

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
С И Б И Р С К О Е О Т Д Е Л Е Н И Е

ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ
И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ

ИЗ ИСТОРИИ КИБЕРНЕТИКИ

Ответственный редактор академик А.С. Алексеев

Редактор-составитель д.т.н. Я.И. Фет

НОВОСИБИРСК
2006

УДК 681.3
ББК 22.18
И32

Из истории кибернетики / Редактор-составитель *Я.И. Фет*.

– Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2006. – 339 с. – ISBN 5-9747-0038-4

Герои и авторы публикуемых очерков – выдающиеся ученые разных стран, пионеры кибернетики. Они делятся воспоминаниями с читателями, высказывают свои взгляды на прошлое, настоящее и будущее кибернетики и выросшей из нее информатики.

Книга адресована широкому кругу читателей, интересующихся историей науки и жизнью замечательных людей.

From the History of Cybernetics / *Ya. Fet*, ed. – Novosibirsk:

Academic Publishing House “Geo”, 2006. – 339 pp.
– ISBN 5-9747-0038-4

The characters and authors of the presented essays are distinguished scientists of various countries and pioneers of cybernetics. They share their reminiscences with the reader, and express their opinions on the past, present, and future of cybernetics and informatics.

The book is addressed to general readers interested in the history of science and the lives of remarkable people.

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук *С.С. Кутателадзе*,
д-р физ.-мат. наук *М.И. Нечепуренко*,
д-р физ.-мат. наук *В.П. Ильин*

© Я.И. Фет, составление, 2006

© Институт вычислительной математики
и математической геофизики СО РАН, 2006

ISBN 5-9747-0038-4

©Академическое издательство «Гео», 2006

Содержание

Содержание	3
Предисловие	4
Foreword	6
<i>В.М. Тихомиров.</i> Кибернетика, Винер, Колмогоров	8
<i>Норберт Винер.</i> Кибернетика (The Encyclopaedia Americana, 1961, Vol. 8, p. 351–352)	13
<i>А.Н. Колмогоров.</i> Кибернетика (БСЭ, 2-е изд., 1958, т. 51, с. 149–151)	15
<i>П.Р. Мазани.</i> Кибернетика (Глава 18 книги «Норберт Винер. 1894–1964»)	21
<i>Н. Винер.</i> Наука и общество	36
<i>Н. Винер.</i> Ответы на вопросы, заданные во время докладов (Москва, Политехнический музей, июнь 1960 г.)	46
<i>Д. Джерисон, Д.В. Струк.</i> Норберт Винер	62
<i>Ю. Вигнер.</i> Джон фон Нейман	90
<i>Я. Барздинь, Р. Фрейвалд.</i> Размышления об автоматах и жизни (Фрагмент статьи «Колмогоров и кибернетика»)	97
<i>Дональд Кнут.</i> Программирование как искусство (Тьюринговская лекция, 1974 г.)	100
<i>Дональд Кнут.</i> Воспоминания об Андрее Ершове	119
<i>Энтони Хоар.</i> Жизнь в интересные времена	122
<i>Дональд Мичи.</i> Алан Тьюринг и проект машины-ребёнка	163
<i>Б.А. Кушнер.</i> Учитель (К столетию Андрея Андреевича Маркова, Мл.)	189
<i>Б.А. Кушнер.</i> Софья Александровна Яновская, как я ее помню	262
<i>Г.С. Цейтин.</i> Является ли математика частью информатики?	276
<i>В.И. Федоров.</i> Физиология и кибернетика: История взаимопроникновения идей	284
<i>А.И. Фет.</i> Конрад Лоренц и кибернетика	312
<i>В.П. Зинченко.</i> Аффект и интеллект в игре	328
Сведения об авторах	335

Предисловие

После того, как вышел из печати сборник «Очерки истории информатики...»¹ нам не раз приходилось слышать (и читать) вопросы такого типа: «Почему вы используете в названии слово *информатика*? Ведь в книге рассказывается об истории *кибернетики*». Аналогичные вопросы могут возникнуть и сейчас.

Вряд ли нужно здесь заниматься терминологическими упражнениями. Но, все-таки, стоит привести высказывание авторитетного специалиста:

«То, что мы сейчас больше говорим об информатике, нежели о кибернетике, имеет не большее значение, чем говорить о „самолете“, нежели об „аэроплане“, а если уж относиться к словам серьезно, то это тождество мысли подчеркивает роль кибернетики как материнской науки для информатики».

Это сказал в 1987 году один из создателей отечественной информатики – Андрей Петрович Ершов². Кстати, в это время он был Председателем Научного совета по кибернетике.

Замысел этого сборника состоит в том, чтобы дать читателю возможность познакомиться с высказываниями известных ученых о прошлом, настоящем и будущем кибернетики и выросшей из нее информатики. В книге отражены также фрагменты биографий ряда выдающихся отечественных и зарубежных ученых, которые обеспечили сегодняшние удивительные успехи информатики.

Начало кибернетики связано с выходом в свет в 1948 году знаменитой книги Норберта Винера «Кибернетика». Бурное развитие этого нового научного направления и сопутствующий технический прогресс, особенно – в области микроэлектроники, привели к таким изменениям, которые сыграли важнейшую роль во всей дальнейшей истории человечества.

¹ Очерки истории информатики в России / Редакторы-составители Д.А. Поспелов и Я.И. Фет. – Новосибирск: Научно-издательский центр ОИГТМ СО РАН, 1998. – 662 с.

² А.П. Ершов. Академик А.И. Берг о кибернетике и о перестройке в 1959 году / Микропроцессорные средства и системы, 1987, № 3. – С. 2.

60-е и 70-е годы прошлого столетия ознаменовались расцветом кибернетического движения в нашей стране. В каком-то смысле это было замечательное, романтическое время. В Москве, под руководством А.И. Берга, активно и плодотворно работал Научный совет по кибернетике. Новосибирский Академгородок стал своего рода центром кибернетических исследований. Здесь жили и работали лидер отечественной кибернетики А.А. Ляпунов и другие блестящие ученые.

Материалы, собранные в предлагаемой книге, напоминают о тесных связях, творческих и дружеских, отечественных ученых-кибернетиков с зарубежными коллегами.

Настоящая наука не может развиваться в изоляции. Для выдающихся идей, которые лежат в основе любой науки, не существует государственных границ. Развитие таких идей требует совместной работы ученых разных стран.

Известно, что бдительное советское руководство всячески препятствовало международным контактам. Тем не менее, в сентябре 1975 года, благодаря героическим усилиям А.И. Берга, Г.С. Поспелова и Д.А. Поспелова, в Тбилиси была с большим успехом проведена Четвертая международная объединенная конференция по искусственному интеллекту. Здесь впервые ведущие зарубежные ученые смогли встретиться с советскими специалистами и обсудить важнейшие проблемы информатики.

Осенью 1979 года А.П. Ершов организовал в Ургенче (Узбекистан) международный симпозиум «Алгоритмы в современной математике и ее приложениях». В этом уникальном форуме приняли участие 15 виднейших ученых из Европы и Америки – пионеры кибернетических исследований.

Значительная часть публикуемых статей была подготовлена авторами по нашей просьбе, специально для данного сборника. Другие – перепечатываются, с любезного разрешения авторов и издателей, из малодоступных источников прошлых лет.

Всем нашим коллегам, которые своим заинтересованным участием помогли подготовить этот сборник, мы выражаем глубокую признательность. Можно надеяться, что эта книга окажется интересной и полезной для всех, кто интересуется историей науки и жизнью замечательных людей.

Я.И. Фет

Foreword

After the collection “Essays on the History...”³ was published, we often heard (and read) comments like, “why do you use the word *informatics* in your title while the book really talks about *cybernetics*?”. Similar questions might be raised about this book, as well.

Perhaps this is not an appropriate occasion to engage in terminological exercises. Nevertheless, it may be worthwhile to cite an opinion of a qualified person:

“The fact that these days we refer mostly to informatics rather than cybernetics has no more significance than talking about an airplane instead of an aircraft. However, if we give these two words some thought, we will realize that this terminological identity underscores the function of cybernetics as the source discipline for informatics”.

It was said in 1987 by one of the creators of Russian informatics, Andrei Ershov⁴. Apropos, he was at that time the Chairman of the Scientific Council on Cybernetics.

The intention of the present collection is to familiarize the readers with the opinions of well-known scientists about the past, present and future of cybernetics and its outgrowth, informatics. The book also presents episodes from biographies of several distinguished Russian and foreign scientists who made great contributions to the current extraordinary success of information technologies.

The beginning of cybernetics was associated with the appearance in 1948 of the famous Norbert Wiener’s book “Cybernetics”. The rapid development of this new science together with the accompanying technological advancement, especially in microelectronics, have radically changed the whole course of history of the mankind.

³ Essays on the History of Informatics in Russia / Edited by *D. Pospelov* and *Ya. Fet.* – Novosibirsk: Scientific Publ. Center of RAS, 1998. – 664 pp. (In Russian).

⁴ *A.P. Ershov.* Academician A.I. Berg on cybernetics and the perestroika in 1959 / Microprocessor devices and systems, 1987, No. 3, p. 3. (In Russian).

The 1960s and '70s were marked by the prosperity of cybernetic movement in our country. In a sense, it was a wonderful, romantic time. In Moscow, the Scientific Council on Cybernetics was working, enthusiastically and fruitfully, under the leadership of Axel Berg. The Novosibirsk Akademgorodok became, to some extent, the capital of cybernetic studies. This was the home of A. Lyapunov, the leader of Russian computer science, and other illustrious thinkers.

The materials gathered in this book call to mind the close contacts, both creative and friendly, between our scientists and their foreign colleagues.

Authentic science cannot grow in isolation. The brilliant ideas that form the basis of every science, know no borders. Development of those ideas requires co-operative work of scientists from various countries.

It is well known that the Soviet government put all possible obstacles in the way of international contacts. Nevertheless, in September of 1975, due to the fearless efforts of Axel Berg, Germogen Pospelov, and Dmitry Pospelov, the 4th International Joint Conference on Artificial Intelligence was organized in Tbilisi (Georgia). The Conference was a remarkable success. Here, distinguished foreign scientists could, for the first time, meet their Russian colleagues and discuss the most important problems of computer science.

In the autumn of 1979, Andrei Ershov succeeded in conducting an International Symposium on "Algorithms in Modern Mathematics and Computer Science" in Urgench (Uzbekistan). Along with Soviet scientists, fifteen prominent computer experts, the pioneers of cybernetical research from Europe and the United States took part in this unprecedented event.

A substantial part of the papers have been especially prepared by the authors at our request for the purpose of publishing them in this book. Other materials are being reprinted, with the kind permission of authors and publishers, from hardly accessible out-of-print sources.

While preparing this collection for publication, we received great assistance from many interested colleagues. We would like to express our deep gratitude to all of them.

We hope that this book will be fascinating and useful to those readers who are inspired by the history of science and the lives of outstanding people.

Ya. Fet

Кибернетика, Винер, Колмогоров

Обсудим три темы:

1. Жива ли нынче кибернетика?

И значит ли это, что кибернетика умерла?

Оставим этот вопрос без детального анализа, скажу лишь несколько слов. Не все деяния человеческие «обречены на бессмертие». Отмирание, переход в другие формы — всё это вполне естественно. На наших глазах многое и в классической математике приобрело и приобретает настолько преображённый вид, что установившиеся термины теряют своё исконное содержание.

«Но всё-таки жаль»...

Жаль, что импульс для мысли, который был придан всем нам явлением кибернетики, в наши дни угас.

Жаль, что отшумели споры о сущности жизни, о том, может ли машина мыслить, о бренности и бессмертии... Обо всём том, что так горячо обсуждалось в счастливую пору нашей жизни, воспоминание о которой уже одним тем располагает к печали, что пора эта безвозвратно ушла... Вернётся ли время, когда снова вспыхнет интерес к этим вопросам? Кто знает...

2. Колмогоров и Винер.

Математики вообще любят оценивать сравнительную силу разных учёных. «Этот чуть-чуть слабее этого, но гораздо сильнее того»,— можно было без конца слышать в наши молодые годы. Сейчас воспоминание об этом вызывает лишь улыбку.

Колмогорову подобное свойство было присуще в самой малой степени, но всё же... Вспоминается один забавный эпизод, произошедший, скорее всего, в 1957 году. 4 октября 1957 года, как мы помним, стал облетать Землю наш первый спутник. Это вызвало неслыханную, ажиотажную реакцию на Западе, и в особенности, в США. «Русские нас настигли! Они нас опередили!»,— неслось со всех сторон. «Как это могло случиться?!» И тут кому-то пришло в голову, что, наверное, дело в том, что в Советском Союзе образование находится на более высоком уровне, чем у них. И вскоре к нам на Мехмат пожаловал корреспондент — выяснить, так это или не так.

А.Н. Колмогоров был тогда деканом, и, чуть ли не впервые, ему пришлось давать «официальное» интервью. Кое-что Колмогоров рассказывал тогда об этом интервью по горячим следам. Фотограф, сопровождавший корреспондента, снимал Колмогорова чуть не сотню раз, и всё никак не мог найти подходящего ракурса — снимал его то так, то эдак, снимал в упор, и как-то снизу, а раз просто лёг на спину и снимал из положения гимнастического мостика. Андрей Николаевич был немало удивлён. Через какое-то время публикация вышла, и Колмогоров ознакомился с нею. Тогда он понял, почему так неистово усердствовал фотограф. На снимке Колмогоров был на фоне портрета в рост, висевшего с 1953 года в кабинете декана,— портрета Сталина. Сталин был уже разоблачён на XX съезде, но не настолько ещё, чтобы выкинуть на свалку все его изображения.

И одна деталь в самом тексте вызвала лёгкое огорчение Андрея Николаевича. В публикации было сказано, что Н.Н. Боголюбов является мол русским фон Нейманом, а Колмогоров — русским Винером. У Андрея Николаевича по-детски вырвалось: «Ну уж сравнили меня бы хоть с фон Нейманом, а то что же — с Винером...».

Мне вообще кажется, что Андрей Николаевич недооценивал Винера. Возможно, на эту оценку накладывалась и гёттингенская репутация Винера, изобиловавшая юмористическими деталями. Приведу случай, описанный в книге Констанс Рид «Гильберт». (М., Наука, 1977, стр. 220). Этот эпизод любил смаковать и Павел Сергеевич Александров — я слышал его не раз из его уст (и до выхода книги К. Рид). Павел Сергеевич украшал своё повествование многими деталями, отсутствующими в книге, но доверимся ей.

«Однажды,— пишет К. Рид,— докладчиком был Норберт Винер. Значение, которое он придавал этому докладу в Гёттингене отражается тем фактом, что много лет спустя он посвятил этому более двенадцати страниц своей автобиографии. После доклада Винера в Математическом клубе, как обычно, все направились в Der Rohms, где состоялся ужин. Там во время ужина Гильберт в свободной манере начал распространяться о выступлениях, которые ему довелось слушать за годы жизни в Гёттингене». — Пропущу часть длинной цитаты и приведу концовку: «В этом году <...> я не слышал хороших докладов. Недавно это было совсем плохо. Но сегодня было исключение. Молодой «экс-вундеркинд» из Америки приготовился выслушать комплимент. «Сегодняшний доклад был самым плохим,— заключил Гильберт,— из всех, когда-либо слышанных мною здесь...».

Мне довелось увидеть Норберта Винера в 1960 году, когда он приезжал в Москву на конгресс IFAC. Тогда он выступил в Политехническом музее, и я слышал его. Больше всего мне запомнилась щедрость, с какой Винер воздал должное двум нашим замечательным учёным, приветствовавшим его перед лекцией — Израилю Моисеевичу Гельфанду и Александру Романовичу Лурия.

Винер хотел увидаться и с Андреем Николаевичем Колмогоровым, творческий вклад которого он очень высоко ценил (и писал об этом в своих воспоминаниях). Но встречи не произошло. Конечно, жаль. Может быть, просто из-за того, что Андрей Николаевич не был светским человеком. У меня, скажем, не сохранилось воспоминаний о его экспромтах или афоризмах в устных беседах. Его жанрами были письменный текст и публичное выступление. А может, Андрей Николаевич и уклонился от этой встречи. Ему, возможно, было обидно сознавать, что есть люди на его Родине, которые узнали о его, Колмогорова, существовании лишь из книги «Кибернетика» Н. Винера.

3. Этика, эстетика и кибернетика.

Мне кажется, Андрей Николаевич был во многом дитя 19-го века, с его оптимизмом, надеждой «на лучшее будущее» (сейчас невозможно не взять эти слова в кавычки), с его верой в научную истину, в человеческий разум. Деятнадцатый век породил феномен, имя которому «русская интеллигенция». Корни самого Андрея Николаевича питались от этого источника: его очень домашнее воспитание, его тётушки, обстановка гимназии, в которой он учился, энтузиазм первых университетских лет. Павел Сергеевич Александров, одаривший его своей бескорыстной дружбой — всё было наполнено идеалами, присущими 19-му веку — верой в прогресс, надеждой, что наука раскроет все тайны, что человечество непременно будет стремиться к нравственному совершенству, и тогда наступит эра всеобщего процветания и благоденствия.

Дальнейший ход истории не дал никаких шансов надеяться на это. Андрей Николаевич замкнулся, а нередко вынужден был, повинуюсь «велению партии» (а, на самом деле, одного лишь члена этой партии), публично выражать суждения, противоречащие его убеждениям.

И вдруг, в 1953-м дохнуло ветром свободы, и среди прочих ее провозвестниц, появилась кибернетика. И стало, казалось, вновь

доступным наслаждаться красотой мысли и испытывать восторг надежды.

Начался потрясающий по плодотворности период жизни Колмогорова. Андрей Николаевич стал тогда участвовать и в «кибернетических играх». Ему захотелось уметь измерять возможности человеческого мозга и, вместе с тем, восхищаться видом, открывающимся с величественных вершин, которые одолела человеческая культура⁵. Андрей Николаевич старался разрешить основные этические и эстетические проблемы, которые, как он полагал, неизбежно возникнут в скором будущем — будущем людей разума. Например, он стремился убедить своих современников в том, что они в своей деятельности должны опираться на «непреходящую ценность человеческой культуры». Он полагал, что идеи кибернетики могут стать подспорьем для ГУМАНИЗМА, который должен стать стержнем идеологии будущего. Эти идеи не были, конечно, востребованы в полной мере, а вскоре о них и вовсе не стали вспоминать.

Надо сказать, я был крайне изумлён, когда вдруг понял, что и сам Андрей Николаевич смирился с таким ходом событий, осознав, что человечество ждёт, чего доброго, не век разума, а век потребления и «шоу». Эту мысль Андрей Николаевич выразил, однако, с удивительным изяществом и трогательностью (в своём «Последнем интервью», которое состоялось незадолго до его 80-летия). Вдруг вспомнилась ему книга замечательного нашего астрофизика

⁵ Колмогорова с юности вдохновляла идея обнаружения «бессознательной целесообразности» в творчестве великих поэтов. И тут последовала целая серия заметок о том, что «действительные художественно обусловленные тенденции поэта» проявляют себя в виде «отклонения [стихотворного ритма] от рассчитанных частот». Он измерял «энтропию речи». Он выступал со многими докладами (нередко перед огромными аудиториями) о кибернетике, среди них — знаменитый — об автоматах и жизни — о поэтике с изложением самых крайних, самых «отчаянных» кибернетических идей. В тезисах доклада, который состоялся в переполненном Актовом зале Московского университета (вмещающем почти 2000 слушателей) он выражает своё убеждение в том, что на все вопросы вроде: «Могут ли машины воспроизводить себе подобных и может ли в процессе такого воспроизведения происходить прогрессивная эволюция, приводящая к созданию машин более совершенных, чем исходные? Могут ли машины мыслить и испытывать эмоции? Могут ли машины хотеть чего-либо и сами ставить перед собой задачи, не поставленные перед ними их конструкторами» (цитирую по сохранившимся собственноручным тезисам доклада) может быть единственный ответ: «Да, могут! Нет никаких серьезных научных оснований считать, что не могут!»

И.С. Шкловского «Вселенная. Жизнь. Разум». И Андрей Николаевич произнёс тогда: «Там он (Шкловский) определённо говорит, что развитие каждой культуры, если оно не будет остановлено катастрофическими последствиями, <...> заканчивается этапом потери интереса к технике». Интервьюер (кинорежиссер, снимавший фильм к 80-летию А.Н.) просит уточнить: «Вы хотите сказать, что человечество начинает заниматься больше какими-то гуманитарными проблемами?» И последовал такой ответ: «Даже не гуманитарными проблемами, а возможен возврат к более элементарной и детской радости от жизни.»...

Хочется думать, что просто Андрею Николаевичу несвойственно было кончить грустной нотой. Утешимся и мы: Колмогоров благословил наших внуков согласиться испытывать радости от жизни. Пусть элементарные, пусть детские. Но — радости!

Норберт Винер

Кибернетика

(The Encyclopedia Americana, 1961 Ed., Vol. 8, pp. 351–352)

КИБЕРНЕТИКА, слово, введенное Норбертом Винером для описания комплекса наук, имеющих дело со связью и управлением в живом организме и машине. Слово «кибернетика» происходит от греческого κυβερνήτης, что означает «кормчий» или «рулевой». Когда Винер ввел этот термин, он не подозревал, что слово «кибернетика» уже имело значительную историю и что оно было использовано более чем веком ранее Андре Ампером как название для раздела теории управления, относящегося к вопросам государственного управления, в позитивистской классификации научных теорий. Новый термин был введен потому, что необходимо было исчерпывающе описать группу явлений, имеющих реальную общность идей и соответствующих методов изучения, но принадлежащих к традиционно различным дисциплинам.

Кибернетика включает в себя теорию информации и методы её измерения; понятие связи как статистической задачи, в которой непосланные сообщения играют роль, равную с посланными; теорию статистического предсказания последовательностей событий, распределенных во времени; теорию соотношения между сообщением и шумом и способы их разделения с помощью волновых фильтров; теорию приборов управления, их разработки и применения к сервомеханизмам; электронные компьютеры и автоматические заводы. Она включает также теорию устройств, которые хранят информацию в своего рода «памяти» и используют её переработку для увеличения своей эффективности посредством некоторого «обучения», а также применение этой идеи к низшим животным, человеку и к обществу в целом, включая гештальт-психологию. Она может быть расширена до изучения физических явлений, с помощью которых мы сможем понять поведение. Тесно связано с кибернетикой также изучение информационных сетей с переменными характеристиками и способов, с помощью которых такие сети приходят к равновесному либо квазиравновесному состоянию. Это — совокупность наук, развитых во время второй мировой войны в связи с необходимостью направить способности математиков и других специалистов на решение практических задач военного назначения, которые до этого не

считались чисто научными. Эти нужды были тесно связаны с более конкретными задачами организации (путем использования дополнительных автоматических, механических или электронных устройств) таких процессов, как слежение за самолетами, которые, вследствие их высокой скорости и сложности траектории, избегали существующих типов человеческого вмешательства. Так возникла область исследований, охватывающая не только подобные механизмы, но также их архетипы, мозг и нервную систему, рассмотренная Винером в его книге «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине» (1948). Эта книга явилась следствием работы оборонного назначения, выполненной Джулианом Бигелоу и автором и связанной с автоматическими опережающими устройствами для управления зенитным огнем, а также — длительного интереса к вычислительным машинам и некоторым идеям Артуро Розенблюта, касающимся функционирования человеческого элемента в смешанных человеко-машинных системах управления огнем.

Кибернетическая связь дисциплин представляет интерес для нейропсихологов, психологов и инженеров связи. Имеются многочисленные работы, выполненные во всех этих группах специалистов, которые должны рассматриваться как существенно кибернетические по своей природе. В области чистой математики эти представления оказали наибольшее влияние на специалистов, занимающихся теорией вероятности.

Bibliography. Wiener, N., *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine* (New York and Paris, 1948); Shannon C.E., *The Mathematical Theory of Communication*, and Weaver, W., *Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication*, published in one vol. (Urbana, Ill., 1949); Wiener N., *The Human Use of Human Beings* (Boston, 1950); Morse P.M., and Kimbal G.E., *Methods of Operations Research*, rev. ed. (New York, 1951); Ashby W.R., *Design for a Brain* (New York, 1952); Doob J.L., *Stochastic Processes* (New York, 1953).

NORBERT WIENER,
Professor of Mathematics, Massachusetts Institute of Technology.

А.Н. Колмогоров

Кибернетика

[статья из дополнительного тома
второго издания
Большой советской энциклопедии]

КИБЕРНЕТИКА [от греч. κυβερνητική (τέχνη — искусство управления, от κυβερνάω — правлю рулём, управляю) — научное направление, задачи которого были сформулированы в работах амер. учёного Н. Винера, опубликованных в 1948: по Винеру и его последователям, К. есть наука о «связи», «управлении» и «контроле» в машинах и живых организмах. Не исключаются из рассмотрения и случаи, когда указанные функции (связи, управления и контроля) осуществляются коллективами людей или людьми при помощи машин. Для уточнения и ограничения приведённого определения следует указать более отчётливо, что именно К. понимает под связью, управлением и контролем. К. изучает машины, живые организмы и их объединения исключительно с точки зрения их способности воспринимать определённую «информацию», сохранять эту информацию в «памяти», передавать её по «каналам связи» и перерабатывать её в «сигналы», направляющие их деятельность в соответствующую сторону. Процессы восприятия информации, её хранения и передачи называются в К. с в я з ь ю, переработка воспринятой информации в сигналы, направляющие деятельность машин и организмов, — у п р а в л е н и е м. Если машина или организм способны воспринимать и использовать информацию о результатах своей деятельности, то говорят, что они обладают органами *обратной связи* (см.); переработка такого рода информации в сигналы, корректирующие деятельность машины или организма, называется в К. к о н т р о л е м, или р е г у л и р о в а н и е м. Поэтому К. определяют также как науку о способах восприятия, хранения, переработки и использования информации в машинах, живых организмах и их объединениях.

Второе определение более отчётливо подчёркивает своеобразие К. и центральное значение для К. понятия *информации* (см., 51 т.). В литературе по К. обычно подчёркивается, что осуществляющие

Большая советская энциклопедия, 2-е изд., т. 51. М.: Большая советская энциклопедия, 1958. — С. 149–151.

связь, управление или контроль искусственные устройства или естественные органы рассматриваются в К. исключительно как носители или преобразователи информации. Большое значение в К. имеет понятие «количества информации», введённое в явной форме амер. учёным К. Шенноном (1948). Роль этого понятия в К. сравнивают иногда с ролью понятия энергии в физике. Наоборот, конкретная материальная природа хранящих, передающих или перерабатывающих информацию устройств и органов, как и количество затрачиваемой на их работу энергии, являются с точки зрения К. подчинёнными обстоятельствами. В процессе эволюции живых организмов возникли тончайшие механизмы хранения огромного количества информации в ничтожных объёмах (напр., механизм наследственности, сохраняющий в одной клетке весь запас видовых признаков взрослого организма), а также механизмы, способные воспринимать и перерабатывать огромное количество новой информации с ничтожной затратой энергии (напр., механизмы памяти и мышления в коре головного мозга). В этом же направлении идёт и развитие техники при сооружении средств связи, управляющих и регулирующих автоматич. устройств и вычислительных машин.

Много дискутировавшийся вопрос о праве К. на существование в качестве самостоятельной научной дисциплины сводится к вопросу о том, насколько существенны общие черты всех процессов связи, управления и контроля, т. е. могут ли общие свойства этих процессов в машинах, живых организмах и их объединениях быть предметом достаточно содержательной единой теории. На этот вопрос следует ответить с полной определённой утвердительно, хотя в направлении систематич. построения К. сделаны лишь первые шаги.

Наиболее сложившимся разделом К. является теория информации (см. статью *Информационная теория*, 51 т.), посвящённая способам вычисления и оценки количества информации и исследованию на этой основе процессов хранения и передачи информации. Преобразование информации рассматривается здесь лишь в той мере, в какой оно необходимо для приспособления информации к хранению в данном запоминающем устройстве или для передачи по

данному каналу связи (в терминологии теории информации — «кодирование» на входе канала связи и «декодирование» на выходе). Вводимые в теории информации понятия «ёмкости» запоминающего устройства и «пропускной способности» канала связи и общие выводы теории информации, относящиеся к способам осуществления надёжного хранения и передачи информации при наличии «помех» (или в акустической терминологии — «шумов»), имеют весьма разнообразные применения как в технике, так и для понимания устройства органов чувств, нервной системы и аппарата фиксации наследственных свойств живых организмов.

Другие отделы К. посвящены различным видам более глубокого преобразования информации. Контуров общей теории, охватывающей все разнообразные применения, здесь пока менее ясны, но уже сейчас несомненно плодотворность сравнительного изучения процессов преобразования информации в нервной системе (при рефлекторной, условно-рефлекторной её деятельности и в процессах мышления), в процессе эволюции видов (при накоплении полезных в борьбе за существование наследственных признаков), в приборах автоматического управления и регулирования, в современных вычислительных машинах и т. п. Автоматические управляющие, регулирующие и вычислительные устройства, впрочем, и возникли из стремления переложить на них некоторые функции, выполнявшиеся ранее человеком; поэтому вполне естественно, что процессы преобразования информации в этих устройствах имитируют процессы преобразования информации в нервной системе человека, в простейших случаях — процессы рефлекторной деятельности, а в более сложных — работу мышления. Новейшее развитие автоматов и вычислительных машин зашло так далеко, что приобретённый при их проектировании и эксплуатации опыт часто теперь способен давать руководящие указания при попытках рационального объяснения работы нервной системы.

Из имеющих общий интерес выводов К. отметим всё более укрепляющееся убеждение в существенных преимуществах: 1) фиксации больших количеств информации в дискретной форме, т. е. в виде большого числа отдельных знаков, каждый из которых

способен принимать лишь малое число значений — лучше всего только два, 2) разложения любых сложных преобразований информации на отдельные шаги, каждый из которых затрагивает только небольшое число знаков. Одним из преимуществ дискретной записи информации является её устойчивость по отношению к «помехам» и возможность сохранять её даже при значительных помехах практически неограниченно долго. Простые и гибкие способы разложения любого преобразования информации, записанной в форме большого числа двоичных знаков, на простейшие операции разработаны *логикой математической* (см.). На этих принципах построены все современные большие универсальные вычислительные машины. В процессе естественной эволюции живых организмов устройство наследственного аппарата животных и растений и нервной системы животных и человека, по-видимому, тоже пришло если не к полному осуществлению этих принципов в наиболее чистом виде, то к широкому их использованию.

Из других общих идей кибернетических исследований отметим разработку представлений об «ультраустойчивости», или «мультиустойчивости». Дело идёт здесь о регулирующих механизмах второго порядка, которые, накапливая информацию о результатах деятельности того или иного управляющего или регулирующего механизма первого порядка, способны использовать эту информацию для целесообразного изменения устройства и способа действий этого механизма первого порядка. Классическим образцом такого регулирования второго порядка является механизм выработки *условных рефлексов* (см.). Над системой уже установившихся, выработанных рефлексов, т. е. связей между внешними раздражителями и реакциями организма, здесь господствует механизм выработки новых рефлексов. Входными сигналами для этого механизма являются «подкрепления», получаемые в случае соответствия реакции нуждам организма, и «торможения» — в случае несоответствия. В недавнее время были построены экспериментальные «самообучающиеся» машины, работа которых имитирует процессы выработки условных рефлексов, так

что в подобном регулировании второго порядка нельзя усматривать какой-либо специфической особенности живых организмов.

К. использует большой и часто своеобразный математич. аппарат, к-рый может быть назван «математической К.» (по аналогии с «математической физикой»). Работа управляющих и регулирующих систем поддаётся схематич. изучению, при к-ром конкретная природа «множества возможных состояний системы», «множества возможных воздействий» и «множества возможных реакций» оказывается несущественной. Излагаемая таким абстрактным образом теория автоматов превращается в теорию чисто математич. характера. В случае автоматов дискретного действия она очень близка к теории конечных *алгоритмов* (см.). В К. входит, однако, также сравнительное изучение конкретных систем хранения, передачи и переработки информации и обсуждение особенностей и возможностей различных принципов осуществления (механических, электромагнитных, химических и т. п.), к-рые существенно опираются на данные механики, физики, химии и биологии. Совокупность этих вопросов можно объединить под названием «технической К.»

Материальной основой возникновения К. и возрастающего к ней интереса является создание и распространение машин и всевозможных технич. устройств, специально предназначенных для переработки (или хранения и передачи) информации. К. возникла, когда приборы автоматич. управления и регулирования стали включать в себя специальные счётно-решающие устройства и управляться кодированными сигналами, когда при конструировании вычислительных машин остро встали вопросы об объёме их «памяти» или о доступных им логических операциях и т. д. Не следует, однако, считать всю теорию автоматич. управления и регулирования частью К.; напр., изучение конкретного устройства исполнительных органов автоматов или их расчёт с точки зрения минимальных затрат энергии при воздействии на регулируемую систему не являются вопросами К. Аналогично отношение К. к исследованию операций и теории игр (см. статьи *Операций исследование* и *Игр теория*, 51 т.): экстремальные задачи выбора рациональной с той или иной точки зрения «стратегии» не являются

сами по себе задачами К., но К. находит применение при исследовании операций и в теории игр в вопросах оценки, необходимой для решения задач из этих областей информации и выбора рациональных способов преобразования информации.

Наиболее дискуссионным вопросом К. является вопрос о пределах возможной замены функций человеческого мышления работой машин. Уже созданные машины, играющие в шахматы (пока на уровне не сильного игрока), или машины для автоматического перевода с одного языка на другой, разработанные методы автоматич. составления программ для универсальных вычислительных машин, включающие выполнение сложных рядов разнообразных логич. операций, показывают, что возможности современной техники в этом отношении очень велики. В принципе следует считать, что любая строго ограниченная и формально описанная область мыслительной деятельности может быть передана машинам. Принципиальное отличие работы машины от человеческого мышления состоит не в существовании каких-либо особенно тонких и сложных отдельных операций, выполняемых человеческим мозгом и не могущих быть автоматизированными и переданными машинам, а в том, что машины выполняют лишь в с п о м о г а т е л ь н ы е операции в соответствии с целями, поставленными человеком.

Лит.: Wiener N., Cybernetics or control and communication in the animal and the machine, [6 print], N. Y. – P., [1949]; е г о ж е, The human use of human beings. Cybernetics and society, 2 ed., N. Y., 1956; С о б о л е в С.Л., К и т о в А.И. и Л я п у н о в А.А., Основные черты кибернетики, «Вопросы философии», 1955, № 4; Ц я н ь С ю э - с э н ь, Техническая кибернетика, пер. с англ., М., 1956; La cybernétique. Théorie du signal et de l'information. Réunions d'études et de mises au point tenues sous la présidence de Louis de Broglie, P., 1951; Bush R.R. and Mosteller F., Stochastic models for learning, N. Y. – L., 1955; Ashby W.R., An introduction to cybernetics, L., 1956; е г о ж е, Design for a brain, Reprint, N. Y., 1954.

Кибернетика

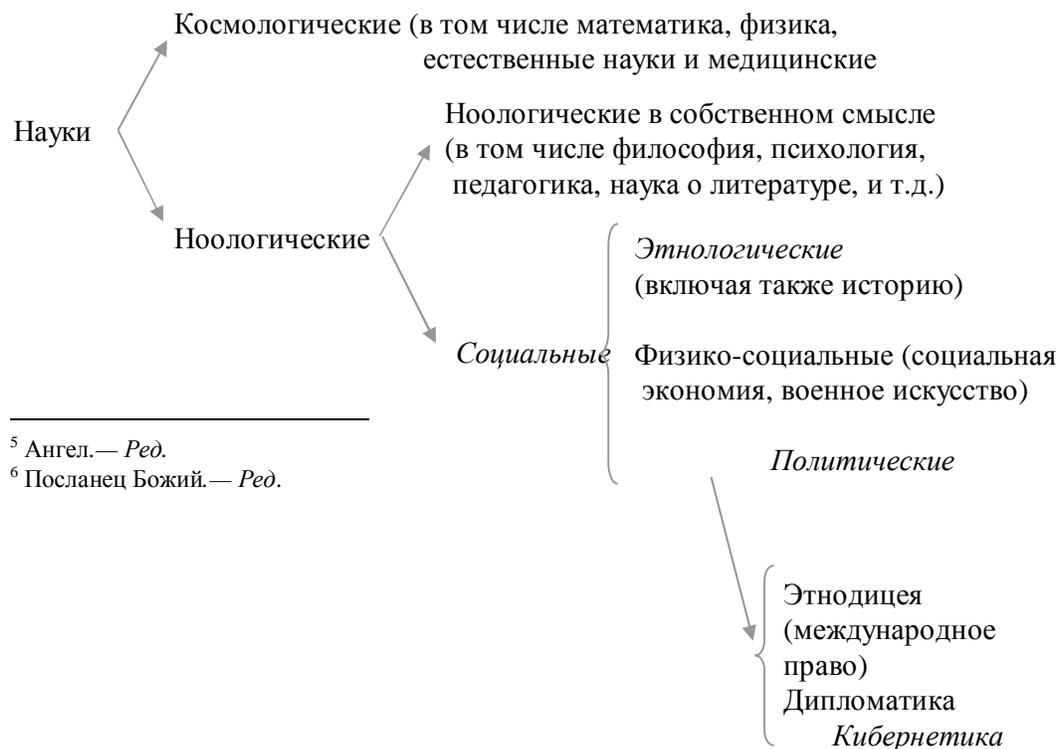
А. Кибернетика и ее исторические корни.

Летом 1947 года Винер совершил одно из своих многочисленных путешествий, оказавшееся весьма интересным. Он направлялся во Францию, в Нанси, где должна была состояться конференция, организованная его сотрудником С. Мандельбройтом (S. Mandelbrojt), и по пути остановился в Англии, где он посетил своих друзей. Он увиделся с Холдейном в Лондоне, с А.М. Тьюрингом в Национальной Физической Лаборатории в Теддингтоне и с Греем Уолтером в Бристоле. Он навестил также друзей в Кембридже и Манчестере. Конференция была интересна и сама по себе. Она не только привела к новой совместной работе с Мандельбройтом [1], но и к знакомству с первоклассными математиками младшего поколения, такими как Л. Шварц, и к возобновлению старых дружеских отношений, в том числе с Гаральдом Бором.

Но самое значительное происшествие случилось в Нанси, когда к нему обратился М. Фрейман (M. Freyman), представитель издательства Эрман и Ко., предложивший ему написать краткую книгу об основных идеях его работ в области управления и связи. По словам Винера, он оказался "одним из самых интересных людей, каких я видел". Он был основателем группы французских математиков, печатавшихся под псевдонимом "Бурбаки", и предоставил им в том же году резиденцию в "созданном" им "университете Нанкаго" (от "Нанси" и "Чикаго"). Винер считал, что "было бы чудесно установить связь со столь интересной группой", и охотно подписал контракт на книгу "за чашкой какао в соседней кондитерской" [2, стр.316-317]. Поздней осенью того же года Винер, продолжая путешествовать, написал эту книгу в Мексике, посвятив ее Артуро Розенблюту [3]. Так началось движение большого научного, философского и общественного значения, иногда ставившее Винера в странные и непредвиденные обстоятельства: однажды, например, советская печать изобразила его как "раба промышленных магнатов с сигарой во рту" [3, стр.16]

Темой задуманной Винером книги должна была быть *теория сообщений*, и он полагал, что уместно включить в заглавие греческое слово, означающее "посланец". Но единственным известным ему словом такого содержания было *angelos*, имеющее коннотацию с английским словом *angel*⁵, то есть *messenger from God*⁶, и потому он отказался от этой мысли [2, стр.322]. Вместо этого он выбрал в качестве заглавия слово "Кибернетика", от греческого "*kubernetes*", означающего "рулевой", а затем начал применять этот термин в широком смысле, как обозначение теории управления и связи в животном и в машине. Винер удивился, узнав впоследствии, что более чем за сто лет до этого французский физик Андре-Мари Ампер, один из пионеров исследования электромагнетизма (по имени которого названа единица электрического тока) придумал термин "*cybernétique*", означавший "искусство управления" [4, (1838, 1843)], и что в том же 1843 году слово "*supernetyki*" появилось в польской работе об управлении С. Трентовского (S. Trentowski), опубликованной в Познани.

Однако *cybernétique* Ампера и *cybernetics* Винера далеки друг от друга, о чем свидетельствует Таблица классификации наук Ампера и место, отведенное в ней кибернетике.



⁵ Ангел.— *Ред.*

⁶ Посланец Божий.— *Ред.*

Ампер писал (ср. [5, стр.47]):

... я называю ее кибернетикой от слова *κυβέρνησις*, в первоначальном узком смысле означавшего искусство кораблевождения, но затем принявшего уже у греков более широкий смысл – *искусства управления вообще*.

Хотя Джеймс Уатт еще в 1784 году запатентовал свой центробежный регулятор, Ампер не проявляет осведомленности о каких-либо регулирующих процессах вне политики, а также о роли обратной связи, как ключевого элемента регулирования. В его время еще не утвердилось даже понятие энергии, не говоря уже об информации. Примечательно, что в его схеме упоминаются военное искусство и дипломатика, но отсутствуют технические науки.

Однако Винеру осталось неизвестным, что термин *κυβερνητική* – искусство кораблевождения – встречается в диалоге Платона "Горгий", в контексте навигации и риторики. В обоих видах деятельности целью является управление, и в обоих центральное место занимает обратная связь: в одном случае воздействие морских волн на корпус корабля, а в другом – аплодисменты и свистки аудитории. Не следует ли в таком случае считать Платона предшественником кибернетики? Ответ неясен, поскольку, по-видимому, ни в каком месте он не утверждает, что общая черта навигации и риторики – поток сообщений в обе стороны. Мы можем вложить в его термин слишком много смысла, забыв, что это слово имело уже долгую историю:

Слово "*κυβερνάω*" и его производные нередко встречаются в поэмах Гомера, а также в древнегреческих литературных и философских произведениях. Первоначальный смысл этой группы слов относился к управлению кораблем, или к направлению корабля в определенную сторону ("*Одиссея*", 3, 283), а также к управлению колесницей (Платон, "*Феаг*", 123с.). Многие авторы используют этот глагол в метафорическом значении "руководства" или "управления". [6, стр.144-145].

В нашем столетии отчетливое понимание центральной роли "обратимости" – того, что мы называем обратной связью –

проявляется в книге *Psychologie Consonantiste* ("Психология согласования", 1938, 1939) румынского военного врача Стефана Одоблеи (Stefan Odobleja) [7]. Он пытался построить научную психологию на концепции согласования (*consonance*), то есть непрерывного согласования факторов, содержащихся в обратной связи. Это психологическая исходная позиция и незнакомство Одоблеи с инженерной обратной связью привели его к неразличению положительной и отрицательной обратной связи и к интерпретации взаимодействия обратной связи (или обратимости) в энергетическом, а не в информационном смысле. Несмотря на эти ограничения, обусловленные местом и временем, Одоблея отметил важную роль согласования и обратимости также и в явлениях вне психологии, например, в биологических процессах, бросив этим новый свет на работы французского физиолога Клода Бернара (1879). В случаях, когда можно пренебречь информационной стороной дела, его описания имеют значение. Например, его теория внимания (*attention*), то есть приведения объекта в фокус психического восприятия и удержания его в этом фокусе, весьма напоминает винеровскую трактовку визуальной обратной связи

Роль Одоблеи в истории кибернетики хорошо описывается названием недавно вышедшего сборника очерков "*Одоблея между Ампером и Винером*" [5]. Ампер подчеркивал регулирование или управление, Одоблея – цикл обратной связи, а Винер и Шеннон – сообщение, а также связь между всеми тремя элементами.

Кибернетическая точка зрения означает, впрочем, гораздо более, чем простую оценку роли управления посредством информационной обратной связи. К ее главным идеям относятся:

- (1) универсальность, приписывающая лишь второстепенное значение автономии различных наук;
- (2) признание того, что разум (*intelligence*) распространяется также на неодушевленный мир;
- (3) индетерминистская причинность, в которой вселенная – это космос, но с неполной упорядоченностью, допускающей телеологию и свободу;

- (4) онтологически безразличный функциональный подход к исследованию, описываемый термином "черный ящик".

Предшественниками кибернетики следует признать ученых, впервые развивавших эти взгляды.

В отношении (1) первое место должен занять Лейбниц, ввиду широчайшего спектра явлений, охватываемого его учением о монадах. Должны быть отмечены также авторы, подчеркнувшие эту объединительную точку зрения в современном контексте, такие как Дж. Б. С. Холдейн (J. B. S. Haldane) (1934) и Дж. Д. Биркхоф (G. D. Birkhoff) (1938, 1941). Что касается (2), то надо снова упомянуть Лейбница за его замечательное прозрение, что работа мозга есть расширенное вычисление, и что это последнее может быть выполнено машиной. Безусловно надо упомянуть также строителей компьютеров – малых или больших, аналоговых или цифровых: Р. Луллия (R. Lull) (ок.1275), В. Шиккарда (W. Schickard) (1592), В. Паскаля (ок.1642), Г. Лейбница (ок.1673), Ч. Бебиджа (C. Babbage) (ок.1840), Дж. К. Максвелла (1855), лорда Кельвина (1876) и более поздних авторов. Нельзя оставить без внимания также Фредерика Тейлора (Frederick Taylor) и Френка и Лилиан Гилбрет (Gilbreth), которые с фотоаппаратом и хронометром исследовали процесс труда как последовательность отмеченных паттернами основных шагов (1910-е), предварив тем самым концепцию *промышленной программы* и возникновение автоматических заводов [8].

В отношении (3) нельзя упустить из виду создателей понятия энтропии – С. Карно и В. Томсона (лорд Кельвин), а также отцов статистической механики Дж. К. Максвелла, Л. Больцмана, Дж. У. Гибса. Особое место надо отвести философу А. Бергсону за его пронизательные, хотя и туманные размышления о времени, цели и творческой силе. Особенно значительна роль ученых, применивших понятие индетерминизма с его бергсоновскими аспектами к биологической эволюции, таких как статистик сэр Роналд Фишер (Ronald Fisher). В своей работе 1934 года "Индетерминизм и естественный отбор" [9] он оставил нам особенно ясное и краткое описание точки зрения (3):

Историческое происхождение и экспериментальные основы концепции физического детерминизма указывают на то, что эти основы были утрачены, когда была принята кинетическая теория вещества, и в то же время трудности этой концепции возросли, когда было признано, что природа человека, во всей ее совокупности, является продуктом естественной причинности. Индетерминистская точка зрения на причинность имеет те преимущества, что она (а) объединяет концепции закона природы, применяемые в различных сферах человеческого опыта, и (б) обладает большей общностью, предотвращающей принятие специального случая вполне детерминистской причинности, пока такая точка зрения остается недоказанной гипотезой. Индетерминистская точка зрения совместима с мировым порядком и с плодотворным развитием естествознания. Она обогащает, а не ослабляет концепцию причинности. Она обладает решительными преимуществами по отношению к односторонности человеческой памяти и к явлениям преследования целей, наблюдаемым у человека и других животных. Из всех биологических теорий она находится, по-видимому, в наиболее полной гармонии с теорией естественного отбора, напоминающей по своей статистической природе второй закон термодинамики.

В индетерминистском мире естественная причинность играет творческую роль, и наука заинтересована не просто в бесконечном продлении цепи причинности от следствия к причине, а в локализации первоначальных причин явлений, представляющих особый интерес.[92, стр.99] (курсив автора).

Важность для кибернетики точки зрения (4) была подчеркнута д-ром У. Россом Эшби. В природе существует множество организмов, внутреннее строение которых нам недоступно. Кибернетический подход состоит в изучении их по их поведению, то есть по их реакциям на различные стимулы, и в понимании их путем изготовления модели организма с тем же поведением. Важное значение подобного практического синтеза подчеркнул Джамбаттиста Вико (ок. 1700), а затем – Ч. С. Пирс (Peirce). Принадлежащая Пирсу теория отношений чрезвычайно способствовала исследованию функциональных связей этого рода.

Таким образом, теория, предмет которой Винер назвал кибернетикой, имеет длинную историю, восходящую к Платону. Если же рассматривать эту теорию как кибернетическое умение, то нам придется начать с самой зари человеческой истории. Ловушка – один из самых ранних человеческих приемов – представляет прекрасный пример механизма телеологического управления. (Вместе с

приманкой она в некотором смысле напоминает управляемую ракету; она привлекает к себе добычу – вместо того, чтобы привлекаться к ней.) Механизмы, описанные Героном Александрийским (ок. 100 н.э.?), являются системами обратной связи в точном смысле слова, и многие из них использовались в ирригации и в других устройствах античных цивилизаций речных долин, ср. А Жукулеску (Giuculescu) [6].

В. Предмет кибернетики.

Отчетливую характеристику кибернетики как научной дисциплины дал в 1956 году доктор Росс Эшби в своей книге "Введение в кибернетику" [10, стр.1–7]. По его определению, кибернетика есть *общее исследование механизмов с точки зрения функционирования и поведения, независимо от их внутреннего строения и материала*. Значение слова *механизм* определено Винером:

"С нашей точки зрения машина – это устройство для превращения входных сообщений в выходные сообщения. При этом сообщение – это последовательность величин, представляющих в этом сообщении сигналы. Такими величинами могут быть, например, электрические токи или потенциалы, но они могут быть весьма различны по своей природе. Более того, составляющие сигналы могут быть распределены по времени непрерывно или дискретно. Машина преобразует некоторое число таких входных сообщений в некоторое число выходных сообщений, причем каждое выходное сообщение в любой заданный момент зависит от входных сообщений, полученных до этого момента. На инженерном жаргоне *машина – это многовходовый и многовыходовый преобразователь*" [11, стр.32] (*курсив автора*).

Предложенное Винером понятие преобразователя резюмирует определение *машины* по Эшби, как функцию из $S \times E$ в S , где S есть множество *внутренних состояний*, а E – множество *внешних условий*. [12, стр.242]. В самом деле, такая машина есть не что иное как преобразователь, для которого "входные сообщения" и "выходные сообщения" суть соответственно элементы $S \times E$ и S . Концепция Эшби весьма плодотворна. Как он объясняет:

Машина – это нечто ведущее себя *машинальным* образом, а именно, таким образом, что ее внутреннее состояние и состояние ее окружения однозначно определяют следующее состояние, в которое она перейдет [12, стр.251].

При этом вещество, из которого она изготовлена, безразлично. Общество ангелов, ведущее себя "*машинально*", становится машиной.

Кибернетика, понимаемая только в этом широком смысле, включала бы едва ли не любой предмет, и вряд ли имела бы свой собственный. Но кибернетика изучает машину с точки зрения бергсоновского времени. Особый интерес представляют вопросы, относящиеся к информации, шуму, энтропии, обратной связи, причинности и цели. *Прием сигналов* (точнее, прием сообщений), то есть восстановление входного сообщения по входному сигналу путем фильтрации шума, является фундаментальной проблемой. Особенно важно выделение категории *целевых механизмов* (purposive mechanisms) и подкатегории *телеологических механизмов* (teleological mechanisms). [13, 14].

С этими уточнениями термин *кибернетика* уже не относится к какому-либо эмпирическому предмету вроде геологии, а означает *метод рассмотрения и решения проблем* независимо от предмета, к которому они принадлежат, то есть относится к методологии. Наиболее важные связанные с этим термином понятия – это *сигнал, сообщение и шум*, связанные между собой условной формулой

$$\text{сигнал} = \text{сообщение} + \text{шум},$$

а также обратная связь. Законы, управляющие сигналом, сложнее и труднее в обращении, чем законы, управляющие сообщением. Эффективный способ решения практической задачи состоит в извлечении сообщения, то есть надо отфильтровать шум, работать исключительно с неискаженным сообщением (даже если оно никогда не наблюдается в природе в чистом виде) и, наконец, исправить ошибку идеализации, приняв во внимание наличие шума и неустойчивости режима. Разумеется, есть много классических проблем со столь малым шумом, что его можно считать отсутствующим. Для целевых систем важное значение имеют воздействие сигнала на рецепторы системы и внутренняя обратная связь с выходов системы. Другую задачу представляют *кодирование и*

декодирование сообщений, минимизирующие влияние шума и максимизирующие поток информации.

Таким образом, кибернетика выдвигает на передний план концепции и идеи, связанные с бергсоновским временем – такие как шум, энтропия, обратная связь и цель, сообщение и управление; эти концепции возникали в таких специальных областях как термодинамика или автоматическое регулирование, но эти термины отсутствовали в словаре, на котором первоначально излагался научный метод. В этом смысле кибернетика есть расширение научной методологии, обусловленное существованием процессов, включающих бергсоновское время.

С. Является ли кибернетика наукой?

В предисловии к изданию 1961 года в своей книге "Кибернетика" [48f] Винер рассматривает кибернетику уже не как программу, а как "существующую науку". Среди ученых можно заметить некоторую неуверенность по поводу природы и предмета этой науки (см., например, J. R. Pierce [16, стр.208-209]). Однако, ее статус и область применения можно уяснить себе из обсуждения в предыдущем параграфе. Кибернетика – это отрасль математики с собственными специфическими первоначальными терминами: *машина, сигнал, шум, информация* и т.д., подобно тому как гидродинамика имеет собственные специфические термины: *масса, давление, завихренность* и т.д. Хотя аксиоматизация предмета кибернетики в настоящее время, может быть, преждевременна, она возможна, и аксиомы можно время от времени изменять, приспособляя их к знанию механизма и коммуникации, возникающему из новых наблюдений и экспериментов (подобно тому, как могут обновляться постулаты о потоке жидкости). По отношению к приложениям кибернетика напоминает теорию дифференциальных уравнений, приложения которой относятся к множеству различных областей. Такое приложение может быть плодотворно лишь в том случае, если оно включает в себя, вдобавок к кибернетическим принципам, специфическое знание о предмете. На высокой стадии развития кибернетическая система постулатов сможет предсказывать

неизвестные результаты (так же, как теории Максвелла и Эйнштейна), что позволит избежать дорогостоящих экспериментов, а также доставлять теоремы об эффективном использовании машин и оборудования. Кибернетика будет тогда способна внести больший вклад в экономическую жизнь, чем в настоящее время.

Выдающийся специалист по медицинской кибернетике У. Росс Эшби приводит убедительные аргументы в пользу такого математического описания кибернетики:

Кибернетика относится к реальной машине – электронной, механической, нервной или экономической – примерно так, как геометрия относится к реальному предмету в нашем земном пространстве. [10, стр.2].

Точно так же, как геометрические объекты являются идеализациями реальных объектов, и точно так же, как некоторая странная геометрия, не имеющая прямых приложений к реальным объектам, может заслуживать серьезного рассмотрения, а в дальнейшем приобрести важное практическое значение, изучение механизмов относится к реальным механизмам. Эту мысль опять-таки мастерски формулирует д-р Росс Эшби:

Итак, кибернетика безразлична к критике, указывающей, что некоторые рассматриваемые в ней машины не представлены окружающими нас машинами. В этом она следует примеру математической физики, уже достигшей очевидного успеха на том же пути. В этой науке издавна отдается предпочтение изучению систем, которые очевидным образом не существуют – струн, не имеющих массы, частиц, имеющих массу, но не имеющих объема, газов, ведущих себя совершенным образом, и т.д. Утверждение, что таких предметов не существует, конечно верно; но их несуществование не означает, что математическая физика – пустая фантазия. И физик не отбросит работу над теорией безмассовой струны, потому что эта теория неоценима в его практической работе. Факт состоит в том, что безмассовая струна хотя и не имеет физического представления, обладает некоторыми свойствами, делающими ее крайне важной для него, если он хочет понять хотя бы столь простую систему, как часы. Тот же принцип знает и применяет биолог, когда он подробно изучает *Amphioxus* или другую вымершую форму, не задаваясь вопросом о ее нынешней экологической или экономической важности. [10, стр.2–3].

Этот категорически высказанный взгляд, утверждающий, что ключ к практической эффективности состоит в изучении несуществующего, представляет собой пифагорейски-платоновскую позицию в ее воинствующем и наилучшем виде, то есть сохраняет убеждение Платона в важности абстракции, но не его презрение к эксперименту – на чем как раз и настаивал Роджер Бекон (около

1260 года). Чтобы достигнуть более полного совпадения, следовало бы, возможно, заменить слово "несуществующее" на "трансцендентное", в смысле реплики существующего, но реплики, трансцендирующие естественные ограничения и составляющие тем самым идеал. Когда кибернетик пишет формулу:

$$\text{сигнал} = \text{сообщение} + \text{шум},$$

выделяя в ней сообщение как значащий член, вопреки его несуществованию в природе, он следует в этом методу Пифагора и Платона. С этой методологической точки зрения происхождение кибернетики и в самом деле восходит к Платону. Точно так же обстоит дело с самой чувствительной моральной и эстетической деятельностью. Любитель музыки, слушающий по коротковолновому радио Моцарта в дождливый день, ищет в сигнале (несуществующего) чистого Моцарта и игнорирует сопровождающий его звук кррр... Хороший полководец сосредоточивается на плане сражения, а не на происходящей вокруг резне, ср. работу А. Н. Уайтхеда "Математика и добро"[17, стр.666 – 681].

Мы имеем в виду здесь эпистемологический аспект платонизма, а не его онтологический аспект. Последний мало интересен для кибернетики, для которого главное значение имеет поведение машины, а не ее материальность. Именно знание поведения помогает "изменить мир", а не просто "истолковывать его разными способами" (Карл Маркс, тезис 11 о Фейербахе, [18, стр. 84]. Предсказание существования позитрона Дираком за 4 года до его открытия в лаборатории было применением проверенного временем пифагорейски-платоновского метода. Так же обстоит дело с мезоном и нейтрино. Эти примеры использования методологии Платона для

развития атомистической точки зрения, вопреки его онтологии мира как сплошной среды (plenum), демонстрирует полное безразличие платоновской онтологии для платоновской эпистемологии. Этого не могли понять Маркс, и тем более Энгельс и Ленин (см. следующий раздел).

D. Советские взгляды на кибернетику.

Винер и Эшби понимали, что кибернетическая наука имеет несколько разделов, в том числе *обработку данных* и *теорию автоматов*. Тенденция, сохраняющаяся в Советском Союзе по сей день, состоит в сужении объема кибернетики: ее переопределяют, сводя ее только к обработке данных и теории автоматов. Например, академик В.М. Глушков пишет в 1969 году в своей статье под названием "Современная кибернетика":

В наше время кибернетика обычно определяется как наука об общих законах преобразования данных в сложных системах управления и в системах обработки данных. При определении предмета кибернетики важно избежать двух крайностей. Они состоят, во-первых, в том, что в кибернетику включается все связанное с управлением; а, во-вторых, – в попытках свести кибернетику к сравнительному изучению отношений между техническими системами управления и системами управления в живых организмах [19, стр. 47–48].

Если заменить здесь "сложную систему управления" и "данные", соответственно, винеровскими "многовыходовым — многовыходовым преобразователем" и "сообщением", то мы, по существу, возвращаемся к определению Винера – Эшби. Далее советские кибернетики сумели включить значительную часть мыслей Винера в рамки своей собственной системы. Сужение, противоположное универсальной точке зрения, проявляется скорее в тонкостях слова "данные", почти исключительном внимании советской кибернетической литературы к цифровым данным и к алгоритмическим соображениям, и в пренебрежении к аналоговым устройствам.

Такая более узкая интерпретация кибернетики имеет для советских кибернетиков определенные преимущества. Ввиду

официального запрета в Советском Союзе математической логики до конца 1950-х годов, им приходилось немало трудиться над изложением своего предмета, так что чрезмерное подчеркивание теории автоматов представляло для них преимущество. И в самом деле, книга Глушкова [20] – единственная известная автору книга, носящая название "Введение в кибернетику" и излагающая исчисление предикатов второго порядка, вместе с доказательством теоремы Геделя о неполноте. Эта книга примечательна также тем, что ограничивается "цифровыми методами представления информации и цифровыми информационными процессорами" {Сб, там же} до такой степени, что в ней нигде не упоминается фамилия Винера. Во-вторых, Колмогоров и другие советские математики внесли глубокое понимание природы "алгоритмов", и для советских кибернетиков было естественно пользоваться ими. В-третьих, русское определение, заключающее предмет в более резко определенные границы и придающее ему намного меньшее философское значение, чем определение Винера – Эшби, тем самым защитило его от зараженного онтологией официального руководства, подозрительного ко всему, выходящему за рамки революционной методологии. В самом деле, в 1950-е годы замечалась значительная враждебность к кибернетическому движению, о чем свидетельствует следующая выдержка из официального советского "Краткого философского словаря":

КИБЕРНЕТИКА: реакционная псевдонаука, возникшая в США после Второй мировой войны и широко распространившаяся в других капиталистических странах.

Кибернетика отчетливо отражает одну из главных особенностей буржуазного мировоззрения – его бесчеловечность, стремление превратить рабочих в придаток машины, в средство производства и орудие войны. В то же время для кибернетики как для империалистической утопии характерна замена живого мыслящего человека, борющегося за свои интересы, машиной как в промышленности, так и в войне. Поджигатели новой мировой войны используют кибернетику в своих грязных практических замыслах [21, стр. 236–237].

Этой ловушки избежали марксисты, не столь связанные своей онтологией. Как сообщает нам Винер, в 1947 году профессора Дж. Д. Бернал, Дж. Б. С. Холдейн и Х. Леви – все выдающиеся британские

марксисты – "несомненно рассматривали ее (кибернетику) как одну из самых актуальных проблем науки и научной философии" [15, стр.23].

В конце 1950-х годов официальная советская позиция по отношению к кибернетике значительно смягчилась и стала более трезвой. В 1960 году Винер был приглашен в Советский Союз, принят с уважением и приглашен прочесть доклад в философском отделении Советской Академии Наук, а также изложить свои взгляды в журнале "Вопросы философии" [22]. Кибернетика начала активно развиваться в Советском Союзе, но с упомянутым выше ограничением ее концепции. В этом ограничении заключалась опасность чрезмерной специализации, вытесняющей связь между кибернетиками и исследователями в смежных областях (где кибернетика по определению исключалась), задерживающей применение кибернетики в промышленности препятствующее синтезу в космической или даже глобальной кибернетической перспективе, соразмерному с потребностями современной цивилизации.

Литература

1. Wiener, N. *Sur les fonctions indefiniment derivables sur une demi-droit / C. R. Acad. Sci. Paris.* 225 (1947). – Pp. 978–980. (With S. Mandelbrojt).
2. Wiener, N. *I am a Mathematician. The Later Life of a Prodigy.* Garden City, New York: Doubleday, 1956.
3. Wiener, N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine / Actualites Sci. Ind., no. 1053; Paris: Hermann et Cie.; Cambridge, Mass.: The MIT Press; New York: Wiley, 1948.*
4. Ampere, Andre-Marie. *Essai sur la philisophie des sciences ou exposition analitique d'une classification naturelle de toutes les connoissances humaines / Paris, Bachelier. 1838, premiere partie; 1843, seconde partie.*
5. Draganescu, M. Odobleja. *Between Ampere and Wiener / Bucharest: Romanian Acad. Sci., 1981.*
6. Giuculescu, A. *The Concepts of Cybernetics. An Historical Outline.* [5, pp. 139–204].
7. Odobleja, S. *Phychologie Consonantiste.* Paris: Libraire Maloine, 1938.
8. Wiener, N. *The Human Use of Human Beings.* Boston: Mifflin, 1950.
9. Fisher, R.A. *Indeterminism and Natural Selection / Philosophy Sci., 1 (1934).* – Pp. 99–117.
10. Ashby, W.R. *An Introduction to Cybernetics.* New York: Wiley, 1963.
11. Wiener, N. *Machines Smarter than Men? (Interview with N. Wiener) / U.S. News and World Report, 56 (1964).* – Pp. 84–86.
12. Ashby, W.R. *Principles of the self-organizing system / In: Principles of Self-organization.* New York: Macmillan Co. 1962. – Pp. 255–278.
13. Wiener, N. *Behavior, purpose, and teleology / Philos. Sci. 10 (1943).* – Pp. 18–24. (With A. Rosenblueth and J. Bigelow).

14. Wiener, N. *Purposeful and non-purposeful behavior* / *Philos. Sci.*, 17 (1950). – Pp. 318–326. (With A. Rosenblueth).
15. Wiener, N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine* / *Second edition of [3] (revisions and two additional chapters)*. New York: MIT Press and Wiley, 1961.
16. Pierce, J.R. *Signals and Noise: The Nature and Process of Communication*. New York: Harper and Row, 1961.
17. Whitehead, A.N. *Mathematics and the Good / The Philosophy of A.N. Whitehead* (Ed. by P.A. Schilpp). New York: Tudor, 1951. – Pp. 660–687.
18. Marx, K. *Theses on Feuerbach* / Reprinted in F. Engels, Ludwig Feuerbach and the Outcome of Classical German Philosophy (1888). New York: International Pub., 1941.
19. Glushkov, V.M. *Contemporary Cybernetics // Survey of Cybernetics*. New York: Gordon and Breach, 1969. – Pp. 47–70.
20. Glushkov, V.M. *Introduction to Cybernetics*. New York and London: Academic Press, 1966.
21. *Kratkii Filosofskii Slovar (Short Philosophical Dictionary)*. / Edited by M.M. Rosenthal, 4th ed. Leningrad, 1954. – Pp. 236–237.
22. Wiener, N. *Science and Society / Voprosy Filosofii*. 1961, No 7. – Pp. 117–122.

Норберт Винер

Наука и общество

Я не претендую на всеобъясняющую теорию и меньше всего, если речь идет о проблеме назначения человека и общества. Искушение претендовать на такую теорию является профессиональным, свойственным в особенности тем, кто называет себя философами. Оно включает в себя стремление создать сначала замкнутую систему мысли и затем оценивать дальнейшее развитие мысли в зависимости от того, соответствует ли это развитие в целом-то произвольным канонам данной системы. Я должен с самого начала сказать, что я не являюсь приверженцем какой бы то ни было застывшей доктрины, принадлежит ли она Атаназию, или Фоме Аквинскому, или каким-либо современным системосозидателям, которые сейчас в большой моде.

Проблема роли науки в обществе представляется мне тесно связанной с проблемой чувственного опыта и мысли в жизни индивида. На мой взгляд, в основе своей она подобна той роли, какую выполняет гомеостазис в поддержании определенного рода динамического равновесия между индивидом и окружающим миром. Ее можно сравнить с задачей поддержания машины в устойчивом отношении к окружающему посредством более или менее сложных процессов обратной связи, уподобить механизму, посредством которого мы удерживаем автомобиль на должном курсе по

петляющей дороге. Когда мы оказываемся слишком близко к правому дорожному столбу, мы более или менее автоматически

Опубликовано в журнале «Вопросы философии», 1961, № 7, стр. 117–122.
Перевод с английского М.К. Мамардашвили.

Такого рода контроль предполагает определенную цель с нашей стороны, например: проделать путь от одного пункта к другому должным образом, без катастрофы. Уже со времени работ Клода Бернара и Кэннона было очевидно, что наше физиологическое динамическое равновесие поддерживается подобными обратными связями. Неочевидной является здесь та общая цель, которую обслуживают эти обратные связи и которая аналогична нашему желанию проехать от одного пункта к другому.

Видимо, постоянная забота о поддержании жизни организма, сталкивающегося с изменяющимся и не вполне известным окружением, является важным моментом этой обратной связи, и все же цель эта не может дать нам ясной картины дела. Она явно разрушена самим фактом смерти — ведь мы похожи на мушку из «Алисы в зазеркалье» Льюиса Кэрролла. Алиса спрашивает, чем мушка питается. «Жидким чаем со сливками». «Но, должно быть,— говорит Алиса,— часто случается так, что мушка не может найти никакого чая». «Это всегда так бывает»,— гласит ответ. И мы узнаем, что следствием этого является смерть бедной мушки.

Наша жизненная цель должна выходить за рамки проблемы продолжения индивидуального существования, если она не является чем-то недостижимым и тщетным. Может быть, мы могли бы дополнить ее претензией на продолжение существования рода. Но летопись геологической истории так же наглядно говорит о вымерших расах, как наш опыт свидетельствует об умерших индивидах. Нужно быть очень смелым человеком, чтобы с полной уверенностью сказать, что человечество в будущем не ожидает такая же судьба или даже, что всякая жизнь не исчезнет в результате какой-нибудь космической катастрофы через многие миллионы лет.

И все же мы продолжаем жить и каким-то не совсем понятным образом делаем это в такой форме, которая выглядит весьма целевой.

Действительная цель жизни — не та, которую мы сами себе приписываем, а та, к которой стремится наше длящееся существование,— является, таким образом, книгой за семью печатями. Всякая попытка облечь ее в окончательную формулу содержит в себе нечто претенциозное. Спасение наших душ, мысль о котором удовлетворяла целые поколения христиан,— эта цель выглядит неполной и неясной в глазах поколения, которое не принимает с полной верой само определение и существование души как некоей метафизической сущности. Система ценностей, сформулированная сегодняшними психоаналитиками — теми, кто занимается проблемой уравновешенной личности,— обнаруживает подобный же недостаток определенности.

Итак, вопрос о цели жизни — цели, обеспечиваемой гомеостазисом,— не имеет ясного ответа. В той мере, в какой на него вообще есть какой-либо ответ, мы *solvitur ambulando* решаем его опытным путем, заключая, что наше телесное равновесие поддерживается так, как если бы жизнь имела некоторую неспецифицированную цель, которую мы можем приблизительно описать, сказав, что мы стремимся поддержать себя в активном и нормально функционирующем отношении к окружающей среде. Однако дальнейшее рассмотрение этой цели приводит нас ко многим парадоксам.

Разве смерть не является устойчивым состоянием, завершающим все устойчивые состояния? Разве тупое безразличие, вызываемое ножом хирурга, проводящего фронтальную лоботомию, не является лишь определенного рода живой смертью? И, тем не менее, она имеет самое непосредственное отношение к той «хорошей приспособленности», которая является идеалом для многих психоаналитиков. Каково же то отношение к окружающей среде, которое мы действительно стремимся установить?

Это — определенного рода динамическое равновесие, которое благоприятствует продолжению нашего существования как отдельных людей и как человеческой расы в условиях постоянно изменяющейся среды. Жертва фронтальной лоботомии частично

утеряла этот гомеостазис именно потому, что ее травматическое безразличие делает ее невосприимчивой к изменениям среды, так что у нее не возникает побуждения ответить на эти изменения соответствующими реакциями.

Мы вбираем в себя свою среду различными путями. Среди них одним из главных являются наши органы чувств и нервный аппарат, который эти органы питает и который организует наши ответные реакции. Эти последние, в свою очередь, передаются во внешний мир нашими эфферентными нервами и двигательными органами. Весь комплекс этих органов, способных вырабатывать определенный опыт, притом не только на основе непосредственных впечатлений, но частично и на основе впечатлений, уходящих своими корнями в глубокое детство, составляет в значительной части основу нашего гомеостатического поведения.

Это поведение в высшей степени сложно, и некоторые из самых существенных его элементов неприятны для реагирующего индивида. Нет более ужасной судьбы, чем судьба индивида, страдающего от отсутствия ощущения боли. Он должен избегать порезов и ожогов не вследствие автоматического болевого рефлекса, а путем сознательного отстранения от всех ситуаций, при которых он может получить ранение. Его тело — это комок старых ран, все они не ощущаются, и жизнь его коротка.

Таким образом, продолжение существования индивида зависит от массы впечатлений (многие из них, хотя и не все, весьма неприятны), которые удерживают его в определенном отношении к внешней среде, и от способов комбинации этих данных опыта в соответствующих действиях. Чувственные дефекты, если они достаточно серьезны, и дефекты в способности претворить этот чувственный опыт в действие укорачивают жизнь.

То, чем нервная система служит индивидууму — способность приобретать знание путем научного наблюдения, накапливать это знание, соединять его в коллективной памяти книг и разумно использовать его для человеческих нужд, — все это служит и роду. Род действует так, как если бы он стремился обеспечить цель продолжения родового существования, но конкретные очертания

этих целей так же неясны и проблематичны, как и цели индивида, и даже более.

На мой взгляд, многое всегда будет оставаться во мраке. Основным нашим руководством в понимании функции знания в поведении тела является эмпирическое изучение тех функций, которые знание выполняет на деле. В то время как разветвленные исследования информационного гомеостаза общества, точно так же, как и физиологии индивида, могут оказать нам существенную услугу, любая жесткая теория нормального гомеостаза состояний лишь с величайшим риском для нас может быть поставлена на место постоянного наблюдения над действительным, гомеостатическим механизмом поведения тела в его фактическом действии.

Обеспечение состояния гомеостаза на основе все еще не известного с полной определенностью гомеостатического механизма предъявляет большие требования к приобретению информации, призванной поддерживать нас в соответствии (*en rapport*) с окружающим нас миром. Мы должны приобретать и накапливать массу информации, относительно конечной пользы которой (если она вообще будет иметь какую-либо конечную гомеостатическую пользу) у нас нет достаточно ясного представления. Более того, мы должны быть готовы претворить значительную часть этой информации в такую гомеостатическую политику, детали которой во многом еще не могут быть определены.

Следовательно, наука в той мере, в какой она выполняет гомеостатическую функцию, не может позволить себе ни ограничения приема информации в соответствии с некоторой жесткой гомеостатической схемой, ни перевода своих данных в слишком жестко предопределенные каналы обратной связи. Выбор надлежащих каналов обратной связи требует постоянно самовозобновляющегося исследования. Это исследование должно касаться эффективности этих обратных связей по отношению к стабилизации механизма равновесного состояния. Такая стабилизация не может исходить из некоторого образцового механизма исполнения, принятого на слишком жестких теоретических основаниях, а предполагает постоянное изучение стабилизации общества, как она фактически у нас осуществляется,

при относительном воздержании от суждения о самодовлеющих целях этой стабилизации.

Если перевести это на простой язык, то наука должна узнать гораздо больше, чем она знает в любой данный момент, о способах использования информации и должна удерживать себя от искушения применять полученную информацию только потому, что уже существует некоторый способ ее использования, или потому, что ее использование предписывается некоей заданной программой целей, которая вполне могла возникнуть на основе совершенно иных условий. Понятно поэтому, что развитие науки не должно дожидаться ситуации, благоприятствующей ее применениям, точно так же, как простой факт возможности тех или иных ее применений не должен вызывать поспешного их использования, которое может оказаться сомнительным по ценности, опасным и непоправимым.

Я не придерживаюсь мнения, что человек науки должен замкнуться в башне из слоновой кости, жить исключительно жизнью интеллекта, быть совершенно безразличным к применению, какое могут получить его идеи. Напротив, он должен оказывать непосредственное влияние на отчуждаемые от него результаты и не должен превращаться в простой инструмент, питающий идеями других людей, которые могут не видеть возможностей, какие он видит, и которые просто заинтересованы в непосредственных результатах в соответствии с неким собственным кодом. Ученый не может достигать личной и неограниченной свободы мысли ценой утраты чувства моральной ответственности, которое только и придает этой свободе значимость. Правда, для этого желаемого сочетания свободы и ответственности не существует совершенно надежного и безопасного внешнего путеводаителя.

Согласно своему представлению о хорошем научном институте, или, вернее, об институте, в котором я стал бы вести научную работу (ибо все мы мыслим персонально, и часто нет ничего более персонального, чем претензия на строгую беспристрастность), я хотел бы, чтобы мораль научного труда поддерживалась не столь жесткой системой давления и субординации, сколько пониманием каждым его участником того, что знание является достойной целью,

и его опытом и интуицией в выборе идей и методов, способных продвинуть дальше это знание.

Цель науки в обществе состоит в том, чтобы позволить нам гомеостатично реагировать на превратности будущего. Однако это не то будущее, которое мы можем полностью предвидеть в рамках некоторого весьма ограниченного момента, а то, которое движется вперед во времени вместе с прогрессом нашего опыта. Поскольку это так, то мы всегда должны обладать гораздо большим запасом информации, касающейся среды — физической, биологической и социальной, чем мы сможем ее реально использовать на любом частном отрезке истории. Для нашей безопасности перед лицом превратностей будущего чрезвычайно важно, чтобы этот запас основной научной информации оставался крайне широким. Более того, важно, чтобы он был потенциально крайне широким, то есть, чтобы всегда была открыта дорога внутреннему развитию науки. Она не должна зависеть от исторических предсказаний и предрассудков, которые принадлежат прежде всего данной частной эпохе и которые могут оказаться ложными, не вполне оправданными или вовсе не основательными с дальнейшим развитием истории и ростом нашего опыта.

Таким образом, внутренняя жизнь науки не должна находиться в слишком прямой зависимости от политики момента или от официального образа мысли. Это значит, что в качестве условий эффективной деятельности у ученого должно оставаться нечто — не слишком много — от позиции «башни из слоновой кости», которую сейчас так модно разоблачать.

Хорошо, если мы убеждаем себя в социальной значимости науки прежде чем заняться ею как профессией. И плохо, если мы слишком непосредственно руководствуемся критерием социальной пользы в самом выполнении очень трудной задачи развития науки. Всем известен тот факт, что человеческая деятельность наилучшим образом осуществляется при подчинении человека ее внутренней логике, хотя бы при выборе профессии и т. д. должна быть самым серьезным образом рассмотрена общая функция этой деятельности. Человек, который становится офицером в армии, должен быть храбр, но человек, который во время каждой военной операции спрашивает:

«Храбрый ли я человек?»,— вряд ли будет хорошим армейским офицером. Хирург должен обладать в известной мере чувством сострадания, прежде чем приобретет большой медицинский опыт, однако если у хирурга чувство сострадания вызывает нервозность во время выполнения жесткой, но необходимой операции, то это значит, что он неправильно выбрал себе профессию.

В свете сказанного можно понять, что ученый может быть настолько склонен к социальным вопросам, что у него не остается времени или возможности для той самодовлеющей деятельности, которая составляет значительную часть жизни работающего ученого. Из этого факта вытекают важные последствия, касающиеся организации научной работы. Конечно, научный работник должен быть ответствен за ценность своей работы для общества, но недопустима в этом вопросе прямолинейность. Если человек не обладает чувством социальной ответственности, не назначайте его, но если известно, что он обладает таким чувством, ради бога, не докучайте ему беспрестанными расспросами о его социальной ответственности тогда когда он пытается выполнить работу, в которой как раз и реализуется его социальная ответственность. Наука — нежное растение, которое не будет благосклонно к садовнику, усвоившему себе привычку вынимать его с корнями, чтобы посмотреть, правильно ли оно растет.

Вообще, хороший организатор может достигнуть гораздо большего надлежащим подбором людей, чем постоянными приказами. Выбирайте людей, достаточно заинтересованных в выполнении возложенной на них задачи, чтобы их не нужно было подгонять. Человек, из которого может выработаться действительно хороший ученый, будет предъявлять к себе гораздо более строгие требования, чем те, которые вообще могут прийти в голову руководящему им администратору. Последний достигнет гораздо большего, проникнувшись духом научной работы, поняв ее всесторонне и творчески и действуя как коллега, который заслужил право давать советы в силу своего большего понимания дела и своего опыта, чем тогда, когда он действует наперекор своим подчиненным. Человек, который на собственном опыте выявил трудности определенной

проблемы, не склонен принимать указания от того, кто, по его мнению, не обладает этим опытом и не знает этих трудностей.

Я вполне отдаю себе отчет в существовании определенных современных установок в науке, которые ни в коей мере не ограничиваются рамками стран советской системы и которые (в силу их всеобщей принятости) оказывают, как я считаю, неблагоприятное влияние на науку сегодняшнего дня, и именно тем, что вытесняют более свободный метод работы, который все еще играет значительную роль в прогрессе науки. Здесь я имею ввиду прежде всего определенные тенденции оценивать научную работу в свете некоторой чистоты метода, свойственной традициям той или иной частной области, пренебрегая удовлетворением общей любознательности и интереса. Чистый математик — и Россия далеко не является здесь основным виновником — скован чистотой метода, который намеренно чуждается всяких указаний со стороны физических наук и стремится избегать всякого хода мысли, не управляющегося чистым, абстрактным и незаинтересованным постулативным мышлением. То, что математик должен следовать канонам строгого мышления в своей конечной публикации, является аксиомой, но это не значит, что он должен пренебрегать преимуществами эвристического мышления при выборе проблем или на ранних этапах своей работы, пока она еще не отлилась в конечную форму.

Подобным же образом сегодняшний физик в общем стремится избегать изучения проблемы, на которую уже существует ответ в литературе. Это означает, что он вполне может проглядеть альтернативные подходы, которые могут быть крайне плодотворными в смежных и еще не решенных проблемах. Кроме того, от него ускользает то глубокое проникновение в проблему, которое может быть лишь результатом разработки ее *ab initia*, какая бы масса литературы ни существовала о ней. Она не становится элементом его собственной мысли.

Эти недостатки современного метода в значительной мере вызваны тем давлением, под которым ученым сегодняшнего дня приходится работать во всех странах. При колоссальном объеме публикаций в последние годы молодой ученый боится подорвать свою карьеру из-за того, что у него нет достаточно ходких

результатов, чтобы заполнять ими журналы или чтобы удовлетворить требования своих руководителей, стремящихся, в частности, иметь продукцию от своих институтов. Если его работа не соответствует методологической практике этих руководителей, то он почти наверняка не получит от них поддержки. Он не имеет никакого веса и должен ждать — возможно, напрасно,— пока масштаб и значимость его собственной работы не завоюют волевым образом благосклонного к нему внимания его коллег.

Это путь к самой прочной научной репутации, но это опасный путь. Молодой человек, работающий в одиночку, может идти на всяческие лишения ради своих идей или может оказаться вытесненным из области профессиональной научной деятельности. Его конечный успех ничем не гарантирован (хотя реально здесь больше шансов на успех, чем ему в отчаянии может показаться), и необходимо мужество для того, чтобы упорно следовать своей интуиции вопреки всеобщему неодобрению. Тем не менее, вы не можете, не подвергаясь соответствующему риску, делать крупные ставки в игре там, где речь идет о вашей собственной карьере и — что гораздо более важно — о развитии самой науки.

Позвольте мне здесь воздать должное тем старшим ученым и тем администраторам науки, которые независимо от того, являются они сами творческими учеными или нет, с симпатией относятся к этим борениям своих молодых коллег и которые, не считая каждого честолюбивого гадкого утенка молодым лебедем, всегда готовы активно поддержать силу и оригинальность. Подобные люди существуют в каждой стране, и я из своих собственных наблюдений вынес уверенность, что они есть и в России, только повсюду их слишком мало.

Эти мои замечания не являются — я и не претендовал на это — продуктом некоторой строгой системы идей. Но они являются результатом весьма длительного и обширного опыта научной работы и выражают мое глубокое и искреннее убеждение в характере той научной атмосферы, в которой я могу работать, работаю и хочу работать.

Ответы на вопросы,
заданные во время докладов в Москве
(Политехнический музей, 28 июня и 1 июля 1960 г.)

Летом 1960 года в Москве состоялся 1-й конгресс Международной Федерации по Автоматическому Управлению (ИФАС). Э.Л. Наппельбаум вспоминает⁷: «Это был первый международный конгресс, организованный на территории СССР, это был первый шаг для того, чтобы покончить с изоляцией советской науки от мировой... Это была совершенно уникальная возможность приехать сюда, и именно поэтому – такой поток людей..., к которому присоединился Н. Винер».

28 июня 1960 г. Винер прочитал в Большой аудитории Политехнического музея лекцию «Волны головного мозга и самоорганизующиеся системы». Г.А. Галустян пишет⁸: «Зал Политехнического с трудом вместил всех желающих. Огромный интерес к лекции, обилие вопросов, потребовали ее повторения. Вторично лекция была прочитана 1-го июля».

Стенограммы этих лекций сохранились в Политехническом музее, и Галина Ашотовна Галустян любезно предоставила нам их копии. Само содержание лекций давно уже стало доступным, поскольку Винер включил его в дополнительные главы (IX и X) второго (1961 года) издания «Кибернетики»⁹. Однако, в конце каждой из двух стенограмм были записаны многочисленные вопросы слушателей и ответы Винера. Эти вопросы и ответы, которые, на наш взгляд, представляют большой интерес, публикуются здесь впервые. – Ред.

⁷ Э.Л. Наппельбаум. Первый Международный конгресс ИФАК / Кибернетика – ожидания и результаты / Политехнические чтения. Выпуск 2. – М.: Знание, 2002. – С. 63–70.

⁸ Г.А. Галустян. Кибернетика в Политехническом музее. Кибернетика – ожидания и результаты / Политехнические чтения. Выпуск 2. – М.: Знание, 2002. – С. 70–75.

⁹ Norbert Wiener. Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine. Second edition / M.I.T. Press, 1961 (русский перевод: Норберт Винер. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. Второе издание. – М.: Советское радио, 1968).

28 июня 1960 г.

Вопрос:

В Вашей книге «Кибернетика» сказано о преобразовании звуковой информации в световую. Имеются ли результаты этих работ, т. е. воздействует ли кибернетика на слух и зрение в искусстве?

Ответ:

Я хотел бы отметить очень интересную работу, которая проводится в Стокгольмском политехническом музее по объединению звуковой и зрительной информации. Однако, что касается объединения этих двух типов информации в искусстве, то я не имею по этому поводу никаких сведений.

Что Вы можете сказать о телепатии, которой вы, судя по сообщениям печати, начали заниматься? Расскажите о современных достижениях телепатии.

Я не хотел бы просто утверждать, что телепатии не существует. Хочу только отметить, касаясь альфа-ритма, о котором я говорил: совершенно очевидно, что телепатия не может существовать на основе этих явлений. Я хочу, чтобы вы отчетливо поняли: для того, чтобы принять или излучить волну с частотой в 10 герц, пришлось бы создать антенну, размер которой превышал бы размеры Советского Союза.

В Вашей книге «Кибернетика» Вы утверждаете, что при определенной средней мощности амплитудная модуляция является наиболее эффективным способом передачи сигналов, хотя и другие способы могут быть эффективны. Прошу разъяснить это положение.

Сейчас я совсем не уверен в такой степени, как раньше, в том, что амплитудная модуляция является, действительно, эффективной. Это связано с тем, что сейчас нелинейные приборы являются гораздо более целесообразными, чем

линейные. В то же время, я обращаю очень большое внимание на информацию в чисто абстрактном смысле, не объединяя этот вопрос с тем, какими средствами она будет принята. И сейчас я утверждаю, что амплитудная модуляция является более выгодной в случае линейных устройств. Однако, в случае нелинейных устройств, это не будет успешно.

Мы знаем из сообщений печати, что в США была проведена операция по удалению одного полушария головного мозга человека, и это не привело к изменению психики оперируемого.

У меня, к сожалению, не имеется данных на этот счет, однако я могу высказать мои предположения. Известно, что в каждом из полушарий имеются свои основные области, и известно также, что можно производить очень серьёзные нарушения в этих областях, не меняя психики человека. Как известно, Пастер потерял значительную часть одного из полушарий головного мозга, будучи довольно молодым, и это не повлияло на его деятельность. Это было вторичное полушарие (правое), а повреждение левого, основного полушария, является смертельным. Однако в младенческом возрасте существует такой период, когда, в случае повреждения одного из полушарий, второе полушарие вполне может заменить его функции.

Каковы, по Вашему мнению, ближайшие задачи математического анализа энцефалограмм?

В этой области существует ещё много очень интересных и нерешенных проблем. Мы можем очень далеко продвинуться в этом направлении, если будем использовать корреляционный анализ и вычислять взаимные корреляционные функции энцефалограмм с различных областей головного мозга. Сейчас для нас совершенно очевидно, что мозг представляет собой нелинейную систему. Нам предстоит выяснить, какого типа нелинейную систему он представляет. С этой точки зрения может быть очень интересен вопрос о том, почему в данном спектре провал имеется только с одной стороны этого пика,

а не с двух, как это предполагалось в начале работы. Интересен вопрос о дальнейшем исследовании захватывания частот в головном мозге и также целый ряд других вопросов.

Как Вы оцениваете работы Барлоу и Бразье в области корреляционного анализа в целях диагностики опухолей головного мозга?

Доктора Барлоу и Бразье являются отчасти моими коллегами, от них я получил информацию и материал для представленной здесь работы. Поэтому я кое-что знаю о состоянии дел у них самих, но я не собираюсь утверждать, что их метод является единственно возможным для обнаружения опухолей головного мозга. Он основан на определенных корреляционных связях, взаимосвязях корреляционных функций разных сигналов, проходящих через разные части головного мозга.

Можно ли считать, что, в принципе, возможно создать машину со всеми возможностями человеческого мозга?

Во-первых, для того, чтобы прийти, наконец, к машине, которая в той или иной степени может заменить разумную деятельность, мыслительные способности человека, нужно ещё много сделать. Сейчас мы научились строить машины, которые умеют играть в простые игры (например, в шахматы). Такие машины, в настоящем смысле слова, обыгрывают человека. Однако человек оказывается разумнее машины, и поэтому мы встречаемся с такими трудностями: сначала мы должны заняться просто программированием машины, затем программированием программирования машины, затем программированием программирования программирования машины и т. д., и чем дальше идти в этом направлении, тем меньше преимущество машины перед человеком, и тем больше преимущество человека по сравнению с машиной.

(Аплодисменты)

Можно ли считать, что разница в возможностях мозга и машины зависит от разницы в количестве нейронов и электронных ламп?

Преимущество человеческого мозга перед машиной заключается в том, что количество рабочих элементов у головного мозга во много раз превосходит количество рабочих элементов любого вычислительного устройства. Однако, преимущества вычислительных устройств, если только они существуют, заключаются в том, что операции на вычислительных устройствах производятся более быстро и с большей точностью.

Что Вы думаете об опытах по передаче мыслей на расстояние, проводившихся на «Наутилусе»?

Я не знаю ничего по этому поводу, а поэтому ничего по этому поводу не могу сказать.

У Вас на чертеже (спектр энцефалограммы) сразу виден резкий провал. Мне кажется, что это даже более удивительно, чем наличие пика. Действительно ли этот провал всегда существует? Что он может означать?

Для того, чтобы пояснить это явление, можно предложить такую модель: если к одной проволоке прикреплены несколько точек, которые притягиваются друг другу и колеблются на этой проволоке, то они будут стягиваться в одной определенной области, при определенных фазовых соотношениях. Этот случай и аналогичен провалу, который мы имеем на спектральной характеристике.

Когда производились эти опыты?

Я начал работать в этом направлении лет пять тому назад. Для того, чтобы завершить эту работу, мне пришлось встретиться с таким положением, что необходимо быть уверенным в существовании этого пика и провала. Однако материалы, которые имелись к тому времени, не позволяли

утверждать этого с полной уверенностью. Здесь возникли противоречивые препятствия. С одной стороны, необходимо было получить больше материала для того, чтобы доказать действительное существование этого явления, а с другой стороны, не доказав этого, я не могу заинтересовать людей, которые бы помогли мне работать в этом направлении. Лишь совсем недавно эта работа оказалась в таком состоянии, когда сущность этого явления можно считать установленной.

Как можно понимать молекулярный спектр вирусов и генов?

Я говорил о молекулярных спектрах в общепринятом смысле этого слова. Я говорил здесь о не совсем обычном взаимодействии между молекулярными спектрами. Кто-то сказал мне, что в тех случаях, когда у нас имеется взаимодействие между двумя телами (двумя молекулами, находящимися близко друг от друга), первоначальное уравнение Шредингера оказывается неудовлетворительным в первичной форме, а появляются добавочные члены, вызванные взаимосвязью между этими двумя телами.

(Просьба разъяснить формулу)

Я считаю эту проблему очень тесно связанной с теорией преобразования Лапласа. Этот вопрос освещен в моей книге, написанной вместе с Пейли (гармонический анализ в комплексной области). Однако я не имею в виду преобразования Фурье: я имею в виду преобразование корреляционных функций, которые квадратичным образом зависят от

Что такое – информация?

Когда мы употребляем слово «информация», надо быть особенно точным в первоначальном определении этого. Если у нас имеются множества и имеются подмножества над этими множествами, тогда сущность вероятности

существует. Информация заключена в этом подмножестве. Однако информация сама по себе не представляет большого интереса, интересным является тот случай, когда информация является отрицательной.

Какую роль должны сыграть машины Персептрон и Пандемониум, и в каком состоянии работы по созданию этих машин в вашей стране?

Я, к сожалению, не обладаю знаниями на этот счет. Слово «персептрон» я где-то слышал, но не знаю в точности, что оно означает, а слово «пандемониум» слышу впервые.

Что Вы думаете о дальнейшем развитии вычислительных логических машин, в частности, каковы перспективы машин, у которых нет отдельных арифметических устройств?

Как цифровые, так и логические машины, так или иначе, выполняют определенные арифметические операции. Что касается памяти машин, то я думаю, что даже логические машины должны обязательно обладать ею.

Каковы Ваши творческие планы?

На этот вопрос ответить довольно трудно. Прежде всего, я уже полностью прекратил преподавать в Массачусетском университете, преподаю только время от времени. Кроме всего прочего, я заинтересован в мозговых волнах и собираюсь заниматься этим делом и дальше. Я также интересуюсь нелинейными проблемами и надеюсь узнать о них больше, чтобы быть в состоянии приложить полученные результаты в статистической механике. Собираюсь заниматься литературной работой.

Что такое кибернетика?

Это определение можно найти в начале моей книги «Кибернетика». Я выбрал это слово, хотя потом оказалось,

что оно употреблялось Ампером и ещё одним польским математиком в более узком смысле. Я не хотел, чтобы выбор этого термина указывал на какую-нибудь частную область знаний более, чем на остальные. Я искал нейтральное слово, которое могло бы сильнее подчеркнуть некоторые особенности деятельности машин и человеческих организмов.

(Продолжительные аплодисменты)

Я хотел бы поблагодарить аудиторию за внимание, с которым меня выслушали, за то, что вы пришли послушать мой доклад, за ту атмосферу дружелюбия, в которой протекает мой визит в Москву.

(Аплодисменты)

Лекция окончена

1 июля 1960 г.

Вопрос:

Между какими точками коры снимались энцефалограммы?

Ответ:

Энцефалограммы снимались с разных точек коры головного мозга, и, за исключением трёх точек, фазовые соотношения оказываются приблизительно одними и теми же.

Какова максимальная частота, которая может быть зарегистрирована?

Я совершенно уверен, что существует частота гораздо более высокая, чем те, которые были записаны. И совершенно справедливо, что, возможно, такие частоты не удастся записать на магнитную ленту.

Почему при усреднении меньше 45 минут пик был бы более резким?

В данном случае имеются два эффекта. Первый эффект связан с тем, что, если мы будем брать интервал меньше 45 минут, средняя квадратичная ошибка измерения может оказаться сравнимой с амплитудой, наблюдаемой для этого явления, и, таким образом, это явление будет затемнять ошибки измерения.

Другая сторона этого вопроса связана не с усреднением интервалов в 45 минут, а со сдвигом на 20 секунд. Если брать меньшее значение для сдвигов, тогда точность нашего преобразования будет недостаточно высока, и, возможно, пик и провалы частично наложатся друг на друга. За этот счет мы также потеряем ясность картины.

Какие средства, кроме адреналина, меняют пик?

К сожалению, я сам не занимался этим вопросом, но мои сотрудники пытаются это выяснить. В качестве предположения можно высказать мысль, что все успокаивающие и, наоборот, все возбуждающие средства должны влиять на частоту альфа-ритма.

Что Вы думаете о механизме в мозгу животных?

В этом вопросе следует отметить две стороны: с одной стороны, животное гораздо труднее исследовать в таком состоянии, в каком мы исследуем человека.

Чтобы получить точную картину альфа-ритма, необходимо, чтобы человек находился в полном спокойствии, чтобы глаза его были закрыты, чтобы он чувствовал себя свободно, ненапряженно. Животное привести в такое состояние довольно сложно. Если попытаться сделать это принудительно, правильность энцефалограммы будет нарушена, и этим частично можно объяснить

неправильность энцефалограмм у животных. В то же время известно, что у кошек удалось получить сравнительно удовлетворительные энцефалограммы.

Что касается частоты альфа-ритма, то она для низших животных оказывается ниже, чем для человека.

Является ли эта постоянная частота осциллятора в мозгу одинаковой для всех людей, или у каждого человека она своя?

Мы исследовали ещё незначительное число людей с помощью нашего метода, однако и сейчас имеются случаи, когда у одного человека частота была 10 герц, у другого – 9 герц.

Недостаток материала не позволяет точно определить диапазон, в котором могут лежать частоты различных индивидуумов. Однако мы начали проводить интересный эксперимент. Мы пытаемся установить, в каких отношениях находятся эти частоты у близнецов, связаны они между собой или такие же, как у любых двух людей?

Если мы имеем регистрацию [...] нескольких мышц, можем ли мы получить для каждой мышцы свой специфический код?

К сожалению, я не знаю, имеется ли возможность определить свой код для каждой из мышц живого организма. Однако я считаю, что этот вопрос является очень важным, и если бы удалось найти на него ответ, то это помогло бы исследовать целый ряд процессов мышечной деятельности.

Я считаю, что в этом содержится интересная постановка проблемы мышечной работы, но, к сожалению, на этот вопрос я не могу ответить.

Зачем необходима двойная запись на магнитном барабане?

Это делается для того, чтобы получить записи, которые необходимо в дальнейшем обработать. Дело в том, что мы более всего интересуемся мощностью на отдельных частотах, а для этого надо получить квадратичную форму

от записанных потенциалов. В этом случае, когда мы обрабатываем таким образом полученные результаты, мы сначала производим анализ по косинусу и по синусу. При таком анализе мы теряем часть информации, но полученный результат оказывается в более удобной и полезной для нас форме.

(О влиянии изменения коэффициентов)

Для того, чтобы можно было создать систему с переменными коэффициентами, надо, чтобы что-то меняло эти коэффициенты. Если эти коэффициенты меняются за счет внутренних ресурсов, то система не является линейной.

(О часах)

Моя точка зрения заключается не в том, что нам обязательно нужно иметь в каждой системе идеальные часы, а в том, что такие часы должны существовать. Мы можем работать с часами, действующими не очень хорошо, не очень регулярно, но так или иначе часы должны существовать, и, по-видимому, простейшим решением будут такие часы. Во всех системах, о которых мы говорим, эти часы лучше, чем в нервной системе человека, и моя точка зрения такова, что часы, худшие, чем в нервной системе человека, вряд ли будут пригодны для создания самоорганизующихся систем.

(Несколько вопросов о длительности реакции человека, которая оказывается меньше 1/10 секунды)

Это очень интересный вопрос. В действительности, в некоторых действиях человека наблюдается реакция с задержкой меньше, чем 1/10 секунды. Например, это наблюдается при анализе игры пианиста. Но во всех таких случаях реакция не является единичной, а является следствием определенной предыстории, т. е. вытекает из того, что человек делал перед этим.

[нрзб]

Этот вопрос тесно связан с предыдущим. Может ли сигнал с частотой, отличающейся от основной частоты, быть принят нервной системой? По-видимому, может. Хотя наилучшим условием для приема будет, если эти частоты совпадают.

Существует разница в скорости реакции на определенную частоту и на определенное единичное возмущение. Это, по-видимому, тесно связано с аналогичным явлением волновой теории: разница между скоростью фронта волны и фазовой скоростью.

Не видите ли Вы непосредственной связи между Вашим представлением о [нрзб] и учением русского физиолога Ухтомского?

К сожалению, мне не пришлось читать работу Ухтомского. Я, к сожалению, мало читаю научные работы других ученых. Однако я не утверждаю, что не может быть, чтобы другие люди не могли прийти к таким же идеям, к каким пришел я.

Существуют ли пути моделирования интуиции человеческого мозга?

Я не собираюсь приписывать машинам слишком большие способности в этом отношении, но должен сказать, что этот вопрос очень далек от темы сегодняшней лекции.

Все же хочу отметить, что, ни в коем случае не превышая способностей машин, необходимо сказать, что мы создали машины, которые могут обучаться, могут играть в определенные игры, могут менять свою стратегию в процессе обучения. Мы имеем машины, которые играют в игры, являющиеся простейшим вариантом шахмат, и которые в течение 20 часов набирают достаточный опыт, чтобы обыгрывать человека.

Таким образом, не преувеличивая возможностей вычислительных машин, можно сказать, что они должны обладать чем-то вроде интуиции.

Сопровождается ли процесс мышления электромагнитным излучением, и можно ли обнаружить это излучение?

Этот вопрос очень тесно связан с предыдущим. Пусть это и не очевидно, но надо сказать, что антенна размером с человеческое тело может излучать электромагнитные волны частотой порядка миллиона герц. Поэтому вопрос о том, что альфа-ритм может излучаться с достаточной мощностью не стоит. Остается выяснить, нет ли высокой частоты, которая могла бы излучаться человеческим мозгом. Однако, как я уже говорил, этот вопрос ещё недостаточно исследован.

Не являются ли некоторые совпадения сновидений с реальными фактами результатом (как следует из Вашей теории) распространения электромагнитных волн на большие расстояния?

На этот вопрос я ответил, рассматривая предыдущий вопрос. Могу добавить, что для того, чтобы излучать или принимать сигналы на частоте альфа-ритма, понадобилась бы антенна размером с Советский Союз.

Какое место занимают в хозяйственной жизни Вашей страны вычислительные машины в настоящее время, и каковы перспективы использования их в ближайшее время?

Проблема автоматизации играет большую роль в экономике Соединенных Штатов Америки. Мне известно, что автоматизация в США сейчас достигла таких размеров, что это вызвало некоторые затруднения в спросе рабочей силы.

Я не собираюсь давать здесь полный статистический отчет, поскольку этим вопросом я занимался гораздо меньше, чем другие специалисты.

Сможет ли человек управлять в будущем процессами во Вселенной в макромасштабе, или можно предполагать (с точки зрения кибернетики) существование замкнутых, неуправляемых систем?

Это очень похоже на то, что в свое время говорил Архимед: дайте мне точку опоры, и я своим рычагом поверну мир. Однако на сегодняшний день мы не имеем возможности даже управлять большими энергетическими системами и передавать энергию на большие расстояния. Пытаться же сделать это во вселенском масштабе ещё пока слишком рано.

Считаете ли Вы, что кибернетические машины будущего будут способны заменить любые функции головного мозга (имеется в виду конструкторская и исследовательская работа)?

Если нам когда-нибудь удастся построить машину, которая в значительной степени могла бы заменить живого человека, то в лице таких машин мы встретили бы скорее конкурентов, чем послушных рабов. Мы ещё очень далеки от таких возможностей, рано ещё говорить об этом. Но появление таких машин не позволило бы нам больше контролировать их работу.

Какие ещё имеются [нрзб] для изучения мозга, для изучения биотоков?

По поводу физиологических потенциалов хотел бы отметить следующее. С помощью энцефалограмм удастся получить определенную информацию о поведении нервной системы, однако полной информации мы не можем получить. Энцефалограмма – это запись потенциалов электрического поля мозга.

Представим себе, что мы будем исследовать потенциалы электрического поля стены этого зала. Если мы будем вести исследование с достаточной точностью, мы установим наличие гармоник с частотой 50 герц.

Электрическое поле хорошо позволяет нам определить частоту, однако совсем непригодно для определения структуры. Поэтому следует иметь в виду, что энцефалограммы, по-видимому, могут использоваться только для установления временных явлений в нервной системе человека, и, по-видимому, непригодны для других целей.

(Группа вопросов касается оценки профессором Винером роли кибернетики в изучении социальных и политических проблем и развитии теории познания).

В принципе нет особенно большой разницы – какую бы систему мы ни рассматривали: механическую систему, систему живых организмов или социальную. С этой точки зрения и социальные системы могут изучаться с помощью законов кибернетики. Однако в этом случае получить точную информацию значительно труднее, чем в предыдущих. Мы можем заставить самоорганизующуюся систему много раз работать в одних и тех же условиях, задавая ей специальную программу. Можно представить живой организм, который работает в одинаковых условиях в течение нескольких дней.

В социальной системе дело обстоит хуже. Здесь мы никак не можем заставить систему работать в одинаковых условиях в длинный – по сравнению с определенным – период времени.

Можно привести пример, скажем, из экономики. Промежутки, на которых производятся оценки, тут оказываются короткими по сравнению с временем, на которое мы хотим сделать предсказание.

Если взять в качестве примера сталелитейную промышленность, то оценки здесь производятся за период, примерно, в год, т. е. один раз в год подготавливаются статистические материалы. В то же время, за 10 лет принципы организации сталелитейной промышленности меняются настолько, что эти оценки оказываются слишком грубыми.

Когда и где будет опубликовано математическое изложение
Вашего доклада?

*Предполагается второе издание моей «Кибернетики». Оно
выйдет, по-видимому, в конце этого года. Добавлены две
главы, одна из которых посвящена обучающимся и
самоорганизующимся машинам, а вторая – физиологическим
потенциалам.*

*Содержание этих глав и составляет содержание
сегодняшней моей лекции.*

(Вопрос относительно планов литературной деятельности
профессора Винера в ближайшее время).

*Мне задали вопрос относительно моей литературной
деятельности.*

*В прошлом году я выпустил свой первый роман¹⁰ и
собираюсь написать второй – вместе с моим коллегой,
доктором Азимовым из Бостонского университета.*

*Я не собираюсь решать заранее, сколько будет мною
написано романов – много или мало.*

*Литературная работа после научной работы дает мне
большое удовлетворение.*

**Председательствующий благодарит профессора Винера
за сделанный доклад.**

Профессор Винер благодарит за внимание.

¹⁰ Роман Норберта Винера “The Tempter” («Искушитель») вышел в Нью
Йорке, в издательстве Random House, в 1959 году. В этом романе Винер
рассказывает о трудной судьбе талантливого ученого в современном
обществе, где выше всего ценятся иные качества.– *Ред.*

Норберт Винер¹¹

Норберт Винер является одним из великих математиков этого столетия, известным своими работами по броуновскому движению, теории потенциала и обобщенному гармоническому анализу. Триста его публикаций относятся не только к математике, но также к философии, квантовой механике, неврологии, религии. Они включают также рецензии на книги, научную фантастику и, как утверждают, опубликованные под псевдонимами детективные романы. Поэтому предлагаемый краткий очерк вряд ли может охватить всё его наследие.

Произведение его отца.

Винер написал автобиографию в двух томах: «Бывший вундеркинд» и «Я — математик». Название «Бывший вундеркинд» многозначительно: то, что Винер был вундеркиндом, сыграло решающую роль в его жизни. Но если даже верно, что вундекиндами рождаются, иногда их также создают. Вольфганг Моцарт, возможно, не стал бы Моцартом без своего отца Леопольда, а Норберт Винер — без его отца Лео.

Есть серьезные причины, по которым Лео Винер (1862–1939) занял главное место в автобиографии своего сына. Лео родился в в просвещённой еврейской семье в белорусском городе Белостоке (теперь принадлежащем Польше). Он проявил феноменальные способности к языкам и уже подростком говорил по-немецки, по-русски, по-французски, по-итальянски и по-польски. Как рассказывает Норберт, его отец мог усвоить существенные черты языка в несколько недель, и позднее, в своей профессиональной карьере, «говорил примерно на сорока языках». Кроме того, он печатал в малоизвестных журналах математические статьи и передавал свои знания сыну.

¹¹ *David Jerison and Daniel W. Stroock. Norbert Wiener / Proc. of Symposia in Pure Math., Vol. 60, 1997 / The Legacy of Norbert Wiener: A Centennial Symp. in Honor of the 100th Anniv. of His Birth / Providence RI: AMS, pp. 3–19.*

Лео Винер всегда склонялся к учению Толстого. В 18 лет он вступил в гуманистическое общество, «дав клятву в течение всей своей жизни не пить, не курить и не есть мяса». Во всяком случае, последнюю из этих привычек он передал Норберту. В том же году Лео, вместе с другим толстовцем, задумал основать вегетариански-гуманистически-социалистическую общину в Центральной Америке. Этот друг изменил своему слову, но Лео вскоре оказался плывущим в Америку без гроша в кармане. После некоторых юношеских приключений судьба забросила его в Канзас Сити (штат Миссури), где ему попалось на глаза объявление «Уроки гаэльского языка»¹². Он записался на этот курс, вскоре стал преподавателем этого языка и поселился в Канзас Сити.

В 1893 году Лео женился на Берте Кан (Bertha Kahn), дочери владельца универмага. 26 ноября 1894 года Берта родила сына Норберта. Примерно в то же время Лео потерял свою должность профессора современных языков в Университете Штата Миссури (город Колумбия), после чего семья переехала на восток, в Ленард Эвенью, на границе между городами Кембридж и Соммервилл (штат Массачусетс). Лео снова пришлось приниматься за случайные занятия, но его замечательный талант вскоре доставил ему место преподавателя в Гарвардском Университете, где он занимал впоследствии должность профессора славянских языков, до выхода на пенсию в 1930 году.

В журнале «Америкэн Мегэзин» за июль 1911 года, Лео сообщает, что раннее развитие Норберта проявилось уже в возрасте 18-ти месяцев, когда его няня заметила, что он внимательно следил за тем, как она рисовала буквы на песке пляжа. Через несколько дней Норберт знал весь алфавит. Тогда, как рассказывает Лео, «полагая по этому признаку, что его нетрудно будет заинтересовать чтением, я начал учить его этому в возрасте трех лет. Он научился бегло читать через несколько недель, а к шести годам он был уже знаком с множеством превосходных книг, в том числе с сочинениями Дарвина, Рибо (Ribot) и других ученых, которые я дал ему в руки, чтобы воспитать в нем нечто вроде научного духа».

¹² Кельтский язык шотландских горцев, в настоящее время мертвый.— *Ред.*

Лео не скрывал, что он намерен был превратить своих детей в вундеркиндов. В той же статье он заявил: «Совершенно бессмысленно утверждать, как это делают некоторые люди, что Норберт, Констанс и Берта (сёстры Норберта) — необычайно одаренные дети. Ничего подобного. Если они знают больше, чем другие дети в их возрасте, то это потому, что их иначе обучали».

И в самом деле, Винер-отец почти полностью взял на себя образование Винера-сына. Хотя Норберт был зачислен в третий класс в возрасте семи лет, что не слишком опережало его возраст, его вскоре перевели в четвертый класс. Но даже эта мера оказалась недостаточной, и Лео решил совсем забрать Норберта из школы и учить его дома. Этот период домашнего обучения длился около двух лет и включал большие дозы алгебры, латинского и немецкого языка. Когда Норберту было восемь лет, с ним произошло важное событие. Поскольку у него развилась сильная близорукость, ему пришлось прекратить на шесть месяцев чтение и учить свои уроки на слух. Как он полагал, этот опыт сильно улучшил его память, которая, по более поздним сведениям, была почти фотографической. Согласно одному из анекдотов, он смог полностью повторить оперетту Гильберта и Салливена, услышав ее один раз.

Несомненно, Лео считал себя благонамеренным отцом и добросовестным руководителем, но у сына сохранились об этом обучении другие воспоминания. Как писал Норберт, при его малейшей ошибке «мягкий и любящий отец превращался в кровавого мстителя». Что еще хуже, комментарии Лео, опубликованные в «Америкэн Мегэзин» утверждают, что врожденные способности Норберта не имели значения. Как вспоминал Норберт, эта статья произвела на него «сокрушительное впечатление». Она объясняла публике, — говорил он, — что мои недостатки были моими собственными, а мои успехи были достижениями отца». Несмотря на всё это, написанное в «Бывшем вундеркинде», ученик и коллега Винера Амар Бозе (Amar Bose) — возможно, самый близкий к нему человек в последнее десятилетие его жизни — вспоминает: «Винер говорил, что он всем обязан своему отцу». В итоге можно считать, что отношение Норберта к отцу было амбивалентно, и эта амбивалентность проявилась в посвящении его книги *“The Human*

Use of Human Beings”: «Памяти моего отца Лео Винера ...моего ближайшего наставника и самого дорогого противника».

В 1903 году семья переехала в Гарвард (штат Массачусетс), где Норберт, еще не достигший девяти лет, был зачислен в ближайшую среднюю школу Айера (Ayer High School). Он учился в этой школе три года и окончил ее в 1906 году. После этого его наставник и противник решил не подвергать одиннадцатилетнего мальчика рискованным вступительным экзаменам в Гарвардский Университет и отдал его в колледж Тафта (Tufts). В то время главные интересы Норберта относились к биологии, и его программа выглядела типичной для выпускника (science major): наряду с биологическими курсами она включала материалы по физике и математике. Лео продолжал обучать своего сына дома, так что Норберт нашел «курсы анализа и дифференциальных уравнений совсем легкими». Впрочем, он признает, что «*Введение в теорию уравнений*» под руководством профессора Рэнсома (Ransom) «превышало его силы», особенно раздел о теории Галуа. Тем не менее, в 1909 году Норберт окончил курс с оценкой *cum laude*¹³ по математике. Ему было четырнадцать лет.

По видимому занятия Винера в колледже Тафта привели к серьезной юношеской депрессии, прошедшей не скоро. Повторяющиеся депрессии заняли в жизни Винера важное место, и по его собственному рассказу можно заключить, что одна из них отняла много времени на старших курсах в Гарварде. В Гарвардском университете Норберт хотел заниматься зоологией, но это решение вскоре привело к неудаче, которую он связывал с недостаточной ловкостью рук и сильной близорукостью. Перед этим, в колледже Тафта, у него были некоторые успехи в философии, и характерно, что как раз его отец посоветовал ему бросить зоологию и поступить на философский факультет Корнельского университета (Sage School of Philosophy at Cornell) в Итаке. Там депрессия Норберта продолжалась, и его записки не оставляют сомнения, что он возненавидел это место. Он не только получал низкие баллы по

¹³ Отлично (лат.)

курсам философии, но, как он писал, «теория функций комплексного переменного превосходила мои возможности».

Вследствие плохой успеваемости Винер не стал продолжать обучение в Корнельском университете. В следующем году он вернулся на философский факультет Гарвардского университета и к своему отцу. В Гарварде он изучал математическую логику и написал под руководством Карла Шмидта из колледжа Тафта свою диссертацию о теориях Шредера, Уайтхеда и Рассела. Он утверждал, что эта работа далась ему легко, но признавал, что впоследствии, занимаясь в Англии под руководством Бертрانا Рассела, он «понял, что упустил из виду почти все вопросы, имеющие серьезное философское значение». В общем, Винер любил Гарвардский университет немногим больше, чем Корнельский. В 1913 году он получил степень доктора философии (Ph. D.)¹⁴. В то время ему не было еще девятнадцати лет, то есть он был на шесть лет моложе среднего возраста, в котором тогда получали эту степень.

Переходный период и путешествия.

В последний год своего обучения в Гарварде Винер получил грант на путешествие, и после окончания университета отправился в Англию, в Кембридж, чтобы пройти аспирантуру¹⁵ по математической логике у Бертрана Рассела. Винер наслаждался своей впервые обретенной независимостью от родителей, хотя его неопытность создавала проблемы: например, он вступил в донкихотскую битву со своей квартирной хозяйкой по поводу условий аренды. Но он обнаружил здесь также особую породу студентов, принимавших его странности и охотно вступающих в интеллектуальные дискуссии. В этом году он познакомился с покинувшим Америку соотечественником Т.С. Элиотом, с которым он обменивался книгами и философскими идеями. Винер был очень благодарен Расселу за то, что тот убедил его изучить некоторые серьезные математические вопросы, что он познакомил его с работами Эйнштейна (см. ниже). Но больше всего его вдохновил

¹⁴ В США степень доктора философии (Ph. D.) соответствует примерно нашей кандидатской и может относиться не только к философии, но и к любым естественным или математическим наукам.— *Ред.*

¹⁵ В подлиннике “postdoctoral work”.— *Ред.*

Г.Х. Харди, которого он называл своим «учителем по математической подготовке». Харди самым серьезным образом ввел его в теорию функций комплексного переменного и теорию интеграла Лебега — предметы, которые должны были сыграть важную роль в его дальнейшей работе.

Несмотря на важное влияние Харди, Винер в конечном счете оценил пренебрежение Харди к приложениям как «чистый эскейпизм». При их дальнейших встречах Винер возмущался предположением Харди, что его (Винера) прекрасные работы по гармоническому анализу были мотивированы не приложениями, а внутренними эстетическими требованиями математики. В соответствии со своим глубоким и неизменным интересом к приложениям, Винер полагал, что математики не могут игнорировать внешний мир, что они должны применять математику на практике и нести моральную ответственность за эти применения. Со временем это убеждение выражалось всё более отчетливо. В конечном счёте последнее слово осталось за Винером: даже теория чисел, излюбленный предмет Харди, имеет теперь важные приложения к теории связи, криптографии и информатике.

Поскольку Рассел собирался провести весенний семестр в Гарварде, Винер решил завершить свою годовую аспирантуру в Геттингене, где пребывали столь знаменитые математики, как Давид Гильберт и Эдмунд Ландау, а также философ Эдмонд Гуссерль. После Геттингена он вернулся в Англию, надеясь снова провести в Кембридже 1914–1915 учебный год. Оказалось, однако, что Кембриджский университет по существу опустошила война, и он решил вернуться в Америку. Там он провел неудачный семестр в Колумбийском университете, где неприятные отношения с соседями по общежитию, по-видимому, омрачили его научную деятельность.

В качестве доктора философии Гарвардского университета Винер имел право прочесть цикл (бесплатных) лекций в Гарварде. На следующий год он читал лекции по математической логике и отчасти занимался стандартным преподаванием философии. Таким образом он надеялся получить постоянную работу на философском факультете Гарвардского университета. Но он никогда не мог этого добиться. Винер был беспорядочен в своих лекциях, и эта его черта не

улучшалась со временем. Более того, Джордж Дэвид Биркгоф, ведущий американский математик того времени, еще больше дискредитировал эти лекции Винера, указывая на его ошибки.

В книге «Я — математик» Винер пишет, что Биркгоф закрыл ему путь в Гарвардский университет, и обвиняет Биркгофа в антисемитизме. Дальше Норберт говорит, что Биркгофа раздражала экстравагантная похвальба Лео Винера а также агрессивность обоих, отца и сына. Лео недавно подтвердил репутацию «задиристого человека» своими ядовитыми публичными выступлениями против германского милитаризма и его защитников в Гарварде. Однако, по любым объективным результатам Норберта в этом году, он не заслужил бы постоянной должности в Гарварде, даже если бы он принадлежал к семейству Кэботов¹⁶.

Хотя Винер никогда не примирился со своей неудачей в Гарварде, в конце концов он заслужил уважение Дж.Д. Биркгофа. Они совместно вели объединенный Математический Коллоквиум Гарвардского университета и МИТ¹⁷. Как видно из их переписки, они восхищались математическими достижениями друг друга, и у них возникли дружеские отношения. Об основе этих отношений можно догадаться по следующему замечанию Винера по поводу Биркгофа в книге «Я — математик»: «Я не был одинок с моим духом соперничества. Это качество было еще сильнее у одного из величайших американских математиков, человека, неодобрение которого было для меня сильнейшим стимулом к состязанию».

После поражения в Гарварде Норберт, опять-таки по совету Лео, стал искать себе работу по математике вместо философии. Ему удалось не без труда получить должность в университете штата Мейн. Он нашел это место очень слабым в интеллектуальном отношении, так что пребывание там оказалось кошмаром¹⁸. К концу 1917 учебного года, когда Соединенные Штаты вступили в войну, Норберт попытался поступить в армию. Однако его не приняли ни на какую

¹⁶ Семейство Кэботов занимало почетное положение в Новой Англии.— *Ред.*

¹⁷ МИТ, Massachusetts Institute of Technology (Массачусетский Технологический Институт).

¹⁸ Например, хотя здесь ему не пришлось сталкиваться с ужасным Биркгофом, студенты бросались монетами, чтобы помешать его лекциям.

службу из-за плохого зрения. Наконец, он был выпущен из гарвардского R.O.T.C.¹⁹ с «документами отнюдь не обещающими назначение на какую-нибудь военную должность». Затем последовали краткосрочные занятия в фирме Джeneral Электрик и в Американской Энциклопедии, где ему поручали второстепенную работу. Эта работа, в действительности, ему нравилась, но летом 1918 года он решил снова начать поиски работы. На этом этапе он настолько отчаялся, что подал даже заявление на должность в Пуэрто-Рико.

Примерно в это же время он получил письмо от принстонского профессора Освальда Веблена, пригласившего его в только что сформированную баллистическую группу при Эбердинском испытательном полигоне в Мериленде. Главная задача этой группы состояла в испытании новых артиллерийских орудий и в расчете таблиц наведения, учитывающих угол подъема, размеры цели и другие факторы. По-видимому, Винеру нравилось прямое практическое применение математики к баллистическим расчетам, и его опыт в Эбердине сослужил ему полезную службу при его исследованиях по противовоздушной обороне во время Второй мировой войны.

По окончании войны Винер надеялся последовать за Вебленом обратно в Принстон, где Веблену удалось сформировать прославившийся вскоре математический факультет. Но он так и не получил приглашения. Примерно в то же время умер жених его сестры Констанс от эпидемии гриппа, обрушившейся на страну после Первой мировой войны. Молодой человек был начинающий математик. После его безвременной смерти Норберту достались несколько математических книг из его библиотеки. Благодаря этому случаю Винер познакомился с «Теорией интегральных уравнений» Вольтерра, «Теорией функций» Оsgуда, с книгой Лебега по теории интегрирования и трактатом Фреше по теории функционалов. Как говорил Винер, он «впервые приобрел действительно хорошее понимание современной математики». Норман Левинсон, самый выдающийся из учеников Винера, заметил, что это утверждение

¹⁹ Reserve Officers Training Center (Центр Подготовки Офицеров Резерва).

странно звучит в устах человека, пятью годами раньше слушавшего лекции Харди, не говоря уже о семестре у Гильберта в Геттингене, у самого источника современного анализа. Здесь мы сталкиваемся с иронической стороной ранней зрелости Винера: Винер был вундеркиндом, он получил степень доктора философии в 18 лет, но овладел математикой лишь в довольно позднем возрасте, в 24 года.

В 1919 году странствия Винера, наконец, завершились. Перед этим он работал несколько месяцев репортером газеты “Бостон Геральд”, откуда был уволен. Наконец, друг Лео, гарвардский профессор Осгуд помог Норберту получить место преподавателя в МИТ. В 1919 году это не было почетной должностью. В то время математический факультет МИТ был чисто служебным, вся его ценность состояла только в обслуживании программы подготовки инженеров. Примечательно поэтому, что Институт устраивала работа молодого Винера, человека, прошлый опыт которого не рекомендовал его в качестве преподавателя. Вдобавок, если бы даже МИТ искал талантливого математика-исследователя, то в 1919 году Норберт Винер не был бы сильным претендентом. Он опубликовал 15 ничем не выдающихся статей по логике, а по традиционной математике — вообще ничего. Независимо от того, было ли решение МИТ дать работу Винеру следствием необычайной интуиции, или попросту результатом «старого знакомства», назначение Винера несомненно было рискованным решением, окупившимся для обеих сторон! Винер оставался в МИТ до своего выхода на пенсию в 1960 году, и за это время не только определил место МИТ на математической карте, но и *сыграл важнейшую роль в создании той культуры, которой МИТ в значительной степени обязан своей нынешней славой и престижем.*

Математическая работа в МИТ.

В МИТ вундеркинд расцвел. Может быть, это объяснялось тем, что он нашел, наконец, в математике свое подлинное призвание; может быть, он обрел чувство безопасности и самоуважения, получив постоянную работу; а может быть, в возрасте 24 лет бывший вундеркинд пришел в равновесие и готов был стать гением. В любом случае, в течение первых десяти лет в МИТ Винер сделал свои самые поразительные вклады в чистую математику. Он *сконструировал*

броуновское движение, заложил новые основы теории потенциала и изобрел свой обобщенный гармонический анализ.

История *броуновского движения* имела любопытные зигзаги и повороты. Оно названо в честь ботаника 19-го века Роберта Броуна, обнаружившего, что пыльца растений и многие типы неорганических частиц, взвешенные в воде, производят странные движения, напоминающие пляску святого Вита. Броун отверг некоторые напрашивающиеся объяснения этого движения, но продолжались споры, имеет ли это движение биологическое происхождение. Знаменитая статья Эйнштейна 1905-го года об этом предмете ввела броуновское движение в физику 20-го века. Как показал Эйнштейн, замеченное Броуном явление предсказывается молекулярной моделью воды (в противоположность непрерывной модели). Примечательно, что он предсказал броуновское движение прежде, чем узнал о наблюдениях Броуна²⁰.

Поскольку для такого числа частиц, как число молекул в капле воды, решение ньютоновых уравнений движения совершенно невозможно, Эйнштейн применил статистический подход и показал, что распределение броуновских частиц эволюционирует в соответствии с уравнением теплопроводности. Это значит, что плотность частиц в каждой точке подчиняется тому же физическому закону, что температура в каждой точке. В действительности, с точки зрения физики это описание в работе Эйнштейна выбрасывает ребенка вместе с водой. Физик не может говорить об универсальном *уравнении теплопроводности*, точно так же, как об универсальном *волновом уравнении*; в каждое физическое уравнение входят некоторые основные постоянные. В случае волнового уравнения существенной физической постоянной является *скорость света*. В случае уравнения теплопроводности такую роль играет *постоянная*

²⁰ На стр. 17 книги «Динамические теории броуновского движения» (Princeton University Press, 1967) Эдвард Нельсон (Edward Nelson) замечает: «Нелегко представить себе, что при всей тяжелой работе, затраченной на исследование броуновского движения, Эйнштейн не имел понятия о существовании этого явления. Он предсказал его теоретически и сформулировал его правильную количественную теорию». Далее он цитирует слова Эйнштейна: «Моя главная цель ... состояла в том, чтобы найти факты, гарантирующие существование атомов определенного конечного размера».

диффузия, и именно формула Эйнштейна для постоянной диффузии определила историческое значение его упомянутой статьи 1905-го года. Эйнштейн выразил постоянную диффузии как отношение нескольких физических величин, одной из которых было число Авогадро²¹. Оказалось, что все эти величины, (включая саму постоянную диффузии), за исключением числа Авогадро, были уже известны или измеримы в эксперименте. Таким образом, формула Эйнштейна привела к первому точному определению числа Авогадро.

Если игнорировать физику и проанализировать модель Эйнштейна с чисто математической точки зрения, то ее содержание можно резюмировать следующими тремя утверждениями о способе движения броуновских частиц:

1. Броуновские частицы перемещаются таким образом, что поведение частицы в двух различных интервалах времени независимо. Таким образом, невозможно предсказать будущее поведение такой частицы по ее прошлому поведению.

2. Для частицы одинаково вероятно двигаться в любом направлении, и расстояние, пройденное броуновской частицей за некоторое время, в среднем пропорционально квадратному корню из этого времени.

3. Траектории броуновских частиц непрерывны.

Применив известные результаты современной теории вероятностей, можно сделать из трех предположений Эйнштейна вывод, что распределение броуновских частиц эволюционирует согласно уравнению теплопроводности. (Наиболее важная постоянная диффузии определяется множителем пропорциональности в [2]). Разумеется, в 1905 году теория вероятностей не имела еще математически удовлетворительной формулировки. Таким образом, с математической точки зрения вывод Эйнштейна был довольно примитивен. Более того, его модель неявно содержала важную математическую проблему: надо было *проверить, что можно*

²¹ Число Авогадро — универсальная постоянная, равная числу молекул газа в единице объема при заданном давлении. Ее можно также определить как число атомов в одном грамме водорода.

построить в пространстве траекторий распределение, удовлетворяющее условиям [1], [2], [3]²².

На рубеже 20-го века французская школа анализа приложила большие усилия, создав предмет, называемый теперь *теорией меры* (т. е. теорией, приписывающей множествам объемы)²³. Французская школа, в особенности Э. Борель и А. Лебег, освободили теорию меры от ее классических ограничений, что дало возможность поставить вопрос, как приписать *вероятности* подмножествам траекторий. Но, несмотря на множество великолепных достижений, ни Борель, ни Лебег, ни их последователи, такие как П. Леви, С. Банах, М. Фреше и А.Н. Колмогоров не сумели математически обосновать эйнштейновскую модель броуновского движения. Все они сознавали важность этой проблемы, но не могли выполнить требуемое построение. Именно эту проблему решил Винер.

Оглядываясь назад, можно признать стратегию Винера несколько наивной. В частности, он полностью обошел вопросы, с которыми не справились более опытные математики. Продемонстрировав чудесный оптимизм, он предположил, что желательное распределение

²² В действительности, статья Эйнштейна 1905 года не была первой работой, где появилась эта проблема. Пятью годами раньше Л. Башелье (L. Bachelier), блестящий ученик А. Пуанкаре, пришел к заключению, что флуктуации цен на парижской бирже следуют траекториям, распределение которых удовлетворяет условиям [1], [2], [3]. Лишь в 1970-х годах изложение этого вопроса экономистами совпало с его трактовкой в технической и математической литературе. В результате возникли гораздо более изощренные способы вычисления риска на больших финансовых рынках, ставшие необходимым средством кредитных, инвестиционных и торговых компаний. Наконец, следует заметить, что Башелье, в отличие от Эйнштейна, в самом деле обратился к проблеме вычисления вероятностей нетривиальных событий, которая может быть сформулирована лишь в терминах пространства путей. Первым физиком, занявшимся такими проблемами, был М. Смолуховский, использовавший схему аппроксимации, исходящую из случайных блужданий.

²³ До этих работ существовала лишь одна теория, по существу введенная Архимедом, переоткрытая Ферма и Ньютоном и теперь навязываемая каждому изучающему анализ. Конечно, эта теория была уточнена Коши, Риманом и другими, но все еще страдала серьезными недостатками. Например, в ней нельзя было доказать, что *целое равно сумме своих частей*, если частей было бесконечное множество. Кроме того, хотя в конечномерном случае теория Римана служила достаточно хорошо, для бесконечномерных пространств, таких как пространство всех броуновских траекторий, не было вообще никакой теории.

вероятностей существует и задал вопрос, как будет выглядеть это распределение в удачно выбранной системе координат. Затем он обратил эту задачу и показал, что координатное описание приводит к доказательству существования требуемого распределения. (Этот общий способ рассуждения знаком каждому, решившему когда-нибудь задачу, начиная с предположения «пусть решение равно x », а затем нашедшего x по его необходимым свойствам.) Решение Винера, разрубившее гордиев узел проблемы, придает ей особую привлекательность; распределение вероятностей в «дифференциальном пространстве», к которому пришел Винер, носит с тех пор его имя. Оно называется *мерой Винера*.

Важность меры Винера трудно переоценить; она представляет собой то, что мы теперь справедливо называем *парадигмой*. Коротко говоря, одно только ее существование открыло новый путь исследований и привело Леви, Колмогорова и других к созданию теории *стохастических процессов*, вошедшей в современную теорию вероятностей. Вдобавок, мера Винера является — в некотором смысле, допускающем вполне точную формулировку — столь же универсальной, как стандартное гауссово (или нормальное) распределение на прямой: это распределение, возникающее во всех случаях в результате нормированного предельного перехода для случайных переменных со значениями в пространстве путей²⁴. Это основная причина, по которой мера Винера появляется каждый раз, когда изучают явление с указанными выше свойствами [1], [2], [3]. По той же причине мера Винера снова и снова встречается в моделях ситуаций, где наблюдаемый общий эффект получается суммированием большого числа небольших вкладов, происходящих от взаимно независимых источников — как например, при движении частиц пылицы, в средних значениях индекса Доу Джонса или, по собственному замечанию Винера, в искажениях сигнала при передаче по линиям с шумом.

²⁴ Полное понимание этой универсальности было достигнуто лишь в 1950-е годы в работах П. Леви (P. Lévy), Р.Х. Камерона (R.H. Cameron), М. Донскера (M. Donsker), П. Эрдеша (P. Erdős), М. Каца (M. Kac), В.Т. Мартина (W.T. Martin) и И.Э. Сегала (I.E. Segal).

Построение броуновского движения было первым достижением Винера в этот период, но не единственным. В ряде статей с 1923-го до 1925-го года Винер рассмотрел также фундаментальную проблему из электростатики. Проблема состояла в том, какова может быть форма электрического проводника, несущего заданный заряд. Как показал Заремба, некоторые проводники, имеющие форму шипа, не способны нести заряд, а спонтанно разряжаются с конца. (Обратное явление лежит в основе использования громоотводов.) С другой стороны, Заремба показал, что проводники, имеющие форму конуса, удерживают свой заряд. В математической модели спонтанный разряд соответствует резкому изменению, *разрыву* напряженности при переходе от проводника к окружающей среде. Электрическое поле имеет постоянную напряженность на проводнике, и если напряженность непрерывна, то существует устойчивое равновесие (без искр).

Винер описал точную форму, при которой проявляется неустойчивость, и тем самым установил новый подход ко всей теории потенциала. Он показал, в противоположность многим моделям математической физики, что статическая напряженность имеет строгое математическое определение, независимо от того, устойчив проводник или нет. Затем он сформулировал вполне оригинальный признак, именуемый теперь *критерием Винера*, определяющий, в каких точках напряженность имеет разрыв. Решающий шаг в подходе Винера состоял в распространении понятия электростатической емкости на произвольные формы проводников²⁵. Он использовал процесс, аналогичный, но более сложный, чем процесс Лебега, приписывающий объемы областям, к которым неприменимо классическое понятие объема. Емкость Винера по существу тесно связана с мерами, используемыми для фракталов, но более тонко²⁶.

²⁵ Электростатическую емкость проводника можно определить как полный заряд проводника, находящийся в равновесии, когда разность потенциалов между проводником и его окружением равна заданной величине, например, ста вольтам.

²⁶ С исследованиями Винера по теории потенциала связано любопытное обстоятельство. Как обнаружил в начале 1940-х годов С. Какутани, теория потенциала глубоким и удивительным образом связана с броуновским движением. Винер полностью упустил из виду эту прекрасную и полезную связь с его

Другой вопрос, которым занимался Винер в этот период,— то, что мы теперь называем теорией распределений или теорией обобщенных функций. Профессор Джексон и другие преподаватели факультета электротехники MIT просили Винера построить надлежащее обоснование для исчисления Хевисайда, применявшегося к решению дифференциальных уравнений и связанного с преобразованиями Фурье и Лапласа. Исчисление Хевисайда преобразует дифференциальные уравнения в уравнения с умножением, например, вида $Ax=B$. Чтобы получить решение x , достаточно просто разделить: $x=B/A$. Трудность состоит в том, что эту просто полученную формулу для решения надо подвергнуть обратному преобразованию, превратив ее в осмысленное утверждение о решении первоначального дифференциального уравнения. При этом требуется выяснить смысл обратного преобразования Фурье-Лапласа. Винер описал, каким образом умножение и деление соответствует операциям дифференцирования и интегрирования. Лоран Шварц, отец теории распределений, признает, что построение Винера в 1926 году на много лет опередило все остальные²⁷.

Точно так же, как физика броуновского движения стимулировала Винера к созданию глубокой новой математики, практическая задача о передаче электрических сигналов привела его к глубокому обобщению классического анализа Фурье. Анализ Фурье состоит в разложении периодического сигнала в сумму чисто синусоидальных волн. Фундаментальная формула анализа Фурье — формула Парсевала — говорит, что полная энергия сигнала за каждый период равна сумме энергии его чистых волн. Набор частот чистых волн называется *спектром* сигнала, и эти частоты принадлежат дискретному множеству значений — это гармоники колеблющейся струны. Для разложения непериодических волн существует аналогичная формула, принадлежащая Планшерелю, измеряющая

предыдущей работой. Он мог бы продвинуться в нужном направлении, если бы вспомнил, что распределение броуновских путей определяется уравнением теплопроводности, а температура в равновесном состоянии удовлетворяет уравнению Лапласа, в точности тому же, что статическая напряженность.

²⁷ См. стр. 427 тома II Собрания сочинений Л. Шварца и стр. 101 книги П.Р. Мазани «Норберт Винер», Биркхойзер, 1990.

полную энергию за все время. Спектр сигнала представляет в этом случае континуум частот, и формула измеряет величину энергии сигнала, сосредоточенной в любой заданной полосе частот. Проблема состоит в том, что сигналы, встречающиеся на практике в электрических системах, не вписываются ни в одну из этих теорий. Эти сигналы непериодичны, и спектр их не ограничивается специальным набором, так что ряды Фурье неадекватны. С другой стороны, полная энергия за бесконечный промежуток времени бесконечна, так что теория Планшереля не применима. Винер преодолел эту трудность с помощью теории, которую он назвал *обобщенным гармоническим анализом*²⁸. Исходной точкой Винера были некоторые числа автокорреляции, сравнивающие сигнал с тем же сигналом с временным запозданием. Именно эти числа могут быть измерены на практике. Затем, вместо полной энергии Винер рассмотрел среднюю энергию сигнала за длинный промежуток времени. Его теория была достаточно гибкой, чтобы охватить и периодические сигналы, и сигналы, состоящие из континуума частот, такие как «белый шум».

Одной из главных составных частей обобщенного гармонического анализа Винера был новый метод вычисления пределов средних. Первый шаг его состоял в переформулировке задачи, превращающей ее в задачу оценки, при каких условиях два различных взвешенных средних очень близки друг другу. Видоизмененная таким образом задача входит в общие рамки так называемой тауберовой теории, в которую сделали свои вклады Харди и Литтлвуд. Но Винер не воспользовался каким-либо уточнением техники своих учителей, а разработал новый подход, не только разрешивший его собственную задачу, но и раскрывший фундаментальный механизм всех предыдущих проблем этого типа²⁹. В своей монографии по этому вопросу³⁰ Винер иллюстрирует свои идеи изящным доказательством

²⁸ "Generalized Harmonic Analysis", Acta Math. 55 (1939). P. 117–258.

²⁹ Работа Винера привела к далеко идущей формулировке понятия спектра, принадлежащей И.М. Гельфанду, которая может быть использована для анализа умножения и деления в любой алгебраической системе.

³⁰ "Tauberian Theorems", Annals of Math. 33 (1932). P. 1–100.

теоремы о распределении простых чисел, представляющей одно из прекраснейших применений анализа к теории чисел³¹.

После публикации работ по обобщенному гармоническому анализу и тауберовых теорем репутация Винера, наконец, укрепилась. В 1932 году он был произведен в должность полного профессора MIT с заработной платой в 6 000 долларов. В следующем году он был избран в Национальную Академию Наук и получил премию Бохера, присуждаемую каждые пять лет за лучшую работу по анализу в Соединенных Штатах.

Описанные выше выдающиеся работы никоим образом не исчерпывают интеллектуальной деятельности Винера. В 1930-е годы он продолжал развивать гармонический анализ, отчетливо имея в виду те же инженерные приложения. Он написал важную книгу совместно с Р.Э.А.Ч. Пейли (Paley)³² и основополагающую работу по интегральным уравнениям совместно с Э. Гопфом (Hopf). Он предпринял вылазки в квантовую механику с Максом Борном и набег на пятимерную теорию относительности, теорию Калуцы-Клейна (Kaluza-Klein theory) с Дерком Струйком (Dirk Struik). В конце 1930-х годов Винер сделал значительный вклад в математические основания статистической механики, обобщив эргодическую теорему Дж. Биркхофа 1931-го года. Его работа 1938-го года «Однородный хаос» была попыткой измерить глубину нелинейных случайных процессов. Ее результаты утвердились в конструктивной квантовой теории поля под именем «упорядочения Вика (Wick ordering)».

Вторая мировая война, обратная связь и фильтры.

³¹ Теорема о распределении простых чисел утверждает, что вероятность того, что число N — простое, равна $1/\ln N$, где \ln — натуральный логарифм. Причина, связывающая теорему о распределении простых чисел с гармоническим анализом, заключается в том, что дзета-функция Римана является преобразованием Меллина некоторого варианта функции, считающей число простых чисел. Преобразование Меллина есть просто преобразование Фурье, замаскированное логарифмической заменой координат.

³² Fourier Transforms in the Complex Domain, A.M.S. Colloquium Publ. 19, AMS, Providence, R.I., 1934.

В 1933-м году Винер познакомился с Артуро Розенблютом (Arturo Rosenblueth), мексиканским физиологом, который вел серию междисциплинарных семинаров на Медицинском факультете Гарвардского университета. Эти семинары вызвали большой интерес, и с них началось длительное сотрудничество, в котором воплотились идеи Винера о поведении механических и физиологических систем — и, в особенности, о роли обратной связи. По-видимому, его взаимодействие с Розенблютом привело также в действие ряд мыслей, из которых возникла *кибернетика*. Таким образом, с интеллектуальной и научной точки зрения их сотрудничество было огромным успехом. Кроме того, судя по теплоте, с которой Винер пишет о нем, Розенблют стал его ближайшим другом во взрослые годы.

Концепция *контура с обратной связью* была известна Джеймсу Уатту еще в 18-м веке, а в наши дни настолько укоренилась в процессах мышления, что мы вряд ли отдаем себе в этом отчет. Повседневный пример контура с обратной связью — это схема, связывающая печь с термостатом. Печь испускает тепло, повышает температуру комнаты. Термостат ощущает температуру, и если она опускается слишком низко, термостат замыкает цепь и включает печь. Тогда печь снова нагнетает тепло, до тех пор, пока температура не поднимется достаточно высоко, после чего термостат разрывает цепь, и печь выключается. Таким образом, выходной сигнал печи подается обратно на ее вход³³. На Винера произвели особое впечатление неустойчивые механизмы обратной связи. Всем известно, как трудно донести до обеденного стола переполненную миску супа. Суп начинает выплескиваться, и попытки уравновесить его (отрицательная обратная связь) только ухудшают дело. Винер и Розенблют предложили моделировать некоторые мышечные спазмы (травматическую дрожь) с помощью неустойчивого контура обратной связи. В дальнейшем они использовали те же принципы для изучения сердечной мышцы.

³³ Этот вид обратной связи называется *отрицательной обратной связью*, поскольку термостат производит действие, обратное действию печи.

Когда вспыхнула Вторая мировая война, Винеру пришлось отложить эти исследования. Перед лицом, казалось, неминуемого краха европейской цивилизации, Винер, как и многие ученые, искал способ внести свой вклад в военные усилия. В конце концов, он остановился на проблеме наведения зенитных орудий. Задача, с которой он здесь встретился, была намного более изощренной, чем та, над которой он некогда работал во время Первой мировой войны. Самолеты стали намного быстрее и опаснее, так что артиллеристу нужна была помощь машины. Более того, теперь уже не было смысла целиться прямо в самолет: к тому времени, когда снаряд долетит до места прицела, самолет оттуда уже уйдет. Таким образом, задача состояла в *предсказании*. Иначе говоря, надо было определить по сигналам радара положение самолета и *предсказать* его будущую траекторию. Было ясно, что точное предсказание сделать невозможно. Поэтому Винер решил применить статистический подход. Другими словами, он придумал статистическую модель, с помощью которой можно было точно сформулировать смысл *максимизации вероятности успеха*.

Главная трудность, с которой столкнулась статистическая модель Винера, состояла в том, что при попытке управлять действием орудия, слишком точно придерживаясь данных радара, ошибки измерения могут вызвать беспорядочные колебания орудийного ствола. Артиллерист без затруднений справляется с неточными измерениями, но машину, предотвращающую неустойчивость, надо было специально сконструировать. Винер компенсировал неточность данных радара, усреднив их для устранения *шумов* (случайных ошибок измерения). Если данные усредняются по времени, колебания подавляются. Идеи Винера в этой области были тесно связаны с его подходом к стабилизации неустойчивых контуров с обратной связью. Конечно, надо было проявлять осторожность, чтобы не потерять при усреднении полезную информацию. Все дело было в том, чтобы удачно выбрать процедуру усреднения, сохраняющую как можно больше информации.

В 1942-м году сотрудник Винера Джулиан Бигелов (Julian Bigelow)³⁴ построил прототип прибора, позволявшего следить за самолетом в течение десяти секунд и предсказывать затем его местонахождение двадцатью секундами позже. К сожалению, усилия Винера и Бигелов не приблизили конец войны. Лишь после войны увеличение скорости и точности курса самолетов, а также усовершенствование радарного оборудования, сделали особенно важными устройства для систематической фильтрации и предсказания. Но, с другой стороны, идеи Винера имели приложения, далеко выходящие за их первоначальную мотивировку. Устройство противовоздушной обороны, воспринимающее поток данных, искаженных шумами, решает ту же задачу, что инженер-связист, передающий или принимающий сообщение по каналу с шумом. В обоих случаях можно сконструировать для исключения шумов *фильтр*. Этим термином инженеры обозначают то, что придумал Винер. Фильтрацией называют любую стратегию, позволяющую устранить случайные эффекты колебательного или статического характера в механических или электрических системах. Фильтры необходимы во всевозможных устройствах, от акустических стереосистем до приборов управления самолетом.

При заданных гипотезах, предложенное Винером решение задачи предсказаний фильтрации было наилучшим из возможных, в точном математическом смысле. Независимо и примерно в то же время к аналогичной математической теории пришел крупнейший российский специалист по теории вероятностей А.Н. Колмогоров. Таким образом, Колмогоров и Винер впервые развили систематический подход к проектированию фильтров. Однако для многих приложений их условия не реалистичны. На техническом языке их стратегия предназначена для случайных возмущений, линейно зависящих от белого шума; она не удовлетворительна, если возмущение — нелинейная функция белого шума. Впоследствии Винер обратился к нелинейным задачам, предложив теорию «*однородного хаоса*», но ни Винер, ни Колмогоров, и никто другой не достиг в области

³⁴ Бигелов был впоследствии принят на работу Джоном фон Нейманом для разработки первого программируемого компьютера в Принстонском Институте высших исследований.

нелинейной фильтрации столь же полного успеха, как в линейном случае.

Винер собрал свои результаты в отчете 1942 года под названием «Интерполяция и экстраполяция линейных временных рядов в технике связи». Эта книга получила прозвище «желтая опасность», из-за своей желтой обложки и устрашающей математики. Винер затратил больше года, усиленно работая над этим отчетом, после чего ... отчет был засекречен. При неудержимом стремлении Винера обсуждать свою работу и желании продолжать ее, это засекречивание было невыносимо. С этих пор он часто возмущался военной секретностью и заявлял о ее несовместимости со свободным научным творчеством.

Кибернетика.

В середине 1940-х годов Винер сосредоточил свое внимание на нейрофизиологии. Он придерживался междисциплинарного подхода, в котором могли бы объединить свои силы физики, инженеры-электрики и биологи. Он и Джон фон Нейман организовали серию докладов о «замкнутых механизмах причинной и обратной связи в биологических и общественных системах»³⁵. Винер распространял свои идеи также через семинар, проходивший в Радиационной лаборатории МИТ, основанной во время Второй мировой войны для разработки радара. Уточняя свои идеи, Винер создал слово «кибернетика», от греческого *kubernetes*, означающего «рулевой». В словаре Вебстера кибернетика определяется как «изучение функций управления у человека, а также в механических и электрических системах, предназначенных для замены этих функций, включая применение статистической механики к технике

³⁵ В ноябре 1946 года фон Нейман написал Винеру подробное письмо, где говорилось, что существующая лабораторная техника слишком примитивна, чтобы составить подробную картину мозга, и что было бы более целесообразно усовершенствовать электронные микроскопы и выполнить рентгеновскую кристаллографию больших органических молекул, таких как молекулы белков, составляющих вирусы. Как часто бывает в истории науки, это пророческое письмо не имело заметного влияния на блестящее развитие молекулярной биологии в последующие годы. Подобная же судьба постигла многие идеи Винера о конструировании компьютеров.

связи»³⁶. В книге «Я — математик» Винер говорит, что кибернетика — самое удачное слово, которое он мог найти «чтобы обозначить искусство и науку управления в целом ряде приложений этого понятия».

Опубликование в 1948 году книги «Кибернетика или управление и связь в животном и машине» сразу же превратило Винера в нечто вроде научной кинозвезды. На первый взгляд это странно. Книга производит впечатление слабо связанных между собой размышлений о времени, энтропии и компьютерах, вперемежку с трудной математикой. Как пишет Ганс Фрейденталь (Hans Freudental) в своем «Словаре научных биографий» (The Dictionary of Scientific Biography), «даже судя по стандартам Винера, «Кибернетика» представляет собой плохо организованную работу — собрание опечаток, неправильных математических утверждений, ошибочных формул, блестящих, но не связанных между собой идей и логических нелепостей».

Тем не менее, «Кибернетика» имела сильное влияние. Муррей Иден (Murray Eden) в своей содержательной статье «Кибернетика», помещенной в книге «Исследование информации», перечисляет десятки книг и журналов, перенявших в 1950-х и 1960-х годах слово «кибернетика»: «Философия и кибернетика»; «Кибернетические принципы обучения и планирование образования»; «Кибернетическое моделирование: наука об искусстве»; «Кибернетический прорыв в Э.С.В. (экстрасенсорном восприятии)». ... Даже этот короткий список производит впечатление, что смысл нового слова вызывал некоторые недоумения. Сам Винер никогда не дал ему точного определения, но общий ход его мыслей очевиден. Как замечает Иден, философы всегда сравнивали жизнь с господствующей механической парадигмой своей эпохи. Вследствие своего сотрудничества с Розенблотом и работы над теорией связи и противоздушной обороной, Винер пришел к убеждению, что обратная связь играет важную роль в различных обстоятельствах —

³⁶ Филолог Лео Винер мог бы торжествовать, изучая вторжение кибернетики в народную культуру через такие слова, как «киберпространство» и «киборги». Но и любители, и хулителю Арнольда Шварценеггера затруднились бы объяснить, что такое кибернетика.

физических и биологических. Отсюда уже нетрудно было перейти к предположению, что автоматами и живыми системами управляют одни и те же «законы».

Но Винер пошел еще дальше. Как он писал, «коммуникация — это связующий цемент общества». А поскольку «социология и антропология — прежде всего науки о коммуникации, [они], тем самым, подпадают под общее понятие кибернетики. Специальная область социологии, именуемая экономикой ... есть отрасль кибернетики». Здесь Винер, пожалуй, навлек на себя немалые неприятности. С одной стороны, как вспоминает Джером Винер (Jerome Wiesner), идеи Винера вдохновили его коллег по MIT, привели к исследованиям и учебным курсам, продолжающимся до сих пор. Кибернетическая точка зрения внедрилась в биологию, где она оказалась плодотворной в целом ряде неврологических и физиологических исследований, а основополагающая идея о количественном измерении информации пронизывает сейчас всю нашу культуру. Но, с другой стороны, распространив кибернетику на социологию, антропологию и экономику, Винер подверг свои идеи опасности злоупотреблений, и это можно усмотреть уже из приведенного выше списка заголовков. Как говорит Дерк Струйк, некоторые применения кибернетики Винеру не понравились бы:

«За этим стоит большая идея — идея управления — которая может быть распространена, и даже чрезмерно распространена на общество, что не входило в его намерения. Он был в то время весьма озабочен тем, что некоторые люди усмотрели в кибернетике нечто вроде универсальной панацеи. Он говорил мне: „Я не винерианец“. В Гарварде, например, был некто Дейч (Deutsch), сделавший из этого целую социальную теорию, и Винеру такие вещи были очень неприятны. У него было ощущение, что все это стало плоским и несколько смешным. Может быть ... у него самого бывали иногда преувеличенные идеи, потому что он всегда играл с идеями, но при всех его фантазиях он всегда прочно стоял своими тяжелыми ногами на земле».

Светлая сторона и темная сторона.

В 1926-м году Винер женился на Маргарет Энгелман, которая эмигрировала из Германии в возрасте четырнадцати лет и изучала русскую литературу под руководством Лео Винера. Найти подходящую пару для Норберта было нелегко. Как вспоминает Норман Левинсон, ее обязанности состояли в том, чтобы «развлекать мужа во время депрессий, успокаивать его страхи и беспокойства и выносить его необузданные полеты фантазии, когда он бывал в хорошем настроении». Короче говоря, она сделала жизнь своего мужа возможной. Винер посвятил свою книгу «Бывший вундеркинд» жене, «под нежной опекой которой» он «впервые познал свободу». Как она заметила после смерти Норберта, «это было нечто вроде ухода за тройней».

Тут, конечно, начинаются анекдоты. Самый знаменитый из них относится к тому дню, когда Винер переехал из двухквартирного дома в Бельмонте в отдельный дом на расстоянии нескольких кварталов. Когда он уходил в это утро на работу, жена напомнила ему, что вечером он должен вернуться в новый дом. Но к вечеру он все забыл и, направляясь к старому дому, вдруг осознал свою ошибку. Он озабоченно обратился к стоящей поблизости девочке и спросил ее: «Скажи, девочка, ты случайно не знаешь, куда переехала семья Винера?» И девочка ответила: «Да, папа, мама послала меня за тобой».

Эта история, может быть, и не соответствует действительности, но другие не вызывают сомнений.

Например, однажды Винер направился на семинар в Провиденс, в университет Брауна. Когда он вернулся на Южный вокзал Бостона, он позвонил своей жене и попросил ее встретить его. На что она отвечала: «Норберт, но ведь ты поехал туда на машине».

После свидания с другом на кампусе МИТ, около Уокер Холла, Винер спросил: «Между прочим, куда я собирался идти?», на что последовал ответ: «Но ведь ты, Норберт, шел в свой кабинет». «Спасибо,— ответил Винер, это значит, что я уже пообедал».

Дэвид Кобб (David Cobb), бывший студент МИТ, рассказывает, как он видел его идущим по кампусу в пиджаке с галстуком, «не замечая снежной бури, свирепствующей вокруг». Кобб утверждает также, что однажды Винер вошел в аудиторию, написал на доске

большую цифру «4» и исчез. Как выяснилось потом, он собирался уехать из города на четыре недели.

Однажды Винер дал экземпляр «Кибернетики» физику Виктору Вайскопфу, а когда на следующий день оказалось, что тот еще не заглядывал в эту книгу, заявил ему: «Вы недостойны ее читать». Несколькими годами позже Винер спросил своего коллегу Джан-Карло Рота (Gian-Carlo Rota), читал ли он недавно опубликованный роман Винера «Искунитель». Рота ответил, что читал. Тогда Винер, помолчав, сказал: «Расскажите мне, что происходит в главе под заголовком „1908“».

Все, кто знал Винера, вспоминают его привычку прогуливаться по длинным коридорам МИТ, посвящая коллег в свои новейшие теории. «Иногда он извергал совершенную чепуху,— говорит Струйк,— «В других случаях это было почти пророчество». Феджи Левинсон, вдова Нормана, вспоминает, что завидев приближение Винера, экономист Поул Самуэльсон буквально прятался под стол. Как писал ее муж, другой коллега находил такие встречи с Винером столь изнурительными, что после одной из них бросился советоваться с психиатром. Впрочем, зять Винера Гордон Райсбек (Gordon Raisbeck) замечает, что эта информация недостаточна, чтобы однозначно определить этого коллегу. Бозе (Amar Bose) вспоминает эти встречи как разведочные экспедиции: «Он выбирал себе какую-нибудь кафедру — политических наук или чего-нибудь еще, о чем он хотел иметь новейшую информацию — и делал свои ежедневные обходы. Он говорил с ними пять или пятнадцать минут, и получал новейшие сведения».

Винер не стеснялся прерывать других. Дональд Спенсер (Donald Spencer), ученик Литлвуда, пришедший в МИТ в качестве преподавателя в 1939-м году, вспоминает, как Винер однажды ввалился в его кабинет и начал говорить: «Спенсер, скажите мне, какой может быть размер у животного, чтобы оно упало с самолета и выжило. Это крыса или мышь? Мы должны сделать тут дедекиндово сечение»³⁷. Спенсер вспоминает и другой день, когда он беседовал с

³⁷ Это шутка для посвященных. Дедекиндово сечение означает формальную математическую конструкцию, используемую для определения системы

Винером в коридоре. Посреди разговора Винеру понадобилось что-то написать. Он зашел в ближайший кабинет, чтобы воспользоваться доской. При этом хозяин кабинета, профессор физики, смотрел на него с недоумением.

Винер очень боялся полностью потерять зрение, и он практиковался в слепоте: погружал свое лицо в книгу и двигался по коридорам, проводя пальцем по стене. Если ему встречалась открытая дверь аудитории, он попросту продолжал движение, обходя вокруг эту аудиторию, к удивлению всех студентов.

Винер делал вылазки в беллетристику. В 1952-м году он соорудил киносценарий для Альфреда Хичкока³⁸. Джозеф Кон (Joseph Kohn), единственный слушатель специального курса Винера по анализу Фурье говорит, что время от времени Винер прерывал лекцию и рассказывал сюжет своего очередного детективного романа, опубликованного под псевдонимом. Вот описание внешнего впечатления от Винера в «Словаре научных биографий» Ганса Фрейденделя:³⁹

«По своей внешности и поведению Норберт Винер напоминал фигуру барокко — он был невысоким, круглым и близоруким, сочетая эти качества со многими другими, которые проявлял в крайней степени. Разговор его был забавной смесью напыщенности и капризности (wantonness)⁴⁰. Он не умел слушать. Его хвастовство было веселым, убедительным, но никогда не обидным. Он говорил на многих языках, но его трудно было понять на любом. Он был на редкость плохим лектором».

Винер чрезвычайно заботился о младших коллегах. Он проявлял щедрое внимание к новым преподавателям математического факультета, приглашал их на обед или на ужин, и в первые

действительных чисел. Каждое сечение разбивает числа на две половины — числа ниже сечения и числа выше сечения.

³⁸ Письмо Винера Хичкоку воспроизведено на стр. 339 книги П.Р. Мазани «Норберт Винер».

³⁹ См. стр. 349 книги П.Р. Мазани «Норберт Винер».

⁴⁰ Здесь возможна ошибка в английском языке. Винер был человеком викторианского воспитания и никогда не стал бы вести непристойный или злонамеренный разговор. Смысл слова «wantonness» может происходить здесь от поэтического значения «wanton» как «резвый» или «игривый».

несколько недель часто заходил в их кабинеты. Норман Левинсон пишет:⁴¹

«Казалось, что он выполнял свои исследования прямо у доски. Как только я проявил малейшее понимание, он вручил мне для проверки рукопись книги Пэйли-Винера (Paley-Wiener). Я обнаружил пробел в доказательстве и доказал лемму, чтобы его исправить. Тогда Винер сел за пишущую машинку, напечатал мою лемму, поставил мое имя и отослал ее в журнал. Не часто случается, что выдающийся профессор действует в качестве секретаря для своего молодого ученика».

Как вспоминает Амар Бозе, когда он приехал в Индию в качестве никому неизвестного начинающего ученого, он был принят по королевски — ему давали специальные издания книг, возили его на спектакли, даже предлагали ему пост делегата в ООН. Оказалось, что причиной этого был Винер, который, проведя предыдущий год в Индии, проложил для него путь, нанося еженедельные визиты директору Индийского статистического института. Винер прилагал также упорные усилия, чтобы помочь беженцам-математикам во время Второй мировой войны. Например, он убедил администрацию MIT уплатить стоимость проезда через Атлантический океан известного польского специалиста по анализу Фурье Антони Зигмунда (Antoni Zygmund), а затем Винер действовал в качестве посредника в поисках работы для Зигмунда в Соединенных Штатах.

По поводу темной стороны его характера Левинсон говорит:

«Эта картина крайней доброты и благородства не вяжется с поведением Винера в других обстоятельствах, потому что Винер был способен, с одной стороны, к ребяческой, эгоцентрической незрелости, а с другой — к крайнему идеализму и благородству. Точно так же, его настроения могли быстро меняться — от состояния эйфории до глубокого отчаяния».

Винер постоянно нуждался в утешении. Он искал его у своих коллег, у привратника в холле, у нового поколения студентов и аспирантов, приходивших каждый год. В MIT все помнят его

⁴¹ См. стр. 24–25 статьи Нормана Левинсона «Жизнь Винера» в посвященном Винеру томе 72 Бюллетеня Американского Математического Общества (1966) и стр. 150 книги П.Р. Мазани «Норберт Винер».

повторявшиеся причитания: «Может быть, я ошибся?». Все рассказывают о его сверхчувствительности и драматических переменах настроения. Пэйли вспоминает, что когда он нуждался в перерыве, утомленный интенсивным сотрудничеством с Винером, он говорил, что у них ничего не получается. От этого Винер приходил в отчаяние, и тогда Пэйли имел возможность отправиться в свой любимый ночной клуб “Technique” в Нью-Йорке. По возвращении Пэйли объявлял, что он придумал, как обойти трудности, и Винер с новой уверенностью возвращался к жизни.

Некоторые члены семьи полагают, что его состояния были проявлением психической болезни, и что сейчас ее можно было бы лечить соответствующими медикаментами, с возможным риском для его творческих способностей.

Последние годы.

«Кибернетика» была вершиной славы Винера, но она была также началом конца его серьезной математической работы. Значительная часть его дальнейшей деятельности была посвящена приложениями его прежних открытий к различным областям, например, применением функции автокорреляции в электроэнцефалографии. Он все больше вовлекался в литературные занятия: его автобиографии, полупопулярные работы на кибернетические темы «Человеческое использование человеческих существ» и «Бог и Голем», а также роман «Искуситель». В этих работах он выступает как гуманный, страстный человек, видевший, пожалуй, яснее своих современников воздействие техники на общество. Он был либералом в лучшем смысле этого слова, с глубокими моральными принципами. До конца своей жизни он говорил о волновавших его вопросах, и в этом смысле был противоположностью замкнутым академическим ученым.

В качестве прелюдии к кибернетике Винер представлял себе новый вид протезирующих устройств для замены зрения и слуха с помощью нетронутых каналов ощущения. Самая известная из его фотографий показывает его в «бесконечном коридоре» МИТ, наклонившимся над чем-то вроде набора кнопок, что в действительности было устройством для получения сообщений через осязание. В последние годы одним из его излюбленных проектов

была «бостонская рука» — искусственная рука, управляемая электрическими сигналами от плечевых мышц пользователя.

Норберт Винер умер от сердечного приступа 18 марта 1964 года после лекции в Стокгольме.

Его научное наследие, представленное убедительными публикациями, определяет его место в истории. От других математиков 20-го века его отличает способность применять силу абстрактного мышления к практическим вопросам. Его коллеги и ученики сохранили живую память о нем как об учителе, изображая и приукрашивая комические и эксцентрические стороны его личности. Но они помнят также вдохновляющий энтузиазм, с которым он относился ко всем видам строгой интеллектуальной деятельности. Амар Боze говорит:

«Я никогда не мог бы отблагодарить Винера за знания, которые он мне дал. И самое главное — он дал мне веру в невероятный потенциал, который кроется в каждом из нас».

Юджин Вигнер

Джон фон Нейман⁴²

Прошлым летом в Эдмонтоне (провинция Альберта) состоялся Канадский математический конгресс. Профессор Диксмье из Парижа прочитал доклад об алгебрах фон Неймана, доктор Цассенхауз начал свои лекции по теории групп с неймановского определения инфинитезимальных операторов и их коммутаторов, доктор Таккер из Принстона сообщил о новых результатах в теории игр — ещё одной области математики, которую фон Нейман отчасти заложил своими трудами и существенно обогатил своими идеями.

⁴² Опубликовано в книге: “Yearbook of the American Philosophical Society”, 1957.

Фон Нейман внёс важный вклад во все области математики, за исключением теории чисел и топологии, и оставил заметный след в теоретической физике и экономике. Его работа во время войны имела жизненно важное значение для успеха нескольких проектов, а его вклад в национальное благосостояние и национальную безопасность с окончанием войны не только не прекратился, но даже усилился. Он умер, будучи членом Комиссии по атомной энергии США.

Джон фон Нейман родился 28 декабря 1903 г. в семье состоятельного банкира в Будапеште. Образование он получил в Высшей лютеранской школе в своем родном городе. В то время эта школа была, по-видимому, лучшим высшим учебным заведением Венгрии, а может быть, и всего мира. По крайней мере, двое её преподавателей вели, хотя и в скромных масштабах, самостоятельную исследовательскую работу, большинство же преподавателей занимались в основном чтением лекций и воспитанием молодых людей. Руководство школы вскоре заметило математические таланты фон Неймана, и преподаватель математики Ратц, которому автор этой заметки также многим обязан, взял Янчи (уменьшительное от Янош) под своё крыло, начал давать ему частные уроки и ввёл его в университет. Между университетом и, по крайней мере, некоторыми высшими учебными заведениями, тогда существовали очень тесные связи, и фон Нейман приобрёл известность в процветающем кружке будапештских математиков ещё до окончания высшей школы. Духовному отцу многих венгерских математиков Фейеру принадлежит фраза: «Величайший Янчи нашей страны»,— этот титул сохранился за Нейманом на всю жизнь.

В школе и среди коллег Янчи старался держаться незаметно. Он принимал участие во всех проделках своего класса, но если можно так выразиться, не от всей души, а лишь для того, чтобы выделяться. У него было несколько близких друзей, и он пользовался всеобщим уважением. Все студенты признавали его умственные способности и не без зависти восхищались ими. Янчи любил беседовать о математике даже в том юном возрасте, и его

друзьям после прогулок с фон Нейманом нередко случалось поздно возвращаться домой.

После окончания высшей школы Нейман в течение двух лет изучал химию в Берлинском университете, а затем также в течение двух лет — в Цюрихе. Занятия химией были своеобразной страховкой от превратностей карьеры математика. Математик в то время мог заниматься только преподаванием, а преподавательских мест в университете было очень мало. Жалованье, получаемое преподавателем, не соответствовало стандартам богатых родителей Неймана. Поэтому занятия химией были избраны как компромисс между научными наклонностями Янчи и суровой реальностью жизни, на которую не закрывали глаз не только его семья, но и он сам. Однако большую часть времени студент-химик проводил в обществе математиков Берлина и Цюриха, и привязанность юного студента к предмету его занятий никогда не была особенно сильной. Он успешно закончил свои занятия химией, но в том же году, в котором он получил в Цюрихе свой диплом химика, он получил степень доктора философии по математике в Будапеште. Очевидно, диссертация на эту степень и экзамены не потребовали от него сколько-нибудь значительных усилий.

После получения степени доктора философии фон Нейман продолжил свои занятия в Геттингене и Гамбурге и в 1927 г. стал приват-доцентом Берлинского университета. Химия постепенно отошла на задний план и была полностью оставлена, и его интересы сосредоточились на математике и теоретической физике. Именно в этот период фон Нейман опубликовал некоторые из своих наиболее значительных работ.

В 1929 г. фон Нейман получил приглашение провести один семестр в Принстоне. Америка понравилась ему с первого взгляда, и он почувствовал себя в общественной и научной атмосфере Принстона как рыба в воде. Приглашение на один семестр, вскоре было расширено: фон Нейману предложили занять профессорскую должность сначала на полставки, а в 1931 г. — на полную ставку. Незадолго до своего первого визита в Принстон фон Нейман женился. Он и его жена, урождённая Мариэтта Кевеши, нашли в

Принстоне многих друзей, любовь которых ни к мужу, ни к жене не уменьшилась и в последующие годы. Вечера, которые устраивала Мариэтта, и веселая атмосфера их дома вошли в Принстоне в поговорку и были излюбленной темой разговоров ещё долго после их отъезда в 1937 г. У фон Нейманов была одна дочь Марина. Ныне она вышла замуж и живёт в Принстоне.

В 1933 г., вскоре после основания Института высших исследований, фон Нейману предложили место в математическом отделе института. В то время институт был грандиозным экспериментом в области высшего образования и исследовательской работы в США, вдохновителями и организаторами которого выступили Флекснер и Веблен и их друзья-единомышленники, взявшие на себя финансирование всего предприятия. Приглашение в институт фон Неймана, тридцатилетнего математика, вместе с некоторыми самыми выдающимися и знаменитыми математиками США означало не только признание его таланта, но и свидетельствовало о полноте его слияния с жизнью Америки. Всю остальную часть своей научной карьеры фон Нейман провёл в Институте высших исследований. Ещё до войны он вступил во второй брак с Клари Дан (с которой познакомился ещё в Венгрии и которая пережила его).

Деятельность фон Неймана во время войны была чрезвычайно многообразной. Особенно широкую известность получил взрывной метод инициирования атомного взрыва. Фон Нейман придумал этот метод независимо от других, но, несомненно, в результате прекрасного знания физики зарядов с искривлённой поверхностью. Фон Нейман никогда не порывал своих связей с военными и с работами по использованию ядерной энергии и после окончания войны, и отдавал много времени, энергии и сил укреплению военной мощи своей второй родины. Последние годы его жизни были полностью посвящены работе в правительственных учреждениях, и после нескольких лет службы он умер 8 февраля 1957 г., будучи членом Комиссии по атомной энергии США.

Описать сколько-нибудь подробно вклад фон Неймана в науку — математику, физику, экономику, решение технических проблем

— менее чем на 10 страницах просто невозможно. Его работа в области математики, которая всегда была особенно близкой его сердцу и в которой его блестящий ум находил наиболее полное выражение, проходила под сильным влиянием гильбертовской аксиоматической школы. Это влияние прослеживается не только в работах фон Неймана по математической логике, но и в его подходе к другим проблемам, в решение которых он также внёс фундаментальный вклад: теории гильбертова пространства, теории неограниченных операторов, квантовой механике, теории игр. Объекты, изучением которых занималась рассматриваемая им теория, фон Нейман описывал, перечисляя те их свойства, которые затем использовались при доказательствах того или иного утверждения. Таким образом, результаты теории были применимы ко всем объектам, обладавшим перечисленными свойствами, независимо от их природы. Помимо уже названных областей математики фон Нейман внёс решающий вклад в теорию групп и алгебру операторов. Вершиной его работы в области теоретической физики явилась книга «Математические основы квантовой механики», вышедшая задолго перед войной, но лишь недавно переведенная на английский язык⁴³ Его исследования в области экономики нашли своё окончательное выражение в классическом труде «Теория игр и экономическое поведение»⁴⁴, написанном совместно с Моргенштерном, одним из ближайших друзей фон Неймана в последние годы. Главным итогом его работы по теории вычислительных машин, несомненно, следует считать создание Принстонской вычислительной машины и её многочисленных «сестёр». Фон Нейман опубликовал также много

⁴³ Имеется перевод: *Йоганн фон Нейман*. Математические основы квантовой механики – М.: Наука, 1964.

⁴⁴ Имеется перевод: *Нейман Дж., Моргенштерн О.* Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1970.

статей, посвящённых анализу основных принципов работы вычислительных машин, и его результаты позволили достичь важных успехов на пути к аксиоматической теории автоматов.

Только выдающийся ум мог внести в науку столь значительный вклад, какой был сделан фон Нейманом. Безупречная логика была наиболее характерной чертой его мышления. Он производил впечатление идеальной логической машины с тщательно подогнанными шестерёнками. «Слушая фон Неймана, начинаешь понимать, как должен работать человеческий мозг», — таков был вывод одного впечатлительного коллеги фон Неймана. Ещё более поразительным был свойственный ему блеск мышления. Эта черта отчётливо проявилась, когда фон Нейману было ещё только 15 лет. Третьей отличительной чертой его ума была замечательная память, позволявшая ему помимо научной работы иметь десятки увлечений. Он был историком-любителем, осведомлённость которого в событиях огромных периодов истории не уступала осведомлённости профессионала, свободно говорил на пяти языках и умел читать поллатыни и по-гречески. Он прочитал и помнил содержание многих книг, как художественных, так и научно-популярных по другим областям науки. Из всех тем, на которые автору этих строк доводилось когда-либо беседовать с фон Нейманом, лишь описательные естественные науки не вызывали у него интереса. Фон Нейман всегда был готов помочь любому, кто обращался к нему за советом, и искренне интересовался любой трудной проблемой. Фон Нейман научил меня математике больше, чем кто-нибудь другой. Что же касается сущности творческого мышления математика, то об этом я узнал от него больше, чем мог бы узнать без него за всю свою жизнь. «Если он анализировал проблему, необходимость в её дальнейшем рассмотрении отпадала. Всем становилось ясно, что нужно делать», — заявил нынешний председатель Комиссии по атомной энергии США.

Глубокое чувство юмора и незаурядный дар рассказчика различных историй и анекдотов вызывали симпатию к фон Нейману даже у случайных знакомых. Если нужно, он мог быть резким, но никогда не был напыщенным и чванным. Фон Нейман с его

безупречной логикой понимал и соглашался со многим из того, что большинство из нас не хотело принимать и даже понимать. Это ощущалось во многих высказываниях фон Неймана на темы морали. «Сетовать на эгоизм и вероломство людей так же глупо, как сетовать на то, что магнитное поле не может возрасти, если ротор электрического поля равен нулю: то и другое — законы природы». Лишь научная, интеллектуальная нечестность и присвоение чужих научных результатов вызывали его гнев и негодование независимо от того, кто был пострадавшим — он сам или кто-либо другой.

Когда фон Нейман понял, что он неизлечимо болен, логика заставила его прийти к выводу, что он перестанет существовать и, следовательно, мыслить. Такое заключение, весь смысл которого непостижим для человеческого рассудка, ужаснуло его. Тяжело было видеть, как ум его, по мере того как исчезали все надежды, терпел одно поражение за другим в борьбе с судьбой, казавшейся ему хотя и неизбежной, но тем не менее совершенно неприемлемой.

Доктор фон Нейман за свои научные достижения был удостоен многих наград и отличий. Он был избран членом Американского философского общества (1938 г.) и членом Национальной Академии наук в необычайно молодом возрасте. Он состоял членом-корреспондентом Королевской голландской академии, Ломбардского института, Академии деи Линчей, Перуанской Академии, членом Американской академии искусств и наук, получил Медаль за заслуги, награду за выдающиеся гражданские заслуги и премию Ферми Комиссии по атомной энергии США. Фон Нейман сделал очень многое. Он был великим умом, по-видимому, величайшим умом первой половины нашего века.

Я. Барздинь, Р. Фрейвалд

Размышления об автоматах и жизни.

(фрагмент из статьи «Колмогоров и кибернетика»)

В апреле 1961 года на методологическом семинаре Механико-математического факультета Московского государственного университета при большом стечении народа Андреем Николаевичем Колмогоровым был прочитан доклад «*Автоматы и жизнь*» (тезисы [1] этого доклада были подготовлены Колмогоровым заранее, и с ними можно было ознакомиться на факультете). Доклад вызвал огромный интерес, и вскоре популярное изложение этого доклада было опубликовано в журнале «*Техника — молодежи*» ([2]). Доклад открывался словами:

«Я принадлежу к тем крайне отчаянным кибернетикам, которые не видят никаких принципиальных ограничений в кибернетическом подходе к проблеме жизни и полагают, что можно анализировать жизнь во всей ее полноте, в том числе и человеческое сознание со всей его сложностью, методами кибернетики».

Оптимизм автора доклада в значительной степени был основан на том удивительном факте (вытекающем из результатов математической логики и теории алгоритмов), что любые, в том числе и непрерывные, системы с достаточно большой точностью могут быть составлены из очень простых элементов, «действующих чисто арифметически». А это создает предпосылки для моделирования таких систем на современных вычислительных машинах.

В докладе ставится ряд проблем, которые не потеряли своей актуальности и сегодня:

- Определить чисто функциональным образом свойство той или иной материальной системы *«быть живой»* или обладать *«способностью мыслить»*.
- Выяснить механизм формирования понятий *непрерывного движения* и *непрерывной линии* в нашем сознании.

Сам Колмогоров предполагал, что интуиция непрерывной линии осуществляется на базе дискретного механизма. О связи непрерывного и дискретного механизмов Андрей Николаевич говорит и в одной из своих последних работ [3]: «Является требующим объяснения парадоксом то обстоятельство, что человеческий мозг математика работает, в существенном, по дискретному принципу, и, тем не менее, математику значительно доступнее интуитивное постижение, — скажем, свойств геодезических на гладких поверхностях — чем могущих их приблизительно заменить свойств комбинаторных схем». В этой же работе высказывается и такая мысль: «Весьма вероятно, что с развитием современной вычислительной техники будет понято, что в очень многих случаях

разумно изучение реальных явлений вести, избегая промежуточный этап их стилизации в духе представлений математически бесконечного и непрерывного, переходя прямо к дискретным моделям».

●●● Выяснить (с точки зрения кибернетики) процесс образования слов как второй сигнальной системы. Вот как Андрей Николаевич формулирует эту проблему: «Первоначально, при полном еще отсутствии понятий, слова выступают в роли сигналов, вызывающих определенные реакции. По-видимому, только в Древней Греции было ясно понято и сформулировано, что слова не просто являются обозначениями неких непосредственных представлений и образов, но что от слова можно отделить понятие. До настоящего, формально-логического, мышления мысли возникали не формализованные в понятия, а как комбинирование слов, которые ведут за собой другие слова как попытки непосредственно зафиксировать проходящий перед нашим сознанием поток образов, и т. д. Проследить этот механизм выкристаллизовывания слов как сигналов, несущих в себе комплекс образов, и создания на этой базе ранней логики — крайне благодарная область исследования, для математика, в частности...»

Литература

1. Колмогоров А.Н. Автоматы и жизнь: Тезисы доклада 6 апреля 1961 г., Москва, МГУ / Машинный перевод и прикладная лингвистика, 1961, вып.6, – С. 3–8.
2. Колмогоров А.Н. Автоматы и жизнь. (Изложение Н.Г. Рычковой). Техника — молодежи / 1961, № 10, – С. 16–19; № 11, – С. 30–33.
3. Колмогоров А.Н. Комбинаторные основания теории информации и исчисления вероятностей. УМН, 1983, т. 38, № 4. – С. 27–36.

Дональд Кнут

Программирование как искусство⁴⁵

Когда в 1959 году началось издание журнала *Communications of the ACM*, члены Редакционного совета сделали следующее замечание: «Для того чтобы программирование стало важной частью исследования и разработки вычислительных машин, в этой области должен совершиться переход от искусства к науке» [2]. К этому замечанию не раз возвращались в последующие годы; например, в 1970 году можно было прочитать «о первых шагах превращения искусства программирования в науку» [26]. Между

⁴⁵ Лекция представленная Д. Кнутом на ежегодной конференции ACM в Сан Диего 11 ноября 1974 года в связи с присуждением ему Тьюринговской премии. Оригинал: *Donald E. Knuth. Computer Programming as an Art / Communications of the ACM, 1974. Vol. 17, No. 12. – PP. 667–673.*

тем, мы действительно преуспевали в преобразовании нашей дисциплины в науку, к тому же необыкновенно простым способом. Мы просто решили называть её вычислительной наукой, “computer science”. В этих рассуждениях неявно присутствует мысль, что в той области человеческой деятельности, которая классифицируется как «искусство», содержится что-то нежелательное. Она должна стать Наукой, прежде чем приобретет какое-либо реальное значение.

С другой стороны, я работаю более 12-ти лет над серией книг под названием «Искусство программирования» (“The Art of Computer Programming”). Люди часто спрашивают меня, почему я выбрал такое название; некоторые, очевидно, даже не верят, что я действительно назвал их так. Я видел, по крайней мере, одну библиографическую ссылку на мои книги под названием “The Act of Computer Programming”.

Сейчас я попытаюсь объяснить, почему я считаю “Art” («Искусство») подходящим словом. Я рассмотрю вопрос о том, что означает быть искусством, а не наукой. Я попытаюсь выяснить, являются ли искусства хорошим или плохим занятием, и я попытаюсь показать, что правильная точка зрения в этом вопросе поможет всем нам повысить качество того, чем мы сейчас занимаемся.

Один из первых случаев, когда меня спросили о заглавии моих книг, произошел в 1966 году во время национальной конференции АСМ, состоявшейся в Южной Калифорнии. Это было ещё до того, как была опубликована первая из моих книг. Я вспоминаю ланч со своим другом в отеле. Он знал, как я был тщеславен уже в то время, и спросил, не собираюсь ли я назвать книгу «Введением в Дона Кнута». Я ответил, что, напротив, я назову свою книгу *ego* именем. Его звали Art Evans.

Из этой истории мы можем сделать вывод, что слово “art” имеет несколько значений. Действительно, одним из самых приятных свойств этого слова является то, что его можно использовать в различных значениях, каждое из которых вполне подходит к машинному программированию. Готовясь к этой лекции, я отправился в библиотеку, чтобы посмотреть, что же вообще написали люди о слове “art”; и после нескольких очаровательных

дней, проведенных в книгохранилищах, я пришел к выводу, что слово “art” является одним из интереснейших слов английского языка.

Старинные искусства

Обратившись к латыни, мы находим корни “ars”, “artis”, обозначающие “skill” (мастерство, умение, искусство, ловкость). Существенно также, что от соответствующего греческого τέχνη произошли наши “technology”, “technique”.

В наше время, когда говорят об “art”, вы, вероятно, думаете прежде всего об «изящных искусствах», таких, как живопись и ваяние, но до 20-го века это слово употреблялось, главным образом, совсем в другом смысле. Поскольку это более старое значение слова “art” встречается во многих идиомах, особенно когда мы противопоставляем искусство науке, мне бы хотелось поговорить немного об искусстве в его классическом значении.

В средние века университеты были созданы для того, чтобы обучать семи, так называемым, «гуманитарным наукам», а именно: грамматике, риторике, логике, арифметике, геометрии, музыке и астрономии. Заметим, что это совершенно отличается от программ современных гуманитарных колледжей, и что, по крайней мере, три из этих семи «гуманитарных наук» являются важными компонентами вычислительной науки. В то время «искусство» (“art”) имело смысл чего-то придуманного человеческим разумом в противоположность деятельности, являющейся продуктом природы или инстинкта; «гуманитарные» науки были освобожденными или свободными, в отличие от ручных ремёсел как, например, пахота (ср. [6]). В средние века словом “art” называли логику [4], что обычно означало изучение силлогизмов.

Наука — Искусство

В течение длительного времени слово «наука» употреблялось почти в том же смысле, что «искусство»; например, люди говорили о семи гуманитарных науках, которые совпадали с семью гуманитарными искусствами [1]. В 13-м веке Данс Скотус (Duns Scotus) называл логику «Наукой из Наук» и «Искусством из

Искусств» (см. [12], стр. 34). По мере развития цивилизации и образования эти слова все более приобретали независимые значения, причем слово «наука» относилось к знаниям, а «искусство» — к применению знаний. Так, наука астрономия была основой искусства навигации. Ситуация была почти в точности такой, как сейчас, когда мы различаем «науку» и «технику».

В 19-м веке многие авторы писали о соотношении между искусством и наукой, и я считаю, что самое лучшее рассуждение принадлежит Джону Стьюарту Миллю (John Stuart Mill). В 1843 году он писал [28]:

«Для того, чтобы сформировать фундамент некоторого искусства, часто необходимы несколько наук. Такова сложность человеческих дел: для того, чтобы *сделать* что-то одно, часто необходимо *знать* природу и свойства многих других вещей...

Вообще говоря, Искусство состоит из истин Науки, организованных таким способом, который наиболее удобен для практики, а не для мышления. Наука группирует и организует свои истины таким образом, чтобы мы могли одним взглядом, насколько это возможно, охватить общее устройство Вселенной. Искусство ... формируется из отдельных фрагментов науки, далеких друг от друга, из истин, которые относятся к созданию различных и разнородных условий, вызванных насущными потребностями практической жизни».

Когда я просматривал эти высказывания о значении слова «искусство», я обнаружил, что различные авторы, на протяжении, по меньшей мере, двух веков, пытались установить переход от искусства к науке. Например, в предисловии к учебнику по минералогии, написанному в 1784 году, говорится следующее [17]: «Минералогия, которую до 1780 многие понимали как искусство, могла бы, в сущности, быть отнесена к Науке».

В соответствии с большинством словарей, «наука» означает знания, которые были логически упорядочены и систематизированы в виде общих «законов».

Преимущество науки заключается в том, что она избавляет нас от необходимости обдумывать вещи всесторонне в каждом конкретном случае; мы можем обратить наши мысли к понятиям более высокого

уровня. Как писал в 1853 году Джон Раскин (John Ruskin) [32]: «Работа науки состоит в том, что она заменяет явления фактами, а впечатления — доказательствами».

Мне кажется, что если бы авторы, которых я изучал, писали сегодня, они согласились бы со следующим определением: «Наука — это знания, которые мы настолько хорошо понимаем, что можем обучить им компьютер; если же мы не понимаем чего-нибудь до конца, то заниматься этим — искусство». Поскольку алгоритм или компьютерная программа обеспечивают нас чрезвычайно полезным тестом для проверки глубины наших знаний о любом заданном предмете, переход от искусства к науке означает, что мы научились кое-что автоматизировать.

Искусственный интеллект сделал значительные успехи, однако остается глубокая пропасть между тем, что компьютеры смогут делать в предвидимом будущем и что могут делать обычные люди. Таинственные «инсайты», которые используют люди, когда они говорят, слушают, пишут, и даже, когда они программируют, по-прежнему недостижимы для науки; почти всё, что мы делаем, это пока — искусство.

С этой точки зрения, конечно, желательно превратить компьютерное программирование в науку, и мы, действительно, прошли немалый путь за эти 15 лет, прошедших с момента публикации замечаний, которые я привел в начале этого доклада. Пятнадцать лет назад понимание программирования было настолько примитивным, что вряд ли кто-нибудь мог даже *думать* о доказательстве корректности программы; мы просто возились с программой до тех пор, пока, наконец, «знали», что она работает. В то время мы даже не умели сформулировать, каким-либо строгим путем, само понятие корректности программы.

Лишь в последние годы мы узнали о процессах абстракции, которые позволяют писать и понимать программы. Эти новые знания дают сейчас важные результаты. Хотя лишь немногие программы оказываются полностью корректными, мы начинаем понимать принципы структуры программ. Дело в том, что если мы пишем программы сегодня, то мы знаем, что могли бы, в принципе,

построить формальное доказательство их корректности, поскольку сейчас мы понимаем, как формулируются такие доказательства.

Существование такого научного базиса позволяет составлять программы, которые значительно более надежны, чем те, которые мы писали в прежние дни, когда интуиция была единственной гарантией корректности.

Область «автоматического программирования» является сейчас одной из основных областей исследования проблем искусственного интеллекта. Её сторонники с удовольствием прочитали бы доклад под названием «Программирование как артефакт» (имея в виду, что программирование стало просто пережитком прошлого), так как их задача состоит в том, чтобы создать машины, способные составлять программы лучше, чем это делаем мы. Лично я не думаю, что такая цель будет когда-нибудь полностью достигнута, но я думаю, что их исследования чрезвычайно важны, так как всё, что мы узнаём о программировании, помогает нам повышать наше собственное мастерство. В этом смысле мы должны постоянно стремиться превращать *каждое* искусство в науку: таким образом мы совершенствуем искусство.

Наука и искусство

Наша дискуссия показывает, что программирование является сейчас и *наукой* и *искусством*, и что обе эти стороны прекрасно дополняют друг друга. По-видимому, большинство авторов, занимающихся исследованием таких вопросов, приходят к выводу, что их предмет является и наукой и искусством, каким бы ни был сам предмет (ср. [25]). Я отыскал книгу по элементарной фотографии, написанную в 1893 году, в которой утверждается, что «проявление фотографического изображения есть и искусство, и наука» [13]. Когда я впервые взял словарь, чтобы исследовать слова “art” и “science”, я случайно бросил взгляд на предисловие редактора, которое начиналось словами «Составление словаря является и наукой, и искусством». Редактор словаря Funk & Wagnall

[27] заметил, что тщательное накопление и классификация информации о словах имеет научный характер, в то время как хорошо подобранные изложения определений требуют умения писать экономно и аккуратно: «наука без искусства, вероятно, была бы неэффективной; искусство без науки определённо не точно».

В процессе подготовки этой лекции я просмотрел картотеку Стэнфордской библиотеки с целью узнать, как разные люди употребляли слова «искусство» и «наука» в названиях своих книг. Это оказалось очень интересным.

Например, я нашел две книги, озаглавленные «*Искусство игры на фортепьяно*» [5, 15] и другие под названиями «*Наука пиано-форте техники*» [10], «*Наука игры пиано-форте*» [30]. Была также книга «*Искусство игры на фортепьяно: научный подход*» [22]. Затем я нашел прелестную книжечку «*Благородное искусство математики*» [31], которая заставила меня взгрустнуть о том, что я не могу честно изложить программирование как «благородное искусство».

Я знал ещё несколько лет назад о книге «*Искусство вычислений*», опубликованной в Сан Франциско в 1879 году неким Ховардом (C. Frusher Howard) [14]. Это было практическое пособие по деловой арифметике, которое к 1890-му году было распродано тиражом свыше 400 тысяч экземпляров в нескольких изданиях. Меня позабавило предисловие, которое указывало на то, что философия Ховарда и смысл его заглавия совершенно отличались от моих. Он писал: «Знание науки о числах не имеет большого значения; овладение же искусством счёта абсолютно необходимо».

Некоторые книги содержали оба слова — «наука» и «искусство» — в своих названиях, например: «*Наука существовать и искусство жить*» Mahesh Yogi [24]. Есть также книга «*Искусство научного открытия*» [11], в которой анализируется, каким образом были сделаны некоторые из великих открытий.

Как много информации в классическом значении слова “art”! На самом деле, при выборе заглавия для своих книг я не думал об искусстве в этом смысле, а думал больше о его других сопутствующих значениях. Вероятно, самой интересной книгой, которую я нашел, была совсем недавняя работа Мюллера

(Robert E. Mueller) под названием «*Наука Искусства*» [29]. Из всех книг, упомянутых мною, эта книга ближе всего выражает то, что я хочу сделать главной темой моей сегодняшней беседы. Мюллер замечает: «Когда-то думали, что поэтическая образная точка зрения художника является губительной для ученого. А логический научный подход означает смерть для всех возможных художественных взлётов фантазии». А затем он исследует достижения, которые поистине являются результатом синтеза науки и искусства.

Научный подход характеризуется, главным образом, такими словами как логический, систематический, объективный, спокойный, рациональный, в то время как художественный — словами: эстетический, творческий, гуманитарный, беспокойный, иррациональный. Мне кажется, что оба этих явно противоречивых подхода имеют большое значение для программирования.

Эмма Леммер (Emma Lehmer) писала в 1956 году, что для неё программирование — «изнуряющая наука и, в то же время, увлекательное искусство» [23]. Коксетер (H.S.M. Coxeter) заметил в 1957 году, что он иногда чувствует себя больше художником, чем ученым [7]. Это было в то время, когда Сноу (C.P. Snow) начал выражать тревогу по поводу растущей поляризации между «двумя культурами» образованных людей [34, 35]. Он указывал, что нам нужно объединить научные и художественные ценности, если мы хотим достигнуть настоящего прогресса.

Произведения искусства

Когда я сижу в аудитории и слушаю длинную лекцию, то моё внимание к рассматриваемому вопросу начинает ослабевать примерно через час. Я думаю, что вы тоже немного устали от моих разглагольствований о «науке» и «искусстве». Я, конечно, надеюсь, что вы сможете выслушать внимательно и остальную часть моей лекции, хотя бы потому, что сейчас речь пойдет о тех вещах, которые я чувствую наиболее глубоко.

Когда я говорю о программировании как об искусстве, я думаю, в первую очередь, о нём как о художественной *форме* в эстетическом

смысле. Главная цель моей работы как педагога и автора состоит в том, чтобы научить людей составлять *красивые программы*. Вот почему я был особенно рад, узнав недавно [32], что мои книги имеются в Библиотеке Изыщных Искусств при Корнельском университете. (Однако эти 3 тома, очевидно, спокойно лежат на полке без употребления, так что я боюсь, что библиотекари, может быть, совершили ошибку, поняв моё заглавие буквально).

Я считаю, что составление программы похоже на сочинение стихов или музыки. Как сказал Андрей Ершов [9], программирование может давать нам и интеллектуальное и эмоциональное удовлетворение, так как овладение сложным и установление системы согласованных правил является истинным достижением.

Далее, когда мы читаем программы, составленные другими, то мы можем расценивать некоторые из них как подлинные художественные произведения. Я всё ещё помню, с каким волнением я читал в 1958 году описание ассемблера Поли (Stan Poley) SOAP II. Вы, вероятно, подумаете, что я сумасшедший, и, кроме того, с тех пор очень сильно изменились стили, но в то время для меня было огромным счастьем видеть, какой элегантной может быть системная программа, особенно, если сравнить её с другими тяжеловесными программами, которые я изучал в то же самое время. Возможность составления красивых программ, даже на языке ассемблера — это то, что заставляет меня придавать программированию первостепенное значение.

Некоторые программы бывают элегантны, некоторые прелестны, а некоторые блестящи. Я утверждаю, что можно составлять *великолепные программы, превосходные программы, поистине изумительные программы*.

Вкус и стиль

Наконец-то, идея *стиля* в программировании выходит сейчас на первый план, и я надеюсь, что многие из вас видели замечательную маленькую книжку Кернигэна и Пладжер (Kernighan and Planger) «*Элементы стиля в программировании*» [16].

В этой связи, самое важное для всех нас — помнить, что не существует какого-либо «наилучшего» стиля. Каждый имеет свои собственные предпочтения, и было бы ошибкой, если бы мы пытались заставить людей придерживаться неестественного для них шаблона. Мы часто слышим: «Я ничего не знаю об искусстве, но я знаю, что мне нравится». Здесь важно, что на самом деле вам *нравится* тот стиль, который вы используете. Должно быть, это наилучший способ, который вы выбираете, чтобы выразить себя.

Эджер Дейкстра подчеркнул это обстоятельство в предисловии к своей книге «*Краткое введение в искусство программирования*» [8]:

«Моя цель — объяснить важность хорошего вкуса и стиля в программировании. Однако специфические элементы стиля, представленные здесь, служат только для иллюстрации в общем виде тех преимуществ, которые могут быть получены благодаря „стилю“. В этом отношении я чувствую сходство с преподавателем композиции в консерватории. Он не должен обучать своих студентов, как сочинить конкретную симфонию. Он должен помочь им найти свой собственный стиль и объяснить, к каким результатам это приводит. (Именно эта аналогия навела меня на мысль говорить об „Искусстве программирования“.)».

Теперь мы должны спросить себя: «Что такое хороший стиль, и что такое плохой стиль?». Мы не должны быть слишком строгими в этом отношении, оценивая работу других людей. Джереми Бентам (Jeremy Bentham), философ начала 19-го века, говорит об этом следующее [3, Кн. 3, Гл. 1]:

«Те, кто судит об элегантности и вкусе, считают самих себя благодетелями человеческой расы, в то время как они, в действительности, только мешают людям получать удовольствие... Не существует вкуса, который заслуживает эпитета *хороший*, разве только вкус к таким занятиям, которые доставляют удовольствие благодаря тому, что в них содержится какая-то доля ожидаемой в будущем пользы. Не существует вкуса, который заслуживает оценки *плохого*, если только это не вкус к некоторым занятиям, имеющим вредные свойства».

Когда мы используем наши собственные предубеждения для того, чтобы «исправить» чей-либо вкус, мы, может быть, невольно

лишаем его некоторого вполне законного удовольствия. Здесь важно то, что они создают нечто такое, что *они сами* находят красивым.

В отрывке, который я только что процитировал, Бентам дает нам некоторый совет относительно надежных принципов эстетики, которые лучше других, а именно — полезность результата. Мы имеем определенную свободу устанавливать наши личные стандарты красоты, но особенно приятно, если вещи, которые мы считаем красивыми, в то же время рассматриваются другими людьми как полезные.

Я должен признаться, что люблю писать компьютерные программы, но я получаю особое удовольствие, когда пишу программы, которые служат, в каком-то смысле, на общее благо.

ОКонечно, программа может быть «хорошей» в различном смысле. В первую очередь, очень хорошо иметь программу, которая правильно работает. Во-вторых, часто бывает полезно иметь программу, которую было бы нетрудно изменить, если наступила пора адаптировать ее. Обе эти цели достигаются, если человек, знающий соответствующий язык, легко читает и понимает эту программу.

Другой важный способ создавать хорошие программы — дать им возможность элегантно взаимодействовать с пользователями, особенно при исправлении ошибок во входных данных. Это настоящее искусство — сочинять содержательные сообщения об ошибках или разрабатывать гибкие форматы ввода, не подверженные ошибкам.

Ещё один важный аспект качества программ это эффективность использования ресурсов компьютера. К сожалению, я должен сказать, что в наши дни многие программисты отрицают эффективность программ, утверждая, что это признак плохого вкуса.

Причина этого заключается в том, что мы сейчас испытываем реакцию того времени, когда эффективность была единственным общепризнанным критерием качества, и программисты были настолько озабочены эффективностью, что они производили неоправданно сложные коды. Результатом этой излишней

сложности было снижение общей эффективности за счет трудностей отладки и эксплуатации.

Настоящая проблема заключалась в том, что программисты тратили слишком много времени в заботах об эффективности в неподходящих местах и в неуместное время.

Преждевременная оптимизация — это корень всех ошибок в программировании (или, по крайней мере, большинства).

Мы не должны быть на пенни мудрыми и на фунт глупыми, мы не должны всегда думать об эффективности в том смысле, сколько процентов времени или пространства мы выиграли или потеряли. Когда мы покупаем автомобиль, то многие из нас не обращают внимания на разницу в 50 или 100 долларов в его цене. Но в то же время мы способны сделать специальный рейс к определенному магазину, чтобы купить какую-нибудь мелочь стоимостью 50 центов всего лишь за 25 центов.

Я считаю, что для эффективности есть время и место. Истинную роль эффективности я рассматриваю в своей статье о структурном программировании, которая выходит в текущем номере журнала *Computing Surveys*.

Меньше возможностей — больше удовольствия

Одна довольно любопытная вещь, которую я заметил относительно эстетического удовлетворения, заключается в том, что наше удовольствие значительно увеличивается тогда, когда мы создаем что-либо при ограниченных средствах труда. Например, программа, которая мне лично доставила больше всего удовольствия и гордости, это компилятор, который я когда-то написал для примитивной минимашины, имевшей запоминающее устройство ёмкостью 4096 16-разрядных слов. Человек чувствует себя настоящим виртуозом, когда он достигает чего-то в условиях серьёзных ограничений.

Подобное явление имеет место во многих других сферах. Например, часто люди кажутся влюбленными в свои «Фольксвагены», но редко в свои Линкольны “Continental” (которые, по-видимому, гораздо лучше). Когда я изучал программирование, было популярным развлечением сделать с программой всё

возможное, чтобы уместить её на одной перфокарте. Я полагаю, что это как раз то самое явление, которое заставляет энтузиастов APL наслаждаться своими “one-liners” («программа в одной строке»). Когда мы сегодня учим программированию, то наблюдаем любопытный факт — нам редко удается увлечь студента вычислительной наукой до тех пор, пока он не проходит курс, который позволяет поработать с минимашинной. Использование наших больших вычислительных машин с их удивительными операционными системами и языками не вызывает особой любви к программированию, по крайней мере, поначалу.

Не совсем понятно, каким образом применить этот принцип, чтобы программисты получали большее удовольствие от своей работы. Конечно, программисты застонали бы, если бы их менеджер объявил неожиданно, что у новой машины объём запоминающего устройства в два раза меньше, чем у старой. И я не думаю, что кто-нибудь, даже из самых преданных «программистов-художников» приветствовал бы такую новость, так как никому не хочется терять имеющиеся возможности. Другой пример может помочь прояснить ситуацию: кинорежиссёры очень сильно сопротивлялись введению звукового кино в 20-х годах, так как они гордились тем, что могли передавать содержание без звука. Точно так же истинный программист-художник мог бы негодовать по поводу введения более мощной техники. Так, современные запоминающие устройства имеют тенденцию разрушить красоту наших старых методов сортировки на магнитных лентах. Однако сегодняшние режиссеры не хотят возвращаться к немому фильму. И не потому, что они ленивы, а потому, что они знают, что можно создать прекрасные фильмы, используя новую технологию. Форма искусства изменилась, но вместе с тем появилась масса новых художественных средств. Как же они развивали своё искусство?

Лучшие кинорежиссеры овладевали своим искусством в сравнительно примитивных условиях, часто в странах с отсталой кинопромышленностью.

И в последние годы кажется, что большинство важных вещей, которые мы узнаем о программировании, исходят от людей, которые не имели доступа к очень мощным машинам. Мораль, как мне

кажется, заключается в том, что мы должны использовать идею ограниченных ресурсов для нашего собственного усовершенствования. Мы можем добиться больших успехов путём составления различных «игровых» программ при заданных искусственных ограничениях, так, чтобы нужно было выжимать свои способности до предела. Мы не должны жить всё время в роскоши, так как это ведет к апатии. Искусство решать с максимальной энергией минипроблемы разовьёт наши способности для решения настоящих больших задач, и опыт поможет нам получать больше удовольствия от работы при ограниченных возможностях. Точно так же мы не должны отказываться от «искусства ради искусства»; мы не должны стыдиться программ, которые служат только «для развлечения». Я однажды получил огромное удовольствие от составления АЛГОЛ-программы, которая реализовала процедуру скалярного произведения таким необычным способом, что вместо скалярного произведения она вычисляла m -ое простое число [19]. Несколько лет назад студенты Стэнфорда были взволнованы составлением самой короткой FORTRAN-программы, которая печатает сама себя в том смысле, что выходная информация идентична её собственному исходному тексту. Та же самая задача рассматривалась для многих других языков. Я не думаю, что работа над этим была пустой тратой времени. Бентам не отрицал бы «полезности» такого приятного времяпрепровождения. Он писал: «Напротив, нет ничего, полезность которого является более неоспоримой. Чему же приписать характер полезности, если не тому, что является источником удовольствия?» [3, Кн. 3, Гл. 1].

Создание прекрасных инструментов

Другим свойством современного искусства является акцент на творческие способности. Мне кажется, что сейчас многие художники не заботятся о создании прекрасных произведений; только новизна идеи имеет значение. Я не рекомендую, чтобы программирование было подобно современному искусству в этом смысле, но это приводит меня к наблюдению, которое я считаю важным. Иногда мы должны программировать безнадежно скучную, бестолковую задачу, не дающую нам никакого выхода, не говоря о каком-то

творчестве. И в таких случаях человек вполне может прийти ко мне и сказать: «Значит, программирование прекрасно? Вам, конечно, хорошо говорить, что я должен получать удовольствие, создавая элегантные, красивые программы, но почему Вы предполагаете, что я могу превратить этот мусор в произведение искусства?».

Да, это верно, не все задачи программирования кажутся приятными.

Подумайте о хозяйке в домашней «западне», которая должна каждый день убирать один и тот же стол: не всякая ситуация способствует творчеству или артистизму. Однако, даже в таких случаях есть возможность улучшения: даже рутинная работа может доставлять удовольствие, если мы имеем дело с красивыми вещами. Например, человеку может быть приятно день за днем вытирать обеденный стол, если это красивый стол из какого-нибудь высококачественного твердого дерева.

Поэтому я хочу адресовать мои заключительные замечания системным программистам и разработчикам машин, которые создают те системы, с которыми мы должны работать.

Пожалуйста, дайте нам инструменты, которыми было бы приятно пользоваться, вместо таких, с которыми нам приходится бороться. *Пожалуйста*, дайте нам инструменты, которые стимулируют нас писать лучшие программы, увеличивая удовольствие, которое мы получаем при этом.

Разработчики компьютеров могут сделать использование машин гораздо более приятным, если они, например, организуют арифметику с плавающей точкой, которая удовлетворяет простым математическим правилам. Средства, имеющиеся сейчас на большинстве машин, делают задачу точного анализа погрешностей безнадежно трудной. В то же время, соответствующим образом построенные операции могли бы помочь программисту создать хорошие подпрограммы, имеющие гарантированную точность (ср. [20, с. 204]).

Что может сделать разработчик софтвера? Один из лучших способов поддержать бодрость духа пользователя — обеспечить его программами, с которыми он может взаимодействовать. Мы не должны делать системы слишком автоматизированными, когда

действие всегда происходит за сценой. Мы должны пользователю-программисту дать шанс направить свои творческие способности в соответствующие каналы. Есть одна особенность, общая для всех программистов: им приятно работать с машинами; так давайте держать их в цикле. Некоторые задачи лучше выполняет машина, другие могут быть лучше решены с помощью человеческой интуиции; хорошо разработанная система должна найти разумный баланс. (Я в течение многих лет пытался устранить излишнюю автоматизацию, см. [18]).

Хорошим примером являются средства оценки программ. В течение многих лет программисты не имели представления о том, как, в действительности, стоимость вычислений распределена в их программах. Опыт показывает, что почти все программисты имеют смутное представление об узких местах в их программах; неудивительно, что попытки оценить эффективность так часто терпят неудачу: программист никогда не знает распределения стоимости по строкам написанного им кода. Его работа в чем-то напоминает молодоженов, которые пытаются построить сбалансированный бюджет, не зная цен на продукты, одежду и жильё. Всё, что мы давали программистам — это оптимизирующий компилятор, который таинственным образом что-то делает с программами, которые он транслирует, но никогда не объясняет, что он делает. К счастью, сейчас мы, наконец, наблюдаем появление систем, которые позволяют пользователю поверить в их разумность. Они автоматически анализируют программы и выдают информацию о реальной стоимости. Эти экспериментальные системы — большой успех, поскольку они позволяют оценить усовершенствование программы, и особенно потому, что с ними приятно работать. Таким образом, я уверен, что со временем использование таких систем станет стандартной процедурой. В моей статье в *Computing Surveys* [21] этот вопрос рассматривается подробнее. В этой статье высказываются также другие идеи, которые могут способствовать удовлетворению программистов.

Долг разработчиков языков — создавать такие языки, которые стимулируют хороший стиль, поскольку мы знаем, что стиль в значительной степени зависит от используемого языка.

Нынешний подъём интереса к структурному программированию показывает, что никакой из наших существующих языков не является идеальным для работы с программами и данными, и вообще неясно, каким должен быть идеальный язык. Поэтому я надеюсь в ближайшие годы увидеть множество серьёзных экспериментов в области разработки языков.

Заключение

Мы видели, что программирование это искусство, потому что в нем применяются накопленные в мире знания, потому что оно требует умения и изобретательности, и особенно потому, что оно создает прекрасное. Программист, который подсознательно чувствует себя художником, будет наслаждаться тем, что он делает и будет делать это всё лучше. Поэтому, мы можем радоваться, что люди, которые выступают на конференциях по вычислительным машинам, говорят о *State of the Art*.

Литература

1. *Bailey, Nathan*. The Universal Etymological English Dictionary. T. Cox, London, 1727. See "Art," "Liberal," and "Science."
2. *Bauer, Walter F., Juncosa, Mario L., and Perlis, Alan*. J. ACM publication policies and plans. J. ACM, 6 (Apr. 1959) – PP. 121–122.
3. *Bentham, Jeremy*. The Rationale of Reward. Trans. from *Theorie des peines et des recompenses*, 1811, by Richard Smith, J. & H.L. Hunt, London, 1825.
4. The Century Dictionary and Cyclopaedia 1. The Century Co., New York, 1889.
5. *Clementi, Muzio*. The Art of Playing the Piano. Trans. from *L'art de jouer le pianoforte* by Max Vogrich. Schirmer, New York, 1898.
6. *Colvin, Sidney*. "Art." *Encyclopaedia Britannica*, eds 9, 11, 12, 13, 1875–1926.
7. *Coxeter, H. S. M.* Convocation address, Proc. 4th Canadian. Math. Congress, 1957. – PP. 8–10.
8. *Dijkstra, Edsger W.* EWD316: A Short Introduction to the Art of Programming. T. H. Eindhoven, The Netherlands, Aug. 1971.
9. *Ershov, A.P.* Aesthetics and the human factor in programming Comm. ACM (July 1972). – PP. – 501–505.
10. *Fielden, Thomas*. The Science of Pianoforte Technique. Macmillan, London, 1927.
11. *Gore, George*. The Art of Scientific Discovery. Longmans, Green, London, 1878.
12. *Hamilton, William*. Lectures on Logic 1. Wm. Blackwood, Edinburgh, 1874.
13. *Hodges, John A.* Elementary Photography: The "Amateur Photographer" Library 7. London, 1893. Sixth ed, revised and enlarged, 1907. –P. 58.
14. *Howard, C. Frusher*. Howard's Art of Computation and golden rule for equation of payments for schools, business college and self-culture C.F. Howard, San

- Francisco, 1879.
15. *Hummel J.N.* The Art of Playing the Piano Forte. Boosey, London, 1827.
 16. *Kernighan B.W., and Plauger, P.J.* The Elements of Programming Style. McGraw-Hill, New York, 1974.
 17. *Kirwan, Richard.* Elements of Mineralogy. Elmsly, London, 1784.
 18. *Knuth, Donald E.* Minimizing drum latency time. J. ACM 8 (Apr. 1961). – PP. 119–150.
 19. *Knuth, Donald E., and Merner, J.N.* ALGOL 60 confidential. Comm. ACM 4 (June 1961). – PP. 268–272.
 20. *Knuth, Donald E.* Seminumerical Algorithms: The Art of Computer Programming 2. Addison-Wesley, Reading, Mass., 1969.
 21. *Knuth, Donald E.* Structured programming with go to statements. Computing Surveys 6 (Dec. 1974), pages in makeup.
 22. *Kochevitsky, George.* The Art of Piano Playing: A Scientific Approach. Summy-Birchard, Evanston, Ill., 1967.
 23. *Lehmer, Emma.* Number theory on the SWAC. Proc. Symp. Applied Math. 6, Amer. Math. Soc. (1956). – PP. 103–108.
 24. *Mahesh Yogi, Maharishi.* The Science of Being and Art of Living. Allen & Unwin, London, 1963.
 25. *Malevinsky, Moses L.* The Science of Playwriting. Brentano, New York, 1925.
 26. *Manna, Zohar, and Pnueli, Amir.* Formalization of properties of functional programs. J. ACM 17 (July 1970). – PP. 555–569.
 27. *Marckwardt, Albert H.* Preface to Funk and Wagnall's Standard College Dictionary. Harcourt, Brace & World, New York, 1963, vii.
 28. *Mill, John Stuart.* A System of Logic, Ratiocinative and Inductive. London, 1843. The quotations are from the introduction, §2, and from Book 6, Chap. 11 (12 in later editions), §5.
 29. *Mueller, Robert E.* The Science of Art. John Day, New York, 1967.
 30. *Parsons, Albert Ross.* The Science of Pianoforte Practice. Schirmer, New York, 1886.
 31. *Pedoe, Daniel.* The Gentle Art of Mathematics. English Univ. Press, London, 1953.
 32. *Ruskin, John.* The Stones of Venice 3. London, 1853.
 33. *Salton, G.A.* Personal communication, June 21, 1974.
 34. *Snow, C.P.* The two cultures. The New Statesman and Nation, 52 (Oct. 6, 1956). – PP. 413–414.
 35. *Snow, C.P.* The Two Cultures: and a Second Look. Cambridge University Press, 1964.

Во время представления этой лекции выступил Бернард Гейлер, председатель Комитета по Тьюринговским премиям 1974 года, который сказал:

«Премия АСМ имени А.М. Тьюринга присуждается ежегодно ученому, избранному за существенные вклады, которыми он обогатил компьютерное сообщество. В частности, необходимо, чтобы эти вклады имели значительное влияние на какой-либо из основных сегментов компьютерной сферы.»

«Премия им. А.М. Тьюринга за 1974 год присуждается профессору Дональду А. Кнуту из Стэнфордского Университета за ряд серьёзных достижений в области анализа алгоритмов, разработку языков программирования, и, в частности, за его наиболее важный вклад в «искусство программирования», выполненный им в серии известных книг. Изложенные в этих книгах многочисленные методы, алгоритмы и соответствующие теории послужили основой для разработки учебных программ, а также оказали организующее влияние на компьютерную науку».

Такая официальная формулировка не может достаточно отразить ту роль, которую Дон Кнут играл в компьютерной науке и в компьютерной технике в целом. <...>

Словарь Дона Кнута, примеры, алгоритмы и интуиция, которыми он снабдил свои замечательные книги и статьи, проложили себе дорогу к множеству дискуссий практически во все области нашей науки. Это произошло не сразу. Каждый автор знает, что даже один том требует тщательной организации и тяжелого труда. Тем более мы должны оценить ясную точку зрения, терпение и энергию, которые должен был иметь Кнут, чтобы составить план серии из семи томов и заняться реализацией этого плана с такой тщательностью и вниманием.

Важно отметить, что эта награда, также как и другие награды, полученные Кнутом, вручается ему после того, как три тома его собрания были опубликованы. Мы готовы сообщить всем о нашей признательности Дону Кнуту за его увлечённость и ценный вклад в нашу науку. Я горжусь тем, что возглавлял Комитет, избравший Дона Кнута Лауреатом премии АСМ имени А.М. Тьюринга 1974 года».

Дональд Кнут

Воспоминания об Андрее Ершове

Редакторы попросили меня записать некоторые из моих личных воспоминаний об Андрее Ершове. Хотя мы с Андреем жили на разных концах Земли и нас разделяло почти 12 часовых поясов, его жизнь оказала на мою значительное положительное влияние.

Это началось еще, когда я был студентом последнего курса института Case Institute of Technology. Тогда только появилась книга Андрея «Программирование для БЭСМ», и мы, группа студентов, смогли убедить преподавателя русского языка включить ее в курс в качестве одного из двух сборников текстов для изучения научной лексики. Для нас это был замечательный опыт работы, поскольку многие технические компьютерные термины нельзя было найти в наших словарях, и даже преподаватель некоторые из них раньше вообще не слышал! (Выполненный Недлером перевод на английский язык тогда еще не был издан.) Мы почувствовали, что видим «настоящий» русский язык в том виде, в каком он действительно используется в науке; книга произвела на нас намного более сильное впечатление, чем второй текст, в котором говорилось о спутниках и исследовании космоса, но на очень примитивном уровне.

Воспоминания были опубликованы (на английском языке) в журнале Программирование, 1990. – № 1. Это был специальный выпуск, посвященный памяти Андрея Петровича.

Эта книга не только помогла мне лучше освоить русский язык; из нее я узнал интересные алгоритмы оптимизации компилятора. На самом деле ранняя работа Андрея, которая послужила толчком к созданию этой важной области компьютерной науки, до сих пор вызывает интерес. Его метод изложения материала также оказался весьма значимым: блок-схемы, представленные впервые в его книге, я впоследствии использовал для иллюстрации процесса выполнения программы в своей статье *Computer-drawn flow charts* («Блок-схемы, построенные компьютером»), опубликованной в *Communications of the ACM*, сентябрь 1963. — С. 555–563) и последующей серии книг «Искусство программирования».

Первая личная встреча с Андреем произошла на конференции рабочей группы IFIP, где готовился преемник языку АЛГОЛ 60. К тому времени я узнал, что Андрей независимо от Джина Амдала изобрел хеширование с линейным числом испытаний — важный алгоритм, изучение которого стало поворотным моментом моей жизни, поскольку привело меня в область алгоритмического анализа. (См. сноску на стр. 529 в моей книге *Sorting and Searching* («Сортировка и поиск»); в русском переводе эта сноска находится на стр. 628). Я был наслышан о новых методах, входящих в состав проекта языка Alpha, который вел Андрей. Поэтому я был крайне рад возможности встретиться с ним лично, тем более что, как выяснилось, он свободно владеет английским языком. Мы проговорили около двух часов о компиляторах и языках, пока он копировал на ксероксе многочисленные документы для этой конференции.

Впоследствии мы смогли чаще с ним видаться, поскольку он регулярно приезжал на встречи с Джоном Маккарти в Стэнфордский университет. Один из таких визитов стал первопричиной, пожалуй, самого памятного для меня события — моего участия в конференции *Algorithms in Modern Mathematics and Computer Science* («Алгоритмы в современной математике и компьютерной науке»), состоявшейся в СССР в Ургенче в 1979 году. Эта конференция — паломничество ученых к святым местам, к месту рождения самого понятия «алгоритм» — для меня оказалась мечтой, ставшей явью. Хотя мы с Андреем официально числились сопредседателями конференции, на

самом деле Андрей взял на себя 99 % работы, в то время как я мог отдыхать и наслаждаться происходящим, узнавая множество важного от людей, с которыми здесь встречался. Такое бывает раз в жизни, и я надеюсь, что многие ученые, работающие в области компьютерных наук, смогут поучаствовать в аналогичной встрече, если кто-то вдохновится примером Андрея. За эту неделю я узнал его намного лучше и был особенно поражен тем, насколько блестяще он справлялся со всеми многочисленными ролями: руководителя конференции, организатора, философа, оратора, переводчика и редактора.

У меня есть немало других воспоминаний, в том числе и о замечательном случае, когда мы с женой встретили Андрея на вечере американской кадрили и он исполнял Virginia Reel и «до -си -до», но того, что уже сказано, вполне достаточно, чтобы понять, насколько важную роль в моей жизни сыграл Андрей.

Во время его последнего визита в Стэнфорд я узнал о громадной работе, которую он вел в последние годы жизни, о революционных изменениях в преподавании компьютерных наук миллионам студентов, о чем с восторгом говорили во всем мире. Мы все скорбим о том, что жизни Андрея было предначертано закончиться так скоро, мы восторгаемся тем многим, что удалось ему совершить, и знаем, что плоды его жизни станут источником знаний для следующих поколений ученых всего мира, работающих в области компьютерных наук.

Энтони Хоар

Жизнь в интересные времена⁴⁶

Мое время было временем контрастов. Контраст был между моим гуманитарным образованием и моей последующей научной профессией; между моей работой в промышленности и моей научной карьерой; между изучением естественных языков и занятиями искусственными языками, применяемыми для общения с компьютерами.

Мое образование следовало старым традициям — передо мной были учения и примеры великих мыслителей и писателей классических эпох, заложивших основы интеллектуальной и философской культуры Западной Европы. Я изучал множество разнообразных предметов: латынь, греческий, философию, русский язык, статистику и лингвистику. По контрасту, моя профессиональная карьера относилась к новой ветви науки, к науке о компьютерах. Я ознакомился с нею вначале из промышленного опыта, участвуя в проектировании компьютерных архитектур, языков программирования, компиляторов и операционных систем; я испытал успехи и неудачи в качестве менеджера инженерных проектов программного обеспечения.

Затем я перешел к академической жизни и был профессором информатики в двух университетах. В обоих университетах я ввел учебные курсы для студентов и аспирантов по моему предмету, занимался чисто теоретическими исследованиями в области программирования и поддерживал тесные контакты с

⁴⁶Воспоминания сэра Энтони Хоара написаны специально для этого сборника.

промышленностью. Теперь я вернулся к работе в программной промышленности, чтобы увидеть, как результаты академических исследований применяются в интересах всех пользователей и производителей компьютерных программ.

Сегодня я считаю себя вправе поразмыслить в этих особых обстоятельствах, каким образом мое образование и опыт сформировали меня и подготовили меня к деятельности в области современных технологий. Мне хотелось бы выразить благодарность тем, кто более всего повлиял на мою философию жизни, интеллектуальным лидерам нашего времени и прошлого. Многие из них стояли уже на этой почетной трибуне как лауреаты премии Киото за прошлые годы. Я присоединяю свою благодарность за эту честь к благодарности других лауреатов.

Кентербери: классики.

Я начну мою историю с 1947 года, когда я сдал экзамены и получил стипендию для оплаты обучения и жилья в одной из уважаемых, но не столь знаменитых английских частных школ. Это была Королевская школа в Кентербери, ведущая свое происхождение от монастыря, учрежденного св. Августином в 597 году, в начале его христианской миссии в Англии. Среди выпускников этой школы было два других христианских святых. Около пяти лет я жил в прекрасных окрестностях Кентерберийского собора, имея перед глазами его высокую и изящную башню и слыша звон его колоколов.

В первый год моего учения в Кентербери я занимался десятью предметами, в том числе английским языком, литературой и историей, французским языком, классическими языками — латинским и греческим — и двойной порцией математики, элементарной и высшей. Это не оставляло мне времени для изучения какой бы то ни было другой науки, разве что в виде хобби — по одному уроку в неделю. Меня очень привлекала математика, но на втором году мы должны были выбрать для дальнейшего изучения только два предмета. В традиционных частных школах предполагалось, что мальчик, хорошо усвоивший классиков, будет

продолжать изучение латинского и греческого с небольшой добавкой священного писания или французского.

Наша еженедельная домашняя работа включала перевод отрывка из классического автора на английский, или (что было труднее) перевод куса английской прозы на латинский или греческий. Конечно, я должен был изучить грамматику этих языков. Она значительно сложнее английской, поскольку каждое существительное и каждое прилагательное имеет один из трех родов и пять или шесть падежей, как в единственном, так и во множественном числе. Для определения формы слова было четыре или пять строгих правил, но, кроме того, было множество неправильных форм, которые надо было заучивать отдельно. В каждом сочинении по латыни или по греческому каждое прилагательное должно было согласовываться с существительным, к которому оно относилось, в роде, числе и падеже. Я всегда тщательно проверял свою работу, следуя правилам, но все же продолжал делать ошибки,— их называли вопиющими ошибками, может быть, потому, что мои учителя так легко их находили. В моей последующей жизни, когда мне пришлось изучать проектирование и реализацию искусственных языков для общения с компьютерами и управления ими, я прилагал все старания, чтобы грамматические правила этих языков были как можно проще и логичнее; я заботился о том, чтобы сам компьютер мог быстро обнаруживать и надежно реагировать на любое нарушение правил во входном тексте.

Несмотря на мои часто повторявшиеся грамматические ошибки, я, в действительности, получал удовольствие от упражнений в переводе и сочинении. Задача состояла в том, чтобы понять назначение, содержание, развитие мысли и стиль некоторого текста на одном языке, а затем реконструировать то же сообщение на другом языке, с другой структурой предложений и другими коннотациями слов. Я усвоил простые правила риторики: равновесие и контраст, повторение и вариации, тезис и антитезис. Это последнее предложение само по себе уравновешенно и контрастно, иллюстрируя тем самым описываемые им правила. Я должен был тщательно переработать его трижды. Как всегда, наилучшие результаты получаются, если испытать много

альтернативных формулировок, прежде чем выбрать лучшую. Это в точности то, что я применял в дальнейшем во всей моей научной работе и преподавании, чтобы объяснить мои и чужие идеи как можно более ясным и запоминающимся образом и представить мои аргументы и контраргументы вполне честно, но в самом сильном выражении. Эти же навыки я пытался передать моим аспирантам, излагавшим результаты своих собственных исследований.

Несмотря на официальное изучение классиков, я, к счастью, не вполне забросил мои математические интересы. По некоторым причинам меня особенно заинтересовали вероятности. В одной детской книжке о загадках, фокусах и парадоксах мне попался известный парадокс теории вероятностей: в классе всего лишь из двадцати трех человек есть большой шанс найти двух человек с одинаковым днем рождения. Я выбрал наугад фамилии из списка всех мальчиков школы, выписал их вместе с их днями рождения и убедился в том, что правило соблюдается. Пытаясь выяснить, почему это так, я открыл биномиальные коэффициенты. Затем мне захотелось обобщить этот результат на большие коллективы, с большим числом людей, имеющих общий день рождения. Это требует вычисления коэффициентов полинома. В конце концов, я показал, что должен быть такой день, когда не менее шести учеников школы имеют общий день рождения. Это можно было проверить по полному списку учеников школы, но я остановился, найдя день рождения одновременно пяти учеников.

Наконец, я обнаружил в школьной библиотеке книгу Ланселота Хокбена под названием «Математика для миллионов». Из этой книги я узнал, что коэффициенты полиномов были уже открыты Ньютоном, что меня не слишком разочаровало. Конечно, чтение книг дало мне возможность быстрее продвинуться к пониманию математики вообще и теории вероятностей в частности. Я думаю, что получил большую пользу, занимаясь математикой в качестве хобби, то есть чем-то таким, что делают для решения интересных задач, вместо фиксированной массы знаний, которые просто заучивают, чтобы повторить на экзамене.

Я подозреваю, что если бы я выбрал в качестве главного экзаменационного предмета не классиков, а математику, то я мог бы

ее разлюбить. Конечно, в то время у меня не было шансов изучить какой-нибудь из разделов математики, которые я теперь считаю интересными и важными для теории программирования и информатики.

Наряду с классической грамматикой и сочинениями наша программа включала также чтение избранных произведений классической литературы, в том числе таких авторов как Цезарь и Цицерон, Демосфен и Платон. Мы должны были приготовить наш урок накануне вечером, изучив очередной отрывок заданного текста, а на следующий день читать его вслух, переводить на английский и обсуждать язык, содержание, контекст и общие вопросы, касающиеся этого текста. Однажды заданным текстом был диалог греческого философа Платона. В этом диалоге фессалийский аристократ Менон спрашивает Сократа: «Можно ли научиться добродетели?» В ответ на это Сократ начинает подробно излагать свои взгляды на обучение и на знания вообще: знание есть прямая форма восприятия действительности в абстрактном смысле, нечто вроде нашей памяти о событиях своего прошлого. Цель обучения состоит лишь в том, чтобы живее напомнить нам то, что мы уже знаем, но, может быть, забыли или смутно вспоминаем. В качестве примера Сократ выбирает геометрическую задачу — построить квадрат вдвое больше заданного квадрата. Он обращается к мальчику — рабу Менона, не имеющему, естественно, предварительных геометрических знаний.

Сократ рисует на песке у своих ног изображение квадрата, чтобы объяснить задачу. Вначале мальчик дает неправильный ответ — квадрат вчетверо большей величины. Ограничиваясь только дополнительными вопросами, Сократ побуждает мальчика найти свою ошибку. Постепенно мальчик сам приходит к правильному решению. Объяснение Сократа состоит в том, что мальчик в действительности знал ответ все время, но забыл его, и, наконец вспомнил, когда вопросы разбудили его память. Его знание имеет начало от времени, предшествующего рождению, когда душа человека непосредственно воспринимает абстрактные понятия математики, не отвлекаясь и не обманываясь чувственными впечатлениями, независимо от конкретного выбора размера и цвета

чертежа, от неточности его изображения. Платон обобщает эту аналогию действия прямой интуиции за пределы математики на более важные философские идеи, такие как добродетель и справедливость, понимание которых требует еще более длительной подготовки.

В то время платоново учение об идеях не особенно привлекало мой скептический ум. Однако гораздо позже точка зрения Платона оказалась важной для одного из моих главных открытий в теории программирования, которое связывает абстрактную математическую идею с ее конкретным представлением в компьютере. Рассмотрим, например, основное представление о целых числах $0, 1, 2, 3, \dots$, с помощью которого мы учимся считать. Ввиду неизбежного ограничения числа микросхем, которые могут быть реализованы на поверхности кремниевого чипа, компьютеры не могут экономно представить неограниченный или бесконечный ряд целых чисел, составляющий предмет арифметики. Вместо этого приходится выбрать фиксированное число разрядов, например, 32. Каждый разряд имеет лишь небольшую область значений: в человеческой арифметике есть десять цифр, а в компьютерной — только две. Естественно, идея целого числа не зависит от выбора представления. Значение седьмого простого числа, конечно, более абстрактно, чем любое из его представлений: 17 в десятичной форме или 010001 — в двоичной. К счастью, поскольку математические абстракции существуют независимо от их представлений на бумаге или в компьютере, мы можем использовать самую математику для изучения отношения между тем и другим. И это позволяет нам при разработке компьютерной программы большую часть времени не думать об особенностях двоичного или десятичного представления, и даже об ограничениях диапазона машинной арифметики. Таково было внезапное прозрение, пришедшее ко мне где-то через двадцать лет, когда я был профессором в Белфасте. Я обобщил его с обыкновенных чисел на другие абстракции и превратил его в содержание часто цитируемой работы о проверке корректности представления данных. Эта тема повторялась во всех моих дальнейших исследованиях.

Теперь я вернусь ко второму году моего обучения в Кентерберийской Королевской школе. Я достаточно быстро

продвигался в латыни и греческом, так что уже через год я способен был сносно сдать публичный экзамен, давший мне доступ в старший класс школы. Но прежде чем достигнуть уровня, необходимого для поступления в университет, я должен был снова сдавать тот же экзамен в следующие два года. К счастью, это оставляло мне время для других занятий, главным образом, интеллектуальных, поскольку мои навыки общения, к сожалению, были весьма ущербными, а мои способности к физическим упражнениям и спортивным играм — совсем слабыми. Какое-то время я занимался фехтованием; один год усердно играл в регби — игру, в которой дерзость и превосходство в весе могли произвести сильное впечатление на человека меньшего роста, хотя и более подвижного.

Когда мне удавалось освободиться от организованных игр, я проводил дневные часы в школьной библиотеке. Я обратился к шкапам, содержащим труды по философии, и прочел много диалогов Платона в переводе Бенджамина Джоуэтта (Benjamin Jowett). Я наткнулся также на объемистый том «Истории Западной философии» Бертрана Рассела, из которой я прочел большие разделы, начиная с древнегреческой философии и почти до нашего времени.

Во время школьных каникул я продолжал свое чтение, главным образом — в ночное время, в течение примерно двух часов каждую ночь, когда все остальные в доме спали. Часто я пропускал семейные завтраки по утрам. Иногда я читал романы, от классиков Чарльза Диккенса и Джейн Остин до более современных романов Олдоса Хаксли и П.Г. Вудхауза (P.G. Wodehouse). Я читал книги по психоанализу, главным образом адлеровской школы социальной психологии, в надежде понять и улучшить мои эмоциональные состояния и мои неуклюжие способы общения. Я читал книги по математике, по философии. Эти последние интересы слились вместе в моем изучении «Введения в математическую философию» Рассела.

Подобно Платону и многим дальнейшим философам, Рассел интересовался природой математической истины. Но со времени Платона открытия в математике неизмеримо выросли. Например, Пифагор и его последователи знали уже целые числа и дроби.

Вероятно, они подозревали о существовании других чисел, вроде корня из двух, но держали эти подозрения в строгой тайне. Но теперь у нас есть отрицательные числа, действительные числа, мнимые числа, матрицы, кватернионы, и кто знает, что еще будет. Каждый вид чисел был открыт — или, может быть, изобретен?— для решения уравнений, которые можно было записать в более знакомой числовой системе, но они не имели в этой системе решения. Например, дроби нужны для решения уравнений вроде $2x = 1$, означающего, что x должен быть дробью с числителем 1 и знаменателем 2. Каждое расширение понятий математики придавало ей большую выразительную силу для описания и решения более трудных задач.

Разумеется, в каждой числовой системе и в каждом разделе математики есть свой набор теорем, доказываемых на основе своего набора аксиом. Кажется, что концепция математической истины неизбежно делится на части. В лучшем случае она оказывается лишь относительной, то есть связанной с аксиомами, выбранными некоторым математиком, заинтересованным в некотором разделе математики или в некотором частном случае. Рассел и его современники поставили себе целью найти общие основания математики, с достаточно мощным концептуальным базисом, позволяющим определить на его основе все другие математические понятия. Необходима была также единая система аксиом, исходя из которой было бы возможно доказать все аксиомы каждой области математики.

Основным понятием, избранным — или открытым?— исследователями того времени, было понятие **множества**, которое определяется как произвольный неупорядоченный набор его отдельных элементов. Каждый элемент может иметь при этом (но не обязательно), некоторое свойство, отличающее его от всех объектов, не входящих в это множество. Например, все простые числа образуют множество чисел, отличных от чисел, разлагающихся на множители. Понятие множества играет роль, подобную платоновской идее, поскольку оно обобщает свойства своих отдельных элементов. Однако множество более конкретно, чем идея, поскольку множество — это произвольное собрание, определяемое

лишь его элементами, а не общими свойствами, которые были доступны интуиции Платона.

Очевидно, наша первая задача — определить само понятие целого числа. Это должно быть некоторое множество особого рода. В самом деле, поскольку само число не является индивидуальным объектом, а является свойством некоторого множества, то это должно быть множество, элементы которого сами являются множествами. Например, число двенадцать имеет своими элементами все множества, содержащие в точности двенадцать элементов. Одним из элементов этого числа является множество апостолов Христа — множество, в свою очередь имеющее одним из своих элементов святого Петра. Все английские суды присяжных являются элементами числа двенадцать, поскольку каждый из них имеет двенадцать элементов. Понятие числа определяется как множество всех чисел, т. е. множество множеств множеств. Это повторное применение конструкции множества аналогично применению конструкции функционального пространства, в современных языках функционального программирования высшего порядка. Конечно, требуется время, чтобы к нему привыкнуть.

Определив понятие целого числа как множества, можно определить так же все другие виды чисел. Например, дробь есть пара целых чисел (числитель и знаменатель), не имеющих общего множителя; и эта пара также представляется специальным видом множества. Действительное число определяется как множество дробей, меньших его, а мнимое число есть пара действительных чисел. Эти сложные и мощные конструкции аналогичны более простым, которые используются в компьютерах для представления различных видов чисел.

Через много лет, будучи профессором Оксфордского университета, я смог извлечь реальные преимущества этой избыточной мощи теории множеств для точного определения абстрактных понятий. Моя цель состояла в том, чтобы помочь программистам писать корректные программы. Чтобы определить, что называется корректностью, нам необходимо независимое описание или спецификация того, что программа должна делать, а в некоторых критических случаях еще и того, чего она определенно не

должна делать. На каком же языке мы должны писать эту спецификацию?

Первое требование к спецификации состоит в том, что она должна быть на несколько порядков проще и очевиднее той программы, в которую воплотится. Таким образом, нам нужен язык с наибольшей возможной выразительной силой, но при этом вполне точный. Он должен также допускать точно контролируемую степень определенности в отношении проектирования деталей, подлежащих установлению в дальнейшем. Какой же язык лучше подходит для этой цели, чем язык, развитый в течение тысячелетий математиками всех стран,— язык самой математики? И поскольку Рассел свел весь этот язык к основным понятиям теории множеств, с этого очевидно надо было начать. Прямое подтверждение этого составлял тот факт, что многие из основных понятий программирования непосредственно поддавались определению как множества — это были пары, последовательности, функции и отношения.

Таковы причины, по которым мой французский коллега Жан-Ремон Абриаль (Jean-Raymond Abrial) избрал в качестве языка спецификации теорию множеств; он назвал этот язык «Z», вероятно, в честь специалиста по теории множеств Цермело (Zermelo). Применимость теории множеств к программированию была проверена в исследовательской лаборатории ИВМ в Херсли (Hursley Development Laboratory). Она использовалась там для формальной спецификации некоторых внутренних интерфейсов новой версии одного из их важнейших программных продуктов — Пользовательской Системы Информации и Управления (Customer Information and Control System, CICS). Это привело к заметному улучшению надежности поставляемого продукта. Я уверен, что Цермело, Рассел и другие люди, занимавшиеся основаниями математики, были бы удивлены практическим использованием, которое их работы находят в современной промышленности.

Оксфорд: философия.

В 1952 году я снова держал экзамены и получил стипендию для оплаты моего обучения в Оксфордском университете, а также — квартиры и практических занятий в Мертон-колледже. Причиной

этого выбора была семейная традиция. Там учился мой отец, причем учился тем же предметам. Колледж был основан в 1264 году Уолтером де Мертоном (Walter de Merton) значительно позже Королевской школы, но все же это один из старейших колледжей в Оксфорде и в Англии. В первые два года моих университетских занятий я продолжал изучать латынь и греческий, прибавив к моим достижениям сочинение латинских и греческих стихов. Быстрее продвигалось и мое чтение, поскольку я должен был полностью усвоить сочинения Гомера, Геродота и Вергилия, а также избранные сочинения Цицерона, Ювенала, Горация и Еврипида.

Свободное время я продолжал посвящать моим философским интересам, в частности, логике и основаниям математики. В моем первом семестре я включился, с несколькими друзьями, в маленькую группу с классическими и математическими интересами, собиравшуюся за кофе поздно вечером, непосредственно перед сном. Все мы купили себе по экземпляру «Математической логики» Уилларда Куайна (Willard Van Orman Quine), лауреата премии Киото по философии 1996 года. Я все еще храню мой экземпляр. Это было второе издание книги и, как утверждалось на суперобложке, в нем была устранена некоторая логическая неточность, вместе с другими недостатками первого издания. Эту неточность обнаружил Беркли Россер (Berkley Rosser) лишь после опубликования первого издания. Конечно, логическая неточность — это гораздо больше, чем простой логический недостаток; она делает несостоятельной всю логику, и обесценивает все использующие ее доказательства. Но вся цель логики как раз и состоит в том, чтобы обеспечить правильность доказательств. Именно обнаружение ошибок вроде этой в интуитивных математических рассуждениях о множествах заставило математиков девятнадцатого века усомниться в надежности интуиции, и заставило философов усомниться в платоновской доктрине прямого интуитивного восприятия математического знания. Они обратились после этого к изучению и формализации практики математических доказательств как единственной надежной гарантии математической истины. Теперь главным результатом профессиональной деятельности математика является не просто теорема, но ее доказательство.

В современной логике доказательство рассматривается всего лишь как текст, как последовательность строчек, наподобие записи шахматных ходов. Правильность доказательства может быть проверена в точности так же, как правильность игры или грамматическая правильность латинского предложения — исследованием каждой строчки, хода или слова в отдельности. Это лучше всего делать без всякого понимания содержания доказательства, стратегии игры или смысла предложения. В случае доказательства каждая строчка должна быть либо копией одной из аксиом, либо частным случаем предыдущей строчки, либо выводом из двух предыдущих строчек по правилу под названием **modus ponens**. Эта формальная точка зрения на структуру логического доказательства восходит к Аристотелю; она была широко применена Евклидом к геометрии и к теории чисел. Теперь она лежит в основе всех попыток применения компьютеров в математике, или к построению и проверке математических доказательств.

Конечно, математики весьма свободны в выборе своих определений и теорем, которые они хотят доказать. Подобно шахматистам, они могут оценить тонкость, экономность и элегантность необычного доказательства. Они вполне свободны также в выборе основных аксиом, то есть строчек, которые могут появиться в любом месте доказательства без дальнейшего обоснования. Именно аксиомы определяют, какой областью математики они занимаются — так сказать, в какую игру они хотят в данном случае играть. Они могут предпочесть игру с простыми правилами и легко запоминающимися аксиомами, или какую-нибудь широко известную и распространенную игру вроде шахмат или футбола. Однако невозможно даже обсуждать вопрос об истинности аксиом, поскольку они никогда не могут быть обоснованы в пределах самой математики. Для этого потребовалось бы другое доказательство, которое должно было бы содержать по меньшей мере одну строку, принимаемую за аксиому. Но как обосновать эту строку? Эта аргументация, свидетельствующая о невозможности, обычна в философии. Она называется бесконечной регрессией, поскольку вопрос не может повторяться без конца. Простейший способ избежать этого состоит в том, чтобы

остановиться до первого шага. Надо просто принять, что истинность аксиом не может быть логически доказана. Роль ученого состоит в том, чтобы подвергнуть математически выраженную гипотезу строгому ряду экспериментальных проверок. Если она выдерживает все попытки опровержения, то математические доказательства, принимающие эту гипотезу за аксиому, приведут к теоремам, применимым для предсказания и управления некоторыми классами явлений реального мира.

Через двадцать пять лет я вернулся к этому взгляду на доказательство в первой моей опубликованной статье, посвященной аксиоматическому базису компьютерного программирования. К тому времени разработка языков программирования стала весьма популярным видом научной работы. К сожалению, каждый из соперничающих языков содержал слишком много произвольных решений относительно деталей обозначений, и, казалось, не было научного способа оценить или даже аккуратно изложить эти решения и, тем более, не было надежды достигнуть соглашения между соперничавшими учеными, проектировавшими эти языки. При выборе языка программирования для практического использования разумнее всего было бы взять самый старый, предпочтительно — поддерживаемый самой крупной компьютерной компанией, поскольку такой язык вероятно дольше всего сохранился бы в будущем. Это был хороший путь, но весьма разочаровавший исследователей, разрабатывавших новые языки. Языки программирования казались чем-то вроде игр, зависевших от моды, соглашения и вкуса. В таком случае лучше всего было определять игру, задавая правила ее ходов. Следуя идее Роберта Флойда (Robert Floyd), я предложил правила, подобные правилам математики, в виде аксиом и шагов вывода. Их следовало использовать в доказательствах точно так же, как в математике, и с той же целью: уменьшить частоту ошибок программирования или, лучше сказать, устранить риск ошибки еще до того, как программа выполняется. Конечно, я не претендовал на истинность аксиом. Их справедливость для некоторой частной реализации языка была предоставлена ответственности инженера, проектирующего эту реализацию. Вследствие такого разделения ответственности между

разработчиком языка, проектировщиком и программистом, теоремы, относящиеся к каждой конкретной программе, должны быть применимы при каждом прогоне программы, обеспечивая правильность результатов. Я предположил, что желательной целью в проектировании языка программирования должна быть простота аксиом и легкость применения правил. Может быть, это дало нам, наконец, нечто вроде объективного и научного критерия качества разнообразных решений, принимаемых в проектируемом языке.

Это предположение вскоре было проверено при испытании проекта языка **паскаль** Никлауса Вирта, а затем — при проектировании языка **эвклид** Батлера Лэмпсона и его группы в Научно-исследовательском центре вычислительной техники в Пало-Альто. Некоторые из этих идей в дальнейшем получили применение в более модных языках вроде Visual Basic, Java, и C++, главным образом — для обнаружения и устранения ошибок в проверяемой программе, а не для доказательства их отсутствия в программе.

Я возвращаюсь к Оксфорду 1952 года. Группа, встречающаяся поздно вечером для изучения математической логики, так и не достигла конца книги Куайна. Мы продолжали встречаться регулярно (хотя и не слишком часто) после окончания вечерней работы или выпивки; но мы предпочитали играть в карты, особенно в покер, игру, зависящую от случая, искусства и блефа. Я придерживался научной стратегии, используя мои знания теории вероятностей, так что я никогда не проигрывал слишком много. Но главное — мы получали удовольствие от самой игры.

В колледже и в университете у меня было несколько более уважаемых занятий в свободное время. Я играл в шахматы за мой колледж во второй команде, а также сыграл роли в двух пьесах, поставленных Драматическим обществом колледжа, — в «Скупом» Мольера и в «Птицах» Аристофана. Это была превосходная тренировка для будущего университетского преподавателя; мне приходилось приспособливать мой голос, чтобы он был слышен в конце средневекового зала с высокой деревянной крышей, или при шелесте ветра в деревьях на открытом месте. Я научился обращать себе на пользу нервные спазмы, возникающие перед выходом на

сцену. (Боюсь, что в наши дни их останавливают лекарством, регулирующим сердцебиение).

Я продолжил свою театральную деятельность, вступив в Экспериментальный Театральный Клуб университета, где я перешел от исполнения ролей к постановке пьес. Мне доставляли удовольствие выбор и подготовка актеров, а при случае — организация публичных постановок. В мои постановки входила музыкальная версия моего собственного перевода комедии «Пленники» латинского драматурга Плавта и чтение диалога Платона «Пир», с Невиллом Когиллом (Nevill Coghill) в роли Сократа. Я научился распределять ответственность, когда это было нужно, и не делать этого в противном случае; я научился выслушивать соображения других и, в случае необходимости, реагировать на них. Опять-таки, это была превосходная подготовка к решению административных задач, обременяющих руководителей университета.

Мой курс обучения в Оксфорде назывался *Literae Humaniores* и следовал старинной традиции. Через два года мы приступили к двум новым предметам, древней истории и философии, в которых мы изучали по оригинальным работам Фукидида, Тацита, Платона и Аристотеля. Мы изучали также европейских философов Нового времени — Декарта, Юма и Канта. Мы познакомились с Карлом Поппером (лауреатом премии Киото 1992 года), автором доктрины, согласно которой смысл научной гипотезы состоит в экспериментах, тщательно задуманных для ее опровержения. Именно отсутствие опровержения оправдывает веру в научные теории и действия, основанные на этой вере.

Но увлекательнее всего была для меня современная философия, которую мы изучали в оксфордской школе лингвистической философии, возглавляемой Остином (Austin), Хейром (Hare) и Райлом (Ryle). Именно в этом курсе философии я впервые столкнулся с работой компьютера в виде знаменитой **машины Тьюринга**, изобретенной в 1937 году Аланом Тьюрингом в качестве «бумажного проекта», без перспективы сооружения работающей модели. Тьюринг был знаком с работами логиков по определению поддающихся проверке правил, обеспечивающих справедливость

доказательств, и хотел дать точное определение того, что мы называем чисто механической процедурой над символами — определение, которое может быть в точности выполнено физическим устройством, не понимающим ни смысла символов, ни цели их употребления. Теперь это устройство мы попросту называем компьютером. Однако в то время, для того чтобы уточнить свою идею, Тьюрингу в самом деле пришлось изобрести компьютер.

Существенными особенностями вычислительного устройства являются следующие: во-первых, программа, записанная в виде конечной последовательности символов, то есть в виде текста, который может храниться и подвергаться обработке в памяти компьютера; во-вторых, легко можно написать программу, содержащую замкнутый цикл, что заставит компьютер вечно продолжать вычисления, никогда не приходя к ответу. Главная цель машины Тьюринга состояла в доказательстве, что мощность таких механизмов оказывается существенно ограниченной. Всегда найдется множество понятий и функций, определяемых математически, и даже арифметически, которые никогда не могут быть вычислены никакой машиной вообще. Первой (и притом наиболее полезной) функцией, которая оказывается невычислимой, является функция, принимающая в качестве аргумента некоторый текст и спрашивающая, окончит ли когда-нибудь работу машина Тьюринга, использующая этот текст в качестве программы. Рассуждения Тьюринга показывают, что такую программу написать невозможно.

Доказательство Тьюринга показывает также, что мощность любого языка программирования крайне ограничена. Например, никакой язык программирования не может надежным образом решить, равны ли две функции, записанные в этом языке. Было бы совершенно непрактично пытаться проводить математические рассуждения без понятия равенства. Поэтому при составлении компьютерных программ вообще и при рассуждениях о правильности программ надо пользоваться языком, гораздо более мощным, чем может быть любой осуществимый язык программирования. Я применил этот аргумент много лет спустя, рекомендуя язык спецификации Абриала **Z**. В то время был широко

распространен взгляд, что языки спецификации должны быть осуществимы на компьютере, но язык **Z**, очевидно, не таков. И это вовсе не критическое замечание, потому что в этом состоит его главное достоинство. В рассуждениях о спецификациях и программах существенно используется вся мощь математики, в том числе простые логические понятия: конъюнкции «и», отрицания «не» и равенства «=». Результат Тьюринга показывает, что эти важнейшие понятия никогда не могут быть включены в выполнимый язык программирования.

Результат Тьюринга объясняет также одну из причин, по которой программы должны быть столь сложными. Каждая программа является по существу конструктивным доказательством вычислимости некоторой функции. Еще более очевидная причина — это требование эффективности. Единственное решение состоит в доказательстве, что сложная программа удовлетворяет гораздо более простой спецификации. Спецификация же должна быть, в самом деле, столь простой, чтобы очевидным образом удовлетворять потребностям пользователя. Нет надежды когда-либо доказать правильность данной спецификации. Для этого понадобилась бы более простая спецификация, которой она удовлетворяет. Это опять приводит к бесконечной регрессии. Решение состоит, конечно, в том, чтобы с самого начала использовать простейшую возможную спецификацию.

Лондон: русский язык.

В 1956 году, сдав экзамен по древней истории и философии, я подал заявку на стипендию для подготовки докторской диссертации по философии. Пожалуй, мне повезло, что я ее не получил. Иначе я мог бы до сих пор остаться второсортным философом, не имея оправдания в том, что я, в то же время, специалист по вычислительным наукам. Так или иначе, у меня нет настоящей докторской степени, а только почетные докторские звания, что доставило мне гораздо больше чести. В то время молодые люди в Англии должны были проходить двухлетнюю принудительную военную службу (отмененную вскоре после этого). Ввиду моей квалификации в латыни и греческом я легко получил направление

на курсы изучения русского языка Королевского Военного Флота (мне помогло в этом то обстоятельство, что мой дядя был капитаном флота). Мы прошли стандартную военную подготовку, нас научили стрелять из винтовок, и мы совершили в течение нескольких дней поездки на эсминце и минном тральщике, с тем единственным результатом, что почувствовали себя совсем больными; но мы не провели на море ни одной ночи, и никогда не приближались к чему-нибудь вроде военных действий.

Главное обучение русскому языку производилось на суше, в филиале Школы Славянских исследований Лондонского университета. Мы получили весьма основательные знания в формальной русской грамматике, которая была не менее сложной, чем латинская или греческая, со склонением существительных и прилагательных по шести падежам, хотя, к счастью, лишь с двумя родами. Нас предупредили, что грамматические ошибки быстро приведут нас к исключению из школы, потере офицерского звания и возвращению к трудностям и учениям обычной военной службы. Поэтому я применил то же усердие, что и в моих латинских и греческих сочинениях, проверяя каждый род и каждый падеж по всем правилам; но я по-прежнему делал немало ошибок, как и в моих классических латинских и греческих переводах.

По сравнению с классическими языками, главная разница была в том, что русский язык мы изучали как разговорный язык, а в разговоре нет времени применять какие-либо грамматические правила. Поэтому я весьма удивился, когда через некоторое время стал правильно говорить по-русски, по большей части, не думая о грамматике, точно так же, как это делают маленькие дети при обучении языкам. Вскоре я вполне освоился даже с невероятно сложными правилами для русских числительных. Не знаю, как объяснить это явление. По-видимому, в естественных языках, как и в математической философии, есть разница между формализованным подходом Аристотеля, весьма пригодным для компьютеров, и интуитивным подходом Платона, более близким к человеческому пониманию и опыту.

Даже во время самого интенсивного обучения русскому языку я уделял внимание моим интересам к философии и логике. Имея в

виду применения к нечетким знаниям, я занимался логическими системами с более чем двумя значениями истинности, где кроме значений «истинно» и «ложно» могут быть также такие значения как «вероятно», «возможно» и «маловероятно». Я определил единственный логический оператор, позволяющий построить из него все другие операторы любой многозначной логики. Это оживило мои надежды продолжить эту работу в аспирантуре, и я даже прошел интервью с Карлом Поппером из Лондонского университета. Я объяснил ему мои идеи весьма неудачно, и завершил это объяснение извинением, что у меня слишком много идей. На это Поппер сказал: «Да, и задача исследования состоит в том, чтобы отличать хорошие идеи от плохих». Это был полезный совет, и я больше не добивался приема в аспирантуру.

Вместо этого я начал уже думать о работе с компьютерами в промышленности. Мне попалось на глаза объявление, предлагавшее работу в английской сети ресторанов под названием «Чайные дома Лайонса». У этой компании было отделение, проектировавшее, строившее и программировавшее свои собственные компьютеры, вначале — лишь для управления зарплатой и снабжением. Впоследствии эта компания стала продавать компьютеры для тех же целей другим компаниям. Я пошел на собеседование к ним вместе с коллегой по русским курсам, чтобы получить дальнейшую информацию, но без немедленной перспективы приступить к работе, поскольку наши русские курсы должны были продолжаться еще год. Но здесь у меня возникла идея, какую карьеру я должен в конце концов избрать.

Оксфорд: статистика.

Окончив мой курс русского языка, я решил работать в промышленности. Но мне не хотелось заниматься бухгалтерией или стать администратором, как это случалось обычно с выпускниками гуманитарных факультетов. Я хотел получить научную или техническую работу. Чтобы получить и сохранить такую работу, я считал необходимой соответствующую техническую квалификацию. Оказалось, что я могу ее получить посредством годичной аспирантуры (снова в Оксфорде). Выбранный мною курс должен был

доставить мне диплом по статистике, что позволило бы заниматься (на этот раз лишь в качестве хобби) моими философскими интересами в области теории вероятностей, рассматриваемой как основа нечетких знаний. Я предполагал, что буду платить за обучение и покрывать прожиточные расходы за счет скромных сбережений, накопленных для меня родителями. Но после начала занятий я обнаружил, что английское Министерство образования предлагает стипендию всем студентам, изучающим такие практически важные курсы. Поэтому я смог сохранить свои сбережения, пока они не понадобились мне для покупки моего первого дома. Я должен извиниться перед нынешними студентами, которым приходится, одолжив деньги, платить за обучение гораздо больше, чем платил я.

Я встретился с некоторыми трудностями, убеждая статистиков в Оксфорде, что я достаточно компетентен в математике для того, чтобы слушать их курс. Они рекомендовали мне использовать некоторое время до начала семестра, чтобы выучить кое-что из дифференциального и интегрального исчисления, а также приобрести навыки в быстрых арифметических вычислениях — сложении, умножении и извлечении квадратных корней. Я изучил также матричную алгебру, которую использовал впоследствии, чтобы уяснить себе понятие корреляции в совместном распределении вероятностей. Я был весьма благодарен за доверие, оказанное мне при поступлении на этот курс. Позднее, когда мне пришлось принимать студентов в аспирантуру по вычислительным наукам, я всегда проявлял большую симпатию к тем, кто получил гуманитарную подготовку, особенно в области языков.

В Оксфорде есть традиция, позволяющая студентам, изучающим любой предмет, посещать лекции по любому другому предмету, и я не преминул воспользоваться этим, выбрав из имевшихся аспирантских курсов мой излюбленный предмет — философию. Самый интересный курс по философии читал Хао Ван (Hao Wang), который только что составил программу для одного из первых компьютеров IBM 704, проверившую все доказательства в первых девяти главах фундаментального труда Рассела и Уайтхеда «Principia Mathematica». Это было замечательное достижение в области программирования, которое осуществило на практике идеи

Тьюринга, цели первых логиков и мечты немецкого философа семнадцатого века Лейбница.

Хао Ван упомянул также о возможности логики с ограничением разрядности чисел в заданной системе счисления. Эту идею я использовал в моей первой публикации о проверке программ в качестве защитной меры от ошибок переполнения, связанных с конечным представлением чисел в компьютере. На аспирантских лекциях Хао Вана в Оксфорде я познакомился с японской студенткой Хиде Исигуро (Hide Ishiguro), сделавшей впоследствии выдающуюся карьеру в качестве философа в Соединенных Штатах и Японии. Я отмечаю с удовольствием, что она присутствует здесь сейчас.

В вечернее время я участвовал в работе аспирантского философского общества имени Джоуэтта (Jowett). Здесь я представил мою первую исследовательскую работу по философии статистики. Меня занимал вопрос о том, что утверждение, приписывающее вероятность некоторому событию, никогда не может быть опровергнуто наблюдением, и тем самым не может иметь научной значимости в смысле Поппера. Как бы часто ни происходило событие, упрямый теоретик мог бы без конца утверждать, что оно имеет очень низкую вероятность. Решение парадокса состоит в том, что сторонник вероятностной гипотезы должен иметь добавочные обязательства. Прежде всего, он должен быть согласен заключать пари или идти на риск (в реальных или условных деньгах), зависящий от вероятности, которую гипотеза приписывает данному событию. Таким образом, если гипотеза неверна, то он, по крайней мере, теряет все увеличивающуюся сумму. Во-вторых, он должен заранее установить предельную сумму, которую он готов потерять (если не в реальных деньгах, то в условных), после чего он обещает отказаться от своей гипотезы. Именно это обещание восстанавливает, в несколько измененной форме, критерий Поппера для опровержения научной значимости статистической гипотезы.

Как обнаружилось, мои навыки в быстрых арифметических вычислениях оказались ненужными, потому что отдел биометрии, где мы изучали статистику, установил множество настольных

вычислительных машин. Я научился хорошо пользоваться ими, но гораздо больше заинтересовал меня курс программирования на новом компьютере компании Ferranti. Этот компьютер, названный по имени греческого бога Меркурия, университет купил и установил незадолго до того. Преподавателем был специалист по численному анализу Лесли Фокс (Leslie Fox), который оказался у меня заведующим кафедрой двадцатью годами позже, когда я вернулся в Оксфорд в качестве профессора. Он научил нас единственно доступному в то время, достаточно примитивному языку программирования высокого уровня Mercury Autocod. Я закодировал в качестве моей первой программы приближенный метод решения задачи о вероятностях в игре двух участников с нулевой суммой, наподобие «Ножа для разрезания бумаги». (Результат чтения «Теории игр» фон Неймана и Моргенштерна). Было очень интересно видеть, как программа вводится и компилируется. Через несколько секунд работы она выдала шесть требуемых чисел. Но я никак не мог определить, правильны ли эти числа, потому что забыл включить проверочную программу, которая легко могла бы мне это сообщить. Теперь такие проверки называются *assertions*. Впоследствии я стал рекомендовать их как основу проверки корректности программ.

Мне хотелось бы провести аналогию между двумя научными дисциплинами — статистикой и информатикой. Обе они представляют собой развившиеся в двадцатом веке отрасли математики, еще не вполне принятые более традиционными математиками в основное русло этой науки. Такие ученые называют эти новые дисциплины «применяемой математикой» (Applicable Mathematics), что на одну ступень ниже по статусу, чем «прикладная математика» (Applied Mathematics). Но эти дисциплины, безусловно, могут носить такое название с гордостью. Подобно информатике, статистика обязана своим статусом ценным применениям к другим наукам. Она все больше применяется к гуманитарным наукам — сначала в сельскохозяйственной науке и генетике, а теперь также в медицине, физике элементарных частиц, лингвистике и литературоведении, географии и т. д. Как и в информатике, статистические исследования охватывают широкий диапазон — от

проектирования и анализа конкретных практических экспериментов до использования в своих основаниях глубоких математических теорий — пространств с мерой и топологии в статистике, доменов и категорий в информатике. Иногда теория, встречаясь с практикой, приводит к приятным и полезным результатам; но чаще между ними возникает некоторое напряжение. Надо скорее приветствовать, чем сожалеть об этом, поскольку это характерно для всех научных дисциплин, сохраняющих свою жизнеспособность.

И в статистике, и в информатике наш худший враг — невежество. Слишком много людей, которые могли бы извлечь пользу из известной методики, но никогда о ней не слышали, или просто не верят тому, что слышали. Каждый специалист по статистике может рассказать вам одну и ту же историю: его коллега-ученый предъявляет массу данных, собранных им в своей области, и просит помочь проанализировать их. Первый вопрос статистика — «Какую гипотезу вы пытаетесь проверить?» Слишком часто на это отвечают еще более фундаментальным вопросом: «А что такое гипотеза?» Бедному статистику остается только начать лекцию об основных принципах статистических выводов. Важным предварительным условием является простая, ясная и строго сформулированная гипотеза, с не слишком большим числом свободных параметров, подлежащих оценке. Ее должен сопровождать строгий проект эксперимента для проверки именно этой гипотезы, вместе с тщательной рандомизацией выборок, чтобы избежать всех известных видов пристрастного отбора. Лишь в этом случае мощные математические методы статистики могут быть привлечены для получения правильного вывода. Любые данные, собранные до формулировки гипотезы, в действительности, следовало бы отбросить. Однако в случае крайней необходимости, либо из любопытства или любезности, статистик делает всё возможное, чтобы подогнать некоторую правдоподобную гипотезу и, таким образом, извлечь хоть какую-нибудь пользу из уже собранных данных.

Специалист по информатике может рассказать вам очень похожую историю. Компьютерные программы все более используются в критических ситуациях: для ядерных

электростанций, для легковых и грузовых автомобилей, для кредитных карточек. Перед поставкой такой программы инженер или банкир обращаются к специалисту по информатике, требуя от него заверения в корректности программы. Прежде всего, мы, конечно, задаем заказчику вопрос: «Какую спецификацию вы пытаетесь получить?» И слишком часто мы слышим в ответ: «А что такое спецификация?» Здесь опять-таки приходится начать лекцию об основных принципах программирования. Важным предварительным условием надежного программирования является простая, но строго сформулированная абстрактная спецификация требуемого поведения программы, ясно устанавливающая, что допускается делать с помощью этой программы и чего нужно избегать. Это должно сопровождаться тщательной разработкой структуры программы, с указанием интерфейсов и тщательным анализом, выполненным с помощью математических вычислений и доказательств. Лишь после этого компоненты программы подлежат кодированию, при разумной математической гарантии, что после сборки окончательного продукта этот продукт будет, в самом деле, работать сразу же после поставки и будет работать всегда. Любой код, написанный до формулировки спецификации, должен быть выброшен. В случае крайней необходимости и любопытства или из любезности специалист по информатике часто сделает все возможное, чтобы подогнуть спецификацию к уже написанному коду: иногда произведенный таким образом анализ обнаруживает ошибки, которые вряд ли удалось бы обнаружить другим способом.

Москва: лингвистика.

Во время последнего семестра моего курса статистики в Оксфорде я увидел на доске объявлений моего колледжа рекламу Британского Совета, официального органа, способствующего связям Англии с другими странами мира в области культуры и образования. Эта организация только что заключила соглашение с Советским Союзом о ежегодном обмене двадцатью аспирантами. Время подачи заявлений истекало на следующий день. Я тут же решил испытать этот шанс. Если мне удастся соорудить заявку в течение двадцати

четыре часов, я ее подам, и если мне повезет, воспользуюсь этим предложением. И мне повезло!

Это было интересное приключение. В 1960 году Советский Союз был по-прежнему недоступен для иностранцев, и я вошел в первую группу иностранных учащихся, которые могли посетить эту страну и познакомиться с драматически противостоящей нам политической системой. Русская культура развивалась вполне самостоятельно, в изоляции от греческих и латинских влияний, воздействовавших на Европу в эпоху Возрождения. Я хотел также использовать этот случай для упражнения и совершенствования в русском языке. Наконец, я хотел глубже изучить теоретические основы теории вероятностей, пионером которых был, как известно, великий русский математик Андрей Николаевич Колмогоров. Именно на его кафедру я был зачислен в Московском государственном университете.

Вначале было трудно. Чтобы слушать лекцию на чужом языке в течение целого часа, требуется немалая сосредоточенность, а в Москве лекции продолжались целых два часа. Я затратил весь день, пытаясь купить в Москве подушку для сидения, но безуспешно; ее прислали мне по почте родители. Разрешив обе эти проблемы, я приступил к настоящей проблеме — труднее всего была сама математика, и особенно трудно было для новичка изучить абстрактную теорию меры на аспирантском уровне. К счастью, я нашел в университетской библиотеке превосходную книгу Халмоша (Halmos), которую я изучил и усвоил с большим удовольствием. В ней вводился ряд технических понятий из теории множеств, теории решеток и теории приближений, с которыми я встретился впоследствии в моей работе над теорией доменов, применяемой к изучению компьютерных языков программирования.

Будучи в Москве, я получил письмо, определившее все будущее направление всей моей жизни. Письмо пришло из Национальной физической лаборатории, главной исследовательской лаборатории английского правительства, расположенной в Тэддингтоне близ Лондона. Основная задача этой лаборатории состояла в поддержании и совершенствовании стандартов научных измерений, например, для определения времени и расстояния. В этом письме меня приглашали

посетить Тэддингтон, чтобы обсудить мое назначение на весьма престижный пост старшего научного сотрудника, для разработки нового проекта компьютерной программы автоматического перевода с русского языка на английский.

Это послужило достаточной причиной, чтобы уменьшить внимание к моим математическим занятиям и ознакомиться с текущим состоянием русских работ по машинному переводу — разумеется, с английского на русский. Я прочел первые номера русского журнала «Машинный перевод», встретился с некоторыми авторами и поговорил с ними. Но я никогда не видел ни одного советского компьютера — в то время они были слишком секретными, чтобы их можно было показывать иностранцам.

Задача машинного перевода начинается с отделения корня каждого слова от его грамматических приставок, указывающих число, род и падеж. Затем корень используется для сверки с основным словарем языка. Далее следует грамматический анализ предложения на языке подлинника. После обнаружения и устранения двусмысленностей должно быть синтезировано переведенное предложение с применением грамматики и порядка слов языка перевода. Я немало размышлял обо всех этих трех этапах. Синтез предложений на языке перевода был предметом первой научной статьи, когда-либо написанной мною. Она была написана по-русски, отпечатана на русской машинке, одолженной у одного из друзей, и опубликована в журнале «Машинный перевод»⁴⁷.

Мои занятия синтаксическим анализом привели меня в московскую библиотеку имени Ленина, единственную, где имелись относящиеся сюда работы Ноама Хомского, награжденного в 1988 году премией Киото за его работы по Cognitive Science. Его теории синтаксиса являются точным выражением правил, которые должны быть использованы компьютером для проверки грамматики предложения. Упрощение этих правил для искусственного языка, несомненно, является наилучшим способом уменьшить риск

⁴⁷Ч.А.Р. Хоар. Об одном способе осуществления синтеза предложения при машинном переводе на основе синтагматического анализа / Машинный перевод и прикладная лингвистика. М.: 1-й МГПИИЯ, 1961. – Вып. 6. – С. 80–88.

грамматической ошибки, допущенной человеком. Идеи Хомского были впервые подхвачены Джоном Бэкусом и использованы Питером Науром при проектировании международного алгоритмического языка АЛГОЛ 60. С тех пор они оказали огромное влияние на разработку других языков программирования, на компьютерную лингвистику и на информатику в целом. В последнее время они получили еще более широкое и непосредственно практическое применение в маркировочном языке XML, стандартизованном в качестве средства для обмена высоко структурированными данными между компьютерами.

Для меня наиболее важным результатом предложенной мне работы над машинным переводом в тэддингтонской группе было изобретение сортирующего алгоритма, который я впоследствии назвал быстрой сортировкой (quicksort). В то время компьютеру было очень трудно справляться в словаре, чтобы найти перевод каждого слова предложения на языке подлинника. Словарь хранился в алфавитном порядке на длинной магнитной ленте, чтение которой занимало несколько минут, даже если оно сводилось к простому сканированию от начала до конца. Было бы весьма неэффективно выполнять сканирование отдельно для каждого слова предложения. Более эффективная идея состояла в том, чтобы сначала расположить слова предложения в алфавитном порядке, так, чтобы все они могли быть прочитаны в течение одного прохода ленты. При этом каждая словарная статья может просматриваться, когда она проходит под читающей головкой.

Я задался вопросом, каким образом компьютер сможет выполнить этот предварительный процесс упорядочения. Моя первая идея, вероятно, пришла бы в голову каждому: выбирать слова по одному за раз, помещая их в надлежащее место уже построенной последовательности слов. Но я знал, что для компьютера такая операция была бы весьма неэффективна: для предложения всего лишь из двадцати слов могло бы потребоваться до двухсот операций сравнения и перестановки. Дальше возникла другая идея: выбрать случайным образом одно из слов самого предложения; затем просмотреть предложение, отобрав все слова, стоящие в алфавитном порядке ниже выбранного слова, и расположить их вместе (например,

слева), а все слова выше его — справа; и, наконец, поставить выбранное слово в середину. Я разработал весьма эффективный способ хранения обеих групп, используя оба конца одного и того же массива, где хранится исходное предложение. Это было важно, потому что в то время оперативная память была очень маленькой — всего несколько килобайт, и не было свободного места, чтобы хранить слова во время сортировки.

Конечно, задача сортировки этим не исчерпывается. Ее можно было бы завершить, если бы удалось сортировать левую и правую группы отдельно, тщательно их разделив. Почему бы этого не сделать точно таким же образом, как мы уже это сделали, выбирая слова этих групп? Тогда каждая из групп разобьется на две, так что всего получится четыре группы. Продолжая этот процесс столько, сколько нужно, мы придем к набору групп, каждая из которых содержит лишь одно слово. Конечно, их невозможно делить дальше, но, к счастью, это и не нужно. Поскольку все группы в течение всего процесса располагались в правильном порядке, этим завершается упорядочение всего предложения.

Я думаю, что эта идея пришла мне в голову внезапно, но требовалась еще тщательная проверка, будет ли она, в самом деле, работать и как быстро. Поэтому я принялся писать программу для выполнения этой процедуры. Я пользовался при этом единственным языком программирования, который я знал — языком Автокод Меркурий, выученным мною в Оксфорде в предыдущем году. Но это была для меня слишком сложная работа. Я не мог выполнить необходимые вспомогательные операции, чтобы разделять мои группы и помнить, что еще осталось сделать. Поэтому я отложил свою идею и вспомнил о ней снова лишь в следующем году, когда я располагал уже интеллектуальными средствами и надлежащим языком программирования, чтобы справиться со всеми трудностями.

В конце моего пребывания в Москве я получил другое, совершенно неожиданное письмо, на этот раз от моего дяди, который вышел в отставку из Королевского флота и стал главным менеджером Ассоциации производителей научных приборов Великобритании. Он организовывал выставку в центре Москвы, где все производители могли бы выставлять и продавать свои изделия.

Он предложил мне щедрый гонорар — двадцать фунтов стерлингов за рабочую неделю. Я должен был действовать как переводчик со стороны экспонентов и приезжающих из Англии лекторов, обеспечивая их связь с русской публикой — учеными и потенциальными покупателями, посещающими выставку. Поэтому я прервал мой приятный отпуск с экскурсией в Грузию и Армению, устроенной моими университетскими хозяевами для нашей группы в конце годового пребывания. Я вылетел обратно в Москву, чтобы помочь моему дяде устроить выставку.

Одним из экспонентов была компания Elliott Brothers, Ltd., производившая мини-компьютеры для научных вычислений в своем Отделении вычислительной техники в Борхемвуде (Borhamwood). В Москве они демонстрировали работу своего новейшего компьютера Elliott 803. Он имел около шестнадцати килобайт оперативной памяти и работал с удивительной скоростью — свыше тысячи простых операций в секунду. У него не было ни принтера, ни магнитных лент, ни арифметики с плавающей запятой, и он стоил всего лишь двадцать девять тысяч фунтов стерлингов, что соответствует, вероятно, полумиллиону нынешних фунтов. Но он был достаточно надежен, чтобы его можно было перевезти в автомобиле за тысячу миль, через всю Европу. После этого он работал в московском выставочном зале в течение всего московского лета, при московских источниках питания. Экземпляры этого компьютера еще сохранились в научных музеях Англии. Иногда они приводятся в рабочее состояние энтузиастами, которые до сих пор используют некоторые программы, разработанные и написанные мною в начале шестидесятых годов.

Компьютер привлекал мое внимание больше всех экспонатов, и я проводил большую часть времени возле него в выставочном зале. По окончании выставки управляющий Отделения вычислительной техники предложил мне бесплатное возвращение в Англию в пустом автомобиле, доставившем в Москву компьютер: мое знание русского языка, местного населения и бюрократии должно было быть весьма полезным шоферу в этой поездке. Меня пригласили также посетить при возвращении завод фирмы Elliott Brothers, Ltd. в Борхемвуде и обсудить вопрос о постоянной работе.

Таким образом, мои дела шли отлично. Мне предложили в перспективе две должности. Двадцать фунтов от моего дяди превратились в сорок, поскольку экспоненты его Ассоциации полагали, что я проделал для них хорошую работу. Кроме того, Британский Совет возместил мне за счет государства стоимость моей поездки по железной дороге и пароходом из Москвы в Лондон. Таким образом, я смог приобрести себе новую одежду, которая не нужна была мне, когда я служил на флоте и которую, конечно, не хотел покупать в Москве.

Борхемвуд: работа с компьютерами

Мое первое рабочее интервью было в Национальной физической лаборатории в Тэддингтоне. Там я увидел знаменитый прототип компьютера ACE, первоначально спроектированный при консультации Алана Тьюринга. Функциональное устройство ACE было выполнено на электронных лампах, несколько десятков его регистров прямого доступа — на акустических линиях задержки, а оперативная память — на магнитных барабанах. Стойки компьютера занимали большой зал, но архитектура была значительно более примитивной, чем у компьютера Ferranti Mercury, приобретенного Оксфордским университетом двумя годами ранее, и еще более отсталой по сравнению с транзисторами и запоминающим устройством на магнитных сердечниках компьютера Elliott 803. При дальнейшем обсуждении предложенных мне условий работы оказалось, что должность старшего научного сотрудника была указана ошибочно. В действительности, я вовсе не должен был стать научным сотрудником. Я должен был получить техническую должность в качестве экспериментатора. Когда же мои работодатели обнаружили, что у меня нет ученой степени, они сказали мне, что могут нанять меня лишь на временную работу, и что я вовсе не могу рассчитывать на постоянную должность в Гражданской научной службе. Мне рассказывали, что в Лаборатории удивились, когда я отклонил перспективу такой несколько не соблазнительной карьеры.

Однако главная причина, по которой я отклонил это предложение, состояла в том, что я потерял веру в осуществимость машинного перевода с естественного языка. Я осознал, что

недостаточно хранить в памяти словарь всех отдельных слов языка; необходимо хранить еще большее число сочетаний слов и выражений. Предполагалось, что задача упростится, если ограничиться научной литературой, но в действительности это делало ее еще труднее, поскольку каждое важное открытие в науке приводит к появлению целого ряда совершенно новых слов и выражений, для которых надо ввести соответствующие, тщательно подобранные, выражения в другом языке. Неосуществимость проекта была признана, когда лет через пять лет от него отказались. Только сейчас машинный перевод становится возможным. Но он не опирается на изощренные синтаксические и аналитические методы, которые мы разрабатывали в шестидесятые годы. Вместо этого, как я и предсказывал, машина хранит большой массив предварительно переведенных текстов, и использует сравнение структуры (pattern) переводимого предложения с полным источником предложений языка. Как я подозреваю, этот новый метод представляет полезную аналогию с интуитивным подходом, который позволяет человеку овладеть структурой и грамматикой естественного языка, используя вместо аналитических правил одну только подсознательную память.

Гораздо более успешным было мое второе рабочее интервью в фирме Elliott Brothers, Ltd.. Мне предложили стандартное стартовое жалование в восемьсот фунтов в год, с прибавлением ста фунтов за мое знание русского языка, которое могло быть полезно компании. Каждый год меня посылали летом с компьютером на московскую выставку, в автофургоне, вместе с шофером. Я должен был отвечать на вопросы множества русских посетителей и беседовать с потенциальными покупателями машины. На выставочном стенде самыми частыми посетителями были покупатели машин прежних образцов, у которых возникали проблемы с нашим оборудованием или программным обеспечением. Они работали в столь секретных институтах, что им не разрешали даже писать нам, чтобы получить простые ответы на самые обычные вопросы. Поэтому им приходилось ждать нашего следующего приезда в Москву, чтобы найти решение своих проблем.

Моя главная работа в фирме Elliott Brothers состояла в программировании — я должен был писать библиотечные

программы в десятичном машинном коде для компьютера 803, который я впервые увидел в Москве. После предварительных испытаний, внушивших моему боссу уверенность в моей квалификации, мне доверили ввод в эксплуатацию остроумного нового метода сортировки слов или чисел, вводимых в компьютер в возрастающем порядке, незадолго перед этим разработанного и опубликованного Шеллом. Большое преимущество этого метода состояло в том, что сортировка производилась в той же области памяти, которую занимали подлежащие сортировке слова, и не требовалось почти никакой дополнительной памяти. Я выполнял в точности данные мне инструкции. Мне доставляла подлинное удовольствие оптимизация внутренних циклов программы, позволявшая извлекать выгоду из самых остроумных команд машинного кода. С большим удовольствием я занимался также оформлением программ согласно стандартам, установленным для документации, которая поставлялась потребителям в составе нашей библиотеки. Интересно было даже испытание программы — обнаружение ошибок напоминало решение математических головоломок. Замечательно было, что мне за это еще и платили! К счастью для меня, это чудо продолжалось в течение большей части моей трудовой жизни.

Моя единственная проблема в это время состояла в том, что мой босс был лишь четырьмя годами старше меня, и его босс тоже был еще молодым человеком. Ясно было, что я пропустил первую большую волну распространения компьютеров, и мне предстояло долго ждать какого-либо повышения в должности. К счастью, эта моя оценка оказалась совершенно ошибочной. Мог ли я знать, что в течение моей трудовой жизни быстродействие компьютеров вырастет примерно в миллион раз? Что они станут в тысячу раз дешевле? В миллион раз меньше? И что при этом емкость их внутренней памяти вырастет в тысячу раз. В то же время, принципы программирования, с которыми я впервые встретился в промышленности сорок лет назад, и которые были предметом всего моего преподавания и исследований в университетах, остались в наши дни столь же незыблемыми, какими они были всегда.

Пожалуй, они стали еще важнее, поскольку теперь они применяются на практике миллионами программистов во всем мире.

Сдав мою законченную программу сортировки Шелла, я очень скромно дал понять моему боссу, что у меня есть гораздо более быстрый метод сортировки. Он в это не поверил и предложил мне пари на шесть пенсов, что я ошибаюсь. Тогда я объяснил ему метод, открытый мною при размышлениях о машинном переводе в Московском университете. Он признал, что я выиграл шесть пенсов. Но это не было достаточной причиной, чтобы переписать заново только что завершенную программу сортировки. Меня ожидали более срочные задачи.

Первая задача состояла в том, чтобы написать программу для лентопротяжного устройства, недавно присоединенного к компьютеру 803. Я вспомнил, что в основе первоначальной машины Тьюринга было хранение данных на ленте, и изучил ее снова, в надежде найти полезные понятия и абстракции, чтобы применить их в моем программировании. Однако вскоре мне пришлось расстаться с этой идеей по серьезным практическим причинам. Так я впервые пережил знаменитый конфликт между теорией и практикой вычислений.

К счастью, в свободное время я продолжал думать о моем алгоритме сортировки, чтобы выяснить, какова его скорость. Я написал систему совместных разностных уравнений, определяющих среднее число необходимых сравнений и обменов. Однажды в воскресенье я лежал на своем диване, лениво перебирая формулы. Вдруг я остановился, обнаружив, что я нашел новое доказательство того очевидного факта, что нуль равен нулю. Это нередко случается с математиками-любителями, и лучшее, что можно в таких случаях сделать, это вернуться к предыдущим выкладкам и тщательно их проверить. Прюделав это, я обнаружил, к своему удивлению, что я не ошибся: я действительно нашел именно ту формулу, которая решала систему уравнений и давала среднюю скорость сортирующей программы. Она работала именно с той скоростью, на которую я рассчитывал. Это воодушевило меня настолько, что я написал отчет о моем методе в научной статье под названием "Quicksort", которая была опубликована в *British Computer Journal* в 1962 году.

Десятью годами позже я посетил Стенфордский университет по приглашению Дональда Кнута, лауреата премии Киото по информатике за 1996 год. Он сказал мне, что его вдохновил мой анализ сложности алгоритма quicksort, и что он и его ученики применили впоследствии свои гораздо более мощные аналитические методы и получили значительно больше сведений о статистическом распределении времени сортировки для этого алгоритма.

Когда прошло шесть месяцев моей работы в компании Elliott Brothers, мне поручили еще более важную задачу — разработать новый язык программирования высокого уровня для новых, более быстродействующих моделей компьютеров этой компании. По особому везению в мои руки попал экземпляр отчета Питера Наура о Международном алгоритмическом языке АЛГОЛ 60, недавно разработанном комитетом специалистов. Мы решили использовать подмножество этого языка. По еще большему везению, моей помощницей оказалась программистка Джил Пим, которая перешла на этот проект после применения автокода к предыдущему компьютеру фирмы Elliott. Вскоре после этого мы поженились и до сих пор живем в счастливом браке.

Одной из многих прогрессивных особенностей языка АЛГОЛ 60 были рекурсивные процедуры. Процедурой называется повторно применяемая часть программы, которая служит некоторой полезной цели, вроде сортировки, применяемой в различных приложениях. Рекурсивная процедура — это процедура, нарушающая запрет Аристотеля применять в определениях уравнения, содержащие определяемый член с обеих сторон. В самом деле, если вы попытаетесь использовать такое определение, заменив определяемое слово экземпляром другой стороны уравнения, это приведет к бесконечной регрессии. Но при некоторых разумных условиях процедура, рекурсивно использующая самое себя, будет работать правильно. Это кажется почти чудом, поскольку при записи определения процедуры вы можете уже успешно пользоваться той самой процедурой, которую вы еще окончательно не записали. Я относился к рекурсии с особым энтузиазмом, поскольку она позволила мне опубликовать на языке АГОЛ 60 очень ясно сформулированную программу, вместо моей прежней сложной

программы сортировки. Напомню, что она начинается с разделения слов предложения на две группы. Затем надо использовать в точности ту же процедуру для сортировки этих групп. При этом группы сохраняют правильный порядок, так что после сортировки обеих групп оказывается отсортированным все предложение. Единственное требование состоит в том, чтобы ни одна из групп не оказалась пустой, и чтобы группы, состоящие в точности из одного слова, опускались. Только с помощью языка АЛГОЛ 60 я смог сформулировать эту идею с полной ясностью. С этого времени я всегда считал высшей целью языка программирования возможность просто и изящно выражать на нем хорошие идеи.

В то далекое время, в 1961 году, написание компилятора для языка программирования было весьма устрашающей задачей, и рекурсии языка АГОЛ 60 делали ее еще сложнее. К счастью, у моей компании была библиотека с хорошей подборкой журналов, которую я просматривал почти каждую неделю. Я нашел там выпуск журнала Communications of the ACM за апрель 1960 года, посвященный применению языков программирования, содержащих рекурсию. На меня произвела наибольшее впечатление статья о рекурсивных функциях от символических выражений, написанная Джоном МакКарти, лауреатом премии Киото по информатике и искусственному интеллекту за 1988 год. В ней было приведено удивительно ясное описание первой версии чисто функционального языка программирования LISP. Этот язык был непосредственно подсказан теориями знаменитого логика Стивена Клини, и включал его концепцию обобщенной арифметики и его общее определение частично рекурсивных функций. Меня восхитила очень простая LISP программа, написанная МакКарти для определения посредством интерпретации любой другой LISP программы, предъявленной ей в качестве данных. Она была намного проще сложных конструкций, придуманных Аланом Тьюрингом для выполнения той же задачи в его машине. И теперь это не было уже теоретическое упражнение, эта программа, в самом деле, работала на реальных компьютерах. Меня столь же восхитил первый пример в руководстве по программированию для версии 1.5 языка LISP. Это была замечательно простая запись того самого алгоритма, который

Хао Ван применил раньше для проверки теорем первых девяти глав «Principia Mathematica» Рассела.

Через десять лет я проработал лето в Стенфорде, в Лаборатории искусственного интеллекта Джона МакКарти. После моего опыта с машинным переводом я весьма скептически смотрел на практические перспективы искусственного интеллекта вообще. Но идеи МакКарти, относившиеся к функциональному программированию, к структурам данных, к аксиомам и к недетерминизму, сыграли, по крайней мере, для меня, историческую роль стимулятора во всем дальнейшем развитии этого предмета.

После внимательного изучения статей МакКарти и других авторов я нашел ключевую идею, позволившую мне разработать и написать АЛГОЛ-компилятор для машины Elliott. Это была та же идея, которая была использована в моей программе сортировки на языке АЛГОЛ 60 — то есть концепция рекурсии. Весь компилятор представлял собой процедуру, которая транслировала один оператор программы. Используя синтаксический метод Ноама Хомского, любую программу на языке АЛГОЛ 60 можно описать одним оператором, который содержит в себе много других, меньших операторов. При этом, когда компилятор встречается с одним из этих меньших операторов, он просто принимается рекурсивно компилировать этот внутренний оператор, прежде чем продолжить компиляцию остальной программы. Таким образом, магия рекурсии, как и все другие хорошие идеи в программировании, применима к большим программам, так же как и к малым.

Наш проект реализации языка АЛГОЛ 60 успешно развивался. Примерно через год я начал надеяться, что его вскоре он будет готов для поставки, и сообщил это моим менеджерам. Вскоре после этого старший менеджер Отделения вычислительной техники должен был лететь в Нью-Йорк, чтобы попытаться возобновить договор о продаже компьютера Elliott заказчику, в последнюю минуту отменившему свой заказ в пользу компьютера IBM. Перспектива получить компилятор АЛГОЛ 60 для компьютера Elliott 803 произвела на этого пользователя такое впечатление, что он все-таки изменил свои намерения в нашу пользу. Это доставило нашему скромному проекту немалую репутацию, а также — чего никогда

раньше не было — жесткий срок поставки! Могу с удовольствием сообщить, что мы в этот срок уложились; хотя, как это обычно бывает, потребовалось немало дополнительного труда, чтобы сделать компилятор более удобным в эффективной операционной среде.

После неожиданного успеха нашего АЛГОЛ-компилятора, мы обратились к более честолюбивому проекту: разработать математическое обеспечение ряда операционных систем для более сложных конфигураций компьютера, с устройствами для чтения перфокарт, устройствами построочной печати, магнитными лентами и даже с внешней памятью на магнитных сердечниках. Это последнее устройство было вдвое дешевле и вдвое больше оперативной памяти, но в пятнадцать раз медленнее. Наше программное обеспечение стало известно под названием Elliott 503 Mark II.

Я составил документацию, описывающую соответствующие понятия и устройства, и мы разослали ее имеющимся и перспективным заказчикам. Мы начали работу с командой из пятнадцати программистов, с намеченным сроком поставки примерно через восемнадцать месяцев, в марте 1965 года. После того, как я инициировал разработку программного обеспечения Mark II, я был внезапно назначен на головокруглительный пост помощника главного инженера, ответственного за развитие и проектирование продуктов компании,— как аппаратуры, так и программного обеспечения.

Хотя я по-прежнему отвечал в качестве руководителя за программное обеспечение системы Elliott 503 Mark II, я стал уделять ему меньше внимания, чем новым продуктам компании, и едва не упустил из виду, что срок поставки миновал без всякого результата. Программисты пересмотрели свои планы, и была установлена новая дата поставки — тремя месяцами позже, в июне 1965 года. Незачем говорить, что и этот срок прошел без результата. К тому времени наши заказчики начали раздражаться, и мои менеджеры распорядились, чтобы я принял на себя личную ответственность за проект.

Стало ясно, что первоначальные спецификации программного обеспечения не могут быть выполнены, и должны быть резко сокращены. Были отозваны занятые на других проектах опытные программисты и даже менеджеры. Мы решили сосредоточиться сначала на поставке нового компилятора для АЛГОЛ'а 60, что должно было занять, согласно тщательной оценке, еще четыре месяца. Программисты работали день и ночь, чтобы завершить все блоки компилятора АЛГОЛ. К нашему удовольствию, они справились с этой работой в срок. Это была первая крупная продукция действующего программного обеспечения, выпущенная компанией за два года.

Наша радость продолжалась недолго: поставка компилятора оказалась невозможной. Вследствие несогласования оперативной памяти с внешней памятью, скорость компиляции составила всего два символа в секунду, что выглядело весьма неблагоприятно, поскольку существующая версия компилятора обрабатывала около тысячи символов в секунду. Создалось безвыходное положение: приходилось отказаться от всего проекта программного обеспечения Elliott 503 Mark II, и вместе с этим пропадало свыше тридцати человеко-лет программной работы, что было эквивалентно приблизительно всей активной трудовой жизни одного человека. И за эту расточительность отвечал я, как разработчик и как руководитель.

Как же мы справились с этой катастрофой?

Мы снова начали с нашего первоначального работающего компилятора для языка АЛГОЛ 60, и стали прибавлять к нему минимальные добавочные средства, которых от нас требовали заказчики. Этот план удался. Требуемое программное обеспечение начало поставляться в назначенные сроки. По мере того как возрастала наша уверенность и уверенность наших заказчиков, мы смогли приняться за выполнение несколько более трудных требований. В течение года мы справились с бедствием. В конце второго года у нас уже появились достаточно удовлетворенные потребители. Таким образом, с помощью здравого смысла и компромисса мы добились некоторого успеха. Но я был недоволен. Я не мог понять, почему проектирование и реализация

операционной системы должны быть настолько труднее, чем в случае компилятора. По этой причине я посвятил мои дальнейшие исследования проблемам параллельного программирования и языковым конструкциям, которые могли бы обеспечить строгое структурирование операционных систем — таким конструкциям как мониторы и связанные последовательные процессы.

Когда компания осознала, что она оправилась от прошлых неудач, наступило время обратить внимание на будущее, на проектирование еще более мощных быстродействующих машин, необходимых для того, чтобы идти в ногу с успехами в области аппаратной технологии и машинной архитектуры. Для этой цели я был освобожден от должности технического руководителя Отделения развития и назначен главным научным специалистом Отделения компьютерных исследований. С небольшой группой коллег мы занялись исследованиями таких архитектурных нововведений как сверхоперативная память и системы замещения страниц (подкачки), именуемых теперь виртуальной памятью. Мы осознали, что решающим фактором для продажи любого нового компьютера становится его программное обеспечение, и в особенности, его операционная система. Компания все еще не поставляла такие системы, а я даже не знал, как следует, что это такое. Поэтому я посетил Математическую лабораторию Кембриджского университета, чтобы изучить компьютер Titan и операционную систему Titan. Эта система была разработана сотрудниками и преподавателями университета под руководством Мориса Уилкса, лауреата премии Киото по информационным технологиям за 1992 год. Я воспользовался его работами в области сверхоперативной памяти, а также его пониманием структуры операционной системы в целом.

В 1967 году компания Elliott Brothers была поглощена другой конкурирующей компанией, и наше намерение спроектировать новый компьютер, было отменено. В следующем году мы слились с еще большей компанией. Я просматривал тогда предложения о трудоустройстве, и нашел вакантное место заведующего кафедрой информатики Королевского университета в Белфасте. Как это ни

странно, я послал туда заявление и, к моему большому удивлению, меня приняли на эту должность.

Так началась моя университетская карьера. Во всех исследованиях, предпринятых мною с тех пор, я вдохновлялся проблемами, с которыми встретился в моей предыдущей промышленной карьере и в моем последующем сотрудничестве с промышленностью. Меня вдохновляло также значение для компьютерных наук некоторых глубоких философских идей и размышлений, занимавших человеческий ум в течение ряда столетий. Я решил разобраться в этих вопросах на самом серьезном уровне. Меня не беспокоило, что это занятие могут назвать исследованием оснований, чистой наукой или наукой будущего. В самом деле, как я и предсказывал, мои ранние исследования по теории программирования стали применяться в промышленности лишь после того, как я завершил мою университетскую карьеру. Это было для меня подлинной поддержкой, поскольку оказалось, что избранные мною предметы исследования могут доставить мне ряд интересных задач в течение всей моей научной жизни.

Так оно и было. В прошлом году я достиг предельного возраста ухода на пенсию, установленного в британских университетах. Но на этом не закончилась моя исследовательская карьера. Я занял должность старшего научного сотрудника в кембриджском исследовательском отделении ведущей всемирной компании программного обеспечения Майкрософт. Здесь я получил необычайную возможность непосредственно наблюдать, как некоторые из моих ранних исследовательских результатов, вместе с результатами некоторых других ученых, постепенно пробивают себе дорогу в промышленную практику. В настоящее время они используются преимущественно при испытаниях и отладке программ. Они начинают находить применение в проектировании современных языков программирования. Можно надеяться, что развитие новых средств программирования будет еще более тесно связано с основополагающими теориями программирования.

Мне доставило большое удовольствие поделиться с вами этими рассказами о прожитой мной интересной жизни. Надеюсь, они показывают, что несмотря на частые перемены направления, иногда

приводившие к драматическим противоречиям, я предпринимал серьезные усилия, чтобы объединить открытия великих философов и логиков прошлого с опытом успехов и неудач в промышленности, чтобы использовать их для построения фундаментальных теорий в новой важной области техники. Для младших слушателей этой аудитории мои странные приключения могут содержать некий урок: не следуйте ни моему примеру, ни примеру кого-нибудь другого. Выберите свой собственный путь в том направлении, которое вас больше всего интересует в данное время. Если вы хорошо чувствуете себя в устойчивом течении профессиональной карьеры, я желаю вам всяческого успеха. Но если ваши интересы ведут вас в необычном направлении, не бойтесь отклоняться от принятых шаблонов. Не бойтесь перемен, как бы драматичны ни были возникающие при этом контрасты. Если вы упорно размышляете, обобщая ваш опыт, вы сможете применить его в самых неожиданных случаях. В этом бесконечном мире у каждого человека свой собственный опыт, собственные интересы и собственная личность. И мы должны поощрять и развивать это безграничное разнообразие, чтобы обеспечить непрерывный прогресс наших знаний, непрерывное обновление наших всевозможных культур, и, в конечном счете, благополучие и счастье человечества.

Дональд Мичи

Алан Тьюринг и проект машины-ребенка

В течение ряда лет я с восхищением наблюдал за развитием вычислительных наук в России. Поскольку я сам не был участником этого процесса, я не в состоянии внести прямой вклад в этот предмет. Вместо этого я предлагаю нечто вроде концептуального предисловия к обсуждению темы, которая стала общим интеллектуальным наследием наших двух наций, или, в сущности, всех наций. Я имею в виду работы и открытия Алана Матисона Тьюринга. Мои заметки посвящены не только его памяти — потому что я его хорошо знал — но также памяти другого замечательного мыслителя в области вычислительных наук, академика Андрея Ершова.

Я вспоминаю мои встречи с Андреем в Москве, в Академгородке и в моем доме в Шотландии. Андрей любил стихи Роберта Бёрнса и знал их наизусть в переводах Маршака. Он посвятил один день, чтобы посетить место рождения поэта. Куратор

музея, столь же страстный поклонник Бёрнса, декламировал длинные отрывки на шотландском диалекте, а Андрей Ершов великолепно перемежал с ними свое собственное вдохновенное исполнение знаменитых переводов Маршака. Другим его поэтическим увлечением, которое он разделял с отцом американского искусственного интеллекта Джоном Маккарти, были баллады певца Боба Дилана. Я как сейчас слышу голоса Андрея и Джона, поющих дуэтом, в котором мелодический тенор Ершова сопровождался густым басом Маккарти, когда они пели (в стиле и на музыку песни Дилана «Это не я, моя милая») сатирическую песенку о только что опубликованном Отчете Алгол 68:

*Прочтите наш Отчет, если можете,
Прочтите с выбранной вами скоростью.
Это не то, чего вы хотели, ребята.
Это не то, что вам нужно.*

*Вы говорите, что вам нужна книга
Не слишком толстая и всегда понятная
Для руководства и защиты
От всех багов, которых вы боитесь...*

Расставшись с моими героями в середине песни, я возвращаюсь к своей теме.

Три главных вклада

Имя Тьюринга связывают с тремя достижениями:

1. Решение проблемы из оснований математики, с помощью конструкции, известной под названием Универсальной Машины Тьюринга (УМТ).
2. Инженерная реализация УМТ в виде универсальных электронных вычислительных машин.
3. Предложение о разработке компьютеров, имитирующих когнитивные функции, оцениваемые с помощью его «игры в подражание».

К последнему разделу относится не только знаменитый «Тест Тьюринга», но также малоизвестное практическое предложение по

реализации универсального интеллекта посредством обучения и самообучения «машины-ребенка». Это предложение, хотя и не вызвавшее отклика, имеет, как я полагаю, даже большее потенциальное значение, чем сам по себе Тест Тьюринга.

Абстрактная конструкция

Главное достижение Тьюринга в области теории вычислимости восходит к 1935 году, когда он, будучи выпускником Кембриджского университета, слушал курс оснований математики знаменитого тополога М.Г.А. Ньюмена (M.H.A. Newman). В лекциях Ньюмена говорилось о программе Гильберта, целью которой был систематический метод, в принципе способный решать все математические задачи. Проблема указания такого метода была известна под названием Entscheidungsproblem⁴⁸. Ньюмен рассказал также о провале этой программы вследствие доказательства Гёделя, опубликованного в 1931 году. Интересы молодого Тьюринга сосредоточились на логике, с особым вниманием к той идее, что Entscheidungsproblem разрешима в том и только том случае, если можно найти, эффективную процедуру, которая за конечное число шагов решает, существует ли определенный ответ на любой правильно поставленный вопрос. Чтобы доказать, что такая процедура не может существовать, надо было дать строгое определение термина «эффективная процедура», или «алгоритм», или другого синонима для этого общепринятого интуитивного понятия. Математики в течение столетий не испытывали особых трудностей по этому поводу, поскольку для каждого конкретного бесконечного класса вопросов (то есть для каждой математически определенной функции) было ясно, является или не является алгоритмом процедура, отвечающая на эти вопросы. Однако для того, чтобы показать, что для некоторого бесконечного класса *не существует алгоритма*, требовалось предварительное уточнение понятия всей совокупности возможных алгоритмов. После этого задача сводится к доказательству, что никакая процедура,

⁴⁸ Проблема разрешимости (нем.)

соответствующая этому точному определению, не может ответить на все вопросы этого класса.

Ни Тьюринг, ни Ньюмен не знали, что точное определение понятия «эффективной процедуры» уже в течение нескольких лет привлекало внимание Гёделя, Эрбрана, Поста, Чёрча и Клини. К 1936 году было уже предложено три различных по форме определения, а именно: общая рекурсивность Эрбрана-Гёделя, определимость Чёрча-Клини и вычислимость Тьюринга. Все три определения прямо вели к неразрешимости Entscheidungsproblem. В действительности, они все эквивалентны.

В 1936 году Клини установил эквивалентность общей рекурсивности и λ -определимости, а Тьюринг приложил к своей работе 1936 года набросок доказательства эквивалентности вычислимости по Тьюрингу и λ -определимости. Далее, Чёрч и Тьюринг использовали каждый свою систему для доказательства конкретных результатов, в том числе неразрешимости проблемы распознавания доказуемости в исчислении предикатов.

В следующем году, реферируя работу Тьюринга, Чёрч заметил, что вычислимость с помощью машины Тьюринга «имеет то преимущество, что делает непосредственно очевидным отождествление с эффективностью в обычном (неявно определенном) смысле слова». Вопрос, может ли любая заданная математическая функция в принципе быть вычислена, сводится при этом к вопросу, остановится ли когда-нибудь машина Тьюринга, запущенная с некоторыми входными данными и надлежащей программой вычислений. Соответственно, в нынешней сокращенной формулировке говорят: является ли заданная функция «вычислимой по Тьюрингу»?

Тезис Тьюринга

Заметим, что существует огромное различие между главными *результатами* Тьюринга (например, что класс функций, вычисляемых по Тьюрингу, не исчерпывает всех функций, определенных в исчислении предикатов) и описанным Чёрчем отождествлением «вычислимого по Тьюрингу» с «эффективно вычислимым». Невозможно доказать тождество двух сущностей,

одна из которых явно не определена. Таким образом, хотя Тьюринг сделал указанное тождество непосредственно очевидным для современной интуиции, его абстрактная конструкция машины Тьюринга не достигает ничего большего. Описанное выше отождествление обычно называется «Тезисом Тьюринга». Соответственно «Тезис Чёрча» заменяет вычислимость по Тьюрингу λ -определимостью. Ввиду эквивалентности λ -определимости и вычислимости по Тьюрингу, все три тезиса логически эквивалентны.

Вычислимость по Тьюрингу

Для построения своего определения Тьюринг начинает с поведения человека, выполняющего заранее указанное вычисление для ответа на некоторый заданный класс вопросов. Он предполагает, что человек имеет конечный набор дискретных состояний памяти, и набор точных правил для выполнения чисто механического процесса, использующего конечные ресурсы. Окончание последовательности операций или бесконечное ее продолжение определяет, может ли ответить заданный набор правил на соответствующий вопрос. Введя последовательные упрощения, каждое из которых доказуемым образом не влияет на исход вычислений, он приходит к простому автомату, снабженному бесконечной лентой с последовательностью клеток, в каждой из которых можно поместить символ из некоторого конечного алфавита. Теперь, оставив в стороне человека, можно определить машину Тьюринга для вычисления функции f с помощью конечного множества наборов из пяти символов. Каждый набор может принимать одну из трех форм:

$$P\alpha\beta Rq \text{ или } P\alpha\beta Lq \text{ или } P\alpha\beta Nq$$

Последовательность таких пятерок интерпретируется как таблица команд для вычисления f . Частное значение аргумента, для которого надо вычислить f (частный вопрос из заданного класса вопросов), вводится в машину как последовательность символов,

записываемых в первых n клетках ленты. Команды имеют следующее содержание:

Если машина выполняет команду p и в сканируемой клетке находится символ α , заменить α на β , переключить машину на выполнение команды q и передвинуть ленту на одну клетку вправо, одну клетку влево или оставить её на месте, в зависимости от того, содержит ли данная пятерка соответственно символ R , L или N .

До сих пор для каждой функции f мы должны были строить специализированную машину Тьюринга (Тьюринг называет такие машины «логическими вычислительными машинами» или «ЛВМ»), вкладывая, так сказать, надлежащую таблицу команд в «задний карман» устройства. Предположим теперь, что каждый запуск машины начинается вычисление новой функции f . Тогда можно было бы в каждом случае вначале описать на ленте соответствующую специализированную машину для вычисления f , по существу — ее таблицу команд. Таким образом, можно создать универсальную машину, выполняющую различные команды для вычисления различных функций f , закодированных на ленте. Чтобы привести в действие такую машину, надо вложить в ее «задний карман» новую таблицу команд, на этот раз *ведущую* таблицу, смысл которой состоит в том, что она определяет язык в виде правил интерпретации.

На языке несколько более ориентированном на компьютеры, каждая пятерка интерпретируется следующим образом:

- Текущая команда p .
- Символ α , находящийся в текущей клетке ленты.
- Символ β , по условию заменяющий его.
- Направление (R , L , N) движения ленты.
- Адрес q перехода на следующую команду.

Таким образом, Тьюринг непосредственно связал формальную систему с очевидными устройствами и процессами реального мира и, тем самым, подготовил теоретические основы для послевоенного развития цифровых вычислительных машин с хранимой программой.

Техническая реализация

Возможность физического осуществления Универсальной Машины Тьюринга была в то время далеко не очевидна. Несомненно, ее упустил из виду Джон фон Нейман, который интересовался математическими работами Тьюринга и знал его работу об Entscheidungsproblem. Но, как полагает М.Г.А. Ньюмен в некрологе, опубликованном в *Times*, сам Тьюринг уже видел эту инженерную возможность:

Описание, которое он дал тогда «универсальной» вычислительной машине, было по существу вполне теоретическим, однако Тьюринг весьма интересовался всевозможными практическими экспериментами, и даже в то время рассматривал перспективы практического конструирования машин такого рода.

Этот замысел превратился в конкретный план благодаря приобретенному Тьюрингом в военное время опыту работы с быстродействующими автоматическими счетными устройствами. Работая в Правительственной школе кодов и шифров в Блетчли Парк (Bletchley Park), он стал (вместе с математиком Гордоном Уэлчменом (Gordon Welchman), идейным руководителем расшифровки немецкого кода для морской связи «Enigma»). Они использовали для расшифровки электромеханические устройства, которые назывались «Bombes». В поисках более быстродействующих устройств Тьюринг установил контакт с Т. Флауэрсом (Т.Н. Flowers), который позже стал главным конструктором серии быстродействующих электронных компьютеров “Colossus”. Они предназначались для криптографического проекта Ньюмена, имевшего другое назначение (см., например, [1]). Незадолго до смерти Флауэрс рассказывал о своих разговорах за обедом с Ньюменом и Тьюрингом о Чарльзе

Бэббидже и его работе. Еще раньше, весной 1943 года, и И. Гуд (I.J. Good) и Д. Мичи (D. Michie) начали регулярные дискуссии с Аланом Тьюрингом о возможной механизации игры в шахматы, обучения и других видов умственной работы. В этих дискуссиях будущее развитие универсальных машин уже считалось само собой разумеющимся, отчасти вследствие знакомства с машинами “Colossus” (см. [2]), хотя эти последние еще не были универсальными.

Когда война приближалась к концу, отчет фон Нейманна-Эккерта-Мочли (Neumann-Eckert-Mauchly) от 30 июня 1945 года побудил к действию Дж. Вомерсли (J.R. Womersley), суперинтенданта Математического отделения Национальной физической лаборатории (НФЛ) Соединенного Королевства. По-видимому, семья было посеяно еще раньше. Согласно Копленду [3], протокол Исполнительного Комитета НФЛ от 15 ноября 1949 года свидетельствует, что Вомерсли прочел в 1938 году работу Тьюринга об Entscheidungsproblem и сразу же заинтересовался возможностью построить вычислительную машину. Во всяком случае, он предпринял быстрые действия, чтобы завербовать Алана Тьюринга, который к концу 1945 года составил свой отчет о компьютере ACE. Из этого документа, вместе с лекцией Тьюринга, прочитанной в феврале 1947 года в Лондонском математическом обществе, можно извлечь список новаторских концепций Тьюринга:

- **Микропрограммирование;**
- **Идея подпрограммы;**
- **Использование стека для организации иерархического вызова подпрограмм;**
- **Вычисления с переменной разрядностью;**
- **Необходимость большой страничной памяти;**
- **Циклы “while”;**
- **Удаленный доступ и обработка;**
- **Автоматизация ввода и вывода;**
- **Концепция операционной системы;**
- **Автоматизация программирования.**

Заметим, что все эти методы стали общепринятыми в вычислительной технике, отчасти даже последний из них.

С удивительным предвидением Тьюринг указал, что главные препятствия для прогресса носят не столько технический, сколько социологический характер:

«Специалистов (инженеров-программистов) будут увольнять, как только какая-нибудь техника станет достаточно стандартной, чтобы можно было разработать программы, позволяющие компьютеру делать это автоматически. Может случиться, что специалисты откажутся разрабатывать такие программы. Возможно, они не захотят терять таким образом свою работу».

(Лекция в Лондонском математическом обществе, февраль 1947 года).

Через 53 года я спросил квалифицированного инженера-программиста, не думает ли он, что Эппл и Майкрософт могут построить операционные системы с само моделированием, значительно увеличив этим возможности самоотчета и самопрограммирования. Ответ был: «Вероятно, но тогда люди вроде меня потеряют работу!»

Моделирование сознания

Идея автоматического программирования, рассмотренная Тьюрингом в его лекции 1947 года, немедленно привела к вопросу, «насколько вычислительная машина в принципе может моделировать деятельность человека».

Интересы Тьюринга выходили за пределы всего лишь принципиальной возможности. В переписке с И. Гудом и Д. Мичи он активно обсуждал в этот период, как оценить число переключаемых и соединительных элементов человеческого мозга, чтобы получить требования к простейшему моделированию. В работе, опубликованной в “*Mind*” в 1950 году, он предложил «игру в имитацию». Человек, задающий вопросы, общается через удаленное печатающее устройство с двумя адресатами, человеком и машиной.

«Я полагаю, что примерно через пятьдесят лет будет возможно программировать компьютеры с объемом памяти

порядка 10⁹, которые смогут играть в имитацию столь хорошо, что средний задающий вопросы человек будет иметь шансы не более 70 процентов для правильного отождествления (человек или машина?) после пятиминутного опроса».

Таким образом, этот тест относится скорее к человеческому характеру мышления опрашиваемого, чем к уровню этого мышления. Тьюринг, несомненно, верил, что, кроме этого относительно нетребовательного сценария, можно будет в конечном счете моделировать способность к глубокому и последовательному мышлению. Но игра в имитацию должна была разрешить не эту проблему. Приведенный выше отрывок рассматривает скорее вопрос, какое время и какая память требуются для положительного решения менее важного и чисто философского вопроса: при каких обстоятельствах пришлось бы вообще согласиться с притязанием машины на мышление. Оптимистическая оценка в тысячу мегабит памяти частично объясняется приведенным далее в работе уточнением. Как говорит автор, мы должны, может быть, ограничить задачу, игрой в имитацию против слепого. Его озабоченность по поводу дополнительных ресурсов, необходимых для имитации «визуального мышления», впоследствии оправдалась. Однако, если бы Тьюринг знал интеллигентного человека, родившегося слепым, то он, возможно, осознал бы существование эквивалентов «визуального мышления», не требующих зрения, имитация которых оказалась бы столь же требовательной в отношении ресурсов. К этому вопросу я еще вернусь.

Между тем, прошедшие пятьдесят лет устранили первоначальный вопрос Тьюринга: при каких обстоятельствах мы должны были бы вообще признать способность машины мыслить. Это случилось в результате поляризации мнений образованной публики, разделившейся на два лагеря, которые можно описать как философски-теоретический и технологически-эмпирический. Первый из них нашел (теоретически) неопровержимые основания отвергнуть это притязание, тогда как второй лагерь нашел непреодолимую (практическую) потребность принять его.

Философско-теоретический лагерь

Этот лагерь полагает, что если нечто не может претендовать на сознание, подобное человеческому, то нельзя сказать, что оно мыслит. В конце концов глагол «мыслить» вошел в наш язык с сопровождающим его предположением, что мышление означает сознание, и в повседневной жизни мышление, по прежнему, интерпретируется таким образом. Например, философ Джон Сирл (John Searle) определяет мышление как свойство, которое можно приписать лишь объектам, способным «иметь сознательные мысли точно в том же смысле, в каком имеем их вы и я». Согласно доктрине философски-теоретического лагеря, пока не будет найден метод обнаружения в машинах сознания, подобного человеческому, даже сверхчеловеческая интеллектуальная деятельность во всех модальностях не должна считаться достаточным свидетельством разумного мышления.

В работе 1950 года Тьюринг отметил аргументы этого рода, а также невозможность доказать, так сказать извне, что даже человек обладает сознательным мышлением. В работе 1950 года в журнале “*Mind*” он отмечает:

*«Согласно самой крайней форме этого взгляда единственный способ удостовериться, что машина мыслит, состоит в том, чтобы **быть** машиной и чувствовать себя думающим. В таком случае эти чувства могли бы быть сообщены внешнему миру, но конечно, никто не обязан был бы обращать на это внимание. Подобным же образом, единственный способ убедиться в том, что человек мыслит — это быть этим самым человеком. В действительности, это солипсистская точка зрения. Возможно, это самая логичная точка зрения для того, кто ее придерживается, но она затрудняет передачу идей. А обязан верить в то, что А мыслит, а В не мыслит, между тем как В верит в то, что В мыслит, а А не мыслит. Вместо бесконечных споров по этому поводу обычно придерживаются вежливого соглашения, полагая, что мыслит каждый».*

Как неявно отметил Тьюринг, до тех пор, пока мы не примем соглашение о методе обнаружения и измерения сознания в машинах,

солипсистская позиция логически неопровержима, при всей ее бесполезности.

Технологически-эмпирический лагерь

Специалисты по информационным технологиям подходят к тем же вопросам с противоположной точки зрения, а именно, с точки зрения полезности. Соответственно этому, термины «интеллект» и «мышление», как свойства программ и систем программирования, отделенные от обязательной связи с сознанием, уже вошли в повседневную речь. В своей работе 1950 года в “*Mind*” (стр.14). Тьюринг говорит:

«... Я полагаю, что к концу столетия употребление слов и общее мнение образованной публики изменятся настолько, что можно будет говорить о машинном мышлении, не вызывая возражений».

Можно сказать, что это пророчество Тьюринга осуществилось сегодня среди пользователей компьютеров. В формулировках технических требований и в диагностике мы встречаемся даже с языком, выражающим сознательность. Следующий диалог заимствован в сокращенном виде из популярного английского компьютерного журнала *What Palmtop and Handheld PC*, за июнь 2000 года. Я подчеркнул некоторые слова, поместив их в квадратные скобки, чтобы привлечь внимание к их антропоморфным коннотациям *цели, осознания и восприятия*.

ДЕФЕКТ: Недавно я приобрел компьютер Palm V с портативной клавиатурой. Однако, каждый раз, когда я подключаю Palm V к клавиатуре, он [пытается] HotSinc через прямую последовательную связь. Если я отменяю его попытку HotSinc, перехожу в MemoPad и пытаюсь печатать, то всякий раз, когда я нажимаю клавишу, он [стремится] HotSinc. Что я делаю неправильно?

ЛЕЧЕНИЕ: Самое логичное решение состоит в том, что ваш Palm V [не уверен] в наличии клавиатуры. Вам надо заново

инсталлировать драйверы, поставляемые с клавиатурой, и убедиться, что она подключена. Тогда ваш Palm V перестанет

[пытаться] HotSinc с клавиатурой и [признает] ее полноправным устройством.

Предсказание Тьюринга было сделано задолго до повседневного использования компьютеров и является еще одним свидетельством его почти сверхъестественной способности предвидеть отдаленное будущее.

Современная практика программирования (как и медицинская практика) считает достаточным, если систему можно заставить вести себя, *как если бы она обладала сознанием*. Несколько лет назад можно было встретить в Интернете честолюбивое заявление такого рода:

... В предвидении таких изменений, группа Интерфейса пользователей в компании Microsoft Research разрабатывает интерфейс, играющий роль помощника... Этот проект, который мы называем «Персона», будет пытаться создать иллюзию находящегося в компьютере сознательного существа.

То же происходит и в более широком плане. Философия, рассуждающая о том, что составляет «подлинное» сознание, уступает место техническим и социальным потребностям. Сегодняшние проекты, подобные проекту «Персона», сталкиваются с крайне трудной задачей, близкой к самой сущности искусственного интеллекта. Поэтому уместно рассмотреть здесь принадлежащий самому Тьюрингу радикальный план осуществления интеллекта человеческого уровня. Его предложение «машины-ребенка» должно было послужить указанием, как можно в действительности выполнить эту задачу, казавшуюся недоступной при других подходах. К сожалению, он запрятал это предложение в раздел под названием «Обучающиеся Машины», седьмой и последний в той же работе в “*Mind*” 1950 года. Сообщество исследователей искусственного интеллекта в целом и ученые вообще упустили из виду его тщательную аргументацию. Она начинается с того, что он отбрасывает как безнадежный казавшийся неизбежным метод, а именно — метод непосредственного программирования в машине обширного фактического, относительного и причинного знания, какое понадобилось бы для этой цели.

Безнадежность ручной работы

Тьюринг воспользовался оптимистическим предположением о памяти в тысячу мегабит, чтобы получить нижнюю оценку ресурсов, необходимых для ее заполнения при явном программировании.

«При моем нынешнем темпе работы — писал он, — я выдаю в течение дня около тысячи символов программы. Так что эту работу могут выполнить примерно шестьдесят человек, непрерывно работающих в течение пятидесяти лет, если ничего не выбрасывать в мусорную корзину. Было бы желательно найти более приемлемый метод».

В 1980-е годы, по крайней мере две попытки построить универсальные системы на человеческом уровне дорого заплатили за пренебрежение к «более приемлемым методам» Тьюринга. Это был «Проект пятого поколения» отделения *MITI* японского правительства и проект “СУС” американской корпорации *MCC*. Оба проекта стремились создать огромные базы данных, которые должны были содержать большую часть того, что люди называют здравым смыслом, и обладать способностью сообщать на естественном языке свои знания и свои выводы. Оба проекта использовали в качестве единственного средства приобретения знаний непосредственное программирование. Оба проекта, щедро и систематически финансируемые в течение почти десяти лет, окончились без существенного продвижения в своих первоначальных целях (см. [4]) и, соответственно, [5]).

Науки о познании и о мозге обнаружили, что даже в ограниченных областях, где знание может быть запрограммировано в приемлемое время, есть другая причина неосуществимости ручной работы. Неспособность программиста запрограммировать его знания о том, как просмотреть фрагмент стихотворения, как распознать человеческое лицо, как плавать или как завязать рифовый узел не имеет никакого отношения к его неспособности записать какую-нибудь программу в приемлемое время. Как продемонстрировал и разъяснил Мичи в 1995 году, знание и мышление решающим образом основаны на «процедурной» памяти, которая, вообще говоря, *не доступна* интроспекции. Между тем,

явное программирование многих повседневных навыков требует доступа к содержанию этой памяти. Таким образом, возможность ручного программирования всего необходимого знания для «машины-ребенка» становится невозможной вследствие качественных ограничений, прибавляющихся к недостаточности ресурсов, обнаруженной вычислениями Тьюринга.

«Более приемлемый» метод Тьюринга

Тьюринг вводит следующее правило для массового приобретения знаний — сознательного или бессознательного:

При попытках имитации разума взрослого человека мы неизбежно должны подумать о процессе возникновения этого состояния разума. Здесь можно отметить три компонента:

- 1. Исходное состояние разума, например, при рождении.*
- 2. Обучение, которому он был подвергнут.*
- 3. Другие воздействия, которым он был подвергнут, не относящиеся к обучению.*

Вместо того, чтобы пытаться разработать программу, имитирующую разум взрослого человека, почему не попытаться составить программу, моделирующую разум ребенка? Если подвергнуть эту последнюю надлежащему курсу обучения, то можно было бы получить взрослый разум.

Чтобы запрограммировать в машине-ребенке способность быть воспитуемой до такого уровня, на котором ее можно было бы передать учителям детского сада, очевидным образом должны быть выполнены следующие минимальные требования:

- (i) чтобы система понимала некоторое приближение к естественному языку и отвечала на языке, понятном учителю,
- (ii) чтобы она была способна обучаться на примерах, доставляемых учителем («обучение под руководством»), и
- (iii) чтобы она была способна обучаться путем собственного исследования, методом проб и ошибок («обучение без руководства»).

Современное развитие машинного обучения (пункты ii и iii предыдущего перечня) и построение пишущих устройств для развития разговорных навыков (пункт i) показывает, что Тьюринг был на правильном пути. Но прогресс в развитии эффективной машины-ребенка будет медленным, поскольку предположения,

высказанные в той же статье в “Mind” относительно мозга новорожденного, могут оказаться крайне наивными:

«Можно предположить, что мозг ребенка — это нечто вроде блокнота, какие покупают в магазине канцелярских товаров — очень мало механизмов, но множество свободных листов... Мы надеемся, что в детском мозге такой простой механизм, что можно будет легко запрограммировать нечто вроде него».

Как показывают современные исследования, дело обстоит совсем иначе: мозг новорожденного человека и даже мозг эмбриона до рождения снабжен сложно взаимодействующими способностями, а также встроенными программами их дальнейшего развития. Надежды на легкое программирование «чего-то в этом роде» приходится, к сожалению, оставить. Следствия этого несколько обескураживают в отношении времени разработки программы, которая могла бы выдержать ограниченную версию теста Тьюринга. Время развития такой программы, предусмотренное самим Тьюрингом на основании оптимистических предположений, оказалось все же недостаточным по отношению к снисходительному критерию теста, намеченному в его работе 1950 года.

В записи радиопередачи 1952 года можно прочесть:

Ньюмен: Мне хотелось бы присутствовать при вашем соревновании человека с машиной, и может быть попытаться самому задать некоторые вопросы. Но это будет еще не скоро, если машина должна будет отвечать на все вопросы без ограничений?».

Тьюринг: Конечно, для этого понадобится, я думаю, 100 лет.

Таким образом, по оценке Тьюринга, машина сможет достигнуть человеческого уровня в качестве собеседника примерно в 2050 году. Но, как мы видели, у него были в то время серьезные заблуждения, разделяемые его современниками, относительно первоначальной структуры и возможностей мозга новорожденного ребенка...

Бесплотная мысль

Идея машины-ребенка натолкнулась также на другой подводный камень, который сам Тьюринг огорченно сознавал. Это —

желательность снабдить подлежащее воспитанию устройство достаточным набором сенсорных органов, конечностей и т. д., чтобы оно могло получать всю совокупность ощущений, обычных для нормального «воспитания младенца». Как признал сам Тьюринг, эта цель практически недостижима. Психолог Роберт Френч убедительно показал [6], что компьютер лишь в том случае сможет удовлетворить тесту Тьюринга, если он приобретет интеллект взрослого человека, воспринимая мир так же, как мы. При этом он, по-видимому, имел в виду ограниченную версию теста, вроде той, которая обсуждалась в радиопередаче 1952 года. Позиция Тьюринга состояла в следующем:

«Нам незачем также беспокоиться о ногах, глазах и т. д. Как показывает пример мисс Хелен Келлер (родившейся слепой и глухой), обучение можно осуществить, с помощью тех или иных средств, если есть коммуникации в обоих направлениях между учителем и учеником».

Раньше он предлагал ограничить свой Тест игрой в имитацию со слепым человеком, при этом он хотел избежать, как несущественных для «чистого разума», огромных технических трудностей, связанных с развитием машинных эквивалентов человеческого зрения. Возможно, он хотел также уменьшить роль визуализации в том виде мышления, который надо было имитировать, по отношению к логическим и словесным формам. В таком случае он недооценивал, до какой степени люди с врожденной слепотой могут развить совместное использование других органов чувств, порождая, таким образом, эквиваленты визуального восприятия — даже тот вид «визуального мышления», который мы знаем из собственного опыта и находим в интроспективных наблюдениях таких мастеров мышления, как Эйнштейн и Пуанкаре.

Восприятие без зрения и «телесное чувство»

Будучи студентом, я близко познакомился с замечательной способностью компенсаторного развития и координации чувств, которой обладал мой слепорожденный друг Мартин Миллиган. Он уверенно передвигался без палки по улицам Оксфорда, пользуясь хранимой в памяти «когнитивной картой», как это делаем мы все. Он строил, обновлял и применял эту карту, интерпретируя поразительно

разнообразные невизуальные признаки,— не только эхолокацию с помощью резонанса от лицевых полостей и пазух, но также отражение инфракрасных лучей от зданий, воспринимаемое поверхностью кожи. Он умел все это воспринимать, и любезно соглашался подробно описывать мне, как он это делал.

Инженер-психолог Р.Л. Грегори (R.L. Gregory), бывший одно время моим коллегой, опубликовал систематическое исследование еще более замечательного субъекта [7]. На высшем уровне своих навыков этот человек способен был в одиночку ездить на велосипеде! Однако, в возрасте 51 года, в результате операции пересадки роговицы он приобрел зрение. Теперь он мог «видеть» в том же смысле, как «видит» фотоаппарат. Но поскольку у него в течение всей жизни не было возможности научиться координации визуальных сообщений с данными других органов чувств, в том числе с внутренней регуляцией вегетативных и мышечных процессов, он вначале не мог интерпретировать то, что сообщали мозгу его глаза. Путем упорной тренировки он добился некоторого улучшения своей деятельности в качестве зрячего. Но эта его способность оставалась убогой по сравнению с его прежними замечательными успехами в обществе в качестве слепого. Окончилось это трагически: через несколько лет он впал в отчаяние и покончил с собой.

Я подробно остановился на сенсомоторном восприятии и управлении, поскольку современные успехи в когнитивной нейрологии (см.[8] и [9]) укрепили накопившиеся свидетельства о центральной и необходимой роли «телесного чувства» в развитии человеческого восприятия и сознательного мышления. Эти новые знания не только подрывают предположения Тьюринга относительно требуемых ресурсов. Возникают сомнения по поводу возможности и даже целесообразности технического подражания интеллекту *человеческого типа*. Не лучше ли нам поставить следующие два вопроса:

- Каковы возможные применения теста Тьюринга?
- Каковы его ограничения?

Применения теста

Главное преимущество теста Тьюринга состоит в том, что он позволяет быстро и эффективно опровергнуть неосновательные притязания некоторой интерактивной программы на обладание интеллектом. Когда шахматная программа Deep Blue нанесла поражение чемпиону мира Гарри Каспарову, многие люди решили, что эта программа, несомненно, обладает значительным шахматным интеллектом. Но в действительности эта программа была лишь чудом большой вычислительной мощности, где единственным обоснованием каждого хода был просмотр и оценка многих миллиардов позиций. В этой программе не была представлена ни одна нетривиальная шахматная концепция. Собеседнику в тесте Тьюринга достаточно было бы только попросить программу прокомментировать избранные отрывки из только что сыгранных партий, чтобы разоблачить ее притязания. В отличие от этого, любой шахматный мастер легко ответит на эти вопросы таким способом, что коллеги-шахматисты обнаружат в его ответах проявления интеллекта. Отметим важность выбора невидимого человеческого кандидата и спрашивающего из одной и той же интеллектуальной культуры (см. ниже) для предполагаемой версии теста Тьюринга, ограниченной шахматной игрой. В том маловероятном случае, если бы разработчики Deep Blue сослались на незнание программой естественного языка как на единственную причину отсутствия демонстрируемых концепций (в действительности они не выдвигали таких претензий), остался бы эффективный вариант, указанный независимо Пенроузом [10] и Мичи [11]. Вопросы теста можно задавать в виде нарочно сочиненных шахматных позиций, с предложением, чтобы программа ответила на них ходом. Это были бы причудливые позиции, не дающие возможности как либо, применить грубую силу путем опережающего просмотра в течение приемлемого времени, однако эти позиции «с первого взгляда» поддаются известным шахматным концепциям, опирающимся на стратегические соображения. Случилось так, что Пенроуз и Мичи в указанных работах независимо избрали позицию, изобретенную для иллюстрации этого тезиса международным мастером Хартстоном (Hartston) и гроссмейстером Норвудом (Norwood, 1993). Стоит заметить, что методология шахматного эндшпиля, несомненно

принадлежащая нано-миру машины-ребенка, а именно, король с пешкой (на a7) против короля и ладьи, породила концептуально построенную программу, которая способна была доказать свой шахматный интеллект, ответив (с комментариями) на все такие вопросы, поставленные этой программой на международной встрече специалистов по компьютерным шахматам и шахматных мастеров.

Дальнейшие подробности приведены в [12].

Прошло примерно шестнадцать лет с тех пор, как первая обучаемая машина-ребенок была сконструирована А.Д. Шапиро (A.D. Shapiro). Он назвал свой метод обучения на примерах «структурированной индукцией». Учителем был международный мастер Д. Копец (D. Корес). Оба они работали в институте имени Тьюринга в Глазго. После этого некоторая версия обучаемой машины-ребенка была продана промышленному клиенту института, Вестингауз Электрик Корпорейшн (Westinghouse Electric Corporation) в Питсбурге, США. Эта фирма столкнулась с, по-видимому, неразрешимой проблемой оптимизации, которая относилась однако не к стратегии шахматных эндшпилей, а к автоматическому управлению качеством на заводе очистки ядерного топлива.

Что касается вопроса об эндшпилях, то поколения специалистов по эндшпилям не сумели построить даже начатки их теории. Вычислительная сложность промышленной задачи оказалась значительно меньше. В соответствии с этим, один из сотрудников фирмы, Лич [13], используя в точности ту же методологию, смог в течение нескольких месяцев научить машину действовать в качестве высокопроизводительного автоматического контроллера. Полученное в результате улучшение качества продукции принесло компании экономию свыше десяти миллионов долларов в год.

С тех пор использование программ и методологий машины-ребенка незаметно проникло в различные отрасли промышленности, почти не привлекая внимания в академических кругах исследователей искусственного интеллекта. В последнее время метод структурированной индукции был применен в фармакологической промышленности, с использованием Индуктивного Логического Программирования (Inductive Logic Programming, ILP). Маглтон, Брайант и Шринивасан (Muggelton, Bryant, Srinivasan) сделали при

этом совместное человеко-машинное открытие биомолекулярной теории структурно-активных отношений.

Удивительный, но неопровержимый факт состоит в том, что Тьюринг предусмотрел в 1950 году для машины-ребенка в точности тот же путь, который теперь в ИЛР называется «базовым знанием». Предсказание Тьюринга состояло в том, что обучаемая машина будет иметь «полную систему встроенных правил логического вывода ... память будет занята, в основном, определениями и предложениями. Предложения будут иметь различный статус, например, точно установленные факты, предположения, утверждения авторитетов, выражения, имеющие логическую форму предложений, но без оценки достоверности».

В микромире открытия биомолекулярных теорий не только проявляются успехи идеи машины-ребенка, но неожиданно вновь возникает сам дух теста Тьюринга. «Учителя», обучающие эти системы молекулярной науке, говорят, что они могут успешно критиковать предположения машины, генерирующей некоторые утверждения, лишь в том случае, если они могут уверенно представить себе, что эти предположения исходят от коллеги-человека.

Ограничения теста

Следующие замечания применимы ко всем разумным версиям теста Тьюринга и, в особенности, к сильной его форме, предложенной Ньюменом в описанной выше радиопередаче.

Зависимость от культуры.

Для частного микромира шахмат мы уже подчеркнули выше необходимое предварительное требование, чтобы все участники имели одинаковую подготовку в одной и той же интеллектуальной культуре. Этот принцип можно распространить на все человеческие миры. Вследствие культурных различий люди с различной подготовкой могут испытывать трудности или даже быть

неспособными оценить интеллект друг друга. Разговор между охотником на тюленей из племени эскимосов и ловким торговцем наркотиками с нью-йоркской улицы может вызвать у каждого из них впечатление, что другой вообще ничего не соображает. Предположим, что человек, возражающий против развития машин, попытается бы установить склад ума, например, шотландского огородника. Предположим далее, что один из указанных выше индивидов выбран в качестве удаленного человека, а вопросы ему будет задавать жена японского рыбака. В ее изолированной жизни она не могла иметь контакта со складом ума шотландского огородника или гренландского охотника за тюленями (или, может быть, нью-йоркского торговца наркотиками). Тогда ее задача оценки двух кандидатов может оказаться невыполнимой.

Френч [6] убедительно рассмотрел соображения этого рода и пришел к выводу, что «... компьютер будет всегда разоблачен, если он не имеет в этом мире такого опыта, какой имеют люди». Однако, как показывают предыдущие воображаемые ситуации, положение может быть еще хуже. Культурные факторы могут сделать сравнительную оценку совершенно невозможной.

Зависимость интеллекта от физических характеристик.

Рассмотрим теперь тест Тьюринга без ограничений на вопросы, как это предложил Макс Ньюмен в упомянутой радиопередаче. Предположим, что двум невидимым кандидатам задается вопрос: «Можете ли вы почесать ваш левый локоть пальцами вашей левой руки?» Для невидимого человека, будь он эскимос, житель Нью-Йорка или англичанин, это легкий вопрос с «очевидным» (отрицательным) ответом. Но машина-конкурент, если только ее конструктор случайно не предвидел в точности такой вопрос, потерпит поражение из-за отсутствия соответствующего телесного чувства. Нормальный ребенок пяти лет способен правильно ответить на этот вопрос, даже если не позволить ему физически экспериментировать перед ответом. Таким образом, этот вопрос почти ничего не говорит об интеллекте, но все — о человеческой природе.

Протестуя против кажущейся тривиальности приведенного выше примера, критик, работающий на переднем фронте нынешней когнитивной неврологии, поймет, что за ним стоит более глубокая инфраструктура. Я имею в виду возникающую картину взаимозависимости между

- (1) явлениями сознательного мышления и
- (2) сочетанием человеческого телесного чувства с внешними и внутренними сенсорными органами.

В частности, визуально-пространственная (и даже «мышечная» в случае Эйнштейна (см. [14])), природа мышления по аналогиям, свойственная многим научным и математическим умам, едва ли может быть уловлена без предварительного условия, что машинная программа должна развиваться в человеческом теле и передаваться во взаимодействии с другими людьми. Это далеко идущий и сложный вопрос, которым мы дальше здесь не будем заниматься. Имеются современные авторитетные обзоры на эту тему (см. [9], [10]).

Глубина и диапазон человеческого сознания подразделяются теперь на «центральное сознание» (core consciousness) и «расширенное сознание» (extended consciousness), причем число категорий увеличивается по мере того, как применение современного оборудования и методов обнаруживает во всех подробностях нервные корреляты. Автору этих строк кажется неправдоподобным, чтобы когда-нибудь удалась попытка полной имитации действия разума в целом. Однако размышления и внимательное наблюдение за развитием когнитивной неврологии убедили меня в том, что столь героические усилия в любом случае принесут некоторую пользу. То, что требуется — это скорее реализация сознательного мышления специфически *машинного типа*, в том смысле, что аналог человеческого сознания будет зависеть не от физического строения человека, но от более доступного машине собственного телесного чувства и от показаний внешних и внутренних сенсоров. Если читатель вернется к приведенному выше примеру с карманным компьютером и его парализованной клавиатурой, то он поймет мое заключение.

Коммерческое возрождение игры в имитацию

Когда направляют главные усилия на имитацию глубоко заложенных знаний машинного типа, это не обязательно удовлетворяет особую потребность в имитации менее человеческого понимания и ответственности за цели пользователя. Такой целью может быть облегчение задач «учителя», описанное выше в случае биомолекулярных открытий, или более специальная цель, вроде намеченного фирмой Майкрософт проекта «Персона», или ряд других, возникающих из коммерческих приложений, которые будут рассмотрены ниже.

Имеются в виду следующие приложения:

1. Персональные гиды для торговых выставок, конференций, музеев, тематических парков, дворцов, археологических памятников, фестивалей и т. д.

2. Существует неудовлетворенная потребность более чем в персонализации, а именно, в гуманизации. Взаимодействие может при этом выполняться через виртуальную личность, к которой пользователь обращается как к человеческому гиду и советчику.

3. Английский как второй язык. В наше время все большее число людей пересекает национальные границы, чтобы жить новой жизнью, в которой им препятствует недостаточное знание языка их новой среды.

4. В развитых странах возрастает доля населения пенсионного возраста. Широко распространено опасение, что под давлением этого нового груза может рухнуть социальная инфраструктура. Для того, чтобы преодолеть изоляцию пенсионеров, можно дополнить телевидение и книги личными машинными собеседниками.

5. В каждой промышленной стране существует растущий нижний класс. Оставаясь безработным и неквалифицированным, он переполняет улицы и тюрьмы. Необходимы обучение профессиям и переобучение, с разговорными интерфейсами, которые могут повысить профессиональную пригодность при небольших расходах.

Уровень, достигнутый в настоящее время, все еще поверхностный, а достижения несколько не согласованы. Они сильно зависят от эффектов анимации и синтеза речи, создающих иллюзию личности. Приближение к игре в имитацию даже в очень снисходительной формулировке Тьюринга 1950 года, по-видимому, займет еще несколько лет в будущем. На этом сравнительно нетребовательном

уровне может оказаться возможным «настроить» даже то низкопробное разговорное устройство которое обычно называют «болтуном». Подлинно информативные и рациональные разговоры остаются вне пределов коммерческой разработки.

Это следует из глубокого различия, существующего в человеческой жизни между *разговором* и *обсуждением*.

Разговор — это чисто социальная деятельность, аналогичная обыскиванию шерсти у других приматов. При искусной имитации он будет удовлетворять непосредственные потребности. После этого надо будет всерьез взяться за создание не только связанных, но также информативных личностей, способных отвечать на более серьезные вопросы.

Повторяю, что «болтун» играет роль собеседника в легком разговоре, в пределах светских контекстов — таких как семья, друзья, любимые животные, личные истории и опыт, интересы, хобби, места отдыха, брак, здоровье, дети, автомобили, политика, еда, предпочтения, отвращения, любимые теории и т. д. Разрабатываемые модели могут записывать и хранить (отдельно для каждого из пользователей) свойственные им разговоры, образуя тем самым кумулятивные профили индивидуальных партнеров по разговору.

На следующем этапе нужно будет дополнить тактику поведения «болтуна» способностью управлять разговором, а в случае надобности — изменять направление разговора по заранее выбранным темам. Человек-лектор может делать это даже при неограниченных прерываниях вопросами и комментариями. Для получения адекватных прототипов этого, как я полагаю, понадобится, по крайней мере, пять лет в будущем, но вряд ли намного больше. Кроме того, основные свойства подлинного дружественного интерфейса могут представить значительный прорыв вперед, который позволит сосредоточиться на более трудной проблеме развития подлинного интеллекта, основанного на самосознании, сознании пользователя и сознании мира — машину со свойствами, аналогичными тем, какие мы знаем в нас самих.

Литература

1. *Randell, B.* The Colossus. In *A History of Computing in the Twentieth Century* (eds. N. Metropolis, J. Howlett and Gian-Carlo Rota), Academic Press, 1980.
2. *Good, I.J.* Enigma and Fish. Chapter 19 of *Codebreakers: the Inside Story of Bletchley Park*, by F.H. Hinsley and A. Stripp. Oxford: Oxford University Press, 1993 (reprinted with minor revisions in paperback, 1994).
3. *Copeland, B.J.* A lecture and two broadcasts on machine intelligence

- by Alan Turing. In *Machine Intelligence 15* (eds. K. Furukawa, D. Michie and S. Muggleton), Oxford: Oxford University Press, 1999.
4. *Michie, D.* The Fifth Generation's unbridged gap. In *The Universal Turing Machine: a Half-Century Survey* (ed. R. Herken), Oxford: Oxford University Press, 1988.
 5. *Michie, D.* Consciousness as an engineering issue. Part 1. *J. Consc. Studies*, 1(2), 1994. – Pp. 182–195.
 6. *French, R.* Subcognition and the limits of the Turing Test. *Mind*, 1990. – Pp. 53–65. Reprinted in 1996 as Chap. 1 of *Machines and Thought*, Vol 1, (eds. P. J. R. Millican and A. Dark), Oxford: Clarendon Press, 1990.
 7. *Gregory, R.L.* *Eye and Brain*. London: Wodenfeld and Nicolson, 1966.
 8. *Damasio, A.* *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. Harcourt Brace & Co, 1999.
 9. *Ramachandran, V.S. and Sandra Blakeslee.* *Phantoms in the Brain: Human Nature and the Architecture of the Mind*. London: Fourth Estate, 1998 (republished in paperback, 1999).
 10. *Penrose, R.* *Shadows of the Mind: a Search for the Missing Science of Consciousness*. Oxford: Oxford University Press, 1994.
 11. *Michie, D.* Consciousness as an engineering issue, Part 2. *J. Consc. Studies*, 1 (1), 1995. – Pp. 52–66.
 12. *Michie, D.* Game mastery and intelligence. In: *Machine Intelligence, 14* (eds K. Furukawa, D. Michie and S. Muggleton), Oxford: Clarendon Press, 1995. *Advances in Instrumentation*, 45 (1), 1986. – Pp. 169–175.

Б.А. Кушнер

Учитель

(К столетию Андрея Андреевича Маркова, Мл.)

*Но в памяти такая скрыта мощь,
Что возвращает образы и множит...
Шумит, не умолкая, память-дождь,
И память-снег летит и пасть не может.*

Д. Самойлов

Разумеется, единицы измерения времени условны. Столь же условны и круглые даты. Но ведь вся наша жизнь, в конечном счёте, определяется соглашениями, иногда явными, высказанными, иногда подразумеваемыми. Из-за этих молчаливых соглашений, усваиваемых постепенно, начиная с колыбели, так трудно взрослому человеку «вжиться» в другую культуру, цивилизацию. Он не понимает подчас самых простых ситуаций, а другая сторона не понимает, что он не понимает вещей, столь очевидных, что о них никто и не задумывается.

И всё-таки при всей условности дат, делящихся на пять, десять, на сто и т. д.⁴⁹, они играют существенную роль в нашей жизни, обозначая вехи и границы. Помню, с каким трепетом ждал я появления двойки с тремя нулями 31 декабря 1999 г. И это несмотря на то, что новый век, новое тысячелетие по всем историческим канонам начиналось лишь в ночь на 2001 г. В результате многие вещи стали звучать для меня футуристично, многие печально. Всю жизнь я привык говорить и писать «прошлый век», «в прошлом веке» и т. д., имея ввиду 19-й век, время Бетховена, Гаусса, Пушкина, Шумана, Брамса, Листа... А теперь мой собственный век (и не со

⁴⁹ Ведь и сама десятичная система счисления условна. Видимо, дело в том, что Бог наградил нас десятью пальцами (интересный вопрос,— почему именно десятью). Будь мы роботами, видимо, считали бы на один-два, а родись осьминогами, наверное, считали бы в восьмеричной системе.

мною ли вместе?) оказался «прошлым»⁵⁰. Да что век, само тысячелетие ушло, странно чувствовать себя человеком «прошлого тысячелетия». Уже почти палеонтология получается.

И вот незаметно подходит ещё одно круглое, трехзначное число. Столетие моего Учителя, одного из самых выдающихся математиков 20-го века Андрея Андреевича Маркова, Младшего. Вечная река Лета течёт незаметно, но уносит нас она неотвратимо, безостановочно... Оторвёшься на мгновение от суеты, и холод по спине, как изменился пейзаж, как далеко остались фиалковые луга детства, да что же там детство... Кажется, вчера встретил я на Ленинских Горах (теперь снова Воробьёвых, если не ошибаюсь) будущего своего Учителя. Стремительная походка, прямая осанка, ослепительный контраст голубых глаз и седых волос. Всё необычно, всё из ряда вон. Я уже знал, что это Андрей Андреевич Марков и что только что отмечалось его шестидесятилетие. И была осень, и шёл 1963-й год... Сорок лет назад. И уже собственное моё шестидесятилетие незаметно пришло и минуло...

Мы, ученики Андрея Андреевича, просто обязаны написать о нём, о нашем времени. Пока помним, сколько помним. Пока живём.

В меру своих сил я пробую сделать это. Эти строки посвящаются памяти моего Учителя и памяти трёх его учеников и последователей, дорогих друзей и коллег, безвременно ушедших из жизни. Вот их имена: Сергей Юрьевич Маслов (10 июня 1939 г. – 29 июля 1982 г.), Освальд Демут (Oswald Demuth) (9 декабря 1936 г. – 15 сентября 1988 г.), Альберт Григорьевич Драгалин (10 апреля 1941 г. – 18 декабря 1998 г.). О каждом из них я коротко расскажу ниже, каждый из них – отдельный особенный мир⁵¹.

⁵⁰ Как я сам и писал недавно «А век, в котором жизнь прожил / Теперь зовётся прошлым» (Вестник, № 16 (300), 24 июня 2002 г., стр. 52).

⁵¹ Воспоминания о Драгалине выдающегося голландского математика A. Troelstra можно найти на <http://staff.science.uva.nl/~anne/dragalin.html>; некролог S. Artemov, B. Kushner, G. Mints, E. Nogina, and A. Troelstra. In Memoriam: Albert G. Dragalin. The Bulletin of Symbolic Logic, 1999. – Vol. 5, No. 3. – P. 389–391. Воспоминания ленинградских коллег Маслова можно найти на сайте <http://www.mathsoc.spb.ru/pers/maslov/>. Там же есть координаты опубликованных некрологов. Мне не удалось локализовать некролог Демута. Его памяти я посвятил большую статью и доклад на Конференции в Брно: B.A. Kushner. Kurt Gödel and the constructive Mathematics of A.A. Markov. Gödel'96, Logical Foundations

Математика вспоминается многим бесконечными списками формул (одна тригонометрия чего стоит), в лучшем (или в худшем, как для кого) случае рядами теорем, вместе с которыми надо, вдобавок, ещё и доказательства запоминать. И экзамены! Кошмар экзаменов — школьных, вступительных, институтских... Сами математики представляются людьми не от мира сего, часто их «подозревают» в эмоциональной ущербности и, вместе с тем, наделяют необычайными общими умственными способностями. Вот эпизод из моего прошлого. Однажды я должен был встретиться с коллегой на станции метро «Фрунзенская». Станция эта тихая, уютная... Приехав туда заранее, я устроился на удобной деревянной скамье и стал рассматривать клавиру до-минорного фортепианного Концерта Моцарта. В самом рисунке нотных линий всегда было что-то меня завораживающее. Уходя из дому, я забыл сменить пальто, в котором гулял с моим сеттером Крассом. «Собачье» пальто было заслуженное — в следах глины и многочисленных когтей и зубов окрестных недругов моего пса. Вероятно, эта странная комбинация клавиры и рваного пальто насторожила милиционера. Некоторое время он нервно прохаживался поблизости и, наконец, тихо попросил показать документы. Я протянул ему удостоверение члена Московского Математического Общества. Заглянув в него, страж порядка понимающе протянул «а...», с сочувствием козырнул и отошёл.

Конечно, все эти представления о математике и математиках от реальности далеки... Математика — безудержно драматическое занятие, как и всякая наука, в которой человек соревнуется, почти как Иаков, с Богом, открывая Вечные Истины, божественность которых неоспорима, а также соревнуется с себе подобными в этой борьбе за права Первопроходца. Достаточно вообразить строителя, озарённо возводящего великолепное здание, которое вдруг рушится, как картонный домик, поскольку самый первый камень оказался дефектным. Такие трагедии не единожды случались с математиками:

of Mathematics, Computer Science and Physics — Kurt Gödel's Legacy, Brno, Czech Republic, August 1996. Proc. Lecture Notes in Logic, 6, Petr Hajek, Ed., 51–63, 1996, Springer, Germany.

бессонные ночи, дни, занятые упорными размышлениями, так что всё остальное вокруг воспринимается как бы через пелену. Наконец, вот она — *Теорема*. И... горькое прозрение, руины... В отличие от обыкновенного строителя здесь есть ещё одна эмоционально убийственная возможность: всё в порядке с самим Зданием, да оказывается, что кто-то его уже построил... Открытие кем-то уже открыто, Теорема кем-то уже доказана... Какие горькие, порой безобразные приоритетные споры возникают подчас⁵²... Да, живая, очень живая наука — Математика. И очень живые и очень разные люди, математики. Не думаю, кстати, что они в целом «умнее» представителей иных профессий. Математические способности далеко не всегда даруются в качестве специального проявления общего интеллекта. Встречаются талантливые, более, чем талантливые математики, которые вполне посредственны за пределами своей науки. С другой стороны, какие гармоничные Личности, какие целостные проявления Интеллекта можно встретить на дорогах этой Царицы Наук...

Поскольку мне предстоит рассказывать о Математике, невозможно совсем не касаться его науки. Я постараюсь удержаться от технических подробностей, формул и т. д., оставаясь скорее в рамках общефилософского контекста математических открытий и концепций. Читатель, которому эти части очерка покажутся трудными или скучными, может просто просматривать или даже опускать их.

Математику часто называют Царицей Наук. Действительно, именно она лежит в основании всего свода точных знаний, без которых немислима наша цивилизация. К этому можно добавить невероятную красоту некоторых математических открытий, настоящих жемчужин нашего Духа. Вот, например, теорема Пифагора (приблизительно 580 г.–500 г. до новой эры), пожалуй, самый известный математический факт, если оставить в стороне, что дважды два равно четырём. Недаром в многочисленных проектах

⁵² Достаточно напомнить ожесточённую дискуссию конца 17-го века по поводу «изобретения» дифференциального и интегрального исчисления. Я имею ввиду приоритетный спор между двумя великими учёными — Ньютоном и Лейбницем. (См., например, *David M. Burton. The History of Mathematics, An Introduction. Second Edition. Wm. C. Brown Publ., 1991, стр. 366 и далее*).

посланий иным цивилизациям Пространства почти всегда фигурирует чертёж доказательства этой теоремы, поскольку представляется очевидной универсальность геометрической истины, общей любым проявлениям Интеллекта. Чертёж этот вошел даже и в грубоватую поговорку («пифагоровы штаны на все стороны равны»). В той же Пифагоровской школе были открыты иррациональные числа⁵³. Значение этого события трудно переоценить, несомненно, речь идёт об одном из величайших достижений человеческого Духа. В геометрических терминах суть дела состоит в том, что сторона и диагональ квадрата не имеют общей меры. Невозможно найти такой эталон длины, который уложится целое число раз в обеих измеряемых длинах. Отсюда следует, что если установить стандарт длины, скажем, один см, и пытаться измерять в получившейся системе диагональ квадрата со стороной 1 см, то процесс измерения будет необходимо *бесконечным*. Греческие учёные шестого века до нашей эры оказались, таким образом, перед нелёгким выбором: либо признать существование новых *иррациональных* (сам термин говорит о некотором замирании сердца) чисел, либо допустить, что некоторые интервалы не имеют длины вообще (какой удар по геометрической интуиции!). Таким образом, в поле деятельности человека появились новые, идеальные объекты, соприкасающиеся с бесконечностью, и далеко выходящие за рамки непосредственного чувственного опыта⁵⁴. С этим же открытием связана и знакомая почти по начальной школе процедура деления целых чисел с остатком, которую можно обобщить до процедуры нахождения наибольшего общего делителя двух положительных целых чисел. Эти древнейшие алгоритмы носят имя Евклида, греческого учёного, жившего в третьем веке до нашей эры.

⁵³ Действительное число называется иррациональным, если оно не представимо, как отношение двух целых чисел. В нашем примере речь идёт об иррациональности квадратного корня из двух, первом и самом знаменитом примере этого рода. Иррациональное число записывается бесконечной (непрерывно бесконечной!) и непериодической десятичной дробью.

⁵⁴ Впрочем, сама наша способность оперировать с абстрактными понятиями, в частности, с теми же положительными целыми числами, удивительна. Можно говорить о шести яблоках, шести стульях, шести улыбках. Можно заметить что-то общее во всех этих группах объектов, возможность расположить объекты из разных групп парами. Следующий шаг, формирование идеи числа «шесть», в сущности освобождённой от любой конкретной ситуации, представляет собою подвиг абстракции, к сожалению, мало кем замечаемый.

Его же традиция считает автором так называемых «Элементов» («Начала», 15 книг), свода греческой математики. Особенное значение имеет выполненное в «Элементах» аксиоматическое построение геометрии⁵⁵. По своему месту в нашей цивилизации этот труд можно сопоставить, пожалуй, только с Библией.

А загадка числа π ? Почему отношение длины окружности, этого воплощения симметрии и красоты, к её диаметру выражается иррациональным числом, несколько большим трёх? Почему, например, не просто три? Какие Тайны мира кроются в бесконечной последовательности знаков этой уникальной вселенской постоянной⁵⁶?

Тайны безмерной глубины встречаются уже в самых начальных, школьных разделах математики. Некоторые из них волнуют человеческое воображение тысячелетиями. Такова загадка совершенных чисел. Положительное целое число называют *совершенным*, если оно равно сумме своих положительных делителей, меньших, чем оно само. Например, $6 = 1+2+3$. Следующее совершенное число 28, за ним следует 496. Рост этих чисел поразителен, скажем, шестое по счёту совершенное число мерится уже миллиардами (8 589 869 056). Понятие совершенного числа восходит к пифагорейцам, т. е. к шестому веку до н. э. Последователи этой философской и математической школы развивали мистические учения о числах, наделяя некоторые из них особыми социальными и этическими свойствами. Такого рода свойства совершенных чисел волновали мыслителей на протяжении многих веков. Например, Бл. Августин (354 г.–430 г.) считал, что Бог, который мог бы создать мир за один миг, посвятил этой задаче шесть дней именно потому, что шесть — совершенное число, и это

⁵⁵ Учебники геометрии Киселёва, памятные нескольким поколениям читателей, в сущности, представляют собою переработки Евклида.

⁵⁶ Разряды π привлекали и привлекают внимание, как профессиональных математиков, так и любителей. Мы отсылаем читателей к настоящей поэме о «пи» и рыцарях этого числа, изящно изданной книге *David Blatner. The Joy of π* . Walker Publishing Co., New York, 1977, paperback 1999. Вдоль всей книги, по нижнему полю страниц проходит вереница едва различимых цифр: миллион (!) знаков загадочной константы.

символизирует совершенство Творения. Интересно, однако, что мистическое число сатаны 666 записывается тремя шестёрками⁵⁷.

Многие поколения математиков сражались и сражаются с загадками совершенных чисел. Например, все обнаруженные до сих пор совершенные числа — чётны, но неизвестно бесконечна ли последовательность таких чисел. И уж совсем неприступной оказалась проблема совершенных нечетных чисел. Никто не знает, существует ли *хоть одно* нечётное совершенное число⁵⁸...

Но вернёмся к одному из Творцов математической науки, которому посвящён настоящий очерк.

Хочу сразу же сказать, что я не пишу работу по истории математики, скорее пытаюсь рассказать об А.А. Маркове, Мл., полагаясь в основном на свою память. Последняя же возвращает Прошлое картинками, вырванными из потока времени, фокусируется по прихоти неведомого Режиссёра на некоторых, не всегда самых значительных из них. Картины эти воспроизводятся на внутреннем языке Памяти в невероятно живой достоверности, во всём богатстве красок, звуков, эмоций... К сожалению, временные вехи в этом супероскаровском фильме не всегда расставлены, а те временные отметки которые всё же появляются, иногда обманчивы. Фотографическая формальная память, которой я был одарён в молодости, вместе с молодостью же и ушла, сменившись сокровищами ассоциаций, в которых, однако, меркнут точные числа и имена и которые иногда далеко уводят в сторону от выбранной дороги... Приношу заранее извинения за возможные невольные неточности...

Значительный вклад в письменные источники, относящиеся к биографии и научному наследию А.А. Маркова, Мл., сделан его многолетним сотрудником Николаем Макаровичем Нагорным. Н.М. Нагорный завершил рукопись монографии «Теория

⁵⁷ «Здесь мудрость. Кто имеет ум, тот сочти число зверя, ибо это число человеческое: число его шестьсот шестьдесят шесть» (Откровение Святого Иоанна Богослова (Апокалипсис), 13:18).

⁵⁸ Ср. *Burton*, цит. соч., стр. 454 и далее.

Алгорифмов»⁵⁹ (огромной трудности задача!) и опубликовал эту монографию в двух изданиях. Он же опубликовал в 2002 году первый том двухтомного собрания избранных трудов А.А. Маркова, Мл.⁶⁰ (содержащий, помимо прочего, наиболее полный список марковских работ). В его предисловиях к этим изданиям, наряду со специальным материалом, адресованным специалистам, имеются ценные биографические сведения, персональные воспоминания, с которыми и интересно и полезно познакомиться широкому читателю.

Андрей Андреевич Марков, Младший (22 сентября 1903 г., Санкт-Петербург – 11 октября 1979 г., Москва) родился (единственным и поздним ребёнком) в семье великого русского математика Андрея Андреевича Маркова, Старшего (14 июня 1856 г., Рязань – 20 июля 1922 г., Петроград). А.А. Маркову, Ст. принадлежат первоклассные достижения в ряде областей математики, в теории вероятностей, в особенности. Любому математику, более того любому специалисту, применяющему вероятностные методы, знаком термин «марковские цепи», «марковские процессы». Уже в 1896 г. он был избран академиком Российской Академии Наук. Марков, Ст. был человеком исключительной оригинальности, отличался прямым, сильным и независимым характером. Он был готов смело выступить против властей, или авторитетных учреждений в защиту того, что считал правильным. Это относилось не только к вопросам науки (он участвовал здесь в острых дискуссиях, вызывавших широкий отклик научной общественности). Большое волнение в своё время вызвало его прошение об отлучении от церкви, поданное в Святейший Синод (1912 г.). Митрополит Петербургский направил для «наставления и увещевания» протоиерея Орнатского, от бесед с которым Марков, однако, решительно отказался и, в конечном счёте, был от церкви отлучён. Поступок этот отмечен огромной смелостью,— роль

⁵⁹ Вариант «алгоритм» этого термина гораздо более распространён в литературе. А.А. предпочитал здесь несколько старомодное «ф». На мой взгляд «алгорифм» действительно звучит куда интереснее, чем «алгоритм».

⁶⁰ *А.А. Марков, Н.М. Нагорный. Теория алгорифмов.* – М.: Наука, 1984. Второе издание, – М.: Фазис, 1996. *А.А. Марков. Избранные труды. Т. 1. Математика, Механика, Физика.* – М.: Изд-во МЦНМО, 2002.

Православной Церкви во всех сферах жизни дореволюционной России трудно переоценить.

Жизни и деятельности Андрея Андреевича Маркова, Ст. посвящена интереснейшая книга С.Я. Гродзенского⁶¹, в которой, в частности, можно найти полный текст прошения Маркова об отлучении от церкви. В этом невероятном для того времени шаге, несомненно, содержался резкий протест против церковного засилия в духовной и материальной жизни российского общества. Сказался и полный атеизм Маркова. Возможна также связь с отлучением Льва Толстого (1901 г.) и попытками в последние дни жизни писателя (умершего в 1910 г.) вернуть его в лоно церкви.

А.А. Марков, Ст. был, несомненно, личностью легендарной, математический фольклор сохранил до наших дней ряд историй о нём, за достоверность которых поручиться невозможно. Я неоднократно слышал эти легенды в мои студенческие и аспирантские годы. Вот одна из них (ниже будут другие). Бросив своим прошением вызов всецельной православной церкви и правительству, А.А. Марков, Ст. всё же не хотел, чтобы об этом знала его жена. Ну, скажем, не хотел её огорчать. В один прекрасный день кухарка возвращается из города с покупками и обращается к хозяйке дома:

– Мария Ивановна, какое совпадение, нет, подумать только, какое совпадение! Отлучили от церкви. И тоже Марков. И тоже Андрей. И тоже Андреевич. И тоже математик. И тоже академик. –

Известен и его резкий протест по поводу кассации выборов Горького в почётные академики (1902 г.) и по поводу разгона Первой Государственной Думы (1906 г.). В 1912 г. Марков публично отказался участвовать в праздновании трёхсотлетия дома Романовых и, более того, несомненно, в противовес официальным торжествам организовал празднование двухсотлетия закона больших чисел⁶².

⁶¹ С.Я. Гродзенский. Андрей Андреевич Марков. – М.: Наука, 1987.

Сергей Яковлевич, известный шахматист, также составил и отредактировал в сотрудничестве с А.А. Марковым, Мл. замечательную книгу: Шахматы в жизни ученых. – М.: Наука, 1983 г.

⁶² Одна из основных теорем теории вероятностей.

Приходилось мне слышать и апокрифическую историю о «галошах Маркова». В этом случае удаётся установить источник легенды и в очередной раз удивиться красоте мифологического творчества,— на сей раз математических масс. Дело, якобы, было первой революционной осенью, сразу после большевистского переворота. Академик Марков посылает письмо главе правительства Ульянову-Ленину примерно такого содержания:

«Уважаемый господин Ульянов!

К Вам обращается академик Российской Академии Наук Андрей Андреевич Марков. Дело в том, что я привык еженедельно посещать заседания Академии Наук по секции «Математика». К сожалению, в последнее время я лишён возможности участвовать в этих учёных собраниях, поскольку в Петрограде установилась холодная дождливая погода, мои единственные галоши украдены, а достать новые совершенно невозможно. Покорнейше прошу оказать мне содействие в приобретении новых галош. С почтением и т. д..., подпись».

Вождь Революции снабжает письмо резолюцией: «Тов. Бонч-Бруевичу: Прошу оказать содействие академику Маркову в приобретении галош». Бонч-Бруевич посылает революционного матроса на квартиру академика. В результате через несколько дней на столе Ленина появляется второе послание, приблизительно такое:

«Уважаемый господин Ульянов!

Хочу поблагодарить Вас за оказанную мне помощь в приобретении галош. К сожалению, я по-прежнему не в состоянии посещать заседания Академии Наук по секции «Математика», поскольку холодная, дождливая погода продолжается, а присланные Вами галоши не того размера и на одну ногу. С почтением и т. д., подпись».

Что же было в действительности? Вот, что пишет, ссылаясь на архивные документы, С.Я. Гродзенский⁶³:

⁶³ Цит. соч. 1987, стр. 136.

«5 марта 1921 г. А.А. Марков сообщил Общему собранию, что из-за отсутствия обуви он лишён возможности посещать заседания Академии. Спустя пару недель КУБУ (Комиссия по улучшению быта учёных – *Б.К.*), заседавшая под председательством М. Горького, удовлетворила эту прозаическую просьбу известного математика. Но время проявило своеобразный «колорит». На заседании Физико-математического отделения Академии наук 25 мая 1921 г. Андрей Андреевич заявил: «Наконец я получил обувь, но она не только дурно шита, но и совершенно не подходит по своим размерам. Таким образом, я по-прежнему лишён возможности правильно посещать заседания Академии. Полученную мною обувь я предлагаю поместить в Этнографическом музее как образец материальной культуры текущего момента, ради чего я готов её пожертвовать».

Характерно, что Андрей Андреевич, Мл. не подтверждал и не отрицал галошной истории, когда я спрашивал его, правда ли всё это. Он только загадочно улыбался. Тут было что-то от знаменитой легенды об учёном-генерале⁶⁴. Останавливает его курсант в коридоре Академии:

- Товарищ генерал, разрешите обратиться!
- Обращайтесь.
- А правду говорят, что Вы таблицу логарифмов наизусть знаете?
- Распространяйте, распространяйте.

Вот Андрей Андреевич своей саркастической улыбкой и говорил мне: «Распространяйте, распространяйте»...

А.А. Марков, Ст. был непримиримым противником российского антисемитизма, публично и не без персонального риска резко выступал против черносотенных организаций. Остро реагировал он на дело Бейлиса, считая, что здесь «дело идёт не о преступлении Бейлиса, а о преступлении русской юстиции, руководимой союзом

⁶⁴ Мне помнится, что в этой легенде имелся в виду выдающийся учёный, профессор, начальник кафедры баллистики Военно-воздушной академии им. Жуковского, генерал-майор авиации Дмитрий Александрович Вентцель.

русских убийц»⁶⁵. Вот отрывок из его открытого письма депутату 3-й Думы, черносотенцу Замысловскому:

«Несмотря на то, что никаким судом не установлено, чтобы евреи принимали участие в убийстве Андриюши Ющинского, вы решаетесь публично и настойчиво заявлять, что они его замучили. Такая настойчивость заставляет меня указать вам, что об этом убийстве возможно совершенно иное предположение. А именно что оно совершено не «жидами», как Вы выражаетесь, а организациями, осмеливающимися именовать себя истинно русскими, или по их указанию и их поручению»⁶⁶.

Когда речь шла о справедливости, незначительных случаев для А.А. Маркова, Ст. не существовало. Великий русский математик нашёл время, чтобы заступиться за безвестного еврейского абитуриента М. Жовтиса, проваленного на приёмном экзамене в Харьковский Технологический Институт. 3 сентября 1913 г. он писал своему выдающемуся коллеге В.А. Стеклову:

«Здесь д[октор] Нерц огорошил меня задачей, которую будто бы предложил на конкурсном экзамене г. Столяров, как «специально еврейскую». Если судить по тому, что напечатано в газетах, то действия г. Столярова рисуются в весьма некрасивом виде...». Разобравшись в случившемся подробнее, А.А. Марков послал 10 сентября 1913 г. письмо в харьковскую газету «Южный край». Вот извлечения из этого документа:

«Недавно и совершенно случайно из „Одесских Новостей“ я узнал о случае с г. Жовтисом на экзамене г. Столярова. В настоящее время мне доставлены вырезки из вашей газеты, относящиеся к этому делу, а также точное указание предложенного уравнения; и потому я могу высказать своё суждение...

.....

В письме редакции „Одесских Новостей“ г. Жовтис спрашивает, кто защитит?

⁶⁵ Гродзенский, цит. соч. 1987, стр. 104.

⁶⁶ Там же, стр. 105.

Защитить его против «истинно русских» деятелей я не могу, но вот моё мнение. Предлагать на конкурсном экзамене по элементарной математике решать уравнение 10-й степени нельзя...

.....

Заставлять решать это уравнение г. Столяров не имел никакого права. И так, г. Столяров не экзаменовал г. Жовтиса, а издевался над ним, а г. директор своими объяснениями ещё усилил это недопустимое издевательство, что меня глубоко возмущает. Акад. А. Марков»⁶⁷.

Земной мой поклон Андрею Андреевичу, Старшему. Давно нет его на свете, нет, наверное, на свете и Жовтиса, но, Господи, как знакомо всё это. «Еврейские задачи», издевательства над еврейскими детьми,— не про мех-мат ли МГУ 70-х – 80-х и прочих годов всё это говорится? Да и не только про мех-мат и не только про МГУ.

Невольно вспоминается другой великий русский учёный, академик А.Д. Сахаров, его беззаветная борьба за справедливость. Андрей Дмитриевич тоже нашёл время выразить возмущение преступными безобразиями на вступительных экзаменах. На сей раз речь шла о мех-мате МГУ⁶⁸...

А вот ещё одно смелое заявление Маркова, Ст., сделанное в 1921 г., уже в большевистские времена:

«Ввиду того, что для успешности занятий в университете студенты должны иметь лишь соответствующую подготовку, приём слушателей в университет должен производиться согласно их знаниям, а не по каким-либо классовым или политическим соображениям».⁶⁹

⁶⁷ С.Я. Гродзенский. Андрей Андреевич Марков. – М.: Наука, 1987. – С. 102–104.

⁶⁸ Много лет назад мне довелось читать в Самиздате заявление Сахарова на этот счёт. Не доверяя памяти, я обратился с запросом к Сахаровскому центру при Университете Брандайса (The Andrei Sakharov Archives and Human Rights Center at Brandeis University, см. <http://www.brandeis.edu/departments/sakharov/>). Архивист Центра доктор Александр Грибанов любезно ответил на мой запрос, сообщив, что Заявление Сахарова от 12 июня 1979 г. имеется в архиве (единица хранения S.II.2.1.27). Моя глубокая благодарность доктору Грибанову и его коллегам по Сахаровскому Центру за их благородную деятельность по сохранению и поддержанию наследия великого учёного-гуманиста.

⁶⁹ С.Я. Гродзенский. Андрей Андреевич Марков. – М.: Наука, 1987. – С. 137.

И опять ощущение, что говорится это про наши времена и уже, пожалуй, не только о советской реальности.

Хорошо сказал о своём отце А.А. Марков, Мл.⁷⁰:

«Это был человек открытый, прямой и смелый, никогда не изменявший своим убеждениям, всю жизнь яростно боровшийся со всем, что считал глупым и вредным».

Прямоту и силу, парадоксальность характера, уверенность в своём математическом таланте выражал также знаменитый ответ Маркова, Ст. на вопрос, что такое математика:

«Математика — это то, чем занимаются Гаусс, Чебышев, Ляпунов, Стеклов и я»⁷¹.

Маленькому Андрюше посчастливилось расти в семье настоящего российского интеллигента, в доме которого на первом месте стояли духовные ценности, культура в широком и высоком понимании этого слова. Не мог он не видеть самоотверженной творческой работы отца, его любви к науке, чувства ответственности за то, в каком направлении будет она развиваться. Не это ли, от отца унаследованное чувство ответственности за избранную им науку побудило А.А. Маркова, Мл. основать новое оригинальное направление в математике (так называемую *конструктивную математику*, о чём мы немного поговорим ниже)?

Андрей получил великолепное домашнее образование под общим руководством своего отца, помимо обычного курса гимназии его учили основным европейским языкам, которыми он свободно впоследствии владел, музыке, рисованию... Мальчик прекрасно играл в шахматы. Надо сказать, что его отец был одним из сильнейших российских шахматистов своего времени. В трудные времена 1917–1918 гг., когда семья Марковых временно жила со своими родственниками в Зарайске, А.А. Марков, Ст. преподавал «без вознаграждения» математику в классе реального училища, в котором учился сын. «И я стал, таким образом, официальным

⁷⁰ Там же, стр. 93.

⁷¹ Там же, стр. 39.

учеником своего отца» — писал впоследствии Андрей Андреевич Марков, Мл.⁷².

Мне кажется, что настойчивое именование «Андрей Андреевич» связано с семейной артистичностью, склонностью к парадоксальности, этой артистичности, отнюдь не противоречащей. И звучит ведь со всеми открытыми гласными и звонкими согласными прекрасно! Старший из сыновей А.А. Маркова, Мл. тоже был Андреем Андреевичем Марковым (11 апреля 1930 г. – 22 апреля 1996 г.), назовём его Андреем Андреевичем-3, и я не очень понимаю, почему оба сына не были названы Андрееми. Возможно, возражала Прасковья Андреевна, жена А.А., Мл. Даже и возникающая неизбежно лёгкая путаница (боюсь, что читатель заметит её в нашем очерке) была вполне в русле семейной склонности к иронии и мистификации. В настоящее время в Санкт-Петербурге живёт Андрей Андреевич Марков-4, внук А.А. Маркова, Мл., правнук А.А. Маркова, Ст. Кандидат философских наук, он, активно работает в области социальной адаптации слепо-глухих детей, преодолевая огромные трудности. Андрей Андреевич-4 слеп от рождения и у него пониженный слух. Но сколько энергии в его электронных посланиях, которые я регулярно получаю! Сколько радости жизни! Урок всем нам. Конечно, А.А.-4 получал полную поддержку своих родителей, а после смерти отца ему во всём просто героически помогает Мама — Маргарита Ивановна Маркова. Известие о внезапной кончине Андрея Андреевича, Третьего, полученное в апреле 1996 г., нас потрясло. Он был дорогим, близким человеком, другом. Человеком исключительной порядочности и благородства. Вспоминаю день, проведённый с ним в разъездах. Мы должны были получить на одном из московских кладбищ и эскортировать на другое надгробный камень для могилы Михаила Андреевича Маркова (4 июля 1931 г. – 15 мая 1977 г.), младшего брата А.А.-3. С нами был Сергей Иванович Адян⁷³. Страшный ливень лил весь день, встречные машины швыряли на ветровое стекло «Жигулей» потоки липкой грязи. Временами,

⁷² Там же, стр. 131.

⁷³ С.И. Адян, известный математик.

казалось, вообще не было видно ничего. Но А.А.-3 удерживал нас на дороге. Он был замечательным автомобилистом. Рабочие, устанавливавшие памятник, скользили в глине... Мы стояли втроем под большим зонтом и молчали, что же тут скажешь... Беда... Андрей Андреевич, Третий приехал в наш последний день в Москве, проводить нас в Шереметьево...

Я горжусь нашей многолетней семейной дружбой с необыкновенной семьёй Марковых. Маргарита Ивановна и Андрей Андреевич Марков-4 оказали мне неоценимую помощь при написании этого очерка, сообщая и уточняя по электронной почте факты, которые иначе были бы мне совершенно недоступны.

Андрей Андреевич, Мл. мало рассказывал на моей памяти о своём детстве, но, судя по некоторым из его рассказов, отцу не всегда было с ним легко. Бывают ли, впрочем, «лёгкие дети»? Было ему тогда немного лет, и жила семья на даче. К ним часто приезжал некий доцент Х⁷⁴, подолгу просиживал, а когда уезжал, Марков, Ст. вслух удивлялся, что за дурак этот доцент. И вот однажды все, включая Х, сидят за чаем, рассказывает Марков, Мл.:

– Сижу я за столом, напротив Х и меня просто распирает желание вставить своё слово в разговор, сказать что-нибудь этакое, умное, неожиданное. Наконец, наступает пауза и тогда я обращаюсь к доценту Х с вопросом «Скажите, пожалуйста, а почему папа называет Вас дураком?»

– Что же сказал Ваш отец?

– Меня выставили из-за стола.

Это «выставили из-за стола» А.А. произнёс не без остаточного возмущения. Сама ситуация, видимо, не была для его родителей очень уж неожиданной. А.А. рассказывал и ещё один эпизод в том же роде. На сей раз «жертвой» был генерал, чья дача имела общий забор с марковской. Заметив однажды генерала на его стороне забора и желая завести разговор, Андрюша вполне светски заметил:

– Ваше Превосходительство, а папа говорит, что Вы — черносотенец!

⁷⁴ Фамилию доцента (она называлась), я не помню, да и в любом случае её лучше опустить.

Более чем вероятно, что Марков Ст. хотел видеть сына математиком, продолжателем семейной традиции. Ведь и брат его, дядя Андрея, Владимир Андреевич Марков (8 мая 1871 г. – 18 января 1897 г.), был замечательным математиком, оставившим после себя, несмотря на безвременную смерть от туберкулёза, выдающиеся научные труды⁷⁵.

Но первой научной любовью Андрея стала химия. Возможно, сказалась влюблённость в эту науку одного из его домашних учителей. Возможно, сыграло свою роль и свойственное юности движение противоречить родителям. Возможно, мальчик смутно опасался синдрома «сына Моцарта»⁷⁶. Быть сыном знаменитого отца вообще нелегко, а разделять при этом с ним профессию и вовсе непросто.

Как бы то ни было, отец отнёсся к увлечению химией вполне серьезно, отдав под химическую лабораторию свой рабочий кабинет. Должен сказать, что и сам Марков, Ст. был химии не чужд. Я видел в доме Марковых крайне интересные старинные фотографии, выполненные академиком Марковым. А.А.-3, профессиональный фотограф высокого класса, рассказывал мне, что они относились ко

⁷⁵ Ещё одна апокрифическая история. Андрей Андреевич принимает экзамен у Владимира Андреевича, даёт ему задачу, которую экзаменуемый почти мгновенно решает.

– Молодец, я бы так быстро это не сделал, — говорит А.А.

– Ну, ты у нас известный дурак в семье, — отвечает В.А.

Здесь, как и положено по законам мифологии, анекдот обрывался, не сообщая, как ответил брату Марков, Ст. Случись это наяву, думаю, Андрей Андреевич рассмеялся бы. На более серьёзной ноте коллега Маркова В.А. Стеклов писал о нём: «В спорах он мог стерпеть какие угодно резкие выражения по своему адресу, лишь бы они строго относились к существу дела и не отклоняли его в сторону, не отвлекали от главной темы в сторону личных чувств или компромиссного, обыкновенно никого не удовлетворяющего решения». (Гродзенский, цит. соч. 1987, стр. 72).

⁷⁶ Франц Ксавер (позднее Вольфганг Амадей) Моцарт (1791–1844), младший сын Моцарта, стал пианистом и композитором. Карьера его была неудачной, а жизнь печальной (см., *H. Gärtner, Constanze Mozart. After the Requiem.* Amadeus Press, Portland Oregon, 1991, пер. с нем.). Впрочем, известны и примеры противоположного свойства. Например, династия Бахов, сыновья Иоганна Себастьяна, великопепные композиторы, чувствовали себя прекрасно на своём поприще, а славой при жизни, пожалуй, превосходили отца. Можно также вспомнить и математическую династию Бернулли. Но имеется и множество примеров феномена «сына Моцарта».

времени, когда светочувствительные эмульсии готовились собственными руками и были они настолько малочувствительны, что для автопортрета просто открывали крышку объектива и, не торопясь, устраивались в кресле перед камерой. Мне всегда вспоминались фотографии совершенно пустых (в разгар дня!) бульваров, сделанные на заре фотографии. При часовой или более того экспозиции никто из прохожих не запечатлевался, они становились как бы невидимками. В конечном счете, химия не ушла из дома Марковых. Младший сын моего учителя, Михаил Андреевич Марков был химиком, кандидатом химических наук...

Так или иначе, весной 1919 г. Андрей был зачислен по специальному ходатайству отца вольнослушателем химического отделения физико-математического факультета Петроградского университета.

Я процитирую неоконченные воспоминания А.А. Маркова, Мл. по вводной статье Н.М. Нагорного к первому тому Избранных Трудов Маркова⁷⁷:

«Факультет этот (физико-математический – *Б.К.*) объединял тогда физику, математику, химию и даже биологию. Я набросился на все эти науки. Слушал блестящие лекции Ореста Даниловича Хвольсона по физике; лекции, тоже блестящие, Льва Александровича Чугаева по химии; лекции биологов Шимкевича и Дерюгина; лекции кристаллографа Земятченского».

Каким студентом был юный Марков? Вот ещё один отрывок из воспоминаний, знакомый мне также из устных рассказов Андрея Андреевича⁷⁸:

«В то время я был очень высокого мнения о самом себе. Считал, что запоминать ничего не надо, так как всё можно тут же «вывести». Это привело к катастрофе — к провалу на экзамене по математике. Нам, «химикам», математику читал

⁷⁷ Марков, цит. соч. 2002, стр. XII. Воспоминания А.А., написанные им в поздние годы, не окончены и были мне недоступны при написании настоящего очерка. «Воспоминания» упоминаются и цитируются в статье Н.М. Нагорного «От составителя» в упомянутом выше томе трудов Маркова, и в книге Гродзенского, 1987. Не знаю, имеется ли в виду одна и та же рукопись.

⁷⁸ Там же, стр. XIII.

Константин Бенедиктович Меликов, человек с красивой бородой. Он читал хорошо. На экзамене он мне задал доказать теорему Менье (дифференциальная геометрия). Я начал откуда-то «выводить» её, но, просидев час, вывел только равенство $0=0$. Мне было предложено придти через две недели. Я «подтянулся» и сдал этот экзамен».

Рассказывая этот эпизод, и, добираясь до безусловно верного равенства $0=0$ (оно выговаривалось значительно и торжественно), А.А. всегда смеялся.

Вспоминает А.А. и другой интересный эпизод, в котором фигурирует профессор-математик Александр Васильевич Васильев, обративший внимание на одарённого студента. Он⁷⁹ «... организовал семинар по изучению математической логики. Я был поражён, узнав о существовании такой науки. Как!? Неужели можно применить алгебраическую символику для выражения чего-то совсем не числового!? Я пошёл на этот семинар. Там делал доклад о работах Пеано⁸⁰ вечный студент с рыжей шевелюрой и такой же рыжей бородой Константин Васильевич Трофимов. Он определял «нуль» и «единицу» согласно Пеано с помощью огромного количества формул, что было потрясающе. Я дал себе слово в будущем непременно заняться математической логикой».

Знавшим Маркова, нетрудно уловить в приведённых живых отрывках своеобразную, присущую А.А. иронию и самоиронию (особенно ценная и не слишком часто встречающаяся черта). Любопытно отметить, что А.А. Марков, Ст. не принимал профессора Васильева всерьёз. Ирония второго отрывка знаменательна ещё и тем, что «Воспоминания» относятся к последним годам жизни Маркова и что математической логикой он «занимался» с середины сороковых годов до самой смерти в 1979 г.

Летом 1920 г., после первого курса юный Марков принял участие в работе по экспериментальной химии. Результаты этого исследования впоследствии (1924 г.) были опубликованы в

⁷⁹ Марков 2002, стр. XIII.

⁸⁰ Giuseppe Peano (1858–1932), выдающийся итальянский математик. Среди его основных достижений — разработка аксиоматики арифметики.

соавторстве с двумя химиками. Таким образом, первая публикация выдающегося математика А.А. Маркова, Мл. была по химии! Трудно сказать, почему юноша быстро оставил химию, науку, в которой был достигнут первый успех. Не без иронии Марков уже на моей памяти говорил что-то вроде:

«Химия, знаете ли, странная наука. Реакция запущена, а ты должен стоять и ждать. Реакция идёт, а ты стоишь и ждёшь...»⁸¹.

Ко второму курсу интересы Маркова обратились к теоретической физике, и именно по физическому отделению он и закончил в 1924 г. университет (уже переименованный в Ленинградский).

О научном наследии А.А. Маркова, Мл. рассказывать нелегко. Он был учёным редкостной разносторонности, оставившим непреходящий след в самых различных областях математики, механики и физики. Недаром комментарии к его работам в выходящем двухтомнике⁸² составлены большим коллективом специалистов весьма разного научного профиля.

Расставшись с химией, молодой Марков опубликовал циклы работ по небесной механике и теоретической физике. Ему, в частности, принадлежит одна из самых первых публикаций по квантовой механике в СССР. А вот впечатляющее название, указывающее на философские и космогонические интересы молодого учёного: «О выводимости мировой метрики из отношения «раньше, чем»». Начав с теоретической физики, Марков пришёл к весьма абстрактным областям математики. Эффект «сына Моцарта» не состоялся, Марков, Мл. занял в математическом пантеоне достойное место, рядом со своим отцом. Таланты отца и сына оказались равновеликими. Как счастлив был бы Андрей Андреевич Марков, Старший!

⁸¹ Я где-то читал похожее высказывание Пабло Сарасате. Получив партитуру скрипичного Концерта Брамса (а концерт, как и Бетховенский, начинается развёрнутым оркестровым вступлением), испанский виртуоз сказал, что музыка-то хорошая, но «неужели этот человек воображает, что я буду стоять десять минут на эстраде и ничего не делать?»

⁸² В первом томе двухтомника Маркова (цит. выше) имеется наиболее полный на сегодняшний день список его трудов (120 названий). Нельзя снова не отметить выдающуюся роль составителя двухтомника Н.М. Нагорного в сохранении, описании и осмыслении марковского научного наследия.

Следует сказать, что занятия абстрактной математикой не прерывали интереса к приложениям. В списке трудов можно найти работу по прикладной геофизике, цитируемую в учебниках, а также работы прикладного характера, явившиеся его вкладом в оборону страны⁸³. А.А Марков наравне со всеми стойко переносил тяготы блокады, участвовал в тяжёлых физических работах. Дважды в морозные дни его жизнь была на волоске, когда он терял сознание от истощения на улице. Жена Андрея Андреевича Прасковья Андреевна сдавала, вопреки предостережениям врачей, кровь в блокадном Ленинграде и в конце жизни оказалась в результате прикованной к постели⁸⁴.

В первые послевоенные годы внимание Маркова обратилось к основаниям математики, математической логике. Его пылкий, ничего на веру не принимающий ум всматривался в самый фундамент, на котором было возведено величественное здание математики. Собственно говоря, подобные глубокие раздумья были ему присущи всегда, но теперь они заняли первенствующее место в его работе. Андрей Андреевич приступил к созданию своего главного детища, совершенно нового построения математики, можно сказать к созданию новой математики, которую он назвал *конструктивной*. Сегодня эту математику называют конструктивной математикой Маркова.

Поводы для сомнений, раздумий были нешуточные. К началу 20-го века в основаниях математики наступил очередной кризис, вызвавший большой резонанс в математических кругах. Кризис этот до сих пор не преодолен и я сомневаюсь, что существует абсолютный ответ на него, какой-то абсолютный выход.

Речь шла о самой природе математики. Что она изучает, что собой представляют математические объекты, в каком смысле они существуют и т. д. Подобные вопросы, разумеется, ставились на

⁸³ Здесь, например, можно упомянуть недавно обнаруженное авторское свидетельство 1941 г. «О движении авиаторпеды по почти вертикальной части траектории». Работа, результаты которой были переданы Главному Артиллерийскому Управлению, была выполнена совместно с погибшим позже на войне М.Я. Перельманом, сыном знаменитого автора популярных книг по различным наукам.

⁸⁴ Марков 2002, стр. VI.

протяжении всей истории научной деятельности человека, но в обсуждаемое время они приобрели особенную остроту в связи с появлением теории множеств и универсальным распространением языка этой теории на математику. Теория Множеств была почти единолично развита в конце 19-го века великим немецким математиком и мыслителем Георгом Кантором⁸⁵, который, кстати, сам употреблял более точное именование «Учение о Множествах». В 1985 г. издательство «Наука» выпустило в серии «Классики Науки» великолепный том переводов трудов Кантора⁸⁶. Книга эта просто бесценный источник для всех, кто интересуется историей и философией науки. Кантор далеко выходит за пределы собственно математики, обращаясь к теологии и обсуждая философскую сторону своих построений не только с математиками⁸⁷, но и с богословами. Действительно, способность нашего Духа, как поэтической его части, так и интеллектуальной, выходить за пределы повседневного ограниченного опыта конечного, смертного существа, оперировать с Бесконечностью заставляет вспомнить, по Чьему Образу и Подобию мы были сотворены⁸⁸.

⁸⁵ Georg Cantor (1845–1918). Вслед за Кантором следует упомянуть другого великого немецкого математика Рихарда Дедекинда (Richard Dedekind (1831–1916)).

⁸⁶ *Георг Кантор*. Труды по теории множеств, под ред. А.Н. Колмогорова и А.П. Юшкевича. – М.: Наука, 1985. Замечательный очерк Теории Множеств, включающий философские и исторические вопросы, можно найти в монографии Френкеля и Бар-Хиллела «Основания Теории Множеств». – М.: Мир, 1966. Пер. с англ. Англ. оригинал: *Foundations of Set Theory*, North-Holland Publ. Co, Amsterdam, 1958.

⁸⁷ Огромный интерес представляет переписка Кантора с Дедекиндом.

⁸⁸ Самая первая фраза, открывающая Библию, «В начале сотворил Бог небо и землю», прочитанная в оригинале, содержит загадку, переводом не переданную (невероятно трудно переводить Танах!). Стоящее в оригинале слово «Элохим», переведённое, как Бог, грамматически является множественным числом от «Эл» («бог», скорее в языческом смысле слова), однако, управляет глаголами в единственном числе. И эта грамматическая странность настойчиво проводится в Танахе. Одно из объяснений состоит в том, что здесь необычная грамматика выражает идею постижения нашим Духом Единого Бога, вобравшего в себя и преодолевшего все прежние языческие божества. Основная интеллектуальная операция теории множеств, при которой из предстоящих нашему воображению или взгляду объектов создаётся новая сущность, новый объект — *множество* данных предметов, сродни этой фундаментальной теологической конструкции.

Рассказать обо всём этом неподготовленной аудитории нелегко, но я всё же попробую что-нибудь сделать в этом направлении. Опыт, и как мне кажется положительный, такого устного рассказа у меня есть. Незадолго до отъезда в 1987 или в 1988 г. я прочёл доклад по теории множеств на философском семинаре института им. Гнесиных в Москве. Теория множеств для музыкантов! Это было захватывающе интересно (по меньшей мере, для меня самого)⁸⁹.

Кантора можно назвать Поэтом Бесконечного. До него Бесконечность представлялась неразличимым бесструктурным целым, прогивоположным конечному, тому, что можно перечислить, сосчитать. Что-то вроде синих очертаний гор на горизонте. Кантор открыл невероятную по богатству Страну Бесконечного, множество типов бесконечности, находящихся в удивительных отношениях друг с другом. Он определил, в каком смысле две бесконечности одинаковы по «количеству» составляющих их элементов, и в каком одна «больше» другой. Например, оказалось, что смутно ощущаемое превосходство непрерывной бесконечности точек прямой над бесконечностью ряда положительных целых чисел 1,2,3,... может быть выражено точным математическим утверждением (знаменитая теорема Кантора (1873 г.)⁹⁰ о несчётности континуума). Первая бесконечность мощнее, больше второй. В то же время Кантор с изумлением обнаружил, что на прямой «столько же» точек, сколько во всём пространстве⁹¹. Страна Бесконечного таила свои опасности и главные из них были ещё впереди.

⁸⁹ Случилось так, что буквально в те же дни меня попросили сделать доклад на ту же тему для аспирантов-математиков мех-мата МГУ. Переключаться с одной аудитории на совершенно другую было тоже крайне интересно.

⁹⁰ Многие источники относят это фундаментальное открытие (первый пример бесконечности, «большей», чем бесконечность ряда положительных целых чисел) к более поздней дате, но оно обсуждается и формулируется уже в письмах Кантора Дедекинду декабря 1873 г. (См., Кантор, цит. соч., стр. 329–330).

⁹¹ «Я это вижу, но я в это не верю» писал Кантор Дедекинду (письмо от 29 июня 1877 г., Кантор цит. соч., стр. 344; интересно, что цитированные слова написаны Кантором по-французски, чем, вероятно, подчёркивается его эмоциональное состояние). Позже Брауэр (об этом выдающемся математике мы ещё поговорим ниже) показал, что наша интуиция восстанавливается, если рассматривать непрерывные (топологические) соответствия между прямой и пространством...

Другим удивительным достижением Кантора была обнаруженная возможность «счёта за «три точки»» в ряде положительных целых чисел $1, 2, 3, \dots$, т. е. введение бесконечных, трансфинитных чисел и построение их арифметики $(1, 2, 3, \dots, \omega, \omega + 1, \dots$, где ω – первое бесконечное число). Уходящий в необозримые, захватывающие дух дали бесконечного ряд таких чисел одно из самых прекрасных, воистину божественных построений человеческого разума... Хорошо помню мои школьные годы, изумление, с которым я постигал эти открытия в математическом кружке при МГУ.

Предметом изучения в теории множеств, как показывает само название, являются множества. Но что это такое? Простого ответа здесь нет. Понятие это считается первоначальным, неопределяемым, постигаемым интуицией, развиваемой примерами. По-видимому, наилучшей остаётся характеристика этого фундаментального понятия, данная самим Кантором: «Под «множеством» мы понимаем соединение в некое целое M определённых хорошо различимых предметов нашего созерцания или нашего мышления, (которые будут называться «элементами» множества M)»⁹². Можно говорить о множестве яблок на данной яблоне, о множестве слушателей в данном концертном зале и т. д. Математика естественно больше интересуется множествами, связанными с его профессиональной деятельностью. Например, можно говорить о множестве всех нечётных совершенных чисел (ср. выше). Никто сегодня не знает, содержит ли это множество хоть один элемент⁹³.

При рассмотрении множеств Кантор свободно пользовался так называемой абстракцией *актуальной бесконечности*, позволяющей рассматривать бесконечные совокупности одновременно существующих объектов. Наряду с этой абстракцией в философии с античных времён рассматривалась не столь драматическая идея потенциальной, становящейся бесконечности. Проще всего объяснить имеющееся здесь различие на примере положительных

⁹² Кантор, цит. соч., стр. 173.

⁹³ Кстати, в теории множеств вводится понятие так называемого пустого множества, в котором вообще нет элементов. Что-то вроде числа ноль в арифметике. В этих терминах можно сказать, что никто не знает сегодня, пусто или нет множество всех нечётных совершенных чисел.

целых чисел. Эти числа возникают в процессе естественного счёта — один, два, три... В каждый момент времени считающий субъект достигает определённого этапа, определённого числа... Идея потенциальной бесконечности, потенциальной осуществимости позволяет отвлечься здесь от ограниченности наших возможностей в пространстве и времени, по существу отвлечься от нашей смертности, и считать, что сколь угодно большие числа (скажем, миллиард миллиардов) могут быть достигнуты в процессе счёта. Но при всём этом в каждый момент времени только определённое число будет достигнуто считающим субъектом, у которого, однако, будет оставаться возможность продолжения счёта. Выражаясь метафорически, за каждым настоящим временем будет оставаться время будущее. Абстракция актуальной бесконечности состоит в гораздо более смелом акте воображения, при котором весь процесс счёта мыслится завершённым, все числа достигнутыми, одновременно существующими, все времена счёта осуществившимися...

Идею потенциальной бесконечности можно связать с оптимистической верой в наше родовое бессмертие: то, что не успею сделать я, сделают дети, ученики, последователи, дети детей, ученики учеников и т. д. С другой стороны, поэты всех времён и народов воспевали бесконечность звёзд в ночном небе. Самого простого акта поэтического воображения достаточно, чтобы воспринимать ряд телеграфных столбов, уходящих за горизонт, или же уходящую за горизонт ленту шоссе, как явления бесконечные, даже если хорошо знаешь, что это шоссе Москва-Симферополь... Различие между двумя видами бесконечности, очевидно, скорее интеллектуальное, для наших ежедневных дел несущественное. Однако оно имеет огромное практическое значение при построении математики.

Разумеется, возникает вопрос и о природе математических объектов. В каком смысле существует, скажем, множество всех положительных целых чисел, или, гораздо каверзнее, множество всех множеств положительных целых чисел? Кантор занимал здесь радикальную позицию, называемую в сегодняшней философии

математики *математическим платонизмом*⁹⁴. Великий немецкий мыслитель считал, что те же трансфинитные числа не менее реальны, чем звёзды на небе. Предполагается, что имеется некий надсубъективный мир математических объектов, в котором и существуют всевозможные множества. Математические утверждения выражают факты устройства, состояния вещей в этом мире. Соответственно, любое корректно сформулированное утверждение о математических объектах (скажем, «существует нечётное совершенное число») либо верно, либо нет в том же вечном, от наших соглашений и знаний независимом смысле. Таким образом, приобретают универсальный статус и законы аристотелевской логики, в особенности закон исключённого третьего, формулировкой которого и являлось предыдущее предложение. По известному афоризму, математик не изобретает, но открывает свои теоремы, примерно, как географ-мореплавател открывает неизвестные острова в океане⁹⁵.

Кантор провозглашал нашу способность свободно оперировать с бесконечностью, ничем не ограниченную, постигающую и созидающую мощь нашего духа. «Сущность математики — в её свободе» — таков был прекрасный, поэтический лозунг великого математического романтика.

Но у свободы есть, как мы хорошо знаем, цена и романтика иногда далеко заводит. Надо сказать, что Кантор заплатил страшную цену за прорыв в Бесконечное. Душевное заболевание прогрессировало, всё больше мешало ему работать. Великий мыслитель умер в нервной клинике...

Уже самому Кантору были известны парадоксы теории множеств, попросту говоря, противоречия в ней, возникавшие на её окраинах и связанные именно с неограниченной свободой в образовании самых общих понятий. Положение это, по существу, было нетерпимым — ведь по тем же законам классической, аристотелевской логики, имея противоречие, можно доказать всё,

⁹⁴ По имени античного философа Платона (428 или 427–348 или 347 до н. э.), с идеями которого действительно перекликается мировоззрение Кантора.

⁹⁵ Если не ошибаюсь, эту мысль высказывал выдающийся немецкий логик, математик и философ Фреге (Gottlog Frege (1848–1925)).

что угодно. Вот пример парадокса, известного Кантору, и показывающего опасность чрезвычайно общих понятий. Кантором была доказана красивая теорема о том, что по всякому множеству можно найти множество большей мощности, содержащее «большее» число элементов⁹⁶. Применение этого результата к множеству всех множеств приводит к немедленному, очевидному противоречию, напоминающему, кстати, парадоксальные ситуации в физике, когда речь идёт о «всей» Вселенной. Наиболее знаменитый из парадоксов был открыт в начале 20-века английским философом и математиком Бертраном Расселом (1872–1970). Интересно, что и в случае парадокса Рассела источником беды являлась именно неограниченная свобода в образовании множеств, чрезвычайная общность этого понятия. Сам же парадокс, в сущности, воспроизводил в рамках теории множеств ситуации, известные с глубокой античности⁹⁷.

Теория Множеств Кантора, встретив поначалу серьёзные возражения, постепенно утвердилась в качестве главной методологии математики. Ряд поразительных открытий был сделан на этом пути. Достаточно упомянуть формулировку в 1904 г. немецким математиком Эрнстом Цермело (1871–1953) аксиомы, носящей его имя (и называемой также Аксиомой Выбора). Этот принцип чрезвычайно общей природы давно употреблялся в математике, но его не выделяли и не замечали. Между тем, Аксиома Выбора

⁹⁶ Этим свойством обладает множество всех подмножеств любого множества.

⁹⁷ Речь идёт о парадоксах, связанных с автореферентностью, когда некоторое понятие определяется в терминах, включающих его самого, или когда некоторое понятие применяется к самому себе. Здесь можно упомянуть парадоксы «лжеца», известные с глубокой древности. Допустим, я произношу фразу: «То, что я сейчас сказал — ложь». Невозможно оценить это высказывание, ни как истинное, ни как ложное. К этому же типу относится известный в античности парадокс «все критяне лжецы» (представим себе, что это говорит критянин). Построение Рассела близко к известному парадоксу брадобрея: «В Севилье живёт цирюльник, который бреет всех тех севильцев, кто сам себя не бреет (и только их); как быть, если ему надо побриться?». Очевидно, такого рода цирюльник не может жить в Севилье, и эта идея лежит в основе так называемого диагонального метода Кантора и многих конструкций в теории алгорифмов. Однако, в случае теории множеств «Севильей» оказывается вся математическая Вселенная, и мы оказываемся перед лицом драматического противоречия. Ср., например, Френкель, Бар-Хиллел, цит. соч., *Стефен К. Клини*. Введение в метаматематику. – М.: ИЛ, 1957. Пер. с англ. – С. 39–42.

позволила строго доказать совершенно поразительные утверждения. Пожалуй, самым эффективным из них является так называемый парадокс Банаха-Тарского (1920 г.): любой шар можно разбить на конечное число частей, из которых надлежащими перемещениями их в пространстве можно составить два точно таких же шара. Просто чудеса из Библии, но на сей раз в математике! Термин «парадокс» применяется к этой корректно доказанной теореме ввиду невероятности полученного результата. Воистину эти разбиения и «надлежащие» перемещения уже более принадлежат Божественной Сущности, чем нашей. Но также сильно чувствуется, что созданы мы по Образу и Подобию, коль скоро способны заметить усилием интеллектуального воображения тени этих «надлежащих» перемещений. Последовавшее изучение природы Аксиомы Выбора и некоторых других принципов теории множеств привело к открытиям, сравнимым по значению с открытием неевклидовой геометрии или теории относительности в физике.

Естественно, что укоренение теории множеств в качестве языка математики вызвало горячие дискуссии ведущих математиков конца 19-го начала 20-го века. Дискуссии эти продолжаются по сей день, что неудивительно, поскольку речь идёт о самом фундаменте математики.

Одной из реакций на открытие противоречий была идея ограничения понятия множества (на что указывал уже сам Кантор), построение аксиоматических систем теории множеств, исключая известных парадоксы. Большой вклад принадлежит здесь Цермело, разработавшему самую известную аксиоматику теории множеств, и великому немецкому математику Давиду Гильберту (Hilbert, David 1862–1943), выдвинувшему программу обоснования теоретико-множественной математики⁹⁸ посредством надёжных, финитных доказательств непротиворечивости, формализующих её аксиоматических систем. Мы не можем здесь углубляться в эту интереснейшую и труднейшую область

⁹⁸ «Никто не сможет изгнать нас из математического рая, созданного для нас Кантором!» — писал Гильберт (статья «О бесконечном», в книге *Д. Гильберт. Основания Геометрии.* — М.-Л.: ОГИЗ, Гос. изд-во технико-теоретич. лит., 1948. — С. 350. — Пер. с нем).

математики. Заметим лишь, что отсутствие противоречий в этих аксиоматических системах, начиная с формальной арифметики, не доказано и знаменитые результаты Гёделя (Gödel, Kurt 1906–1978) указывают, что никаких надежд на решающий прогресс в этом направлении нет.

Принципиально другой была реакция математиков, которые не могли согласиться с самими принципами, на которых покоился теоретико-множественный подход. Эти учёные подчёркивали удалённость построений теории множеств от конструктивных, реальных возможностей человека. Таким образом, появились конструктивистские направления в математике, отвергавшие актуальную бесконечность (сомнения в её допустимости восходят к Аристотелю, т. е. к четвёртому веку до нашей эры!), математическую Вселенную Кантора и соответственно универсальный характер закона исключённого третьего. Естественным выводом была необходимость радикальной перестройки практически всего здания математики.

Для человека, наблюдающего возникшую острейшую полемику со стороны, самым поразительным могло оказаться невероятное, трагическое различие в понимании истины учёными огромных дарований, безупречной честности и одушевлённых беспредельной любовью к своей науке. И это в Математике, Царице наук, отличающейся по всеобщему мнению особенной, безукоризненной точностью и строгостью! Тут есть о чём задуматься, здесь есть, безусловно, и драматический и литературный материал, ещё ожидающий своего Шекспира. И возникает крамольная мысль: а так ли уж строже, точнее математика, чем, скажем, химия? Интереснейшую статью на эту и многие другие темы написал известный математик и филолог, профессор Московского Университета Владимир Андреевич Успенский⁹⁹, с которым я имею счастье быть близко знакомым в течение многих лет.

⁹⁹ В.А. Успенский. Семь размышлений на темы философии математики. Закономерности развития современной математики. – М.: Наука, 1987. – С. 106–155.

Владимир Андреевич был, в частности, одним из основателей Отделения Структурной и Прикладной Лингвистики (знаменитый ОСИПЛ) на филологическом факультете МГУ. В.А. Успенский также оригинальный философ

Вообще, оглядываясь на динамику кризиса оснований математики, можно заметить аналогию с событиями в литературе, искусстве. И там были различного рода реакции на романтизм, порою весьма резкие. Кого только не сбрасывали с кораблей современности. При взгляде с расстояния времени видно, что и сами такие течения (жизнеспособные, художественно значимые из них) обретали собственную романтику...

В 20-м веке было три главных конструктивных направления (перечисляю их хронологически): так называемый интуиционизм, основанный голландским математиком Лютценом Брауэром (Brouwer, Luitzen Egbertus Jan 1881–1966), конструктивная математика А.А.Маркова, Мл. и конструктивная математика американского математика Эррета Бишопа (Bishop, Errett 1928–1983).

Все три конструктивных школы разделяли резкую критику платонистской онтологии теоретико-множественной математики (иногда по контрасту с новыми течениями называемой классической). Критика эта, решающая роль в формулировках которой принадлежит Брауэру, в частности отвергала идею актуальной бесконечности, неограниченной применимости законов традиционной логики, особенно закона исключённого третьего, метафизический надсубъективный статус математических объектов. Сами эти объекты рассматривались как результаты интеллектуальной или фактической деятельности человека, а не как нечто существующее вечно и само по себе. Каждое течение развило собственное мировоззрение и строило математику, следуя таковому. При многом общем, имелись существенные философские и конкретные различия. Мы не можем здесь углубляться в эту проблему. Боюсь, я уже отпугнул многих читателей, приоткрыв

и вообще широко одарённый человек. Совсем недавно Владимир Андреевич выпустил двухтомник под характерным названием «Труды по НЕматематике». – М.: ОГИ, 2002. Мои воспоминания об Успенском (и о мех-мате МГУ) можно найти в статье «Успенский пишет о Колмогорове». Историко-математические исследования, Вторая Серия. – М.: Янус, 1996. – Вып. 1(36).– № 2. – С. 165–191. (Английская версия: *V.A. Kushner. Memories of Mech-Math in the Sixties, Modern Logic*, 1994. – Vol. 4, No 2. – P. 165–195.).

дверь (или, приподняв крышку ларца Пандоры?) в опасную страну Оснований Математики¹⁰⁰. Скажу только ещё несколько слов о конструктивной математике Маркова.

Вероятно корни марковского конструктивного мировоззрения лежат в его опыте естествоиспытателя, тяготеющего к осязаемости получаемых результатов, и в общей независимости его личности, не готовой автоматически следовать установившимся канонам, подвергающей их анализу и отклоняющей, если каноны этого анализа не выдерживают.

Объектом изучения в марковской математике являются конструктивные объекты и конструктивные процессы, выполняемые с этими объектами. Для всех реальных целей этой математики вполне достаточно одного общего типа конструктивных объектов — слов в алфавите. При этом, разумеется, принимаются некоторые идеализирующие соглашения, коротко говоря, допускается наша способность опознавать буквы, слова, как графически одинаковые или различные. Таким образом, мы можем говорить, например, о букве «а» русского алфавита, отвлекаясь от различий в реальных появлениях этого знака в словах, которые мы пишем или печатаем. Каждый, кто сталкивался с документами, написанными плохим почерком или даже просто с печатными (не говорю уж о рукописных) текстами в готике, понимает, что здесь идёт речь именно об идеализации. С другой стороны, наша способность читать, распознавать графемы лежит в самой основе интеллектуальной деятельности человека. Целые числа, очевидно,

¹⁰⁰ Заинтересованный читатель может подробнее прочесть обо всём этом во введении к моей книге «Лекции по конструктивному математическому анализу». — М.: Наука, 1973 (существует английский перевод: *B.A. Kushner. Lectures on Constructive Mathematical Analysis*, AMS, Providence, Rhode Island, 1984). Не предполагает особой подготовки и моё эссе «Марков и Бишоп». (Вопросы Истории Естествознания и Техники, 1992. — № 1. — С. 70–81.) Опубликована также английская версия этой работы *B.A. Kushner. Markov and Bishop // Golden Years of Moscow Mathematics / S. Zdravkovska, P. Duren, AMS-LMS, Providence, Rhode Island, 179–197, 1993*. Более специальный характер носят мои статьи «Принцип бар-индукции и теория континуума у Брауэра». Закономерности развития современной математики. — М.: Наука, 1987. — С. 230–250. «Арендт Гейтинг: Краткий очерк жизни и творчества». Методологический анализ оснований математики. — М.: Наука, 1988. — С. 121–135. *B.A. Kushner. Markov's Constructive Analysis: a participant's view. Theoretical Computer Science, 1999. — Vol. 219.— С. 267–285.*

можно трактовать, как слова, в алфавите, который мы видим на клавиатуре нашего компьютера, то же самое можно сказать и о рациональных числах. Скажем, $2/3$, очевидно, слово. О том, как распространяется этот подход на «высшую математику» можно прочесть в уже упоминавшейся в одном из примечаний моей монографии.

В центре конструктивной математики Маркова находится также точное понятие алгорифма. Несколько огрубляя ситуацию, можно сказать, что алгорифмы — это компьютерные программы. Сами же компьютеры имеют возможность наращивать по мере необходимости память, и потенциально не ограничены во времени выполнения программ. Точные понятия алгорифма были выработаны в математике в тридцатых годах 20-го века, и характерно, что случилось это в недрах именно оснований математики, в ходе работ по преодолению кризиса этих оснований. Андрей Андреевич включился в эту работу сразу после войны, когда и начался его «конструктивный период». Впрочем, в частных беседах А.А. говорил, что имел ясно выраженные «конструктивные» наклонности много раньше. А.А. Маркова, Мл. можно смело считать одним из пионеров теории алгорифмов и компьютерных наук, информатики (Computer Science). Им было предложено одно из ведущих современных точных понятий алгорифма (нормальные алгорифмы Маркова) и написана ставшая уже классической монография¹⁰¹, содержащая первое в математической практике строгое изложение теории слов и доказательства правильности работы тех или иных алгорифмов. Помимо прочего, это предвосхищало ряд современных направлений в информатике.

Сама природа конструктивных объектов и процессов подсказывает новый подход к пониманию математических суждений. Например, существование конструктивного объекта считается установленным, если указан потенциально выполнимый способ построения этого объекта. При этом многие привычные принципы оказываются неприемлемыми. В особенности это относится к закону исключённого

¹⁰¹ *А.А. Марков. Теория алгорифмов / Труды Матем. ин-та АН СССР им. В.А. Стеклова, 1954. – Т. 42. См., также цитированные выше два издания одноименной монографии Маркова и Нагорного.*

третьего и к косвенным методам доказательств, на нём основанных. Например, в доказательствах по хорошо знакомой схеме «от противного» существование конструктивного объекта устанавливается приведением к противоречию гипотезы, что искомый объект не существует. При этом никакого способа построения искомого объекта не предлагается, и он оказывается не осязаемым, чем-то вроде призрака. И такие призраки бродят по всей традиционной математике. Из сказанного ясно, что в конструктивной логике «быть» гораздо сильнее, чем «не может не быть». Впрочем, и в обычной речи здесь имеется явный стилистический оттенок, предложение «я выразил своё возмущение этому господину» звучит сильнее, категоричнее, чем «я не мог не выразить своего возмущения этому господину»¹⁰².

По-видимому, Брауэр был первым учёным, сделавшим эпохальный шаг в осознании не универсального характера классической логики. Различные философии, различные приложения могут требовать различных логик. Эта множественность духовно сродни множественности геометрий, открытой в 19-м веке Лобачевским, Бойяи и Гауссом. Брауэр же сформулировал основные принципы интуиционистской логики, с несущественными для нас нюансами являющейся также логикой конструктивной математики. Выражаясь кратко, классическая логика есть логика идеализированного математического бытия, абсолютного знания этого бытия, тогда как конструктивная логика есть логика наших умений.

Следует сказать, что в начале своего развития интуиционистская логика воспринималась математиками, как нечто, в высшей степени экзотическое, и уж наверняка не имеющее никакого практического значения. С развитием компьютеров, очевидно, нацеленных именно на конструктивные процессы, ситуация резко изменилась и интуиционистская логика получила серьёзные применения в

¹⁰² Наши рассуждения показывают неприемлемость в конструктивной логике закона снятия двойного отрицания (если неверно, что неверно A , то A). Закон этот, часто рассматриваемый в логике отдельно, немедленно следует из более общего закона исключённого третьего. В самом деле, поскольку имеет место одно из двух A или не A , причём не A исключено, то остаётся A .

разработке сложных компьютерных программ. Не случайно, что именно в школе Маркова (в её ленинградской ветви) были выполнены пионерские исследования в области машинного доказательства теорем. Вообще, поразительно видеть, что вся современная наука о компьютерах, в сущности, развилась из высшей степени абстрактных построений в основаниях математики и в математической логике. Например, формальные языки, построенные в рамках аксиоматизации арифметики и теории множеств,— несомненные прародители современных языков программирования. Без осознания общей концепции таких языков, их семантических и синтаксических аспектов в упоминавшейся выше программе Гильберта переживаемая нами компьютерная революция вряд ли была бы возможна. Удивительно, какое воздействие на нашу ежедневную жизнь, на изменение самого лица нашей цивилизации может оказать полемика вокруг вроде бы потусторонней проблемы экзистенциального статуса математических объектов, чего-то, напоминающего «основной вопрос философии». Что первично: математическая материя или наш творческий дух?

Читая программы курсов и экзаменов на факультетах компьютерных наук, я не перестаю удивляться, как понятия и теории, казавшиеся на моей памяти вполне эзотерическими, доступными считанному числу специалистов, теперь рутинно преподаются тысячам студентов.

В любые времена требуется большое мужество, чтобы выступить наперекор господствующим в науке взглядам. В послевоенной советской ситуации учёный, заявляющий собственную (без согласования с партийными идеологами) философию науки подвергался смертельной опасности — в буквальном смысле слова. Это были годы очередной волны сталинского террора, фронтального наступления преступного тоталитарного режима на интеллигенцию. Было опубликовано злобное постановление ЦК, содержавшее злобные нападки на Ахматову и Зощенко, постановление о «формализме в музыке». Верховному ценителю прекрасного в Кремле не угодили Шостакович (в очередной раз), Прокофьев и Хачатурян. Три великих композитора 20-го века, гордость русской, армянской и мировой культуры. Сталинский протезе, шарлатан Лысенко при

поддержке своры партийных идеологов разгромил генетику. Прошла дискуссия в химии, к счастью, с менее трагическими результатами. Впереди был арест и расстрел Еврейского Антифашистского Комитета, дело врачей, эта лебединая песня величайшего преступника всех времён и народов...

Бесчисленные страницы написаны об этой эпохе. Для читателей, владеющих английским, я хотел бы здесь упомянуть не слишком очевидный источник, книгу *Elizabeth Wilson «Shostakovich; A Life Remembered»*, Princeton University Press, Princeton, 1995. Книга составлена из воспоминаний, интервью и т. д. коллег, друзей, современников Шостаковича, специально написанных и взятых для этого издания. В результате создаётся поразительная картина Художника и его безжалостного времени. Сердце болит, когда видишь, в каком непрерывном кафкианском кошмаре приходилось жить и творить великому композитору¹⁰³.

В причудливом кондуите советских идеологических штампов математический платонизм считался материалистическим мировоззрением¹⁰⁴. Соответственно, мировоззрение, от него отклоняющееся, да ещё столь резко,— несомненный идеализм, политическое преступление, подрыв устоев социалистического общества и т. д. Вдобавок, А.А. Марков, Мл., как и его отец, был способен на резкие, а в советских условиях просто немислимые высказывания. У него было фамильное, наследственное отвращение к псевдонаучной демагогии, к профанированию науки... Это проявлялось уже в самом начале его научного пути. Н.М. Нагорный¹⁰⁵ цитирует известного физика С.Э. Фриша, вспоминавшего эпизод аспирантского экзамена по диалектическому материализму в 20-х годах:

¹⁰³ Кстати сказать, с моей точки зрения во многом подтверждается книга Соломона Волкова: *S. Volkov. Testimony; The Memoirs of Dmitri Shostakovich / Proscenium Publishers Inc., New York, 1979*, об аутентичности которой до сих пор ведутся споры.

¹⁰⁴ Притом, что сам Платон по всем меркам был чистой воды идеалистом.

¹⁰⁵ Марков, Нагорный, цит. соч. 1996, стр. XXIV; приводится цитата из книги: С.Э. Фриш. Сквозь призму времени. — М.: Политиздат, 1992. — С. 113–114.

«На вопрос экзаменатора, что представляет собой философия диалектического материализма, он (А.А. Марков – Б.К.) ответил: — Смесь тривиальностей и бессмысленностей».

Не могу не согласиться с этим мнением, изучив и сдав на пятёрки весь идеологический букет Московского Университета. Особенное моё изумление вызывал введённый на старших курсах загадочный предмет под названием «Научный Коммунизм» (по нему был даже государственный экзамен). Так и не могу сказать чем, в сущности, занималась эта с позволения сказать наука...

Н.М. Нагорный¹⁰⁶ вспоминает также, как ещё в сталинские годы А.А. не выдержал на очередном заседании философско-методологического семинара: «Нельзя же всю жизнь повторять глупость, которую однажды сказал Энгельс!». *Энгельс*, один из четырёх идиологов языческого коммунистического культа! И сказано это было на принудительном «молебне», на семинаре, который сам же Марков, как можно догадаться отнюдь не по своей доброй воле, и возглавлял... Остаётся только благодарить Бога, что непостижимым образом этот инцидент не имел трагических последствий... И снова вспоминается А.А. Марков, Ст.:

«Когда ему однажды возразили, что его предложение идёт вразрез с «высочайшим постановлением», он во всеуслышание сказал: «Я вам дело говорю, а вы мне — высочайшее постановление!»»¹⁰⁷.

Психологически интересно, что в таком мире, где здравый смысл и логика вывернуты наизнанку, даже партийные функционеры самого высокого ранга начинают верить в идеологический вздор. У геббельсов и ждановых нет иммунитета против собственной лжи, настырно повторяемой, вбиваемой в головы по их рецептам. Это видно, например, из опубликованных дневников Геббельса, застольных бесед Гитлера и «Разговоров со Сталиным» Милована Джиласа¹⁰⁸. Идеологические штампы повторяются всерьёз, вне

¹⁰⁶ Там же, стр. XVII.

¹⁰⁷ Гродзенский, цит. соч. 1987, стр. 93.

¹⁰⁸ *Milovan Djilas. Conversations with Stalin*, translated from the Serbo-Croat by Michael V. Petrovich. Harcourt, Brace & World, New York, 1962. The Goebbels Diaries, 1942–1943. Louis P. Lochner, Editor and transl., Doubleday & Company, Inc, Garden City, New York, 1948. Пер. с нем. *Й. Геббельс. Последние записи.*

всякой публики. Всё это, разумеется, перемешано с полнейшим цинизмом. Мне вспоминается по ассоциации смешной апокриф, рассказанный коллегой по Вычислительному Центру АН СССР. Речь идёт о позднем периоде правления Брежнева. Тот принимает и угощает своего однополчанина (от которого коллега всё и узнал). Тёплый вечер, душевный разговор. Когда выпили как следует, однополчанин осмелел и спросил у Леонида Ильича, куда всё девается, исчезает: вот недавно не было постельного белья, а теперь есть бельё, но полностью исчез стиральный порошок. «Володя, логики не ищи» — со своим подчёркнутым «о» и характерным южным выговором прогудел густой бас главы партии и государства.

Читателям старшего поколения не надо объяснять, что это значило — быть обвинённым в идеализме в те времена. Я уже рассказывал об обстановке в основаниях математики в послевоенную пору в моих воспоминаниях о другом замечательном учёном Софье Александровне Яновской¹⁰⁹. Всё сказанное там полностью применимо и к Маркову. Вообще, чем более был заметен человек, тем большей опасности он подвергался. Бесконечен был бы мартиролог...

Слава Богу, каким-то чудом Андрей Андреевич избежал худшего, хотя на него и была спущена свора присяжных «философов» и партаппаратчиков (к сожалению, не обошлось и без коллег-математиков). А ведь А.А. был уже математиком с мировой репутацией, и при том в расцвете творческих сил... Он мог бы спокойно продолжать доказывать замечательные теоремы, профессорствовать, продвигаться дальше по академической лестнице... Возникает, разумеется, вопрос: «почему?». Мне думается, что наилучший ответ на него был дан великим математиком, неизменным, кстати сказать, оппонентом Маркова по

Дневники 1945 г. – Смоленск: Русич, 1993. Пер. с нем.; *Генри Пикер*. Застольные разговоры Гитлера. – Смоленск: Русич, 1993.

¹⁰⁹ См., *Б.А. Кушнер*. Несколько воспоминаний о Софье Александровне Яновской. Вопросы Истории Естествознания и Техники, 1996. – Т. 14. – С. 119–123. Эта статья с небольшими редакционными изменениями была также опубликована в журнале Вестник, 2001. – № 14 (273). – С. 44–46. Первоначально статья была написана и опубликована по-английски: *B.A. Kushner*. Sof'ja Aleksandrovna Janovskaja: a few reminiscences, *Modern Logic*, 1996. – Vol. 6. – No. 1. – С. 67–72.

многим дискуссиям, Андреем Николаевичем Колмогоровым (25 апреля 1903 г. – 20 октября 1987 г.). На отмечаемом 4 апреля 1979 г. 20-летнем юбилее кафедры математической логики Московского Университета Колмогоров охарактеризовал Кантора, Брауэра, Гильберта и Маркова, четырёх творцов фундаментальных математических мировоззрений, как учёных, «ощущавших на себе бремя ответственности за состояние дел в математике в целом»¹¹⁰. Вот это умение, это неотвратимое желание увидеть свою науку сразу, целиком, этот род высшей научной совести дарован далеко не всем, даже и крупным учёным. Празднование происходило в отсутствие тяжело больного Маркова, одного из основных создателей кафедры и её неизменного главы. Когда Андрея Андреевича не стало, Колмогоров, несмотря на серьёзные проблемы со своим здоровьем, принял заведование кафедрой на себя. Наверное, это было непростое решение и трудно было не увидеть в этом шаге благородного движения оградить своим огромным авторитетом детище Андрея Андреевича от посягательств, в детали которых здесь неуместно входить.

Далеко не всем крупным учёным удаётся создать научную школу. Для этого надо быть Звездой и, помимо гравитационного потенциала, ещё уметь излучать свет. И научный и человеческий. А.А. обладал этими качествами в высшей степени, и я почувствовал его неотразимое обаяние с первой же встречи. Было это в 1961-м или 1962-м году, когда мы, студенты-математики, должны были выбирать кафедру для специализации. Соответственно, нас собрали в большой аудитории, и представители кафедр агитировали будущих учёных — каждый в свою пользу, разумеется. Что-то, вроде рекламной сессии по американским понятиям. Мы чувствовали себя в центре мироздания, нас ждали, мы были желанны. Все эти занятые взрослые люди, умудрённые академическими регалиями, некоторые также и сединами, пришли сюда только ради нас.

Андрей Андреевич Марков попросту очаровал меня¹¹¹. С самого начала моё внимание привлёк седой, загадочно красивый человек —

¹¹⁰ Ср., Нагорный, в цит. соч. Марков, 2002. – С. XLVII.

¹¹¹ Здесь и ниже я время от времени использую с некоторыми изменениями фрагменты упоминавшегося выше моего эссе «Марков и Бишоп».

он саркастически улыбался, слушая ораторов. Наконец, объявили — Андрей Андреевич Марков, заведующий кафедрой математической логики. До этого момента я видел его несколько сбоку, и теперь сочетание ослепительно голубых глаз и столь же ослепительного нимба седины, какое-то сияние, исходившее от него, поразили меня. Даже само имя его сияло упругим повторением — Андрей Андреевич. Необычайной оказалась и манера его речи — это была скорее декламация. Позже, когда я увидел, как он пишет, буквально вырисовывая каждую букву, отчего каждый знак в его рукописи приобретал персональное значение, я поразился полной гармонии между этой письменной декламацией и манерой его устной речи. Последняя не представляла собою ораторского приёма — в беседе наедине или даже в телефонном разговоре почти всегда сохранялась эта торжественная манера, когда каждое слово представало в специфической красоте своего звучания, а всё говорение приобретало статус священнодействия. И я снова и снова поражался этому чуду — сотворению письменной и устной речи, языку, одним словом, реальному чуду, которое мы перестали замечать в погоне за чудесами воображаемыми. Но вернёмся в ту давнюю аудиторию, в то ушедшее время. Андрей Андреевич говорил о новой, молодой науке — математической логике и ещё более молодой (два-три года отроду!) кафедре, призванной эту науку всячески развивать. Он сказал несколько слов о понимании логических связей, остановившись в особенности на дизъюнкции (связке «или»). В математике «или» понимается неисключительно: в « A или B » оба утверждения могут быть верными. Здесь А.А. привёл пример из толкового словаря, кажется, это была фраза вроде «или он её любил или она его любила». Последовавший торжественный разбор этой любовной фигуры со всеми возможными разветвлениями развеселил аудиторию. Невозмутимым оставался только оратор. Позже я не раз встречал подобный разбор статей из энциклопедий и т. д. в публичных выступлениях Маркова. Неизбежные изъяны соответствующих дефиниций обнаруживали себя под его острым глазом, и противоречие очевидной нелепости с фундаментальностью самого издания неизменно вызывало оживление в публике...

Перечисляя сотрудников кафедры, Андрей Андреевич особенно

тепло упомянул С.А. Яновскую и В.А. Успенского. В последнем случае он заметил: «Правда, Владимир Андреевич — классик». Имелось в виду, что Успенский, в отличие от Маркова, был сторонником теоретико-множественной, «классической» математики. Всего этого я ту пору не знал и понял эту характеристику почти буквально. И вскоре был изумлён, увидев энергичного, молодого человека без надлежащей бороды и седин.

В нараставшем расположении аудитории, замороженной его необычайной манерой, Марков продолжал говорить о своей кафедре. Коснувшись специальных курсов, он упомянул читаемый им курс «Конструктивной логики», который — здесь его голос, и без того торжественный, приобрёл особую значительность, а паузы между словами стали ещё весомее: «посещают студенты, ассистенты, доценты, профессора». В этот момент, молчавший доселе старейший профессор Московского Университета, представлявший одну из геометрических кафедр, не выдержал: «Только Ректор не ходит...» буркнул он. А.А. вопросительно повернулся к нему:

– Вот Вы сказали, что на Ваши лекции ходят студенты, аспиранты, ассистенты, доценты, профессора. Только Ректор не ходит.

– Но ведь Ректор – профессор!

Эта реплика потонула во всеобщем смехе и судьба моя была решена: я покинул алгебру и начал своё странствие в математической логике. С тех пор произошло много событий, многие первоначальные увлечения умерли в разочаровании, многие потери болят и будут болеть, но я всё так же счастлив, что встретил Учителя.

В начале шестидесятых годов вопрос *«to be or not to be»* для конструктивной математики уже не стоял: вокруг Маркова собралась группа энергичных соратников и учеников. Образовавшаяся научная школа росла, переживала свой романтический период, период открытий, стремительного продвижения в новые неизведанные края, что в математике захватывает не менее, чем в географии. Следует сказать, что А.А. начал создавать свою школу в Ленинграде. После его переезда в 1955 г. в Москву естественным образом возникла московская ветвь школы. Ленинградских конструктивистов возглавил блестящий

соратник Маркова, великолепный математик и математический мыслитель Николай Александрович Шанин. Одушевлённостью, нацеленностью на разыскание научной Истины, темпераментом, с которым он отстаивал свои взгляды, Шанин напоминал мне библейских пророков. Должен признаться, что я сомневался (да и сейчас сомневаюсь), что Истина может быть найдена на шанинских тропах, много горячих дискуссий было между нами, но с какой радостью я вспоминаю Николая Александровича, как счастлив, что встретил такого учёного и человека! В свободное от поисков Истины время, Н.А. был очаровательным собеседником с огромным чувством юмора. В течение многих лет мы обменивались письмами (обычными и электронными), а также книгами с надписями. Я посылал ему литературу о ведении сельского хозяйства на даче (запомнились брошюры «Как вырастить телёнка» и «Разведение коз на даче»: «В разведение коз на даче/ Я желаю Вам удачи/ Вся страна и весь народ/ Молока и шерсти ждёт» и т. д., и т. п.). Со своей стороны Н.А. наставлял меня в излюбленной лекторами из «общества по распространению» теме о смысле жизни. В отличие от многих мыслителей, поэтов, прозаиков и т. д. марксистско-ленинская философия уверенно решала и эту проблему. Помимо собственных математических исследований, Николай Александрович был прирождённым лидером, по существу, ленинградская ветвь школы Маркова может быть названа шанинской школой. В рамках этой школы были получены первоклассные математические результаты и начаты в конце шестидесятых годов пионерские, первопроходческие исследования по машинному доказательству теорем. Я своими глазами наблюдал практические трудности, которые преодолевались ленинградцами. Разумеется, никаких персональных компьютеров не было и в помине. Приходилось работать на одном из больших компьютеров (если не ошибаюсь, БЭСМ-6) Вычислительного Центра АН СССР¹¹². Дистанционный доступ к машине тоже был неизвестен. Молодые

¹¹² Помимо кафедры математической логики, Андрей Андреевич руководил Лабораторией в Вычислительном Центре АН СССР, удивительном научном учреждении, о котором надо бы написать отдельно. Там и работал я после окончания аспирантуры рядом с Ю.Н. Крюковым, В.П. Дулубом (в первые годы), Н.М. Нагорным, Е.Ю. Ногиной и В.И. Хомичем.

(тогда) ленинградские математики курсировали между двумя столицами, слали телеграммы, загадочное содержание которых (что-нибудь, вроде «введи тчк распечатай тчк О тчк»¹¹³), возможно, настораживало соответствующие органы. Но, нет худа без добра: мы знакомились с коллегами, я приобрёл друзей на всю жизнь. Конечно, было и некоторое стимулирующее напряжение, соперничество, микроскопическая часть общего традиционного соперничества двух столиц, двух ветвей культуры. Андрей Андреевич, коренной петербуржец, а теперь москвич, окружённый московскими учениками, возможно, иногда испытывал в лёгкой форме раздвоение личности. Впрочем, напряжение это было, конечно игрушечным, создавая приятный несколько иронический фон в нашем общении с ленинградцами.

Переехавший в Ереван ленинградский ученик Маркова Игорь Дмитриевич Заславский основал там активную армянскую школу. Для меня Армения стала самым посещаемым местом на одной шестой части суши, называвшейся тогда Советским Союзом. Уже подлетая к Еревану волнуешься: вот под крылом проплыла голубая жемчужина Севана, вот показался фантастический, неправдоподобный пейзаж с Араратом... Каждый раз не верилось, что это не полотно гениального художника, что это реально... И запах камня, вечного камня гор, твердого и искрошенного веками, когда выходишь из самолёта... Такой же в точности запах был в аэропорту Лод на земле Израиля... И какие люди, какие коллеги, какие друзья! Седа Манукян, жена Заславского, Грант Маранджян, Наташа Тер-Захарян, Анаит Чубарян, Миша Хачатрян... Наши выезды в горы, маковые поля, застолья до зари... Помню гостиницу с загадочным названием «Арабкир», себя молодого, в красной польской рубашке, пианино в гостеприимном доме Наташи Тер-Захарян, которое я терзал весь вечер... Долгий путь по ночному Еревану в гостиницу... Загадочный город из шершавого красного ласкового туфа. Грохот, гроздя искр — нас обгоняет ночной троллейбус. На бешеной скорости он тащит за собой по брусчатке...

¹¹³ Я припоминаю подобную телеграмму. «О» в ней обозначало бы Володю Оревкова, замечательного ленинградского математика.

большую металлическую кровать... Не совсем по Окуджаве, конечно... В фойе гостиницы из темноты возникает фигура, Макс Канович (замечательный математик) что-то кладёт в протянутую руку фигуры и та исчезает... Позже оказалось, что по ошибке Макс дал швейцару... три копейки... Когда это всё было, было ли?

Появились у Маркова последователи и за рубежом,— плодотворную конструктивную школу возглавил в Праге Освальд Демут (Oswald Demuth), великолепный математик. Насколько я помню, «братская помощь» танками, оказанная СССР Чехословакии, застала Освальда на стажировке в Ленинграде. Он немедленно и не без скандала вернулся домой, принял участие в протестах, подвергся преследованиям в Университете. Всё это, наложившись на хроническое нездоровье, несомненно, сократило его жизнь...

Плохо я чувствовал себя те дни, без сомнения, как многие другие. Вопрос о мере индивидуальной ответственности граждан государства, совершающего преступление, простых граждан, не имеющих никакого доступа к капитанскому мостику, но, тем не менее, создающих самим своим молчаливым присутствием массу корабля, идущего на таран, совсем непросто. Мне, например, всегда было не по себе в Прибалтике, отдыхать туда я не ездил никогда... Помню, уже в США венгерский музыкант, бежавший из своей страны сразу после подавления восстания 1956 г., узнав, кто я и откуда, полу в шутку, но полу всерьез упрекнул меня: «Что же вы, советские, творили...»... Было мне в 1956 г. 15 лет... И всё-таки...А из нашей школы, кстати сказать, исключили старшеклассника, протестовавшего против венгерской расправы... И были ведь смельчаки, вышедшие на Красную Площадь...

Навсегда запомнился такой эпизод. Вскоре после подавления пражской весны я написал Освальду письмо. Наклеил марку и пошёл на улицу, опустить письмо в почтовый ящик. В последний момент бросил взгляд на конверт и похолодел: с марки на меня глядел розовощёкий советский воин на фоне орудий, кораблей и т. д. Вернулся домой, взял другой конверт, наклеил марку с каким-то цветком, снова вышел на улицу и, как в фильме ужасов, история повторилась. В последний момент поглядел на белый

прямоугольник и опять ледяная волна по спине: на конверте, слева от адреса был напечатан рисунок. Всё тот же воин смотрел на меня, на сей раз за ним красовались ракеты... Мы не всегда в то время сознавали степень милитаризации страны, не замечали, например, бесчисленных военных на улицах. Советская военная песня — предмет отдельного рассказа. Не могу думать без восхищения, скажем, о песне, которую мы пели взводом на военных сборах: «Всегда готовы оправдать/ Родины доверие/ Советская, ракетная, родная артиллерия/». Вот так: именно *родная!* Употребить такой эпитет по отношению к артиллерии, пусть даже и ракетной, могло только очень смелое перо... В детском саду моя дочь распевала, маршируя вместе со всей группой и воспитательницей: «Наша армия сильна/охраняет мир она/охраняет мир она». Вспоминался анекдот из эпохи борьбы за мир, начатой товарищем Сталиным при поддержке полезных идиотов (великолепный эпитет тов. Ленина) на Западе¹¹⁴. Вопрос: Будет ли война? Ответ: Войны не будет, но будет такая борьба за мир, что камня на камне не останется. В эти же годы в Вычислительном Центре стали появляться иностранные стажёры и даже сотрудники, и я воочию увидел прелести западного либерализма. Было полное ощущение, что эти люди действительно прибывали из края непуганых идиотов, до такой степени простиралась их агрессивная наивность. Всё это опять-таки отдельный рассказ. Упомяну здесь, продолжая тему милитаризации, нашего канадского сотрудника, очень милого человека и большого пацифиста. На одной из вечеринок он сел за пианино и с душой исполнил Песню Поджигателей Войны. В каждом куплете капиталист на все лады вопил о советской угрозе, требовал — ещё пушек, ещё самолётов, никакого масла! Разоблачение наступало в припеве, в котором он, понизив голос, доверительно, на мотив траурного марша Шопена признавался в своих огромных прибылях. Я не смог отказать себе в удовольствии исполнить для нашего гостя подборку некоторых советских песен на тему «броня крепка и танки наши быстры», начиная с детских, вроде цитированной, и далее, как

¹¹⁴ С каким возмущением говорит Шостакович о тех же Пикассо и Фредерике Жюлио-Кюри! (*E. Wilson. Shostakovich, A Life Remembered. — Princeton: Princeton University Press, 1995. — P. 271–272*).

говорится, с остановками по всем пунктам.

В моё время Марков и его школа уже не подвергались фронтальным атакам партийных идеологов и определённого толка философов. Сохранялось, однако, ощутимое давление и общие ограничения, свойственные коммунистической системе. Вспоминаю, как однажды, в середине семинара раздался телефонный звонок. А.А. снял трубку. Звонил Освальд Демут из Праги и спрашивал, приеду ли я туда... послезавтра! Я не мог придти в себя от изумления. Выезд за границу в СССР был событием огромной бюрократической и идеологической сложности. «Но мы же послали приглашение три месяца назад, оплачиваем все расходы!» — настаивал Освальд. Приглашения этого я, разумеется, никогда не получал. Оно застряло где-то в недрах иностранного отдела Академии Наук. В математической среде, как в любом другом научном сообществе, наблюдалось соперничество школ, интриги и все прочие человеческие прелести... Наша школа, ввиду её немногочисленности, необычности научной программы была особенно уязвима. Наши диссертации часто подвергались особенному обращению в ВАКе и т. д. Не хочу сейчас говорить о подробностях, называть имена... Многих уже давно нет на свете... Полагаю, что необычайность программы Маркова, его человеческая и научная прямота были причинами того, что он так и не был избран академиком (Андрей Андреевич был членом-корреспондентом АН СССР с 1953 г.). Факт этот не украшает Академию...

Научное лидерство Маркова проявлялось своеобразно. Он никогда не занимался собственно лидерством, таковое возникало само по себе, незаметно. А.А. не вмешивался в подробности занятий своих аспирантов, предоставляя им большую свободу. Вместе с тем, любой полученный результат он встречал с вниманием и интересом. На семинарах он обычно просил приводить доказательства во всех деталях. На частое в математике «Это очевидно», он отвечал «Тем легче это будет доказать». Не раз случалось так, что «очевидное» оказывалось неверным. У Маркова вообще была особенная интуиция на математические ошибки. В последние годы он иногда дремал на семинарах, но в любом сомнительном месте А.А.

просыпался, и было очевидно, что он полностью владеет всем излагаемым материалом.

Вообще, способности Маркова заниматься математикой были безграничны, казалось, он не уставал от неё. Он мог прочесть четырёхчасовую лекцию в Университете, приехать и провести семинар в Вычислительном Центре, а потом ещё поработать несколько часов за своим письменным столом дома...

Наше положение за железным занавесом, хотя уже и ржавеющим на глазах, ограничивало контакты с иностранными коллегами, особенно это относилось к математикам из капиталистических стран. Уникальным исключением явился Московский Математический Конгресс 1966 г. На несколько дней занавес как бы приподнялся, и мы воочию увидели и услышали совершенно легендарных учёных. Так, великий Клини¹¹⁵ необычайно напоминал Дон Кихота в исполнении Черкасова. И он именовал меня сначала профессором (а был я аспирантом), а затем, в менее формальной обстановке даже совсем по буржуазному «мистером». Атмосфера эта была необычайной. В кулуарах Конгресса произошла и единственная известная мне встреча глав двух конструктивных школ Маркова и Бишопа. Я видел, как Бишоп зашёл на кафедру математической логики, где его приветствовали Марков и Шанин. Видел, как он ждал потом лифта, усталый и невесёлый. Очевидно, это была «не-встреча», выражаясь языком Марины Цветаевой... Что же, двум Пророкам всегда тесно вместе, видел ли кто-то Пророков, ходящих группами? Их эзотерический удел — одиночество.

Должен сказать, что после моего прибытия в США я установил дружеские отношения с учёными из школы Бишопа. Взаимное понимание и уважение наших двух школ давно достигнуто. И это большая радость.

Что касается интуиционистов, то с ними отношения по переписке установились ещё в советские годы. С особым теплом я вспоминаю мою многолетнюю корреспонденцию с профессором

¹¹⁵ Stephen Cole Kleene (1909–1994), крупнейший американский математик, один из творцов современной теории алгорифмов.

Амстердамского Университета А. Трулстрой (А. Troelstra).

Собираясь на Конференциях, мы образовывали компании, искрящиеся молодостью и озорством. Сейчас, когда я пишу эти строки, трудно поверить, что иных уж нет, а другие отмечают библейски звучащие юбилеи. Я однажды рассказывал об одной из таких конференций в эссе «Семь часов в Одессе», опубликованном журналом «Вестник», а позже и журналом «Химия и Жизнь» в Москве¹¹⁶. Вспоминается и Конференция в Дилижане весной 1971 г. Дом Творчества Композиторов, коттеджи у подножия зелёной горы, с которой (если потратить пару часов на изматывающий подъём) открывался неправдоподобной красоты вид на озеро Севан. Сам я подъём этот не одолел и о виде на Севан знаю по рассказу Альберта Драгалина, коллеги и друга многих лет, оппонента в бесчисленных дискуссиях. Альберт с детства хромал, тем большие вызовы — и физические и духовные — он искал и принимал. В математике он был огромным эрудитом, живо интересовавшимся всем новым. В нашем круге здесь с ним мог соперничать только ленинградец Гриша Минц, классического склада учёный, ныне профессор Стэнфорда. Вокруг Альберта собиралась молодёжь, которую привлекало его рыцарское служение науке, его сдержанная сила и благородство. Впереди была трудная судьба, эмиграция в Венгрию, смерть жены... Тот подъём, смешной с точки зрения альпиниста и даже просто человека, привычного к горным походам, оказался не под силу моему нетренированному сердцу. Альберт пошёл до конца. Не знаю, сколько раз он заставлял своё сердце переступать физические пределы, но однажды оно внезапно остановилось... Какая боль, какая беда, какая потеря...

Директор Дома Творчества с гордостью показывал: «Вот здесь у меня жил Бенджамен Бриттен, а вот здесь — Шостакович; и каким вином, каким чанахом, каким хоровацем я их угощал!». Был май, всё кипело, во всех коттеджах стояли чудесные рояли чехословацкой фирмы «Петрофф»... Я изображал на них импровизациями коллег, в том числе и старшего поколения. И Маркова, и замечательного

¹¹⁶ Вестник, 1999. – № 20 (227). – С. 53–56; Химия и Жизнь, 2002. – № 3. – С. 59–61.

математика, пионера теории алгорифмов Бориса Абрамовича Трахтенброта, живущего теперь в Израиле...

Какие споры во время докладов, какие разговоры ночью за столом... В фойе столовой из-за стекла, не мигая, смотрели в упор два тусклых жёлтых солнца, время от времени на них наплывала и также плавно отплывала полупрозрачная плёнка. Это моргал с насеста филин, куски отборного мяса небрежно краснели на песке вольеры. Кто-то, было, заикнулся, что птица нас объедает, но в нашем рационе ничем и близко лежащим не пахло. Очевидно, снабженцы отрывали это мясо в некотором смысле от самих себя. Перед нами Дом Творчества принимал другую Конференцию — по механике и прикладной математике. Какие-то её участники, движимые то ли состраданием, то ли соком местной виноградной лозы, решили выпустить гордого сына гор на свободу. Не без труда открыли стекло. Птица не проявляла никакого желания покинуть своё теплое место. Когда ей попытались мягко намекнуть длинной палкой, что она может лететь на все четыре стороны, были пущены в ход когти, клюв и т. д. Рождённый свободным не хотел покидать своей отдельной клетки, жирного пайка... Какая ошеломляющая аллегория для нас, людей...

Почти сразу за Дилижаном последовала Конференция-школа по основаниям математики в Обнинске, собравшая математиков и философов. Режимный в ещё недавнем прошлом город, в котором была построена первая в мире атомная электростанция. Насколько я понимаю, построена она была при Институте Высоких Энергий Академии Наук, объекте, обнесённом высоким забором с колючей проволокой и патрулями, курсирующими по периметру. Названия улиц были как будто взяты из справочника Академии Наук по отделениям физики, химии и т. д. В городе располагалось несколько первоклассных академических институтов, в частности, институт радиационной медицины, в котором проходили наши заседания, и метеорологический институт. В ведении последнего находилось уникальное сооружение, которое сразу бросалось в глаза, когда к городу подъезжали на электричке. Я имею в виду знаменитую метеорологическую башню, высотой, кажется, в 300 метров. В то время это была самая высокая свободно стоящая башня в Европе

(удерживала элегантную иглу, уходившую в облака, сложная система канатов-растяжек). Внутри башни был небольшой лифт, и появилось даже намерение попросить об экскурсии на самый верх, на что, помнится, соглашался благоволивший нам горком. К сожалению, из затеи ничего не вышло, но экскурсия на атомную электростанцию, насколько я помню, действительно состоялась.

Был май или начало июня, время внутренне молодое, и такой же молодой была и школа Маркова. Во время заседаний вспыхивали горячие дискуссии без различия рангов, доставалось и главе школы, к чему он относился вполне благожелательно. Как всякому, по-настоящему крупному учёному, А.А. был свойствен интеллектуальный демократизм,— научная истина была важнее всего, и он с интересом выслушивал возражения, не всегда внятные и часто ошибочные своих молодых соратников. Я знаю это и по наблюдениям и по собственному опыту, ибо провёл многие часы с Учителем в научных дискуссиях.

В то время я внезапно открыл для себя Малера. У меня появилась запись его Пятой Симфонии, этот огромный невероятный мир меня поразил и захватил. Захотелось этим миром поделиться, и я взял с собою небольшой чемоданчик, имевший звучное официальное наименование «радиографмофон». Это был подлинный электронный динозавр, но вокруг него собирались благодарные слушатели. С другой стороны Роберт Фрейдзон привёз из Ленинграда только что выпущенные записи Вертинского¹¹⁷. Эта невообразимая комбинация навсегда осталась для меня музыкальной эмблемой Обнинска. Когда вспоминается этот город, это время так и звучит контрапунктом начальная труба Траурного Марша и «Мы пригласили тишину/На наш прощальный ужин». И в самом деле, сколько прощаний было впереди... Вспоминается Роберт, отличавшийся даже и во внешних формах поведения подлинным джентльменством (редкая, почти

¹¹⁷ Один мой знакомый, работавший на телевидении, рассказывал выразительную историю о Вертинском. Вскоре после возвращения в СССР В. поехал в большую гастрольную поездку по стране. Когда он вернулся и получил причитающиеся ему деньги, пришлось уплатить профсоюзные взносы. Расстроенный артист ходил по Москонцерту и недоумевал: «Брохес, послушайте, Брохес (аккомпаниатор Вертинского — Б.К.), что же это такое? Я бы всех повёл в «Арагви»...». Здесь надо вообразить великолепное грассирование и неповторимую мелодику речи Вертинского...

немыслимая вещь в советской среде), Лена Ногина, непрменный участник всех слушаний... Это были дни начинавшихся дружб, дружб на всю жизнь...

Вечерами мы набивались в тесные кельи типовой гостиницы-пятиэтажки. Один из наших грузинских коллег имел родственников, замечательных виноделов. Молодое вино оживляло наши собрания, затягивавшиеся почти до утра к неудовольствию дежурных по этажу, смотревших на нас не без подозрения. Особенно недовольны были стражи гостиничного порядка, когда однажды в очень поздний час мы отправились гулять и возвращались, крадучись по коридорам, на рассвете. Андрей Андреевич гулял с нами, и на него обрушилась основная тяжесть упреков: «И Вы туда же, седой, солидный, как не стыдно!».

А ночь была короткой, почти белой, звёзды мерцали в прогалинах мглистых облачных равнин. Всё располагало к теологическому спору на вечно живую тему, что такое Бог и где Он. В ходе этого спора я умудрился потерять и паспорт, и командировочное удостоверение. Надо сказать, что в Обнинске была особенная атмосфера интеллигентности и режимности, странно сочетавшихся и создававших едва ощутимое напряжение (что-то в этом роде я чувствовал и в Жуковском)... Соответственно, я почти не удивился, когда около шести утра (ещё и лечь не успел) кто-то позвонил и стал спрашивать, при мне ли мои документы. В фойе первого этажа человек в штатском, но с очевидной военной выправкой, тщательно, проверив, кто я (у меня оставался пропуск в Вычислительный Центр) вручил мне документы и удалился...

На следующий вечер горничные, располагавшие в те дни необозримой властью во вверенных им гостиничных хоромах, попросту заперли выходы на этаже Маркова и он пойти с нами не смог. Зато мы принесли и поставили у дверей его номера *ведро* ландышей...

С тех пор я бывал в Обнинске ещё на двух методологических конференциях и один раз приезжал по приглашению Дома Учёных с лекцией о переводах Сонетов Шекспира. Было это в пред- и в перестроечные годы, заседания проходили в Доме Политического Просвещения, в котором коричнево мерцало партийное дерево

облицовки, сияла в туалетах импортная сантехника, пахло хорошим кофе, и в буфете на подносах раскидывались радужными веерами пирожные. Много интересного и необычного, немыслимого по советским стандартам, произносилось и с трибуны заседаний и в кулуарах, но это было уже после Андрея Андреевича, после моей молодости... Совсем другой рассказ.

А тогда от изгнания из гостиницы нас спасало лишь явное покровительство горкома, истоки которого мне неясны. Возможно, дело было в философах, проявлявших большой и в эти годы уже не каннибальский интерес к основаниям математики и имевших надлежащие связи. Справедливости ради надо сказать, что и в философии наблюдался ренессанс, появились настоящие интересные личности... В мгновенно пролетающие ночи обсуждалось всё на свете, читались стихи, иногда вполголоса принимались петь. Мне особенно запомнился Серёжа Маслов. Устроившись на полу, сложив пополам свою высокую фигуру, поглаживая и теребя бороду, временами закрывая от нахлынувшего вдохновения огромные карие глаза, он читал стихи Пастернака, и пел Галича. От него я впервые услышал знаменитую «Балладу о прибавочной стоимости» и, что куда важнее, «Гамлета». Сейчас в это трудно поверить, но я в то время Пастернака практически не знал. Стихи его циркулировали в кругах, к которым я по тяжким послевоенным условиям моей семьи касательства не имел, в школе же Пастернак был упомянут лишь однажды — осенью 1958 г., когда началась позорная травля поэта. Наша учительница, незабвенная Наталья Евгеньевна (сколько хлопот причинял я ей по юной своей глупости) пришла в класс и, не вдаваясь в подробности, сказала, что Пастернак (а в классе почти никто не знал этого имени) для неё был всегда сложноват, хотя и увлекал своей необузданной фантазией. Она не читала, конечно, романа, но письмо, подписанное Фединым, писателем ею уважаемым, о чём-то говорит. Честность Федина вне сомнений. Жаль, что Пастернак не прислушался к его мнению. В тех условиях, когда газеты были переполнены временами просто непристойными нападками на автора «Доктора Живаго», это было очень умеренно, минимум того, что она, видимо, была обязана нам сказать. Простая учительница русского языка и литературы повела себя мужественнее

и достойнее некоторых именитых писателей, чего мы, разумеется, в ту пору не понимали. Травля Пастернака в нашем десятом «В» московской школы № 310 не состоялась. Поклон мой светлой памяти Натальи Евгеньевны, вечная моя благодарность за тот урок, понятый мною только много лет спустя...

Серёжа прочёл «Гамлета» с особенным вдохновением, видно было, что стихотворение захватывало его. На меня это произвело сильное впечатление — не столько даже сами стихи, сколько одухотворённость читавшего и ощущение прикосновения к чему-то большому, новому, частью чего были эти немногие строки... Помнится, я тогда же сказал, что меня огорчает последняя строка «Жизнь прожить — не поле перейти». Непостижимо, как можно было закончить *такое* стихотворение чугунной формулой пословицы... Серёжа отвечал искренним недоумением, и рассказывал о даче в Переделкино, смотревшей окнами на кладбище за полем, тем самым полем, которое Пастернак, в конце концов, «перешёл» на руках несших гроб... К могиле на холме под тремя соснами... Строка была пророческой.

Мне и сейчас не нравится эта строка, хотя с тех пор многое в моих взглядах и пристрастиях изменилось. Здесь возникает вечный вопрос о соотношении художественного произведения с реальными обстоятельствами, в которых оно было создано, а также с культурологическим контекстом, его окружающим. Разумеется, мы не можем воспринимать искусство вне определённого контекста, культуры, заложенной в нас самим окружением. С другой стороны трудно избавиться от впечатления, что *некоторые* стихи, *некоторая* музыка и т. д. воздействуют на нас непосредственно, знаем ли мы хоть что-то об авторе, его жизни, времени или нет. Т. е. для их восприятия достаточно самого элементарного, несознаваемого, молчаливого контекста культуры, в которой мы выросли. Не могу, например, забыть детских впечатлений — из жалкой тарелки репродуктора донеслась начальная формула Пятой Симфонии Бетховена. Эти четыре ноты, которые обрушил полный оркестр, потрясли меня. А ведь я ничего не знал тогда о композиторе, о судьбе «стучащейся в дверь» и т. д. Потом были столь же неожиданные встречи с соль-минорной Симфонией Моцарта и со

многим другим. Ещё одно острое ощущение детства: я играю во дворе и вдруг слышу из распахнутых окон невероятную, зажигательную музыку. Кармен поёт свою Хабанеру... Лечу домой, чтобы попытаться сыграть её на нашем стареньком Blüthner'e... Такое же впечатление оставляли некоторые пьесы, которые играла незабвенная моя бабушка... Части Сонат Гайдна, и, конечно, невероятная, бессмертная грация моцартовского рондо *Alla turca*... Поражали меня тогда Сказки Андерсена, а много позже — и снова вне всякого конкретного контекста — поразил своей мрачной фантазией, необыкновенной мощью и красотой звучащего Слова «Ворон» Эдгара По... Должен ли я знать что либо о даче Пастернака, да ещё в таких подробностях, знать о драме его похорон, чтобы не ёжиться, как от ощущения фальшивой ноты в потоке чудесной музыки, от последней строки «Гамлета»? Не знаю... Трудно указать здесь какие-либо границы, и, разумеется, я говорю сейчас только о собственном восприятии, каковое может быть ущербным и, несомненно, будет объявлено таковым поклонниками замечательного Поэта. Сам Пастернак неоднократно настаивал на том, что отдельное стихотворение рассматривать бессмысленно вообще¹¹⁸. Художественное значение может иметь книга стихов, на худой конец стихотворный цикл. В этом смысле цикл стихов из романа особенно своеобразен. Ведь стихи «подарены» герою, доктору Живаго, это его стихи и соответственно в них ощущается тонкая стилизация. Мелодии этих стихов вплетены в ткань романа и, в сущности, неотделимы от него. Трудно не согласиться с упомянутой только что мыслью Пастернака. Хотя мнение это, как и всякое другое, имеет свои пределы. В художественном сознании читателя, слушателя запечатлеваются отдельные стихи, мелодии... Даже отдельные строки начинают жить собственной жизнью, вне породившего их художественного пространства... Многие строки самого Пастернака стали крылатыми, если не в народе, то в образованных кругах, и произносятся совершенно вне контекста книги или цикла стихов, в которых они появились впервые, порой даже вне контекста

¹¹⁸ См., например, *Е. Пастернак*. Борис Пастернак. Биография. — М.: Из-во Цитадель, 1997.

отдельного стихотворения.

Возвращаясь к проблеме контекста, замечу, что меня сегодня гораздо сильнее огорчает в «Гамлете» строка «Я один, всё тонет в фарисействе». Став старше, многое прочитав и многое узнав на собственном опыте, я вижу в этом привычном ругательном «фарисействе» давнюю, в Новый Завет уходящую антиеврейскую традицию христианства. Много крови и страданий принесла эта традиция длиною в двадцать веков... Она тем более печальна, что, несомненно, была бы полностью чужда самому Иисусу, реальному, а не церковному Иисусу, еврейскому Учителю, черты личности которого усматриваются в Новозаветных документах через все наслоения. Именно фарисеи особенно близки ему и, скорее всего, сам он был фарисеем... Конечно, подобные словоупотребления стали частью языка и появляются в речи, в сущности, уже бессознательно, вне связи с историческими реалиями... Инерция языка огромна. Сам я уже никогда не употреблю «фарисейство» и производные от него все, как не сравню бездумно завистника с Сальери, а злодея с Иудой¹¹⁹. Вместе с тем не могу не видеть, что

попытки насильственного изгнания таких словоупотреблений часто приводят к уродствам и эксцессам так называемой политической корректности... Для меня, видимо, здесь имеет значение ещё и другой, обостряющий ситуацию контекст: болезненное (с моей точки зрения), постыдное (также с моей точки зрения) отвержение Борисом Пастернаком своего еврейства¹²⁰. Сказав всё это, я

¹¹⁹ Ситуация с Иудой Искаротом вовсе не так проста, как многим кажется. Здесь можно рекомендовать замечательную, хотя и не бесспорную (бывают ли бесспорные работы на подобные темы вообще?) книгу известного исследователя Маккоби: *Hyam Maccoby. Judas Iscariot and the Myth of Jewish Evil.* – New York: The Free Press, 1992.

¹²⁰ Эта печальная, увы, вечная и вызывающая противоречивые эмоции тема заслуживает отдельного исследования. Ограничусь здесь замечанием из моей статьи «Памяти Друзей» (Вестник, 1998. – № 21 (202)): «Совсем недавно я столкнулся с ярким образчиком подобного умонастроения в интервью, которое дал Е.Б. Пастернак балтиморскому журналу „Вестник“ (№.13(194), июнь 1998 г.). Отвечая на довольно неудобный вопрос об отношении своего отца к еврейскому народу, Е.Б. Пастернак сказал: «Мой отец, никогда не отрекавшийся от народа, к которому принадлежал, всю жизнь преодолевал племенную узость. Преодолевал настолько, что с полным правом считал себя русским писателем». Само собой

предпочёл бы вернуться в своё начальное доконтекстное восприятие этого прекрасного стихотворения... Спасибо Серёже Маслову... Кто мог знать тогда, как трагически рано оборвётся его жизнь... Что касается математики, Серёжа был одним из очевидных лидеров ленинградцев. Работы этой школы по машинному доказательству теорем во многом опирались на фундаментальные результаты Маслова, получившие широкое международное признание.

Должен сказать, что Пастернак был единственным поэтом, которого А.А. Марков цитировал на моей памяти. Упоминался и Маяковский,— мы сходились в восхищении его феерическим дарованием,— но именно пастернаковские строки любил повторять Андрей Андреевич. Это были не роскошные, лукулловские метафоры ранних стихов. Андрея Андреевича привлекала другая линия, те стихи, в которых поэзия сгущалась до уровня афористической прозы, где каждое слово было сказано на вечность, где сама печальная мудрость обращалась к нам. «Быть знаменитым некрасиво.\ Не это поднимает ввысь\... Цель творчества — самоотдача,\ А не шумиха, не успех...», и, особенно:

Есть в опыте больших поэтов
Черты естественности той,
Что невозможно, их изведав,
Не кончить полной немотой.

В родстве со всем, что есть, уверясь,
И знаясь с будущим в быту,
Нельзя не впасть в конце, как в ересь,
В неслыханную простоту.

Но мы пощажены не будем,
Когда её не утаим.
Она всего нужнее людям,
Но сложное понятней им.¹²¹

разумелось, что уж русский-то писатель, в отличие от какого-то там еврейского, никак не может страдать пороком „племенной узости“...».

¹²¹ Стихотворение без названия из книги «Когда разгуляется», 1956; «Волны», из книги «Второе Рождение», 1931. Не привожу конкретных ссылок, поскольку сегодня стихи Пастернака доступны во множестве изданий.

Удивительно сказано, какая глубина, какая стройность и какая смелость, как писал другой Поэт. Какой разительный контраст с мелководной болотной сложностью некоторых новомодных кумиров...

Именно эта бездонная, высшая, смелая простота была свойственна творчеству Андрея Андреевича. Он терпеть не мог мудрствований. В математических его работах, особенно последнего периода, поражала ясность и простота, последовательность, с которой развивалась мысль. Это было, как подъём в гору, вроде бы каждый шаг невелик и очевиден. Но вот остановишься перевести дух и вдруг видишь, как далеко внизу остались крыши, дорога, всё обыкновенное.

Удивительны были его рукописи, где каждая буква была буквально нарисована. Как я уже писал выше, сам процесс начертания слов превращался у Маркова в художественный акт, в своего рода священнодействие. А.А. любил особенную, двойного размера бумагу, которую мы получали для него в Вычислительном Центре АН СССР. Листы эти под его руками превращались в образцы рукописного искусства...

Андрей Андреевич был артистом в самом широком смысле этого слова, когда сам жизненный процесс воспринимается как художественное действие. Эта артистичность проявлялась и в манере говорить, напоминая декламацию, и даже в походке. И сейчас у меня перед глазами эта величественно-смешная сцена, которую я столько раз восторженно созерцал. А.А. закончил лекцию и идёт по коридору 16-го этажа мех-мата, чтобы вымыть руки. Руки эти торжественно вытянуты вперёд, и он несёт их перед собою с выражением хирурга, направляющегося к операционному столу. Шаги его почти недискретны, и он плывёт в студенческом водовороте, как линкор на морском параде, не заботясь нисколько свободно ли пространство перед ним. И пространство действительно каким-то чудом оказывается свободным... Эта необыкновенная артистичность привлекала людей к Андрею Андреевичу. Она же порой и пугала. Не каждый был в состоянии оценить его своеобразный юмор и постоянную готовность к мистификации. Должен сказать, что А.А. высоко ценил эту способность в других.

Однажды несколько озорных моих знакомых стали звонить по различным номерам и просить к телефону Бетховена. Обычной реакцией было возмущение. А.А., как ни в чём не бывало, ответил, что позвать Бетховена к телефону он не может, поскольку таковой здесь не проживает. В ответ на ещё более нахальную просьбу передать Бетховену привет А.А. вполне спокойно заявил, что, к сожалению, не может сделать и этого, так как Людвиг ван Бетховен умер в Вене в 1827 году.

– Извините, пожалуйста, мы, видимо, не туда попали.

– Пожалуйста. Всего доброго.

Телефонные озорники попали в самую точку...

Ещё одним проявлением мистификационных наклонностей А.А. была его манера прочтения — нет, опять-таки исполнения,— различных бюрократических документов. Многие участники и гости Учёного Совета мех-мата и других подобных собраний, по-видимому, помнят это зрелище: А.А. держит бумагу несколько поодаль, с глубоким почтением к ней, торжественно, как один восточный монарх держал бы послание другого столь же восточного монарха (я всегда в таких случаях думал, что не хватает прислужника для держания бумаги и другого прислужника с опахалом). Голос А.А. переливается звонкими и величественными обертонами. Затёртые бюрократические формулы, обычно проскальзывающие по самым окраинам нашего сознания, вновь сверкают во всей своей идиотской значительности. Аудитория смеётся до слёз... и порою диссертанту тоже становится легче в нелёгкой его участи. Многим московским математикам памятно давнее такое заседание в аудитории 14-08, трагическая докторская защита одного из учеников П.С. Александрова¹²². Не знаю, кто там был прав по так называемому существу. Думаю, что теперь, когда Павла Сергеевича нет с нами, по крайней мере, некоторые из этих молодых (тогда), энергичных и талантливых учёных вспоминают случившееся с печалью. Поведение Маркова в гущу этого скандала представлялось парадоксальным: тепло отозвавшись о диссертации и диссертанте, он затеял дискуссию

¹²² П.С. Александров (1896–1982), крупнейший математик, один из творцов современной топологии. Я немного рассказал о нём в цитированных выше воспоминаниях о мех-мате («Успенский пишет о Коломогорове»).

с одним из официальных оппонентов, известным математиком, академиком, отзыв коего загадочным образом соединял абстрактные топологические конструкции диссертанта с возможным будущим решением проблем перевозки мяса и молока (о проблеме производства таковых в то время ещё не принято было говорить). Трактую этот отзыв в духе обычного своего прочтения бюрократических бумаг, А.А. со всех направлений неизменно возвращался к «перевозкам мяса и молока», каждое новое упоминание было ещё более значительным и вызывало ещё более мощный взрыв смеха в аудитории. Оппонент обиделся, конечно:

– Зря Вы так, Андрей Андреевич, ну зачем же? Я просто хотел сказать, что самые абстрактные вещи могут иметь конкретные применения...

В том же духе дипломатично высказался и Председатель Совета¹²³. Здесь уж Андрей Андреевич рассердился:

– Я ведь говорил об отзыве официального оппонента. Отзыве о дис-сер-тации. Здесь Члены Учёного Совета сидят, профессора, не дураки какие-то, чтобы объяснять им об абстрактном и конкретном. Я и сам не такой дурак, это понимаю.

И тогда мне казалось и теперь кажется, что А.А. сознательно избрал эту парадоксальную линию, прошедшую контрапунктом через всё трагическое действие, чтобы смягчить и сделать более человеческой сложившуюся ситуацию.

При всём своём опыте ученики его, включая и автора этих строк, раз за разом оказывались «жертвами» одной и той же ловушки: «Вчера вечером я вышел из дома...» — начинал, бывало, А.А.... Он был серьёзен, даже несколько трагичен. Далее следовало *crescendo*, события (самой разной природы) становились всё более невероятными. Мы застывали,— что же дальше? «И здесь... я проснулся» — вдруг заявлял Андрей Андреевич и тут уж начинал улыбаться. Этот необычайный мир, столько раз сотворённый им на моих глазах, запечатлён и в единственном известном мне (и, к сожалению, незаконченном) прозаическом произведении А.А.,

¹²³ Если мне не изменяет память, им тогда был замечательный геометр Николай Владимирович Ефимов (1910–1982). Я слушал у Николая Владимировича курс математического анализа. Это было незабываемо.

рассказе «Опыт профессора Иванова», опубликованном в уже упоминавшемся первом томе Трудов А.А. Маркова.

Математический фольклор сохранил и апокрифическую историю визита А.Н. Колмогорова в Ленинградское (теперь, разумеется, Санкт-Петербургское) Отделение Математического Института. А.А. был в то время директором ЛОМИ, и, соответственно, принимал уважаемого гостя. «Вот здесь у нас комната для семинаров, вот здесь секретариат, а это мой кабинет...». Так он водил Андрея Николаевича и гостеприимно распахивал двери, пропуская его вперёд. Наконец, А.А. энергично распахнул очередную дверь, на сей раз не сказав ничего. Колмогоров по инерции шагнул вперед и... оказался в каморке, где уборщицы держали метлы, веники, ведра, тряпки и т. д.

Конечно, подобные розыгрыши иногда приводили к порче отношений и к неприятным инцидентам, но, видимо, удержаться от них А.А. не мог. Возвращаясь к Колмогорову, хочу сказать, что при всех многолетних дискуссиях между ним и Марковым, подчас обмена язвительными репликами, суммой их отношений было огромное взаимное уважение двух великих математиков.

Было даже нечто мефистофельское в характере А.А., в его чувстве юмора. Но, конечно, в отличие от Князя Тёмных Сил А.А. принадлежал к Царству Света, излучал Свет, дарил его нам... Изощённая ирония создавала художественное напряжение в жизни, помогала преодолевать обыденность, будни... Это поле воздействовало и на нас, на атмосферу школы. В шкафу, в нашей лаборатории в Вычислительном Центре имелся небольшой музей всевозможных курьёзов, его пополняли мы сами, помогали и коллеги... Например, там хранилось две таблички, привезённые с Братской ГЭС. Одна гласила «Не влезай!», подкрепляя запрет черепом с костями, другая наставляла «Влезай здесь!». Из Еревана мы вывезли большой знак из великолепной жести, на пластине был реалистично изображён текущий унитаз, загадочные армянские буквы, очевидно, призывали бороться с потерями воды, серьёзной проблемой армянской столицы. В один из наших приездов буквально все стены в городе были увешаны изображениями унитазов, хорошо, что не самими унитазами. Картина получалась сюрреалистическая, жаль, что её не видел Сальватор Дали. Не знаю, решила ли унитазная

компания проблему воды, но наверняка наступила нехватка жести. Успехом у наших гостей пользовалась опись «Предметов, находящихся в Ленинской Комнате ВЧ***». «Опись» была помещена в деревянную рамку и застеклена. Среди прочего в ней значилось: портрет В.И. Ленина — одна шт., портрет Л.И. Брежнева — одна шт. И т. д. Самые заурядные объекты, вырванные из своего окружения, предметного контекста вдруг приобретали ироническое, подчас сатирическое звучание... Гвоздём коллекции была пробирка со зловещей наклейкой «Пепел Келдыша». Пепел был подлинный: М.В. Келдыш курил во время визита в один из химических Институтов АН, знакомые химики собрали пепел от его сигареты, и презентовали нам... В этих условиях расцвёл неповторимый талант Валерия Петровича Дулуба в составлении палиндромов, «перевёртышей», фраз, читающихся одинаково в обе стороны. Лёгкость, с которой он это делал, была поистине моцартовской. Симметрия в начертании часто оборачивалась необычным, прямым звучанием... Иногда глубокий философский или политический смысл загадочным образом проникал в его творения, иногда они выглядели декадентски. Вот, например, «А в окне чирикала Кириченкова», «Теуров Игнат штанги ворует», «А Рим, и крематорий, и рота, мерки мира», зловещий диптих «Перечил ли Череп?! Да? — В Ад!», «У шпал Ленин ел лапшу», «Цени кабинет в тени, бакинец!», «Лёша Никсона носки нашёл» (так Валерий Петрович откликнулся на визит американского президента), целое стихотворение-лозунг «Мазут и мази низам и тузам!/ Мазут тузам,/ мази — низам!». Многие понимающе вздыхали на гениальное «Ишак, ищет у тётчи каши» («е» и «ё» по правилам игры не различались)... И т. д., и т. п. Было составлено несколько списков творений Валерия Петровича. К сожалению, мой экземпляр затерялся во время переезда в США.

На Конференциях мы часто сочиняли за незамысловатым вечерним столом Справки (именно так, с большой буквы) друг для друга, в которых изысканным бюрократическим языком и с привлечением местных реалий утверждалось безукоризненное поведение такого-то и такого-то участника Конференции. Справки подписывались всеми присутствовавшими и предназначались для предъявления домашним. Характерно, что А.А., саркастически

улыбаясь, не подписывал мои Справки... Развлечение это, конечно, эзотерическое, вне узкого круга вовлечённых, не слишком понятное. Но всё-таки зацепка для памяти... У меня сохранилось несколько таких пародийных документов, сегодня больно видеть подписи друзей, которых уже нет в этом мире... Как смеялись мы все вместе тогда... Что же, закат — самое хорошее, но и самое печальное время для воспоминаний о рассвете...

Органической частью личности Андрея Андреевича были его стихи, о существовании которых я узнал в середине шестидесятых годов. Тогда же мне довелось впервые услышать их в авторском исполнении. Стихов было немного, но они были в высшей степени оригинальны. Андрей Андреевич обладал великолепным языковым слухом. Для музыки его стихов характерны короткие открытые слоги, интуитивное ощущение красоты русских гласных. Всё это неподражаемо передавалось авторским исполнением, образуя редкостный по целостности артистический феномен. Недавно математик Дмитрий Бураго опубликовал подборку марковских стихов в журнале «Звезда» (№ 12, 2001)¹²⁴. Во вступительной статье к этой публикации, за которую ему благодарность и поклон, он, в частности, пишет: « Сохранилась кассета с записью Маркова, читающего свои стихи — в манере, напоминающей отчасти Галича и чуть-чуть Вертинского». Думаю, что публикатор слушал запись, выполненную мною... Сколько воспоминаний связано для меня с этой записью! Будучи Поэтом по всем измерениям Души, Андрей Андреевич сохранил и в преклонном возрасте способность к романтическим увлечениям, и таковые его несомненно вдохновляли. Здесь можно вспомнить об его знаменитых предшественниках, скажем, Гёте и Борисе Пастернаке. В начале семидесятых годов А.А. чувствовал себя молодо и полётно, его привлекали наши вечеринки с их затягивающимися далеко за полночь дискуссиями, песнями и просто разговорами... На одном из таких собраний он читал, в частности, свой великолепный перевод Нобелевской речи Камю. Не

¹²⁴ На интернете <http://magazines.russ.ru/zvezda/2001/12/markov.html>. Самую полную подборку стихов Маркова можно найти на сайте «Поэзия Московского Университета» <http://poesis.ru/>, который создан и поддерживается Галиной Воропаевой (она замечательный поэт сама).

знаю, сохранилась ли рукопись в архиве Маркова... Перевод произвёл на меня сильное впечатление, в отличие от самой речи, которая мне показалась очередным примером пустого красивоговорения, характерного для парадных церемоний. Жаль, что уже не воспроизвести последовавшей дискуссии, продолжавшейся почти до утра... В таких обстоятельствах Андрей Андреевич с удовольствием откликнулся на наши просьбы прочесть свои стихи. Исполнения эти были незабываемы. На одно из таких собраний 14 июня 1971 г., на сей раз в доме моего однокурсника, также ученика Маркова Н.В. Петри я прихватил громоздкий катушечный магнитофон «Яуза-5», перед микрофоном которого Андрей Андреевич и прочёл ряд своих стихотворений. Дело было уже глубокой ночью и на плёнке, кажется, можно различить возмущённый стук в стену разбуженных соседей... Увы, события исторические часто вступают в противоречие с нашими ежедневными делами... Впоследствии копии этой записи распространялись среди учеников и коллег Маркова, делались переписи с переписей и т. д. по всем законам пленочного Самиздата. Вероятно, именно одну из таких переписей можно услышать на сайте Петербургского Отделения математического института РАН <http://logic.pdmi.ras.ru/Markov/zvuk/>.

Не могу согласиться с Дмитрием Бурого, сравнившим, пусть и «отчасти», чтение Маркова с манерой Галича. Полагаю, что эти две личности были творческими противоположностями. Это относится и к декламационной стороне их творчества. Марков не имел ничего общего с несколько тяжеловесной, земной, на трагические современные реалии настроенной песенностью Галича. Я всегда чувствовал за нею кожаную куртку, несколько преувеличенную, подчеркнутую мужественность, слегка в духе Джека Лондона (то же можно сказать и о Высоцком), атмосферу, в которой, скажем, бутылка водки со стаканами вокруг куда уместнее вина и бокалов. Разумеется, говорю всё это только чтобы подчеркнуть разницу культурных слоёв, культурных ниш, отнюдь не желая как-либо принижать размер и значение художественных личностей Галича (и, раз уж к слову пришлось, Высоцкого). Речь идёт о разных типах артистичности. Но вот сравнение с Вертинским, сделанное Бурого,

по-моему, более удачно. Есть что-то неуловимо общее между элегантной, самозавершённой и самодостаточной, обаятельно капризной и даже кокетливой артистичностью Вертинского и «сценической» манерой декламации Маркова. Пожалуй, есть что-то общее даже в их почерке. Мне вспомнилась сейчас могила Вертинского¹²⁵, камень, на котором выполнена его подпись, артистическая в каждой своей букве. Вероятно, к этому типу изысканного артистизма можно было бы отнести, при всех различиях творческих индивидуальностей, скажем, Игоря Северянина и Константина Бальмонта (и для них красота, музыка стиха имели решающее эстетическое значение).

Сюжеты марковских стихов были, как правило, необычны, в них непринуждённо переплетались реальное и воображаемое. Можно заметить и склонность к декоративной, скажем, испанской атрибутике. Вполне различима сатира в адрес учёной братии. Сейчас, когда я пишу эти строки, мне приходит в голову Булгаков, «Мастер и Маргарита». Мефистофельское начало, как я уже писал, было отнюдь не чуждо Маркову, и саркастический юмор его стихов очевиден любому читателю. Можно отметить ясность метров, экономную лаконичность. Андрей Андреевич, в отличие от многих модных сегодня версификаторов, знал цену и вес каждого слова. Вот два стихотворения А.А. Маркова:

Вечный пламень

*Смешная утварь — голова.
Она как тыква изощрена.
Как полуночная сова,
она остра и извращенна.*

*Разбита мира скорлупа,
и кротким некуда деваться.
Смешная доля у клопа:
плясать, кусать и издеваться.*

*Пусть он приплюснут и вонюч,
и слеп как крот, и глух как камень,
но в сердце у него живуч
неугасимый яркий пламень.*

¹²⁵ На старой территории Новодевичьего кладбища в Москве, сразу у входа, направо.

Гиппомонада

*Черная гиппомонада
вышла из бездны времен
и говорит, что не надо
ей ни гербов, ни знамен.*

*Черная гиппомонада
вышла из дали веков
и говорит, что не надо
ей ни вождей, ни полков.*

*Черная гиппомонада
вышла из чащи лесов
и говорит, что не надо
ей большинства голосов.*

*Черная гиппомонада
вышла на берег одна.
Ей не нужна канонада,
ей ненавистна война.*

*Черная гиппомонада
бодро бежит без подков,
и ничего ей не надо,
кроме жиров и белков.*

В обоих случаях за парадоксальностью сюжетов, за иронией очевидно горькое размышление о жестоком времени, о моральном несовершенстве человека...

Клоп из «Пламени» вызывает в памяти целую линию в мировом искусстве, линию аллегорий, соединяющих человека и кровососущего паразита. Видимо самый знаменитый пример — «Фауст» Гёте¹²⁶. Вот начало песни Мефистофеля в погребке Ауэрбаха в Лейпциге в переводе Бориса Пастернака¹²⁷:

*Жил-был король державный
С любимицей блохой,
Он был ей друг исправный,*

¹²⁶ Есть стихотворение о клопе и у Гейне (см., например, *Генрих Гейне. Стихотворения и Поэмы.* – М.: Из-во Правда, 1984. – С. 262). Это стихотворение представляется мне неудачным, а содержащиеся в нём грубые нападки на Мейербера (разнообразно и щедро помогавшего Гейне в течение многих лет) не делают чести поэту.

¹²⁷ *Иоганн Вольфганг Гёте. Фауст*, пер. с немецкого Б. Пастернака. Библиотека Всемирной Литературы. – М.: Из-во Художественная Литература, 1969. – С. 107.

*Защитник неплохой.
И объявил он знати:
«Портному приказу
Ей шить мужское платье,
Как первому пажу...»*

В русской традиции этот эпизод передан великолепной, всем известной песней Мусоргского на стихи (свободный перевод из Гёте) А.Н. Струговщикова:

*Жил был король когда-то
При нём блоха жила,
Блоха... блоха!...*

И т. д.

Очевидно, Марков решил вечную тему совершенно оригинально. Особенно впечатляет поток метафор в конце, музыка этих строк. В своей декламации А.А. почти выкрикивал «живуч» и делал фермату, буквально выпевал великолепное центральное «я», на котором балансирует последняя строка.

И это фантастическое, удивительное создание Гиппомонада, органично соединившее в своём имени лошадиное и философское начало¹²⁸! Что-то, вроде знаменитого Тянитолкая Корнея Чуковского, но позакковыристее. Мы особенно любили это стихотворение, и читал его Марков неподражаемо. Тогда же я сочинил музыку к Гиппомонаде, в которой можно различить влияние Бетховена среднего периода и раннего Шостаковича (разумеется, ответственность за эту музыку лежит полностью на мне). В интерлюдиях между куплетами Лошадь-философ скакала у меня по всей клавиатуре — снизу, вверх, снизу вверх... Должен сказать, что в те времена я почти не писал серьёзных стихов, а те немногие, которые читал Маркову, он воспринимал с сочувствием, однажды он сказал, что пора думать о публикации. Но в то время это казалось чем-то совершенно недостижимым, да и стихов было, как я уже сказал, совсем немного, почти все они были «безбумажны», хранились в моей памяти. В то же время А.А. полностью принимал юмор по

¹²⁸ Монада – излюбленное понятие философов с античных времён.

отношению к своим произведениям. Он от души смеялся над моей Балладой, в которой пародировалось сразу несколько его стихотворений, и неоднократно просил меня прочесть «усиление результата»¹²⁹. И ещё один штрих мефистофельской линии. В те годы Марков увлекался Фантастической Симфонией Берлиоза, его захватывал её неистовый, мистический романтизм, некоторая потусторонность, выраженная, в конце концов, прямым цитированием средневековой темы Смерти «Dies Irae». В доме Марковых появилась лучшая по тем временам радиолка «Симфония» (какой это был радиомонстр, прости Господи!) и во время моих визитов из неё часто звучал Берлиоз. А.А. тут же сообщал мне часть программы, относящейся именно к данному музыкальному эпизоду. Кстати, если я не ошибаюсь, Берлиоз тоже написал музыку к Гётевской «Блохе»...

Раз уж разговор зашёл о музыке, не могу удержаться и перескажу один интересный эпизод, тоже касающийся разных типов артистичности. История эта, скорее всего, неизвестна музыковедам, я услышал её из первых рук от Н.Н. Зряковского, отца моей однокурсницы Тани Зряковской. Николай Николаевич был профессором московской Консерватории, автором монументальной книги об инструментовке. Он уже давно был на пенсии, когда я его узнал. Вот его рассказ:

«Был я тогда студентом композиции в классе Сергея Никифоровича Василенко. Подрабатывал иногда в оркестрах, исполняя несложные технические партии ударных, в которых только и надо, что уметь читать партитуры. Той репетиции я ждал с нетерпением. Скрябин играл свой фортепьянный Концерт, Рахманинов дирижировал. Мне очень хотелось поговорить со Скрябиным, но как это сделать? И я придумал, попросил его показать, как играть на моих колокольчиках. Он подошёл ко мне, поговорил, показал... Потом началась репетиция. Скрябин за роялем. Взор его где-то не здесь, не в этом мире, на клавиатуру не смотрит и вовсе, музыка сама излучается из-под его пальцев. Рахманинов,

¹²⁹ Принятое в среде математиков выражение, когда кто-то доказал теорему, более сильную, чем предыдущая.

земной, плотный, четко отбивает такт. В перерыве между частями поворачивается к Скрябину: «Саша, а ты здорово выучил свой Концерт». Скрябин ничего не ответил, только посмотрел на него с изумлением».

Это изумление Скрябина, сброшенного неожиданной репликой со своих небес (несомненно, Рахманинов подшучивал над другом), Николай Николаевич великолепно изобразил, подняв глаза к потолку. Вообще, он необыкновенно передавал мимику участников этого события. Письменное слово, тем более моё, здесь не вполне состоятельно...

Стихи Маркова, не говоря уже обо всём остальном, оказали на меня огромное благотворное влияние. Как скромный знак признательности я посвятил памяти Учителя книгу стихов «Иней Времени» (VIA Press, Baltimore, 2001).

Чувствительность Андрея Андреевича к языку проявлялась порою неожиданно. Вот один незначительный, но выразительный эпизод. Мне иногда снились сложные, просто голливудские по эффектам сны, подчас с фантастическим участием исторических лиц (Моисей, Иисус, герцог де Бофор, Людовик Четырнадцатый, Мао Дзе-Дун, Сталин, Гитлер, маршал Будённый, Гилельс, Керенский, Салазар, Берлиоз, Бетховен и т. д., и т. п.). Я обычно рассказывал сны работавшему рядом в Вычислительном Центре Александру Александровичу Абрамову, замечательному математику, плюс одному из самых интересных людей, которых мне довелось встречать. Александр Александрович имел собственную систему расшифровки снов. Проекция в прошлое, настоящее и в будущее, возникавшие при этом, отнюдь не всегда были радостны... Андрей Андреевич тоже с интересом выслушивал мои рассказы, от души смеялся. В том случае мне приснилась последовательность сцен. Сначала улицу Макаренко в Москве (переулок у Чистых Прудов, где был дом моего детства) среди бела дня перебежала лисица. За нею гнался неизвестный мне субъект, ослепительно лысый. Его лысина просто сверкала. Вслед за этим «на экране» крупным планом возник улыбающийся Толя Слисенко, ленинградский математик, мой хороший приятель. Когда я пожаловался Андрею Андреевичу, что не могу уловить смысла и

связи во всём этом, он мгновенно ответил:

– Но это же очевидно, Борис Абрамович! Посмотрите на эти слова «ЛИСица, ЛЫСый, СЛИСенко. Какие аллитерации! Это же сон-стихотворение.

А часы, проведённые в рабочем кабинете Маркова! Внушительного размера письменный стол был завален огромными «марковскими» листами рукописей. Над столом висела небольшая акварель, впрочем, возможно пастель, а, может быть, и небольшой холст, написанный масляными красками. Фантастическое, явно парнокопытное существо, нечто вроде Гиппомонады, но с акцентом в сторону козы или коровы мирно паслось на розовом лугу под розовым небом неизвестной науке планеты. Картина эта завораживала всё той же стихийной парадоксальностью, свободой фантазии художника. Художником, в данном случае в буквальном смысле слова, был Андрей Андреевич. Называл он картину «Лунной Коровай», видимо, она висела над его рабочим столом с незапамятных времён. Это было единственное, мне известное произведение А.А. в жанре живописи¹³⁰. С картиной этой связан ещё один характерный эпизод. В один прекрасный день Андрей Андреевич приходит в нашу комнату в Вычислительном Центре и обращается ко мне:

– Здравствуйте, Борис Абрамович. Хочу похвастаться.

– ???

– Сегодня у меня был дома Бонифатий Михайлович¹³¹. Он хвалил мою «Лунную Коровай». Сказал, что она напоминает ему Шагала.

– Поздравляю, Андрей Андреевич!

– Э... Не с чем. Вот если бы люди говорили, что работы Шагала напоминают им мои картины, это было бы совсем другое дело...

В те романтические времена А.А. начал бывать у меня в доме. Визиты были вполне неформальные и подчас начинались и

¹³⁰ Если мне не изменяет память, в последний год жизни А.А. подарил эту работу одной из сотрудниц Вычислительного Центра АН СССР.

¹³¹ Бонифатий Михайлович Кедров (1903–1985), философ, академик. Одно время обсуждался задуманный им проект перехода Маркова со всей его Лабораторией Вычислительного Центра на работу в «Жёлтый Дом» на Волхонке, Институт Философии АН СССР. К счастью, ничего из этого не вышло.

заканчивались поздно вечером. Домой А.А. всегда возвращался пешком и я его, конечно, провожал вместе с нашим темпераментным ирландским сеттером Марком Лицинием Крассом. Так и шли мы втроём: импозантный величественный Андрей Андреевич и я на привязи у тянущего, дёргающего, всем на свете интересующего пса...

Насколько Красс был знаменит в математических кругах, я убедился уже здесь, в Америке. Мой коллега по университету Марк Мелман, вернувшись с Гавайских Островов, где он, в частности, встретил относительно молодого математика из России, рассказывал, что тот знал не только и не столько обо мне самом, сколько о Марке Лицинии. Многочисленные легенды об его собачьих подвигах, украденной колбасе и т. д. всё ещё были живы, пересекли океан. А шёл тогда двухтысячный год, уже пятнадцать лет не было на свете нашего ушастого друга...

А.А. вообще любил длинные прогулки. Я со своей стороны имел обычай время от времени ходить пешком во Внуково, от дома и далее по шоссе, над которым непрерывно пролетали огромные металлические птицы с горящими фарами-глазами. Они меня вдохновляли. Однажды мы прошли с ним эти 18 км вдвоём, обсуждая всю дорогу обобщённые индуктивные определения; в аэропорту мы выпили кофе и, пожалев, что нет времени для такой же обратной прогулки, сели в автобус. Тем не менее, наша дискуссия ещё долго продолжалась уже на квартире Андрея Андреевича за кофе и коньяком...

Вспоминаю один из тех летних вечеров. Мы ждали А.А. Пришли Н.М. Нагорный с женой Ингой Владимировной, извлечено было из тайников неслыханное наше вино, а А.А. всё не появлялся. Николай Макарович обладал совершенно необычайными знаниями, его феноменальная память, в частности, хранила огромное количество стихов, подчас услышанных непосредственно от знаменитых их авторов. Уже через много лет, в 1996 году, когда мы встретились на международной математической Конференции в г. Брно (Чехия) он поразил меня в очередной раз. Я упомянул по какому-то поводу Реквием, и он начал в ответ декламировать *латинский* текст этой католической Заупокойной Мессы «Requiem aeternam dona eis, Domine... (Ниспошли им вечный покой, Господи...)»... Кстати, от

Николая Макаровича я узнал интереснейшую лингвистическую загадку, над которой стоит задуматься. В русском языке есть глагол «лгать», но нет глагола «говорить правду», для выражения этой мысли нужна составная конструкция. То же и в английском: «to lie», но «to tell truth». Похоже, такая же ситуация наблюдается во всех основных европейских языках. И, что особенно выразительно, в иврите, как я узнал от людей, для которых этот язык — родной.

Странные, сюрреалистические были эти дни в Брно... На этой же Конференции меня ожидала и огромная радость встречи с Грантом Маранджяном... Знакомые лица дорогих людей, знакомые разговоры, шутки... Как будто какая-то машина времени вернула в прошлое, в молодость... Увы... Сидели мы в последний вечер за нехитрым прощальным ужином, посмотрел Николай Макарович на Гранта, на меня, и вслух сказал то, что мы все думали: «Сидим мы здесь, знаем друг друга тысячу лет, а завтра разъедемся в три разные страны». Вот как повернулась жизнь. Воистину неисповедимы пути...

А тогда, в тот давний московский вечер мы коротали время за разговорами и стихами. И тут разразился чудовищный, тропический дождь... В низине, там, где проспект Вернадского впадает в улицу Лобачевского, немедленно образовалось огромное озеро (какое и лужей-то не назовёшь!). Весь транспорт застыл по берегам этого творения стихии. Мы же решили, что А.А. уже не придёт. И напрасно. Вскоре раздался звонок,— за дверью улыбался А.А., с которого текли потоки воды... С соломенной его шляпы просто низвергались водопады. Мы переодели его в какие-то случайные мои одежды, и он рассказал нам свою Одиссею:

Я вышел из дома и был на углу Ленинского проспекта, когда начался дождь. Я решил идти вперёд и вскоре оказался перед этой гадкой лужей. Что делать? Решил пересечь её под землёй и пошёл к метро (станция «Прспект Вернадского» – *Б.К.*). Но там оказалось, что у меня совсем нет денег. Ни копейки. Тогда я остановил одну даму, снял шляпу (можно вообразить, сколько воды хлынуло при этом! – *Б.К.*) и попросил: «Мадам¹³², извините, пожалуйста, не могли

¹³² Так и вспоминается это «Вергинское»: «Мадам, уже падают листья»...

бы Вы дать мне пять копеек?» Дама испугалась и немедленно ссудила мне требуемую сум-му».

А.А. любил и умел чувствовать себя молодым. И перед надвигавшимся семидесятилетием шутил, что пока нет семидесяти, он — молод, а там сразу станет старым. Но вот «роковая» дата наступила и на юбилейном заседании (опять-таки в одной из больших аудиторий 16-го этажа) А.А. выступил в своей обычной необычной манере. Запомнилось завершение этой юбилейной речи: «Говорят, что в 70 лет человек стар. Но я совсем не стар. Более того, я только что сдал в печать восемь статей!» Последние слова и особенно слово «восемь» А.А. почти выкрикнул к особому восторгу аудитории. Кстати, Доклады Академии Наук вначале не хотели брать столько статей сразу под предлогом, что это одна большая статья, разбитая на части. Помогло вмешательство академика А.Н. Тихонова.

Последние годы жизни Маркова были омрачены семейными трагедиями. Погиб его младший сын Михаил Андреевич, тяжело болела, а затем умерла жена. Его собственная болезнь неумолимо развивалась. В те последние годы я неоднократно сопровождал Андрея Андреевича в Институт Неврологии. Мы ехали на такси через весь город. Потом я ждал его у кабинета врача. «Они хотят, чтобы я ушёл на пенсию» сокрушённо сказал Марков однажды, выйдя из такого кабинета... Пенсия... Это было не для него, работал он буквально до последних дней, воплощая гигантский замысел построения конструктивной математической логики... Работал и тогда, когда мир вокруг него рушился в буквальном смысле слова — болезнь поразила вестибулярный аппарат, нарушила ориентацию в пространстве...

Много лет ученики Маркова собирались в годовщины его смерти и в дни рождения. Ездили на кладбище¹³³, затем сидели за столом в гостеприимном доме Марковых, вспоминали, печалились...

Разбросала нас жизнь с тех пор по всем углам Земли... Но мы помним нашу школу, наше время, нашего Учителя. Имена же Учёных

¹³³ Андрей Андреевич Марков, Мл. похоронен на Новокунцевском Кладбище в Москве.

бессмертны, как бессмертно Знание, которому они себя посвятили. В мае этого (2003) года в Нью-Йорке профессор Сергей Николаевич Артёмов организовал международную научную конференцию, посвящённую столетию Маркова. Почтить память Андрея Андреевича собрались ведущие математики, научная молодёжь. Мне довелось открыть это научное собрание рассказом о трудах Маркова, о нём самом, об его Школе. На сцене стоял портрет Андрея Андреевича, так хорошо знакомый его ученикам, и великолепный букет цветов — здесь была очевидна рука Елены Юрьевны Ногоиной, жены Сергея Артёмова. Незаметно пролетели эти три дня, отраднo было видеть, как уважают и ценят Маркова коллеги. Грустно и тепло было встретить Серёжу, Лену и неувядаемого, всё такого же темпераментного Макса Кановича, а не виделись мы лет пятнадцать–восемнадцать... Вспомнилась и та давняя конференция в Ереване, где мы были все вместе и называлась она Конференцией *молодых* специалистов... В августе меня пригласили сделать доклад о Маркове на международной конференции в Цинциннати по вычислимости и сложности в анализе. Большая международная конференция к столетию Маркова состоится в конце августа на его родине — в Санкт-Петербурге.

Думаю, что не вполне точна знаменитая латинская формула *sic transit gloria mundi* (так проходит мирская слава). Мирское, суетное проходит, настоящее, подлинное остаётся навсегда. Смелая попытка перестроить математику на конструктивной основе составила великолепную страницу в истории науки двадцатого века. И, конечно, речь идёт не только об истории. Развитые конструктивные методы получили широкое применение в компьютерных науках, работы по конструктивному математическому анализу продвинули далеко вперёд наше понимание вычислимости, эффективности в сложных математических структурах. Сегодня наблюдается настоящий ренессанс исследований в этой области, свидетельством чему является, в частности, и упомянутая конференция в Цинциннати. Пытливый человеческий ум не перестанет вглядываться в свои творения. Новый виток развития конструктивных математических мировоззрений, несомненно, впереди...

Сейчас, оглядываясь назад, я вижу, как плохо, преступно плохо

распорядился временем рядом с Учителем, отведённым мне Судьбой. Как много вопросов я ему так и не задал, как много упустил из этих лет, пролетевших мгновением... Увы. Возраст даёт понимание упущенного, но не возможность вернуться, исправить. Да и во что превратилось бы будущее, если бы мы могли менять своё прошлое? Утешает только, что время всё-таки движется не по прямой, скорее по кругу. Чем дальше уходят те дни, тем ближе возвращение к общему нашему *Началу*... *Мир Тебе*, незабвенный Андрей Андреевич, вечное моё *Спасибо*.

*Нахлынет Время, суету лечя,
И голоса как бы на птичьем вече.
Чугунна тяжесть, что сгибает плечи,
И бледный Лик вздохнёт из-за плеча,
И чёрный ветер задувает свечи. –
Вот и моя кончается свеча. –
.....
Но бьют часы о нашей вечной встрече.*

26 июля 2003 г., Pittsburgh

Б.А. Кушнер

**Софья Александровна Яновская,
как я её помню¹³⁴**

Я не пытался написать в этих нескольких страницах человеческую или научную биографию С.А. Яновской¹³⁵ или хоть сколько-нибудь полно охарактеризовать созданную ею школу в истории и философии математики, математической логике. Много в этом отношении читатель может почерпнуть из тщательной работы американского историка математики Ирвинга Анелиса¹³⁶. Когда я работал над начальной версией настоящего очерка в 1996 году, мне не были доступны опубликованные одновременно с нею и позже интереснейшие статьи и воспоминания о Яновской, принадлежащие перу известных математиков и историков математики И.Г. Башмаковой, С.С. Демидова, Б.А. Трахтенброта, В.А. Успенского¹³⁷].

¹³⁴ Новая (май 2005 г.) редакция очерка, написанного в 1996 г. по-английски и тогда же опубликованного, как Boris A. Kushner, Sof'ja Aleksandrovna Janovskaja: a few reminiscences, *Modern Logic*, vol. 6, no. 1, 67–72, January 1996. В том же году по просьбе российских коллег я перевёл очерк на русский язык. Это, к моему удивлению, оказалось нелёгким делом. Очевидно, что-то переключается в самом мыслительном процессе при переходе с одного языка на другой. Иначе строятся предложения, иначе выбираются эпитеты и т. д., и т. п. В результате мой собственный перевод моей собственной работы в своём начальном варианте выглядел именно *переводом*, переложением, чем-то искусственным. Так я оценил трудности переводчиков художественной прозы, тысячекратно усиленные по сравнению с моим скромным опытом. Русский перевод эссе вскоре появился в Москве (*Борис Кушнер. Несколько воспоминаний о Софье Александровне Яновской / Вопросы истории естествознания и техники. Том 4. – РАН, 1996. – С. 119–123.* Этот же перевод с небольшими изменениями был опубликован в балтиморском журнале «Вестник» (Мои воспоминания о Софье Александровне Яновской / *Вестник. № 14 (273), July 3, 2001. – С. 44–46.* <http://www.vestnik.com/issues/2001/0703/win/kushner.htm> (все сайты посещались в мае 2005 г.)).

¹³⁵ Софья Александровна Яновская (урождённая Неймарк) родилась 31 января 1896 г. в городе Пружаны (ныне Брестская область Белоруссии) и скончалась 24 октября 1966 г. в Москве, где и похоронена на Новодевичьем кладбище.

¹³⁶ *I.H. Anelis. The heritage of S.A. Janovskaja // History and Philosophy of Logic, 8, 1987. – P. 45–56.*

¹³⁷ *И.Г. Башмакова, С.С. Демидов, В.А. Успенский. Жажда ясности (о С.А. Яновской) // Вопросы истории естествознания и техники. Т 4. – РАН, 1996. – С. 108–118.* Эта работа также включена в недавний двухтомник В.А. Успенского

Недавно, благодаря любезности профессора Якова Ильича Фета и издательства «Наука», я получил две уникальные по составу авторов, а также охвату материала книги по истории информатики ¹³⁸ в России ¹³⁹, из которых узнал, в частности, много нового о деятельности Софьи Александровны во времена, которым не мог быть сознательным свидетелем. К сожалению, эти два тома выпущены мизерным тиражом и, следовательно, труднодоступны. Я ещё вернусь к ним ниже.

Мне хочется поделиться моими воспоминаниями о Софье Александровне, которую я знал в последние годы её жизни. Встречи и беседы с С.А. оставили глубокий след в моей памяти. В те годы я был совсем молод и не вполне сознавал значительность происходящего. Много, очень много, отнюдь не математического характера, привлекало меня, и я упустил столько возможностей поговорить с С.А., пропустил столько её лекций и семинаров... Сегодня я могу только запоздало жалеть об этом...

В один прекрасный день, в начале 60-х, в первые мои годы на мехмате, я краем уха слышал, как одноклассник рассказывал о лекциях по математической логике профессора Яновской. Рассказчик был в крайне приподнятом настроении после очередной лекции, и мне захотелось посмотреть самому, в чём тут дело. На следующий день, как всегда после звонка, я проскользнул в одну из больших аудиторий 16-го этажа главного здания МГУ. Аудитория

«Труды по Нематематике». – М.: ОГИ, 2002. – С. 1259–1271 (мне была доступна электронная версия книги <http://www.mccme.ru/free-books/usp.htm>). И. Бацмакова. Софья Александровна Яновская (1896–1966): воспоминания // Историко-математические исследования. Сер. 2. – М.: Янус, 1997. – Вып. 2 (37). – С. 105–108; Б.А. Трахтенброт. Памяти С.А. Яновской. Там же. – С. 109–127.

⁵ Термин, соответствующий английскому Computer Science.

⁶ Очерки по истории информатики в России / Редакторы-составители Д.А. Поспелов, Я.И. Фет. Новосибирск: Научно-издательский центр ОИГТМ СО РАН, 1998.

История информатики в России: учёные и их школы / Составители В.Н. Захаров, Р.И. Подловченко, Я.И. Фет. – М.: Наука, 2003.

была почти полна, и мне не без труда удалось отыскать место в одном из верхних рядов амфитеатра.

У доски стояла небольшого роста, пожилая женщина в старомодном чёрном платье (мне ещё предстояло узнать, что она почти всегда носила это платье). Её лицо, круглое как полная Луна, просто сияло добротой, а большие и тоже очень круглые очки были, казалось, специально созданы для этого лица. Водружённый на кафедру маленький, чёрный, выдавший виды кожаный портфель чем-то походил на свою хозяйку и гармонично дополнял сразу захватившую меня картину. Я был очарован не только всеми этими милыми приметами хорошего человека, за которыми стояла не сиюминутная традиция. Подкупала и основательная, весьма неторопливая и глубоко интеллигентная манера, в которой Софья Александровна обращалась к аудитории. Насколько я сейчас помню, в тот день обсуждался парадокс «вешателя». Некто приговорён к смертной казни и несчастному позволено задать один-единственный вопрос. Имеются некоторые дополнительные ограничения, в рамках которых обязан действовать палач. Какой вопрос должен задать приговорённый, чтобы поставить палача в логический тупик и, тем самым, избежать казни. Почему-то мои однокурсники были очень заинтересованы тогда в проблемах этого рода, хотя с одной стороны время «вешателей» в СССР к тому моменту в определённой степени прошло (я имею в виду, что в дни моей молодости государство уже не убивало своих граждан с прежней непринуждённостью), а с другой ЧК, ГПУ, НКВД, МГБ, КГБ и т. д. никогда не играли в подобные формально-логические игры со своими жертвами, да и не подчинялись никакой человеческой логике вообще.

С.А. произвела на меня сильное впечатление; сегодня я бы сказал, что меня очаровал её облик интеллектуала и настоящего университетского профессора *«par excellence»*. Трудно было заподозрить, сколь бурной была молодость Софьи Александровны. Она с юным энтузиазмом боролась на стороне большевиков в Гражданской войне, была комиссаром в Красной Армии и, как я слышал, была однажды схвачена в плен и почти расстреляна. Если не ошибаюсь, её подвиги были воспеты Исааком Бабелем (как известно этот талантливый еврейско-русский писатель позже (по

некоторым сведениям в 1941 г.) был уничтожен всё тем же самым большевистским режимом). Тяжело думать об этих горячих, прекрасных юных душах, зачарованных примитивной большевистской агитацией, большевиками,— а ведь последним было суждено в немногие годы стать величайшими преступниками в мировой истории. Такова цена политической романтики — мне недавно пришлось писать об этом, не буду повторяться ¹⁴⁰ Бесчисленные жизни принесены в жертву варварским большевистским идолам. Мне вспоминается здесь другой известный логик и историк математики, профессор Жан ван Хыенорт (*Jean van Heijenoort*), учитель упоминавшегося выше биографа Яновской Ирвинга Анелиса. Будущий профессор, издатель работ Фреге, Кантора, Гильберта, Гёделя, Колмогорова... был в молодые свои годы преданным секретарём и телохранителем Льва Троцкого, даровитого политического демагога, выделявшегося даже в не бедной демагогами большевистской банде (интересная книга о жизни и смерти Хыенорта написана Анитой Феферман) ¹⁴¹.

С той памятной лекции С.А. Яновской я заинтересовался математической логикой и вскоре, после одного захватывающего выступления А.А. Маркова выбрал кафедру математической логики для специализации (насколько помню, это случилось в 1963 г.— годам на мехмате МГУ, друзьям и учителям посвящены несколько моих эссе, опубликованных по-русски и по-английски ¹⁴²).

¹⁴⁰ *Борис Кушнер*. Об ушедших друзьях // Сетевой альманах «Еврейская старина». — № 4, 28, апрель 2005 г.:

<http://berkovich-zametki.com/2005/Starina/Nomer4/Kushner1.htm>

¹⁴¹ *A.B. Feferman*. Politics, logic and love; the life of Jean van Heijenoort, Wellesley, Mass., A.K. Peters, 1993.

¹⁴² *Б.А. Кушнер*. Марков и Бишоп // Вопросы истории естествознания и техники, 1992. — № 1. — С. 70–81. Английская версия этого эссе опубликована в книге *S. Zdravkovska & P.L. Duren (editors)*. Golden Years of Moscow Mathematics, Providence, American Mathematical Society & London Mathematical Society, 1993. — С. 179–180. Этот очерк был также недавно опубликован в упоминавшейся выше книге «История информатики в России: учёные и их школы. — С. 110–126. Воспоминаниям о мехмате посвящён мой очерк «Успенский пишет о Колмогорове» (Историко-математические исследования, сер. 2. — М.: Янус, 1996. — Вып. 1 (36). — С. 165–191.) (Английская версия: *Memories of Mekh-Math in the sixties*, *Modern Logic*, 1994. — Vol. 4. — No. 2. — PP. 165–195.) Эта работа в новой редакции была опубликована также в сетевом альманахе «Еврейская старина», № 16, 2 апреля 2004 г.:

Более сорока лет пролетело, а тот солнечный день стоит перед моими глазами во всех живых его красках. Софья Александровна в чёрном строгом платье, круглые очки, придававшие ей очарование доброй бабушки (где они теперь, наши бабушки...) и, конечно, знаменитый маленький портфель.

Мне не довелось близко общаться с С.А. в мои студенческие, а затем аспирантские годы. Наши научные интересы заметно различались. Несмотря на это, она всегда радовалась моим достижениям и поддерживала меня всеми доступными ей способами. Наши мимолётные разговоры происходили в перерывах семинаров, в кулуарах заседаний кафедры математической логики и при других подобных обстоятельствах. Должен сказать, что, будучи одним из старейших профессоров университета, С.А. всё же находилась на мехмате в несколько необычной и не очень простой ситуации. Проблема состояла в том, что Софья Александровна была не исследователем, а экзегетом. Она не доказывала теорем, лемм и т. д. Она была мыслителем, историком, философом и защитником математики (что и против кого приходилось защищать — об этом речь пойдёт ниже, читателям старшего поколения никакие разъяснения здесь, впрочем, не нужны). Как хорошо известно, математики предпочитают конкретные сильные результаты и могут быть крайне агрессивными в отношении людей, не имеющих таких результатов и, тем не менее, рассуждающих об их почти религиозно любимой науке. Нетрудно понять, что положение С.А. в немислимом математическом созвездии, сверкавшем тогда на мехмате (Колмогоров, Александров, Марков, Соболев, Тихонов, Люстерник...) могло быть непростым. В действительности этого не было. Её глубоко уважали, и я имел много случаев убедиться в этом. Вся её открытая, добрая и глубокая личность, опасная и жестокая война, которую она вела против демагогов — записных официальных «философов», всё это внушало уважение. Западному читателю, которому был адресован английский оригинал этих воспоминаний, конечно, нелегко понять о какой войне я говорю,

<http://berkovich-zametki.com/AStarina/Nomer16/Kushner1.htm>

К столетию со дня рождения А.А. Маркова мною написан публикуемый в настоящем издании очерк «Учитель».

какой опасности подвергалась С.А. Боюсь, что в таком же положении находятся и российские читатели младших поколений. В конце концов, логика есть логика, нечто весьма абстрактное и бесконечно далёкое от всякой политики. Ошибка! Начиная с Ленина, коммунистическая идеология рассматривала всякую деятельность, будь то музыка, живопись, литература, наука и т. д. с точки зрения классовой борьбы. В увлечении «музыкой революции» многие искренние, хорошие люди так и действовали, не сознавая, какого зверя выпускают из берлоги. Вероятно, Софья Александровна до определённого момента была тоже захвачена этим стальным потоком. Впоследствии романтика оформилась в гигантскую идеологическую машину, сросшуюся с машиной карательной. Здесь уже стало не до порывов, не до идеализма. Никто не мог остаться в стороне, каждый должен был выбрать свою позицию и нетрудно понять, какую позицию следовало выбрать, чтобы иметь шанс просто-напросто *выжить*.

Только после моего переезда в США я с изумлением обнаружил, что некоторые люди способны создать обстановку принудительного ограничения свободы мысли и без учреждений типа КГБ, используя демагогию, чистый энтузиазм, простую человеческую глупость (а глупость, конечно, склонна к энтузиазму) и личные связи. Ряд аспектов американской университетской жизни имеет ясно выраженный орвелловский привкус («новоречь», «двойное мышление» — несомненные составные части так называемой «политической корректности»; здесь не место входить в подробности этого душевного заболевания свободного общества). Склонность образованной либеральной, профессорской в особенности, публики сбиваться в толпу, в связанную групповой поручкой и подчинением вожакам стаю удручающая. Достойные в принципе идеи, доведённые до полного абсурда, приобретают зловещую разрушительную силу. Сама идея терпимости оборачивается полным моральным релятивизмом, в сущности, моральной слепотой, и своей противоположностью — тоталитаризмом. Народная мудрость справедливо говорит, что «ученье — свет». Но свет может и ослеплять. Интересные наблюдения издержек «интеллектуализма» можно найти в книге известного историка Пола Джонсона

«Интеллектуалы»¹⁴³. Явление это, несомненно, опасно для общества — не зря та же самая народная мудрость утверждает, что «рыба гниёт с головы».

И всё же — сопротивляющийся модным политическим или культурологическим стереотипам рискует в США потерять работу, не больше *пока что*. В советской же реальности физическое уничтожение стороны, проигравшей идеологическую дискуссию, было нормальным делом. Достаточно, например, вспомнить печально известную биологическую дискуссию, судьбу Н.И. Вавилова. Я думаю, что советская школа математической логики вполне вероятно своим выживанием своим обязана Софье Александровне¹⁴⁴.

Война, которую вела С.А., далеко не всегда могла быть наступательной. Ей приходилось отступать, прикрываться, как щитом, «самокритикой», использовать демагогию в ответ на демагогию и идти на компромиссы, немислимые для того, кто не чувствует реальной ситуации тех далёких дней. Мне невольно вспоминается Фауст, когда я думаю обо всём этом. Живое представление о сказанном может дать предисловие Софьи Александровны к русскому переводу монографии Гильберта и Аккермана «Основы теоретической логики»¹⁴⁵. Глубокие соображения по истории и философии математики перемежаются

¹⁴³ Paul Johnson. Intellectuals, Harper & Row, Publishers, New York, 1988.

¹¹ Эту мою фразу сочувственно цитируют Башмакова, Демидов и Успенский в их упоминавшейся выше работе «Жажда ясности».

¹² Д. Гильберт и В. Аккерман. Основы теоретической логики, пер. с немецкого. — М.: Гос. изд-во иностранной литературы, 1947. («Grundzuge der theoretischen Logik» von D. Hilbert and W. Ackermann, zweite, verbesserte Aufgabe, New York, 1946).

¹³ У Софьи Александровны везде «Рэссел». Я использую принятое сегодня произношение этого имени.

¹⁴ Whitehead Alfred and Russell Bertrand (1910–1913). Principia mathematica. Vol. 1, 1910 (2nd ed. 1925), vol. 2, 1912 (2nd ed. 1927), vol. 3, 1913 (2nd ed. 1927). — England: Cambridge University Press. Фундаментальная работа, оказавшая огромное влияние на развитие математической логики, оснований и философии

идеологическими клише, цитатами из Ленина и даже Жданова (оба, конечно, большие знатоки математической логики; мне, кстати, помнится, что при всех остальных отличных оценках именно по логике в аттестате зрелости Владимира Ульянова стояло «хорошо»). Может быть, стоит процитировать этот характерный для эпохи документ:

«Чтобы избежать так называемых «парадоксов расширенного исчисления предикатов», Рассел¹⁴⁶ придумал свою известную «разветвлённую теорию типов», с которой сразу же оказались связанными новые трудности, обусловленные его половинчатой и путанной субъективистской установкой. От вышедшего в 1910–1913 гг. трёхтомного труда Рассела и Уайтхеда «Principia mathematica»¹⁴⁷, можно было идти дальше по двум направлениям: можно было, как это и случилось с его авторами, занять позиции всё более агрессивного наступления на материализм и защиты схоластики (вооружённый такой идеологией Б. Рассел не случайно пропагандирует сейчас применение атомных бомб против СССР), и можно было с меньшими или большими колебаниями (в условиях империалистического общества такие колебания вполне естественны), более или менее стихийно вступить на путь отказа от субъективистских установок Рассела»¹⁴⁸.

Предисловие завершается ослепительным идеологическим мажором:

¹⁴⁶ У Софьи Александровны везде «Рэссел». Я использую принятое сегодня произношение этого имени.

¹⁴⁷ *Whitehead Alfred and Russell Bertrand* (1910–1913). *Principia mathematica*. Vol. 1, 1910 (2nd ed. 1925), vol. 2, 1912 (2nd ed. 1927), vol. 3, 1913 (2nd ed. 1927). – England: Cambridge University Press. Фундаментальная работа, оказавшая огромное влияние на развитие математической логики, оснований и философии математики в двадцатом веке, и положившая начало логико-философскому направлению, известному под названием «логицизм».

¹⁴⁸ В книге: Гильберт, Аккерман, цит. соч., стр. 6–7.

«В применении к математической логике нам особенно следует помнить партийное указание, сделанное товарищем Ждановым в его выступлении на дискуссии по книге Г.Ф. Александра „История западно-европейской философии“. „Современная буржуазная наука,— говорит А.А. Жданов,— снабжает поповщину, фидеизм новой аргументацией, которую необходимо беспощадно разоблачать“. „Кому же, как не нам — стране победившего марксизма и её философам,— возглавить борьбу против растленной и гнусной буржуазной идеологии, кому, как не нам, наносить ей сокрушающие удары!“»¹⁴⁹.

Мне довелось слышать от старших коллег, ссылавшихся на С.А., что она никогда не писала всех этих нонсенов. И это вполне возможно (как и то, что в сложившихся обстоятельствах С.А. пришлось написать именно такое предисловие). В те годы было устоявшейся практикой публиковать декларации от имени той или иной знаменитости, иногда даже не уведомляя о предстоящей публикации саму эту знаменитость (например, Дм. Шостакович был одной из жертв подобной практики, как можно прочесть, скажем, в книге Вильсона¹⁵⁰).

Коллеги особенно изумлялись пассажу о Расселе и атомных бомбах. Но,— разумеется, вне всякой конкретной связи со своими математическими работами,— Рассел действительно горячо проповедовал превентивный ядерный удар против СССР в первые послевоенные годы. Только в начале пятидесятых годов он резко изменил позицию и стал столь же неистовым сторонником ядерного разоружения; об этом рассказывает очерк о Расселе в упоминавшейся книге Джонсона¹⁵¹. Новая пацифистская ипостась британского философа получила такую универсальную известность,

¹⁴⁹ Там же, стр. 13.

¹⁷ *Wilson E. Shostakovich. A life remembered.* – Princeton: Princeton University Press, 1994.

¹⁸ См., Paul Johnson, цит. соч., pp. 204–208.

что в семидесятые-восемидесятые годы размахивающий атомной бомбой Рассел казался чем-то совершенно немыслимым (тем более, что он сам существование своего «атомного» периода позже пытался отрицать).

При чтении предисловия к книге Гильберта-Аккермана создаётся впечатление, что Софья Александровна заранее защищается. Так и обстояло дело в действительности. Вот, что пишет об этом времени выдающийся учёный, профессор Дмитрий Александрович Поспелов, один из ряда необыкновенных людей, с которыми мне довелось встретиться на математико-логических тропах¹⁵²:

«... Время для очередного разгрома — начало 50-х годов — было весьма подходящим. Первой ласточкой стала статья, помещённая на страницах идеологического официоза «Вопросы философии» в марте 1950 года¹⁵³. В ней критике были подвергнуты некоторые теоретические положения математической логики, противоречившие, по мнению авторов статьи, догмам материализма. Статья была откликом на публикацию переводов книг Д. Гильберта и В. Аккермана «Основы теоретической логики» (М.: Издательство иностранной литературы, 1947) и А. Тарского «Введение в логику и методологию дедуктивных наук» (М.: Издательство иностранной литературы, 1948). Редактором перевода и автором предисловия к первой из книг была С.А. Яновская, в издании и комментировании второй книги кроме неё участвовал ещё Г.М. Адельсон-Вельский. Они и послужили мишенью для идеологического разноса. Авторы работы (имеется в виду работа в «Вопросах философии» — Б.К.) не скупятся на резкие высказывания: «Классики марксизма-ленинизма дали нам ясные и совершенно достаточные указания для правильного понимания философских вопросов математики» (стр. 333); «... изъятие всякого содержания в пользу «чистой» и субъективной формы, творящей содержание, противоречит марксизму и науке» (стр. 333); «Речь идёт не о том, чтобы

¹⁵² Мы оба работали в Вычислительном Центре АН СССР; в последние годы перед отъездом я работал в отделе, который Д.А. Поспелов возглавлял.

¹⁵³ В.П. Тугаринов, Л.Е. Майстров. Против идеализма в математической логике // Вопросы философии, 1950. – № 3. – С. 331–339. (Прим. Д.А. Поспелова).

«ликвидировать» математическую логику, а о том, чтобы отсечь реакционную тенденцию в ней, извращения её, отражающие идеологию враждебных нам классов» (стр. 336). И, наконец: «Эти работы являются выражением *примиренчества* к идеализму в математике» (стр. 337). Редактору книг С.А. Яновской пришлось оправдываться за «идеологические просчёты». Её письмо по этому поводу помещено сразу же после текста погромного опуса...»¹⁵⁴.

В таких условиях жила и работала Софья Александровна...

Поклон ей за то, что книга Гильберта и Аккермана, в конце концов, вышла в русском переводе, за то, что небольшой, в следах времени, характерного кирпичного цвета том лежит сейчас на моём столе... Это была первая монография в данной области на русском языке, за ней последовали другие переводы и оригинальные работы. Путь для важнейшей математической дисциплины, начинавшейся с заоблачных абстракций и дошедшей сегодня до самых конкретных приложений в информатике, был проложен.

Не могу удержаться от ещё одного обширного цитирования Дмитрия Александровича Поспелова. Его слова с новой стороны показывают, чем обязана Софье Александровне российская, а, следовательно, и мировая наука. Речь идёт о выдающемся учёном, пионере инженерных приложений математической логики, главе большой научной школы Михаиле Александровиче Гаврилове (ученики называли его МАГом). В 1946 г. Гаврилов представил докторскую диссертацию «Теория релейно-контактных схем». Представил вопреки предостережениям коллег и друзей, опасавшихся в условиях идеологической травли самых опасных последствий для соискателя. Итак, слово Дмитрию Александровичу¹⁵⁵: «Защита всё же состоялась. О ней до сих пор вспоминают те, кто был на ней или слышал красочные рассказы из первых уст¹⁵⁶. В

¹⁵⁴ Д.А. Поспелов. Становление информатики в России // Очерки истории информатики в России, цит. выше, стр. 10–11.

¹⁵⁵ Д.А. Поспелов. Школа МАГа // История информатики в России, цит. выше, стр. 146–147.

¹⁵⁶ О.П. Кузнецов сообщает, что защита продолжалась 8 часов! (статья «Михаил Александрович Гаврилов», там же, стр. 132).

качестве замечаний по защищаемой работе были использованы не только научные доводы или практические соображения, но и прямые обвинения в идеологической вредности работы, в попытках протащить идеалистическое мировоззрение в отечественную науку и в том, что диссертант «льёт воду на мельницу наших зарубежных недругов». Ещё хочу обратить внимание читателей на год защиты. Через четыре года, в 1950 г., в философском рупоре правящей партии журнале «Вопросы философии» появится статья В.П. Тугаринова и Л.Е. Майстрова «Против идеализма в математической логике», в которой будут звучать аналогичные обвинения уже в адрес того оппонента, который буквально спас Михаила Александровича Гаврилова от политического доноса, выдвинутого против него. Этим оппонентом была Софья Александровна Яновская¹⁵⁷.

Её марксистское реноме было безупречным. В 30-е годы она неустанно боролась с проявлениями идеализма в математике, изучала и пропагандировала «математические» работы К. Маркса и была ведущим в СССР специалистом в области формальной логики. С теми, кто выдвигал огульные философские и политические обвинения против Гаврилова, она боролась их же оружием, цитировала нужные места из сочинений Ленина, используя принесённые с собой тома с множеством закладок. Контраргументы, опирающиеся на такую поддержку, быстро охладили пыл тех, кто хотел сорвать защиту. В результате, голосование (хотя и не единогласное) было положительным. Если бы этого не произошло, то наша страна не оказалась бы в первых рядах мировой науки в области логических методов анализа и синтеза дискретных систем управления».

¹⁵⁷ О.П. Кузнецов (там же стр. 132) отмечает также значительную помощь, оказанную диссертанту в отражении атак вторым оппонентом, выдающимся математиком (впоследствии академиком) П.С. Новиковым и выдающимся учёным, адмирал-инженером, академиком А.И. Бергом.

²⁵ *M.M. Postnikov. Pages of a mathematical autobiography, in S. Zdravkovska & P.L. Duven (editors). Golden Years of Moscow mathematics. – Providence, American Mathematical Society & London American Society, 1993. – P. 155–178. См., также, М.М. Постников. Страницы математической автобиографии (1942–1953) // Историко-математические исследования. Вторая серия, вып. 2. – М.: Янус, 1997. – С. 78–104.*

Ко всему сказанному следует добавить постоянную готовность С.А. помогать талантливой молодёжи, особенно в трудные времена (см., об этом, например, в интересной статье М.М. Постникова¹⁵⁸). Конечно же, это тоже внушало уважение.

Позже, в конце 50-х годов, Софья Александровна сыграла значительную, если не решающую роль в организации кафедры математической логики в Московском университете. Для заведования кафедрой был приглашён из Ленинграда А.А. Марков.

Андрей Андреевич Марков, как могут подтвердить многие свидетели, был человеком острого, опасно саркастического ума. Он был постоянно готов к розыгрышу, талантливой мистификации, не всегда даже вполне безобидным. Тем приятнее было наблюдать его неизменно тёплое, уважительное отношение к Софье Александровне. Мне вспоминается забавный инцидент на одной из лекций Маркова по конструктивной логике в начале 60-х годов. С.А., как всегда, сидела в первом ряду и тщательно записывала происходящее в большую тетрадь. По какому-то поводу возникла небольшая дискуссия между С.А. и А.А. «Но Андрей Андреевич, Вы должны слушать меня. В конце концов, я старше» — сказала С.А. «Ну, знаете ли, Софья Александровна...— улыбнулся в ответ А.А. — Всё же Вы не должны использовать такой аргумент против меня. Вы могли бы найти кого-нибудь помоложе...». С этими словами А.А. принялся шарить глазами по аудитории, явно подыскивая жертву. Я был преступно молод в те дни и притаился, как мог, в своём заднем ряду. А.А., в конце концов, нашёл в качестве искомого примера кого-то ещё...

Зимой 1966 года Андрей Андреевич пригласил меня присоединиться к группе коллег и поехать на день рождения С.А. Она жила тогда на даче. Мы вышли из поезда на платформе «42-й км» Казанской ж. д. Был великолепный зимний день — холодный, ясный, чистый. Мы долго блуждали по пустынным в это время года

улицам дачного посёлка, засыпанным великолепным чистым подмосковным снегом, в который глядели обледеневшие сосны. Наконец, нашли деревянный дом с тёплыми огнями в окнах. Последовавший дружеский вечер навсегда запомнился мне. Всем было хорошо за столом С.А., для каждого нашла она ласковое слово. В тот вечер я впервые услышал стихи А.А. Он прочёл (лучше сказать исполнил) их по просьбе Софьи Александровны¹⁵⁹.

К несчастью, этот день рождения оказался последним. С.А. никогда не отличалась крепким здоровьем. В течение многих лет она страдала тяжёлой формой сахарного диабета. И частная её жизнь простой тоже не была. Сын её был психически нездоров, и в последние годы ей приходилось приводить его с собою на лекции и семинары (по-видимому, нельзя было оставлять его одного). Однажды он ускользнул из-под опеки матери, и спрятался в мужском туалете. С.А. попросила меня найти его и привести назад. Печальная, трагическая ситуация... Вскоре после смерти С.А её сын покончил жизнь самоубийством...

Той же весной я обыкновенно провожал Софью Александровну домой после семинаров. Однажды она сказала мне: «Знаете, эта весна — последняя для меня. Я уже не чувствую её запахов...». Я пытался возражать, но она только улыбнулась в ответ. Осенью она умерла...

3/5/96

Май 2005 г.— новая редакция.

¹⁵⁹ На интернете <http://magazines.russ.ru/zvezda/2001/12/markov.html> (Журнал «Звезда», №12, 2001 имя Маркова набрано с ошибкой, как «Алексей»). Самую полную подборку стихов Маркова можно найти на сайте «Поэзия Московского Университета» <http://poesis.ru/>, который создан и поддерживается Галиной Воропаевой (она замечательный поэт сама). Некоторое представление об исполнении Марковым собственных стихов можно получить по несовершенным записям, представленным на сайте, созданном к столетию Андрея Андреевича Петербургским отделением Математического Института РАН <http://logic.pdmi.ras.ru/Markov/zvuk/>

Г.С. Цейтин

Является ли математика частью информатики?

Я не согласен с утверждением, что информатика (какой бы термин для нее ни использовали) — это набор практических навыков и решений, в лучшем случае — искусство, и никакого фундаментального научного содержания она иметь не может. Я думаю, что, несмотря на возможные терминологические недоразумения, мы все более или менее одинаково понимаем, о какой области деятельности идет речь. Информационные технологии в современном мире — это уже давно утвердившаяся реальность, так же, как и то, что существуют профессионалы, специализирующиеся именно в этой области, что необходимо готовить специалистов в этой области, писать книги и статьи, издавать журналы, оценивать профессиональный уровень и т. п. Раз есть область, должно быть имя, чтобы ни с чем не спутать. Термин информатика (французское *informatique*) представляется мне достаточно удачным, и, во всяком случае, лучшим, чем американское *computer science*.

Прежде, чем пытаться уточнить содержание этой области (насколько это вообще возможно), хотелось бы проследить, как вообще формировалось самоосознание этой области, как особой области знаний, а также общественное признание ее самостоятельности (сегодня такое признание — уже свершившийся факт).

Но ни самоосознание области, пионеры которой были и считали себя специалистами в других областях, ни выделение ей места под солнцем в ряду других специальностей, не могли

быть простыми. Новая область требует выделения ей отдельных ресурсов, и людских, и

Опубликовано в сборнике «Компьютерные инструменты в образовании». — СПб.: Изд-во ЦПО «Информатизация образования», 1999, № 5, с. 3–7.

материальных, а это не могло происходить бесконфликтно и вполне добросовестно. Я имею в виду не только СССР, где все эти проблемы многократно усиливались научным монополизмом и порожденными им интригами. Эти проблемы существовали и в более благополучных странах.

Нового предмета, отличного от всего, что было прежде, информатика не создала. Программа вполне подходит под математическое понятие алгоритма (с некоторыми уточнениями из-за параллельного исполнения или недетерминированности), так где же новый предмет? И представители традиционных областей, стремясь удержать под своим контролем ресурсы, выделение которых на новые приложения диктовалось практическими потребностями, пользовались этим аргументом. Как говорил один мой коллега — матфизик: «И чего это все так носятся с этим системным программированием? Это ведь всего-навсего программирование для системы машин!» А другой коллега, просматривая проект учебных программ по информатике, заявлял: «Это какая-то эклектика, просто собраны вместе кусочки, принадлежащие другим дисциплинам». Впрочем, подобная аргументация известна еще из пушкинской «Сказки о царе Салтане», где «ткачиха с поварихой, с сватьей бабой Бабарихой» развенчивали (и небескорыстно) одно за другим все чудеса, о которых рассказывали заморские гости.

Надо признать, что и представители новой области допускали натяжки ради того, чтобы организационно выделить свой предмет. Мне приходилось видеть математические работы, где поверхностно формализовывались некоторые, уже устарелые, программистские концепции, а затем доказывались «сногшибательные» результаты, основанные на совершенно нереальных примерах (в математике это нормально, но на

основе этого следовало просто заменить первоначальные понятия, чтобы они не включали подобные случаи). И все это делалось ради того, чтобы заявить о принадлежности своих (не бог весть каких) результатов новой перспективной области. Впрочем, эти болезни были постепенно преодолены.

А как осознает себя эта область теперь, когда организационное признание состоялось? К сожалению, осознания особого предмета по-настоящему нет. Авторитетные специалисты, пришедшие из других областей, зачастую связаны прежними представлениями, а молодежь, похоже, просто работает, не задумываясь об отграничении предмета.

А необходимость в таком осознании есть. Действительно, компьютерная программа может рассматриваться как разновидность алгоритма, но почему в таком случае возникают все новые и новые языки программирования и новые концепции, например, объектно-ориентированное программирование? Ведь в принципе любая программа эквивалентна некоторой машине Тьюринга, так что вроде бы ничего нового все эти языки не несут! А дело в том, что даже в одном и том же предмете с разных точек зрения могут быть важны разные стороны, и то, что важно с точки зрения математики, не совпадает с тем, что важно с точки зрения информатики. Различие между математикой и информатикой в оценочных критериях в свое время достаточно четко описал Ласло Кальмар*, пришедший в программирование из математической логики.

Главное отличие от математики, хотя бы и рассматривались одни и те же объекты, состоит, на мой взгляд, в том, что в информатике определяющим является человеческий фактор. Программы пишутся людьми, часто большими коллективами; даже если программу пишет один человек, он пользуется полученными от других людей знаниями и приемами, и, возможно, получил первоначальное задание от кого-то другого. Программа имеет жизненный цикл: после создания она может модифицироваться, переноситься в другую среду, стыковаться с другими программами, и, в конце концов, выходить из

употребления (тоже по разным причинам). Учитывает ли эти реальности математическое понятие, претендующее на определение программы? Разве может алгоритм (в точном математическом понимании) меняться? Если что-то изменится, это будет просто другой алгоритм, который не надо путать с первым. Если же мы хотим, чтобы программа, например, адаптируемая к другому окружению, оставалась тем же самым объектом, то понятие программы должно существенно измениться (в общем, некоторые математические подходы к описанию этого тоже возможны, но никогда теоретики со стороны математики этого не предлагали). Важной особенностью программ является то, что они могут иметь ошибки, и, во всяком случае, необходимы меры для уменьшения их числа и ущерба от них. Это тоже не из математики. Вспомним, кстати, и о проблеме двухтысячного года.

Для чего придумываются новые и новые языки программирования? «Для большего удобства», возможно, ответят. А что такое удобство? Это снова человеческий фактор. Если всерьез, то это более точное соответствие элементов предлагаемого языка и тех понятий и знаний, которыми пользуется человек, ставя и решая ту же задачу. Значит, надо понимать структуру человеческого знания и человеческого мышления. Целый ряд особенностей новых языков программирования, возможно, казавшихся первоначально случайными удачными находками, отражает глубокие черты организации человеческих знаний и человеческого языка. Но достаточного внимания этому не уделяется. (Один мой коллега из промышленности, нуждавшийся в специалистах по языкам программирования, спрашивал меня, не на филологическом ли факультете их искать).

Кроме индивидуального фактора, есть еще и социальный. Уже упоминалось о разработке программ большими коллективами, а также о сопровождении программ. Есть еще необходимость переносить программы на вновь разрабатываемую технику или включать в новые системы. Надо

считаться и с тем, что программы, работающие на одной машине или иным образом взаимодействующие либо совместно пользующиеся ресурсами, могут отражать интересы разных людей, возможно, находящихся в конфликте, и, значит, надо заниматься защитой программ.

Когда стал широко входить в жизнь Интернет, стала насущной необходимостью разработка подходов, обеспечивающих правильное взаимодействие большого числа независимо разработанных программ (или их элементов). Одновременно увеличение скорости машин сделало менее существенной экономию команд на нижнем уровне. В сумме это привело к использованию структур данных, которые раньше считались бы неприемлемыми из-за неэффективности, и, соответственно, к новой организации языков. Широкое распространение модульности вместе с приемлемостью больших накладных расходов на межмодульное взаимодействие привело к уменьшению размеров отдельных модулей, и, как следствие, к упрощению синтаксиса языков. Кстати, в этом я вижу и причину создания и последующего широкого распространения языка Java.

Кому же заниматься исследованием человеческих и социальных факторов в информатике? Снова чудится мне указующий перст чиновного скептика, внушающего, что это дело таких-то и таких-то уже существующих наук: психологии, социологии, и т. п. Не получится! И не только потому, что во всех этих науках есть свои интересы и предпочтения, а их представители могут и не понять важности проблем, диктуемых задачами информатики (у меня есть определенный отрицательный опыт). Достаточно рассмотреть, к чему привело отождествление информатики с математикой.

Информатика получила от математики ряд результатов и теорий, нашедших широкое применение, в особенности в теории языков и трансляции, а также (в меньшей мере) по верификации программ. Вместе с тем, поскольку это делали математики (или люди, относившие себя к математике), выбор задач диктовался желанием получить результаты,

интересные в математическом смысле, а другие, не менее важные для информатики, задачи оставались без внимания. Теория языков и трансляции, например, оказалась слишком раздутой, а вопросы модульности (что на сегодня важнее) не получили должного развития. Преувеличена была и роль логической верификации — на практике требования к программам редко оформляются в логических понятиях. Отрицательную роль сыграла и ориентация на «диссертабельность». Программистские работы, содержавшие достаточный творческий вклад, обладавшие и новизной, и полезностью, и делавшие ее автора достойным ученой степени, искусственно подводились, ввиду отсутствия надлежащих рубрик, под вычислительную математику, экспериментальную физику и т. п., и люди, причастные к прохождению работы, закрывали глаза на то, что она заявленной специальности не соответствует. Это, в свою очередь, приводило к появлению, в силу прецедента, диссертаций, не содержавших серьезного вклада ни в «титულную» область, ни в информатику. С другой стороны, программистские работы иногда снабжались «орнаментальной» математикой, когда определения искусственно стилизовывались под математические теории.

Нет оснований рассчитывать и для других смежных областей, что вопросы, практически важные для информатики, будут успешно решаться в рамках этих областей. Отсутствие полномасштабного самоосознания информатики как особой науки начинает мешать ее развитию.

* Приводим краткое изложение доклада Ласло Кальмара (Венгрия) на IV Международной конференции по логике, методологии и философии науки (29 VIII–4 IX 1971) и обращаем внимание читателя на любопытное замечание, которое сделал один из создателей информатики Эджер В. Дейкстра: *«С исторической точки зрения интересно, но неубедительно! Его (Л. Кальмара) точка зрения на информатику устарела, а на математику — слишком узка».*

ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ ИНФОРМАТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ НАУКОЙ?

Информатика, очевидно, ведет свое происхождение из математики. Вопрос в том, является ли она ветвью математики или самостоятельной наукой.

Помимо своего особого предмета исследования информатика отличается от математики и своим методом. Действительно, в то время как математика — наука, ориентированная на доказательство, информатика ориентирована в большей мере на алгоритм. Во всяком случае информатик вкладывает в свои алгоритмы, вообще говоря, столько же изобретательности, сколько математик — в свои доказательства. Правда, и в математике алгоритмы играют определенную роль. Однако даже самые изощренные математические алгоритмы (алгоритм Кронекера для определения приводимости многочлена над полем рациональных чисел или алгоритм Галуа, использующий алгоритм Кронекера для определения разрешимости в радикалах алгебраического уравнения с рациональными коэффициентами) имеют очень отдаленное родство с алгоритмом компиляции или операционной системой.

Информатик тоже должен доказывать свои утверждения, то есть правильность своих программ. Однако в большинстве случаев доказательство имеет скорее характер проверки. Термин «отладка», применяемый к такой проверке, показывает, что информатик не оценивает эту часть своей деятельности, хотя и важную, так же высоко, как математик — свои доказательства. В большинстве случаев ошибки, найденные в процессе отладки, могут быть легко исправлены (по крайней мере, если основная идея программы верна), в то время как ошибки в математических доказательствах, вообще говоря, фатальны.

Решение математической задачи, в которой ставится вопрос, верно или неверно некоторое утверждение, полностью завершается после того, как это утверждение доказано или опровергнуто. В противоположность этому, если имеется алгоритм решения некоторой задачи информатики, то решение задачи нельзя считать окончательным, так как далее ищется

лучший (с точки зрения скорости или требуемой памяти) алгоритм решения той же задачи. Конечно, математик тоже ищет более простое доказательство какой-либо теоремы. Однако лучшее доказательство не является таким же достижением, как первое доказательство. С другой стороны, создание лучшего алгоритма в некоторой программе иногда столь же (или даже более) ценно, как создание первого алгоритма для решения той же задачи.

Эти доводы показывают, что информатика требует способа мышления, отличного от того, который применяется в традиционной математике. Следовательно, информатику можно рассматривать скорее как самостоятельную науку, а не как ветвь математики.

IV Международная конференция по логике, методологии и философии науки (29 VIII–4 IX 1971). Аннотации. Центр информатики и документации в социальных и политических науках. Бухарест. Стр. 89, 90.

В.И. Федоров

Физиология и кибернетика.

История взаимопроникновения идей

Кибернетика возникла в недрах математики, техники и биологии. Не будет преувеличением сказать, что физиология явилась основной биологической дисциплиной, оказавшей разительное влияние на становление кибернетики. Более того, своим рождением кибернетика обязана физиологу. У ее колыбели стоял мексиканский физиолог венгерского происхождения А. Розенблют (1900–1970), организовавший в середине 30-х годов XX века в Гарвардской медицинской школе (входившей на правах факультета в Гарвардский университет) вольный методологический семинар в форме дискуссии о научном методе. Особое внимание при этом уделялось синтетическому подходу к проблемам современной науки.

Начав с физиологов и медиков, семинар постепенно объединил ученых различных специальностей. Когда возникла потребность привлечь математиков к работе семинара, постоянный участник семинара физик М.С. Вальярта привел Н. Винера, после чего тот стал одним из активнейших и постоянных участников семинара. А. Розенблюта интересовала возможность применения в физиологии математики вообще и математической теории связи в частности.

Под впечатлением семинаров А. Розенблюта и непосредственного общения с физиологами Н. Винеру, занимавшемуся во время второй мировой войны управлением с помощью вычислительной машины полетом зенитного снаряда, пришла в голову мысль о том, что в механизмах управления в нервной системе человека участвует отрицательная обратная связь, и что принципы действия нервной системы и вычислительной машины сходны. Обсуждение этих вопросов с А. Розенблютом постепенно привело обоих к основополагающей идее кибернетики.

Статья написана специально для данного сборника.

После этого состав семинара был расширен. На семинаре стали рассматриваться вопросы, общие для физиологии, физики, математики, медицины и техники. Обсуждались аналогии между живым организмом и машиной, в том смысле, что процессы управления и контроля и обеспечивающие эти процессы передача и обмен информацией сходны в самых разнообразных системах, независимо от их природы, в том числе и в живых организмах.

После переезда А. Розенблюта в Мексику в 1944 г., где он стал работать в кардиологическом институте в Мехико, семинар не прекратил свое существование. Продолжился и контакт Н. Винера с А. Розенблютом. Н. Винер периодически в 1945–1947 гг. работал совместно с А. Розенблютом в этом институте, а Розенблют периодически приезжал в Массачусетский технологический институт, где работал Н. Винер. Поэтому обсуждение основных положений кибернетики не прерывалось. Подробности взаимоотношений Розенблюта и Винера и результаты их совместных работ описаны Н. Винером во «Введении» его «Кибернетики» [1], которая, кстати, была написана в Мехико.

В свое время автор этих строк написал статью «Физиологические аспекты кибернетического творчества А.А. Ляпунова» [2] по материалам доклада, сделанного на мемориальном заседании конференции, посвященной 90-летию со дня его рождения. С таким же успехом можно написать статью «Физиологические аспекты кибернетического творчества Н. Винера», поскольку, находясь в Мехико, Н. Винер принял участие в физиологических экспериментах, проведенных совместно с А. Розенблютом. Их постановка и трактовка результатов шли от кибернетической идеологии. Первый эксперимент был посвящен изучению процесса передачи информации, второй — исследованию работы обратной связи. Объектами изучения были сердечная и скелетная мышцы и их нервная регуляция.

В результате этих работ Винер и Розенблют получили не только экспериментальное подтверждение исследуемых кибернетических механизмов, но и новые детали физиологического представления о проводимости в сердечной мышце и ее регуляции, о процессах

трепетания и мерцания миокарда и о регуляции клонических (периодических) сокращений скелетной мышцы.

Примечательно, что постановка первой работы и ее результаты обсуждались Винером и Розенблютом с выдающимся американским физиологом У. Кенноном (1871–1945) — создателем учения о гомеостазе [3]. А. Розенблют был его сотрудником в период работы в США.

Результаты первой работы описаны в [4], второй — так и не были опубликованы, но подробно изложены Н. Винером в [1].

Во время пребывания Розенблюта в США ими была построена математическая модель прохождения импульса по нерву (для подсчета мгновенного распределения возникающего при этом электрического заряда) и исследована передача возбуждения через синапс.

После поездки в Мексику Винер провел исследование по восприятию звука через прикосновение с помощью прибора, преобразующего звуковую волну в тактильный сигнал, организовал совместно с психологами семинар по установлению роли обратной связи в нервных механизмах образования обобщений при восприятии, поставил вопрос о расширении классического понятия о рефлекторной дуге, введя представление о круговом процессе с помощью обратной связи при реализации рефлекторного акта¹⁶⁰.

Наиболее значительным (по оценке самого Винера) является сделанное им приложение теории временных рядов к анализу электроэнцефалограммы. Винер обратил внимание на специфическую полосу возбуждения в центре альфа-ритма, сочетающуюся с падением активности в окрестности. Обнаружив этот физиологический показатель, Винер понял, как он сам написал, что им «получен общий результат по теории нелинейных процессов, возбуждаемых случайным броуновским входом» [5], и что реакция нелинейных систем на случайные входы дает ключ к пониманию способности физиологических процессов организовываться в

¹⁶⁰Заметим, что задолго до Н. Винера более стройное и обстоятельное представление об этом было сделано российским физиологом Н.А. Бернштейном, о чем см. ниже.

определенную синергическую деятельность. Он расценил этот результат как завершение исследований, начатых с Розенблютом.

Полагаю, что на обложке книги «Кибернетика» рядом с именем Н. Винера с полным правом можно поставить имя А. Розенблота. Ведь в «Кибернетике» главное — не формулы, главное — идея сходства процессов управления в живых организмах и технических системах.

Собственно говоря, Винер не скрывает вклад А. Розенблота, так как «Кибернетика» начинается следующей фразой: «Эта книга представляет итог более чем десятилетних исследований, предпринятых совместно с д-ром Артуро Розенблютом» [1]. А еще в одном месте [5] Винер написал: «я составил сводку своих идей и идей нескольких лиц, с которыми я имел контакт, в форме книги под названием «Кибернетика». Более того, первым автором первой программной кибернетической статьи [6] является А. Розенблот.

Об А. Розенблоте следует сказать особо. Он — из той немногочисленной когорты физиологов, которую отличает способность выхода за рамки собственно физиологии и владение общенаучным подходом. Не случайно А. Розенблот был сотрудником такого системного физиолога как У. Кеннон. Н. Винер отметил, что А. Розенблот «понимал науку как нечто целое» [1]. Подробное описание личности А. Розенблота можно прочесть в [7].

Как увидим ниже, перечисляемые в данной статье физиологи, внесшие существенный вклад в кибернетику, обладали тем же.

Другим физиологом, оказавшим непосредственное влияние на создание кибернетики, был американский нейрофизиолог У. Мак-Каллок (1898–1969), сотрудничавший с Н. Винером с 1942 г. Несколько его работ кибернетического плана переведено на русский язык [8–10]. Его труды посвящены функциональной организации центральной нервной системы и теории схем и сетей, воспроизводящих работу мозга. В частности, — анализ информационных явлений в нервных сетях средствами математической логики. Совместно с американским математиком У. Питсом он ввел понятие формального нейрона, которое имеет существенное теоретическое значение не только для кибернетики, но и для бионики.

Вклад У. Мак-Каллока в создание кибернетики заключается также в активном участии в формировании понятийного аппарата кибернетики. После отъезда А. Розенблюта в Мексику именно У. Мак-Каллок представлял физиологию в кибернетической команде Н. Винера. При его непосредственном участии проходило знаменитое объединенное совещание физиологов, инженеров-связистов, специалистов по вычислительной технике и математиков в 1944 г. На этом совещании У. Мак-Каллок изложил задачи кибернетики с точки зрения физиологии.

Совещание показало значительную идейную общность между представителями разных специальностей и положило начало формированию общей для всех кибернетической терминологии. Из физиологии был заимствован термин «память». Физиологический принцип «всё или ничего» привел к термину «двоичная единица». Взятый из теории автоматического регулирования термин «обратная связь» со временем прочно укоренился в физиологии. Впоследствии Мак-Каллок привлек к работе по созданию кибернетической терминологии ведущих психологов, социологов и антропологов.

В 1946 г. У. Мак-Каллок организовал первое совещание по вопросам обратной связи, собравшее специалистов, представлявших различные отрасли науки. Примечательно, что в 1964 г. он был избран первым президентом Американского общества кибернетики.

Мак-Каллок создал прибор, дающий возможность слепому воспринимать печатный текст на слух и обеспечивающий избирательное чтение печатной буквы при различных ее увеличениях. Это позволило ему создать теорию зрительного восприятия формы в зрительном анализаторе коры головного мозга. Эта теория, в свою очередь, натолкнула Н. Винера на идею о том, что любой анализатор коры головного мозга использует групповую пространственную развертку и что такой отдел мозга соответствует суммирующему или множительному устройству цифровой вычислительной машины.

Таким образом, физиология через идеи И.П. Павлова, К. Бернара и У. Кеннона (посредством его сотрудника А. Розенблюта, а в последствии и У. Мак-Каллока) и их предшественников оказала прямое влияние на создателя кибернетики. Уже по названию книги

Н. Винера и по распределению ее материала (4 главы из 8 посвящены работе нервной системы) можно судить о том, какое значение имеет физиология в становлении кибернетики.

Здесь уместно отметить, что, кроме прямого, было еще и предваряющее влияние физиологии на Н. Винера. В 1911–1913 гг. Винер участвовал в семинаре, который вел философ Д. Ройс. С этим семинаром сотрудничал также американский физиолог Л. Гендерсон (1878–1942), работавший на стыке физиологии и биохимии и исследовавший кислотно-щелочное равновесие крови. Все научное творчество Гендерсона сопровождалось применением системной идеологии к исследуемым объектам. Наряду с работами по физиологии и биохимии, он в 1935 г. выпустил книгу под названием «Общая социология Парето в интерпретации физиолога».

Гендерсон оказал несомненное влияние на Винера. Это видно хотя бы из того, что Винер, говоря о том, что «любой полный курс кибернетики должен включать в себя тщательный и подробный обзор гомеостатических процессов» [1], в качестве ссылок приводит, наряду с «Мудростью тела» У. Кеннона, также и «Среду жизни» Л. Гендерсона [11].

Не секрет, что кибернетические идеи занимали умы ученых еще до Н. Винера. Развитие кибернетики до ее официального признания было обусловлено всем ходом научной мысли в течение длительного времени. Очень многое из того, что стало фрагментами кибернетики, высказывалось в XIX веке, в первой половине XX века и в более ранние времена.

Примечательно, что кибернетические идеи можно встретить еще в трудах древнегреческого философа Платона, который, кстати, первым (насколько нам известно) применил термин «кибернетика» для обозначения управления в общем смысле.

Ученые разных поколений неоднократно пытались найти аналогии в организации живой и неживой природы, а впоследствии и подойти к рассмотрению общности процессов управления в живых организмах и машинах. Не остались в стороне этих исследований и рассуждений и физиологи, которые, фактически, в значительной мере подготовили плацдарм для создания кибернетической идеологии.

Естественно, что физиология пришла к кибернетическим представлениям постепенно, и концепции гомеостаза (У. Кеннон) предшествовало учение о поддержании постоянства внутренней среды организма (К. Бернар), а оно в значительной мере базировалось на рефлекторной теории. Точно так же и понятие обратной связи шло от рефлекторной дуги.

Впервые выдвинул представление о рефлексе французский физиолог, математик и философ Р. де Карт (1596–1650). Чешский физиолог и анатом Й. Прохаска (1749–1820), положил начало созданию рефлекторной теории. Дальнейшее развитие физиологии привело к более четким представлениям о рефлексах спинного мозга — шотландский физиолог и анатом Ч. Белл (1774–1842) и головного мозга — русский физиолог И.М. Сеченов (1829–1905). Венцом рефлекторной теории стало учение И.П. Павлова (1849–1936) об условных рефлексах.

Отдавая дань уважения американским физиологам, непосредственно подготовившим создание кибернетики, в данной статье, выходящей в российском сборнике, уместно вспомнить отечественных физиологов, оказавших принципиальное влияние как на принятие кибернетики российским физиологическим сообществом, так и на дальнейшее развитие кибернетики. Наряду с ними следует отметить и тех физиологов, которые подготовили концептуальную почву для создателей кибернетики.

Фундаментальным понятием кибернетики является обратная связь. Она была теоретически предсказана и впервые экспериментально показана российскими физиологами. Этому предшествовали исследования, сформировавшие рефлекторную теорию, явившуюся своеобразной предпосылкой принципа регулирования с помощью обратных связей. Зачатки понятия об отрицательной обратной связи можно встретить в работах Ч. Белла и И.М. Сеченова. В частности, Сеченов рассматривал нервную систему как саморегулирующуюся и находил аналогию механизмов ее работы и регулятора Уатта.

Наиболее близко к современному пониманию принцип отрицательной обратной связи, как общий принцип для всех живых систем, был сформулирован в 1911 г. русским физиологом

Н.А. Беловым (1878–1926) под названием «параллельно-перекрестного взаимодействия» [12]. Н.А. Белов сделал это на основании результатов проводимых им экспериментов. В 1924 г. (т. е. за четверть века до официального становления этого научного понятия!) Н.А. Белов пришел к представлению о том, что это — общий принцип, обеспечивающий тенденцию к равновесию в любых (и не только живых) системах и назвал его «законом замкнутых пространств» [13].

Имя Н.А. Белова в физиологии забыто, хотя им описан также и чисто физиологический феномен: подавление тонуса семенников секретом предстательной железы при половом воздержании.

О Белове вспомнили, благодаря развитию кибернетики. Мы должны быть признательны А.А. Малиновскому, который вывел это имя из забвения и впервые обратил внимание на приоритет Н.А. Белова в создании представления о принципе обратной связи и его всеобщности [14]. Подробности биографии Н.А. Белова и изложение его концепции можно прочесть в [15], поскольку труды самого Н.А. Белова являются библиографической редкостью.

Причина забвения Н.А. Белова банальна. С 1921 г. он был сотрудником В.М. Бехтерева, к которому ревниво относился И.П. Павлов. Упоминание о физиологах, не принадлежавших Павловской школе и независимо от И.П. Павлова пришедших к системным представлениям об организме, представителями Павловской школы, доминировавшей в отечественной официальной физиологии вплоть до начала семидесятых годов XX века, не допускалось.

В 30-е годы XX века наличие отрицательных обратных связей в разных системах организма и их роль в регуляции были показаны экспериментально. Первое подтверждение было сделано в 1932 г. отечественным биологом М.М. Завадовским (1891–1957) в опытах на эндокринной системе [16]. Затем это было продемонстрировано в нервной системе физиологом П.К. Анохиным (1898–1974) [17]. На основании этих исследований М.М. Завадовский сформулировал принцип «плюс-минус взаимодействия», П.К. Анохин — принцип «обратной афферентации».

В начале 40-х годов российский биолог А.А. Малиновский (1909–1996) впервые обратил внимание на значимость для организма положительных обратных связей [18], отметив, что «плюс-минус взаимодействие» необходимо для поддержания стабильности и что в процессах развития необходимы взаимодействия типов «плюс-плюс» и «минус-минус». В последующем, уже в кибернетическую эру, он первым сформулировал представление о положительных обратных связях с взаимным усилением и взаимным ослаблением и показал особенности приспособительного значения всех типов обратных связей [14].

Особый вклад в развитие принципа обратной связи внес российский физиолог Н.А. Бернштейн (1896–1966) — создатель нового направления в физиологии — физиологии активности. Он задолго до Н. Винера ввел понятие «рефлекторного кольца» (в связи с недостаточностью понятия «рефлекторной дуги») [20] и дал наиболее четкую формулировку понятия обратной связи [21].

Некоторые идеи, высказанные им в 30-х годах XX века, предвосхитили основные положения кибернетики. Примечательно, что Бернштейн рассматривал процесс управления как обусловленный передачей информации. Это было не только независимо от Н. Винера и К. Шеннона, но и задолго до них.

Однако принципиальная позиция, занятая Н.А. Бернштейном после «Павловской» сессии 1950 года, его критика бездумного перенесения условно-рефлекторной теории на всю высшую нервную деятельность привели к полному отстранению Н.А. Бернштейна от экспериментальных работ и негласному запрету на его публикации, в силу чего труды Бернштейна были признаны, как и труды Н.А. Белова, лишь с развитием кибернетики. Характерно, что все публикации Н.А. Бернштейна в конце 50-х и в 60-е годы были напечатаны не в физиологических изданиях. С другими его работами кибернетического толка можно познакомиться в [22–25].

Еще одним фундаментальным принципом кибернетики является иерархичность управления в сложных системах. И здесь вклад Н.А. Бернштейна весьма велик. Он первым в научной литературе дал детальное структурно-функциональное описание иерархической

организации управления целостной системой, рассматривая поуровневую регуляцию движений [26]. Следует отметить, что принцип иерархии впервые стал развиваться в нейрофизиологии по мере накопления определенной критической массы фактического материала.

Важнейшим кибернетическим постулатом является поддержание заданного параметра управления системой в целом. Прямая генеалогическая связь физиологии с этим разделом кибернетики (и с кибернетикой в целом) просматривается здесь от работ по различным аспектам нервной, эндокринной и гуморальной регуляции физиологических функций, но в особенности — от творчества французского физиолога К. Бернара (1813–1878), сформулировавшего представление о регуляции постоянства внутренней среды организма [27]. Оно послужило основой для создания У. Кенноном учения о гомеостазе.

Немалое влияние на становление кибернетики оказали и другие разделы физиологии, в частности, интегративная физиология, исповедующая системный подход к такому сложному образованию как организм. Это труды английского физиолога Ч.С. Шеррингтона (1859–1952), посвященные интегративной деятельности нервной системы [28], широко известные исследования И.П. Павлова высшей нервной деятельности, работы Н.А. Бернштейна по организации движений [25, 29].

В этом историческом экскурсе невозможно не упомянуть выдающегося русского философа А.А. Богданова (1873–1928), который в 1913 и 1917 гг. последовательно опубликовал двухтомник «Всеобщая организационная наука (Тектология)» (от греческого слова «тектон», что означает «строитель»). Это пионерский и до сих пор непревзойденный труд по закономерностям организации любых систем, который предвосхитил многие положения кибернетики (принцип обратных связей, управление, моделирование и т. д.) и оказался более разработанным в вопросах системной части кибернетики.

Собственно, «информационно-управленческая» часть «Тектологии» только намечена. Богданов «оставил» ее Винеру и Ляпунову. Зато «организационная» часть сделана с особой

полнотой, значительно перекрывает общую теорию систем Бергаланфи (сопоставление этих работ дано в [30]) и, как отмечено абзацем выше, не превзойдена до сих пор.

А.А. Богданов получил естественно-научное образование в Московском университете и медицинское в Харьковском. Тогдашние врачи в значительной степени обладали физиологическим мышлением (в отличие от нынешних), поэтому мы можем с полным правом рассматривать Богданова как квазифизиолога, в связи с чем, упоминание его имени уместно в такой кибернетико-физиологической статье, тем более что тектология оказала влияние на развитие кибернетической физиологии.

История главной книги А.А. Богданова драматична. В Советское время эта книга была издана только после смерти В.И. Ленина — основного политического оппонента А.А. Богданова (в трех томах, в 1925–1929 гг.). Книга была встречена враждебно, а те, кто ее поддержал, лишились жизни в результате процессов 1931–1938 гг. Затем ее постарались тихо забыть. Книга не переиздавалась вплоть до 1989 г. [31]. В 2003 г. вышло в свет дополненное издание этой книги, снабженное исторической справкой и комментариями и грифом «Рекомендовано в качестве учебного пособия для студентов экономических и философских специальностей ВУЗов» [32]. Эту рекомендацию следовало бы распространить еще и на кибернетиков, биологов и врачей.

Вторую жизнь тектологии обеспечило распространение идей кибернетики. Сначала были трагикомические обстоятельства. В первой половине 50-х годов в период борьбы в СССР с «буржуазной лженаукой» — кибернетикой — отечественные партфилософы вспомнили о тектологии, поскольку увидели в кибернетике повторение «избитых идей» Богданова (см., например, [33]).

Однако жизнь все поставила на свои места, и в 1967 г. на связь тектологии и кибернетики обратил внимание, но уже со знаком «плюс», редактор перевода второго издания «Кибернетики» Г.Н. Поваров, который в своих предваряющих заметках [34] отметил, что «по существу, Богданов во многом был

предшественником Винера, по крайней мере, в системной части кибернетики».

После этого даже хулители Богданова, заклиная, что «марксистско-ленинская философия была, есть и будет венцом знания», вынуждены были отметить, что Богданов не только предвосхитил многие кибернетические идеи, но и заглядывал дальше, нежели Винер и его коллеги (см., например, [35]).

В 1972 г. в сборнике «Системные исследования» была опубликована статья А.Л. Тахтаджяна [30], где впервые было дано развернутое изложение «Тектологии» А.А. Богданова и ее идейной связи с кибернетикой. Редакционная коллегия вынуждена была сделать пространную оговорку о противоречивости А.А. Богданова, о его тяжелых заблуждениях в сфере философии и культуры, о которых советский читатель узнал, «благодаря беспощадной ленинской критике», о том, что «советские исследователи весьма далеки от какой бы то ни было идеализации тектологии» и т. п.

Вопрос об отношении кибернетики Винера к тектологии Богданова дискутируется много лет. Ряд исследователей разделяет кибернетику и тектологию, а некоторые даже противопоставляют их, рассматривая первую как науку только об управлении, а вторую — только об организации. Хотя эти науки нерасторжимы. Не случайно видные кибернетики ставят знак равенства между системной кибернетикой и тектологией. Ведь процессы управления и связанные с ними процессы передачи информации нуждаются в структуре. Это и каналы связи, и специальные устройства хранения, обработки и преобразования информации, названные управляющими системами [36]. Здесь уместно отметить, что в понятийный аппарат теории управляющих систем входит рассмотрение не только динамики процессов управления, но и структурных основ управляющих систем. Недаром А.А. Ляпунов считал, что теория больших систем является составной и центральной частью кибернетики [37].

Не является исключением и автор данной статьи, который еще с 1970 г. дает в своем вузовском курсе определение кибернетики не только в смысле Н. Винера как науки об общих закономерностях управления в системах любой природы и сложности, но и как науки об организации этих систем [38]. Да и винеровское определение

кибернетики содержит понятие связи [1], а связь — это компонент системы. Понятие связи присутствует во всех определениях системы. Связь невозможно рассматривать в отрыве от организации системы. Так же как и общие принципы организации кибернетических систем (т. е. систем с управлением) невозможно отделить от процессов управления.

Точно так же тектология, как уже отмечено выше, содержит массу кибернетических понятий, в том числе и недооцененных и не освоенных классической кибернетикой по сей день, и создатель тектологии очень четко показал, что без управления сложная система не мыслима.

Считавший себя создателем общей теории систем австрийский биолог Л. фон Берталанфи (1901–1972) рассматривал кибернетику лишь как часть общей теории систем. Безусловно, и тектология Богданова, и общая теория систем Берталанфи оперируют любыми системами, а не только кибернетическими. То есть, кибернетика, по сути дела, — часть тектологии, и поэтому ее следует рассматривать не просто как теорию управления, а как теорию организации систем с управлением.

В данной статье место тектологии отведено еще и потому, что упомянутого выше физиолога Н.А. Белова А.Л. Тахтаджян считает одним из предшественников тектологии. Кроме того, тектология оказала влияние и на физиологию в целом, поскольку А.А. Богданов в 1926 г. организовал Институт переливания крови, научной концепцией которого стали тектологические аспекты физиологии.

Как видим, кибернетика создавалась всем ходом развития научной мысли и вклад физиологов в ее становление значителен. Даже из такого краткого исторического экскурса отчетливо видно, какое значение имеет познание регуляции физиологической функции для теоретической кибернетики.

В свое время Винера обвиняли в том, что он приписал себе приоритет в создании понятия обратной связи, не сославшись на российских предшественников. Но причиной здесь может быть не игнорирование предшественников, а элементарная недоступность отечественной физиологической литературы кибернетического толка А. Розенблюту и Н. Винеру. Если бы она была доступна, то,

возможно, она нашла бы достойное место в «Кибернетике». Ведь удалось же Винеру ознакомиться с работой А.Н. Колмогорова, опубликованной в Докладах Академии наук Франции, и сослаться на нее в «Кибернетике».

После выхода в свет книги Н. Винера «Кибернетика» в среде математиков и биологов, в том числе и физиологов, началось увлечение кибернетическими аспектами биологии и физиологии. Возник обратный процесс: проникновение в физиологию идей, методов и технических средств кибернетики, приведший к формированию и развитию нового научного направления — кибернетической физиологии, изучающей явления жизнедеятельности преимущественно с точки зрения происходящих в организме процессов управления, системной организации и информационных процессов. Это отметил и сам Н. Винер в предисловии ко второму изданию «Кибернетики», увидевшему свет в 1961 г. [39].

История кибернетической физиологии распадается на два этапа. Вначале — бурный подъем, в последнее время — значительный спад. На первом этапе (50-е – 60-е годы XX века) определился предмет кибернетической физиологии — изучение специфических для живых существ закономерностей организации физиологических систем различного уровня и общих принципов и конкретных механизмов целесообразного саморегулирования и активного взаимодействия с окружающей средой.

Кибернетическая физиология стала рассматривать организм с позиций единства центрального и автономного управления как многоцелевую иерархическую систему управления, осуществляющую свою интегративную деятельность на основе функционального объединения отдельных подсистем, каждая из которых решает локальную задачу.

Стало понятно, что кибернетическая физиология имеет особое значение для физиологии, так как она дополняет классические методы изучения явлений жизнедеятельности новыми подходами, которые могут глубже раскрыть и точнее выразить закономерности их сложного течения.

Такие подходы предусматривают применение иных методов изучения явлений жизни, отличных от методов, которыми пользуется классическая физиология. Общим для этих методов является моделирование механизмов регуляции и саморегуляции, переработки информации и действия обратных связей на основе точного количественного учета и математической формализации, с использованием современных вычислительных технологий.

В зависимости от конкретных задач исследования кибернетическая физиология стала использовать частные методы общей теории систем, математического моделирования, теории информации, математической логики, теории конечных и бесконечных автоматов, теории алгоритмов, теории регулирования и управления, теории надежности, теории распознавания образов, теории массового обслуживания, теории синтеза информационных систем и др.

Некоторые направления физиолого-кибернетических исследований получили большое развитие и приобрели самостоятельное значение. Так, изучение деятельности нервной системы, как наиболее совершенного аппарата управления и связи, определилось как самостоятельное направление — нейрокибернетика. В ее задачи входит исследование принципов организации и функционирования нейронов и нервных сетей, механизмов осуществления актов поведения и т. п.

Интенсивно развивается еще одно направление — математическая физиология. Кибернетическая физиология стала теоретической базой нового направления в медицине — кибернетической медицины.

Однако системно-кибернетическая часть должного развития не получила. Это очень четко прослеживается на судьбе физиологических аспектов кибернетического наследия А.А. Ляпунова (см. ниже).

Что же привнесла нового в физиологию кибернетика? Системно-организационные, информационные и регуляторные процессы были предметом физиологии всегда. С появлением кибернетики лишь расширился плацдарм их исследований. При этом кибернетика

стимулировала постановку новых вопросов и способствовала совершенствованию ряда методов исследования.

Принципиально новым стало развитие математического моделирования физиологических процессов, приведшее к ранее неизвестному в физиологии методу исследования — машинному эксперименту. Такие эксперименты, однако, привели к получению нетривиальных физиологических результатов, которые в последующем подтверждались классическим физиологическим экспериментом (см., например, [40]).

Еще один аспект физиологии, который был невозможен в докибернетическую эру,— вклад в протезирование. От опорных протезов эта область медицины перешла к функциональным и биоуправляемым протезам конечностей на основе использования эндогенных физиологических регуляторных механизмов.

Кибернетический подход к рассмотрению механизмов работы различных живых систем позволил открыть ряд новых принципов конструирования технических устройств различного назначения. Это направление получило название бионика. Ярким примером является не только создание биоуправляемых протезов, но и кибернетическое исследование нейрона и нервных сетей, которое привело, в конечном счете, к развитию нескольких направлений информатики, в том числе таких, как системы распознавания образов и нейрокомпьютеры.

Благодаря кибернетике, широкая физиологическая общественность смогла, наконец, познакомиться с работами своих коллег, умышленно замалчивавшимися в докибернетическую эру. Эти работы были реанимированы и нашли свое место в системе физиологических знаний. Кроме того, стало возможным писать о том, что раньше объявлялось ересью.

Широкая пропаганда основных принципов кибернетики, перенос их на физиологию привели к еще одному новому качеству — более строгому изложению физиологии. Физиология из описательной науки стала превращаться в формализованную. Это положило начало формированию теоретической физиологии. Среди отечественных физиологов значительное влияние здесь оказали

П.К. Анохин, В.В. Парин (1903–1971), П.А. Вундер (1905–2004), Л.В. Крушинский (1911–1984), В.А. Шидловский (1917–1983).

Выдающийся вклад в это формирование и в развитие кибернетической физиологии в целом внес *нефизиолог* А.А. Ляпунов (1911–1973) — выдающийся русский математик и кибернетик — как своими собственными трудами, так и выполненными под его руководством работами его сотрудников и учеников, часть из которых имеет физиологическое образование.

Следует заметить, что А.А. Ляпунов проделал значительную часть работы, связанной с созданием кибернетики как науки, точным формулированием предмета исследований, перечислением и классификацией множества основных задач, выработкой единой терминологии. Ведь «Кибернетика» Н. Винера по сути дела — эскиз.

Недаром А.А. Ляпунов был отмечен в 1996 году (посмертно) медалью Международного компьютерного общества «Computer Pioneer» как «основоположник советской кибернетики и программирования».

А.А. Ляпунову принадлежит создание теории программирования и теории управляющих систем. Последней теорией Ляпунов создал некоторую универсальную схему любого сложного объекта. Время показало, что эта теория оказалась очень плодотворной для изложения представления об организме в целом с возможностью детализации процессов, протекающих на различных суборганизменных уровнях, и рассмотрения этих процессов на уровне целостного организма, а также классификации управляющих систем организма (от нервной до метаболической) и выделения принципов организации и функционирования их составных частей и элементов, способов их взаимодействия и интеграции в целостный организм (см., например, [41]).

Здесь, как нельзя лучше, уместно процитировать самого Алексея Андреевича: «Общее понятие управляющей системы оказывается пригодным для описания и изучения существенно более широкого класса реальных объектов, чем те объекты, которые явились исходными для построения этого понятия» [36].

А.А. Ляпунов сформировал несколько научных школ по различным отраслям кибернетики, в том числе по различным

направлениям кибернетической биологии и, в частности, по кибернетической физиологии.

Он организовал в Московском университете первый в стране Большой кибернетический семинар, на котором в течение 1954–1964 гг. было заслушано 119 докладов, 41 из которых был посвящен физиологической проблематике. Из физиологов активное участие принимали Н.А. Бернштейн, В.В. Парин, Л.В. Крушинский, В.С. Гурфинкель.

В период проживания А.А. Ляпунова в Новосибирском Академгородке на базе его лаборатории функционировал в течение 1969–1973 гг. семинар по кибернетической эндокринологии, деятельное участие в котором принял физиолог М.Г. Колпаков (1922–1974) и сотрудники его лаборатории. Семинар дал не только новые идеи для физиологии и кибернетики, не только конкретные научные результаты, но и породил целую плеяду молодых сотрудников, продуктивно работавших в дальнейшем и продолжающих работать в различных областях интегративной, кибернетической и математической физиологии [42–49].

Характерно, что и Н. Винер, и А.А. Ляпунов, много сил отдав теоретической кибернетике, почувствовали потребность в занятиях физиологией.

В научном творчестве А.А. Ляпунова можно выделить пять аспектов, имеющих отношение к физиологии.

1. Работы по математическому моделированию различных физиологических систем и процессов.
2. Системный подход к организму.
3. Определение подходов к созданию теоретической физиологии.
4. Использование физиологических данных для рассмотрения и развития общебиологических и общекибернетических положений.
5. Приложение общебиологических и общекибернетических положений к физиологии.

Следует отметить, что подавляющее большинство физиологических работ кибернетического толка, сделанных в 50-е – 60-е годы, посвящено нервной системе. Точно так же и кибернетические представления, заимствованные из физиологии, основаны на организации и функционировании нервной системы.

Школа А.А. Ляпунова привнесла в кибернетическую физиологию принципиально новое направление. Не оставляя в стороне нервную систему, была проделана большая работа по «кибернетизации» еще одной существенной и достаточно сложно организованной регуляторной системы — эндокринной.

В этом историческом экскурсе уместно будет разобраться в вопросе: почему создатель теории функциональной системы П.К. Анохин, многократно публиковавший статьи, пропагандирующие кибернетическую физиологию, будучи москвичом, не принимал участия в Большом кибернетическом семинаре и никогда не ссылался ни на одну работу А.А. Ляпунова.

В 1973 г. в одной из статей [50] П.К. Анохин, не упоминая имени А.А. Ляпунова и не ссылаясь на его публикации, написал следующее: «И не обстоит ли дело так, что уже начальные процессы формирования самой „управляющей системы“ находятся полностью под управлением будущего, необходимого в данный момент организму результата? Именно так позволяет смотреть на этот вопрос теория функциональной системы, которая включает приспособительный результат функционирования системы как органическую составную часть системы. Только в этом случае можно уйти от *бесплодных терминов*,¹⁶¹ которые, уводя мысль в сторону, несомненно, *наносит ущерб пониманию самой системы*. Именно к этому ведет чрезвычайно широко распространенная тенденция употреблять такие выражения, как „управляющая система“, „управляемый объект“ и т. д.

Как мы видели выше, при более глубоком анализе все эти понятия превращаются в *научную фикцию*, поскольку они не соответствуют истинным соотношениям в действительной регуляции, т. е. просто-напросто *не имеют реального содержания*».

Объяснение подобной реакции дал И.А. Полетаев в предисловии к очередному сборнику трудов лаборатории А.А. Ляпунова — сборнику, который, к сожалению, оказался посмертным. «Глубокая научная принципиальность, введение в биологическую теорию и

¹⁶¹ Здесь и далее курсив мой.—В.Ф.

практику точных определений и доказательных рассуждений математического характера ... вызывала у некоторых приверженцев научной расплывчатости и неопределенности протесты и даже обиды» [51].

Как это ни парадоксально звучит, но создатель теории функциональной системы проявил этой статьей отсутствие системного мышления. Это видно из вопросов, которые он поставил в статье. Кстати, они имеют свои ответы. Их легко можно найти в работах А.А. Ляпунова и его школы.

Естественно, что сам П.К. Анохин, его апологеты и последователи никогда не ссылались на труды А.А. Ляпунова и потому его работы и его идеи не имеют должного резонанса в физиологии.

Здесь та же ситуация, что и в свое время с тектологией Богданова, идеи которой не получили широкого распространения и большинством поняты не были. А.Л. Тахтаджян видит причину этому в господствующем интеллектуальном климате времени, когда нет ясно осознанной потребности в изучении универсальных типов структур и систем и универсальных принципов организации [30]. Еще в одной работе [52] Тахтаджян отметил, что «самое сильное возражение против общих теорий очень высокого ранга общности есть их универсальность, их предельная абстрактность».

Поскольку подавляющее большинство физиологов являются эмпириками, то, к глубокому сожалению автора этой статьи, нестареющим является утверждение видного отечественного физиолога В.В. Пашутина (1845–1901), которым можно объяснить сложившуюся тенденцию: «Недостаточное развитие обобщающего философского направления представляет самую слабую сторону современной медицинской (читай физиологической — *В.Ф.*) науки. Напуганные бедностью результатов в сфере отвлеченного мышления, ученые настоящего времени вдались в крайность, зарывшись в детали явлений, избегая всякого философского натурализма, чисто объективного исследования, деятельность которого старались свести на простую отметку явлений, совершившихся перед их глазами» [53].

В итоге труды А.А. Ляпунова, имеющие отношение к физиологии, остаются недооцененными физиологами. В отечественной же физиологии доминирует теория функциональных систем П.К. Анохина и авторитет ее создателя, который не понял и не принял концепцию управляющей системы, не разобрался в относительности понятия об управляющей системе и проигнорировал иерархичность организации управляющих систем в организме. В какой-то мере это повлияло на следующий этап истории кибернетической физиологии и, прежде всего, на ее системный аспект.

Что же может дать физиологии системно-кибернетический подход и теория управляющих систем Ляпунова? Они могли бы стать теоретическим фундаментом интегративной физиологии — того раздела физиологии, который исследует целостный организм и представляет собой, по сути, самостоятельное направление прикладной кибернетики, изучающее механизмы поддержания гомеостаза и развития адаптационных процессов, принципы саморегуляции функций организма и протекания в нем переходных процессов, закономерности нервной, эндокринной, внутриорганной, генетической и метаболической регуляции в их единстве и взаимодействии, принципы организации и функционирования физиологических систем различного ранга, иерархическое распределение регуляторных систем организма.

Подавляющее большинство исследований в физиологии выполнено на изолированных системах, органах, клетках, а в последнее время — и молекулах. Благодаря кибернетической физиологии вполне возможно изучение организма с учетом основных взаимосвязей между различными уровнями организации, начиная молекулярным и кончая организменным.

Более того, выяснение структуры управляющей системы может быть применимо для наиболее полного изучения любого объекта, представляющего интерес для физиологии. Предварительным этапом такого познания должна быть инвентаризация знаний по исследуемому вопросу, на основании чего может быть проведен целенаправленный поиск представителей необходимых элементов системы, если они еще не обнаружены. То есть, понимая

принципиальное устройство одной физиологической управляющей системы, можно определить, чего не достает в знаниях о другой системе.

Использование методов и средств кибернетики для сбора, хранения и переработки информации, получаемой в ходе физиологических исследований, может позволить вскрывать новые количественные и качественные закономерности изучаемых процессов и явлений.

Изучение управления физиологическими функциями организма может открыть широкие перспективы решения не только общетеоретических, но и практических задач физиологии. Например, в физиологии труда кибернетический подход позволяет найти наиболее оптимальные условия организации работы представителей самых разных профессий, в том числе и сопряженных с экстремальными факторами (космонавты, летчики, водолазы и др.).

Кибернетическая физиология может быть основой той части медицины, которая касается общей теории патологии и алгоритмов диагностики. Это вопросы регуляции функции органов, систем и организма в целом в плане поддержания гомеостаза при экстремальных условиях и патологических состояниях, рассмотрение механизмов поломки при функциональных перегрузках и компенсаторных процессов, диагностика целостного организма, системный подход к определению параметров, которые необходимо исследовать для постановки диагноза.

В связи с последним, кибернетическая физиология может оказать влияние на физику, приборостроение и аналитическую химию в плане разработки приборов и методов определения тех необходимых физиологических, биофизических и биохимических параметров, которые отсутствуют в арсенале клинических и диагностических лабораторий.

Следует отметить, что благодаря своей «универсальности», то есть применимости единых законов практически во всех случаях, положения кибернетической физиологии применимы для биологических систем различных уровней: от клеточного до биосферного. Поэтому наряду с физиологией организма она может

распространяться на молекулярную физиологию, популяционную и биоэкологическую физиологию.

Изучение кибернетических закономерностей управления функциональным состоянием организма имеет большое значение и для небологических наук. Знания, полученные в этой области, могут широко применяться, например, в педагогике при планировании объема и формы подаваемой педагогом информации, разработке индивидуальных норм и программ обучения.

С помощью понятийного аппарата кибернетики неспециалистам в биологии инженерам и физикам можно показать, как устроены живые системы.

Новый импульс кибернетическая физиология может получить в связи с успехами молекулярной физиологии, приведшими к накоплению огромного количества разноуровневых данных. Это порождает потребность в систематизации их и определении места каждого из них в целостном организме, поскольку полученная информация превысила пропускную способность мозга физиолога.

Развитие молекулярной генетики породило новое научное направление — биоинформатику. Только на базе кибернетической физиологии может иметь развитие физиологический аспект биоинформатики.

Сейчас формируется еще одно научное направление, нуждающееся в системном подходе и других принципах кибернетической физиологии — превентивная медицина. Это мультидисциплинарное направление посвящено изучению биологических основ здоровья и методологических основ предупреждения начала болезни.

И собственные научные результаты А.А. Ляпунова, и высказанные им общекибернетические и общебиологические идеи могли бы оплодотворить не одно направление исследований в физиологии. Это становится особенно актуально в наши дни, когда возникла настоятельная потребность в дальнейшем развитии интегративной физиологии целостного организма и создании научно обоснованной превентивной медицины целостного организма.

В обращениях руководителей двух последних Международных физиологических конгрессов XX века: 32-го (Глазго, 1993) и 33-го (Санкт-Петербург, 1997), которые прошли под одним и тем же девизом: от молекулы к человеку, содержатся призывы к формированию теоретической физиологии [55, 56]. Подобные призывы и девизы объективны, поскольку, как отмечено выше, молекулярная физиология накопила такое количество фактического материала, что это требует систематизации и определения места установленных фактов на уровне целого организма.

Это, кажется, начали понимать физиологи, и вот еще в одном обращении 2005 года сказано: «Без клеточной физиологии науку сегодня представить невозможно, но без представления о функционировании организма в целом такие работы не имеют смысла». Это цитата из обращения Организационного Комитета I Съезда физиологов СНГ [56]. Но, хотя в этом обращении сказано также, что в последние годы наряду с бурным развитием различных биологических дисциплин «развивается физиология интегративная», в программе этого съезда для интегративной физиологии места не нашлось. Все предложенные темы носят редуционистский характер.

Подобная ситуация была и на последнем съезде физиологического общества им. И.П. Павлова (Екатеринбург, 19–25 сентября 2004 г.), девиз которого был «От геномики до интегративной физиологии». Попытка организовать там хотя бы круглый стол по проблеме интегративной физиологии была заболтана Оргкомитетом. Поневоле снова вспомнишь В.В. Пашутина.

Еще одна попытка развития интегративной физиологии — международный проект «Физиом». Он был провозглашен в 1997 г. на 33-м Международном физиологическом конгрессе в качестве ответа физиологов генетикам на их геном человека. В обращении координаторов проекта сказано: «Проект «Физиом» есть интегративная программа, миссия которой заключается в сборе и распространении количественных данных и моделей функционального поведения биологических молекул, клеток, тканей, органов и организмов» [57]. Пока реализация этого проекта вылилась только в создание нескольких математических моделей,

имитирующих разные аспекты функционирования сердечно-сосудистой системы. Хотя начинать надо с принципов организации организма.

Собственно, с развитием интегративной физиологии нынешние физиологи ломаются в открытую дверь, так как интегративная физиология существует реально. Ее истоки, ее корни, ее история описаны выше. Она требует сегодня лишь небольшой реанимации. И здесь, как нельзя лучше, может помочь кибернетическое наследие А.А. Ляпунова.

Таким образом, сегодняшняя кибернетическая физиология может быть востребована. У нее есть шансы для реанимации.

Литература

1. *Винер Н.* Кибернетика или управление и связь в животном и машине. – М.: Советское радио, 1958.
2. *Федоров В.И.* Физиологические аспекты кибернетического творчества А.А. Ляпунова // Сборник докладов Конференции, посвященной 90-летию со дня рождения А.А. Ляпунова. – Новосибирск, 2001. – С. 658–667.
3. *Cannon W.* The wisdom of the body. – New York: W.W. Norton & Company Inc., 1932.
4. *Винер Н., Розенблют А.* Проведение импульсов в сердечной мышце. Математическая формулировка проблемы проведения импульсов в сети связанных возбудимых элементов, в частности в сердечной мышце // Кибернетический сборник. Вып. 3. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1961. – С. 7–56.
5. *Винер Н.* Мое отношение к кибернетике. Ее прошлое и будущее. – М.: Советское радио, 1969.
6. *Розенблют А., Винер Н., Бигелоу Дж.* Поведение, целенаправленность и телеология // Винер Н. Кибернетика. Второе издание. – М.: Советское радио, 1968. – С. 285–294.
7. *Винер Н.* Я – математик. – М.: Наука, 1967.
8. *Мак-Каллок У.С., Питтс В.* Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности // Автоматы. – М.: Иностранная литература, 1956. – С. 362–384.
9. *Мак-Каллок У.* Надежность биологических систем // Самоорганизующиеся системы. – М.: Мир, 1964. – С. 358–380.
10. *Мак-Каллок У.* Подражание одних форм жизни другим формам – биомимезис // Проблемы бионики. – М.: Мир, 1965. – С. 550–557.
11. *Гендерсон Л.Ж.* Среда жизни. – М.-Л.: Госиздат, 1924.
12. *Белов Н.А.* Учение о внутренней секреции органов и тканей и его значение в современной биологии // Новое в медицине, 1911. – № 22. – С. 1228–1236.
13. *Белов Н.А.* Физиология типов. Орел: Красная книга, 1924.
14. *Малиновский А.А.* Типы управляющих биологических систем и их приспособительное значение // Проблемы кибернетики. Вып. 4. – М.: Физматгиз, 1960. – С. 151–181.

15. *Петрушенко Л.А.* Концепция параллельно-перекрестного взаимодействия («Закон замкнутых пространств») и философские взгляды русского физиолога Н.А. Белова // Организация и управление (вопросы теории и практики). – М.: Наука, 1968. – С. 163–186.
16. *Завадовский М.М.* Противоречивое взаимодействие между органами. – М.: Изд-во МГУ, 1941.
17. *Анохин П.К.* Проблема центра и периферии в современной физиологии нервной деятельности // Проблема центра и периферии. Горький, 1935. – С. 52–66.
18. *Малиновский А.А.* Типы взаимодействия и их значение в организме. 1943 // Рефераты работ учреждений Отделения биологических наук АН СССР за 1941–1943 гг. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – С. 291–292.
19. *Бернштейн Н.А.* Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – М.: Медицина, 1966.
20. *Бернштейн Н.А.* Физиология движений // Физиология труда. – М.-Л.: Биомедгиз, 1934. – С. 366–450.
21. *Бернштейн Н.А.* Новые линии развития в физиологии и их соотношение с кибернетикой // Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 299–322.
22. *Бернштейн Н.А.* Очередные проблемы физиологии активности // Проблемы кибернетики. Вып. 6. – М.: Физматгиз, 1961. – С. 101–160.
23. *Бернштейн Н.А.* Пути развития физиологии и связанные с ними задачи кибернетики // Биологические аспекты кибернетики. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 52–65.
24. *Бернштейн Н.А., Геллер Е.С., Свинцицкий В.Н.* Биокибернетика и биология активности: (Управление и управляемость в мире живого) // Проблемы моделирования психической деятельности. – Новосибирск, 1967. – С. 206–216.
25. *Бернштейн Н.А.* Биомеханика и физиология движений: Избранные психологические труды. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института; – Воронеж: Изд-во НПО МОДЭК, 2004.
26. *Бернштейн Н.А.* О построении движений. – М.: Медгиз, 1947.
27. *Бернар К.* Курс общей физиологии. Жизненные явления, общие животным и растениям. – СПб, 1878.
28. *Шеррингтон Ч.* Интегративная деятельность нервной системы. – Л.: Наука, 1969.
29. *Бернштейн Н.А.* Проблема взаимоотношений координации и локализации // Архив биологич. наук, 1935. – Т. 38. – Вып. 1. – С. 1–34.
30. *Тахтаджян А.Л.* Тектология: история и проблемы. // Системные исследования. 1971. – М.: Наука, 1972. – С. 200–277.
31. *Богданов А.А.* Тектология. (Всеобщая организационная наука). В 2-х книгах. – М.: Экономика, 1989.
32. *Богданов А.А.* Тектология: Всеобщая организационная наука. – М.: Международный институт Александра Богданова, 2003.
33. *Гладков Т.К.* Кибернетика — псевдонаука о машинах, животных,

- человеке и обществе // Вестник МГУ, 1955. – № 1. – С. 57–67.
34. *Поваров Г.Н.* Норберт Винер и его «Кибернетика» (от редактора перевода) // Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. Второе издание. – М.: Советское радио, 1968. – С. 5–28.
 35. *Боголепов В.П.* О состоянии и задачах развития общей теории организации // Организация и управление (вопросы теории и практики). – М.: Наука, 1968. – С. 38–56.
 36. *Ляпунов А.А., Яблонский С.В.* Теоретические проблемы кибернетики // Проблемы кибернетики. Вып. 9. – М.: Физматгиз, 1963. – С. 5–22.
 37. *Ляпунов А.А.* В чем состоит системный подход к изучению реальных объектов сложной природы? // Системные исследования. 1971. – М.: Наука, 1972. – С. 5–17.
 38. *Федоров В.И.* Принципы организации и функционирования живых систем. Часть 1. Кибернетические основы организации и функционирования сложных систем. Учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 2000.
 39. *Винер Н.* Кибернетика или управление и связь в животном и машине. Второе издание. – М.: Советское радио, 1968.
 40. *Федотов А.М., Федоров В.И.* К построению математической модели эндокринной железы гранулярного типа // Кибернетические модели в биологии. – Новосибирск, 1974. – С. 167–178.
 41. *Федоров В.И.* Классификация управляющих систем организма. Дополнение к теории функциональной системы П.К. Анохина // Успехи современной биологии, 2000. – Т. 120. – № 1. – С. 3–11.
 42. *Romaniukha A.A., Sidorov I.A.* Mathematical modeling of T cell proliferation // *Math. Biosci.*, 1993. – V. 115. – P. 187–232.
 43. *Колчанов Н.А., Подколотная О.А., Анянько Е.А. и др.* Интегрированная компьютерная система по регуляции экспрессии генов эукариот // Молекулярная биология, 2004. – Т. 38. – № 1. – С. 69–81.
 44. *Осадчук А.В.* Сегрегационная модель геновой сети гипоталамо-гипофизарно-семенниковой системы у мышей: итоги и перспективы // Эндокринная регуляция физиологических функций в норме и патологии. – Новосибирск, 2002. – С. 112.
 45. *Bazhan S.I., Likhoshvai V.A., Belova O.E.* Theoretical analysis of the regulation of interferon expression during priming and blocking // *J. Theor. Biol.*, 1995. – V. 175. – N 2. – P. 149–160.
 46. *Федоров В.И.* Избыточность функционирующих структур — фундаментальный фактор надежности физиологических систем // Успехи современной биологии, 1988. – Т. 105, № 2. – С. 231–251.
 47. *Федотов А.М.* Простейшая математическая модель функционирования печени // Применение математических методов в клинической практике. – Новосибирск, 1976. – С. 109–123.
 48. *Федоров В.И.* Принципы организации и функционирования живых

- систем. Часть 2. Управляющие системы организма. – Новосибирск: НГТУ, 2003.
49. Федоров В.И., Шутова С.В. Основы кибернетической физиологии. – Тамбов: Изд-во ТГУ им. Г.Р. Державина, 2004.
 50. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. // Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1973. С. 5– 61.
 51. Полетаев И.А. Предисловие // Некоторые проблемы математической биологии. – Новосибирск, 1973. – С. 7–11.
 52. Тахтаджян А.Л. Principia tectologica. Принципы организации и трансформации сложных систем: эволюционный подход. СПб.: Изд-во СПХФА, 2001.
 53. Пакутин В.В. Цит. по [15].
 54. Ito M. // XXXIIIrd International Congress of Physiological Sciences. Final Announcement. St. Petersburg, 1997. – P. 2.
 55. Noble D. // XXXIInd International Congress of Physiological Sciences. Final Announcement. Glasgow, 1993.
 56. Газенко О.Г., Сениашивили Р.И. // I съезд физиологов СНГ «Физиология и здоровье человека». Пригласительный билет и программа. 2005.
 57. Basingthwaighte J.B. Toward modeling the human physiome // Adv. Exp. Med. Biol. 1995. – V. 382. – P. 331–339.

Конрад Лоренц и кибернетика

Появление кибернетики в конце 1940-х годов стало, по ряду причин, мировой сенсацией, главным образом потому, что одновременно и независимо были изобретены компьютеры, воспринятые широкой публикой как «мыслящие машины»: кибернетика же претендовала на «машинное» объяснение человека, и отсюда недалеко было до предсказания искусственного интеллекта и других подобных чудес. Ажиотаж, связанный с кибернетикой, несколько запоздал в России, где кибернетика преследовалась властями, но после 1960-го года вызвал ряд наивных и преувеличенно оптимистических дискуссий. Этот оптимизм постепенно сошел на нет, когда выяснилось, что никакого искусственного интеллекта не предвидится. Кибернетика стала рассматриваться как «техническая наука», нечто вроде грамматики современной техники. В этом качестве она была очевидным образом полезна, и я помню, как излагалась тогда кибернетическая идеология.

Но сам инициатор кибернетики, Норберт Винер, понимал ее именно в самом широком смысле – как ключ к объяснению жизни. Точнее, Винер считал, что таким ключом является *контур с обратной связью*. Его собственная уверенность в этом основывалась на экспериментальных работах, выполненных совместно с мексиканским физиологом Артуро Розенблютом. Я называю это утверждение пророчеством Винера. Этому пророчеству ученые не верили, так что, парадоксальным образом, слава Винера возникла в общественном мнении, а не во мнении ученых. Кибернетика имела прямое отношение к математикам, биологам и техникам. Но интерес к ней проявили главным образом техники. Биологи просто не понимали, что произошел переворот в научном мировоззрении, да и трудно было их винить в этом: книга Винера 1948 года содержала очень трудную математику, которая могла иметь отношение к «пророчеству Винера», но понять ее могли немногие, и вдобавок она была изложена несколько небрежно. Математики же были явно раздражены всей этой сенсационной суматохой, затеянной одним из

них, да еще очень заметным членом их сообщества. Я попытаюсь объяснить, почему.

Но прежде всего приведу следующий факт. В 1964 году, вскоре после смерти Винера, состоялся Всемирный математический конгресс, на этот раз заседавший в Москве, так что я смог принять в нем участие. Вообще я был «невыездной», то есть политически неблагонадежный, но в этом случае просто не было возможности помешать всем желающим присутствовать в помещениях Московского университета. Это вызвало бы нежелательный скандал. Так вот, в программе Конгресса не было даже слова «кибернетика»! Поскольку было представлено множество работ, имевших отношение к этому предмету, организаторы Конгресса устроили секцию «Математическая теория автоматического регулирования». Там нашли свое место и работы, какие могли быть написаны задолго до возникновения кибернетики: ведь устойчивость систем с обратной связью давно не была новостью, и там дело сводилось к исследованию нулей некоторой аналитической функции в полуплоскости. Конечно, это наименование секции не было случайностью. Самое слово «кибернетика» звучало неприятно, как многие другие девизы шарлатанов.

Винер был не шарлатан, а великий математик, и это было всем известно. Ему принадлежали вполне традиционные работы со строгими доказательствами теорем, и с этой стороны никто не мог бы к нему придраться. Достаточно сказать, что он одновременно и независимо от Банаха придумал Банаховы пространства и задолго до Шеннона владел основами теории информации; его книга «Интеграл Фурье и некоторые его применения» была уже классическим трудом, и вряд ли был отдел математики, где бы он не сделал что-нибудь особенное. Это ему прощали. Но прямое участие в экспериментальной работе, да еще с живым материалом, было для математика очень необычным, а «философские» обобщения и размышления о человеческих проблемах казались чем-то неприличным и наводили на мысль о погоне за популярностью – особенно в случае, когда эта популярность превзошла все ожидания. Способность понимать великие перемены в науке и человеческой жизни встречается редко. Я думаю, что лишь очень немногие из

математиков оценили по достоинству идеи кибернетики. К их числу, несомненно, относился Джон фон Нейман, а у нас – А.Н. Колмогоров и А.А. Ляпунов. К чести их надо сказать, что они принялись проповедовать и объяснять кибернетику в обстановке, в которой можно было ожидать в любую минуту начальственных мер против «буржуазной лженауки», и при неприличном аккомпанементе так называемых советских философов, торопившихся доказать начальству свое усердие в поношении подозрительных мыслей. Что касается А.Н. Колмогорова, то он и сам близко подошел к замыслу кибернетики – мы не знаем, насколько близко, но напрашивается сравнение с Пуанкаре, подошедшему к теории относительности; однако, в отличие от Пуанкаре, Андрей Николаевич был выше зависти и злословия: он мог легче других понять, что произошло, и добросовестно пытался объяснить это другим.

Между тем, инженеры приняли кибернетику, как откровение свыше, и торопились разработать ее приложения. Мне трудно судить, насколько им был полезен кибернетический подход, но Шеннон был инженер, и несомненно его работы по теории информации отразили интеллектуальный климат того времени. Для теории связи это была и в самом деле руководящая идея. Но этому процессу сопутствовали другие, не столь интересные, хотя и много обещавшие. Я имею в виду так называемую «общую теорию систем». Кажется, этот термин пустил в обращение Людвиг фон Бергаланфи, но очень скоро он превратился в обозначение довольно банальной деятельности – составления «блок-схем» для всех на свете процессов. Метод этой теории сводился к тому, что в любой системе пытались выделить, более или менее произвольно, значимые подсистемы, которые обозначались прямоугольниками, и связи между ними, обозначаемые стрелками. Предполагалось, что с помощью этого нехитрого приема можно будет разгадать все тайны сложных систем. Но так как выбор этих подсистем и их взаимодействий уже означает понимание всей системы в целом, то язык «блок-схем» ничего к этому не добавляет. Попытки этого рода делались задолго до рождения кибернетики. В 1919 году социолог Питирим Сорокин опубликовал в России проект объяснения

общественной жизни, где еще не было блок-схем, но была уже вся «общая теория систем» в словесном выражении. Впоследствии Сорокин эмигрировал и стал знаменитым социологом в Америке, но это не делает его метод более интересным.

Так обстояло дело с кибернетикой до семидесятых годов. Термин «кибернетика» применялся не очень охотно, и даже трудно было определить предмет, обозначаемый этим словом. Можно было предположить, что самый статус кибернетики был неясен. Была ли это новая наука? Новые науки время от времени возникают, но они вписываются в рамки уже существующих наук. Так, генетика была биологической наукой, астрофизика была частью астрономии и в то же время частью физики. Пытались рассматривать кибернетику как «математическую науку», связывая ее с определенными математическими предметами, особенно часто применяемыми в кибернетических вопросах. Сюда можно было отнести комбинаторику, теорию алгоритмов, теорию автоматов, математическую логику, математическую лингвистику. Все эти вещи соединяли в так называемую «дискретную математику», но это название так и не стало означать какой-то отдельной и самостоятельной части математики. Появились и учебники под этим названием, но никто из серьезных математиков не претендовал, что его специальность называется «дискретной математикой»: дело было явно не в «дискретности». Тем более что в кибернетике применялись и совсем не дискретные методы анализа, теории вероятностей и так далее. Попытки трактовать кибернетику как совсем самостоятельную новую науку не имели успеха, так как трудно было определить ее предмет. Возникла даже угроза использования термина «кибернетика» разными шарлатанами. Можно понять, почему А.Н. Колмогоров не был в восторге от попыток устраивать институты и факультеты кибернетики (и почему за границей такие учреждения не выросли).

Кибернетика не похожа была на «новую науку», точно так же, как «компьютер сайенс», «информатика», «дискретная математика». Это была не новая наука, а новый подход, новая система мышления, пересекающая ряд наук и связанная не столько с сюжетом изучения, сколько со способом исследования. Короче, это было новое явление

культуры, не соответствующее представлению об «отдельной науке». Новый подход, о котором я говорю, можно назвать *биологическим подходом*. В сущности, он не так уж нов. Когда Менений Агриппа успокаивал римский плебс, предъявлявший неудобные требования к римскому государственному строю, он сравнил человеческое общество с телом человека: патрициев с головой, дельцов с желудком, а тружеников с руками и ногами. Тем самым он использовал биологическую модель общества. Модель эта была не особенно удачна, но ведь и раньше наши совсем примитивные предки сравнивали все явления окружающего мира с человеком, считая его достаточно известным. Теперь мы бессознательно (и сознательно) сравниваем компьютеры с человеком, ругаем их, смеемся над ними и даже иногда благодарим их. Этот антропоморфизм кажется странным, но мы пытаемся здесь понять машину, сравнивая ее с человеком – а не наоборот. Конечно, человек настолько сложнее, что возникает мысль о промежуточных моделях. Такие модели у нас есть – это растения и животные.

До двадцатого века люди всегда пытались объяснить живые организмы, моделируя их машинами или описывая их, как машины, методами математической физики. Это плохо удавалось, и «редукционизм» стал признаком старомодной гносеологии. Это слово означает представление, что все человеческое знание должно быть выведено из единой фундаментальной науки, а в принципе даже из единственной основной гипотезы этой науки. Предполагалось, что этой наукой должна быть физика. В девятнадцатом веке думали даже, что в самой физике всё должно быть выведено из механики, и лишь очень медленно утверждалось противоположное представление, отрицающее редукционизм даже в пределах самой физики. Например, теперь физики не сомневаются, что кинетическая теория газов (и тем более теория вещества в целом) не может быть логически построена на основе механики, а требует специфических гипотез. Теперь вряд ли кто-нибудь поддерживает представление, что химию можно «вывести» из квантовой механики, или вообще из физики. И еще в 1930-е годы Бор показал простой оценкой, что поведение животного невозможно предсказать методами той же квантовой механики. Можно сказать, что к

середине двадцатого века редукционизм был окончательно дискредитирован среди ученых, и Карл Поппер разъяснил это с точки зрения современной гносеологии.

Но еще за сто лет до этого философ Огюст Конт построил «иерархическую систему наук», расположив их в порядке «возрастающей сложности». «Простейшей» из естественных наук была у него физика, над ней, как более сложная, помещалась химия, еще выше – биология, и выше всех – гипотетическая, не существовавшая еще и самая сложная наука, которую Конт назвал социологией. Конт предполагал, что более сложные науки должны строиться на основе более простых, так что вся пирамида в конечном счете держалась у него на физике. Трудно сказать, был ли Конт последовательным редукционистом. Но он понимал, что на «более высоких» уровнях соблюдаются все закономерности «более низких», например, во всех явлениях природы соблюдается закон сохранения энергии. К середине двадцатого века стало ясно, что на высших этапах иерархии наук возникают качественно новые закономерности, не сводимые к закономерностям нижних этажей. Естественно, это расслоение знания лишь отражает «расслоенное» устройство самой природы, так что деление университетов на факультеты не так уж случайно. Философское выражение этого пытался дать немецкий философ Николай Гартман (1882–1950), говоривший о «слоях реального бытия».¹⁶² Конрад Лоренц объяснил впоследствии эволюционное происхождение такого расслоения.

Разумеется, философия не могла дать ответ на общие вопросы науки, хотя бы потому, что основой ее считается гносеология, или теория познания, очень примитивная и по существу не изменившаяся с древности. Конрад Лоренц понял, что самая *гносеология должна стать биологической наукой*. Поскольку во всех областях знания надо учитывать гносеологические ограничения и искажения, биология оказывается тем самым неизбежной частью любого познания. Мы не можем строить пирамиду знания «снизу вверх», переходя с нижних этажей системы наук Конта на верхние этажи: часто эту последовательность приходится обращать. Даже

¹⁶² Не следует смешивать его с другим философом, Эдуардом Гартманом.

астроному-наблюдателю приходится делать «личную поправку», принимая во внимание человеческие свойства исследователя. Чем сложнее предмет исследования, тем важнее личная поправка, и тем больше исследование внешнего предмета становится исследованием взаимодействия между этим предметом и самим исследователем. Это не значит, что мир становится «непознаваемым»; это значит, что нельзя пренебречь влиянием «измерителя» на «измеряемое» – не только прибора на элементарную частицу, но и мыслителя на предмет его мышления. Если уподобить наше познание использованию зеркала, то исследование средств исследования – включая самого исследователя – Лоренц сопоставляет с *оборотной стороной зеркала*. Он так и назвал свою последнюю, самую важную книгу.

Конрад Лоренц был величайшим биологом двадцатого века. Открытия так называемой молекулярной биологии сделаны целой школой ученых методами, имеющими мало общего с традиционными методами биологов. Крик и Уотсон были выдающиеся ученые, но они не были биологами в традиционном смысле слова. Казалось бы, отсюда можно сделать вывод, что старая биология, непосредственно наблюдающая живые организмы, уходит в прошлое. Но это неверно. Ничто не может заменить прямого наблюдения жизни, и при строго научных методах этого наблюдения они приводят к столь же точным результатам, как так называемые «точные науки». При этом можно пользоваться – или нет – приборами и математическим аппаратом, в зависимости от требований предмета исследования. Молекулярная биология не может заменить такого наблюдения по той же причине, по которой его не могут заменить физика и химия: в пределах самой биологии уже нет «редукции».

Успехи физики и математики в изучении природы создали в среде ученых (и в широкой публике) презрительное отношение к ученым, *не* использующим эти средства исследования. Но наряду с множеством биологов, просто занимавшихся собиранием отдельных фактов, были и глубокие мыслители. Они продолжали строить научную биологию, не обращая внимания на моды в науке и в обществе. К ним относились пионеры этологии Оскар Гейнрот и

Чарлз Уитмен. Конрад Лоренц получил прекрасное научное образование в Вене в начале двадцатого века. Он имел диплом врача, но всегда интересовался поведением животных и стал учеником знаменитого орнитолога Гейнрота. Как видно из книг Лоренца, он хорошо владел и точными науками, но понимал, что на нынешней стадии исследования количественные методы не всегда приносят пользу. Он был гениальный наблюдатель. Еще совсем молодым ученым он сделал неожиданное открытие, обнаружив передачу приобретенных навыков путем обучения у некоторых видов птиц. К середине тридцатых годов он составил план изучения поведения животных. Мы знаем теперь главные мысли этого плана из его первой книги, случайно уцелевшей, потому что она была написана в русском плену: Лоренц, австрийский гражданин, был зачислен в немцы, мобилизован в германскую армию и служил в военном госпитале, вместе с которым попал в плен. Одно из своих самых поразительных открытий Лоренц сделал в лагере для военнопленных. Вот как он это описывает: «Наблюдая полудиких коз Армянского нагорья, я заметил однажды, как уже при первых отдаленных раскатах грома они отыскивали в скалах подходящие пещеры, целесообразно готовясь к грядущему дождю. То же они делали, когда поблизости раздавался грохот взрывов. [По-видимому, там велись взрывные работы.] Я вполне отчетливо помню, что при этом наблюдении я внезапно осознал: в естественных условиях образование условных реакций лишь тогда способствует сохранению вида, *когда условный стимул находится в причинной связи с безусловным.*»

К 1940-му году Лоренц имел уже подробный план систематической науки о поведении животных – этологии. До тех пор биологи занимались преимущественно морфологией животных, то есть строением их тела; поведение животных, даже повседневно наблюдаемое у домашних животных, не привлекало особенного внимания. Чтобы понять значение революции в биологии, произведенной возникновением этологии, можно сравнить ее с аналогичным революционным переворотом в математике, связанным с понятиями категории и функтора. Около 1950 года французские математики группы Бурбаки осознали, что во всех

математических дисциплинах есть не только «объекты», но и «морфизмы», выражающие связи между объектами. Это открыло новую эру в математике, и в то время «посвященные» называли открывшуюся перед ними новую область науки «современной математикой». Математик может сравнить морфологию без поведения с математикой без морфизмов. Этология означала, что биологи начали замечать то, что всегда было перед их глазами! Конечно, для общественных животных такой подход был особенно необходим. Исследователь обезьян Йеркс сказал однажды, что «один шимпанзе – это вообще не шимпанзе». И, конечно, человека еще Аристотель определил, как «общественное животное».

Первая книга Лоренца, содержащая конспективный план его исследований, была опубликована его дочерью лишь после его смерти, под названием «Естественная наука о человеческом виде», с подзаголовком «Введение в сравнительное исследование поведения. „Русская рукопись“. 1944–1948.» Название это не случайно: Лоренц хотел написать книгу в четырех частях, завершив ее научно обоснованной этикой, но лишь первая часть в рукописи свидетельствует об этом плане. Впрочем, можно думать, что «Оборотная сторона зеркала» была результатом его дальнейших размышлений, а лекции по венскому радио, опубликованные под названием «Восемь смертных грехов цивилизованного человечества», содержат некоторую часть того, что Лоренц хотел сказать о человеческом поведении. Вместе с самой популярной книгой Лоренца «Так называемое зло» эти книги были переведены на русский язык в 1998 году, под названием «Оборотная сторона зеркала».

По-видимому, Лоренц независимо от Винера пришел ко многим идеям кибернетики, так что появление этой науки застало его вполне подготовленным к этому событию. Во всяком случае, «Зеркало» свидетельствует о том, что Лоренц полностью освоил идеи кибернетики и основательно продумал их на своем огромном биологическом материале. По существу, эта книга представляет план будущей кибернетической биологии. Тем, кто не верил в «пророчество Винера», она доказала плодотворность и неизбежность кибернетического подхода; более того, она показала, что в сущности

кибернетика есть не что иное как теория живых систем, начинающаяся с простейших из них, которые мы не хотим называть «живыми». В свое время люди были шокированы своим обнаружившимся родством с обезьяной. Я пережил подобный же шок, когда пришлось признать свое родство с будильником, и я уверен, что подобные переживания были у многих, осознавших, что такое обратная связь. Но мне не верилось тогда, в 60-е годы, что принцип обратной связи, в самом деле, дает главный ключ к пониманию жизни. Конечно, это только начало долгого процесса, и в живом организме много обратных связей на разных уровнях. Но вот идея Лоренца, объясняющая мутации и, как мне кажется, снимающая главную трудность эволюции – недостаточность времени для образования всех известных форм жизни.

Гипотеза Лоренца состоит в следующем. (Поскольку он не ссылается ни на какого автора, это *его* гипотеза). Вопреки представлениям Дарвина и всех «неодарвинистов», случайные изменения, закрепляемые отбором, совсем не обязательно должны быть *малыми*. В самом деле, уже в искусственном отборе, с которого Дарвин начинает свое изложение, случаются большие отклонения от видового образца, хотя обычно и не полезные для вида. Полезные и не летальные еще реже, но возможны. Случайные изменения теперь называют мутациями. Лоренц предлагает следующий механизм мутации. Предположим, что в организме имеется линейная последовательность подсистем, действующих друг на друга в порядке этой последовательности. Тогда случайное соединение начала такой цепи с ее концом создает новый регулирующий контур и, тем самым, возможность принципиально новых явлений. Если новый способ функционирования системы оказывается полезным для вида, то может возникнуть *крупная* мутация. Самый важный случай линейных цепей – это цепи нейронов центральной нервной системы или цепи молекул белка. В таких случаях соединение начала цепи с концом может быть молекулярным явлением, совершенно случайным. И если результат полезен, то сразу возникает новая функция организма.

Лоренц поясняет, что такое новая функция, на очень интересном примере. На одной из первых страниц «Зеркала» (странице 271

упомянутого сборника в русском переводе) он приводит простую электрическую схему – замкнутый контур с емкостью и индуктивностью. Если включена только емкость, напряжение на входах схемы при включении тока монотонно растет до предельного значения. Если включена только индуктивность, напряжение монотонно убывает до нуля. Но если включены и емкость, и индуктивность вместе, то в контуре возникает новое явление – затухающие колебания. Это единственное место в книге, где появляются формулы, но не единственное, где проводится аналогия с техническими устройствами. Чему же учит эта схема? Физик и инженер не найдут в ней, пожалуй, ничего особенного: соответствующие решения обыкновенного дифференциального уравнения хорошо известны. Но посмотрим на ситуацию с кибернетической точки зрения. Можно считать, что третий случай получается из двух первых соединением двух контуров – с индуктивностью и с емкостью. Чего же *вообще* можно ожидать, если две системы соединяются в одну? Ведь в общем случае мы не знаем точного строения систем и не имеем дифференциальных уравнений. Наша интуиция в основном «линейна», она подсказывает, что при соединении систем их действия «суммируются». Но решения для первых двух случаев в сумме дают постоянное напряжение, а вовсе не затухающие колебания! На языке древней гносеологии, до сих пор господствующем в традиционной философии, это значит, что «целое не равно сумме своих частей»; на более современном, но все же туманном языке гештальттерапии «целое *больше* суммы своих частей». В действительности ни та, ни другая формула не дает существенного продвижения. Проблема в том, что система в целом обладает свойствами, не выводимыми из знания частей: надо еще знать их *взаимодействие*.

Живой организм – и система организмов, популяция – состоит из частей, которые чаще всего не могут существовать друг без друга, но иногда выдают свое происхождение от некоторой отдельно существовавшей функции. Мы не умеем описать эти части и их взаимодействия количественно, как это делается в математической физике; говорят, что организм представляет собой «сложную систему». Изучение сложных систем – главная задача современной

науки. (Я намеренно отвлекаюсь здесь от трудностей физики, основы которой перестали восприниматься как безупречное человеческое знание, и от задач современной техники, явно требующих нового подхода). Попытки разлагать сложные системы на простые части путем рисования блок-схем давно себя скомпрометировали. Чтобы такие разложения работали, нужно глубокое изучение систем, особенно – сравнительное изучение, на материале конкретного класса достаточно разнообразных систем. Самым важным таким классом являются живые системы. Есть основания думать, что главное значение кибернетики состоит именно в изучении живых систем, и в этом смысле пророчество Винера оправдалось. Естественно, современному ученому не подобает быть пророком, то есть видеть пути, ведущие далеко в будущее, не имея рецептов решения всех проблем. Дарвину с трудом простили эту роль, и до сих пор приходится время от времени слышать, что «Дарвин опровергнут» или «Дарвин устарел».

Теперь приходится иногда слышать, что «Лоренц устарел». Какой-нибудь Докинз пытается опровергнуть великое построение этологии при помощи дешевых софизмов. Но точно так же, как биология Дарвина несокрушимо держалась на массе найденных им фактов, этология не боится «философской» критики. Ее конструкция, изложенная в «Зеркале», отчетливо кибернетическая, хотя и без явного применения математики. Лоренц прекрасно сознаёт, что количественное описание представляет более поздний этап развития любого знания, и не пытается «перейти к уравнениям», как это делали многие авторы. Конечно, когда математика сможет всерьез применяться к описанию жизни, это будет не та математическая физика, которая выработалась на совсем другом материале. Можно предвидеть, что в биологии понадобится не «количественная», а «качественная» математика. Это будут уже существующие *качественная* теория дифференциальных уравнений, топология, теория катастроф, специальные отрасли теории алгоритмов и теории вероятностных процессов и, конечно, многое другое, чего пока нельзя предвидеть. Но я не сомневаюсь, что теория критических точек, или, более общим образом, дифференциальная топология поможет разобраться в проблеме вымирания видов и в

популяционных катастрофах. Как можно предположить, новые виды математики понадобятся для выяснения принципов действия «нейрокомпьютеров», изобретенных в 1990 году В.А. Охониным и С.И. Барцевым (и независимо американскими исследователями). Эти устройства, возможно, аналогичные нервным системам насекомых, уже широко применяются в технике и медицине. Замечательно, что первоначальный замысел В.А. Охонина состоял именно в объяснении поведения насекомых.

«Зеркало» представляет собой, в сущности, план будущей *кибернетической биологии*. Поразительно, насколько Лоренцу, не получившему математического образования, удалось проникнуться идеями кибернетики, явившимися уже в его зрелые годы. Жизнь для Лоренца – это *процесс приобретения и использования информации*, а программа живого организма заложена в его геноме. Самое представление о молекулярном механизме репродукции возникло еще позже кибернетики, в начале пятидесятых годов, когда Лоренцу было сорок пять лет. Способность усваивать новые идеи, проявленная им, почти уникальна в истории науки: ее можно сравнить лишь с гибкостью ума Эйнштейна, усвоившего совершенно чуждый физикам язык тензорного анализа, введенный Риманом, Риччи и Минковским, язык, который оказался адекватным интересовавшим Эйнштейна свойствам поля тяготения. Умение учиться в любом возрасте встречается крайне редко. Но Лоренц понял также, что биология не созрела для математической трактовки, а может быть, что ее будущая математика тоже не готова для применения к биологии. Поэтому он применил идеи кибернетики без всякого математического аппарата, показав, что они могут служить идейной основой биологического исследования.

При этом Лоренц уклонился от всех упрощенных моделей, механических или электрических – возможно, из стремления избежать любого, даже подсознательного редуционизма. Указанный выше пример электрической схемы – единственное место в его книге, где явно выступает такая модель, но ее значение подчеркивается тем, что она является в самом начале его конструкции биологии. Это свидетельствует о вполне сознательном использовании аналогий, лежавших в основе самой кибернетики. Но

эти аналогии остаются за пределами изложения. Особенно замечательно, что Лоренц в ряде случаев не пользуется прямо напрашивающимися компьютерными аналогиями. Я думаю, это не случайно: отождествление живого организма с цифровой вычислительной машиной, наделавшее столько шума в шестидесятые годы, должно было вызывать у него естественную реакцию отталкивания, когда он писал «Зеркало», около 1970-го года.

Особенно заметно это сознательное самоограничение Лоренца в случае «открытых программ», введенных Эрнстом Майром. Единственная ссылка Лоренца на Майра относится к книге *Artbegriff und Evolution* (E. Mayr, Berlin, Parey, 1967), где это понятие вовсе не разработано. Складывается впечатление, что значение его было осознано лишь самим Лоренцем. Значение это состоит в том, что во врожденные программы инстинктов вводятся, в качестве «внешних подпрограмм», результаты индивидуального опыта животного, что и составляет основу всякого обучения и, в частности, человеческой культуры. Казалось бы, здесь аналогия с компьютером почти неизбежна, но Лоренц ее не вводит, точно так же как Майр. Когда я встретился с этой проблемой при описании инстинктов человека, такое самоограничение показалось мне уже чрезмерным: в моей книге «Инстинкт и социальное поведение» (Новосибирск: Изд-во «Сова», 2005) компьютерные сравнения все же появляются, в качестве эвристического средства. Но в «Зеркале» компьютеров вовсе нет. Впрочем, нет в этой книге и слова «кибернетика», или его очень трудно найти (в немецком издании Piper Verlag нет предметного указателя). Слова «информация» и «энергия», напротив, появляются очень часто, в самых ключевых местах изложения.

Книга «Оборотная сторона зеркала» имеет подзаголовок: «Опыт естественной истории человеческого познания». Но это не история гносеологии и не история науки, а история возникновения человека из простейших форм жизни. С точки зрения Лоренца, гносеологии как науки еще не существует, поскольку способы получения и обработки информации живыми организмами почти не изучены. Лоренц излагает *историю развития жизни*, как она представляется

с точки зрения современной науки. Эта книга содержит много гипотез, которые, несомненно, будут разработаны будущими поколениями биологов, подобно тому, как разрабатывали эволюционные идеи Дарвина. Достаточно упомянуть гипотезу о возникновении новых контуров с обратной связью, о которых уже была речь, и гипотезу об особой роли самоисследования у наших предков-приматов.

«Зеркало» начинается с «Гносеологических пролегоменов» – философского введения, очень непохожего по существу на традиционную философию, хотя Лоренц и ссылается на Канта, допуская врожденные *способности к познанию*, но ошибочно предполагавшего врожденное *знание*. Первые шесть глав составляют историю животного мира, последние девять глав – историю «человеческого духа», то есть понятийного мышления человека. Эти последние главы образуют биологическую основу истории культуры и не могут быть обойдены никем, кто хочет понять, что такое культура, и что угрожает культуре в наши дни.

«Дочеловеческие» главы «Зеркала» описывают последовательное усложнение познавательных функций и реакций живых организмов, начиная с амебы. В отличие от обычного подхода эволюционистов, интересующихся преимущественно морфологией и изменением строения, Лоренц сосредоточивает внимание на *поведении*, поскольку именно в поведении проявляется взаимодействие организма с окружающей средой. До возникновения этологии, конечно, не могло быть и речи о таком подходе к эволюции. Содержание этой книги недостаточно известно биологам и, как мне кажется, гуманитарным ученым. Конечно, изложение Лоренца довольно сжатое, но это позволило ему сказать очень много на небольшом пространстве. Первая глава называется «Жизнь как процесс познания». Затем идут главы, названия которых говорят о систематическом построении книги: «Возникновение новых системных свойств», «Слои реального бытия», «Процессы приобретения текущей информации», «Телеономные модификации поведения», «Обратное сообщение об успехе и дрессировка вознаграждением». Затем идут «человеческие» главы: «Корни понятийного мышления», «Человеческий дух», «Культура как живая

система», «Факторы, сохраняющие постоянство культуры», «Факторы, служащие для разрушения постоянства культуры», «Образование символов и язык», «Бесплановость культурного развития», «Колебание как когнитивная функция». В последней главе «Оборотная сторона зеркала» содержится проект будущей гносеологии.

Как мне кажется, важнейшее, еще не осознанное значение работ Лоренца для человеческого общества состоит в изменении моделей познания, необходимых для будущего построения общественных наук. На место механических и экономических моделей должны прийти биологические, не обязательно сводимые к более простым «слоям реального бытия». Это несколько абстрактное выражение Лоренца означает, что не надо надеяться на математическую физику при изучении предметов, для которых она не предназначена. Сам Лоренц трудился, никогда не упуская из виду судьбу человеческого общества, и всегда оставался оптимистом в этом отношении. Вот его слова, завершающие «Зеркало»:

«Конечно, положение человеческого общества теперь более опасно, чем когда-либо в прошлом. Но потенциально мышление, обретенное нашей культурой благодаря ее естествознанию, дает ей возможность избежать гибели, постигшей все высокие культуры прошлого. Это происходит впервые в мировой истории».

В.П. Зинченко

Аффект и интеллект в игре

Я намеренно выбрал игру, поскольку игровой момент в той или иной мере присутствует во всякой человеческой деятельности. Без него она недостаточно эффективна, потому что иначе она просто скучна. Мера, конечно, важна, когда она утрачивается, люди не только играют, но и заигрываются с природой, с техникой, друг с другом. Бедствием нашего времени стали игры с компьютером. Рассмотрим последнюю, весьма дорогостоящую, захватывающую, зрелищную игру Гарри Каспарова с «голубым глубокоуважаемым шкафом».

Хорошо известно, что чемпион мира знает свои силы, верит в себя, характеризуется высоким уровнем притязаний. Все это имеет основания, подтверждается максимальным рейтингом, который он имеет, как теперь с оттенком пренебрежения принято говорить, в «белковых шахматах». Мне почему-то кажется, что человеческий дух, без которого невозможно никакое состязание, это все же не белковое тело. Любую деятельность, а игровую в особенности, характеризует противоречивое единство переживания и знания, аффекта и интеллекта. Естественно, что подобное единство характеризует игру человека, а не компьютера. Именно в нем, в этом единстве может быть заключен секрет успеха в человеческих шахматах, а в нарушении его, как в разбираемом мною событии, секрет поражения чемпиона мира.

Разуваев — гроссмейстер характеризует шахматную игру, как «драматическую пьесу, к которой зрителей влечет интеллектуальное творчество и драматизм борьбы». Скрипач у Набокова (вспомните «Защиту Лужина») сказал о шахматах: «Комбинации как мелодии, я, понимаете ли ... слышу ходы».

Мандельштам, наделявший глаз акустикой, наращивающий ценность образа, так описывал игру: «Угроза смещения тяготеет над каждой фигуркой во все время игры, во все грозное ее время турнира; доска пучится от напряженного внимания, фигуры шахмат растут, когда попадают в лучевой фокус комбинаций, как волнушки грибы в бабье лето».

Разуваев приводит слова Левенфиша: «Нельзя выиграть, ничего не пережив; чтобы выиграть, игрок должен отдать себя целиком».

После поражения в турнирной борьбе гроссмейстер, по выражению Бориса Спасского, переживает маленькую смерть. Непременным условием любого состязания является построение играющим образа противника. В шахматах в образ противника играющий встраивает и образ самого себя, но такой образ, каким он видится противнику. Это называется глубокой стратегией, планированием ходов на различную глубину. Планирование не только ходов играющего, но и ответных ходов противника. Проще говоря, это можно представить себе, как два набора противостоящих друг другу матрешек, встроенных одна в другую. В каждом наборе чередуются матрешки играющего и противника. Согласно Лефевру,— это ситуация рефлексивного управления поведением игры, а число матрешек в наборе определяет число рангов или уровней рефлексии, число просматриваемых ходов, глубину стратегии. Я над Лефевром всегда издевался, всегда говорил: «твой ранги рефлексии... ты их строишь столько, пока ты сам себя не обманешь». Рефлексия и трагедия могут, конечно, быть как спасительны, так и разрушительны. Это классическая ситуация любого взаимодействия, будь то партнерство, кооперация, соперничество, конфликт, борьба, война и т. п., в котором трудно унять волнения страсти. Поэтому шахматная игра служила удобной моделью для исследования мышления вообще и оперативного, в частности. Не только психологов интригуют способы выбора из огромного множества вариантов лучшего хода. Это та же проблема преодоления избыточности возможных способов и программ действия, порожденная невероятной сложностью игровой ситуации. А может быть, дело вообще не в выборе, а в построении нового варианта. В пользу последнего говорят, правда, редчайшие случаи

слепоты выдающихся шахматистов к очевидным, неслышанно простым решениям. В мышлении имеется свой способ преодоления избыточности, его единицами становятся не отдельные варианты ходов, а целые позиции или их образы, в оценке которых используются эвристические критерии.

В человеческих шахматах образ или активное символическое тело противника всегда конкретно пристрастно. Образ построен достаточно детально еще до состязаний. При этом функционально-стратегический или оперативно-технический портрет противника всегда дополняется психологическим портретом, реальным или мнимым — это безразлично, но с точки зрения играющего вполне достоверным. Пользуясь терминами из инженерной психологии можно сказать, что играющий еще до игры имеет априорную аффективно окрашенную, образно-концептуальную модель противника, если угодно, образ врага. По ходу игры происходит ее уточнение, перестройка, обновление.

В.Б. Малкин, физиолог и шахматист, рассказал мне, как в одной из партий Авербах, игравший с Корчным, в сложной позиции жертвует пешку. Соперник жертвы не принимает, а после игры на вопрос, почему, ответил, что он доверяет Авербаху. Но доверял Корчной далеко не всем.

Замечательно интересно впечатление Котова о Фишере: «Фишер — грозная и неутомимая сила. Он перегибается через стол, нависает над вашими фигурами, глаза горят, ощущение такое, будто перед вами колдующий шаман, священник, произносящий молитву. Некоторые шахматисты предпочитают сделав ход, уходить за кулисы, чтобы не давать лишних козырей таким мастерам-психологам, как Ботвинник, который постоянно во время игры наблюдал за противником, даже когда последний вставал и ходил по сцене. Это, между прочим, признак уважения к противнику, а возможно и подавление своего чувства превосходства над ним. В ответственной партии на такие чувства просто не остается времени.

Разуваев вспоминает, как несколько лет назад в Париже в соревнованиях на быстрых шахматах был установлен большой экран, где крупно проектировались лица и руки играющих. Даже

опытные профессионалы были удивлены, увидев свои переживания со стороны.

В ситуации игры с компьютером Каспаров должен был построить образ такого противника, в котором сконцентрирован, впрочем, как и в нем самом, опыт игры шахматной элиты всего мира, в том числе весь опыт игры, все находки и самого Каспарова. Все его победы, все его поражения, все сильные, все слабые стороны его игры. Другими словами, Каспаров должен был противостоять деперсонализированному опыту, я подчеркиваю — деперсонализированному опыту всего шахматного мира, истории шахмат, к тому же этот мир был хладнокровно расчетливым, бесчувственным и в этом смысле равнодушно жестоким, безличностным, бесчеловечным, а значит и лишенным любых человеческих слабостей. Знание в этом мире не только бесстрастно, но и безжизненно, как сказал бы Семен Людвигович Франк в такой мир нельзя заглянуть и увидеть в нем свое отражение, посмотрев на себя другими глазами. Построить образ, символическое тело или модель такого монстра Каспаров оказался не в состоянии. Не исключено, что его подвело знакомство с милыми людьми — его создателями. Они, конечно же, произвели на него, нормального человека, впечатление коллекции чокнутых. Ну, помните это выражение генерала Гроувса по поводу этой команды, которая в Лос-Аламосе собралась, которые к тому же не являлись шахматистами-профессионалами.

Видимо, построить образ такого врага вообще представляет собой трудноразрешимую задачу. Метафоры здесь не работают, они не заменяют образа, но точка отсчета для его построения, а возможно и для выработки стратегии игры с таким противником, имеется. Возьму за точку отсчета характеристику, которую дал Осип Мандельштам машинной поэзии в 1922 г. Вслушайтесь, это он по поводу Николая Асеева писал. «Чисто рационалистическая, машинная, электромеханическая, радиоактивная и вообще техническая поэзия невозможна по одной причине, которая должна быть близка и поэтам и механикам. Рационалистическая поэзия не накапливает энергию, не дает ее приращения как естественная поэзия, а только тратит, только расходует ее. Разряд равен заводу. Насколько заверчено, настолько и

раскручивается. Пружина не может дать больше, чем ей об этом заранее известно. Машина живет глубокой и одухотворенной жизнью, но семя от машины не существует».

В человеческих шахматах противники подпитывают друг друга энергией или как вампиры высасывают, опустошают. Семя, о котором говорил Мандельштам, это творчество, его неперменные спутники: эмоции, аффект, страсть. Здесь уместно вспомнить Мамардашвили относительно декартова понимания взаимоотношения страсти и деятельности. Страсть по отношению к чему-нибудь — есть всегда действие в каком-нибудь другом смысле. Т. е. без того, чтобы не стояло действие или в этом не содержалось действие или, скажем так, переместившийся сюда его очаг.

Такие же отношения, которые связывают страсть и действие, связывают страсть с интеллектом. Если расшифровать ... пустое словечко единство, т. е. страсть, может рассматриваться как внешняя форма действия интеллекта, а последнее, как ее внутренняя форма. Справедливо, между прочим, и обратное.

Действие, интеллект — внешние формы, а страсть — внутренние. Все дело в точке отсчета и точке зрения. Именно этой формы, внутренней формы, лишена интеллектуальная программа, противостоящая компьютеру. Подготовка к матчу с бесстрастным противником должна быть принципиально иной, если сразу не занять позицию, что против лома нет приема. Нужно готовиться не к борьбе с гением, в том числе и со своим собственным, а к борьбе с чрезвычайно интеллектуальным идиотом, идиотом в греческом, не оскорбительном значении этого слова, т. е. с идеальным идиотом, для которого полностью закрыта аффективно-личностная жизненная сфера. Идиотом, хотя и рассчитывающим достаточно глубоко свое поведение, но неспособным на озарение или таинственную интуицию.

Мы когда-то с Анатолием Иосифовичем Назаровым обыгрывали принятую аббревиатуру Искусственного Интеллекта, расшифровывая ее как Инвалидный Интеллект. Думаю, что более адекватной может быть и расшифровка Идеальный Идиот. Между прочим, следовало бы задуматься, почему у нас сохраняется традиция тратить неизмеримо большие средства на создание ИИ (пожалуйста,

расшифровывайте как вам удобно), чем на развитие нормального человеческого мышления.

Помните, перед этим самым ... до Примакова, при Кириенке была опубликована программа научных исследований вот этим электромонтером, Булгаков, по-моему, его фамилия, он возглавлял Комитет по науке и технике, и вот всего-то 17 проблем было самых главных для нашей науки, и естественно, туда попал искусственный интеллект, туда попала виртуальная реальность, вот это нам нужно.

Значит, с одной стороны, неплохо было бы вспомнить сколько миллиардов долларов стоит объяснение искусственным интеллектom того, что человечество переходит в следующее тысячелетие. Как эта леденящая душу история с нулями. Еще труднее, между прочим, стоило бы объяснение искусственным интеллектom команды старшины советского — «копать от забора до обеда». Как это объяснить, а?

Может быть, психологически полезной (я возвращаюсь к Каспарову) окажется попытка при построении образа деперсонализировать монстра, придать ему персональные черты, субъективизировать его, встроить в него, пусть собирательный, но образ живого противника. Ведь мы же оживляем, и даже поэтизируем монстра, заигрываем с ним, со слепой силой действительно трудно иметь дело, она вселяет ужас, действительно хочется воспользоваться ломом.

Проигрыш Каспарова в последнем матче имел, в основном, психологические причины. Уходя в защиту, он подчинился программе, что оказалось гибельным. По его словам, погрузившись в детали, он утратил панорамность своего собственного мышления. Замечательный термин, между прочим, «панорамность мышления». А, значит, если не потерял себя, то ослабил веру в свои силы. Такого противника нужно бить по седьмому варианту, то есть занимать не реактивную, а активную позицию.

В следующем матче от Каспарова требуется чистое творчество, пусть даже в хорошо известных классических позициях. Думаю, что гений все-таки может поставить идиота в тупик, загнать его в угол, чтобы, как пишет тот же Разуваев «товарищ Пентиум заметался в критической позиции не зная, на каком ходе остановиться. Как ни

странно, но от Каспарова или от другого хабреца требуется не столько предельное напряжение его интеллектуального и творческого потенциала, игровое настроение, чувство юмора, но и непоколебимая вера в себя. Все это вместе взятое, даст ощущение свободы, силы. Но не превосходства, которое непозволительно даже при условии высочайшего профессионального мастерства. Ибо оно чревато недооценкой противника, что и произошло с Каспаровым.

В заключение этого шахматного этюда позволю себе (профану, между прочим, в шахматах!) сказать, что шахматы — не только игра, работа, труд, усилия, но и кипение страсти. Шахматы — это, конечно, логика, но и интуиция, разумеется, не беспочвенная, а основанная на опыте людей, знаниях и таланте гениев. Иначе говоря, шахматы — это чудо, тайна, подобная музыке, балету ... и будет очень жаль, если эта тайна уйдет в компьютер, который не получит от владения ею никакого удовольствия и не раскроет ее, ибо идиоту она не интересна.

Сведения об авторах

Ян Мартынович БАРЗДИНЬ. Родился в 1937 году.

Математик, доктор физико-математических наук, директор Института математики Академии наук Латвии, ученик А.Н. Колмогорова.

Юджин Пол ВИГНЕР (Eugene P. WIGNER). 1902–1995.

Американский физик венгерского происхождения. Нобелевский лауреат. Был ближайшим другом Джона фон Неймана. Учился в Будапеште вместе с фон Нейманом, в знаменитой Лютеранской гимназии, из стен которой вышли также Нобелевские лауреаты Д. Хевеши, Д. Габор и создатели водородной бомбы Лео Сциллард и Эдвард Теллер. Вигнер получил степень доктора в 1925 г. в Берлинском техническом университете. В 1930 г. он эмигрировал в США, где связал свою судьбу с Принстонским университетом. Вигнер сделал много важных открытий в ядерной физике. Одним из первых он применил методы теории групп к атомным и ядерным проблемам. В 1963 г. Вигнер получил Нобелевскую премию по физике за вклад в теорию атомного ядра и элементарных частиц.

Дэйвид С. ДЖЕРИСОН (David S. JERISON). Родился в 1953 году.

Математик, профессор Массачусетского Технологического Института (MIT), Кембридж, Массачусетс. Получил степень доктора в 1980 году в Принстонском университете. Область научных интересов – уравнения в частных производных, анализ Фурье.

Владимир Петрович ЗИНЧЕНКО. Родился в 1931 году.

Доктор психологических наук, профессор, академик Российской Академии образования. Директор-организатор Института человека РАН. Почетный член Американской академии искусств и наук.

Дональд Е. КНУТ (Donald E. KNUTH). Родился в 1938 году.

В 1963 г. получил степень доктора в Калифорнийском технологическом институте и начал преподавать в этом Институте математику. В 1968 г. переходит в Стенфордский университет, где вскоре организует и возглавляет кафедру Computer Science. С 1993 г. – заслуженный профессор в отставке Стенфордского университета. Специалист в области компиляторов, анализа алгоритмов и компьютерной полиграфии. Автор более чем 150 статей и 17 монографий, в том числе – уникальной многотомной энциклопедии «Искусство программирования», посвящённой исследованию теории, истории и методов применения алгоритмов. Создатель широко распространенных компиляторов для формирования сложных текстов (TeX) и символов произвольного начертания (Metafont). Лауреат премии Тьюринга (1974), премии Киото (1996) и многих других почетных наград.

Борис Абрамович КУШНЕР. Родился в 1941 году.

Специалист по математической логике и конструктивной математике. Автор монографии «Лекции по конструктивному математическому анализу», Москва: Наука, 1973 (англ. перевод 1984). Б.А. Кушнер также известный поэт (шесть книг стихов), публицист, переводчик и эссеист, член Международного ПЕН-Клуба и Союза писателей Москвы. В настоящее время – профессор математики Питтсбургского университета (США).

Песи Растом МАЗАНИ (Pesi Rustom MASANI) Родился в 1938 г.

Получил степень доктора в Гарвардском университете в 1946 г. Профессор математики в университетах Бомбея, Индианы и Питтсбурга. Основные интересы включают вероятностный функциональный анализ и кибернетику. Сотрудничал с Норбертом Винером в области теории нелинейного предсказания. В 1990 году Мазани опубликовал фундаментальную биографию Норберта Винера, которая вышла в серии Vita Mathematica издательства Birkhäuser.

В 1976–1985 гг. Мазани подготовил и издал в издательстве MIT Press основные труды Винера в 4-х томах.

Дональд МИЧИ (Donald MICHIE). (1923–2007)

Получил степень доктора в Оксфордском университете в 1953 г. Специалист в области искусственного интеллекта. Профессор машинного интеллекта Эдинбургского университета (Шотландия). Основал в этом университете Центр изучения машинного интеллекта. Дональд Мичи начинал свои работы вместе с Аланом Тьюрингом в знаменитой секретной лаборатории Блетчли Парк. Он является основателем и главным редактором серии монографий «Машинный Интеллект». Вклад Дональда Мичи в исследования по машинному интеллекту, робототехнике и системам, основанным на знаниях, был отмечен в 2001 году Премией IJCAI (International Joint Conference on Artificial Intelligence), которой награждаются высокие научные достижения. Мичи является почетным членом Американской академии наук.

Дэниэл СТРУК (Daniel W. STROOK).

Математик, профессор Массачусетского Технологического Института (MIT), Кембридж, Массачусетс. Научные интересы в области теории вероятностей, стохастического анализа.

Владимир Михайлович ТИХОМИРОВ. Родился в 1934 году.

Математик, доктор физико-математических наук, ученик А.Н. Колмогорова, заслуженный профессор МГУ, заведующий кафедрой общих проблем управления Механико-математического факультета МГУ. Опубликовал около 160 научных работ, в том числе 19 книг, в области функционального анализа, теории экстремальных задач и теории аппроксимации.

Вячеслав Иванович ФЕДОРОВ. Родился в 1941 году.

Окончил факультет естественных наук НГУ по специальности «Физиология человека и животных». Доктор биологических наук, профессор. Ученик и сотрудник (с 1969 по 1973 год) А.А. Ляпунова. Специалист и автор учебных пособий по

кибернетической физиологии. Основные работы посвящены общетеоретическим вопросам организации и функционирования физиологических систем. Преподает курс интегративной физиологии в Новосибирском педагогическом университете.

Абрам Ильич ФЕТ. (1924–2007)

Математик, доктор физико-математических наук. Специалист в области топологии и её приложений к геометрии и анализу, а также – в области теоретической физики и биологии. Автор монографий «Инстинкт и социальное поведение» (2005), «Природа и общество» (1999, совместно с Р.Г. Хлебопросом), «Теория групп и квантованные поля» (1977, совместно с Ю.Б. Румером), «Теория унитарной симметрии» (1970, совместно с Ю.Б. Румером) и др.

Русинь ФРЕЙВАЛД.

Математик, доктор физико-математических наук, академик Академии наук Латвии.

Сэр Энтони ХОАР (Charles Antony Richard HOARE). Родился в 1934 году.

Математик. Сотрудник лаборатории Microsoft Research в Кембридже (Великобритания). Специалист в области теоретического программирования, создания новых алгоритмических языков. Наиболее известные работы Хоара включают алгоритм быстрой сортировки Quicksort, язык Взаимодействующих Последовательных Процессов (Communicating Sequential Processes) и другие. В 1968–1977 гг. Хоар – профессор Королевского университета Белфаста (Северная Ирландия), в 1977–1999 гг. – профессор вычислительной математики Оксфордского университета. В 1980 году профессор Хоар был награжден Тьюринговской премией, а в 2000 году – Премией Киото, которая присуждается японской ассоциацией Inamory Foundation за заслуги в сфере высоких технологий. В 2000 году Королева Великобритании пожаловала Энтони Хоару рыцарское звание.

Григорий Самуилович ЦЕЙТИН. Родился в 1936 г.

Окончил матмех ЛГУ (1956). Доктор физико-математических наук (1975), профессор. Заведующий лабораторией интеллектуальных систем НИИ математики и механики СПбГУ. Научные интересы – в области математической логики, конструктивной математики, математической лингвистики, теории программирования.