрудника для коллектива.

Существует подозрение, что у меня не память, а компьютер. Не знаю, не знаю... Но я и впрямь стремлюсь к наиболее полной оценке всего замеченного. Но вот о чем я хочу упомянуть. Во время войны, когда меня мобилизовали для работы на электростанцию, я был лаборантом, учась в университете, вел научную работу, а потом стал одним из первых аспирантов. По научной лестнице я не взлетел, а прошагал по всем ее ступеням. Поэтому я с огромным уважением отношусь к работе, обеспечивающей техническую базу науки, и понимаю, что наши институтские лаборанты (если им это удастся) — это воистину атланты исследовательского труда. То же самое я бы сказал о хороших, преданных институту администраторах, эконо-

мистах, всех тех, работу которых почти не замечаешь именно тогда, когда она выполняется хорошо.

— Какими критериями вы руководствуетесь, приглашая на работу в институт ученого, особенно если это молодой человек?

— У нас достаточно трудный конкурс, на котором прежде всего проверяем профессиональную эрудицию, способность к самостоятельному мышлению, к созданию собственных концепций. Раньше в наших исследованиях главным было накопление фактов, сейчас мы на ином уровне, когда по-прежнему необходим сбор новой информации, но требуется всесторонне ее осмыслить.

И вот что интересно — мы можем предложить лишь достаточно скромные условия, а желающих поступить на работу к вам в институт намного больше, чем есть вакансий. В последний раз на каких-то три аспирантских места подали двадцать два заявления. Как правило, стараюсь присутствовать на экзаменах. Хочется самому проследить за реакцией на поставленные вопросы.

Мне любопытно, откуда у человека интерес к исследовательской работе. Осознает ли он, что науке необходимо пожертвовать все или очень многие из обыкновенных радостей жизни, а за успех всегда приходится платить изнуряющим трудом... Конечно, я понимаю, что, если у человека семья и дети, необходимо заботиться об их благополучии. И все-таки очень не люблю, когда молодой исследователь в свои лучшие годы тратит выходные дни на строительство кооперативной квартиры. Бывают, правда, такие крепкие характеры, которым и это удастся без ущерба для науки.

Собственно говоря, меня интересует все. Приветствую любовь к вычислительной технике, без которой сейчас не обойтись. Мне импонирует и склонность к искусству. Это важно, потому что наука — не только познание истины, но и способность раскрыть перед другими постигнутое. Сложность выбора среди кандидатов связана еще с тем, что науке нужны разные таланты. Есть люди, способные решать сиюминутные задачи, а другие, скорее, ориентированы на общее осмысление проблемы. Есть люди с талантом организаторов, способные увлечь и вести остальных... Не уверен, что могу все это учесть в тот момент, когда стою перед выбором, кого же принять на работу.

— Как, по-вашему, долг век ученого?

— Науке нужны не только разные таланты. Ей нужны и разные возрасты. Вновь хочу вспомнить В. А. Энгельгардта. Когда он задумал проект «Ревертаза», ему было далеко за семьдесят, и он сумел проделать огромную напряженную работу так, что впору было позавидовать молодым. У него была уже возможность почивать на лаврах, однако свои заслуги и авторитет он поставил на службу грандиозной работе и доказал, что в наших условиях можно своротить и такие горы.

Иные же корифеи науки, дожившие до почтенного возраста, растрачивают свой авторитет отрицанием всего нового и хорошего, что предлагают молодые. Таким образом, ответ на ваш вопрос прямо связан с тем, становится ли человек с годами мудрее или попросту стареет, еще при жизни превращаясь в памятник себе или даже в невзрачное надгробие.

— Достаточно ли, по-вашему, осведомлено общество об успехах и проблемах науки?

— Сейчас средства массовой информации уделяют науке гораздо больше внимания, чем раньше. И это не случайно. Современная наука представляет собой революционную преобразующую силу. Без прогресса в познании невозможен прогресс в экономической, культурной и общественной сферах. Но тут есть и свои проблемы. Например, наука не столь сильна, чтобы творить чудеса там, где отсутствуют способность и желание решать элементарные проблемы управления и организации, где царит отвращение к труду, где господствует беспорядок. К тому же научно-технический прогресс еще сильнее обостряет эти проблемы и усложняет жизнь, в прошлом столь спокойную.

Еще одна сложность состоит в том, что в современную эпоху невероятно быстро накапливается бездна результатов, которые почти недоступны широкой общественности, в том числе и научной. Их понимают только те, кто специализируется в конкретной узкой области. Если эти достижения не воплощаются в какой-либо материальный продукт или технологию, то для преобладающей массы людей наука становится чем-то неосознаваемым, нереальным и поэтому не слишком нужным. Более того, когда первоначальное, совершенно абстрактное открытие все же материализуется, вклад науки в этот успех вновь остается незаметным.

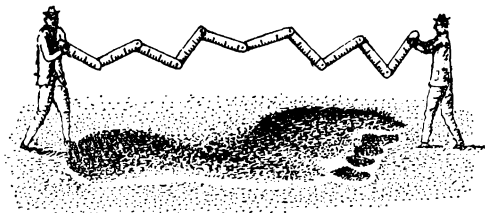
Ведь человек имеет в этом случае дело лишь с конечным результатом развития научной идеи.

Кому, как не научно-популярному журналу, заполнить этот вакуум в людских представлениях? А хороших научно-популярных журналов всегда не хватает.

— Скажите, сильно ли изменилась на ваших глазах сама работа ученого?

— Она стала значительно сложнее, приобретает все более целенаправленный характер. Раньше действовало правило: наука — это комплекс результатов плюс ориентация на решение ключевой проблемы. Только не надо путать эту направленность науки с прагматическим подходом к исследованиям. Условия труда в настоящее время намного благоприятнее, чем в те времена, когда начинал я. Но и задачи перед нами стоят принципиально новые, нелегкие задачи. Их предстоит решать так, чтобы наука наиболее эффективно содействовала общественному развитию. Надо сполна использовать возможности международного научного сотрудничества наших стран. Решать новые задачи — молодому поколению ученых, они должны и методически и морально быть подготовлены для этой работы.

Не меняется во времени лишь одно в науке. Но — главное. Основной стимул для исследовательской работы есть внутреннее стремление человека к познанию. Это неизменно и никогда не должно исчезнуть.



ПЬЕР ГРАБАР:

"Я люблю,
когда в лаборатории
поют и смеются.
Это значит, что все
идет хорошо"

«Я снова, в который раз, в России. Я снова вижу друзей,— сказал Пьер Грабар во время беседы, состоявшейся в 1973 г. в Москве.— Я снова обсуждаю программы наших общих работ».

Многие годы жизни Пьера Грабара связаны с Пастеровским институтом. Научная специальность Грабара — иммунология, точнее, иммунохимия. Большинство французских иммунохимиков — его ученики или ученики его учеников. Грабару принадлежит идея иммуноэлектрофореза, метода исследования, ставшего одним из основных в иммунологии. Профессор Грабар — друг нашей страны, он многое сделал для того, чтобы во Франции лучше и больше знали о советской науке и ее успехах.

В 1940 году моя лаборатория в Пастеровском институте превратилась в отдел. Я хотел назвать его отделом иммунохимии, но мне сказали, что такой науки не существует, и назвали лабораторию отделом химии микробов... Только в 1971 году собрался первый Международный конгресс иммунологов, и это значило, что иммунологию и иммунохимию признали наконец самостоятельной наукой.

На конгрессе вручались первые памятные медали за заслуги в иммунологии. Я оказался в числе лауреатов, и мне надо было произнести речь. Мне хотелось выразить в этой речи свое представление о людях, служащих науке. Поэтому я сказал так: «Ученый — это ребенок, который так и не стал взрослым. Начиная с трехлетнего возраста он спрашивает „почему?“ — маму,

папу, учителя, профессора... И когда он не находит, кого бы еще спросить, он задает этот вопрос себе. С этой поры он становится ученым...»

В иммунологию я пришел окольным путем. В 1924 году, выйдя из института с дипломом инженера-химика, я получил должность на заводе, производящем удобрения, серную кислоту и синтетическую мочевины. Вскоре мне повезло: Страсбургский университет искал химика для заведования клинической лабораторией, и меня взяли. Биологии я, разумеется, не знал и, работая, продолжал учиться — теперь на естественном факультете университета. Потом получил место ассистента по биохимии.

В Страсбурге я занялся ультрафильтрацией. Мы пытались определять размеры вирусов и даже крупных белковых молекул с помощью пористых мембран. (В эти годы интерес к пористым мембранам только зарождался, и мы сами разрабатывали способы изготовления мембран разной пористости.)

К нашей работе относились скептически: поди, мол, проверь цифры, которые они называют! Это можно было отчасти понять: электронных микроскопов тогда не было и мы измеряли невидимое. Лишь много позже электронно-микроскопические наблюдения подтвердили размеры, которые мы называли еще в начале 30-х годов.

Работы по ультрафильтрации стали основой моей докторской диссертации. И благодаря им меня пригласили в Пастеровский институт.

В 1936 году началась моя работа в этом замечательном научном центре, окончилась она спустя 30 лет. В 66-м году я вышел на пенсию, но и по сей день не порываю с Пастеровским институтом...

Пастеровский институт был основан в 1888 году специально для Пастера на средства, собранные по подписке в разных странах, в том числе в России.

Пастер успел недолго поработать в новом институте — к тому времени он был уже сильно болен.

В подвале института, в склепе, где похоронен Пастер, обозначены на стенах даты всех его работ и открытий. А на куполе к изображению трех традиционных ангелов — Веры, Надежды и Любви — добавлен четвертый — Наука. В мозаичные изображения, укра-

шающие капеллу, вплетены фигуры животных: курицы и петуха в память о борьбе Пастера с куриной холерой; овец, которых Пастер избавил от сибирской язвы...

Сотрудники института любят говорить, что они работают под присмотром трех «главных» — Пастера, Ру и Мечникова. Двое других «главных» похоронены тут же — Ру прямо в саду, а урна с прахом Мечникова стоит в институтской библиотеке...

В Пастеровском институте я получил лабораторию, но вскоре покинул ее и уехал на год в Америку, к знаменитому Хайдельбергеру, одному из основателей иммунохимии. Здесь, в его лаборатории, я из физико-химика, изучающего белки, превратился в иммунолога. Хайдельбергер первым ввел в иммунологию количественные методы, мне это было по душе. И, возвратившись в Париж, я занялся чистой иммунохимией, вооружившись методами Хайдельбергера. В лаборатории Пастеровского института мы с сотрудниками изучали бактериальные антигены. Именно для этих исследований я и разработал метод иммуноэлектрофореза...

История создания этого метода забавна, удача пришла из-за серии неудач.

К тому времени знали несколько способов разделения белков. Один из них был таков: одну электродную кювету заполняют кислым буфером, другую — щелочным, соединяют кюветы бумажным мостиком и включают электрический ток. Тогда на бумаге получается целая гамма промежуточных рН, от самых кислых до самых щелочных.

Если на бумагу нанести сыворотку, то ее белки начинают передвигаться в электрическом поле и каждый остановится в том месте, где рН на бумаге соответствует его изоэлектрической точке (в которой отрицательно и положительно заряженные группы молекулы белка уравновешенны). Электрофоретический способ разделения белков был разработан в основном знаменитым шведским ученым Тизелиусом.

Способ удобный, в усовершенствованном виде он применяется и теперь. Но тогда у него были большие недостатки. Буферы быстро перемешивались, границы зон разных рН были нестабильны, и у нас оставалось, очень мало времени — всего несколько минут, чтобы определить, где находится каждый белок. Тогда я стал

задумываться над возможностью точной фиксации белков...

Как это можно было сделать? Самое простое — бумажную полоску с уже разделившимися на ней белками облить раствором антител — иммунной сывороткой. Тогда каждый белок вступит в комплекс с соответствующим ему антителом и образует нерастворимый осадок — преципитат. Но преципитаты белого цвета, и бумага тоже белая. Значит, чтобы их увидеть, надо отмыть с бумаги посторонние белки и затем окрасить ленту каким-нибудь красителем. Тогда на бумаге по оси движения белков должны проступить цветные пятна.

Но когда я начал смывать посторонние белки, то вместе с ними с бумажной ленты смывались и преципитаты. И тогда я подумал, что лучше заменить бумагу прозрачным гелем.

Я налил расплавленный агар на стекло и дал ему застыть тонким слоем. Затем в лунку, проделанную в геле, налил раствор интересующих меня белков и включил электрический ток. Белки, как и прежде, распределились между плюсом и минусом. Оставалось выявить их. Я догадался, что лучше всего не наливать сыворотку сверху, на слой агара, а прорезать узкую и длинную ложбинку параллельно оси распределения белков и заполнить эту «траншею» иммунной сывороткой.

Теперь антитела и белки могли диффундировать в геле, встречаясь друг с другом. В местах их встречи образовывались преципитаты — белые дужки в прозрачном агаре. Они были видны очень ясно, отчетливо. Так родился метод, получивший название иммуноэлектрофореза.

Метод оказался очень чувствительным и специфичным. Если старыми способами удавалось выявить шесть или семь компонентов в сыворотке животных, то теперь выяснилось, что все эти компоненты не самостоятельные белки, а смеси белков с близкими физико-химическими свойствами. В первых же исследованиях с применением иммуноэлектрофореза сыворотку удалось разделить на 21 компонент. Теперь же в ней насчитывают уже несколько десятков белков...

Среди первых важных результатов, полученных нашим методом, было доказательство гетерогенности бел-

ков, названных иммуноглобулинами (к этим белкам относятся антитела). Оказалось, что иммуноглобулинов существует несколько и что все они гетерогенны — их электрофоретическая подвижность неодинакова. Эти наблюдения стали основой дальнейшего изучения иммуноглобулинов, их структуры, а сейчас успехи в этой области столь велики и важны, что за исследование иммуноглобулинов в 1972 году присуждена Нобелевская премия.

От сывороток и жидкостей мы постепенно перешли на ткани. Не так давно нашим методом и методом precipitation в агаре обнаружен белок альфа-фетопротенин. В Москве, в Институте имени Гамалеи, Г. И. Абелев и его сотрудники нашли этот белок у мышей, пораженных гепатомой (опухоль печени), а в Париже мы обнаружили его у крыс. Альфа-фетопротенин был выявлен и у человека — это заслуга Ю. С. Татаринова из Астрахани.

Когда я пришел работать в Пастеровский институт, там было гораздо меньше людей, чем сейчас. Институт все время расширяется. В мои времена все были друг с другом знакомы, а сейчас я многих просто не знаю. Конечно, сказывается и разница в возрасте — много молодых сотрудников, много стажеров из разных стран. Я хожу по институту, по замечательному саду вокруг него и почти не вижу знакомых лиц. Большинство моих коллег уже в отставке или умерли.

К сожалению, дух Пастера тоже постепенно уходит. Молодежь, которой стало в институте так много, не думает о сохранении старых традиций... Я говорю о традициях академического, углубленного исследования, о работе, направленной на поиски высокой научной истины. Ритм жизни ускорился, молодежь торопится, мыслит очень практически. Это напористые, сугубо деловые люди.

Но я, наверное, немного брюзжу, жалуюсь напрасно. У меня так много еще друзей, учеников...

У нас в институте всегда работали русские ученые. Недавно меня попросили составить их список, и по памяти я сразу насчитал 25 человек во главе с Мечниковым и Гамалеей. Создавались своего рода династии. Когда-то, например, библиотекой института заведовал бывший военный врач Преображенский, уче-

ник Пастера. Эту должность после смерти мужа унаследовала его жена, француженка. А потом сын Преображенского занял это место, потом внук — именно он работает сейчас на этой должности. Преображенский-внук неплохо говорит по-русски. А архивами Пастеровского института ведает моя дочь...

Вот уже в течение многих лет в Пастеровском институте бывают советские ученые. Одни приезжают ненадолго, другие работают по несколько месяцев или по году. Эти визиты у меня и у всех моих коллег оставляют самые приятные воспоминания. Все сходится на том, что работа сообща идет особенно хорошо.

У меня давняя привычка называть своих молодых коллег детьми. Так что теперь я не без гордости говорю, что у меня есть дети в Москве, Ленинграде, Киеве... В нашей стране жил мой большой друг Лев Александрович Зильбер, встреча с ним — бесценный подарок, сделанный мне судьбой. Мы много работали вместе, писали друг другу письма, многое рассказывали друг другу. Лев Александрович все уговаривал меня написать книгу о моей жизни. А я так и не собрался, жизнь у меня была сложная, да и времени не хватало...

В 1960 году ко мне обратился Национальный центр научных исследований с предложением возглавить Институт по изучению рака, не оставляя, конечно, работу в Пастеровском институте. Я удивился и сказал: «Позвольте, но я не врач!» — «Поэтому мы и обратились именно к вам, — ответили мне. — Мы хотим поставить в институте все по-новому, уйти от узко практической медицины к широким научным исследованиям...»

Я размышлял месяца три, друзья уговаривали меня принять эту должность, считая, что в онкологию необходимо ввести иммунологические методы.

Вы спросите: что же может предложить иммунология онкологам? Я отвечаю: во-первых, очень чувствительные и специфичные методы определения веществ, улучшающие диагностику. А во-вторых, возможна не только диагностика, но и лечение! Мы знаем, что опухолевая клетка обладает антигенной специфичностью. Если к ее антигенам получить антитела, обладающие цитотоксической активностью, то в принципе можно будет с помощью чисто иммунологических реакций уничтожать опухолевые клетки. А есть и другая возможность: включать в антитела сильные радиоактив-

ные элементы и вводить эти комплексы в организм. Тогда станет возможным новый вид рентгенотерапии — очень направленной, очень специфичной...

В какую теорию происхождения рака я верю? Я ученый и не имею права «верить»; вера — это для религии. Ученый должен доказывать и знать. Поэтому главное в нашем деле не уверенность, а компетентность. И к тому же надо иметь надежные методы работы. Тогда можно рассчитывать на успех...

Вот вы задаете вопрос о принципах, которыми я руководствовался, работая директором института. Об этих принципах я сам думал немало. Есть два типа руководителей. Одни заставляют своих сотрудников делать то, что интересно самому руководителю. А другой тип — это люди, которые оставляют своим коллегам право выбора сюжетов. Я отношу себя ко второму типу. Большое удовольствие суметь вовремя подсказать, посоветовать что-то коллеге. Быть своего рода «шпаргалкой». Но не понимаю, как можно навязывать свою волю, свои взгляды...

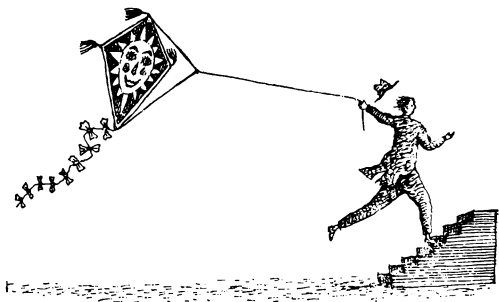
Очень ценю хорошие товарищеские отношения. Я люблю, когда в лабораториях поют или смеются. Это значит, что все идет хорошо!..

Россия — моя родина. И хоть так случилось, что я жил с молодых лет в другой стране, я всегда стремился быть полезным своей родине. В годы войны, когда фашисты оккупировали Францию и глушили все передачи на английском языке, а передачи на русском почему-то не глушили, я слушал московское радио, а потом записанные мной сообщения шли в листовки и подпольные газеты Сопротивления...

Всегда внимательно следил за развитием науки в СССР. Были времена, особенно после второй мировой войны, когда во Франции общественное мнение настаивало резко отрицательно к Советскому Союзу, когда делалось все, чтобы умалить успехи вашей экономики, культуры, науки. И эта агитация давала свои плоды, потому что французы были лишены объективной информации об СССР. Я продолжал читать и тогда русские книги, газеты, журналы. Мне все больше хотелось доказать, что в России есть традиции научного

исследования, что в нашей стране есть высокая культура научной работы, прекрасные ученые. Меня подогревало и национальное самолюбие. Я не раз напоминал своим не в меру ретивым коллегам, что когда Анна, дочь Владимира Мономаха, выходила замуж за французского короля, то на брачном контракте она поставила свою подпись, а французский король скрепил документ крестиком... Пусть это не более чем шутка, но я считал, что французы слишком мало знают о Советской России и питаются ложными слухами. Конечно, наша страна переживала в те времена большие трудности, но это не значило, что надо зачеркивать все уже сделанное.

И вот мне представился случай сделать большее. В пятидесятых годах мне предложили написать обзор о микробиологии и иммунологии в Советском Союзе. Я с радостью принялся за эту работу, взяв в помощники жену и дочь. Несколько лет я делал обзоры, и этого оказалось достаточно, чтобы обратить внимание французских ученых на ваши научные издания. Теперь в моих обзорах уже нет нужды. Но я рад, что и они сыграли свою роль в утверждении правильных представлений о науке в Советском Союзе.





ДВАДЦАТЬ ДВА ОТЧЕТА
АКАДЕМИКА П.Л. Капицы

ВРЕМЯ НЕИЗБЕЖНО УСТАНАВЛИВАЕТ
НАУЧНУЮ ПРАВДУ

П.Е. Рубинин
ХЛЕБ, МАСЛО,
НО НЕ АЖЕМ

П.Л. Капица

ДВАДЦАТЬ
ДВА
ОТЧЕТА АКАДЕМИКА
П. Л. КАПИЦЫ

27 марта 1936 г. Петр Леонидович Капица записал в своем ежедневнике: «Приходили инженеры с завода ВАТ [Всесоюзного автогенного треста]. Обсуждали вопросы о разделении кислорода и азота из воздуха с точки зрения использования газа для доменных печей. КПД современных установок очень мал по сравнению с теоретическим. ... Почему? Ответа дано не было». 28 марта — новая запись: «Начал работать над вопросом получения установок с большим КПД для разделения воздуха». Следующие девять дней на страницах по одному лишь слову: «Работаю».

Позднее академик П. Л. Капица скажет: «Работа эта примечательна тем, что возникла она... из идеи дать стране дешевый кислород». Вот с такой — государственной важности — задачи начал он свою научную и инженерную деятельность на родной земле после возвращения из Англии.

П. Л. Капица проработал в Кембридже тринадцать лет и за эти годы стал, как тогда говорили, ученым «с европейским именем». Он приехал в Кембридж в 1921 г. вместе со своим учителем академиком А. Ф. Иоффе. Иоффе возглавлял комиссию советских ученых, направленную в страны Западной Европы для восстановления научных связей и приобретения научного оборудования и литературы. Абрам Федорович представил своего ученика Резерфорду и попросил великого физика принять Капицу на стажировку. В июле 1921 г. Петр Леонидович приступил к работе в знаменитой на весь мир Кавендишской лаборатории.

Резерфорд быстро оценил Капицу, блестяще соче-

тавшего в себе таланты физика и инженера. В 1925 г. Капица становится заместителем директора Кавендишской лаборатории по магнитным исследованиям, в 1929 г. Лондонское Королевское общество избирает его своим действительным членом. В этом же году он становится членом-корреспондентом АН СССР. В 1930 г. по рекомендации Резерфорда Капицу назначают директором Мондовской лаборатории. Эта лаборатория была создана специально для работ Капицы в области сильных магнитных полей и низких температур.

Мондовская лаборатория торжественно открылась 3 февраля 1933 г. Все основные установки в ней были разработаны самим Капицей и изготовлены под его руководством. В апреле 1934 г. выдал первую продукцию созданный Капицей оригинальный гелиевый ожижитель. Петр Леонидович готовился к экспериментам при гелиевых температурах.

В сентябре того же года, по примеру прошлых лет, он приехал на родину, чтобы принять участие в научных совещаниях, прочитать лекции и повидать близких и друзей. Вернуться в Кембридж из этой поездки он не смог.

В 1934 г. Совнарком СССР принимает постановление о строительстве в Москве Института физических проблем. Директором института назначают П. Л. Капицу. Годом спустя благодаря содействию Резерфорда удается закупить научное оборудование Мондовской лаборатории. В декабре 1935 г. в Ленинградском порту выгружают первые ящики с аппаратурой...

1935 год был одним из самых тяжелых в жизни Капицы. Главным образом потому, что он был лишен возможности, по его словам, копошиться в лаборатории. «Я чувствую себя совершенно больным без моей работы и только и думаю о том, чтобы скорее ее возобновить», — пишет он Резерфорду.

И вот в марте 1936 г. Капица наконец-то снова до-рвался до настоящего дела, до своей работы!

Он разрабатывает специальный турбодетандер, предназначенный для работы в установках по ожижению воздуха, и в 1938 г. получает на него авторское свидетельство. Позднее турбодетандер Капицы патентуется во многих странах — Англии, Германии, США, Франции...

В начале 1937 г. в Институте физических проблем

был собран и начал работать гелиевый ожижитель, присланный из Англии, а в декабре этого же года в журналы «Доклады АН СССР» и «Nature» уходит статья, в которой Капица сообщает об открытии сверхтекучести жидкого гелия. Вот какие две работы велись Петром Леонидовичем одновременно! Сорок лет спустя за фундаментальные открытия и изобретения в области физики низких температур он получил Нобелевскую премию по физике.

Когда в Институте физических проблем были построены и заработали первые установки для получения жидкого воздуха и жидкого кислорода, начинается новый этап — не менее сложный и трудный. Теперь предстоит внедрять эти установки в промышленность. О том, как продвигаются дела, Капица, начиная с февраля 1939 г., подробно и откровенно сообщает каждый месяц в Совнаркоме.

Всего этих отчетов было написано двадцать два. Последний отчет был отправлен неделю спустя после начала войны.

Отчеты П. Л. Капицы (они публикуются здесь со значительными сокращениями) — замечательный документ эпохи, своеобразный дневник ученого, инженера, организатора. Свидетельство деятельности человека яркого и мужественного, патриота и гражданина. И хотя эти отчеты написаны полвека назад, место им отнюдь не на архивной полке...

Отчет № 1. 14 февраля 1939 г.

Приступая к ежемесячным отчетам о нашей работе, я долго обдумывал ту форму, которую им следует придать, и их содержание. Если для образца взять форму отчетов хотя бы Академии наук, то наиболее характерная их черта — это невозможность их читать. Они не только скучны и нагоняют сон, но и понять их может только тот, кто их писал. Такая форма — это очевидная трата времени и бумаги. Писать отчеты по технической проблеме, чтобы их читали с интересом, по-видимому, нелегкая задача, и мне с ней сталкиваться еще не приходилось. Поэтому, не будучи уверен, что мои отчеты будут читать, я решил, что буду рассказывать самому себе о том, что мы делаем, так как это поможет приводить в порядок свои мысли с пользой для дела.

Отчеты будут посвящены нашей научной работе по получению дешевого кислорода, необходимого стране. Задача эта исключительно важная; если нам удастся в самом деле дать кислород так дешево и просто, как это вытекает из моих расчетов и предположений, то затраченный труд, как бы велик он ни был, целиком будет оправдан. Но всякое искание нового, еще не сделанного, сопряжено с неожиданностями и трудностями, которые могут появиться даже на самом конечном этапе работы, и поэтому пока из первой домны не потечет чугун, выплавляемый на обогащенном дутье, нашу задачу нельзя считать законченной. Во всяком случае, на это уйдет не один год работы, заполненной как удачами, так и разочарованиями.

Свое положение я ближе всего мог бы сравнить сейчас с положением руководителя экспедиции, задача которого — взять вершину еще никому не известной горы. Мы стоим у подножия горы, перед нами, в облаках, рисуется вершина. Мысленно изучая контуры вершины, мы выбираем ту сторону, с которой будем вести приступ; мы даже наметили путь, по которому будем вести восхождение, но этот путь чем дальше от нас, тем неопределеннее, так как с подножия его все равно не разглядеть. В процессе восхождения не один раз придется заходить в тупик, спускаться вниз и пытаться пройти трудное место другим путем. Но пока пик не будет взят — экспедиция не выполнит своей задачи.

Моя задача как руководителя будет заключаться не только в том, чтобы правильно направлять энергию членов нашей группы, но и в том также, чтобы поддерживать в них энтузиазм и энергию, веру в то, что пик будет взят. Для этого надо делать их работу по возможности сознательнее и вложить в них чувство ответственности, понимания значения предпринятой экспедиции. Наша экспедиционная группа уже сплоченная и испытанная, и за нее я не боюсь. Но ведь на восхождении наша задача не кончается, мы не только должны взять пик, но еще и проложить путь для других, чтобы он сделался достоянием страны. Провести после нас первую партию непрофессиональных альпинистов будет тоже непростой задачей.

Мне кажется, что мои отчеты должны больше всего походить на записи такой экспедиции. В чем же каждодневная жизнь и деятельность такой экспедиции?

В преодолении мелких препятствий. Ежедневно мысли заняты соображениями, как взобраться на ту или иную скалу, пересечь расселины и пр. Правда, в мыслях никто из членов экспедиции не должен терять из виду вершину, но каждодневная работа и текущие задачи состоят из мелких дел и событий. Так и у нас каждый день работа состоит из преодоления мелких препятствий и затруднений, так что ни о чем другом в отчетах и не напишешь. В общей сумме они, правда, могут приобретать романтизм, присущий экспедиционным отчетам, и в этом единственная надежда, что наши отчеты не будут совсем бесцветными.

Итак, изложив основные задачи нашей работы перед тем, как приступить к отчетам, надо сказать, что отчеты пачипаются не в момент, когда экспедиция отправляется в путь, а когда она находится уже примерно на полпути к вершине. Дело в том, что наша экспедиция отправилась в путь, рассчитывая сперва на собственные силы, и достигла первого важного перевала, завоевание которого не лишено значения для страны. Дальнейший путь без более широкой поддержки оказался невозможным, и пришлось пожертвовать теми преимуществами, которые дает тихая работа, и отказаться от мысли взять пик только своими силами и только потом об этом рассказать.

Путь к получению кислорода или обогащенного кислородом воздуха делится на три части.

Первая состоит в том, чтобы наиболее совершенным образом получить жидкий воздух, который является исходным продуктом для получения кислорода. Этот путь, возможно самый трудный, нами уже пройден, и задача теперь уже заключается в том, чтобы он был освоен нашей промышленностью. Осуществлению этого будет посвящена первая часть каждого отчета.

Вторая часть пути заключается в разгонке полученного жидкого воздуха, после которой получается жидкий кислород. Тут мы тоже проделали почти весь путь, и осталось всего несколько шагов, чтобы его закончить. Хотя особых затруднений не предвидится, но все же, пока он до конца не завершен, нельзя сказать, что второй перевал взят. Когда этот отрезок пути будет закончен, страна получит дешевый жидкий кислород, в котором она еще больше пуждается, чем в жидком воздухе. Этой работе будет посвящена вторая часть моих отчетов.

Наконец, конечная и наиболее важная часть нашей работы — это получение газообразного кислорода путем испарения жидкого кислорода. Это не так просто, как кажется, если условием этой операции ставится экономичность процесса. Надо так испарять кислород, чтобы не терять холода и сохранять его в аппаратуре, так как энергетические затраты на разделение воздуха главным образом и идут на создание холода. Эта важнейшая часть работы находится в стадии расчетов, и она начнет по-настоящему осуществляться, как только будет закончена вторая часть. Работе над решением этой задачи будет посвящена третья часть моих отчетов.

Итак, приступаю к отчету.

Жидкий воздух. Ожижение воздуха — основной процесс, на котором зиждется вся современная техника глубокого охлаждения. Без ожижения воздуха невозможно получать кислород, азот, криптон из воздуха, гелий из природных газов, водород из коксового газа и т. д. До сих пор процесс ожижения газов можно было вести с предварительным сжатием до 200 атмосфер, что требовало применения больших и дорогих поршневых машин. Установка, работающая на нашем принципе, требует всего 5—6 атмосфер давления, т. е. в 40 раз меньше, и работает она от турбинных механизмов, которые дешевле и надежнее поршневых.

Коэффициент полезного действия нашей установки, даже и маленькой экспериментальной, уже и теперь выше, чем прежних установок, и стоит она в 5—6 раз меньше. Такой разительный результат является следствием того, что мы имеем дело с новым принципом, и вот этот-то новый принцип надлежит освоить теперь нашей промышленности.

По существу, моя роль как ученого, доказавшего осуществимость этого метода на построенной им экспериментальной установке, закончена. Я дал в двух статьях, теперь печатающихся, математическую теорию явлений, на основе которых работает наша установка. Дальше — дело за промышленностью. В этом же духе составлено постановление Экономсовета, который предлагает мне только передать чертежи, а промышленности заняться освоением. Но я боюсь, что, если я буду действовать точно по идее этого постановления, установка долго не войдет в жизнь, и вот почему.

Что представляет собой сейчас наша установка? Она работает около года и регулярно снабжает наш институт и ряд институтов Академии наук жидким воздухом. Она работает без перебоев, более надежно, чем старые установки, какие изготавливались заводом Всесоюзного автогенного треста. Это показывает, что она лучше, но при всем при том она еще полностью не приспособлена для выпуска в жизнь. У нее масса мелких недостатков и недочетов, которые придется изживать. Она представляет собой по аналогии примерно то, чем был автомобиль лет 30—35 назад. Принципиально он ничем не отличается от нашего современного автомобиля, у которого тоже впереди радиатор, потом двигатель, коробка скоростей, кардан и пр. Он был уже и тогда несомненно лучше повозки. Но по сравнению с автомобилем сегодняшнего дня это все же жалкая машина. Нашей промышленности и надлежит не только освоить эту машину, но и сделать из нее то, что сделали 30—35 лет работы инженерной мысли над автомобилем. К тому же она не только должна суметь это сделать, но и быстро сделать, чтобы быть впереди промышленности капиталистических стран, которые, слава богу, на этом этапе позади нас.... <...>

Итак, внедрять нашу установку предложено Наркомату машиностроения. Результатом этого был приезд ко мне в конце января главных инженеров наркоматов. К. и тов. М. Они были большими оптимистами. «Да,— сказали они, рассмотрев чертежи и установку,— у вас всего 386 деталей, что значит 300 станко-часов, на сборку 50%. Любой завод справится с такой задачей. Установка будет стоить девять — десять тысяч». Я молчал, хотя знал, что один только ротор турбины в лучшем случае возьмет 150 станко-часов.

Потом привезли мне проект приказа наркома, в котором заводу «Борец» поручается выпустить в этом году 10 установок. При этом просят институт передать заводу 20 тыс. руб. для того, чтобы директор завода имел возможность премировать из этих средств инженеров своих. «Почему,— спрашиваю я,— вы будете премировать работников завода за наш счет?» Мне отвечают: «Изобретение-то ваше, значит, вы и заинтересованы в том, чтобы оно осуществилось, значит, вам и надо дать стимул для работников завода». Интересная психология! Не угодно ли — постановление Экономсовета, все это затеяно только для того, чтобы мне

провести в жизнь мое изобретение, и поэтому я должен ублажать завод.

Вот что я им сказал и боюсь, что за такие-то фразы мне и приписывают скверный характер: «Экономсовет всю ответственность за внедрение в жизнь возложил на Наркомат машиностроения. Мне предложено передать только чертежи без всяких денег. Если вам нужны деньги, просите у кого хотите, а от меня гроша не получите. В проведении же в жизнь заинтересована страна, а я — только как любой ее гражданин. Ответственность за выполнение задания вся на вас, и я тут ни при чем. Не справитесь с задачей — вас будут бить, и, поверьте, я вас жалеть не буду. Скажу больше, если ваши заводы будут так по-свински относиться к нашему институту, как относились до сих пор, и не оказывать ему помощи, то и я никакой помощи вам не окажу, выкарабкивайтесь как знаете. Если же вы будете вести себя прилично, то я вам окажу всевозможную помощь, обучу ваших инженеров, мастеров всему тому, что мы сами знаем».

Расстались суховато.

Второй акт происходил после приказа наркома, дней через 10, тоже у меня в кабинете. Приехали все руководящие работники завода «Борец»: директор тов. М., главный инженер тов. П., конструкторы тов. Г. и Г. Дирекции явно не нравилось новое поручение. Они нашли, что завод не приспособлен делать турбинную установку вообще, что ее делать трудно и пр. и пр. Я им дал техническую информацию. Пробыли они часа три, но через час опять вернулись с начальником главка тов. К. и директором сумского завода тов. П. Сидели они с 9 до 12 ночи и все доказывали, почему заводу не следует браться за эту установку. Я и конструкторы Г. и Г. в разговоре не участвовали.

Я слушал с любопытством, стараясь выяснить психологию директора завода тов. М., орденоносца и члена Верховного Совета. Он, видимо, хороший хозяйственник. С его приходом завод стал давать прибыль и выполнять план. Ему поручено в этом году освоить 31 новый объект. Все его помыслы — выполнить план и удешевить производство. Новое задание непонятно и неопределенно: с ним влезешь в неприятности, а интереса никакого. Дело неверное, рискованное и неприбыльное. Всего 10 маленьких машин и т. д. и т. д. Под

конец я не выдержал, и произошел приблизительно такой диалог:

Я. Тов. М., разрешите задать вашим конструкторам несколько вопросов?

Тов. М. Конечно, пожалуйста!

Я. Тов. Г. и Г., скажите, 31 новый объект, который должен быть освоен заводом в этом году, являются они оригинальными машинами, или это все, так сказать, освоение уже известных образцов?

Тов. Г. Это все освоение уже известных моделей, и наша работа тут не будет оригинальной, как в случае, если бы завод взялся за вашу установку.

Я. Тов. Г., скажите, известен ли вам такой завод в Союзе, который был бы по кадрам и по оборудованию более приспособлен, чем ваш, для той работы, которую ему предлагают?

Тов. Г. Нет, всем заводам Главхиммаша пришлось бы наново учиться и дооборудоваться для этого дела.

Я. Товарищи Г. и Г., охотно ли бы вы взялись за эту работу как конструкторы, если бы я вам помогал?

Тов. Г. и Г. Мы оба хотим проситься к вам; лучшей работы мы себе не можем и желать.

Тов. М. (*директор, вскакивая с кресла*). Нет, об этом не может быть и речи, как я отпущу вас с завода?! Что же будет с моим 31 объектом?!

Тов. П. (*главный инженер, вторит под легкий смех присутствующих*).

Я. (*обращаясь к тов. М. и стараясь делать по возможности строгое и серьезное лицо*). Видите ли, тов. М., картина, кажется, ясна. Освоение моей машины есть новое задание. Если его удастся выполнить — наша страна опередит в этой области другие страны. Этим оно отличается от вашего 31 объекта. Будь это в капиталистической стране, завод бросил бы не 31, а 131 объект, чтобы взяться за что-нибудь новое, так как новое в технике рождается не каждый день. Даже вот сейчас, несмотря на то что за границей об этой установке знают только по газетам, я получил три письма из Америки и одно из Швеции — там промышленность интересуется, хотят один другого опередить, чтобы первыми захватить право осваивать эту машину. Они более готовы прислать инженеров для ознакомления, чем вы, хотя им надо посылать их не с другого конца Москвы, а с другого конца земной оси. А ваше отношение к этому делу каково? Вы руками и ногами

отбрыкиваете! И директор Сумского завода тоже сидит и, видно, радуется, что не ему поручили это дело. Неужели вы думаете, что с такими настроениями руководителей наша промышленность сможет перегнать капиталистическую? Неужели же вы считаете такое отношение здоровым и думаете, что оно будет приветствоваться страной и ее руководителями? Попросту говоря, неужели вам не стыдно за самих себя?

Сперва мне показалось, что тов. М. прорыло, но это был только один момент. Он начал свои возражения с того, что, конечно, ежели партия и правительство поручают, то, конечно, он, как верный советский гражданин, и пр. и пр. Но потом через пять минут опять планы, оборудование, 31 объект и так до 12 часов ночи.

Вот картина без прикрас. Я повторяю, что тов. М. действительно хороший директор, много лучше многих и многих, которых я видал, и администратор хороший, что видно хотя бы потому, как он испугался отпустить хороших конструкторов (а они действительно хороши, это сразу было видно по их вопросам и ответам, когда обсуждалась техническая сторона дела).

Таковы настроения. И постановления Экономсовета оказались недостаточны, чтобы их сломить. А сломить надо, чтобы люди работали не из страха, а с энтузиазмом, так как в такой работе, как во всякой творческой работе, энтузиазм есть единственная и главная движущая сила, и без нее мы будем плестись, а не бежать, а тогда нас всякий перегонит. За конструкторов я не боюсь, это хорошие инженеры, они уже ездят ко мне и все хотят работать в институте, у них есть энтузиазм. Но вот руководство и аппарат — это пока каменная стена, которую надо прошибить во что бы то ни стало, и не только на заводе, где будет делаться установка, по всюду, где научно-техническая творческая работа соприкасается с промышленностью. Пока что ко мне ездят конструкторы и инженеры, и я с ними знакомлюсь. Отобралось двое, которые начнут с конца этой шестидневки работать у нас. Также отобрали двух мастеров — они пойдут работать в мастерскую. Итак, пока низовые работники проявили себя лучше, чем руководящие.

Жидкий кислород. Тут дела обстоят так. Опыты по разгонке были закончены еще в прошлом году в декабре; мы получили жидкий кислород концентрации

93,5% на опытной установке. Это была первая проба, и то, что она дала такой результат, нужно считать вполне удовлетворительным. Мы теперь знаем, как установку нужно переделать, чтобы получить необходимую техническую концентрацию 97% и, возможно, выше. Проект ее переделки нетрудно составить, но для осуществления его нужны были материалы, которыми мы не располагаем, главным образом трубы и лента. Их наконец-то обещают изготовить на этой шестидневке, но до сих пор мы их не имеем, и поэтому эта работа находится на точке замерзания. <...>

Отчет № 2. Февраль—март 1939 г.

Жидкий воздух. В прошлом отчете я писал, что в ожидании материалов для изготовления установки по получению жидкого кислорода мы занимались усовершенствованием установки жидкого воздуха, находящейся в экспериментальной эксплуатации.

Так как это первая установка, то в ней есть много недостатков, которые выявились за время экспериментальной эксплуатации. Первое, на что мы обратили внимание, это на возможность усовершенствовать саму турбину.

На постройку новой турбины ушло около полутора месяцев. Этот короткий срок показывает, что она более проста в изготовлении. И размерами она получилась раза в полтора-два меньше, чем первая. Я ожидал также, что она будет более эффективной.

Когда мы стали испытывать эту новую турбину, то при первых испытаниях она дала результаты значительно худшие, чем прежняя, так как показала меньшую устойчивость и меньшую производительность. Это объяснялось тем, что сразу было трудно подобрать правильные условия для ее режима. Но мы изменили несколько сопла, переделали демпфировку, и после месяца испытаний она стала значительно лучше прежней. Теперь установка с новой турбиной при том же количестве пропускаемого через нее сжатого воздуха дает до 32 кг жидкого воздуха вместо прежних 29 кг, т. е. примерно на 10% больше прежней. <...>

Надо сказать, что наша турбинка не стоит на фундаменте или на какой-нибудь специальной опоре. Она просто свободно висит в воздухе на патрубке. Но так как эта турбина новая сама по себе и никто не видел

прежде таких турбин, то это как-то ни у кого не вызывает удивления и, по-видимому, всем кажется, что таким турбинам вообще полагается свободно болтаться в воздухе. Но на самом деле это не так. Возможность ее свободной подвески является результатом специальных теоретических выводов. Можно спросить любого, даже ведущего, инженера: для чего пужен фундамент под машиной и как его правильно рассчитать? — и я уверен, что очень немногие смогут ответить на этот вопрос.

Мне лично пришлось столкнуться с задачей постройки фундаментов, когда возникла необходимость ставить такие большие, сильно вибрирующие машины, как компрессоры, в лаборатории, где всякое сотрясение здания чрезвычайно вредно для приборов, употребляемых при научной работе.

Дело в том, что фундаменты не только должны являться опорой для машины, но они должны также, поглощая вибрацию, охранять от нее здание. Для того чтобы построить такой фундамент, надо, конечно, иметь теорию его расчетов. Это сделать нетрудно, так как проблема решается очень хорошо известными уравнениями механики (нет сомнения, что она была решена несколько раз и до меня, но проще ее рассчитать заново, чем рыться в литературе). Сделав это, я увидел, что нет почти ни одного фундамента, который был бы правильно рассчитан. Массу бетона загоняют зря под фундаменты, которые не только не пужны, но могут быть даже вредны. Например, из теории оказывается, что большинство электроагрегатов (динамо-машины, моторы) вообще не требуют никаких фундаментов; они могут стоять прямо на полу, если под них положить правильно рассчитанные резиновые прокладки.

Получив такие теоретические выводы, я ставил еще в Англии и продолжал у нас в Союзе, в нашем институте, ставить электроагрегаты на резине прямо на пол, без фундамента. Это, конечно, упрощает их монтаж, избавляет от тряски здание и открывает возможность легко передвигать машины в случае необходимости. Я показывал такой метод установки динамо-машины инженерам как у нас, так и на Западе. Все это одобряли, но мне неизвестен ни один случай, когда бы кто-нибудь из них рискнул это применить. Они рассуждают примерно так: «А вдруг что-нибудь произойдет?» — «Что может произойти?» — спрашиваю я. «Не знаю,

но так делали до нас, наверное, не зря, какой нам расчет рисковать?» <...> И они будут продолжать класть под машины 3—4 кубометра цемента, не только зря затрачивая строительные материалы, но, по существу, облегчая передачу тряски от машины к стенам здания.

Но есть случаи, когда плохо рассчитанные фундаменты даже сугубо вредны. Это относится, например, к случаю плохо уравновешенного компрессора, каким является, например, компрессор, снабжающий сжатым воздухом наш ожигатель. Если этот компрессор установить на обычном фундаменте, то тряска здания может достигнуть таких размеров, если с ней в резонанс попадет какая-либо часть здания, что крыша или отдельные части стены могут обрушиться (известны такие случаи у нас в Союзе). Этого можно очень просто избежать, если под фундамент ввести резиновые прокладки, размер и положение которых можно рассчитать теоретически совершенно точно таким образом, чтобы ни одно из собственных колебаний фундамента не совпало ни с одним из периодов колебаний самой машины. Теория показывает, что поставленная на такой фундамент машина трясется вместе с фундаментом, но зданию эта тряска почти совсем не передается и при этом внутренние напряжения в машине будут несколько меньше, чем у машины, поставленной на обычный фундамент без резиновых прокладок.

Расчет такого фундамента для нашего компрессора, поставленного заводом «Борец», был сделан моим заместителем инженером С[тецкой]. Сооруженный по этому расчету фундамент с резиновыми прокладками, насколько мне известно, — единственный упругий фундамент у нас в Союзе. Но вот что из этого получилось.

Когда компрессор был смонтирован и машина запущена, монтеры с завода «Борец» увидели, что компрессор, вместе с фундаментом весящий около 20 тонн, начал прыгать. Им показалось, конечно, со страху, что амплитуда его колебаний достигает нескольких сантиметров. Не выдержав этого зрелища, они выбежали с испуганными лицами из компрессорной, по-видимому решив, что машина должна сейчас рассыпаться на части. Наши работники оказались храбрее и остались. Но обстановка была очень нервная.

Когда выяснилось, что колебания фундамента не превышают 2—3 мм, как это и следовало по расчету,

все же никто не хотел поверить, что в машине при этом не возникает вредных последствий тряски. «Прыгающий» компрессор нервировал не только наших работников, но и в особенности комиссию по охране труда. Мой заместитель, несмотря на то что сама производила расчет, поддалась всеобщему настроению и деликатно намекнула, что хорошо бы позвать инженеров-специалистов, чтобы они подтвердили мои соображения о безопасности такого прыгающего компрессора. Я, конечно, охотно согласился, так как вспомнил, что, например, в семье приходящегося мне дальним родственником знаменитого московского врача, ныне покойного проф. Филатова, ему не доверили лечить свою семью и, когда кто-нибудь из домашних заболел, всегда вызывали врача со стороны.

Приехавшие профессора-инженеры не могли опровергнуть моих теоретических выводов и не могли указать, почему такая установка машины опасна. В то же время отсутствие тряски самого здания было совсем очевидно: чашечки со ртутью, стоящие на полу недалеко от компрессора, показывали отсутствие ряби на поверхности, а это довольно чувствительный метод для обнаружения тряски. Несмотря на то что они пообещали даже дать письменное заключение, на самом деле они ничего не прислали.

Между тем наш компрессор работает уже больше года, и наши сотрудники полностью привыкли к его «прыганью», и, когда к нам приходят наши многочисленные посетители, они самодовольно показывают им наш «прыгающий» компрессор и радуются, когда видят изумление на лицах гостей.

Всю теорию упругих фундаментов я изложил в работе, но до сих пор ее не опубликовал. С научной стороны в работе мало оригинального, а написать на эту тему наглядную и убедительную статью, способную сломить консерватизм инженеров, очень трудно. Написать ее так мне пока не удалось, а опубликовать ее зря не стоит. К тому же до сих пор, несмотря на то что этот фундамент смотрело много инженеров, я не получил ни от одного просьбы дать этот расчет и не выявил ни у кого желания устанавливать такие фундаменты, хотя эта проблема и достаточно важная. Она сводится не только к экономии цемента, но и, главное, к увеличению долговечности зданий...

Возникает вопрос: почему наши инженеры такие

большие консерваторы? По-видимому, это объясняется следующими причинами.

1. Нашей жизнью создано мало стимулов для того, чтобы инженер вводил что-то новое. В самом деле, ставя машину на обычном фундаменте так, как делают все инженеры, он ничем не рискует. Ставя ее на упругом фундаменте, он рискует просчитаться. Но даже если он не просчитался и фундамент окажется надежным, никто на это не обратит внимания и преимуществ никаких он не получит.

2. Воспитание инженеров ведется так, чтобы если не убить, то, во всяком случае, не развивать стремления к самостоятельному оригинальному мышлению. Это можно наблюдать хотя бы на примере тех четырех молодых инженеров, присланных нам промышленностью, которые уже месяц работают у нас, чтобы перенять наш опыт с оживительной установкой.

Это хорошие парни, с большим интересом относящиеся к работе. Многие из них со способностями явно выше среднего. Но их подход к инженерным вопросам далеко не тот, какой нужен для инженера, который должен перегонять чужую технику не количественно, а качественно. У них наблюдается отсутствие смелого устремления к чему-нибудь новому, критического мышления и самостоятельного подхода к проектированию. Это, конечно, результат нашего технического воспитания, которое ведется как раз такими инженерами и профессорами, которые не привыкли к новым самостоятельным завоеваниям техники, в большинстве своем раболепно молятся на достижения Запада и стараются извлечь оттуда те формулы и указания, которые они получают из литературы или из непосредственного ознакомления с заграничными машинами... В таком духе они воспитывают и нашу молодежь. Ей дается определенная программа знаний, очень старательно и широко продуманная, но к самостоятельному мышлению их не приучают, привычки принимать собственные решения не воспитывают. <...>

За те несколько месяцев, в течение которых у меня пробудут молодые инженеры, может быть, с ними удастся что-нибудь сделать. Пока что мой подход к делу на них производит ошарашивающее впечатление. Они еще не совсем ясно понимают, что я от них хочу и почему часто я недоволен, как они работают. Они, например, не понимают, что при проектировании новой

экспериментальной машины надо все ответственные части рассчитывать с возможно малым запасом прочности, так, чтобы при испытании они ломались. Это тоже есть искусство. Пока экспериментальная машина не ломается несколько раз, у конструктора не может появиться уверенность в том, насколько она на самом деле прочна и какой запас прочности нужно принять уже для промышленной машины. Все же у нашей молодежи есть энтузиазм, и, может быть, проработав в институте несколько месяцев, им удастся набраться смелости. <...>

Жидкий кислород. Долгожданные трубы для установки жидкого кислорода наконец прибыли, и работа сразу закипела. Трубы сделаны ничего, допуски выдержаны, но из-за этих труб потеряли полтора месяца — колоссальный срок при научно-технической работе. Правда, до сих пор еще не получен целый ряд материалов, но все заказаны, и если они будут присланы в те сроки, которые нам обещаны, то дальнейших задержек не будет.

Но пока что судьба нам не благоприятствует в другом. Наш лучший мастер и заведующий мастерской тов. Минаков давил большой медный колпак и оторвавшейся полосой ему раскроило левую ладонь так, что было паложено 7 швов. Несмотря на то что о таких случаях приходится сожалеть, в них есть своя положительная черта. На них видишь, как люди относятся к делу, и радуешься этому отношению. Тов. М. с подвязанной рукой на следующий же день вышел на работу, хотя его никто, конечно, к этому не принуждал. Он руководил мастерской и делал что мог одной рукой.

Здоровый дух нашей мастерской сказывается не в том, что тов. М. так поступил, а в том, что на это никто не обратил особого внимания, никто не видит в этом героизма, все считают это обычным, нормальным поступком. Все они искренне живут желанием скорее увидеть новую машину построенной, поэтому работа является для них удовольствием и основной частью их жизни. <...>

Отчет № 3. Март—апрель 1939 г.

Жидкий воздух. Этот отчетный месяц ознаменовался интересной аварией на нашей установке жидкого воздуха. От масла, приносимого с воздухом из компрессо-

ра, заело клапаны регенераторов на холодном конце. В результате неровного движения воздуха один из регенераторов забился углекислотой, давление поднялось выше обычного и передалось на насадку — ее помяло. Одна секция из 34 пришла в негодность. Починка заняла полтора дня.

Сотрудники ворчали на меня. Ведь они давно уже говорили, что пора промыть регенераторы от накопившегося в них за 16 месяцев эксплуатации масла, а я этого не разрешал. А теперь в присутствии посторонних, работников завода такой конфуз...

Это показывает, что у наших сотрудников все еще не совсем правильный подход к делу. Такой поломке надо радоваться, а не огорчаться ей. То, что машина работала 16 месяцев без промывки масла, показывает, что забивка маслом — несерьезная вещь. Но для освоения установки нужно определить период, после которого наступает забивка, а главное, узнать, как серьезна авария, которая может произойти, если регенераторы забьются маслом или углекислотой. Теперь мы знаем, что здесь ничего серьезного нет, и это важнее, чем репутация в глазах посторонних людей. <...>

Отчет № 4. 17 апреля—17 июня 1939 г.

Жидкий воздух. <...> Месяца два назад мы решили организовать максимальное давление на Масленникова — директора завода, чтобы заставить его более энергично действовать. Для этого наш заместитель директора тов. С. ездила в партком завода, и этот вопрос обсуждался на заседании партийного комитета. Наконец тов. Масленников по нашей просьбе приехал к нам (при этой беседе присутствовал тов. М. из Экономсовета). Сперва тов. Масленников пытался говорить, что у него все в порядке и он сразу же может приступить к изготовлению турбины. Но когда я позвал рабочих с его завода, работающих в институте, они быстро помогли установить, что завод еще не приспособлен к этой работе и никаких подготовительных мероприятий пока осуществлено не было. Мы снова получили обещание, что все двинется с места. Но с места сдвинулся только сам тов. Масленников, который получил повышенное назначение — начальником треста. <...>

Я так устал давить на завод, что решил больше в их дела не вмешиваться. Пока все равно толку никакого

не получается, надо ждать, пока сам завод проявит инициативу.

Интересно противопоставить этому то, что ряд американских фирм в своих предложениях пишут, что они готовы прислать нам специалистов-инженеров, чтобы только те ознакомились с работой установки и с ее проектированием. А нашего директора завода надо чуть ли не на четвереньках упрашивать, чтобы он дал своих инженеров. <...>

Отчет № 5. Июль 1939 г.

Жидкий воздух. На заводе «Борец» по-прежнему никакого особого движения нет, хотя он и должен по сроку, который был утвержден Экономсоветом, сделать первую экспериментальную установку к 1 августа, т. е. через десять дней. По существу, к работе еще не приступали. Кроме модели для отливок, ничего не сделано. Материал не заготовлен.

Мы сейчас вносим конструктивные изменения в старую установку с целью ее улучшения, так что я боюсь, что, когда завод «Борец» приступит к выпуску своей установки, она может оказаться устаревшей.

Жидкий кислород. Мы закончили первый цикл работ с жидким кислородом. Первыми подверглись испытанию регенераторы. Регенераторы представляют собой тип теплообменника, основанный на том, что, когда холодный воздух покидает турбину, холод отдается так называемой насадке регенератора, состоящей из трубы, в которой имеется большая поверхность теплопередачи, образуемая лентой. Через некоторое время поток переключается и по тому же регенератору идет теплый поток воздуха и холод отнимается.

Теория этих регенераторов разрабатывалась Нуссельтом и Хаузенем. Так как их теория была неполной и очень запутанной, то я нашел более простые и точные выражения для расчета процессов в регенераторах. Построенные на этих расчетах регенераторы, которые работают в нашей установке (по существу, это вообще был первый работающий у нас в Союзе регенератор на холодильных установках), оказались легче и лучше немецких. Результаты практических испытаний точно совпали с расчетами.

На новой установке мы значительно улучшили наши регенераторы: уменьшили гидравлическое сопротивление

ние, увеличили поверхность и сделали их короче и толще. Они должны были дать еще лучшие результаты. На самом деле в работе наши новые регенераторы проявили себя хуже, чем следовало по расчету. В причинах этого мы окончательно еще не разобрались.

Этот факт очень ярко показывает, как трудно планировать научную работу. Казалось бы, при полностью разработанной теории регенераторов, что мы предварительно сделали, можно было быть вполне спокойными. Но вот регенераторы проявляют непредвиденные свойства, о которых никто не знал. От решения этих новых вопросов будет зависеть возможность уменьшить вес регенераторов на 50—60%. В плане заранее этого, конечно, нельзя было предвидеть. Но, не решив этого вопроса, мы не можем приступить к проектированию большой машины для получения газообразного кислорода. Поэтому, если бы мы называли какие-нибудь сроки, оказалось бы, что мы задерживаемся против них на несколько месяцев. Вот почему давать сроки в научной работе совершенно невозможно.

Такие неожиданные неприятности и затруднения, вероятно, встретятся на нашем пути еще много раз. По существу, преодоление их составляет главное удовольствие и интерес научной работы. Если все течет нормально, как по расписанию, то нигде проявиться творчеству. <...>

Отчет № 6. Сентябрь 1939 г.

Жидкий воздух. Институт работает над усовершенствованием турбины, упрощением ее и улучшением ее конструкции... Технических улучшений, не имеющих принципиального значения, по-видимому, в турбине можно сделать еще много. По существу, ими должен был бы заниматься завод, но при тех темпах, которые проявляет завод, не сумевший в течение 9 месяцев просто скопировать нашу прежнюю установку, ждать, чтобы он занялся техническими улучшениями, пришлось бы очень долго.

На заводе «Борец» с изготовлением первого экземпляра установки дело обстоит довольно скверно. <...> Давление на завод производится через общественные организации и через печать. Но сильного сдвига по-прежнему нет. Самое обидное для меня следующее. В начале года у меня в институте работали три ин-

женера, которые осваивали чертежи и расчеты установок. Это были т. Белянин, Гетье и Левитин. Они начали успешно обучаться, и я им уделил большое внимание, много с ними разговаривал, объяснял, учил расчетам и т. д. После того как они вернулись на завод, эти кадры уже разбазарили. Белянин ушел в административный аппарат наркомата. Гетье переведен на другую работу. Остался один Левитин. Такое отношение главка в значительной мере отбивает охоту к непосредственной, неформальной помощи заводу, так как труд и энергия, затраченные на воспитание кадров, тратятся зря. <...>

Отчет № 7. Октябрь 1939 г.

Жидкий воздух. С жидким воздухом работа с нашей стороны пришла к своему логическому концу. Улучшенная турбина по-прежнему работает хорошо, и главная задача — длительное испытание ее на износ подшипников и пр. Достоверные данные об этом можно получить только через несколько месяцев. Пока есть все основания думать, что, как я уже писал, новая турбина представит значительные конструктивные улучшения по сравнению с предыдущей. Мы организуем передачу ее чертежей на завод «Борец».

На заводе «Борец» стало наблюдаться маленькое оживление, хотя и недостаточное...

Жидкий кислород. <...> За этот месяц мы делали только один опыт с новой кислородной установкой. Мы получили обогащение 99% кислорода, т. е. более, чем необходимо для практики, так как техническая порма 97%. <...>

Параллельно мы начали уже готовить работу — разрабатывать и строить маленькую кислородную установку более упрощенного типа, главным образом ориентируясь на запросы авиации. Запросы авиации — очень серьезная вещь, и поэтому мы можем вполне рисковать, изготовляя упрощенную установку, по крайней мере те ее части, которые уже оправдали себя, так как пока что не видно никаких объективных оснований сомневаться в том, что выбранный нами путь правилен. С другой стороны, ответственность задания требует темпов и оправдывает некоторый риск. <...>

Жидкий кислород. <...> Вопрос о причинах неправильного функционирования регенераторов остается пока еще невыясненным, и это сильно задерживает нашу работу, так как, не поняв причины плохого теплообмена в этих регенераторах, нельзя идти дальше. Теперь все силы будут направлены на то, чтобы окончательно разобраться в этом интересном вопросе. <...>

Происходящее сейчас в регенераторах явление не может быть с уверенностью объяснено современными теориями и расчетами, как опубликованными, так и моими лично. Это очень интересный вопрос; наталкиваться на такие задачи очень приятно, но в данном случае единственный недостаток этого вопроса тот, что он сильно задерживает нашу работу. <...>

Жидкий воздух. Выяснилось, что хотя те улучшения турбины (новая конструкция подшипников), которые мы разработали, действуют хорошо, но при сравнительно небольшом износе шарикоподшипников турбина начинала терять стабильность. После 40—50 часов работы она начинала зудеть и приходилось подшипники сменять.

Мне сейчас пришла мысль еще об одной конструкции, при которой износ подшипников, даже очень серьезный, теоретически должен был бы влиять очень мало. Эта конструкция уже разработана, и опыты с ней начнутся в ближайшее время. <...>

15 декабря 1939 г. я ездил на завод «Борец» и читал лекцию о нашей установке для того, чтобы поднять настроение работников завода. Аудитория состояла преимущественно из рабочих-стахановцев и некоторого количества технических работников завода. Перед такой смешанной аудиторией читать очень трудно, чтобы всем было интересно. Поэтому приходилось останавливаться больше на общих вопросах — о значении кислорода, о значении наших работ для промышленности. Говорил также о медлительности, которую проявил завод. Виновником этой медлительности является, конечно, директор, но он-то как раз на лекцию и не пришел — может быть, боялся критики?.. Аудито-

рия слушала внимательно, читать им было приятно.

Кажется, мы делаем все, чтобы поднять дух па заводе. Поэтому те плачевные результаты, которые сейчас имеются, очень огорчительны. <...>

Отчет № 10. Январь 1940 г.

Жидкий воздух. Испытания турбины, в которой применены некоторые другие принципы создания устойчивости, произведены. <...> Турбина ходила около 10 часов. Хотя теоретически новая система должна гораздо лучше работать на износ, но это еще надо подтвердить опытом. За 10 часов работы износ в подшипниках получился небольшой. <...>

Что касается изготовления турбины на заводе «Борец», то там, по-видимому, наметилось оживление. <...>

Жидкий кислород. <...> Что касается неудовлетворительной работы регенераторов, то обследование их трубками Пито указало на то, что, по-видимому, имеется значительный пропуск в клапанах на холодном конце, что, возможно, объясняет плохую работу регенераторов. <...>

Ошибка в конструкции клапанов является чрезвычайно характерной и частой в технике. Конструкция наших клапанов ничего оригинального не представляет — она одинакова с теми, которые обычно применяются на регенераторах. Недостаток их заключается в следующем. Обычно все клапаны хорошо работают, когда они смазываются и между седлом и клапаном образуется тонкий масляный слой, который закрывает все шероховатости клапана. Довольно простой расчет показывает, что при отсутствии масла этих шероховатостей достаточно, чтобы вызвать значительный пропуск газа. В особенности легко протекает газ через них при низких температурах. Так как при низких температурах масло твердеет и не может быть речи об использовании масла как смазочного агента, то в этих условиях всякий механический клапан, работающий на соприкосновении двух металлических поверхностей, не шлифованных с оптической точностью (что в технических условиях затруднено), будет неизбежно пропускать газ. На всех современных холодильных установках употребляются только металлические клапаны; очевидно, все они пропускают газ, что до сих пор, по-

видимому, упускали из виду. Между тем связанные с этим потери могут составлять до 10—15%. В наших условиях, когда мы имеем дело с большими количествами газа и сравнительно малым коэффициентом ожигения, эти пропуски сильно сказываются, а поэтому они и были нами обнаружены.

Конечно, при небольших размерах машины можно делать оптически шлифованные клапаны, как я делал это прежде для своей гелиевой машины, где один только клапан, и то сравнительно небольшого размера. Для больших же машин мы ищем выход в том, чтобы сделать упругое седло для клапана.

В литературе есть указания, что одним из немногочисленных материалов, сохраняющих еще упругость при низких температурах, является кожа. В то время как почти все остальные материалы становятся хрупкими, кожа благодаря какому-то непонятному свойству ее природы сохраняет свою эластичность при самых низких температурах. Чтобы выбрать наиболее подходящую кожу, я поехал в Институт кожевенной промышленности, взяв с собой жидкий воздух, и там на месте испытал самые разнообразные образчики кож.

Выяснилось, что обезжиренная и обезвоженная кожа, ничем не обработанная, при температуре жидкого воздуха -194°C так же эластична, как и при комнатной температуре. Последующая обработка кожи, особенно жирование ее, несколько уменьшает эластичность. Но есть несколько синтетических дубителей, после обработки которыми и при отсутствии жира кожа сохраняет вполне удовлетворительную эластичность. Мы выбрали три образца кож, из которых соорудили экспериментальные клапаны. Обследование их при низких температурах показало, что они несравненно лучше, чем прежние наши металлические. <...>

Случай с клапанами удивительно характерен для промахов техники. Обычно техников гипнотизируют уже известные конструкции, и они применяют их в иных условиях без достаточного учета особенностей новой обстановки. Под таким гипнозом и мы относились к клапанам до этого времени. Принцип клапанов настолько установился, что их применяют, не вникая в детали их работы. Расчет же пропуска клапанов в зависимости от толщины зазора несложен, и он сразу указывает, что ни один из обычных клапанов без масла хорошо работать не может. <...>

Жидкий воздух. Турбина с двумя подшипниками нового типа, о которых я писал в последнем отчете, прошла целый ряд испытаний. Мы улучшили ее конструкцию еще тем, что один из подшипников посадили на гибкую диафрагму и таким образом увеличили мягкость хода и устойчивость. В пусковой период нам удавалось снимать с нее до 12 кВт. Я думаю, что это своеобразный мировой рекорд снятия мощности по отношению к весу турбины, так как вся турбина весит не больше 1,5—2 кг.

Что касается износа подшипников, то по крайней мере за 40—50 часов работы еще никакого заметного износа нет; даже наоборот, кажется, что подшипники как бы прирабатываются и турбина ходит все спокойнее и спокойнее. Сейчас, когда держишься за нее рукой, почти не чувствуешь ее вращения. <...>

Жидкий кислород. Испытания новых клапанов дали положительные результаты. Оказалось, что действительно все недостатки рекуперации регенераторов объясняются плохим действием клапанов, о которых я писал в прошлом отчете. Кожаные клапаны уже проработали часов 15 и держат плотно. <...> Таким образом, тот вопрос, который столько нас мучил и служил основной причиной задержки нашей работы, наконец выяснился. Как ни тривиально и просто найденное решение, но оно ускользало до сих пор от холодильщиков. Тем приятнее наши результаты. <...> На преодоление таких заминок, лежащих поперек пути решения более интересных проблем, и уходит время; их-то и труднее всего предвидеть. Это одно из самых главных затруднений в честном планировании научной работы. <...>

Газообразный кислород. В связи с решением вопроса о регенераторах и преодолением трудностей, которые нас останавливали, мы можем приступить к окончательной разработке установки для получения газообразного кислорода. <...>

Отчет № 12. Март 1940 г.

Жидкий воздух. Наша новая турбина по-прежнему работает хорошо. Теперь почти с уверенностью можно сказать, что это наиболее простая и удобная из наших конструкций. <...>

Жидкий кислород. За этот месяц мы начали испытание кислородной установки, применяя уже обе ступени ректификации. Конструкция для второй ступени, которую мы разрабатываем, состоит из вертушки, могущей иметь ряд отдельных секций, причем, чем больше секций на вертушке, тем более чистый кислород можно получать. <...>

Установка, которую мы сейчас испытывали,— это прототип установки для получения жидкого кислорода на большом заводе. Она рассчитана на высокий кпд, на большую продолжительность работы.

Когда еще два года назад наша работа по получению жидкого воздуха была закончена, я предвидел, что к ней, как всегда ко всему новому, придется ждать известной недоброжелательности. Весь опыт моей предыдущей работы приучил меня к тому, что при выпуске всякой новой работы находится достаточно людей, которые на нее обрушиваются. К этому должен быть готов всякий работник, которому удастся сделать что-нибудь новое.

В данном случае приходилось ожидать, что это будет проявляться еще сильнее, и вот почему.

Подходя к холодильному процессу, и в частности к получению жидкого воздуха и возможности его использования для получения кислорода, я ставил вопрос не так, как это было узаконено многолетней практикой инженерной техники. Обычно принято, как это и указывается во всех учебных курсах, рассматривать весь тепловой баланс установки суммарно, не входя в разбор термодинамической эффективности каждого отдельного цикла, и по этому общему энергетическому балансу определять энергетический и экономический показатели установки. Я же разбил процесс на все возможные элементы и определял термодинамические показатели каждого элемента в отдельности. Такой подход мне нужен был для того, чтобы отыскать те звенья процесса, которые надо в первую очередь заменять новыми, а также чтобы получить более точные и ясные основания для расчетов.

Такой метод нелегко воспринимается обычными инженерами, так как при определении кпд холодильных циклов мне приходилось базироваться на более глубоко знании термодинамики, особенно второго начала, которым обычно инженеры владеют слабо. Поэтому я постарался опубликовать свои работы с возможной

ясностью и, чтобы быть полностью уверенным, что сам не допустил ошибки, дал их на проверку и критику до опубликования теоретикам термодинамики и механики, как, например, академику А. Н. Крылову и другим. Только после этой апробации я был почти полностью уверен, что крупных ошибок у меня нет. <...>

Новизна нашей идеи теперь ясна из того, что мы получаем заграничные патенты, которые довольно благополучно прошли апробацию в Германии, Англии, Франции и Америке.

Среди наших ученых и инженеров деловой критики, по существу, не было. <...> Но отрицательная реакция на новую работу проявляется в самых широких кругах наших инженеров-холодильщиков, и ее нелегко вызвать наружу. Мне рассказывали, что ряд профессоров и доцентов на своих лекциях студентам, как и в отдельных разговорах, отрицательно отзывались о моих работах. Но никогда они не выступали открыто. <...>

Как яркую иллюстрацию несомненно отрицательного отношения к моей работе могу привести поведение проф. Г.—консультанта Главгаза и, кажется, Главхиммаша, опубликовавшего три книги по холодильному делу для вузов и считавшегося у нас одним из ведущих специалистов по холодильному делу, в особенности в области получения жидкого кислорода. Профессор, конечно, был приглашен быть одним из членов комиссии Госплана для отзыва о моей установке, и свое заключение на заседании комиссии он выразил так: «Я не нахожу слов, чтобы выразить свое восхищение достижениями» — и т. д. в том же духе. <...>

23 октября 1938 г. на конференции по подземной газификации Наркомтопа проф. Г. выступил с большим докладом о проблемах кислорода (за моим отсутствием был мой заместитель тов. Стецкая). Касаясь нашей работы, он говорил (цитирую по стенограмме): «Тов. Капица сделал турбодетандер для воздуха, он получает лишь воздух, по кислорода он еще не получает. Он работает над получением жидкого кислорода, потом будет работать под получением газообразного. Поэтому полученное непоказательно». <...>

<...> По существу, я понимаю проф. Г. и даже до известной степени сочувствую ему. Он в почтенном возрасте, и переучиваться ему трудно. При введении новых методов он легко может очутиться за бортом.

Эти Г. и им подобные являются, конечно, большим

тормозом для проведения нового в промышленности, так как руководство главками, заводами и т. д. в нашей промышленности составляет свое мнение о новых достижениях, обычно опираясь на их мнение. На кого же им и опираться, как не на своих постоянных консультантов? <...>

Возникает вопрос: что же можно противопоставить Г-подобным, которые, безусловно, существуют всюду и везде? Я думаю, что при здоровых условиях им можно противопоставить только одно: это здоровое общественное мнение, создаваемое обсуждением новых вопросов на конференциях, в научных обществах, клубах, в дискуссиях в печати и пр. <...>

Отчет № 14. Июнь 1940 г.

Жидкий воздух. За отчетный промежуток самым примечательным было то, что завод «Борец» после полутора лет разрешился от бремени установкой жидкого воздуха. В данном случае его можно уподобить слонихе, у которой, как известно, берет тот же срок произведение на свет нового существа. Это самый длинный срок, известный в животном царстве.

Родить-то завод «Борец» машину сумел, но весь вопрос в том, сумеет ли он ее воспитать и сделать из нее полезную для страны вещь. Тут возникают основные сомнения.

Конечно, сделав одну установку, пустив ее в ход, получив первый раз жидкий воздух, заводские рабочие почувствовали некоторое удовлетворение, и поддерживать их энтузиазм в данный момент следует. Но установка не простояла и месяца на стенде, как ее уже запродали и делают новую установку. Вся цель завода — возможно скорее сделать 5 установок и таким образом формально выполнить постановление Экономсовета. Для успеха дела я им советовал поступить иначе: первую сделанную ими установку не разбирать и не продавать, а на ней получить ряд технических показателей, испробовать новшества и усовершенствования, которые завод должен разрабатывать, а также обучать на ней эксплуатационным навыкам тот персонал, который должен будет обслуживать продаваемые установки. Таким образом, когда установка будет смонтирована на каком-нибудь заводе или в каком-либо институте, она попадет в руки людей, умеющих с ней обращаться.

сл. Такая постановка дела не была бы даже убыточна для завода, так как завод, эксплуатируя эту установку, уже сейчас производил бы жидкого воздуха больше 200 литров за смену и, продавая его по 3 руб. за литр, не только оправдал бы все затраты на текущие расходы по этому цеху и конструированию, но имел бы значительную прибыль. Но такое сознательное отношение к делу не входит, по-видимому, в политику руководителей завода. <...>

При всем этом курьезно отметить, что завод с гораздо большей охотой изготовлял бы установки старой системы, так как над ними не пришлось бы работать творчески, удалось бы обойтись гораздо меньшими затратами энергии. А на балансе завода эти установки, в том же количестве выпущенные, составили бы круглую сумму — около 2,5 млн вместо 625 тыс. руб., которые дают более усовершенствованные. Таким образом, в суммарном выражении завод проигрывает оттого, что он делает более совершенные установки, и никаких побудительных причин для их освоения у него нет.

Заказчиков на установки достаточно. Оказывается, что заказчики — большей частью заводы, так как жидкий воздух начинает иметь все большее промышленное значение, по-видимому большее даже, чем мы вначале ожидали.

Жидкий кислород. Большая установка, которая давала нам 99%-ный жидкий кислород, о которой я писал, находится в переделке. <...>

Что касается упрощенной установки, то ее испытания велись в продолжение двух последних шестидневков. <...>

Показатели установки (по сравнению с обычными передвижными) ориентировочно выглядят так: обычная транспортная установка сейчас размещается в 2—3 вагонах; только одна кислородная аппаратура ее весит 7,5 тонн; эквивалентная по производительности наша установка весит 600—700 кг. <...> Вместо трех вагонов кислородная установка займет только один, она также может быть размещена на автомашине. <...>

Отчет № 15. Июль 1940 г.

Жидкий кислород. 17 июля тов. Малышев (зам. председателя Совнаркома СССР и нарком тяжелого машиностроения и танковой промышленности.—Ред.) ос-

матривал у нас упрощенную установку, и было решено, что она в том виде, в каком есть, с теми характеристиками, которые ей даны в моем отчете № 14, уже представляет интерес для передвижных установок и поэтому можно уже поставить вопрос о ее внедрении. <...>

Вопросы внедрения кислородных установок находятся в центре внимания института, особенно в связи с постановлением Экономсовета. Это постановление предусматривает техническое руководство со стороны института проектировочной и испытательной работой на заводе № 1 ВАТ, куда, согласно постановлению, передается с завода «Борец» изготовление установок.

Опыт технического руководства институтом работой на заводе, безусловно, представляет большой интерес как по своей новизне, так и тем, что следствием его удачного проведения может быть более тесное сотрудничество научных институтов с промышленностью. Надо отметить, что обычными методами это сотрудничество до сих пор не достигалось.

Институт очень серьезно относится к этому опыту. 1) Я выделяю своего заместителя тов. О. А. Стедкую на завод с тем, чтобы она там проводила по крайней мере половину своего времени, имея, таким образом, возможность самой технически руководить работой в цехах. Это обеспечит живой контакт между заводом и институтом. 2) Далее, для повышения квалификационного уровня и сознательного отношения к делу работников завода я буду читать им после возвращения из отпуска лекции. Возможно также проведение расчетно-проектного семинара. 3) Регулярно 2 раза в месяц будут происходить заседания технического совещания нашего института с работниками Главного управления автогенной промышленности для проверки хода работы и регулирования возникающих в связи с этим вопросов.

Какие из этих мероприятий окажутся более жизненными и нужными, покажет практика, и в зависимости от этого они будут меняться. <...>

Отчет № 17. Октябрь 1940 г.

Жидкий воздух. Вся работа по освоению установок жидкого воздуха сосредоточена теперь на Автогенном заводе № 1 в Москве. Тут можно отметить некоторый

прогресс. Уже в продолжение 16 дней ведутся испытания машины жидкого воздуха на продолжительность эксплуатации. <...>

На заводе сформированы группы конструкторов и испытателей. Товарищи постепенно осваиваются с делом.

Жидкий кислород. Мы продолжаем работать над клапанами и регенераторами большой установки для жидкого кислорода. <...>

Глубокое изучение таких мелких факторов, как работа клапанов, температурные перепады, потери давления в трубопроводах, температурный режим и теплопроводность отдельных частей, обычно производится расчетным путем. На самом деле их всегда надо проверять экспериментально. Это мелкая и кропотливая работа, но, не сделав ее, нельзя почувствовать, что овладел всей техникой теоретического расчета, и без нее нельзя передавать большую машину промышленности. Работа эта до известной степени неблагодарная, так как она не сопряжена с крупными достижениями принципиального характера, но абсолютно необходимая для того, чтобы можно было осуществить более крупную идею.

Недостаточный учет и понимание этих мелких явлений легко может задушить новые идеи, которые мы хотим вложить в установку для получения газообразного кислорода. В то же время их гораздо лучше выяснять и изучать на маленькой установке, так как эти испытания дешевле и они протекают быстрее. Возьмем, например, изучение температурного режима. Чтобы изучать температурный режим в регенераторах, нужно ждать, пока он установится. На нашей маленькой установке для такого опыта требуется только 20—30 минут. Следовательно, в продолжение суток мы можем получить 10 таких замеров, сделанных в разных режимах. В то же время на большой кислородной установке Днепропетровского завода металлургического оборудования (ДЗМО) установление температурного режима берет 1—2 суток. Таким образом, то, что мы делаем в день, на этих больших установках займет около месяца. И если к этому присовокупить, что наша установка берет в час 60 кВт, а на ДЗМО — около 3000 кВт, то ясной станет вся разница в затратах на экспериментальную работу. <...>

Жидкий воздух. <...> Первая установка для получения жидкого воздуха готова для сдачи потребителю. Но мы ее не пропустили, потому что она была недостаточно тщательно и аккуратно сделана. Должны быть более тщательно изготовлены разные детали — до этого мы не позволим заводу выпустить ее потребителю. Увы, пока что психологию наших заводов можно было бы характеризовать так: «Потребитель не свинья — все съест». <...>

Жидкий кислород. <...> Клапаны на холодном конце даже с кожаными прокладками работают еще неважно. Из шести клапанов три работают хорошо, три работают плохо. По-видимому, есть какие-то детали в конструкции, пока что ускользающие от нас, которые определяют хорошую работу клапанов. Они были случайно выполнены на трех и не выполнены на остальных трех. Это может быть, например, неровная толщина кожи, неправильная термическая обработка седла или клапана (недостаточный отпуск и пр.). В этом надо внимательно разобраться. <...>

Отчет № 19. Январь—февраль 1941 г.

Жидкий воздух. <...> Машина жидкого воздуха продолжает испытываться на заводе и регулярно эксплуатируется. Много московских учреждений сейчас снабжается жидким воздухом этой установки.

Теперь, после усиления диафрагмы, с теми же подшипниками турбина проработала уже около 900 часов, и никакого износа пока не заметно. Таким образом, практически вопрос о машине жидкого воздуха решен.

Жидкий кислород. <...> Мне удалось найти новую схему, которая, по-видимому, должна дать возможность значительно улучшить всю ректификационную схему и значительно упростить ее. Установка была рассчитана за три дня и построена за 25 дней, так что 1 февраля мы уже начали ее испытания. Испытания были чрезвычайно интересны и увлекательны. Схема полностью себя оправдала. После устранения ряда мелких недостатков, переделок и ряда систематических испытаний мы получили следующие результаты: чистота кислорода в лучших сливах достигала 99,3% и

никогда ниже 98,5%...; производительность установки выросла с 25 кг/ч до 27—28 кг/ч. Установка ходила непрерывно в продолжение 7 с лишним часов без всяких промывок и пр., так как турбина совсем не забивалась углекислотой. <...>

Надо сказать, что рассчитать всякую принципиально новую кислородную установку точно представляется очень затруднительным. Самый лучший метод в этом случае — это сделать приблизительный ее расчет, быстро изготовить установку и потом уже на основании полученного материала переделывать так, чтобы ее показатели совсем точно совпадали с теоретическими предположениями. Это метод, называемый в математике методом последовательных приближений.

Теперь как раз мы заняты переделкой установки на основании данных, полученных из опыта. Теоретически получаются такие показатели, о которых как-то даже не хочется писать. Например, выходит, что производительность установки по сравнению с нашими прежними увеличивается в 1,5—2 раза, т. е. от 35 до 50 кг жидкого кислорода в час. Как показывает расчет, этот результат получится, если построить новую турбину, которая будет иметь две ступени вместо одной. При этом входное давление нам удастся поднять до 8 атм вместо прежних 5. Тогда есть надежды, что осуществится мое основное стремление, чтобы наши турбинные установки превзошли по своим экономическим показателям обычные установки высокого давления. Двухступенчатая турбина уже рассчитана, запроектирована и окончательно должна быть готова в апреле.

Я хочу похвастаться теми темпами, которых мы достигли. Расчет и постройка ожигательной установки в один месяц и турбины в полтора месяца — это такие сроки, которые показывают, что у нас в институте имеется здоровая техническая база. Надо отметить, что за все 4 года работы у нас было сконструировано и рассчитано 11 турбин; новая турбина — двенадцатая. Надо отметить также, что расчет маленьких турбин и их конструирование так же сложны и должны выполняться с такой же полнотой, как и в случае больших турбин. <...> Сейчас все наши сотрудники работают с таким увлечением и с такой сосредоточенностью, что мне лучшего и желать нельзя.

За последний период нам удалось решить еще один трудный и важный вопрос, который, как видно из

моих предыдущих отчетов, долго и сильно нас мучил. Это — клапаны на холодном конце регенераторов, которые всегда плохо работали, так как забиваются углекислотой. Я об этом не раз уже писал. Несколько улучшили положение кожаные прокладки. Об этом я также писал. Но все же, как показал опыт работы с новыми клапанами, они пропускают, когда начинает садиться на седла твердая углекислота. Теперь нам удалось найти простое решение. Несмотря на его простоту, это, пожалуй, был один из труднейших вопросов, которые приходилось решать на кислородных установках. Решение это заключается в следующем: под седло клапана кладется тонкое металлическое колечко, по которому пропускается небольшой ток, так что на клапан тратится не больше 10 Вт энергии. Но этого легкого подогрева седла клапана оказывается достаточно, чтобы сделать его работу совсем надежной. Происходит это благодаря тому, что легкий подогрев заставляет улетучиваться твердую углекислоту из седла и клапан закрывается плотно. <...>

Новое устройство клапанов уже передано на завод и будет в ближайшее время испытываться в заводских условиях.

Отчет № 21. Апрель—май 1941 г.

Я думаю, что вполне уместно в моем отчете рассказать о том, как мы получали инструменты для нашей мастерской. Этот небольшой случай, мне кажется, вскрывает крупный организационный недостаток, который приносит стране убытков, должно быть, не меньше, чем на несколько сотен миллионов рублей в год.

Посещая машиностроительные заводы, я всегда заходил в инструментальный цех. По качеству и типу специального инструмента, который употребляет завод, в несколько минут можно себе составить картину технического уровня завода. И вот, неизменно в инструментальном цехе наших заводов меня поражало, что обычно больше половины станков и персонала цеха загружены изготовлением самого обычного, что называется массового, инструмента (разверток, сверл, метчиков и пр.), причем выполняется это, конечно, не на автоматических станках, а, что называется, кустарно, подчас вручную. Для изготовления небольших количеств такого инструмента надо приспособлять станки,

подбирать материал и пр. В результате стоимость таким образом изготовленного инструмента по сравнению с изготовленным на специальном заводе массовым способом обходится в цеху, я думаю, не меньше чем в 10, а скорее всего в еще большее число раз дороже.

На мой вопрос, заданный однажды одному из инженеров крупного завода: «Почему вы делаете эти спиральные сверла таким кустарным путем?» — он отвечал: «Нам этот размер нужен, а получить не удалось». — «Это специальный размер?» — спрашиваю я. «Нет, обычное сверло, но их нет».

Теперь, когда мне впервые пришлось приобретать для института инструмент, я понял, почему у нас такая нелепица творится в инструментальных цехах. Дело в том, что вначале из Англии был привезен с другим оборудованием института полный ассортимент хорошего слесарного инструмента, и он служил нам в продолжение 5 лет. Но в последний год я наблюдал в нашей мастерской, что мы тоже начали болеть этой же болезнью и сами делать обычный ходовой инструмент (метчики, развертки, сверла и пр.). Зав. мастерской объяснил, что заявка на этот инструмент сделана давно, но вот уже два года нельзя ничего получить и поэтому приходится делать самим.

Тогда мы составили спецификацию на необходимый инструмент, конечно самый обычный и по размерам подобранный так, чтобы каждый размер выражался целыми числами, наверняка помеченными в наших каталогах. Сумма заявки была с точки зрения любого завода пустяшная — около 5000 руб. После того как Совнаркомом были даны указания выделить нам инструменты по нашей заявке, дело протекало следующим поучительным образом.

Наш снабженец явился в соответствующий главк Наркомтяжмаша. Ему сказали, что из наличного инструмента в соответствии с нашим требованием имеется инструмент только на 300 рублей, других размеров нет. Может быть, кое-что еще подберется в продолжение года, но ему советуют взять то, что есть на сумму заявки. Это, конечно, нас не устраивало, и потому, после соответствующего нажима сверху, нам отобрали инструмент уже в размере 60% нашей спецификации (на 3000 руб.). При этом снова предлагали взамен недостающих 40% добрать все что угодно из наличия и даже на большую сумму, чем сама заявка.

Я дал инструкцию своим товарищам требовать выполнения спецификации точно, так как она совершенно тривиальна и не может быть, чтобы у нас в Союзе не изготавливались такие инструменты в столь простом ассортименте.

Наконец, когда из наших центральных учреждений начальнику Главсбыта Наркомтяжмаша тов. С. была дана в соответствующее место такая порция скипидара, что он задергался по-настоящему, то картина начала развиваться еще более поучительно. Сначала тов. С. звонит ко мне и говорит: «Вы капризничаете — неужели вы не можете взять другой инструмент?» Я ему говорю: «Раз мне нужны определенные инструменты, то и давайте мне их, если же они не делаются у нас в Союзе, то дайте мне официальную справку об этом и тогда на этом основании я поставлю вопрос о выписке их из-за границы». Конечно, я прекрасно знал, что такой справки они не дадут, так как речь идет о самом простом инструменте и они побоятся признаться в его отсутствии.

В конце концов в Главсбыт Наркомтяжмаша был вызван мой заместитель и главный мастер. Они застали следующую картину. Все инженеры главка были мобилизованы, чтобы искать в Москве эти инструменты. Даже шофер начальника главка был отправлен отыскивать два напильника. В итоге дня инструменты были найдены, причем оказалось, что где-нибудь они да изготавливались; по-видимому, вовсе не на инструментальных заводах, а у себя в цехах. Чтобы найти их, начальник главка оставался один в конторе и сам звонил, кому мог, стараясь по телефону использовать свои связи с самыми разнообразными заводами. Не находились только прорезные фрезы. Поэтому решили, что, может быть, я зря их прошу. Послали инженера на Автогенный завод, где изготавливаются турбины, чтобы убедиться, что они мне действительно нужны. Убедясь, что не подкупаешься, они их тоже нашли на каком-то авиационном заводе. Но те не давали без специального распоряжения.

Характерно, что все время, пока искали инструменты, тов. С. убеждал нас взять то, что имеется в ассортименте. Он говорил нам: «Мы вам дадим в три раза больше инструментов, чем вы просили, почему бы вам не взять — вы можете немножечко подшлифовать, развернуть, подрезать — это же вам пустяковая рабо-

та, все у нас привыкли это делать». Вот эти-то на вид невинные «подшлифовки» и «подрезки» и загружают инструментальные цеха. <...>

Жидкий кислород. Подробно изучаются все потери в турбодетандере. Улучшение разных деталей все продолжается. <...> В результате всех наших стараний сейчас производительность установки по кислороду составляет около 30 кг/ч и по жидкому воздуху уже доходит до 47 кг/ч, т. е. примерно на 50% более, чем в начальной стадии работы. Достаточно еще совсем немного повысить кпд установки, чтобы она сравнялась по своим показателям с установками высокого давления. <...>

Отчет № 22. 30 июня 1941 г.

Жидкий воздух. Завод изготавливает две машины жидкого воздуха, которые в ближайшее время будут сданы заказчику. Дальнейшие опыты в этой области приостановлены по мотивам, изложенным далее.

Жидкий кислород. В работе по жидкому кислороду произошло резкое изменение плана. Завод хотел выпустить одну передвижную установку для получения жидкого кислорода к 30 сентября, так как мы хотели произвести целый ряд опытов с этой установкой перед тем, как ее выпускать. На экстренном техническом совещании мы решили в связи с изменившимся положением не стремиться создавать наиболее совершенную установку, так как и тот вариант, который уже создан, значительно превосходит все существующие, прекратить работу над усовершенствованием и быстро реализовать то, что имеем. Предварительный срок выпуска был назначен на конец июля. Для того чтобы его выдержать, мы переключаем работы института на помощь заводу, чтобы мобилизовать всех наших работников. Есть все основания считать, что установка будет к этому сроку. <...>

В свободное время мы заканчиваем у нас в институте опыты с трехрегенераторной установкой и делаем маленькие переделки шестирегенераторной установки (улучшаем теплоизоляцию). После этого мы пустим нашу кислородную установку в постоянную эксплуатацию, так как стране сейчас очень нужен жидкий кислород и даже наши маленькие две установочки могут дать 10—15% московской продукции. <...>

Газообразный кислород. Все работы в этом направлении прекращены.

ВРЕМЯ НЕИЗБЕЖНО УСТАНОВЛИВАЕТ НАУЧНУЮ ПРАВДУ

ПОСЛЕСЛОВИЕ К ОТЧЕТАМ
АКАДЕМИКА П. Л. КАПИЦЫ

П. Е. Рубинин

Небольшие экспериментальные установки, которые были созданы в Институте физических проблем, работали в военные годы на полную мощность, снабжая кислородом танковые заводы, госпитали и авиационные части... В 1942 году институт проектирует и строит установку, в десять раз более мощную, — ТК-200. Она дает 200 кг жидкого кислорода в час и снабжает кислородом около семидесяти предприятий и научных учреждений Москвы...

П. Л. Капица разрывался между Казанью, куда был эвакуирован Институт физических проблем, и Москвой, где строятся кислородные установки. Строятся, как ему кажется, недостаточно быстро. И 6 апреля 1943 года Капица пишет заместителю председателя ГКО В. М. Молотову: «Все это время я был погонщиком мулов, а в руке у меня не было не только палки, но даже хворостинки. Поэтому полагаю, что в той или иной форме мне нужно дать официальную власть, чтобы я сам мог руководить вопросами внедрения в производство. И тогда, несмотря на то, что мне на это время придется сократить мою научную работу, у меня будет взамен удовлетворение видеть наши установки внедренными».

К этому неофициальному письму было приложено письмо вполне служебное. Первый раздел его начинался словами: «Для успешного развития наших установок необходимо создать специальную организацию (назвав ее хотя бы, например, Главкислород), первое время непосредственно подчиненную СНК, без подчинения какому-либо хозяйственному наркомату».

Постановлением Государственного комитета обороны

такая организация была создана, академик Капицу назначили начальником Главного управления по кислороду при СНК СССР и председателем Технического совета Главкислорода.

В личном архиве П. Л. Капицы сохранились письма, которые он писал в годы войны руководителям Государственного комитета обороны и своим помощникам в Главкислороде и в Институте физических проблем. Читаешь эти письма и поражаешься его энергии и упорству в достижении поставленных целей. В Москве строится — и какими темпами строится! — завод кислородного машиностроения. В Балашихе, под Москвой, монтируется мощная кислородная установка ТК-2000.

Пробный пуск ее состоялся 20 октября 1944 года. 30 января 1945 года правительственная комиссия приняла Балашихинский кислородный завод. Комиссия, которую возглавлял уполномоченный Государственного комитета обороны, председатель Комитета по делам высшей школы С. В. Кафтанов, представила правительству акт приемки. Этот акт был утвержден Бюро СНК СССР 19 апреля 1945 года.

30 апреля 1945 года Петру Леонидовичу Капице было присвоено звание Героя Социалистического Труда «за успешную научную разработку нового турбинного метода получения кислорода и за создание мощной турбокислородной установки для производства жидкого кислорода». В этот же день были подписаны указы о награждении Института физических проблем орденом Трудового Красного Знамени и о награждении орденами и медалями большой группы работников ИФП и Главкислорода.

18 мая в Кремле состоялось вручение наград, а 19 мая «Правда» опубликовала статью С. В. Кафтanova «Выдающееся достижение советской науки и техники». «Создание... установки, — писал Кафтанов, — является крупнейшим достижением советской науки и техники в годы Великой Отечественной войны и в первую очередь достижением Института физических проблем и его руководителя — крупнейшего физика нашей страны П. Л. Капицы».

Однажды Петр Леонидович заметил, что слава хороша прежде всего тем, что позволяет быстро решать возникающие в ходе работы вопросы. Такой вот был у него прагматический подход к славе...

Поэтому неудивительно, что на следующий же день после статьи в «Правде» он пишет Сталину следующее письмо:

«Товарищ Сталин, 21 мая, <...> должен быть внесен Вам на утверждение проект постановления „О мероприятиях по внедрению обогащенного кислородом дутья на Новотульском металлургическом заводе“».

Это очень важные мероприятия. На сегодня, я думаю, это следует выбрать как главное направление удара по внедрению кислорода в промышленность. От удачи этого начинания зависят:

1. Проверка метода получения газообразного кислорода в больших масштабах.

2. Возможность перевести и развивать черную металлургию на новых путях.

3. Научиться ставить новаторские эксперименты в технике в больших масштабах, с охватом ряда звеньев производства.

Если это удастся, то мы станем намного сильнее и умнее. Но удастся оно может только тогда, если из этого сделать государственную задачу первой величины и привлечь лучшие силы. Этого нет. Исключительное значение этого начинания никак не отражено в предлагаемом Вам проекте постановления. <...>

Прошу Вас, если Вы найдете возможным, перед утверждением проекта дать указание начать постановление словами, [отмечающими] большое государственное значение этих мероприятий и необходимость упомянутым в нем наркоматам рассматривать задание как первоочередное.

П. Капица

18 июня 1945 года Капица выступил с докладом на сессии Академии наук СССР, посвященной 220-летию со дня основания академии. Тема его доклада — «О получении и использовании жидкого кислорода».

«...Перед нами во весь рост встанет задача внедрения больших количеств кислорода, которые окажутся нам доступны...— сказал он в заключительной части доклада.— Академик И. П. Бардин подсчитал, что если с теми показателями, какие мы надеемся получить и которые не кажутся мне завышенными, внедрить наш кислород в металлургию, то этим удастся на том же оборудовании, которое у нас имеется сейчас, на том же количестве домен получить примерно

двойное количество чугуна и стали и освободить при этом 40% рабочих. <...> Примерно такого же характера показатели даются и для других областей техники. Но для того чтобы осуществить и внедрить эти новые процессы, конечно, предстоит еще много работы, предстоит много трудностей и неудач. Самое, пожалуй, интересное — это то, что здесь предстоит экспериментировать в масштабах, которые нам, физикам, трудно понять. <...> И если нам во время войны удалось достичь известных результатов, то если мы сейчас энергично возьмемся за дело, мы можем не сомневаться в успехе...»

Капица полон энергии, полон энтузиазма. Впереди огромная работа, очень важная и нужная стране...

Но 22 августа 1945 года на имя Сталина поступает донос на Капицу. Подписал его начальник Глававтогена М. К. Суков.

Вот цитаты из этого «документа»:

«Система деятельности Главкислорода имеет явно капиталистический оттенок, не позволяющий развития новых идей, предложений и широкого технического обсуждения общественностью Главкислорода»...

«Академик Капица в отдельных весьма важных государственных заданиях и обязательствах, которые он на себя берет, обманывает и вводит в заблуждение правительство, заведомо зная невыполнимость данных им обещаний...»

На одном из ближайших заседаний Бюро СНК СССР Берия, который был председателем Бюро, зачитывает выдержки из письма Сукова и предлагает назначить его заместителем начальника Главкислорода, заместителем Капицы.

Петр Леонидович возмущен и в письме к Сталину от 3 октября 1945 года пишет: «Изложенное ясно показывает, что товарища Берия мало заботит репутация наших ученых (твое, дескать, дело изобретать, а зачем тебе репутация?). Теперь, столкнувшись с тов. Берия по Особому Комитету, я особенно ясно почувствовал недопустимость его отношения к ученым».

В следующем письме к Сталину, 25 ноября 1945 года, Капица пишет: «У меня с Берия ничего не получается. Его отношение к ученым, как я уже писал, мне совсем не по нутру...» В этом письме Капица сравнивает Берия с дирижером оркестра. «У Берия основная слабость в том,— замечает он,— что дири-

жер должен не только махать палочкой, но и понимать партитуру. С этим у Берия слабо».

Берия был в ярости...

Генерал армии А. В. Хрулев, который в годы Великой Отечественной войны был начальником Главного управления тыла Красной Армии, а в 1946—1951 годах — начальником тыла Вооруженных Сил СССР, присутствовал при разговоре Сталина с Берией, когда Берия потребовал ареста Капицы. Сталин тогда сказал: «Я его тебе сниму, но ты его не трогай». А. В. Хрулев рассказал Петру Леонидовичу об этом разговоре вскоре после того, как был расстрелян Берия...

Сталин выполнил свое обещание. В мае 1946 года назначается комиссия, которой поручено проверить работу Главкислорода. В комиссию включены все главные противники разработанного Капицей метода получения кислорода — С. Я. Герш (тот самый профессор Г., о котором Петр Леонидович рассказывал в своем отчете № 12), Н. И. Гельперин и И. П. Усюкин.

21 июня состоялось заседание правительственной комиссии. Сохранилась стенограмма этого заседания. Профессор С. Я. Герш выступил на этом заседании с докладом. Он завершил свой доклад следующими словами: «Я не буду больше задерживать ваше внимание, а скажу в заключение, что имеются два Капицы, один Капица — ученый, блестящий экспериментатор, которым мы гордимся; есть и другой Капица — инженер, неудачливый изобретатель дешевого кислорода. И вот этот второй Капица мешает первому. С достижениями второго Капицы и его работами согласиться нельзя. Это обходится стране очень дорого, а главное — тормозит развитие кислородной промышленности в Советском Союзе...»

Профессор Герш и другие подобные ему эксперты утверждали, что турбокислородные установки, созданные Капицей, менее экономичны, чем трофейные немецкие. Министр химической промышленности М. Г. Первухин, который председательствовал на том заседании, сказал: «Мы не боимся слова „немецкие“. Все мы не менее русские, чем вы. Заграничный опыт, где бы он ни был — в Америке ли, в Англии или в Германии, — если это передовой опыт, должен быть использован». — «Ползите за любой страной, какая вам нравится», — крикнул Капица.

Из членов комиссии только академик И. П. Бардин поддержал Капицу. 9 июля 1946 года Петр Леонидович послал ему стенограмму заседания Правительственной комиссии. В сопроводительном письме он пишет: «Несомненно, стенограмма производит „интересное“ впечатление. Заседание можно, пожалуй, сравнить с боем быков. Во всяком случае, вначале, когда хотели во что бы то ни стало раздражить „быка“. Для этого, как известно, используют наемных пикадоров, матадоров и прочих молодцов. Бык при этой процедуре остается один. А по существу, это занятие, с точки зрения государственной, бессмысленное. Бык — полезное для хозяйства животное, и дразнить его могут только люди с извращенной психологией...»

17 августа 1946 года постановлением Совета Министров СССР, подписанным Сталиным, Капица был снят с должности начальника Главкислорода и с должности директора Института физических проблем «за невыполнение решений Правительства о развитии кислородной промышленности в СССР, неиспользование существующей передовой техники в области кислорода за границей...». Начальником Главкислорода назначается М. К. Суков.

20 сентября 1946 года президиум Академии наук СССР принимает постановление «О руководстве Института физических проблем», в котором утверждается, «что проводившиеся в течение ряда лет институтом работы, под руководством академика П. Л. Капицы, по созданию кислородных установок низкого давления не дали положительных результатов — продукт получался неудовлетворительной чистоты, коэффициент полезного действия установок был мал, не был использован опыт заграничной техники в области кислорода».

Начались годы опалы. У себя на даче, на Николиной Горе, Капица в сторожке оборудовал небольшую домашнюю лабораторию — «Избу физических проблем», как он ее называл. Продолжать экспериментальные исследования в области физики и техники низких температур он не мог — эти работы требовали сложного научного оборудования. Сначала он проводил в своей домашней лаборатории исследования по механике и гидродинамике, а в конце 40-х годов обратился к совершенно иному кругу физических задач — к электронике больших мощностей.

Но судьба его детища — турбодетандерного метода

получения кислорода — не дает ему покоя: В письмах к руководителям страны и Академии наук он вновь и вновь обращается к этой больной для него теме.

Вот несколько выдержек из писем того времени:

«Вам, наверное, уже известно, что теперь турбинный метод получения кислорода, впервые описанный мною уже десять лет тому назад, получает полное признание как наиболее передовой, и это не только следует из того, что и США, и Англии приходится просить у нас о продаже наших патентов, но также из многочисленных работ, опубликованных за границей (мне известно около 20)... Ведущиеся сейчас в Америке постройки этих машин производятся в колоссальных масштабах. На одну такую установку тратится больше, чем у нас истрачено на все существующие в Союзе установки.

Конечно, [меня], как ученого, такое признание и победа моих идей в области кислородной проблемы не может не радовать, но, как советский гражданин, я глубоко огорчен, что эта победа достигнута за рубежом, а не у нас в стране» (из письма президенту Академии наук СССР академику С. И. Вавилову от 23 мая 1948 года).

«...Из хода развития мировой техники становится все очевиднее, что моя точка зрения на проблему интенсификации кислородом основных отраслей промышленности (горючее, металл и пр.) как на наиболее крупную из современных задач в развитии техники... становится общепризнанной...

История учит, что в вопросах осуществления новой техники время неизбежно устанавливает научную правду, я и жду терпеливо того несомненного момента, когда всем будет неоспоримо ясно, что, когда два года тому назад у нас было полностью закрыто мое направление работ, мы не только пошли по неправильному пути копирования изживших себя немецких установок высокого давления, но, главное, мы безвозвратно погубили свое родное, оригинальное, очень крупное направление развития передовой техники, которым по праву должны были гордиться. Тогда же „опала“ с меня будет снята, так как неизбежно будет признано, что я был прав как ученый и честно дрался за развитие у нас в стране одной из крупнейших технических проблем эпохи...» (из письма И. В. Сталину от 6 августа 1948 года).

Опала с Капицы была снята только в августе 1953 года — после смерти Сталина и после ареста Берии. Его назначили заведующим Физической лабораторией АН СССР (такое «официальное» название получила «Имба физических проблем» на Николиной Горе), а в январе 1955 года он вновь становится директором Института физических проблем.

В ноябре 1956 года директор Всесоюзного научно-исследовательского института кислородного машиностроения Г. М. Баранов обращается к Капице с просьбой дать согласие на включение его имени в список коллектива, выдвинутого на Ленинскую премию за работу «Создание и освоение комплексного оборудования для широкого внедрения технического кислорода в промышленность».

В своем письме к Г. М. Баранову от 25 ноября 1956 года Капица пишет:

«Это предложение сотрудников ВНИИкимаш мне очень приятно как знак доброго отношения товарищей, не забывших о совместной работе, хотя этому минуло уже 10 лет. Тогда, в продолжение ряда лет, я отдавал свои силы как научной, так и организационной работе по проблеме получения дешевого кислорода, необходимого для интенсификации ряда крупнейших промышленных процессов, но в 1946 г. я был полностью устранен от научной работы и от организационной деятельности, так как сочли, что я ее веду по неверному пути...

Предложение участвовать в соискании Ленинской премии, исходящее от коллектива наших ведущих специалистов в области кислородной промышленности, не только лестно для меня, но дает еще одно веское доказательство прогрессивности направления моей тогдашней научной деятельности. <...>

Но все же, тщательно обдумав создавшееся сейчас положение, я решил отказаться от участия в соискании, совместно с коллективом ВНИИкимаш, Ленинской премии. Дело в том, что сейчас в своей научной работе я далеко отошел от кислородной проблемы и к тому же воспоминание о прошлом естественно связано у меня с чувством горечи за понесенную несправедливость. Даже теперь, когда время и жизнь неоспоримо доказали правоту и прогрессивность моих прежних кислородных работ, все же совершенная несправедливость прежних решений у нас еще не признана...»

Как это ни печально, но приходится отметить, что Петру Леонидовичу самому пришлось приложить немало усилий, чтобы добиться отмены несправедливых постановлений.

Лишь в мае 1958 года Совет Министров СССР отменяет постановление 1946 года. Вскоре и президиум Академии наук СССР отменяет свое постановление от 20 сентября 1946 года.

Ничто уже теперь не мешает широкому использованию турбокислородных установок нашей кислородной промышленностью. Результаты? О них почти двадцать лет спустя, в 1976 году, напишет генеральный директор Балашихинского НПО «Криогенмаш» член-корреспондент АН СССР В. П. Беляков: «В настоящее время в СССР работает 208 воздухоразделительных установок низкого давления отечественного изготовления, в которых используется высокоэффективный турбодетандер реактивного типа, разработанный в Институте физических проблем АН СССР. <...> Количество выработанного на них кислорода с момента ввода в эксплуатацию... составляет 115 млрд м³. ...Общая экономия от применения... установок одного низкого давления, с учетом усовершенствования оборудования и технологической схемы, а также вследствие укрупнения агрегатов, превышает 300 млн руб.»

А еще через несколько лет в послесловии к опубликованным в печати отчетам Капицы о работе над кислородными установками он же констатировал:

«Начиная с 50-х годов текущего столетия все крупные воздухоразделительные установки во всем мире выполняются только по схеме низкого давления с турбодетандером. Создание крупных установок низкого давления с турбодетандером позволило полностью удовлетворить возросшие потребности народного хозяйства в жидких и газообразных продуктах разделения воздуха: кислороде, азоте, аргоне, криптоне и ксеноне».

Так завершилась эта драматическая история, которая длилась целых двадцать два года, и начавшаяся с того, что в Институт физических проблем пришли инженеры Автогенного завода обсудить с П. Л. Капицей проблему разделения кислорода и азота из воздуха «с точки зрения использования газа для доменных печей» — как записал Петр Леонидович в своем ежедневнике 27 марта 1936 года.

ХЛЕБ, МАСЛО, НО НЕ ДЖЕМ

П. Л. Капица

Эта лекция была прочитана 12 сентября 1969 г. в университете Мак Гилла (Монреаль, Канада)

О том, что я должен выступить сегодня перед этим выдающимся обществом, я узнал только вчера, и у меня было лишь сегодняшнее утро, чтобы подготовиться. Я надеюсь, что вы простите мне недостатки моей лекции, но я не мог отказаться от выступления в той самой комнате, в которой выступал Резерфорд, в том месте, где работали Резерфорд и те, кто пришли ему на смену.

Мне сказали, что я могу говорить совершенно не принужденно, и я воспользуюсь этим предложением.

В последнее время меня очень интересовал следующий вопрос. Почему Резерфорд, который был большим ученым, что очевидно каждому, был также и большим учителем? Вы знаете, сколько крупных ученых вышло из его лаборатории — Содди, Чадвик, Кокрофт, Эллис, Блэкетт, Олифант и много других совершенно первоклассных ученых. Я должен, конечно, назвать еще и Мозли. Из лаборатории Резерфорда вышли также Бор и Дирак — теоретики. Не думаю, чтобы какой-нибудь другой физик такого же масштаба, как Резерфорд, подготовил столько учеников.

Как это случилось? Чем это можно объяснить? Вот об этом я и хотел бы с вами поговорить.

Прежде всего, когда в лаборатории появлялся молодой сотрудник, Резерфорд проявлял к нему особенное внимание, но делал он это так, чтобы молодой человек не догадался, что на него обращают внимание.

Казалось, он не замечает человека. На самом деле он замечал в нем каждый штрих. Резерфорд был очень наблюдателен.

Больше всего ценил он в людях способность к творчеству, оригинальность. Если человек не был оригинальным, он терял к нему всякий интерес.

Помню, как он говорил со мной о Мозли. Фундаментальная, поистине классическая работа Мозли о зависимости К-излучения, М-излучения от атомного числа была сделана в лаборатории Резерфорда следующим образом. Мозли пришел однажды к Резерфорду и сказал, что у него есть три темы, три направления, по которым он мог бы вести свои исследования. Резерфорд выслушал его и сказал, какая из этих трех тем лучшая. Мозли остановился на ней. И Резерфорд очень гордился тем, что он сделал правильный выбор, но все три темы были оригинальными, их нашел и открыл сам Мозли.

Резерфорд считал очень важным, чтобы научная работа молодого исследователя была простой, несложной. Если вы хотели, чтобы Резерфорд заинтересовался вашей работой, вы должны были рассказать ему о ней просто и ясно. Чем короче и яснее вы объяснили ему свою работу, тем больше внимания он ей уделял. Если ваша работа была сложной, он не проявлял к ней интереса. Чтобы ваша деятельность в лаборатории Резерфорда складывалась удачно, надо было выполнить это требование.

Когда человек начинал работу в лаборатории Резерфорда, его первое исследование должно было быть успешным. Не обязательно грандиозным, но обязательно успешным, потому что очень важно, чтобы человек не потерял веры в свои силы в самом начале работы. Он должен добиться успеха.

Резерфорд был очень щедрым. Он сказал мне однажды: «Вы знаете, Капица, я чувствую себя всегда молодым потому, что у меня в лаборатории есть молодые люди. Необходимо, чтобы в лаборатории были молодые люди. Но так трудно,—добавил он,—удержаться от зависти, когда ваши ученики добиваются успеха».

Он был очень искренним и щедрым человеком. Когда его ученик завершал свою работу, он никогда не ставил на ней свое имя, как это иногда случается. И он всегда верил в успех этой работы.

Он очень внимательно следил за тем, чтобы его ученики не переутомлялись. Я знаю это по себе, потому что часто задерживался в лаборатории и он

выгонял меня. И сейчас я понимаю, что он поступал очень разумно. Сейчас я так же поступаю с научными работниками моей лаборатории. Я не позволяю им работать до глубокой ночи. Резерфорд говорил: «Когда человек работает слишком много, он мало думает».

Резерфорд очень умно обращался с теоретиками. Вы знаете, физики-теоретики в общении всегда несколько надменны, и Резерфорд, разговаривая с теоретиками, умел быть несколько ироничным, был полон юмора. Даже разговаривая с Бором, он всегда подшучивал над ним, над его теорией. У них были самые лучшие отношения, но Резерфорд считал, что ведущей частью физики является эксперимент, а не теория.

Однажды, беседуя со своими учениками в моем институте, я так объяснил им взгляды Резерфорда. Какая разница между теорией и экспериментом? Эксперимент остается навсегда. Помните, как высказалась девица из романа «Джентльмены предпочитают блондинок?»: «Любовь — хорошая вещь, но золотой браслет остается навсегда». Эксперимент тоже, как вы знаете, остается навсегда.

Когда в эксперименте обнаруживалось противоречие между результатами, полученными молодым ученым, и теорией, молодого сотрудника всегда хвалили за то, что эксперимент оказался таким «плохим». Резерфорд никогда не боялся подобных противоречий, потому что он знал, что развитие физики есть результат противоречий между экспериментом и теорией. Когда возникает такое противоречие, теорию следует изменить.

Вот еще один вопрос — как должны жить научные работники? Сколько они должны зарабатывать — много, или мало, или средне? Резерфорд говорил об этом так: «Хлеб, масло, но не джем».

Мне вспоминается по этому поводу весьма интересная история, случившаяся со мной. Резерфорд привел в лабораторию одного пожилого джентльмена, и тот попросил показать ему работы по сильным магнитным полям и низким температурам. Я их ему показал. Когда джентльмен покинул лабораторию, Резерфорд сказал, что это был сэр Роберт Хэдфилд, изобретатель нержавеющей стали. Его называли стальным королем Англии, он был одним из самых богатых людей страны.

Вскоре я получил от сэра Роберта письмо. Он приглашал меня на ленч к себе домой, не объясняя для чего. Мне было тогда лет 35 или 34, и мне хотелось посмотреть, как живет стальной король.

Он жил в доме, который смотрел окнами на Сент-Джеймс Гарден, вблизи Букингемского дворца.

Когда в назначенное время я пришел, дворецкий распахнул передо мной дверь и сказал:

— Сэр Роберт просил извинить, что он несколько запоздает, но если вы подождете в гостиной, то он скоро будет здесь.

Я прошел в гостиную. Над камином в гостиной висела прекрасная картина. Не требовалось много времени, чтобы понять, что это был подлинный Тернер. Я любовался картиной, когда вошел сэр Роберт.

— О,— сказал он,— вы смотрите на моего Тернера.

— Да,— сказал я.

— Вы знаете, это вулканический Тернер.

— Да,— сказал я,— я вижу, что здесь изображен вулкан.

— Вы знаете, я сделал спектроскопический анализ цвета кратера вулкана и обнаружил, что краски действительно соответствуют температуре лавы.

Я не стал спорить с сэром Робертом, и мы пошли к столу.

Меня в жизни еще никогда так не кормили, как в тот день у сэра Роберта. Был накрыт круглый стол, один прибор напротив другого, позади каждого из нас стоял лакей. Представляете — лакей в красной livree. Удивительно чувствуешь себя неловко, когда за твоей спиной стоит человек! Еще один лакей приносит блюда.

Помню, дело было зимой, и на десерт нам подали клубнику, очень дорогое угощение в это время года.

Сэр Роберт сказал:

— Я просил сегодня поставить на стол мой русский фарфор. Специально для вас.

А я очень люблю фарфор и немного в нем разбираюсь.

Я сказал:

— Простите, сэр, но это не русский фарфор, это немецкий фарфор. Если вы перевернете блюдо, вы увидите на обратной стороне два перекрещенных меча.

Он взглянул на обратную сторону и сказал:

— Я купил сервиз в Петербурге, думал, это русский фарфор, а он вовсе не русский.

Он сказал мне затем, что был большим другом Менделеева и Чернова. Чернов был крупнейший русский металлург, создатель металлургии стали. Затем сэр Роберт предложил мне сотрудничать с ним в работах по исследованию его нержавеющей стали в сильных магнитных полях и при низких температурах.

Позднее я пошел к Резерфорду и рассказал ему, как завтракал у стального короля. Резерфорд взглянул на меня и сказал:

— Капица, будьте осторожны. Богу и мамоне служить одновременно нельзя. Советую вам не иметь никаких дел со стальным королем Хэдфилдом.

Я последовал его совету и никаких дел со стальным королем не заводил.

Оказалось, кстати, что эксперимент, который предлагал провести Хэдфилд, был вовсе не таким уж перспективным. Позднее выяснилось, что исследование стали при низких температурах и в сильных магнитных полях представляет некоторый интерес. <...>

Теперь я расскажу еще об одном случае, когда мне пришлось последовать совету Резерфорда — не служить богу и мамоне одновременно.

Однажды в Кавендишскую лабораторию пришли два инженера, которые оказались немцами, и они обратились ко мне:

— Доктор Капица, мы прибыли от фирмы «Гейландт» из Германии.

Фирма «Линде-Гейландт» была одной из крупнейших фирм, производящих жидкий воздух и жидкий кислород.

Я сказал:

— Чем могу быть полезен?

— Мы возбудили против компании «Бритиш Оксиджен» дело о нанесении ущерба.

— Какого ущерба?

— Мы предъявили иск компании «Бритиш Оксиджен» за нарушение наших патентов.

— Каких патентов?

— В контейнерах для перевозки жидкого воздуха и жидкого кислорода мы используем специальную систему термоизоляции.

Я спросил:

— Какая у вас система изоляции?

— Мы используем для термоизоляции стекловолокно.

— Это хорошо известно.

— У нас есть патент на эту систему изоляции, и вот теперь «Бритиш Оксиджен» делает такие контейнеры и не платит нам никаких лицензий. Вот почему мы подали на нее в суд. Нам хотелось бы знать ваше мнение об этом деле.

— Я думаю, вы это дело проиграете.

— Почему?

— По следующей причине,— сказал я.— В 1905 году один блестящий польский теоретик, Смолуховский, опубликовал работу, в которой он показал, что, если свободный пробег молекул газа больше размера частицы, такая среда обладает очень малой теплопроводностью. Он показал это математически. И я уверен, что это доказано и экспериментально. Его работа была опубликована в «Геттинген Нахрихтен». Поскольку этот журнал издавался в Геттингене на немецком языке малым тиражом, то, по-видимому, не так уж много людей сумело просмотреть эту статью в номере. Если «Бритиш Оксиджен» станет известна эта статья, которая была написана в 1905 году, а сейчас тридцатые годы, вы проиграете дело.

— Пожалуйста,— сказали они,— не сообщайте об этом «Бритиш Оксиджен».

— Я не имею дел с мамоной.

Каждые два дня они приходили ко мне и спрашивали:

— К вам не обращались за советом из «Бритиш Оксиджен»?

— Нет,— говорил я,— не обращались.

Вскоре я поехал в Советский Союз, чтобы провести там свой отпуск. Возвращался в Англию через Германию. Я решил остановиться на несколько дней в Берлине, чтобы посмотреть картинную галерею и повидать своих берлинских друзей.

На вокзале меня встречал Росбауд. Его сопровождал какой-то пожилой господин.

Росбауд представил его мне:

— Доктор Гейландт, владелец фирмы «Линде и Гейландт».

Мы познакомились, и д-р Гейландт сказал:

— Я должен выразить вам глубокую благодарность.

— За что?

— За вашу помощь в деле с «Бритиш Оксиджен».

— Вы выиграли?

— Да.

— Сколько вы получили от «Бритиш Оксиджен»?

— 300 000 фунтов,— сказал он.— За лицензию на патент. Мы выиграли процесс, и я хотел бы поблагодарить вас.

— Не пужно благодарить меня,— сказал я.— Но если вы покажете мне ваш завод, мне будет очень интересно посмотреть, как вы делаете свои машины.

— Конечно, я с удовольствием покажу завод,— сказал он,— но я хотел бы предложить вам быть моим гостем.

У него был прекрасный дом.

— Через два дня я должен выехать за город, где я покупаю замок, и пока я отсутствую, пожалуйста, живите в моем доме.

— Хорошо,— сказал я.

— Моя машина в вашем распоряжении,— сказал он.

Гейландт показал мне свой завод. Это был очень большой завод. Там была одна очень интересная вещь. Он показал мне горелку, работающую на смеси кислорода и спирта. Реактивную энергию этой горелки использовали для того, чтобы привести в движение легковой автомобиль. Гейландт создавал реактивный автомобиль.

Он пригласил меня на испытания автомобиля. Это было очень интересно. Автомобиль действительно двигался, но скорость его на треке была не очень велика, впоследствии он взорвался, а водитель погиб. Этот автомобиль так и не обрел практического значения.

Прощаясь со мной, Гейландт спросил:

— Что я могу сделать для вас?

Мне захотелось подшутить над Резерфордом, и я сказал:

— Вы знаете, Кавендишской лаборатории требуется установка для получения жидкого азота, и если вы подарите такую установку Резерфорду, я был бы вам очень благодарен.

— О, конечно,— сказал он,— я тотчас же дам указание передать вам самую современную установку, и мы отправим ее в лабораторию Резерфорда. Я сделаю это с большим удовольствием.

Вернувшись в Кембридж, я пошел к Резерфорду и рассказал ему эту историю.

Я сказал:

— Я получил для вас подарок от мамы — полную азотную установку.

Резерфорд и Кокрофт были очень довольны, но тут Кокрофт, человек весьма реалистический, вдруг сказал:

— Но ведь вам придется платить таможенную пошлину — 50% стоимости установки. А установка стоит, вероятно, 500 фунтов.

Резерфорд сказал:

— У меня нет денег на таможенную пошлину.

Но тут появился сэр Генри Тизард, который возглавлял в то время Департамент научных и технических исследований. Он сказал, что попробует добиться через правительство разрешения на беспошлинный ввоз установки.

Вскоре от сэра Тизарда пришло письмо, в котором он сообщал, что установка будет получена беспошлинно. Требовалась только полная спецификация.

Мы написали Гейландту, чтобы он прислал нам полную спецификацию установки, которую мы рассчитывали получить беспошлинно.

Прошло три-четыре месяца, наступили рождественские каникулы. Я поехал с женой в Париж, а Джон Кокрофт отправился к своим родителям, и мы попросили одного из младших сотрудников лаборатории получить установку, когда она прибудет в порт.

Когда вернулись, мы обнаружили, что установка не получена, а ящики с установкой застряли на таможне.

Джон Кокрофт отправился в порт, чтобы выяснить, почему не были пропущены ящики.

Случилась, оказывается, довольно курьезная вещь. Немцы — народ очень аккуратный, они любят, чтобы все было в порядке. Отправляя нам эту установку, они знали, что нам придется ее монтировать и будут поцарапанные места, которые нужно будет закрасить. И они послали нам вместе с установкой банку с краской для закраски этих царапин. Но этой маленькой банки не было в спецификации. И ящики не были пропущены, потому что груз не соответствовал спецификации.

Когда мы во всем этом разобрались, мы заплатили

за эту маленькую банку таможенную пошлину. Какие-то гроши. И мы забрали эту банку. Но беда была в том, что нам нужно было платить за хранение наших ящиков на складе в течение четырнадцати дней. Если не ошибаюсь, один фунт за один день хранения. Получилась довольно значительная сумма.

Мы пришли к Резерфорду и сказали:

— Нам все-таки придется кое-что заплатить.

Резерфорд сказал, что это его не касается.

— Кто виноват в задержке, пусть тот и платит.

— Но кто виноват? — сказал я. — Немцы? Но почему? Хотя они и не включили эту краску в спецификацию, она же нам нужна, вы это знаете. Что же касается нас, то мы никак не могли предвидеть, что такое может случиться. Так что виновного вы не найдете. Делать нечего — вам придется заплатить.

И он заплатил. И эта азотная установка работала в Кавендишской лаборатории в течение двадцати лет.

А сейчас я расскажу о том, что не имеет никакого отношения к Резерфорду.

Гейландт был великолепным инженером, действительно первоклассным инженером, обязанным всем достигнутым самому себе. Его холодильный цикл стал крупным вкладом в криогенную технику.

Во время войны я принимал участие в работах по производству кислорода с помощью холодильного цикла, поскольку кислород был необходим для оборонных целей. В этой области я занимал ответственный пост. Однажды, в конце войны, в 1945 году, мне доложили, что один немецкий генерал, которого взяли в плен, утверждает, что я его друг.

Кто же был этот генерал? Это был Гейландт.

Тут я вспомнил, что его реактивный двигатель, как мне ранее сообщили, постепенно превратился в самолеты-снаряды Фау-2, которыми немцы бомбардировали Англию. Он тоже нес за это ответственность.

Вот к чему приводит служба мамоне.

Я не хотел встречаться с этим генералом, и я не знал, как поступить. Я попросил одного из моих помощников встретиться с ним и узнать, что он хочет от меня. Мой помощник посетил его в тюрьме, и Гейландт сообщил ему, что он хотел бы дать Советскому правительству полную информацию о немецких кислородных заводах.

— Попросите его, — сказал я, когда мне об этом

сообщили, — изложить в письменном виде все, что он хотел передать Советскому правительству, и передать мне этот материал.

Вскоре я этот материал получил, он был на немецком языке и содержал полное описание кислородной установки.

Все, о чем он писал, нам было уже известно. К тому же в этой области благодаря турбодетандеру мы были впереди. Однако Гейландт не написал ни слова о Фау-2, а вот об этом мы тогда действительно мало что знали.

Я не знал, как поступить, но через два дня мне сообщили, что он скончался от сердечного приступа в лагере военнопленных. Так закончился жизненный путь Гейландта.

Это очень интересная проблема — моральная ответственность ученого. Слова Резерфорда о том, что ученый не должен служить одновременно науке и мамоне, имеют глубокий смысл.

В Кембридже нам пришлось встретиться еще с одним ученым, который служил богу и мамоне. Это был Габер. Габер был одним из крупнейших физико-химиков начала этого столетия. Он нашел способ получать аммиак, связывая азот из воздуха. Его метод до сегодняшнего дня остается лучшим, наиболее широко применяемым. Весь азот фиксируется сейчас методом Габера. Способ фиксации атмосферного азота был найден им накануне первой мировой войны. Благодаря этому открытию Германия могла продолжать войну, поскольку она начала производить из аммиака селитру, которую раньше она ввозила из Чили.

Габер был также изобретателем ядовитого газа, который применяли при наступлении на Ипр. Он был создателем этого газа, и он несет ответственность за применение ядовитых веществ в войне.

Габер был крупнейшим химиком, нобелевским лауреатом, абсолютно первоклассным ученым. Но когда к власти пришел Гитлер, он должен был покинуть Германию, несмотря на все свои заслуги перед страной, потому что был евреем.

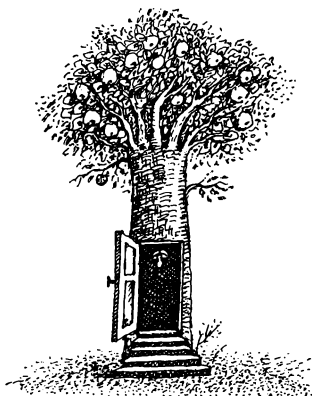
Он приехал в Англию, в Кембридж. В Кембридже лишь немногие захотели поддерживать с ним дружеские отношения, и он чувствовал себя очень одиноким. Мы, физики, Резерфорд и все остальные, совершенно не были склонны встречаться с ним, потому

что в моральном отношении он не отвечал нашему представлению о действительно большом ученом.

В Кембридже он прожил недолго. Он переехал в Швейцарию, где вскоре умер. <...>

Я рассказал вам случай с Габером. Мораль: нельзя служить одновременно богу и мамоне.

Эта мысль Резерфорда мне кажется очень важной и нужной для ученых наших дней. Сейчас, когда наука начинает оказывать такое большое влияние на оборону и на международные связи, ученый должен также принимать во внимание моральную сторону своей деятельности. Он не должен сознательно использовать науку не для блага народа. Я на всю жизнь запомнил эти слова Резерфорда: «Не служите одновременно богу и мамоне». И я надеюсь, что молодое поколение будет следовать этому простому завету великого человека.





Илья Пригожин:

"Мы только начинаем понимать природу"

Макс Дельбрюк:

"Ното scientificus по Беккету,
или об одержимости в науке"

Ханнес Альвен:

"Оптимисты, пессимисты-
трудно сказать, кто мы"

Филипп Хэналер:

"Цель заключается в том, чтобы часы
по-прежнему шли вперед"

В.А. Энгельгардт:

"Творчество-наивысшее
проявление
человеческого
духа"

Илья Пригожин:
"МЫ ТОЛЬКО
НАЧИНАЕМ ПОНИМАТЬ
ПРИРОДУ"

«Мне потребовалось более пятнадцати лет, чтобы поверить в то, что истоки необратимости большинства природных процессов поддаются пониманию. Что же касается второго начала термодинамики, то я лишь начинаю чувствовать, что осмысливаю его содержание». Признания, подобные этому, от маститого специалиста услышишь не часто. В самом деле, начала термодинамики легко найти в энциклопедии или учебнике, там они изложены вроде бы предельно ясно. Для любого студента, для старшеклассника. Даже для далекого от наук любознательного читателя. А тут известный теоретик, один из создателей термодинамики неравновесных процессов сознается, что только начинает постигать... Все-таки разные это вещи — наука устоявшаяся, застывшая в безапелляционных формулировках учебников, и наука живая, развивающаяся, сомневающаяся...

Побеседовать с профессором Брюссельского университета Пригожиным — президентом Королевской академии Бельгии, лауреатом Нобелевской премии, иностранным членом Академии наук СССР — удалось после лекции, которую он читал в июле 1983 г. в Пущино, на Международной конференции по синергетике. Беседа происходила своеобразно: вопросы по-русски — ответы по-английски. Илья Романович, хоть и живет с детства за границей, родной язык не забыл...

Наука прошлого века завещала нам не только впечатляющие достижения. Мы унаследовали по меньшей мере два фундаментальных противоречия.

Вот одно из них. После того как Дарвин открыл к 1859 году законы биологической эволюции, стало оче-

видным, что материи бывает свойственно стремление к усложнению, самоорганизации. Ключевые элементы учения Дарвина: идея флуктуаций, случайного отбора, стохастических процессов — и идея эволюции, необратимого зарождения новых структур. Полную противоположность этим концепциям представляет собой закон возрастания энтропии, открытый шесть лет спустя Клаузиусом. Согласно закону Клаузиуса, в изолированной системе энтропия (а это греческое слово, обозначающее развитие, превращение, почти синоним слова «эволюция») стремится к максимуму, в результате чего торжествует хаос. Система приходит к равновесию, необратимые же процессы — к конечной остановке.

Людвиг Больцман — быть может, один из величайших физиков-теоретиков всех времен — в конце прошлого века применил идею «эволюции» к поведению газов. Главный его вывод: энтропия тесно связана с вероятностью, отбором — внешне похож на то, что открыл Дарвин. Однако результат Больцмана противоположный: вероятность становится максимальной при достижении полного единообразия; приближение к устойчивому состоянию означает забвение первоначальной структуры, ее уничтожение.

Так как же, скажите, могут быть правы и Дарвин, и Больцман?

Как совместить неизбежное разрушение любых структур и их созидание, самоорганизацию?

Другое противоречие, пожалуй, еще глубже.

Прототип классической физики — классическая механика, изучение движения, описание траекторий. Главнейшие черты этого учения — обратимый характер любых перемещений и абсолютный детерминизм (задайте начальные условия — и траектория будет предсказана строжайшим образом); направление времени не играет никакой роли. Ни отбору, ни необратимым изменениям в классической механике места нет.

Квантовая механика, несмотря на то что вероятность в ней учитывается и что речь идет не о траекториях, а о волновых функциях, стоит на том же фундаменте: обратимость и детерминизм.

Какова же тогда роль времени?

Время, может быть, самая противоречивая категория физики. Вот что писал Эйнштейн: «Для нас, убежденных физиков, различие между прошлым,

настоящим и будущим — всего лишь иллюзия, хотя и довольно стойкая».

С другой стороны, для нас, обыкновенных живых людей, время в высшей степени реально. Это реальность нашего повседневного опыта, наших надежд и опасений, наконец, реальность нашей ответственности за судьбы мира сегодняшнего и завтрашнего, мира, меняющегося быстро и необратимо. Закон возрастания энтропии между тем объявляет некоторые явления — например, обратный ход свершившихся уже событий — лишь маловероятными, но не невозможными. Как же совместить это с направленностью времени?

Вывод, к которому я пришел и который теперь кажется мне совершенно естественным: необратимость — весьма глубинное, коренное свойство нашего мира. Более важное, чем даже отбор по случайным признакам. Это свойство не универсально, однако именно из него вытекает ограниченная возможность предсказаний будущего...

Иными словами, не все в этой Вселенной расписано заранее и кое-что может зависеть от нашей воли, наших поступков. Такой вывод, конечно, отраден для тех, кто склонен не только размышлять, но и действовать. Однако чего-то не хватает такой Вселенной — однозначности, что ли? Существует, выходит, классический, детерминированный мир обратимых явлений, а параллельно с ним другой, необратимый, непредсказуемый...

В нашей расширяющейся Вселенной равновесные системы существуют наравне с неравновесными, живущими по другим правилам. Это, конечно, делает картину мира менее «прозрачной», чем хотелось бы, но не думаю, что осознание такой реальности следует относить к числу поражений человеческого разума. Мир в целом сложен и, вероятно, внутренне не ориентирован. Что теперь доказано четко: системы, близкие к состоянию равновесия, действительно ведут себя в соответствии с бальцмановской парадигмой; структуры разрушаются. Если такую систему возмутить не слишком сильно, она реагирует однозначно — возвращается к состоянию равновесия, и другого пути у нее нет, потому что она устойчива к возмущениям. А конкретный механизм, охраняющий ее иммунитет, рано или поздно найдется.

Однако этот иммунитет теряет силу в условиях, достаточно далеких от равновесия. Ключевые слова здесь: нелинейность, неустойчивость, бифуркации. Сильно удалившись от равновесия, система может стать неустойчивой к возмущениям.

В чем это выражается?

В некоторый момент, в так называемой точке бифуркации (разветвления), отклик системы на возмущение становится неоднозначным, возврат к начальным условиям — не обязательным. Появляется выбор!

Такой поворот событий можно сопоставить с нарушениями симметрии.

Как известно, уравнения химии или, скажем, диффузии в высшей степени симметричны: замените в них геометрические координаты x, y, z на $-x, -y, -z$ — и ничего в этих уравнениях не изменится. Однако за точкой бифуркации у них возникают два разных решения, и каждое — с нарушенной симметрией. С точки зрения математики решения равноправны, но природа, как мы знаем, обычно предпочитает одно из них.

Известно, например, что большая часть веществ живой клетки обладает определенным, предпочтительным пространственным строением. Пастер даже считал нарушения симметрии главным признаком, отличающим живое от неживого, но теперь мы знаем примеры неживых систем, также обладающих этим свойством.

Есть еще один, и притом очень наглядный, пример того, что жизнь имеет в основных законах природы куда более глубокие истоки, чем думали до недавнего времени. Я имею в виду «химические часы» — колебательные реакции, о которых сейчас говорят и пишут чрезвычайно много.

Их демонстрация успела стать рутинным опытом, вошедшим в курсы химии многих университетов и колледжей; эксперимент действительно очень прост, и тем не менее это, вероятно, один из важнейших экспериментов нашего века!

Ведь что, в самом деле, происходит? Основа колебательной реакции — наличие двух типов молекул, способных превращаться друг в друга. Назовем один из них А (красные молекулы), другой — В (синие). Мы привыкли думать, что химическая реакция — это хаотические, происходящие наобум столкновения частиц. По этой логике взаимные превращения А и В должны приводить к усредненному цвету раствора со случай-

ными вспышками красного или синего. Но когда условия далеки от равновесных, происходит совершенно иное: раствор в целом становится красным, потом синим, потом снова красным. Получается, будто молекулы как бы устанавливают связь между собой на больших, макроскопических расстояниях через большие, макроскопические отрезки времени. Появляется нечто похожее на сигнал, по которому все А или все В реагируют разом.

Это действительно неожиданность. Ведь мы привыкли считать, что молекулы взаимодействуют только на близких расстояниях и ничего «не знают» о своих дальних соседях. А здесь система реагирует как единое целое. Такое поведение традиционно приписывалось только живому — теперь же ясно, что оно возможно и у систем сравнительно простых, неживых...

Жизнь перестала числиться случайностью. Ведь из-за того, что для классической термодинамики невозможных событий в принципе нет, получала право на существование точка зрения, согласно которой жизнь — это лишь печальный инцидент в истории Вселенной, своего рода флуктуация, которая почему-то способна сама себя поддерживать.

Теперь от этого заблуждения можно уверенно отказаться. Я бы сказал так: жизнь возникает всякий раз, когда появляются некий текст и соответствующий ему «читатель». Сейчас мы занимаемся экспериментами с так называемой системой Лоуренса — сложной колебательной реакцией, в которой периодически меняется концентрация сразу трех компонентов. В условиях, далеких от равновесия, наблюдаются колебания, в которых налицо определенная последовательность, текст!

Конечно, этот текст крайне примитивен, но, во-первых, он налицо, а во-вторых, система обнаруживает высочайшую чувствительность к изменению внешних условий. А что такое жизнь? Ведь это не просто сочетание определенных химических реакций. Нельзя забывать, что живые системы формировались под действием гравитации, обеспечивающей определенную ориентацию в пространстве, в окружении электромагнитных полей, под влиянием ритмов — суточных, годовых и прочих, существующих на нашей вполне реальной планете. То есть решающую роль должны были играть те химические процессы, которые чутко откликаются на изменения этих условий.

Еще раз повторяю: модель, которую мы изучаем, очень груба, но некоторые принципиальные моменты она демонстрирует довольно наглядно...

Сейчас много говорят о гуманитаризации знания — да, она происходит. Вероятно, мы находимся лишь в начале долгого пути и только начинаем понимать природу. На глазах меняется наука, меняются ее служители. Они становятся более чем когда-либо естествоиспытателями. Видимо, это — финал великой научной революции, начатой в свое время Галилеем и Ньютоном. Установившееся в результате ее успехов, ставшее для европейцев традиционным видение мира — взгляд со стороны. Человек ставит опыты, ищет объяснение их результатам, но сам себя частью изучаемой природы не считает. Он — вне ее, выше. Теперь же начинают изучать природу изнутри, учитывать и наше личное присутствие во Вселенной, принимать во внимание наши чувства и эмоции...

Классическое видение мира допускало неограниченную власть индивидуального разума. Целью познания считалось открытие абсолютно ясных, однозначных законов, позволяющих до мельчайших подробностей описать и предсказать любое событие. Интеллекту ученого, в сущности, передавались функции только что вытесненного бога. Теперь наука избавляется от рудиментов метафизики. Я бы сказал, что это способствует большей терпимости, менее догматическому подходу, «ересь» становится все менее наказуемой. Едва ли чей-то разум может объять современное знание полностью.

И вот такая напрашивается аналогия.

Я давно интересуюсь наукой о поведении насекомых, особенно муравьев. В последнее время она достигла немалых успехов. Поражает следующее: каждый муравей, существо, в миллион раз меньше человека, знает очень мало и весьма уязвим. Однако сообщество множества особей оказывается экологически весьма устойчивым. Причина успеха — в замечательной коллективной стратегии поведения, развитой системе сотрудничества. Наука наших дней, как мне кажется, тоже коллективная стратегия, помогающая человечеству сохранять устойчивость. Стратегия сотрудничества, которое не может быть успешным, если в нем не будут участвовать люди разных стран, представители разных отраслей знания.

Макс Дельбрюк:
"Homo scientificus
по БЕККЕТУ, или
ОБ ОДЕРЖИМОСТИ
В НАУКЕ"

Проблема социальных аспектов науки, прямо связанная с темой общественной роли и ответственности ученых, настойчиво возникает в печатных выступлениях, лекциях, интервью, дискуссиях, в которых принимают участие представители разных наук. Ей уделяют внимание телевидение, массовые издания, академические международные журналы вроде «Nature» и «Science». В одном из таких обсуждений, проходившем в начале семидесятых годов в Калифорнийском технологическом институте, участвовал видный американский генетик, лауреат Нобелевской премии Макс Дельбрюк (1906—1981).

Дельбрюк родился в Берлине, учился в Геттингенском университете, получил образование физика. Он круто изменил сферу своих научных интересов, переключившись с атомной физики на биологию под влиянием встреч с Николаем Владимировичем Тимофеевым-Ресовским, работавшим в Берлине. Дельбрюку исполнилось двадцать девять лет, когда он, будучи ассистентом Отто Гана и Лизе Мейтнер в Институте Кайзера Вильгельма, опубликовал совместно с Тимофеевым-Ресовским и К. Циммером статью «Природа генетических мутаций и структура гена». Именно эта статья подвигла Э. Шрёдингера на сочинение знаменитой книги «Что такое жизнь? С точки зрения физика», которая привлекла представителей точных наук в биологию.

Публикация статьи принесла Дельбрюку стипендию Рокфеллеровского фонда и предложение переехать в США. В 1937 году он покинул нацистскую Германию и обосновался в Калифорнийском технологическом институте. Его исследования в области генетики (вместе с А. Херши он открыл генетическую рекомбинацию у

бактериофагов, а вместе с С. Лурия экспериментально доказал адаптируемость микроорганизмов к внешней среде путем мутаций и естественного отбора) стали классическими. Они легли в основу новой науки — молекулярной биологии.

Стиль мышления Дельбрюка чужд трафаретов, он озадачивает неожиданностями и всегда остается интересным, подкупающим искренностью, непосредственностью. Эти черты отчетливо проступают в публикуемой здесь записи дискуссии в Калтехе и, видимо, отражают общий тон обсуждения, которое строилось в форме вопросов и ответов.

В беседе Дельбрюку адресованы упреки в пессимизме, прозвучавшем в некоторых его ответах. В известной мере для этого пессимизма были основания. Оценка роли науки в современном обществе все более пронизывается элементами скепсиса и тревоги. Это приводит к отрицанию позитивной ценности науки и ее достижений, к появлению призывов «прочь от науки». Преодолеть такое отношение не легко, вероятно, отсюда и происходит пессимистическая тональность некоторых оценок Дельбрюка. Однако сам он характеризовал себя как «жизнерадостного пессимиста».

Главный акцент Дельбрюк делает на движущих силах научного творчества, на одержимости как проявлении особого склада психики ученого. Дельбрюк особенно подчеркивает необходимость наилучшим для общества образом реализовывать плоды этой одержимости.

— Следует ли считать фундаментальные научные исследования в целом полезными обществу?

— Это во многом зависит от того, что считать полезным. Если иметь в виду здоровье и долголетие человека, развитие транспорта, средств связи, образования, то появляется соблазн ответить «да». Если же иметь в виду колоссальные социально-экономические расстройства и духовный кризис, вызванные несоответствием между техническими достижениями и нашими ограниченными возможностями приспособляться к темпу происходящих перемен, то появляется соблазн ответить «нет». Нынешнее положение в мире — которым мы во многом обязаны науке — явно оставляет желать много лучшего и вселяет сильнейшие опасения, так что я могу записать:

*Приносит ли наука пользу?
Сомнительно.*

— Должен ли ученый думать о возможных приложениях своих исследований и об их воздействии на общество?

— Я думаю, что предвидеть возможные приложения открытий не может ни ученый, ни кто-нибудь другой. Можно даже сказать, что это вытекает из самого термина «фундаментальные исследования». Возьмите хотя бы сделанное Эйнштейном в 1905 году открытие эквивалентности массы и энергии и последовавшую много позднее разработку атомного оружия.

*Нужно ли думать о последствиях?
Это невозможно.*

— Почему вы решили, что наука — ваше призвание?

— По-моему, самый уместный ответ, который я могу дать, такой: я еще в молодости понял, что наука — это прибежище для чудаков, для людей робких, не приспособленных к жизни. Может быть, в прошлом это было еще более справедливо, чем сейчас. Если вы в 20-х годах учились в Геттингене и ходили на семинар «Структура вещества», который вели Дэвид Гилберт и Макс Борн, то вам стоило только войти, чтобы понять, что вы попали в сумасшедший дом. Каждый из присутствующих был явно ненормальным. Самое меньшее, что вы могли сделать, чтобы приспособиться, — это начать заикаться. Роберт Оппенгеймер, когда был дипломником, считал нужным выработать у себя очень элегантную манеру заикаться — «нюм-нюм-нюм».

*Что такое призвание к науке?
Прибежище для чудаков.*

— Расскажите историю ваших исследований.

— Пожалуй, любопытнее всего то, что они всегда велись в неблагоприятной обстановке. И чем хуже была обстановка, тем больше они процветали. Я имею в виду два периода. Первый — середина 30-х годов в нацистской Германии, когда жизнь стала довольно-таки

неприятной, а официальные семинары — скучными. Многие ученые эмигрировали, некоторые остались, но от официальных семинаров были отстранены. Я организовал маленький частный клуб, который собирался примерно раз в неделю, чаще всего в доме моей матери. Сначала приходили только физики-теоретики (я тоже тогда был физиком-теоретиком), а потом — физики-теоретики и биологи. Наши тогдашние беседы имели далеко идущие последствия, которые позже всех нас поразили. Вся эта неблагоприятная ситуация — что-то вроде Черной Смерти 1348 года во Флоренции, на фоне которой разыгрываются события «Декамерона» Боккаччо.

Другой трудный период — первые годы работы в США. Я переехал сюда в 1937 году и всю войну провел здесь в качестве неблагонадежного иностранца. В этом качестве я устроился преподавателем физики в Вандерbiltовский университет. Это было мало обнадеживающее место, но все обошлось прекрасно. Там я провел семь с половиной лет. Вместе с Сальвадором Лурия (тоже неблагонадежным иностранцем) и в тесном сотрудничестве с Альфредом Херши (еще одним неприспособленным к жизни) я имел полную возможность уделять достаточно времени исследованию фагов, которое стало краеугольным камнем молекулярной генетики.

*История ваших исследований?
Процветали в неблагоприятных условиях.*

— Занимаемся ли мы наукой ради нее самой, как искусством или музыкой, или используем ее как средство для улучшения нашего физического существования?

— Вот об этом я могу кое-что сказать. По-моему, в этом вопросе за версту видно обычное непонимание сущности *Homo scientificus*, и об этом я как раз хочу поговорить. Позвольте мне процитировать один отрывок, который непосредственно относится к самому существу дела. Этот отрывок взят из романа Сэма Беккета «Моллой». Герой романа — крайне одинокий и дряхлый старик. Вся книга представляет собой нечто вроде записанного им монолога о своей жизни. Я выбрал отрывок, который, как мне кажется, прекрасно иллюстрирует мою мысль (если только не понимать его

слишком буквально). Действие разворачивается в каком-то уединенном месте, где Моллой ведет жизнь бродяги.

«...Оказавшись на берегу, я воспользовался случаем и набрал запас камешков, чтобы пососать их. Это были в общем-то гальки, но я называю их камешками. Да, и набрал я довольно большой запас. Я равномерно распределил их по четырем карманам и сосал по очереди. Тут и возникла проблема, которую я сначала разрешил так. У меня было, скажем, шестнадцать камешков, по четыре в каждом из четырех моих карманов (два кармана в штанах и два — в плаще). Я вынимал камешек из правого кармана своего плаща, клал его в рот и вместо него клал в правый карман своего плаща камешек из правого кармана своих штанов, вместо которого я клал камешек из левого кармана своих штанов, вместо которого я клал камешек из левого кармана своего плаща, вместо которого я клал камешек, который только что вынул изо рта, кончив его сосать. Получалось, что в каждом из четырех моих карманов оставалось по четыре камешка, но это были уже не совсем те же самые камешки. А когда меня снова охватывало желание пососать камешек, я снова лез в правый карман своего плаща, уверенный, что не возьму опять тот же камень, что в прошлый раз. И пока я его сосал, я перекладывал остальные камешки так, как я только что описал. И так далее. Но это решение не вполне меня удовлетворяло. От моего внимания ускользнуло то, что при исключительном стечении обстоятельств эти четыре камешка, путешествующие подобным образом, могут оказаться одними и теми же камешками. В таком случае я сосу по очереди не шестнадцать камешков, а только четыре — все время одни и те же. Правда, чтобы обеспечить более равномерный круговорот камешков из кармана в карман, я хорошо встряхивал их в карманах прежде, чем сосать, и во время сосания — прежде, чем начать их перекладывать. Но это был всего лишь суррогат, который не мог долго удовлетворить такого человека, как я. Поэтому я начал придумывать что-нибудь еще. Сначала мне пришло в голову, что лучше было бы перекладывать камешки не по одному, а по четыре, то есть пока я сосу камешек, вынимать три камешка, оставшиеся в правом кармане моего плаща, и вместо них класть все четыре камешка из правого кармана моих

штанов, а вместо них — четыре камешка из левого кармана моего плаща и, наконец, вместо них — три камешка из правого кармана моего плаща плюс один камешек изо рта, как только я кончу его сосать. Да, поначалу мне казалось, что так я достигну лучших результатов. Но по дальнейшему размышлению я изменил свое мнение и признал, что такое перекалывание камешков по четыре сводится к тому же самому. Потому что, хотя я твердо знал, что каждый раз найдут в правом кармане моего плаща четыре совершенно новых камешка, тем не менее оставалась возможность каждый раз из каждой группы по четыре камешка случайно брать один и тот же и вследствие этого сосать не шестнадцать камешков по очереди, как я хотел, а лишь четыре из них — всегда одни и те же. Значит, решение следовало искать не в способе перекалывания, потому что как бы я ни перекалывал камешки, этот риск оставался. Очевидно, если бы у меня увеличилось число карманов, это увеличило бы мои шансы наслаждаться камешками именно так, как мне хотелось, то есть по одному, пока все они не кончатся. Чтобы быть совершенно спокойным, я должен был бы иметь шестнадцать карманов. И долгое время я не видел другого выхода: пока у меня не будет шестнадцати карманов, по одному на каждый камешек, я никогда не смогу достигнуть цели, которую перед собой поставил, если не считать исключительного везения. И если я еще мог удвоить число своих карманов, — скажем, разделив каждый из них пополам с помощью нескольких булавок, — то уж учетверить их число у меня не было возможности. А тратить силы на такое половинчатое решение я не имел никакого желания. После всех этих попыток и стараний я начал терять всякое чувство меры и говорил себе: «Все или ничего». Был момент, когда я испытывал искушение привести число камешков в большее соответствие с числом моих карманов, сократив число камешков, но этот момент длился недолго: ведь это означало бы признать свое поражение. И вот, сидя на берегу у моря и разложив перед собой шестнадцать камешков, я глядел на них в гнев и растерянности...

Но однажды, когда я так сидел, уставившись на свои камешки, выстраивая их бесконечными и одинаково бесполезными цепочками, пересыпая горстями песок, струившийся у меня между пальцев, и успокаи-

вая этим свой мозг и отчасти тело, мне пришла в голову смутная мысль, что я мог бы, пожалуй, добиться своего, не увеличивая числа карманов и не уменьшая числа камешков, а просто принеся в жертву принцип тримности. Значение этого внезапного озарения, осенившего меня, как стих Исаяи или Иеремии, я понял не сразу, и особенно долго оставалось непонятным само слово «тримность», которого я никогда раньше не встречал. Но в конце концов я сообразил, что это слово не могло означать ничего иного, ничего лучшего, чем распределение шестнадцати камешков в четыре группы по четыре, по одной группе в каждом кармане, и что именно мое нежелание думать о каком-нибудь другом распределении до сих пор сводило на нет все мои расчеты и делало проблему буквально неразрешимой. Основываясь на этом истолковании, будь оно истинно или ложно, я, наконец, нашел решение — конечно, не очень элегантное, но правильное, да, правильное! Я хотел бы верить, да, я твердо верю, что могли бы быть найдены, а может быть, еще и будут найдены другие решения этой проблемы, не менее правильные и гораздо более элегантные, чем то, которое я теперь опишу, если смогу. Я верю также, что, будь я немного более настойчив, немного более упорен, я бы и сам мог их найти. Но я устал, да, я устал, и я бесславно удовлетворился первым решением этой проблемы, которое можно было на самом деле назвать решением. Чтобы не описывать заново все мучительные ступени, которые меня к нему привели, вот оно, во всей своей неприглядности. Оказалось, что для этого необходимо только (только!) положить, например, сначала шесть камешков в правый карман моего плаща, пять в правый карман штанов и пять в левый карман штанов, и все: дважды пять — десять, плюс шесть — шестнадцать и нуль, потому что нуль остается на долю левого кармана моего плаща, который пока что пуст. То есть в нем нет камешков, хотя там остается его обычное содержимое и разные случайные предметы. Куда бы я иначе, по-вашему, мог спрятать свой нож для фруктов, свое серебро, свой велосипедный звонок и всякие другие вещи, которые я еще не назвал и, может быть, не назову никогда? Ну, ладно. Теперь я могу начать сосать. Следите внимательно. Я беру камешек из правого кармана своего плаща, сосу его, переставлю сосать и кладу его в левый карман плаща — в тот

где нет камешков. Потом я беру второй камешек из правого кармана своего плаща, сосу его и кладу в левый карман своего плаща. И так далее, пока правый карман моего плаща не окажется пуст (если не считать его обычного содержимого и случайных предметов) и шесть камней, которые я только что сосал, один за другим, все не окажутся в левом кармане моего плаща. Теперь, остановившись и подумав, чтобы все не испортить, я перекладываю в правый карман своего плаща, где не осталось ни одного камешка, пять камешков из правого кармана своих штанов, вместо которых я кладу шесть камешков из левого кармана своего плаща. Значит, в этот момент левый карман моего плаща опять пуст, а в правом кармане моего плаща опять лежит запас камешков, и таких, каких пужно, то есть не тех, которые я сосал только что. Нужно ли продолжать? Нет, потому что ясно: еще через три тура сосания и перекладывания я приду к тому, с чего начал, то есть первые шесть камешков опять окажутся в правом кармане моего плаща, следующие — в правом кармане моих старых рваных штанов и, наконец, последние пять — в их же левом кармане, и все свои шестнадцать камешков я сосал в безупречной последовательности — ни один не остался не обсосанным, и ни один я не сосал дважды. Конечно, я не могу надеяться, что в следующий раз буду сосать свои камни в том же самом порядке и что, например, первый, седьмой и двенадцатый камешки первого цикла не окажутся соответственно шестым, одиннадцатым и шестнадцатым. Но этого недостатка я не мог избежать. И если во всех циклах, вместе взятых, неизбежно должна царить полная путаница, то по крайней мере на протяжении каждого цикла, взятого в отдельности, я могу быть спокоен, насколько вообще можно быть спокойным в таком деле. И каким бы несовершенным ни было мое решение, я был доволен тем, что нашел его один; да, доволен. Но если оно оказалось, может быть, и не таким правильным, каким я его считал в первом порыве радости, оно по-прежнему оставалось недостаточно элегантным. Эта неэлегантность, на мой взгляд, заключалась прежде всего в том, что мне доставляло телесное неудобство неравное распределение камешков. Я чувствовал, как их вес тянет меня то в одну сторону, то в другую. Так что, отказавшись от равномерного распределения, я отказался не только от принци-

па, но и от телесного удобства. С другой стороны, сосать камешки тем способом, который я только что описал, не случайно, а методично, — этого тоже, по-моему, требует телесное удобство. Так что здесь две несовместимые, противоречащие друг другу телесные потребности. Это бывает. Но в глубине души мне в высшей степени наплевать на отсутствие равновесия, на то, что меня тянет то направо, то налево, то вперед, то назад. И в глубине души мне все равно, разные камешки я сосу или все один и тот же, до конца вечности. Ведь вкус у них у всех в точности одинаковый. И если я набрал их шестнадцать штук, то не для того, чтобы вот так, а не эдак равномерно их разделить, и не для того, чтобы сосать их обязательно по очереди, а просто чтобы был кое-какой запас, чтобы не остаться без камешков. Но в глубине души мне будет наплевать, даже если я останусь без камешков, нет — так нет, от этого мне хуже не будет или почти не будет. И в конце концов вот к какому решению я пришел. Я выбросил все камешки, кроме одного — его я держал то в одном кармане, то в другом и вскоре, конечно, потерял, или выбросил, или отдал, или проглотил».

Вот притча о *Homo scientificus*, которую я хотел рассказать. Я хочу подчеркнуть в ней два обстоятельства. Первое — потрясающее описание научной интуиции. Именно так должен был биться Эйнштейн над объяснением эксперимента Майкельсона и Морли, пока ему не пришла в голову очень смутная мысль о том, что надо отказаться от какого-то «принципа тримности», от принципа абсолютности времени, и это должно было произойти примерно так, как описано здесь. Интуицию описывали и другие, когда они могли что-то восстановить в памяти. Французский математик Жак Адамар написал небольшую книжку «Исследования психологии процесса изобретения в области математики», где собраны данные об этом явлении и описано, как интуиция поднимается из совершенно неведомых глубин, проявляясь сначала в необычном обличье, а потом внезапно прорываясь с ослепительной ясностью молнии.

Второе, на что я хочу обратить внимание, — это на мотивы действий Моллоя. Он руководствуется уж во всяком случае не желанием улучшить наше физическое существование или прославиться. Занимается ли

он своим делом «ради него самого», «как искусством или музыкой»? Он подробно рассказывает, как его игра «ради игры» превращается в навязчивую идею, выходящую за пределы разумного. Мы с вами занимаемся искусством или музыкой иначе, но подход к искусству художников-творцов очень напоминает метания Моллоя. Чтобы в этом убедиться, не нужно обращаться к примеру Бетховена — посмотрите на пятилетнего ребенка, одержимого какой-нибудь творческой проблемой и злящегося на то, что решить ее не удастся.

Предметом такой одержимости может быть все что угодно, и вовсе необязательно приписывать ученому стремление раскрывать тайны природы или «улучшать наше физическое существование». Именно это причудливое свойство, эта способность к сублимации других душевных сил были даны эволюцией пещерному человеку. И человек получил от эволюции больше, чем просил: это свойство вывело нас из пещер в космос, но оно же вполне может стать причиной нашей гибели.

— К невротическим навязчивым идеям склонны многие. Но неясно, как мы избираем для себя проблемы. Не может ли человек избрать проблему просто потому, что кто-нибудь скажет, что для науки она очень важна, а человеку станет не по себе: какого черта, почему это я не могу ее решить, пусть даже сама проблема меня не интересует?

— Согласен. Наука выглядит как великолепный храм, огромное и хорошо спроектированное здание, создававшееся непрерывными усилиями многих поколений на протяжении многих веков. Конечно, это не храм, потому что он никогда не проектировался. Это только студенту кажется, будто храм науки был спроектирован. Студент берет три тома Фейнмановских лекций, 1300 страниц замечательного учебника «Органическая химия» и другие учебники и говорит: «Ага, 150 лет назад они дошли вот досюда. За это время было построено вот что, и теперь я продолжаю вот отсюда». Я хочу сказать, что наука — это совсем не то. Наука — это сначала игра, потом навязчивая идея, по воле не выполнение задания: «Эй ты, положи свой кирпич на странице 1065, иначе не защитишь диссертацию». Если вы спросите такого ученого, что он делает, он, конечно, может вам ответить: «Строю храм». Но скорее он скажет: «Таскаю кирпичи» — или даже: «Зарабатываю по 4,4 доллара в час».

— Как можете вы вести свои исследования при столь пессимистических взглядах? Придерживались ли вы такой концепции, когда только начинали свою научную деятельность?

— Этого я сказать не могу — каким я был сорок лет назад. Но если вы мою концепцию считаете пессимистической, то я во всяком случае очень жизнерадостный пессимист. Я думаю, что следует более снисходительно относиться к пессимистам.

— Образ ученого, который вы тут описали, очень субъективен, поэтому на первый вопрос — «Приносит ли наука пользу обществу?» — вы должны были ответить: «Да, приносит пользу тому, кто ею занимается». Камешки для Моллой — то же самое, что специальная теория относительности для Эйнштейна, а водородная бомба — для Эдварда Теллера. Вся разница в том, что Моллой не собирается никому принести вреда. Но если наука приносит пользу ученому потому, что он получает от нее удовлетворение, и он не думает о последствиях, то не значит ли это, что о них должен думать кто-нибудь еще и говорить: «Моллой, ты можешь продолжать; Эйнштейн, ты вызываешь сомнение; Теллер, ты гнешь не туда»?

— Я как раз хотел сказать, что это совершенно невозможно. Моллой и Эйнштейн — это одно и то же. Размышления Эйнштейна об эксперименте Майкельсона—Морли ничем не отличались от перекладывания камешков для сосания. Я хочу сказать, что в 1905 году Эйнштейн занимался самыми отвлеченными вещами, далекими от практики, от каких бы то ни было социальных последствий. Так, по крайней мере, думал он сам. Позже, когда гонка вооружений сделала очередной виток и Эйнштейн подумал, что первая атомная бомба связана с его открытием, он пожалел о том, что вообще занялся наукой, но я не думаю, чтобы он действительно задумывался над тем, насколько неотъемлемой частью человеческого характера является наука. Я думаю, что все открытия потенциально одинаково вредны. Вот хотя бы перекладывание камешков для сосания. Может быть, Моллой тут открывает какой-нибудь принцип перестановки или теорию чисел — бог знает, какие от этого могут быть последствия.

— Не могли бы вы ответить, в чем разница творческого подхода у Эйнштейна, создающего идеи, и у Эдварда Теллера, создающего бомбы, — ведь один из них

просто играет, а другой имеет перед собой определенную цель?

— Мне не нужно проводить различие между ними, потому что, если я хочу контролировать вредные последствия научного прогресса, я должен остановить Эйнштейна. Зачем мне проводить различие между ним и Теллером? Теллер — прекрасный ученый. Хотя я не знаю, что именно он сделал, создавая водородную бомбу, я точно знаю, что он внес много нового в квантовую механику и химическую физику. Значит, вопрос в том, не должен ли ученый прекратить публикацию своих работ, чтобы они не попали в плохие руки? Что ж, устройте закрытый клуб. Эта идея двигать науку в узком кружке и ничего не публиковать кажется мне абсурдной. Зачем собираться для того, чтобы заниматься такими вещами, которые на самом деле даже не доставляют удовольствия? Моллой почувствовал некоторое облегчение и был доволен, что нашел решение, но главное для него было то, что он успокоился. Я хочу сказать, что он должен был как-то успокоить себя. Вот тут и начинается невроз — одержимость.

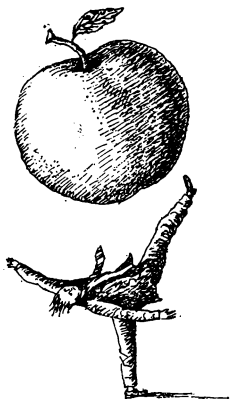
— Мне кажется, то, что вы говорили о личной одержимости ученых и о том, что их работе чужды понятия цели и моральные принципы, — это, возможно, всего лишь полуправда. Эйнштейн был глубоко моральный человек, его эти вопросы очень волновали. Мне кажется, что ученого в его работе поддерживает и ободряет мысль, что на самый первый вопрос, заданный вам, ответ должен быть «да».

— Да, конечно, вас может поддерживать мысль о том, что вы приносите пользу обществу, или о том, что это принесет вам славу и премии. Но я хотел сказать вот что: без таких дополнительных стимулов даже одинокий, дряхлый бродяга не может не быть ученым, одержимым ученым (точно таким, каким был и Эйнштейн), хотя никаких дополнительных обстоятельств здесь нет. А что касается Эйнштейна, когда он в 1905 году был молодым чиновником патентного ведомства в Берне, то я сомневаюсь, чтобы он связывал свою физику с ответственностью перед обществом. Вот что я хотел сказать, и спасибо, что вы заставили меня еще раз это подчеркнуть. Конечно, все эти стимулы существуют, и, если вы читали книгу Джима Уотсона «Двойная спираль», вы могли бы подумать, что все

дело в том, чтобы получить Нобелевскую премию, но это было бы печальным недоразумением.

— Пожалуй, единственное, в чем параллель между Моллом и другими учеными не проходит, — это то, что Моллой как будто не имеет ни малейшего намерения сообщить свои результаты кому-нибудь другому. Поэтому я хотел бы спросить: как вы думаете, сделал бы Эйнштейн свое открытие, если бы не имел намерения опубликовать результаты? И еще один личный вопрос: вы бы сами занимались наукой, если бы думали, что ваши результаты никого не интересуют?

— Нет, конечно, нет. Большинство ученых предпочитают «играть» вместе. А если говорить об Эйнштейне, то если бы он не был в постоянном общении с наукой, то он и не услышал бы никогда про Майкельсона и Морли. Нет, общение — великая радость нашего ремесла. Все, что я хотел подчеркнуть, — это компонент одержимости в самом акте творения науки. Направить этот компонент на воздвижение огромного здания, превратить его в явление социальное — это дело общества, и это совсем другое. Это не первичная особенность *Homo scientificus*.



ХАННЕС АЛЬВЕН:
"ОПТИМИСТЫ,
ПЕССИМИСТЫ—
ТРУДНО СКАЗАТЬ,
КТО МЫ"

Профессор стокогольмского Королевского технологического института Х. Альвен известен фундаментальными работами по электродинамике, физике плазмы и астрофизике. Он положил начало новой области физики — магнитной гидродинамике. В 1970 году Х. Альвен был удостоен Нобелевской премии по физике. В том же году его избрали очередным президентом Пагуошского движения ученых за разоружение и разрядку международной напряженности. Академия наук СССР отметила ученого своей высшей наградой — золотой медалью им. М. В. Ломоносова.

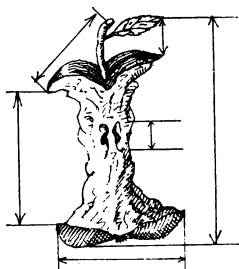
...Вы спрашиваете, как я выбираю объект исследований, какой логике следую в этом выборе. Но я никак не выбираю. Просто существуют проблемы, которые необходимо разрешить. Знаете, очень важны внезапные вспышки интереса к чему-то. Или даже просто какой-то пустяк, фантазия. Что-то в чьей-то работе поражает, дает толчок, пищу для ума. Позднее эти размышления могут оформиться в проблему...

...Вижу ли я связь между собой как современным ученым, и идеями, которые развивал когда-то Ломоносов? Среди трудов Ломоносова есть документ, который я считаю особенно интересным. В 1763 г. в Швеции, когда Ломоносова избрали членом Королевской Академии наук, был напечатан его мемуар «Мысли о происхождении ледяных гор в Северных морях». Ломоносов доказывал, что айсберги не могут возникать в результате замерзания морской воды, как тогда думали многие, а формируются из ледников — заключение, оказавшееся совершенно правильным. Во времена Ломоносова арктические исследования были смелой попыткой людей исследовать географические области, ранее

недоступные. Сейчас на Земле не осталось таких областей. Однако стремление человека проникнуть в неизвестное, ранее недоступное для него, по-прежнему велико. Единственное отличие — и действительно огромное отличие — состоит в том, что в наше время это Неизвестное находится в космосе. И меня лично все больше интересуют космические проблемы.

...Наука и простые люди? Необходимо, чтобы каждому человеку была понятна роль науки в современном обществе. Должно быть всем ясно, насколько обществу следует измениться, чтобы восприять новые научные достижения. Очень важно, чтобы науку направляли по правильному пути.

...Смотрю ли я с оптимизмом на будущее науки? Оптимисты, пессимисты — трудно сказать, кто мы, потому что наука принесла людям и много хорошего, и вместе с тем — атомные бомбы, ракеты и другие виды оружия, которые представляют угрозу человечеству. В современной международной обстановке эти научные достижения представляют большую опасность. Катастрофы не должно быть, ибо она принесет гибель всему нашему миру. Чтобы этого не случилось, нужно взаимопонимание. Между коллегами, народами, государствами. Между наукой и обществом. Ученый обязан оценивать вред и пользу, которые его наука способна принести человечеству.



Филипп
Хэндалер:

ЦЕЛЬ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ
В ТОМ, ЧТОБЫ
ЧАСЫ ПО-ПРЕЖНЕМУ
ШЛИ ВПЕРЕД"

Ф. Хэндлер — известный американский биохимик, специалист в области энзимологии. В середине 70-х годов был президентом Национальной Академии наук США. В один из его приездов в Советский Союз состоялась беседа, фрагмент из которой публикуется здесь.

...Создавая наше индустриальное общество, мы много лет практически игнорировали его влияние на внешнюю среду, игнорировали ту скорость, с которой растрачивали естественные ресурсы. А теперь наша молодежь обнаружила (или думает, что обнаружила), что вокруг не все в порядке. У нее есть хлеб, и одежда, и автомобили, и телевизоры, и билеты в оперу, и книги, и все остальные плоды цивилизации. Но сейчас она подвергает сомнению эти ценности, и такая переоценка становится массовым явлением. Разумеется, политические институты отзываются на это, члены конгресса теперь выступают с речами, которые звучат очень похоже на выступления рассерженных молодых людей. Они требуют объяснения тем изменениям, которые наступили во взаимоотношениях человека со средой, в которой он обитает, они хотят увериться в том, что по-прежнему шли вперед.

Моя цель как раз и заключается в том, чтобы часы по-прежнему шли вперед.

Существует альтернатива: курс на упрощение или курс на усложнение. Сторонники упрощений говорят: мы поступаем плохо, давайте не делать этого. Давайте вернемся к лошадям вместо автомобилей. Давайте будем все жить в деревне. Без бетонных и кирпичных домов, без лифтов... Осуждая недостатки, проистекающие

щие от индустриализации, молодые люди проклинали заодно и породившую ее науку.

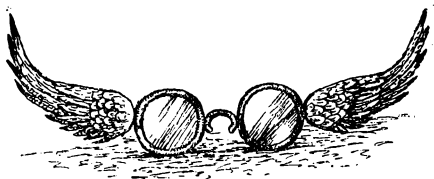
Моя точка зрения противоположна. Нужно не меньше, а больше технологии, лучшей технологии.

Я не отрицаю, что мы делали и делаем ошибки и что жизнь в городе, где воздух содержит двуокись серы, крайне неприятна. Я признаю, что заводы сливают отходы в реки, так что вы не можете ни купаться в них, ни пить из них, и что это — трагедия.

Я не отрицаю, что у нас есть два пути: один заключается в том, чтобы закрыть фабрики, другой состоит в развитии технологии, которая не будет загрязнять реки. Я выступаю за второй путь: возврат к примитивным временам невозможен, это предложение запоздало!

Я полагаю, что возникшая сегодня проблема окружающей среды была исторически неизбежна. Мы стремительно развивали промышленность и при этом загрязняли мир. Это свершившийся факт. И я думаю, что если бы раньше существовали законы, строго охраняющие природу, то это значительно затормозило бы технический прогресс и замедлило бы развитие цивилизации.

Я хочу убедить общество в том, что не наука приносит зло, а люди делают зло. Но относительно небольшая часть общества, носящая науку и ученых, очень криклива и очень активна; и многим начинает казаться — может быть, эти люди правы? Поэтому я считаю необходимым как можно чаще говорить то, что я об этом думаю. Мне кажется, что большая часть молодежи в Америке понимает, что нам нужно не меньше науки, а больше науки, больше ее понимания. А как мы используем ее результаты — это будет зависеть от мудрости, на которую мы окажемся способны.



В. А. ЭНГЕЛЬГАРАТ:

"ТВОРЧЕСТВО —
НАИВЫСШЕЕ ПРОЯВЛЕНИЕ
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО
ДУХА"

Основной движущей силой, побуждающей человека заниматься научной, исследовательской работой, служит некое заложенное в его характере побуждение, родственное инстинкту. Иными словами — бессознательное стремление к достижению определенной цели, желание уменьшить степень своего неведения и познать неизвестное. Это стремление, по моему глубокому убеждению, является важной движущей силой, и мы вправе его рассматривать как одно из проявлений качеств, заложенных в самой природе человека.

Стимул познания чего-то нового или создания чего-то нового может быть обозначен как инстинкт творческой деятельности, будь то творчество ученого, художника или государственного деятеля.

Естественно, что удовлетворение инстинктивных стремлений связано с определенными положительными эмоциями. Удовлетворение чувства голода, когда мы получаем хорошую пищу, удовлетворение жажды глотком свежей воды, удовлетворение художника своим творением, удовлетворение ученого полученным ответом на казавшуюся неразрешимой загадку.

Сила и глубина радостных эмоций, которые несет с собой творческий успех ученого, — это и самое мощное, и самое высокое чувство удовлетворения, какое только может испытать человек. Именно поэтому творчество — это наивысшее проявление человеческого духа, самый драгоценный источник радости и счастья. Торжество собственной победы сливается у ученого с возвышенным сознанием того, что этой победой он обогащает человечество, вносит вклад в мировую сокровищницу человеческого знания.

СОДЕРЖАНИЕ

О чем эта книга? *И. В. Петрянов-Соколов* (3)



Таким образом, я пришел к идее. *Н. Н. Семенов* (6)

Факты и идеи в творчестве ученого. *В. А. Энгельгардт* (20)

Лаборатория у Коровьего брода. *И. Л. Кнулянец* (27)

Максимум усилий — на минимуме проблем. *З. А. Роговин* (39)



Лайнус Полинг: «Химики это те, кто на самом деле понимает мир» (50)

Нил Барглетт: «Коллеги хором сказали — не может быть!» (57)

Дарек Бартон: «Я нахожу большое наслаждение, делая что-нибудь изящно, элегантно...» (65)

Роберт Вудворд: «Если путь к цели очевиден, то к такой цели неинтересно идти» (71)



Краткий миг торжества. К истории одного открытия.
М. С. Рабинович (80)



Рудольф Мессбауэр: «Открытие можно было сделать гораздо раньше, но его почему-то проглядели» (102)

Как было открыто спонтанное деление. *К. А. Петряков* (108)

Дороги Ходжкин: «Мне, вероятно, везло...» (113)



Воспоминания о гелии-П. *Элестер Андроникашвили* (122)



Об открытиях — преждевременных и неповторимых.
Гюнтер Стент (164)

Белябердинское столпотворение. *Эрвин Чаргафф* (176)

Джеймс Уотсон: «Время простоты не настанет никогда» (185)

Двойная спираль: как это сейчас мне представляется
Фрэнсис Крик (198)

Александр Рич: «Моя цель — узнать во всех деталях, как работают биологические молекулы» (201)



Гобинд Корана: «Я не ищу гениев» (212)

Начинаем с интерферонов. *Е. Д. Свердлов* (218)

Йозеф Ржيمان: «Наука не столь сильна, чтобы творить чудеса там, где господствует беспорядок» (234)

Пьер Грабар: «Я люблю, когда в лаборатории поют и смеются. Это значит, что все идет хорошо» (242)



Двадцать два отчета академика *П. Л. Капицы* (252)

Время неизбежно устанавливает научную правду
П. Е. Рубинин (288)

Хлеб, масло, но не джем. *П. Л. Капица* (297)



Илья Пригожин: «Мы только начинаем понимать природу» (310)

Макс Дельбрюк: «Homo scientificus по Беккету, или Об одержимости в науке» (316)

Ханнес Альвен: «Оптимисты, пессимисты — трудно сказать, кто мы...» (329)

Филипп Хэндлер: «Цель заключается в том, чтобы часы по-прежнему шли вперед» (331)

В. А. Энгельгардт: «Творчество — наивысшее проявление человеческого духа» (333)

НАУЧНО-ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

КРАТКИЙ МИГ ТОРЖЕСТВА

О ТОМ, КАК ДЕЛАЮТСЯ
НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ

*Беседы с деятелями
науки вели журналисты*

*Д. ОСОКИНА, В. ПОЛИЩУК,
В. СТАНЦО, М. ЧЕРНЕНКО,
В. ЧЕРНИКОВА*

*Переводы с английского
А. ИОРДАНСКОГО*

Редактор В. Станцо

*Художественный редактор
А. Лебединский*

*Технический редактор
З. Павлюк*

*Корректоры
Р. Молоканова, Л. Лебедева*

ИБ № 38404

Сдано в набор 05.07.88. Подписано к печати 27.10.88. Т-18657
Формат 84 × 108¹/₃₂. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура обыкновенная. Печать высокая. Усл. печ. л. 17,84. Усл. кр. отт. 18,9.
Уч.-изд. л. 18,4. Тираж 100 000 экз. (1 завод 1-40000). Тип. зак. 1962.
Цена 3 руб.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»
117864, ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90

2-я тип. изд-ва «Наука» 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6

Краткий миг торжества. О том, как делаются научные открытия. («Библиотека журнала «Химия и жизнь»). М.: Наука, 1988 — 336 с., ил. (Научно-художественная литература).

ISBN 5-02-007779-8

Книга представляет собой сборник рассказов, статей, бесед, воспоминаний известных советских и зарубежных деятелей науки о путях, ведущих к научному открытию, о процессе научного творчества, о реализации научных идей.

ББК 24.84

