



Андрей Геннадьевич Ваганов

В 1984 году закончил Московский энергетический институт по специальности инженер-теплофизик. Работал в Специальном конструкторском бюро по электрохимии. В 1991 году окончил Школу-студию научной журналистики при журнале «Химия и жизнь». Ответственный редактор приложения «НГ-Наука» «Независимой газеты».

Автор книг: «Технологичная культура» – М., 2008.; «Дети Парцельса» – М., 2011.; «Спираль жанра: От «народной науки» до развлекательного бизнеса. История и перспективы популяризации науки в России». – М., 2014; «Библиохроника. Здесь, под небом своим. Выпуск четвертый. Непредсказуемая память («Памятные книжки») 1828-1917». – М., 2015.

Лауреат премии Союза журналистов России за 2001 год. Лауреат Литературной премии имени Александра Беляева за 2013 год в номинации «За критику в области научно-художественной литературы».

НЕЗАВИСИМАЯ

Опубликовано в «Независимой газете»

Андрей Ваганов

Наука – это то, чего не может быть...

Сборник интервью ученых

Москва
2016



Андрей Ваганов

Наука – это то, чего не может быть...

Сборник интервью ученых



9 785867 121907 >

НЕЗАВИСИМАЯ
ГАЗЕТА

Опубликовано в «Независимой газете»

А.Г. Ваганов

Наука – это то, чего не может быть...

Рукопись утверждена к печати на заседании Ученого совета
Федерального государственного учреждения науки
Института истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова Российской академии наук

Рецензенты:

д.и.н. С.С. Илизаров

Институт истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова Российской академии наук

к.ф.-м.н. Б.В. Булюбаш

Нижегородский государственный технический универси-
тет им. Р.Е. Алексева

Москва – 2016

Сборник интервью ученых

СОДЕРЖАНИЕ

«ХОД – ВДОХ»

(Необходимые предварительные замечания)

Вступление. «О, ДУХ! О – ХУДО!»

Российская наука в третьем тысячелетии: выбор миссии (круглый стол)

Глава 1. «ВО, РУССКИЙ ИКС СУРОВ!»

«Я довольно мрачный товарищ» (В.Л. Гинзбург)

Создание атомной бомбы – процесс творческий (Б.В. Литвинов)

Перспективы научной рациональности в XXI веке (круглый стол)

Жорес, младший брат Маркса (Ж.И. Алферов)

Технологии в идеологической западне (Лорен Грэхэм, США)

Кому и зачем нужна сегодня история науки и техники (Ю.М. Батулин)

Глава 2. «МИР ЗРИМ?»

Было ли у Вселенной начало (А.А. Логунов)

Жизнь в окрестностях Большого Взрыва (В.А. Рубаков)

Кто играет на космических струнах (В.А. Рубаков)

Запасная планета для человечества (круглый стол)

Глава 3. «ОГОНЬ – ИДЕЯ ЕДИНОГО»

Биологический Большой Взрыв (В.И. Гольданский, В.А. Аветисов)

Биопоз был катастрофой (В.И. Гольданский, В.А. Аветисов)

Детектор лжи для инопланетян (В.А. Аветисов)

Как была заселена Вселенная (В.С. Летохов)

Саморазвивающаяся инструкция (Э.М. Галимов)

Технические формы жизни (Б.И. Кудрин)

Конструкторы молекулярных машин (В.А. Аветисов, С.К. Нечаев)

Глава 4. «ГОМО ПОМОГ»

«Не гни папин ген» (А.А. Баев)

Номо sapiens и его мозг (П.В. Симонов)

Болезнь с точки зрения микроба (Д.С. Саркисов)

Бесконечный текст из четырех букв (А.Д. Мирзабеков)

Тотальная иллюзия реального пространства (Н.А. Носов)

Кукла Барби как вершина полового отбора (М.Л. Бутовская)

Сексуальность в эпоху интернета и биотехнологий (И.С. Кон)

Кроме шуток: интеллектуальный юмор шизофреников (А.М. Иванова)

Великое переселение неандертальских народов (М.Б. Медникова)

Какой национальности ваш мозг? (Ю.И. Александров)

Глава 5. «МАТЕМАТИКА – ТАМ И ТАМ»

Математическое образование в XXI веке (Круглый стол)

От теории радуги до гидродинамики Вселенной (В.И. Арнольд)

Математический физик (Л.И. Фаддеев)

Именной указатель

Об авторе

«Ход – вдох»

(Необходимые предварительные замечания)

Почему и как написана эта книга. Эту книгу составляют интервью ученых, подготовленные за последние двадцать лет. Все эти тексты в разное время были опубликованы в «Независимой газете». Однако, готовя данную публикацию, все интервью были заново отредактированы, исправлены и дополнены. В итоге, получился существенно более полный вариант бесед с учеными по сравнению с теми, что выходили в СМИ. Фактически, это новые самостоятельные тексты, снабженные заново написанными авторскими предисловиями.

Здесь, забегаю немного вперед, необходимо сделать одно важное уточнение. Слова «...все интервью были заново отредактированы, исправлены и дополнены» нужно понимать в том, и только в том смысле, что в книге представлены полные варианты текстов, завизированные и авторизованные моими собеседниками. В газетных публикациях этих интервью, некоторые фрагменты текста были опущены сугубо по технологическим причинам – лимит газетной площади. Исправлены были и замеченные повторы и опечатки.

В последние четверть века сложилось специальное направление историко-научных исследований – «устная история науки». «Уникальная особенность устной истории – это предоставленная исследователям возможность создавать тематически заданные документы, заполняющие лакуны в традиционном корпусе источников... Документы устной истории науки

находят широкое применение в историко-научных исследованиях», – отмечает М.В. Мокрова¹.

Интервью, и особенно интервью ученого, – это тот случай, когда форма текста, – диалог или полилог, – влияет, а иногда и определяет, историографическую и источниковедческую ценность материала. Парадокс заключается в том, что транскрибированное с аудиовизуального носителя, «расшифрованное», как говорят журналисты, интервью, в строгом смысле слова уже нельзя считать устной историей. Эта проблема имеет, как сугубо прикладной аспект, так и нетривиальную научную составляющую. «Представление устной речи в графическом виде является сложной и нетривиальной научной задачей. Преобразование исходного, разворачивающегося во времени дискурса в графический текст, т.е. статический объект, – это аналитическая процедура, подразумевающая большое количество решений. Какие компоненты звука должны быть отражены в транскрипции, а какими можно пренебречь? Каков инвентарь единиц, которые необходимо отражать в транскрипции? Как перейти от континуальности звука к дискретной транскрипции?»².

По-видимому, один из вариантов разрешения этого парадокса – авторизация «расшифрованного» интервью. Подчеркну еще раз: все тексты, представленные в этой книге, прошли такую авторизацию.

Это, так сказать, техническая сторона дела. Но в истории с устной историей науки существует и еще одна, более фундаментальная, как мне кажется, проблема.

10 июня 1933 года в Оксфорде Альберт Эйнштейн начал свою Спенсеровскую лекцию такими словами: «Если вы хотите узнать у физиков-теоретиков что-нибудь о методах, которыми они пользуются, я советую вам твердо придерживаться следующего принципа: не слушайте, что они говорят, а лучше изучайте их работы»³.

¹ Мокрова Мария Владимировна. Устная история науки: от историографических традиций к комплексному источниковедению. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата исторических наук. Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, М., 2004. – с. 3, 17

² Рассказы о сновидениях: Корпусное исследование устного русского дискурса / Под ред. А.А. Кибрика и В.И. Подлесской. М.: Языки славянских культур, 2009. – с. 29

³ Альберт Эйнштейн. Собрание научных трудов. Том IV. Статьи, рецензии, письма. Эволюция физики. / Издательство «Наука», М.: 1967. – с. 181

Заявление такого авторитета немедленно опрокидывает, казалось бы, все доводы в пользу науковедческой и историко-научной ценности артефактов устной истории науки. Естественно, понимает это и Эйнштейн. И сам же разрешает это кажущееся противоречие: «Но по существу мое выступление можно было бы оправдать тем, что каждому интересно знать, что думает о своей науке человек, который всю жизнь отдавал свои силы выяснению и улучшению основ науки. Его точка зрения на прошлое и настоящее своей области, пожалуй, очень сильно зависит от того, с чем он связывает надежды на будущее и что ставит своей целью в настоящем, но это – неизбежный удел всякого, кто интенсивно углубился в мир идей. То же самое происходит и с историком, который точно таким же образом, хотя, может быть, и неосознанно, группирует действительные события вокруг идеальных представлений о человеческом обществе, которые он сам создал для себя»⁴.

Вот и с интервью ученых, представленными в этой книге, происходит нечто подобное. Достаточно было собрать их вместе, и они, как будто сами собой, организовались в соответствующие тематические главы. Внутри этих глав тексты расположены в хронологическом порядке. По-видимому, действительно, порой даже слепому случаю присуще эстетическое чувство – я, общаясь со своими собеседниками, иногда буквально физически ощущал, как неожиданно, и, вместе с тем, совершенно логически точно, выстраиваются связи и переключки гипотез и результатов исследований у совершенно, казалось бы, независимо работающих ученых. Возникал тот самый стереоскопический эффект, о котором фактически говорит Эйнштейн. Надеюсь, что и читатели почувствуют этот неповторимый эффект сложения «картины мира» из разрозненных, вроде бы, фрагментов.

Есть еще одно обстоятельство и методологического, и этического свойства, о котором невозможно не упомянуть, представляя читателю сборник интервью ученых. М.В. Мокрова пишет: «Одна из проблем, не имеющая однозначного решения, – определение авторства. Одни специалисты убеждены, что интервьюер, направляя ход беседы, не изменяет содержание пове-

⁴ Там же

ствования, а значит, информация, содержащаяся в интервью, определяется лицом, чей голос записан на пленку, и в малой степени (только в количественных, но не качественных параметрах) зависит от лица, осуществившего процесс записи. Другие уверены, что личность адресата-реципиента информации порой кардинально изменяет и направленность, и «содержание рождающегося Текста» и предлагают считать текст, изложенный респондентом, его интеллектуальной собственностью, а авторские права на запись признать принадлежащей интервьюеру»⁵.

Мой личный опыт интервьюирования ученых подсказывает, что каждый текст, рождавшийся в результате таких бесед, надо рассматривать конкретно. Обстоятельства, которые при этом необходимо учитывать довольно много: заинтересованность/незаинтересованность собеседника в беседе; предварительное согласование/несогласование темы и вопросов интервью; договоренность о необходимости визирования транскрибированного текста или отсутствие таковой; вопросы текущей научной/бюрократической конъюнктуры и приоритета; личная симпатия/антипатия собеседников... И это далеко не полный перечень. В любом случае, со стороны интервьюера, то есть с моей стороны, неизменным оставался принцип: не навреди. Именно это обстоятельство и делает полноправными авторами (соавторами) каждого конкретного интервью моего собеседника, чьи фамилии указаны в оглавлении. Но вот конструкция и логика книги в целом – это уже зона моей полной ответственности. Поэтому и все возможные критические замечания относительно этой конструкции, необходимо относить только на мой личный счет. Ведь известно, например, что даже прогноз погоды можно нагрузить тем или иным политическим контекстом.

Увы, за эти 20 лет, многие ученые, с которыми мне довелось делать интервью, к глубочайшему сожалению, покинули нас навсегда:

Абрамов Александр Михайлович, Арнольд Владимир Игоревич, Баев Александр Александрович, Гинзбург Виталий Лазаревич, Гольданский Виталий Иосифович, Капица Сергей Пет-

⁵ Мокрова, Указ. соч. – с. 21

рович, Кон Игорь Семенов, Копылов Геннадий Герценович, Летохов Владилен Степанович, Литвинов Борис Васильевич, Логунов Анатолий Алексеевич, Мирзабеков Андрей Дарьевич, Носов Николай Александрович, Саркисов Донат Семенович, Симонов Павел Васильевич, Шарыгин Игорь Федорович. Светлая им память.

Почему такое название книги. Научный способ освоения окружающей действительности переживает сегодня не самые простые времена. Варианты, из которых приходится выбирать, очевидны: или удастся вернуть науке роль лидера в мировоззренческих притязаниях, или она потеряет свой престиж и статус. Собранные в одной книге и предлагаемые вашему вниманию, интервью с учеными, даже помимо моей воли определили взгляд такого внешнего наблюдателя, для которого оказалась важна именно мировоззренческая ценность науки. «Уязвимость «сдержанной» концепции науки в том, что она лишает науку главной, на посторонний взгляд, ценности: способности заменять религию», – отмечает в этой связи культуролог Александр Генис⁶.

«Наука – это то, чего не может быть...». Этот замечательный апокриф академика Петра Леонидовича Капицы, как мне кажется, очень глубоко и точно определяет мировоззренческие смыслы науки. Но у этой фразы, взятой в название книги, есть и продолжение: «...То, что есть – это научно-технический прогресс».

Ситуация выбора сегодня вполне четко описывается в духе Станислава Лема: «Допустим, что какая-то лотерея выпускает миллион билетов, тысяча из которых – выигрышные. Если все билеты будут распроданы, общество, которое их приобрело, наверняка получит все выигрыши. Если, однако, это общество выкупит только половину билетов, может оказаться, что выигрыш не падет ни на один из них. Подобной «лотереей» сегодня является наука»⁷.

Возникает законный вопрос: а если общество вообще откажется покупать лотерейные билеты? Что ж, тогда придется от-

⁶ Генис А. Вавилонская башня: Искусство настоящего времени / Эссе. – М.: «Независимая газета», 1997. – с. 163

⁷ Лем, Станислав. Сумма технологии: Собр. соч. Т. 13. – М.: Текст, 1996. – с. 88

ключить газ, электричество и воду. И это уже не метафора. Это – технология.

Почему такие название глав книги. Объяснение здесь простое. Моя идея заключается в том, чтобы использовать аргумент обвинения в адрес науки (современным ученым не остается ничего другого, как «заниматься наукой спекулятивного, постэмпирического типа, которую я называю иронической», – считает, например, обозреватель американского научно-популярного журнала «Scientific American» Джон Хорган⁸) в качестве аргумента защиты. Коль скоро, рациональность науки претерпевает сегодня сдвиги качественного порядка, то и искать «критерий демаркации» ее, науки, от наукоподобных практик, надо в других знаковых пространствах. В данном случае, я предлагаю поискать межевые знаки между наукой и лженаукой в семиотическом пространстве рефлексии.

Ведь, что такое лженаука? Другое ее название – мифологическое мышление. Но «миф... ни в коем не есть какая-нибудь рефлексия. Он всегда некая явленность, непосредственная и наивная действительность, видимая и осязаемая изваянность жизни», – отмечает Алексей Лосев в «Диалектике мифа».

Наука же насковзь рефлексивна. И в последнее время заметную роль в этой рефлексии играют ирония и самоирония. Характерный индикатор этого процесса – регулярное появление сборников типа: «Физики продолжают шутить» в то время, как «Психологи тоже шутят», а «Химики еще шутят», и уж совсем макабрическое – «Рассказы атомщиков. И в шутку и всерьез»...

Вспомним в связи с этим слова выдающегося генетика Николая Тимофеева-Ресовского: «К науке нельзя относиться со звериной серьезностью». Но с другой стороны, смеховую рефлексию можно рассматривать как признак определенного рефлексивного кризиса науки, когда методологических процедур уже недостаточно для адекватного представления логики развития научного знания.

Заметим, что и научно-популярный жанр – это ведь, тоже, в некотором смысле, ироничная литература. Открываю, почти

⁸ Хорган, Джон. Конец науки: Взгляд на ограниченность знания на закате Века Науки / Пер. с англ. – СПб.: Амфора, 2001. – с. 15

наугад, первую попавшуюся книгу в этом жанре – «Имя ему СПИД: Четвертый всадник Апокалипсиса» (М.: 2004). Автор – заместитель директора Института молекулярной генетики РАН, профессор, доктор биологических наук, человек с грозной фамилией Тарантул Вячеслав Залманович. Читаю: «Пожалуй самую уничижительную оценку человеку дал один американец, который подсчитал, что в организме человека, весящего 70 кг, содержится 45,5 кг кислорода, 12,6 кг углерода, 7 кг водорода, 2,1 кг азота, 1,4 кг кальция, 700 г фосфора, а всех остальных элементов вместе взятых (в основном калия, серы, натрия, хлора, магния, железа и цинка), – около 700 г. И все это «богатство» стоит всего 1 доллар 98 центов».

Ничего подобного, – ироничного, – как бы в научно-популярном жанре, создателями «теории торсионных полей» до сих пор не придумано, не написано, не высказано. Вернее, всю их интеллектуальную продукцию можно интерпретировать как один сплошной ироничный метатекст. Тогда – перед нами лженаука.

Но самое страшное начнется, когда лженаука «научиться» смеяться. Впрочем, если она не научилась это делать за два последних тысячелетия (как минимум), есть шанс, что предлагаемый «критерий демаркации» носит характер фундаментальной постоянной...

Итак, чтобы уйти от «звериной серьезности», то есть следовать «критерию демаркации», я и выбрал в качестве названий глав (и некоторых параграфов) строчки палиндромов. К тому же, даже чисто фонетически, этот лингвистический термин – палиндром, «слово, фраза или стих, имеющий одинаковый смысл при чтении слева направо и справа налево» – это почти полная аллитерация сугубо физико-математического понятия – полином.

Остается только указать источники, из которых взяты эти полиномы (то есть, палиндромы!): «Антология русского палиндрома XX века» / Сост. В.Н. Рыбинский. – М.: Гелиос АРВ, 2000. – 192 с.; Михаил Медведев, «Атака заката. Музыка палиндрома. Стихи» / СПб., «Красный Матрос», 2001. – 84 с.; «Антология русского палиндрома, комбинаторной и рукописной поэзии» / Сост. Г.Г. Лукомников, С.Н. Федин. – М.: Гелиос АРВ, 2002. – 272 с. и мои собственные.

Фотопортреты моих собеседников-соавторов или представлены самими учеными, или, в большинстве случаев, сделаны именно в момент разговора. И в этом смысле, они приобретают и некоторый исторический интерес. Авторы фото: Фред Гринберг, Дмитрий Донской, Артём Житенёв, Евгений Зуев, Наталья Преображенская.

Я хотел бы выразить признательность члену-корреспонденту РАН Юрию Михайловичу Багурину за тот импульс, благодаря которому и появилась эта книга. Очень ценные в методологическом плане замечания и вдохновляющие обсуждения содержания книги происходили у меня с доктором исторических наук Симоном Семеновичем Илизаровым. Вообще, незамеченным оказалось общение со многими сотрудниками Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Всем им – огромное спасибо. Так же, как и главному редактору «Независимой газеты» Константину Вадимовичу Ремчукову и коллективу «НГ», всегда поддерживавших меня.

*А.Г. Ваганов
февраль 2016 г., Москва*

Вступление.

О, дух! О – худо...

Российская наука в следующем тысячелетии: выбор миссии (круглый стол)

Поговорить о науке – почти всегда есть повод; о науке в России – тем более всегда; о науке в современной России – безусловно всегда. Пожалуй, можно говорить, что научное знание в нашей стране находится в поисках равновесия между внутренней логикой собственного развития и социальным заказом.

Летом 1999 года торжественно отмечалось 275-летие Российской академии наук. Прошел год с момента утверждения правительством РФ «Концепции реформирования российской науки на период до 2002 года». В стране предстоят парламентские и президентские выборы. Наконец, чисто психологический фактор: смена столетий и тысячелетий, желание осмыслить именно в этот момент произошедшее с российской наукой и происходящее с ней сейчас.

Обо всем этом размышляют участники круглого стола, проведенного редакцией «Независимой газеты»:

Сергей Петрович Капица – профессор, заведующий кафедрой физики Московского физико-технического института;

Сергей Викторович Егерев – доктор физико-математических наук, профессор Московского педагогического государственного университета, эксперт в области научно-технической политики;

Виталий Лазаревич Гинзбург – академик, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, главный редактор журнала «Успехи физических наук»;

Андрей Георгиевич Фонов – доктор экономических наук, генеральный директор Российского фонда технологического развития;

Евгений Васильевич Семенов – доктор философских наук, профессор, генеральный директор Российского гуманитарного научного фонда;

Андрей Геннадьевич Ваганов – ответственный редактор приложения «НГ-наука» «Независимой газеты».

Андрей Ваганов: Тема, заявленная для заседания нашего круглого стола – «Российская наука в следующем тысячелетии» – неисчерпаема по определению. Впрочем, как сформулировал предельный случай известный экономист Джон Кейнс: «Если говорить о долгосрочной перспективе, то все мы когда-нибудь умрем». Но, если говорить серьезно, то тема перспектив отечественной науки, на мой взгляд, даже не столько неисчерпаема, сколько плохо предсказуема, как и сама российская наука.

Сергей Капица: Кстати, жена Кейнса прожила 103 года! Она была русской балериной.

Андрей Ваганов: Символично, ничего не скажешь! К тому же настраивает на оптимистический лад. И все-таки, более рационально, возможно, было бы, если мы сегодня попытаемся, хотя бы в первом приближении, сформулировать те подходы, которые позволят уменьшить степень этой неопределенности.

При этом, принципиально важно, по-моему, попытаться ответить на три группы вопросов:



1. Каково реальное положение науки в Российской Федерации? Сохранился ли еще этот социальный институт?

2. Каковы должны быть принципы формирования научно-технической политики в Российской Федерации, адекватно отвечающие вызовам современного общества?

3. Как в условиях России совместить «приятное с полезным» – науку с технологиями?

Конечно, эти вопросы, они как матрешка – включают в себя много других вопросов.

Я бы не хотел, чтобы эта встреча превратилась в «вечер вопросов и ответов», и тем не менее, для затравки, вот такой вопрос: как вам, всем здесь присутствующим, кажется: не потеряны ли последние год-два для российской науки? Ведь действительно, – четыре смены правительства. Не имелось даже возможности как-то оценить работу каждого кабинета, адаптироваться к ним...

Сергей Капица: Ситуацию очень хорошо сформулировала моя жена, которая сказала, что, глядя на нынешнее правительство, мне никого не жаль. Вот эта отчужденность, которая существует, собственно и позволяет считать, что в правительстве все происходит на каком-то своем уровне, а вся реальная жизнь происходит на другом уровне. И эти уровни очень мало пересекаются, существуя как бы независимо. Это очень печально.

Сергей Егоров: И все-таки, наука – это особая отрасль: она может развиваться независимо от руководящих указаний. В отличие, скажем, от железнодорожного ведомства – там трудно представить, чтобы управленческий аппарат существовал отдельно от проблем перевозок, обслуживания пассажиров... В наши дни различные ведомства, отвечающие за положение дел в науке, слабо связаны с реальными процессами научного поиска, однако российская наука 90-х гг. каким-то образом выживает, есть яркие результаты.



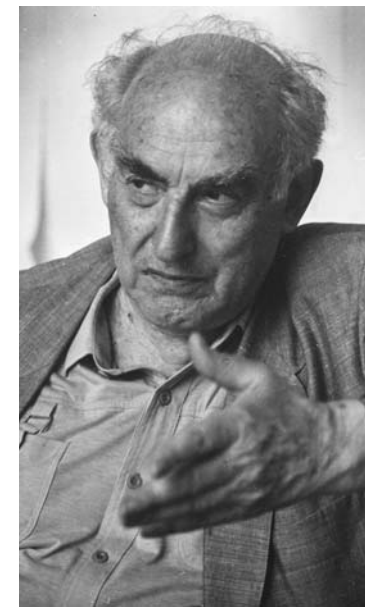
Андрей Ваганов: В этой связи вспоминаются, например, слова Владимира Ивановича Вернадского, сказанные им в 1917 году: «Наука... свободна и никаких рамок не терпит... организация научной работы должна быть предоставлена свободному научному творчеству русских ученых, которое не может и не должно регулироваться государством. Бюрократическим рамкам оно не поддается. Задачей является не государственная организация науки, а государственная помощь научному творчеству нации». Это – к вопросу о формировании научной политики в России.

На мой взгляд, совершенно очевидно, что сейчас у тех, кто руководит государством просто совершенно другие цели. Какие-то свои. Я не могу о них судить. И отсюда проистекает все, небрежение к науке, неприятие ее. Хотя все премьер-министры посещали, например, Академию наук, встречались с ее руководством, выступали и делали заявления в поддержку науки. На ваш взгляд – это что, какое-то коренное, органическое недопонимание роли и места науки?

Виталий Гинзбург: Я, правда, очень далек от, так сказать, правящих кругов, но я не вижу никакого неприятия. Юрий Осипов, президент РАН, все время сидит в президентуре Правительства. Ну, не враг же он науки! Во всяком случае, он добывает деньги для науки. Я никакой враждебности по отношению к науке со стороны правительства не вижу.

Важнее сегодня говорить о другом очень тревожном явлении, о процветании лженауки.

Ослабленность нашей науки привела к колоссальному расцвету всякой лженауки! Это черт знает что! Есть масса материалов и примеров тому.



Ну, просто волосы встают дыбом! В Академии наук создана сейчас Комиссия по борьбе с лженаукой. Принято даже обращение ко всем научным работникам страны с призывом всеми силами бороться с лженаукой.

Думаю, что все мы согласимся с тем, что отмена цензуры и свобода печати – может быть, самые крупные достижения постсоветской эпохи. Но здесь есть и оборотная сторона. Сейчас же можно «воспевать» все что угодно – порнографию, фашизм, большевизм – свобода печати!

И в применении к науке отмена цензуры тоже обернулась всем чем угодно. Я меньше всего собираюсь защищать советские времена. Представлять старый строй как идеальный для расцвета науки не приходится – достаточно вспомнить о лысенковщине. Но астрология была запрещена, нельзя было в газетах давать астрологические прогнозы. А сейчас – совершенно разлитое море всей этой ахинеи! Причем их не удержишь. Круговая порука!

Мы с академиком Евгением Александровым написали статью «О лженауке и ее пропагандистах» с критикой, в частности, «Российской газеты» за некоторые ее публикации. Не опубликовали. И мы пытались опубликовать ее в целом ряде других изданий – не хотят публиковать! Пришлось поместить статью в малотиражном «Вестнике РАН» (№3, 1999 г.). Комиссия Академии наук отправила специальное письмо тогдашнему премьеру Евгению Примакову, ведь «Российская газета» – государственная, одна из немногих государственных газет, и она активнейшим образом выступает с пропагандой лженауки. Совершенно наглой, гнусной! Вместе с тем, это еще, так сказать полуневиная вещь, я в основном имел в виду физику. Но что делается в медицине?! Это же прямая угроза здоровью людей. Все это знахарство, все эти Чумаки, весь этот ужас!

Андрей Ваганов: И все-таки, эти проблемы со лженаукой, на мой взгляд, производные проблемы, не они определяют состояние науки.

Виталий Гинзбург: Я с вами абсолютно согласен. Просто я хочу подчеркнуть: тот факт, что ослабление науки, уменьшенное внимание к науке и ее возможностям, плюс вседозволенность – вот это и привело к колоссальному росту лженауки! И борьба с этой лженаукой тоже является очень актуальной про-

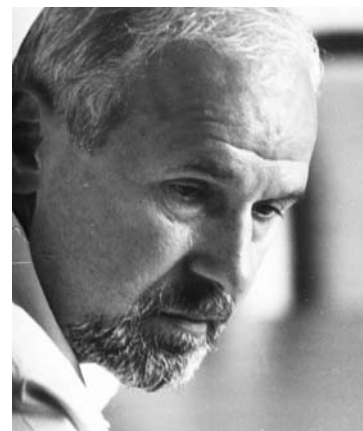
блемой. Важнее всего, конечно, двигать саму науку, но без активной борьбы с лженаукой тоже обойтись нельзя.

Андрей Фонов: Если мы будем отталкиваться от той модели науки, которая существовала в СССР, то все мы, безусловно, должны будем признать: в Советском Союзе наука была одним из факторов власти. И элита, истэблишмент, – называть это можно по-разному, – это осознавала и активно этот инструмент использовала в борьбе за выживание, если хотите.

Наша новая элита, наш новый истэблишмент, пока довольствуется более примитивными ресурсами для того, чтобы обеспечивать свое выживание. Я не говорю – «власть денег», криминальные связи, «кланы», существуют и более резкие определения – «мафия» и т.д. Но всего этого оказывается достаточно. И в этом смысле, наука, конечно, не является решающим инструментом. До использования науки как инструмента выживания мы еще просто не доросли в нашей стране.

И самое главное, по-моему, это случилось потому, что та научная система, которая складывалась в СССР, четко была ориентирована на определенные цели – на цели производства, на цели обороны. И эти цели сформировали довольно мощный, хотя и не совсем системный, но научно-технический потенциал. Он, конечно, был с «флюсом» в сторону оборонных отраслей, гуманитарные отрасли были представлены довольно слабо...

Евгений Семенов: И с «флюсом» в сторону идеологии.



Андрей Фонов: Но когда произошел распад СССР, заказчик – комплексный, системный – он исчез. Заказчик исчез, а система организации научно-технического потенциала осталась. И сейчас происходит трудный, мучительный процесс адаптации этого научно-технического потенциала даже не к реалиям, а к каким-то будущим условиям его функционирования.

Почему? Потому что у нас промышленность сегодня

практически разрушена, у нас те отрасли, которые выступали наиболее активными и динамичными заказчиками и тем самым давали импульс развитию научно-технического потенциала, они сегодня пока в полный голос не заговорили.

И, по-моему, задача состоит в том, чтобы спрогнозировать то, что мы будем иметь, те направления, которые будут определять научно-технический потенциал, и тем самым реконструировать систему сегодняшней организации научно-технического потенциала под эти будущие задачи. Наука потеряла компас своего развития. Нет социального заказа. А раз нет социального заказа – вот мы и получаем то, что я называю «вторсырье научно-технической революции», то есть все эти мифы, астрологию, то о чем мы только что говорили.

Виталий Гинзбург: Вы, кстати, исходите из того, что нужен социальный заказ. А я считаю, что фундаментальной науке никакой социальный заказ не нужен!

Сергей Капица: С этим трудно согласиться. Социальный заказ для фундаментальной науки – это образование, вклад в культуру страны и общества. А Виталий Лазаревич имеет в виду внутреннюю потребность человека в познании мира, как извечный мотив исследования в отличие от внешних обстоятельств бытия ученого, которое выражено в виде социального заказа и востребованности знаний.

Виталий Гинзбург: Тогда давайте условимся, что такое социальный заказ! Вы имеете в виду технологическую востребованность или что?

Андрей Фоотов: Сейчас не модно цитировать Маркса, но у него есть такая замечательная фраза, что объективная потребность делает больше, чем десяток университетов.

Андрей Ваганов: Примеры лежат на поверхности. Вот, пожалуйста, что касается СССР: коллективизация, индустриализация, восстановление народного хозяйства, атомный проект, космическая программа – это то, что мы называем социальный заказ. Как угодно можно было бы это назвать, но на достижение этих целей работала и промышленность, и наука, и все остальное! То же самое, по-моему, было и в США: Манхэттенский атомный проект, лунная программа, Стратегическая оборонная инициатива – знаменитая СОИ, столько крови попортившая СССР.

Но я не уверен вот в чем, Андрей Георгиевич. Ну, допустим, государство сформулирует наконец-то этот социальный заказ. Я не знаю, что это будет. Вполне возможно – призыв к защите от астероидной опасности. Почему нет?! Но в данный момент я не могу уже быть уверенным, что российская наука сама, в нынешнем ее состоянии, готова взяться за выполнение этого, или совершенно другого, социального заказа. Не произошли ли в ней необратимые потери и изменения? Вот, на мой взгляд, в чем проблема сейчас.

Сергей Капица: Недавно в докладе в Московском государственном университете, мною было рассмотрена одна из сторон проблемы социального заказа науке, имея ввиду междисциплинарные исследования. Именно большинство перечисленных вами задач подходят под эту категорию, которая сейчас приобретает очень большое значение. По существу, по ним во многих случаях общество и судит о результатах науки.

Потому что все конкретные исследования, которые ведутся в рамках специальных исследований, они происходят внутри самой науки и из нее, как правило, и, особенно в прикладных работах, не выходят наружу, пока не превращаются в нечто уже вполне осязаемое в результате вклада в большую междисциплинарную проблему.

Один из первых социальных заказов – это идея электрификации всей страны. Это хрестоматийный пример объединения большой политической задачи и крупной научно-технической проблемы в масштабах страны, которое имело историческое значение. План ГОЭЛРО до сих пор рассматривается как классический пример именно такого рода.

Сейчас такие проблемы должны были бы появляться и в нашей стране. Они могли бы уже давать какую-то основу для всей нашей науки, кстати, объединяя ее, и приводить к решению задач энергетики и здравоохранения, связи и транспорта. Роль государства состоит в постановке таких проблем и создании условий для их решения в рамках не директивной, а рыночной экономики.

У нас сейчас из-за исчезновения прежней системы все занимают только своим делом и думают только об обеспечении своего какого-то участка, своего выживания. Практически, в стране произошел распад научной структуры. Сейчас исследо-

вательские центры промышленности и академические институты с трудом сохраняют свою целостность. Раньше они были объединены организационно, проблемно, личностно, а сейчас каждый сотрудник того или иного института имеет свой грант и его все меньше интересует, в какой системе он работает. Это привело, по-моему, к серьезному распаду в западной науке, и мы теперь тоже идем по этому пути. Противостоять этому может только постановка крупных общественно значимых проблем, где есть место и фундаментальным исследованиям. Вспомните, как развивалась Советская атомная проблема, авиация.

С другой стороны отдельное, грантовое финансирование с требованием конкретного результата с коротким временным горизонтом, означает, например, отсутствие возможности для написания таких книг, как, скажем, «Курс теоретической физики» Ландау и Лившица. Авторы уже нет, а книги их остались, объединяющие знания внутри одной дисциплины, на которых воспитывались поколения теоретиков во всем мире. Сейчас появление таких книг, которые были делом всей жизни ученых, практически невозможно и современная организация науки появлению таких книг никак не способствует...

Виталий Гинзбург: Книга Ландау и Лившица переиздается. (Соавтор последних томов курса Л.П. Питаевский вносит необходимые изменения и я думаю, что «Курс...» еще долго будет очень полезен.)

Сергей Капица: Междисциплинарные проблемы и их связь с фундаментальными исследованиями можно иллюстрировать примером климатических изменений в Средней Азии. Когда пересохли Амударья и Сыр-Дарья, вследствие экстенсивного развития земледелия в этом регионе, Аральское море практически погибло. С другой стороны, все с ужасом следили за катастрофическим понижением уровня Каспийского моря. Перекрыли Кара-Богаз-Гол, был проект переброски северных рек и тем самым спасти Каспий. Для этого предполагалось произвести десятки промышленных ядерных взрывов, и даже один был для пробы сделан. Но сейчас выяснилось, что Каспийское море неведомым образом начало стремительно подниматься. Оно прошло уже свою отметку 30-летней или 40-летней давности. Если дело пойдет таким образом и дальше, то уже вполне реальной

станет угроза затопления части территории Калмыкии и дельты Волги. Из всех диссертаций, посвященных этой проблеме можно построить, наверное, дамбу, но достаточного понимания происходящего нет. Последняя наиболее интересная гипотеза – уровень Каспийского моря связан с тепловым и конвекционным режимом Тихого океана – феноменом Эль-Ниньо! Иными словами, мы, возможно, имеем дело с циклом изменения общей циркуляции океана и земной атмосферы. Вот фундаментальная задача, имеющая колоссальное практическое значение.

С ней связана дискуссия вокруг изменений климата из-за антропогенного увеличения концентрации парниковых газов. Сжигаем уголь – повышается средняя годовая температура на планете, так как увеличивается содержание углекислого газа (диоксида углерода). Но температурный фон, по-видимому, определяется далеко не только этим. Сейчас у климатологов началась, по-моему, реакция против всей этой алармистской, я бы сказал, пропаганды, которая вокруг этого вопроса ведется. Выясняется, что, может быть, повышение температуры на полградуса за столетие – это результат также и послеледникового потепления, из которого мы еще не вышли. Ключевым вкладом в эту проблему явилось детальное изучение климата Земли за последние 400 тысяч лет, основанное на анализе керна льда из скважины, пробуренной на российской антарктической станции «Восток». Эти комплексные междисциплинарные фундаментальные исследования были начаты 25 лет тому назад, а теперь от их результатов зависят важнейшие межгосударственные решения по развитию энергетики всего мира. Напомню, что энергетический сектор занимает одну четверть всех затрат человечества.

Проблема имеет и колоссальное политическое значение. Ведь сейчас заключены международные соглашения, квотирующие выброс парниковых газов для каждой страны, для каждого региона. Это десятки миллиардов долларов, которые должны перекачиваться из одной экономики в другую.

Андрей Ваганов: Способна ли эти задачи сейчас, в данном ее состоянии, решать российская наука?

Сергей Капица: Она должна участвовать в их решении. И в главной итоговой публикации, появившейся недавно, участву-

ют русские ученые во главе с академиком Владимиром Котляковым. Для России существенно, мне кажется, принимать самое активное участие и, более того, иметь независимое суждение в таких проблемах. Не говоря о том, что наши многие региональные проблемы (такие как Каспий) уже являются и глобальными и межнациональными.

Евгений Семенов: Я бы избегал термина «социальный заказ» применительно к науке. Все-таки, это более тонкие и сложные системы. Семантика слов типа «заказ» невольно ассоциируется с рестораном или с чем-то подобным.



Кризис науки, который мы переживаем, он, конечно, тотальный. Он охватывает приборостроение, техническую оснащенность науки, воспроизводство научных коллективов в том числе научных школ и т.д. и т.д. Он во всем проявляется. Но мне кажется, что начало его – это кризис значимых социо-культурных функций. Когда говорят о «заказе», видимо, об этом речь и идет. Наука утрачивает в нашем обществе, как мне кажется, значимые социо-культурные функции.

Применительно к социо-гуманитарным наукам это выражается в том, что наука не участвует в формировании исторического сознания нации, политической и правовой культуры граждан, в обосновании экономической, социальной, национальной политики государства и т.д. То состояние, в котором находилось общество при советской власти, я бы назвал «наукотворческим обскурантизмом». А сейчас – какой-то «науконенавистнический обскурантизм». (Хотя и в СССР, может быть, потребность в науке была вербально выраженной, но не очень глубокой.) Одним словом, состояние науки в современной России это – кризис. Для социо-гуманитарных наук – это точно так.

Кризис, кстати, затронул разные отрасли науки неодинаково. Наверное, кризис в физике самый глубокий и самый, если можно так сказать, проблематичный в смысле выхода из него. И не только в физике, но и в тех отраслях знания, которые сильно были связаны с ВПК.

Андрей Ваганов: 75% вложений в сферу НИОКР в СССР так или иначе приходилось на науку, работающую на военно-промышленный комплекс...

Евгений Семенов: Мне кажется, химия переживает уже немножко иначе этот кризис, потому что наша страна явно специализируется на «грязных» производствах, на хранении отходов и т.д. Без химии тут делать нечего! И у химии при такой ориентации страны, как раз, может быть, даже есть какие-то свои шансы и перспективы.

В социо-гуманитарных науках тоже есть большая специфика в этом кризисе. Он, кризис, мне кажется, не коснулся качества производства знания и объемов производства знания. Великолепная идет научная продукция в социо-гуманитарных отраслях именно сейчас. Поразительные готовятся и издаются книги! Замечательные журналы! Но тиражи, тиражи униженно маленькие: 1-2 тысячи, не больше...

Поэтому я и говорю, что культурное влияние науки очень незначительное. Для общества, практически, это остается незамеченным. Это жизнь внутри самого научного сообщества. Она сохраняется. Даже какой-то высокий уровень активности сохраняет. Вот, Институт философии никогда так много не издавал книг, как сейчас! Институт истории естествознания и техники никогда так много не издавал – в разы больше, чем в СССР!

Мы издали классику российской философии XX века советского периода. Оказалось, примерно, 25 имен. Это работы, которые действительно нужно издавать – Лосев, Мамардашвили, Юдин, Блауберг, Бахтин, Трубников, Ильенков, Батищев. Это очень ограниченное число.

Сергей Капица: Правильно. Мне казалось, что не может быть более одного-двух философов на поколение.

Андрей Ваганов: А знаете в чем дело? – может быть не только в России, а вообще в мире сегодня меняется структура научного знания, структура его воспроизводства. Этого разрыва, как мы говорим, между чистой фундаментальной наукой и технологией, уже и нет. Сейчас фундаментальное знание может рождаться в технологических процессах. Вы, Сергей Викторович, я знаю, профессионально занимаетесь этой проблемой.

Сергей Егоров: Говоря о принципах научно-технической политики, следует иметь в виду, что научное сообщество исто-

сковалось по ясным, конкретным задачам. Это не означает, что ученый уже сам ничего придумать не может, но стимул какой-то, назовем это социальным заказом, конечно, должен быть. Работа над важными для общества проблемами должна поддерживаться реальным, а не символическим финансированием.

Скажем, в XVII веке, когда еще понятия такого – научная политика – не было, стояла очень ясная задача: надо было научиться с большой точностью определять долготу, на которой находится судно в океане. Для мореплавания это очень важно. Широту к тому времени уже умели определять, долготу – нет. Руководители Испании, Франции, Нидерландов наперегонки стремились заполучить метод. Были выделены большие призовые суммы, был организован, как сейчас бы выразились, «международный тендер». Научное сообщество приняло вызов, и задача была решена.

Теперь посмотрим на ситуацию с точки зрения сегодняшнего научного работника. Что он может взять в качестве ориентира? Хорошие, на мой взгляд, документы – «Закон о науке и государственной научно-технической политике» и «Доктрина развития российской науки». Но они дают лишь самые общие направления и полезны скорее для организаторов науки...

Виталий Гинзбург: Доктрина есть, проектируемой науки нет...

Сергей Егоров: Кстати, недоброжелатели не без оснований утверждают, что второй документ нелегитимен. «Доктрина» вышла отдельно от Указа Президента России, одобряющего некий документ под тем же названием.

Ну, за что еще может «уцепиться» практический работник? Может быть, за приоритетные направления науки и критические технологии, которые были утверждены бывшей Комиссией по научно-технической политике в 1996 году? Однако этот список тоже подвергается критике, причем, на двух уровнях. На уровне лиц, принимающих решения в научной сфере, выяснилось, что это, в лучшем случае, какой-то рекомендательный материал. Ведь по законодательству, выбор приоритетов научно-технической политики – это область ведения государственных органов. Комиссия же таким органом не являлась.

На другом уровне – собственно в среде ученых – тоже недовольны. В списке очень расплывчато сформулированы многие

важные позиции, их можно трактовать по-разному. Список лишь условно соответствует другому документу – перечню приоритетных направлений фундаментальных исследований Российской академии наук. Взятые вместе, они слабо пересекаются с номенклатурой ведущих научных школ России. Если принять все эти материалы всерьез, то получится, что наши фундаментальные результаты не очень-то востребованы в прикладных технологических задачах. При создании новой техники приходится начинать разработки с фундаментальных основ, то есть «нуля», а ведущие школы России не всегда заняты важнейшими для страны проблемами.

Мне представляется, что Министерство науки и технологий сейчас пытается конкретизировать задачу и сформулировать то, что можно было бы назвать реальным социальным заказом. Из общего списка были отобраны 15 технологий, в развитии которых, по оценкам экспертов, у России есть будущее. Далее круг еще более сузился: появилось новое понятие – «прорывные технологии». Это – технологии, относящиеся к строительству, нефтедобыче и технологии, относящиеся к медицине и биологии. Строительные технологии, несомненно, угаданы правильно. Когда США выбирались из депрессии 1930-х годов, первыми пошли в рост строительные отрасли и они создали платежеспособный спрос на нововведения. И у нас, можно ожидать, что «стартовая» государственная опека разработок будет перехвачена частными строительными компаниями. По части медицины, – тут можно спорить, – как-то не предвидится платежеспособного спроса. Скорее уже пищевая промышленность потянет. Там лучше дело обстоит с финансированием.

Можно спорить с этим выбором, а можно и согласиться. Надо же с чего-то начинать. Для нас важен факт: сегодня мы наблюдаем начало взаимного сближения позиций руководителей науки и научного сообщества по вопросу о том, на каких направлениях можно с пользой для общества приложить наш недюжинный интеллект.

Виталий Гинзбург: Мы тут говорим о социальном заказе. Я не отрицаю, что у страны и вообще у человечества есть некие проблемы, связанные с климатом, с технологией и так далее. Но есть фундаментальная наука, в которой никакого социального заказа нет и не нужно!

Вот вы упомянули здесь о ядерной физике. Однако из истории известно, что в 1930-е годы в СССР издевались над теми, кто занимался изучением атомного ядра. Были даже специальные правительственные постановления по этому поводу... Есть внутренний ритм науки!

В четвертом номере журнала «Успехи физических наук» за 1999 год опубликована моя статья, которая называется «Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными на пороге XXI века». Ни о каких «применениях» я даже и думать не думал. Просто перечислил 30 научных проблем...

Я ни минуты не отрицаю необходимость для нашей страны и для любой другой страны иметь конкретные и важные проблемы, на решение которых нужно в первую очередь тратить деньги и научный потенциал. Я только хочу сказать, что помимо этого есть наука, которую, может быть, и не очень логично делить на фундаментальную или прикладную. Не будем касаться семантики. В науке, конкретно в физике, есть определенная совокупность вопросов, которые определяются логикой развития самой этой физики. И совершенно ей наплевать с высокой колокольни: нужно это кому-нибудь, или не нужно! Это все равно делается и будет делаться! И у нас делается! И это – совершенно внутренняя логика развития науки как таковой. И забывать об этом невозможно! Как обстоит у нас дело с этим – это другой вопрос.

Сергей Капица: Мне очень обидно, когда Вы говорите «наплевать на это дело». Мне кажется, совсем не наплевать! Все дело в мотивации – фундаментальные исследования мотивированы жаждой познания, а прикладные – пользой, даже, если это и атомная бомба. И Ваши собственные работы служат тому прекрасным примером, когда одна высказанная Вами идея привела к созданию целой отрасли промышленности.

Виталий Гинзбург: Когда я сказал «наплевать», я вовсе не имел в виду не заботиться о практических применениях достижений науки. Но у науки есть своя логика, и вот этой логике «наплевать» на то, что кому-то утилитарно нужно. Вот что я хотел сказать!

Андрей Ваганов: Я очень рад, что мы подошли в нашем разговоре к этой проблеме: как совместить приятное с полез-

ным – добывание фундаментальных знаний с утилитарными задачами? На мой взгляд – это ключевая позиция. Приведу одну цифру: по опросам общественного мнения, лишь 8% респондентов в России высказалось за поддержку фундаментальной науки из госбюджета. Вот к чему мы пришли, Виталий Лазаревич, и не потому ли, что ориентировались только на «внутренний ритм» фундаментальной науки?

Виталий Гинзбург: Ничего не пришли. Люди просто не понимают, что такое фундаментальная наука! В бедной стране, может быть, они так и считают, как вы говорите. Но происходит это оттого, что люди не понимают, что такое наука, каковы ее место и роль.

Я хотел отразить ясную мысль, что в науке есть внутренний ритм, внутренние законы и интересы. При полном уважении к практическим применениям, не нужно забывать об этой стороне науки. Но когда говорят о социальном заказе. Можно говорить лишь о применениях в промышленности, медицине и т.д.

Андрей Фонов: Это разные вещи. Вот смотрите. Человек, предположим, играет во дворе в футбол. Он играет в футбол в свое удовольствие. Но потом футбол становится отраслью коммерции, индустрией, чем угодно. И человек уже должен пройти определенную школу, он уже не может играть только в свое удовольствие. Он должен выйти на стадион, он должен забить гол. Он получает за это деньги!

Наука начиналась примерно также. Важные джентльмены или кто-то в качестве своего хобби занимались научными исследованиями. Метод дактилоскопии таким образом был введен в криминалистику. Многие величайшие вещи, – колесо, компас, – они были, как пишет Вернадский, изобретены людьми, о которых цивилизация, история вообще ничего не может сказать. Они были несистемными людьми!

Но сегодня мы живем совершенно в другое время, когда процесс нововведения стал индустриальным. То есть, вся наша цивилизация строится на том, что мы постоянно ищем, готовим, внедряем, подготавливаем нововведения. Без этого мы уже жить не можем. Мы погибнем, если завтра чего-нибудь не изобретем, не придумаем! Потому что для нас наука – это защита, если хотите, поскольку цивилизация наша искусственная, культура, как сказал Ницше, – это победа искусства над жизнью.

Мы – искусственная цивилизация. Если мы не будем заниматься наукой, причем в рациональном смысле, используя ее изобретения утилитарно, мы погибнем! Понимаете?!

Поэтому то, что вы говорите – это выглядит хорошо. Отдельный человек может в свое удовольствие заниматься наукой, но если он это делает вне системы, то это будет чистым дилетантством.

Виталий Гинзбург: А что значит – «вне системы»?

Андрей Фонов: Значит это то, что он должен быть встроены в систему подготовки и реализации нововведений. Вот вы говорите: «Нас не финансируют!» Как вы можете заниматься, если вас не финансируют?

Виталий Гинзбург: Мне не нужно финансирование! Я – физик-теоретик.

Сергей Капица: Фундаментальные экспериментальные исследования, будь то в климатологии или физике высоких энергий и элементарных частиц в равной мере необходимы, а они стоят немалых денег. Более того, весь комплекс таких исследований требует участие теоретиков самого высокого ранга и именно здесь так значим и весом Ваш вклад. Как сказал Толстой: «Писатель – тот, кто не может не писать». Ученый – тот, кто не может не заниматься наукой!

Сергей Егоров: Получается заколдованный круг. Ученые, а вслед за ними и руководители страны, не объясняют налогоплательщику, зачем нужна фундаментальная наука и наука вообще. А общество, не услышав ничего интересного, не делает социальный заказ науке, а обращается к астрологам и колдунам. Как результат, образуется Комиссия Академии наук для борьбы со лженаукой...

Евгений Семенов: У людей атрофируется потребность в объективном знании...

Виталий Гинзбург: Мы спорим о словах. В словах можно запутаться! Я хочу сказать, что есть фундаментальная наука, которая не должна думать, – да, вот именно, не должна! не обязана! – о практических применениях. Не думали все эти классики о применении квантовой механики и теории относительности. Это внутренняя логика науки! Но мы знаем на опыте, что эта внутренняя логика потом приводит в руках других людей к огромному количеству приложений. Никто же этого не отрицает!

Андрей Ваганов: Означают ли эти ваши слова то, что обязанность государства – просто выделить деньги в достаточном количестве и, грубо говоря, «отстать» от науки, а уж процессы внутренней ритмики, самоорганизации науки, приведут к великим результатам?

Виталий Гинзбург: Частично – да! Мы же знаем, например, как в Америке поступают: дают огромное количество грантов на совершенно абстрактные и, по-моему, часто даже дурацкие вещи. Есть деньги – дают. И правильно делают, предвидеть каковы будут результаты в таких случаях обычно нельзя. Нужно рисковать.

Андрей Фонов: Я хочу другой пример привести. Американцы после военной операции «Буря в пустыне» в 1990 году провели анализ тех технологий, которые, скажем так, привели к победе американской армии. И оказалось, что армия использовала, в основном, гражданские технологии. Чисто гражданские. Почти все технологии! Скажем, у них были системы связи, они закупали их просто у фирм, которые производят бытовую аппаратуру. А видеоманитофон был таким достижением – ни одна военная технология сравниться не могла.

И откуда взялись эти технологии?! Почему они так глубоко проникли, с точки зрения удовлетворения потребительских запросов? Потому что в них вкладывали деньги! И естественно, когда вы, Виталий Лазаревич, говорите, «я занимаюсь физикой в свое удовольствие», надо иметь в виду, что занимаетесь вы физикой постольку, поскольку за это готовы платить (на Западе, по крайней мере) потребители! И наука в этом смысле социализируется. То есть она должна устанавливать какие-то связи с обществом в широком смысле слова. Должны быть коммуникации между наукой и производством, между наукой и обществом. Эти коммуникации во многом связаны, конечно, и с ресурсами, в том числе и с финансовыми ресурсами, прежде всего. Поэтому, на самом деле, научная политика, наверное, у нас в следующем веке будет начинаться, прежде всего, с анализа потенциальных рынков.

Как живут США? Страна снимает сливки на новых рынках. Все время! Уже примерно 50 лет. Будь это автомобилестроение, будь это сегодняшние информационные технологии, но они эти рынки захватывают, снимают с них все сливки, ос-

тавляя другим уже объедки с барского стола. И благодаря этому они имеют высокую культуру. Можно, конечно, спорить о том, насколько там культура высока в ее высших проявлениях. Но в том, что в Америке высока средняя культура, бытовая, какая угодно – это факт. И вот в этом смысле я считаю, что наука, как часть глобальной инновационной системы, она все-таки является не предоставленной самой себе, а совершенно четко следует, если хотите, требованиям культуры, требованиям развития цивилизации. Это я и называю обобщенно, не претендуя на абсолютную чистоту этого термина, социальным заказом.



Андрей Ваганов: Таким образом, мы подошли к еще одному важному вопросу – вопросу выбора приоритетов. Я уже привел эту цифру: всего лишь 8% респондентов за то, чтобы государство тратилось на науку из своего кармана. Может быть, в этом случае сориентировать науку на какие-то проблемы, близкие к потребителю, к обывателю, если угодно? Это проблема выбора приоритетов. И, вообще, меня не покидает странное ощущение: я прекрасно понимаю, что великие достижения были и в советской, и до сих пор в российской науке; но почему это все не социализируется, не входит в плоть и кровь социума? Какой здесь органический порок системы?

Сергей Капица: Андрей, готовясь к этому заседанию, я хотел рассказать историю, в которой сам участвовал.

Академик Владимир Векслер еще в 1942 году предложил принцип автофазировки. На этом принципе работают все современные ускорители элементарных частиц. Много лет позднее я сам занимался ускорителями и мы разработали микротрон, который является наиболее простым и эффективным ускорителем электронов в диапазоне энергии до 40 миллионов электронвольт. В России и других странах было построено более сотни таких машин, которые нашли самые различные применения.

Дальновидные руководители, связанные с ВПК и судостроением, тогда занимались и производством радиационной аппаратуры (изотопные источники излучения для облучения людей при лечении онкологических заболеваний). Они начали производство наших ускорителей, и было сделано около десятка этих машин для медицины для ряда клиник Советского Союза.

Потом наступила вся эта катастрофа с перестройкой. Тем не менее, когда министром здравоохранения был академик РАМН Андрей Иванович Воробьев, он поддерживал данную программу, более того она была прекрасным примером конверсии оборонной промышленности. Но нам перебежали дорогу немцы, которые выделили кредит в один миллиард немецких марок для того, чтобы оснастить российскую медицину немецкими ускорителями от «Филипс». Были проведены, как потом выяснилось, по существу коррумпированные акции, с тем, чтобы повлиять на промежуточное звено чиновников, которые осуществляли решения в этой области. Это я все знаю со слов министра, который вскоре ушел с этого поста. Или его ушли.

Результатом этого было то, что открыли кредитную линию для поставки в Россию и так навязали эти немецкие ускорители. Это была большая акция по внедрению на наш рынок медицинский техники, которую лоббировал лично Гельмут Коль у Бориса Ельцина.

Сейчас выясняется, что для того, чтобы поддерживать в рабочем состоянии такой ускоритель, у которого энергия всего 5 МэВ и он мало чем отличается от изотопного источника энергии, нужно 130 тысяч марок в год. Представляете себе: какая российская клиника, институт может позволить себе такие расходы?! На один ускоритель! Дорогой такой подарок получился, а свой миллиард расчетливые немцы вернут с лихвой. Кончилось же тем, что у нас теперь нет ни немецких ускорителей, ни российских.

Андрей Ваганов: Это как раз к разговору об отсутствии научно-технической политики. Какой же тогда должна быть система?

Сергей Капица: Вот и спрашивается: почему получилось так? С одной стороны бессовестный напор немцев с такой гуманитарной акцией обеспечивающий рынок для своей корпорации, а с другой – коррумпированная система, которая все это дело провернула.

Это вполне типичный пример того, как крупное научное достижение и замечательные разработки нашей промышленности было загублено. Сейчас ко мне обратился директор НИИ «Онкологический институт РАМН» с предложением вернуться к этому вопросу. Но время потеряно, многие коллективы соста-

рились и распались. А где найти средства и политическую волю для решения этой проблемы, исчисляемую несколькими миллиардами рублей и здоровьем миллионов людей?

Андрей Фонов: То, что сказал Сергей Петрович, я просто прокомментирую: даже самая передовая наука, самая передовая научная мысль, может развиваться нормально только в нормальных институциональных условиях...

Евгений Семенов: Не в агрессивной среде, в которой она сейчас живет на самом деле.

Андрей Фонов: Действительно, нет никакого демократического контроля! Даже с точки зрения принятия научно-технических решений. Скажем, строительство атомных электростанций!

Министр науки ни разу не был членом Совета безопасности. В принципе, если мы живем в мире, в котором наука действительно является определяющей по многим направлениям, то люди, отвечающие за научную политику, должны иметь отношение к принятию, как говорил Михаил Сергеевич Горбачев, «судьбоносных» государственных решений. И должна быть некая система стратегических решений. В XXI веке, мне кажется, ученые на всех стадиях должны присутствовать, по крайней мере, как эксперты. Не как лица, принимающие решения, а как эксперты – обязательно!

Сергей Егоров: Ваш, Андрей Геннадьевич, вопрос о совмещении науки с технологиями актуален и важен для понимания глубины кризиса в научной отрасли. Специалисты по антикризисным мерам считают отправной точкой в спасении фирмы, отрасли, иного объекта управления, определение присущей этому объекту миссии – высокой стратегической цели. Уяснив миссию, начинают ставить конкретные задачи, формировать исполнительные структуры, составлять планы развития.

Если с позиции этой управленческой технологии спросить руководителей российской науки, какова миссия нашей научно-технической сферы? – то, вполне возможно, будет получен откровенный ответ. Ну, например: миссия нашей научной сферы – служить определенной вывеской, чтобы у нас и за рубежом знали, что Россия – это, по-прежнему, сверхдержава. Под эту миссию может быть выстроена определенная функциональная линия: подчеркнутая декларация внимания к науке со стороны

государства, продуманные парадные мероприятия, значительные усилия по пропаганде мало-мальски значимых научных достижений.

Возможна любая другая миссия, скажем, уникальные фундаментальные исследования, эксклюзивные эксперименты, поражающие воображение современников и потомков. Тут – своя линия: отобрать небольшое количество лучших из лучших ученых, инженеров, техников и создать им исключительные условия для творчества.

Конечно, очень серьезные структурные и кадровые решения будут необходимы, если выяснится, что миссия российской науки – насытить отрасли народного хозяйства высокими технологиями, реально обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие. В первую очередь потребуются оптимизировать цепочку передачи технологий из лабораторий в производство, призвать на помощь опытных патентоведов, юристов, маркетологов, дизайнеров, схемотехников. Этим специалистов сегодня в научной отрасли отчаянно не хватает – почему-то считается, что ученые в состоянии сами выполнить их работу.

При любом выборе миссии науки эти или иные соображения должны принять форму направлений научно-технической политики. Политика, опять же по законодательству, – прерогатива Президента. Именно эти направления он должен внятно вести своим указом. И этот документ должен, наконец, сориентировать научное сообщество.

Андрей Ваганов: В прошлом году Министерство науки и другие ведомства готовили для Бориса Ельцина специальный доклад по технологической политике. Кстати, доклад этот имеет гриф «ДСП» – «Для служебного пользования». Но основной вывод из этого доклада, все-таки, попал в СМИ. Президенту доложили, что, несмотря на все трудности, о которых мы здесь сегодня говорим, технологический и научно-технический потенциал России сохранен. Цифр я не знаю – доклад ДСП. На чем основывался такой вывод? Если судить по открытой печати, то степень восприимчивости к науке наших производств – 5%. А доля наукоемкой продукции в экспорте страны – 0,3%. Получается такая вот «опухоль» – огромная наука, и какой-то, совершенно анемичный, технологический отросток.

Виталий Гинзбург: Это с системой связано. Масса примеров: человек изобрел прекрасную вещь, сделал прекрасное предложение – никто не хочет это внедрять!

Андрей Ваганов: Проблема внедрения, если почитать решения и постановления ЦК КПСС, касающиеся науки, повторяется и дискутируется через раз.

Евгений Семенов: Мне кажется, что, все-таки, стратегически, это даже никакая не ошибка. Просто бедная и некультурная страна. Исходно. Если брать XX век, его начало. А в такой стране наука в принципе может жить только за счет сотрудничества с властью. Но не с обществом. Общество не понимает, действительно, зачем нужна фундаментальная наука? 8% респондентов, поддерживающих траты из федерального бюджета на науку – это еще может быть, много! Но общество, конечно, не поддерживает науку. И потребности в ней не имеет.

Наука сотрудничала с властью. Это был единственный общественный институт, который внятно давал понять, что ему наука нужна. Для обороны, для идеологии, для престижа – для чего-то нужна! В остальное, власть, поскольку к счастью была не настолько компетентна, действительно не вмешивалась, слава Богу, не пыталась руководить. Благодаря этому и физики могли что-то делать, и филологи кое-что сделали. Внутреннюю логику науки, она (власть) не то чтобы уважала – не очень интересовалась ею.

Но сейчас власть потеряла всякий интерес к науке. Она просто такая по природе своей (нужно тоже думать, почему она такая по своей природе). Но я думаю, что стратегически – это даже шанс для науки. Наука должна попробовать как-то зацепиться и за другие социальные институты. По крайней мере, для социо-гуманитарных наук, которые мне, понятно, ближе, шанс такой есть!

У общества существует, пусть плохо, неявно сформулированная, но потребность в специалистах гуманитарного профиля. Для чего нужны кафедры, профессора, учебники, энциклопедии, журналы! В западном обществе без адвоката, психолога, социолога, экономиста какое дело не начнешь. Теперь и в России так. И, в конечном счете, потребность какая-то в науке будет. Видимо, так должно быть и для всех других наук. Ориентироваться лучше, все-таки, не только на власть, но и на общество.

Андрей Ваганов: К печальному мы приходим выводу. Что, значит, в третьем тысячелетии российская наука обречена?

Виталий Гинзбург: Страна поднимется и наука поднимется! Вот другое дело, когда что поднимется. Конечно, если нынешнее состояние продлится очень долго и вымрет уж очень много людей, другие – уедут, тогда подниматься будет очень тяжело. Но пока эта точка не достигнута.

Андрей Ваганов: А вот академик Владимир Фортов, бывший Министр науки и бывший директор Российского фонда фундаментальных исследований, еще в 1993 году заявил, что «наука находится в коматозном состоянии». Этот тезис он повторяет с тех пор более или менее регулярно. Шесть лет коматозного состояния – не произошли ли необратимые изменения в структуре самой науки?

Мы сейчас достаточно подробно обсудили внешние по отношению к собственно науке факторы. Экономические, отношение властей, государства к науке. А вот структура российской науки, как таковой, не превращается ли она, извините за резкость, в некие консервы – этнографические, культурологические. Скажем, на мой взгляд, нынешнее руководство Академии наук проводит вполне осознанно такую политику – переждать эти смутные времена. Лечь на дно, затаиться, до тех пор, когда все эти социальные и экономические бури схлынут, вот тут-то мы и встанем во весь рост. Возможно это, кстати, и правильно! Но никто у нас не обсуждает конкретно с цифрами, на основе каких-то социологических моделей, эти варианты.

Ссылаются на российские традиции. Традиция – вещь обоюдоострая. Она может, как кто-то сказал, служить аккумулятором социальной инерции. Традиции нужно не сохранять, а развивать.

Итак: наука, как способ добывания знаний, не подверглась ли она в России каким-то необратимым органическим изменениям?

Виталий Гинзбург: Биологический возраст вырос сильно, вот что произошло... (Смех) А в остальном... Есть Интернет, есть журналы. Вот я веду еженедельный семинар, которым я руковожу уже 50 лет. Приходят человек 100! Значит, они интересуются наукой. Их же никто на семинар не гонит. Это добровольно. И семинаров, пусть и меньших, много я знаю, в очень

многих институтах. Кроме того, связь с границей очень хорошая. Другой дело, что масштаб исследований уменьшился. Вот старение, о котором я говорил. Ну, в той области, с которой я знаком, я главный недостаток вижу в возрасте. Стареют люди, а молодежь трудно привлечь, потому что опять же – жилье, опять же – деньги. И уезжают за границу. Вот, по-моему, ахиллесова пята, а не в каком-то органическом изменении человеческого материала.

Сергей Егоров: Проблема в том, что ситуация в науке усредняется с большим трудом. Примеры судеб российских ученых – самые разные. Есть пример исследователя, который сохранил отличную научную форму, подрабатывая извозом, он продолжает заниматься наукой в свое удовольствие. Есть другой пример – человек попытался придать своим фундаментальным исследованиям характер инженерных приложений и потерял старые навыки, не приобретя новых, то есть деградировал прямо на рабочем месте.

Андрей Фонов: С точки зрения производства новых, фундаментальных знаний, конечно, сегодня ощущение, что это производство знаний замедлилось. Хотя не исчезло, но замедлилось, потому что, все-таки, фундаментальная наука – это капиталоемкая отрасль, здесь нужны серьезные установки. И не даром у нас сейчас, по крайней мере, стратегия ориентируется на крупные международные проекты, например всемирная программа «Геном человека». Таких крупных национальных программ в России сейчас мало.

Что же касается вообще научно-технической активности, то она существует. Она проявляется в частичной переквалификации научных работников, причем, часто из академических институтов, в научных менеджеров. Они, создавая малые предприятия, пытаются то ноу-хау, которое у них есть, выгодно реализовать в новых рыночных условиях. И, может быть, на основе таких малых предприятий вырастут какие-то крупные наукоемкие фирмы. Но для этого нужны, конечно, соответствующие стимулирующие меры. И прежде всего, соответствующие экономические условия.

У нас нет в этом вопросе системности, нет государственного подхода. И Виктор Степанович Черномырдин, и Борис Николаевич Ельцин, и Сергей Вадимович Степашин, и все остальные

твердили и твердят, что наука – наше главное достояние! Но когда дело доходит до конкретной деятельности по созданию просто нормальных условий, которые бы, если не стимулировали, то хотя бы не вытесняли людей из научной сферы, – ничего не делается! Пример – принимаемый уже второй или третий год налоговый кодекс...

У нас, может быть, несовременная, но все-таки существует система внебюджетных фондов, на которой держится сегодня отраслевая наука, прикладная наука лучше сказать. Именно эта система способствует восстановлению связей между наукой и производством. Так вот, по новому Налоговому кодексу эти фонды закрываются.

Приняли Бюджетный кодекс. По этому бюджетному кодексу уже возникает вопрос: а на каком основании действует Российский Фонд фундаментальных исследований? Множество несообразностей, связанных и с отменой льгот. А ведь на самом деле мы конечно серьезную наукоемкую промышленность не поднимем без привлечения инвестиций внутри страны. Ведь фактически можно сказать, что сегодня, как раньше была битва за жизненное пространство, за какие-то ресурсы природные, сегодня самая главная битва – это битва за инвестиции. Если мы эту битву проиграем (а это, быть может, последняя наша надежда), то страна на многие годы отстанет в своем развитии...

Инвестиции – понятие интернациональное. Скажем, Сталин решил эту проблему очень просто – он продал природные ресурсы за границу (продукцию сельского хозяйства). Население голодало, но началась индустриализация в 30-е годы. А можно действовать по-другому. Создать благоприятный инвестиционный климат при щадящем налоговом режиме, когда будет выгодно зарубежным инвесторам вкладывать деньги именно в Россию. У нас всегда отток капиталов за границу рассматривается как криминальная проблема. А что мы сделали, чтобы удержать эти деньги? Ничего.

Андрей Ваганов: Вы сказали, что принимается множество непродуманных решений, напрямую связанных с научно-технической сферой. Но президент Российской академии наук является членом Президиума правительства России, входит в Совет Безопасности РФ. Министр науки – академик Михаил Кир-

пичников. В Госудуме – академик Жорес Алферов работает. То есть, со всех сторон, казалось бы, наука прикрыта.

Андрей Фонов: Я, при всем моем уважении к представителям Академии, все-таки, высказал бы им серьезный упрек за то, что Академия ни разу не выступила с манифестом, с какой-то концепцией развития страны, в которой декларировалась бы опора на собственные наукоемкие и высокотехнологичные производства.

Андрей Ваганов: Академики, наоборот, обижаются, что они огромное количество бумаг посылают в правительство, но нет никакого ответа на их предложения.

Андрей Фонов: Это частные вещи. Скажем, отсрочка от призыва в армию людей, которые с отличием окончили вузы и идут в аспирантуру. Это частности. А вот общей концепции, в которой бы все эти вещи были четко обозначены, нет... Кому, как не Академии наук, это надо было сделать?! Но нет такого документа. В СССР была разработана «Комплексная программа научно-технического прогресса». (Я не говорю, что это идеальный документ; он не сыграл той роли, какую мог бы сыграть в свое время. Кстати, в нем были предсказаны многие из тех негативных моментов, которые мы имеем сегодня.) Но это был комплексный документ, в нем делалась попытка описания того пути, которым страна может двигаться к определенным целям. Это была научная работа. Сейчас такой работы нет.

Андрей Ваганов: Владимир Булгак, когда он еще был вице-премьером правительства РФ и возглавлял комиссию по подготовке концепции реформирования науки, заметил, что сейчас, дай только волю ученым поработать над концепцией, они десять лет будут работать!

Сергей Егоров: Возможно, он был прав. Однако основополагающим документом сегодня является не концепция, а Закон «О науке и государственной научно-технической политике». В нем можно найти почти все необходимые для развития отрасли общие положения. Такого закона не было в советские времена. Но, похоже, что он выполняется менее, чем процентов на 50, хотя бы в части финансирования науки. А если закон обречен на невыполнение, то удобнее о нем забыть, увлекшись новыми концептуальными идеями. Где-то сзади закон остался, где-то там – доктрина, а мы уже концепцию делаем...

Евгений Семенов: Мне кажется, то состояние, в котором вообще наше общество находится – это, скорее всего, какое-то инобытие. Здесь все не то, как оно называется. Закон – он не закон. Граница – не граница. Даже паспорт, который у нас в кармане есть, он, на самом деле, паспорт страны, которой нет... А паспорта страны, которая есть, у нас нет... Во всем так. В том числе и в науке.

Мне кажется, когда мы к науке претензии предъявляем, надо иметь в виду, что она обесструктурилась, нет уже деления на вузовскую, академическую, отраслевую науку. И реально наука живет по какой-то другой, сложившейся в новых условиях структуре.

Чисто эмпирически, анализируя конкурсы в Российском гуманитарном научном фонде, я вижу, что на самом деле наука живет кланами! Никакими не школами, а кланами. И это, видимо, единственный способ, или наиболее эффективный, который ученые нашли для выживания. Меня потрясло: статистика за пять лет деятельности РГНФ абсолютно убедительно показывает, что нет того лоббирования, которое мы ожидали: если человек из данного академического института, то он будет помогать своему институту. Ничего подобного! Нет институционального лоббирования. Академический работник не помогает Академии наук. Работник из Санкт-Петербурга не помогает петербургской науке. Но он очень активен, как правило, в помощи своим кланам. И это даже не зачатки явления, это уже очень далеко зашло.

Виталий Гинзбург: А что вы подразумеваете под кланом?

Евгений Семенов: Клань? Это, как мне кажется, достаточно устойчивые объединения, которые возникли не на основе научных интересов, а на основе каких-то интересов материального характера.

Допустим, я – эксперт. Я дремлю, пока обсуждаются проекты из моего собственного института. Но вот пошел проект с кафедры, где я имею полставки. С точки зрения конфликта интересов ситуация никак не фиксируется. Я не работник этой кафедры. Но вот здесь и начинается: «Вы знаете, это очень интересный проект...». Хотя многие директора институтов по инерции, наверное, рассуждают примерно так: там, в советах, несколько человек из нашего института; они-то за институт за-

молвят слово. На самом деле, абсолютно по-другому ведут себя люди в этих советах.

И наука тоже пребывает в состоянии инобытия! Есть институты, есть планы научно-исследовательских работ. Они до сих пор пишутся, на какое-то количество лет вперед. И если их посмотреть, то тематика реальная, которой занимаются ученые, совершенно не соответствует этим планам. Идут какие-то очень сложные процессы в научных сообществах, в знаниевых структурах. Эти знаниевые структуры меняются, а институциональные формы на это не реагируют.

За все время существования научных фондов никогда, никакое научное руководство не интересовалось информацией, собранной в этих фондах. Не интересовалось, например, распределением по регионам научной активности, а это серьезные вещи! Скажем, вот данные за пять лет: 90% академической философии – это Москва; 95% академической психологии – это Москва; 98% академической политологии – это Москва. Все прожекты, рассуждения об интеграции академической науки и высшей школы абсолютно умозрительны.

Здесь нет простых решений! Если вся политология в Москве, а вузы в Калуге, Благовещенске или Калининграде, то это не поддается какой-то простой интеграции. Но, повторяю, не было ни разу случая, чтобы кто-то этой информацией заинтересовался. А она имеет, на мой взгляд, просто колоссальную ценность. Причем она в хорошем виде. Обработана, в базах данных, она доступна, ее можно очень оперативно давать.

Андрей Ваганов: Очень часто приходится слышать такое мнение: Россия – это страна, прежде всего, фундаментального знания. Хорошо бы, если бы весь мир, так сказать, скинул на нашу науку, закупал бы у нас результаты фундаментальных исследований знания, и мы бы, соответственно, процветали. Я обращаюсь к Сергею Петровичу, но на самом деле приглашаю всех обсудить этот вопрос.

Сергей Капица: Я бы сказал, что это, в какой-то степени, верно. Традиции фундаментального знания у нас есть. Действительно, мы в этом смысле имеем очень глубокую традицию. Особенно она важна для наук о земле, для биологии. Недаром говорили, что Россия – вторая родина дарвинизма. Эта тради-

ция далеко уходит в нашу культурную историю. И поэтому она очень существенна.

Чего у нас нет, так это прагматизма. Это – существенное отличие русской науки от американской. И данный факт нужно как-то учитывать в научной политике и во взаимодействии с мировой наукой.

Но сейчас я хочу сказать, что кризис науки, пересмотр подходов к науке со стороны государства и общества – это общемировое явление. В России эта проблема особенно остро стоит. Как говорится: у них насморк, а у нас холера.

В конце июня в Будапеште, под эгидой ЮНЕСКО и Международного союза научных обществ, прошел большой конгресс по мировой науке, которому предшествовало 62 специализированных конференций. Среди 2500 участников конгресса было представлено руководство Российской академии наук и Министерства науки. Рассматривались общие проблемы современной науки, ее культурные, промышленные, образовательные и идеологические аспекты. Созыв конгресса, подводил итог всей науке XX века, определялись приоритеты и задачи на будущее. Вместе с этим, несомненно, было ощущение некой смены вех, даже кризиса науки, связанной, в первую очередь, с отношением науки и общества.

Меня пригласили выступить на этой конференции, как раз по теме о месте науки в общественном сознании, о которой я хотел бы здесь несколько слов сказать.

У нас совершенно катастрофическая ситуация с формированием образа науки в общественном сознании. Несмотря на Интернет и всякие новые информационные технологии и наука и общество сейчас находимся в информационном вакууме. Возьмите телевидение, большинство отечественных средств печати. Тираж такого журнала как «Наука и жизнь» упал в 100 раз! Был 3 миллиона, а сейчас – 30 тысяч. Главные каналы телевидения практически изгнали науку, находя время для проповеди той самой антинауки о которой так красноречиво говорил в начале Виталий Лазаревич. И только на канале «Культура» мы вдвоем с академиком Евгением Велиховым пытаемся как-то рассказать о науке, об острых научно-социальных проблемах, о месте и роли науки как составляющей современной культуры.

Сергей Егерев: Мы говорим о фундаментальной науке, как о стратегическом ориентире. По-видимому, это достойный вызов времени. Но вопрос в том, чтобы достойно ответить на этот вызов (как и на любой другой). Решая, как организовать исследование наилучшим образом, мы столкнемся, пожалуй, с пятью болевыми точками, которые стоит назвать.

Первая – отсутствие ясных научно-технических перспектив и ориентиров, о чем уже говорилось.

Вторая – невозможность серьезно планировать научные исследования из-за невнятного и, я бы сказал, невменяемого финансирования, неразвитой конкурсной системы.

Третья – утрата управляемости на уровне отдельной научно-технической организации или даже лаборатории из-за утраты былого взаимодействия двух научных элит – управленческой элиты и элиты творческой. В отличие от советских времен они оказались «не в одной упряжке».

Четвертая – надвигающийся разрыв преемственности в науке. Идет старение исследовательских коллективов, нет притока молодежи. Накопленные знания просто пропадают.

И пятая болевая точка – информационный голод. По многим причинам нашим ученым все труднее отслеживать достижения наших и зарубежных коллег.

Предстоит серьезно поработать, чтобы эти болевые точки превратились хотя бы в точки стабилизации.

Андрей Фонов: Отвечая на предложение Андрея Геннадьевича высказаться на тему о том, что Россия станет производителем фундаментальных знаний, хочу заметить вот что.

Дело в том, что сам институт науки строится на свободном распространении фундаментальных знаний. Он без этого просто умрет. Поэтому, вообще-то, торговля, скажем, фундаментальными знаниями предполагает патентование, развитое законодательство в области интеллектуальной собственности... А в России минувшим летом принято решение о ликвидации патентного ведомства – Роспатента

А, скажем, засекречивание в каких-то государственных интересах определенных направлений приводит к тому, что данная сфера науки просто не развивается.

Сергей Капица: И все-таки у нас есть культура фундаментальных знаний. Но вопрос – как ее реализовать? Через образо-

вание. Значит, нужен какой-то «Мировой Физтех». Сейчас в мире колоссальный спрос на фундаментальные знания. В Японии, Южной Корее, во всех стремительно развивающихся странах Юго-Восточной Азии. У них, по целому ряду очень глубоких исторических причин, нет этих традиций. Даже когда их обучают на Западе, в Германии и Англии, они возвращаются на родину и им очень тяжело заниматься фундаментальными исследованиями. Вот тут мы могли бы иметь выход на этот рынок, где торгуют, грубо говоря, культурой фундаментальных исследований. Именно потому такой высокий спрос на русских ученых за границей, в первую очередь в Америке. Проиграв битву в экономическом соревновании, мы, несомненно, выиграли ее на фронте образования.

Из-за нашей нерасторопности мы теряем научное влияние в сопредельных странах с русскоязычной культурой. Я разговаривал с очень многими учеными, ездил по этим странам. Там растет стремление к сохранению русскоязычного научно-культурного пространства и Россия для этих стран – естественный цивилизационный партнер.

Сергей Егерев: Андрей Геннадьевич, как я понял, в ходе беседы пытался найти с нашей помощью ответ еще и на вопросы: каково будет место российской науки в мире или, скажем, в международном разделении научного труда? Чем мы прославимся в следующем тысячелетии? Высказанная сейчас идея представляется очень разумной. Россия могла бы стать притягательным образовательным центром, причем эта притягательность могла бы быть обусловлена помимо информационной, издательской и иной просветительской деятельности еще и яркими, хорошо «упакованными» результатами фундаментальных исследований, которые, естественно, не подлежали бы продаже – они распространялись бы бесплатно и формировали лицо страны. Тут есть над чем подумать.

Андрей Ваганов: Уважаемые участники «Круглого стола»! Конечно, все мы тут понимаем, что даже проговорив еще столько же часов, вряд ли смогли бы расставить все точки над «i». И вообще, кстати, есть такое шутивное определение: кто такой эксперт? эксперт – это человек, знающий о предмете больше, чем нужно. Тем не менее, в результате нашей беседы, честно говоря, я только утвердился во мнении: в настоящий момент

российская наука представляет собой некоего, находящегося в полудреме, слабо шевелящегося монстра. В нем идут какие-то процессы, которые для внешнего наблюдателя проявляются только в хаотических движениях. Да, монстр переворачивается во сне, но монстр спит.

Если в ближайшие год или два не изменится отношение к науке со стороны государства, то при всем моем уважении к науке советской и российской, она будет безвозвратно утеряна. Причем, я говорю не только о финансовой стороне вопроса, но, прежде всего, об институциональных, структурных, как угодно их можно назвать, изменениях. Это мое внутреннее самоощущение, причем, подчеркиваю – я это говорю как человек со стороны, все-таки я сторонний наблюдатель. Поэтому в заключение нашего разговора я предлагаю вам всем сделать краткое резюме на тему, заявленную для нашего круглого стола: Российская наука в следующем тысячелетии.

Впрочем, тысячелетие, – это мы чересчур хватили! Но, скажем, в следующие 50 лет.

Сергей Капица: Я думаю, что резюме как-то уже сформулировалось в процессе нашей дискуссии. Она была не такая беспредметная, как, может быть, покажется с первого взгляда.

Фундаментальная наука, конечно, вырастает в университетской среде, в среде высшего учебного образования и реализуется через образование следующего поколения. Какая-то малая часть студентов будет продолжать добывать фундаментальные знания, а большая часть пойдет в промышленность, в школы, вообще – в культуру страны. И это есть естественная функция фундаментального знания. И этим Россия богата, и это богатство действительно нужно сохранить и, мне кажется, использовать, в том числе, и для политических целей: для сохранения единства нашего государства, сопредельных стран, даже для влияния на страны Юго-Восточной Азии, например. Для того, чтобы такую программу осуществлять серьезно нужно иметь государственное мышление.

Тут не надо планировать какие-то достижения науки. Можно планировать, в лучшем случае, обстановку, в которой наука может развиваться. Это есть первое.

Второе, конечно, то, о чем здесь говорилось: нам нужно коренным образом изменить отношение к инновационной поли-

тике, инновационному капиталу. Если не поощрять собственную промышленность, а только закупать все за границей, никакого и социального заказа науке никогда не будет.

Мне кажется, что страна должна позаботиться о создании условий, в которых наука будет развиваться. А наука сама себя организует. Научить ее в этом смысле нельзя – это типично самоорганизующаяся система.

Виталий Гинзбург: Хотя я старше всех присутствующих и у меня нет надежды увидеть счастливое время, но я, тем не менее, оптимистически настроен, если конечно не победят различные там зюгановы-макашovy-баркашovy. Я думаю, новая Госдума будет лучше, качественнее по составу, будет лучше Президент, страна воспрянет и наука воспрянет. Если будет демократия и осуществление тех демократических преобразований, о которых мы мечтали, так и науке будет хорошо! И ничего еще не потеряно. Я пессимизма совершенно не разделяю.

Андрей Фонов: Я тоже с оптимизмом смотрю на развитие науки, техники и нашей промышленности, потому что у нас народ и любопытен, и деятелен. Если есть у нас какие-то отрицательные черты, то это не фатально. И мы все-таки свой позитивный потенциал реализуем, используя козыри, которые нам достались в двадцатом веке, прежде всего, конечно, мощную российскую науку. К тому же, надо сказать, что не все так плохо, потому что, к сожалению, политика так устроена, что она ростки нового не ловит, она всегда больше ориентирована на то, что уже есть, а не то, что будет. И то, что сегодня появляется – малые наукоемкие предприятия, которые не вносят пока существенный вклад в валовой продукт страны, но при надлежащей политике (я надеюсь, она все-таки будет разумная, будем надеяться на некую презумпцию разумности нашего правительства и наших законодателей) – это даст свои плоды. Потому что вероятность того, что мы не разыграем свои козыри, гораздо ниже, чем вероятность удачного исхода.

Евгений Семенов: Мне кажется, есть и оптимистические, и пессимистические сценарии, и вообще: стохастика здесь неустраима. Нет только какого-то фатального результата.

Оптимистический сценарий. Россия – страна с высокими технологиями, с образованием, с наукой, сильно интегрированная или гораздо более сильно интегрированная в мировую, а ес-

ли откровеннее говорить – в западную систему. В западную систему хозяйства, рынка, политическую систему.

Пессимистический сценарий. Разделенная страна с деградировавшей средой обитания и различной судьбой разных регионов.

И тот, и другой сценарии мне кажутся очень реальными. Развилку мы проходим именно сейчас. И сколько лет мы будем на развилке топтаться – не знаю. Мне кажется, на ней уже довольно долго топчемся.

Многое будет зависеть от того, насколько наберется энергии в народе желать лучшего варианта и действовать, работать на этот вариант. Но вот, как-то внутренне, верится, что наберется этой энергии достаточно. А промежуточных вариантов, мне кажется, нет.

Сергей Егоров: Я выскажу несколько оптимистичных предположений. Через десяток-другой лет наша наука в количественном отношении будет, по-видимому, меньше. Она будет открыта и достаточно хорошо интегрирована с зарубежной наукой. Можно ожидать, что роль малых городов науки возрастет. В столичных городах произойдут решительные изменения: большинство крупных исследовательских институтов в нынешней форме, по-видимому, обречено. Это не означает, что обречены люди, которые там работают. Неслучайно сегодня мы наблюдаем серьезную тенденцию ухода сотрудников этих институтов в мелкий научный бизнес, в малые научные организации, массовый исход в фирмы, работающие с компьютерными телекоммуникациями. Возможно, у больших городов науки, лет через 10-20, появятся важные дополнительные функции – являться центрами аккумуляции, переработки и распространения знаний, центрами трансферта технологий и коммерциализации разработок, центрами информационной и телекоммуникационной поддержки наукоградов.

И, наконец, несколько слов по поводу затронутой нами темы интеграции науки и образования. Да, лучшие студенты сегодня плодотворно занимаются научной работой на кафедрах или в базовых НИИ. Но это отнюдь не означает, что они, получив диплом, не уйдут работать в совершенно другие отрасли или не уедут за рубеж по примеру чуть старших товарищей: рынок есть рынок. Массового притока молодых сил сегодня

ожидать не приходится. По-видимому, большинство из нынешних студентов для российской науки утеряны. Скорее всего, в науку придут те, кто сейчас учится в четвертом-пятом классах общеобразовательных школ. Детям не хватает учителей, а ученым не хватает благодарных слушателей, которые внимали бы им, открыв рот. Поэтому полезно было бы предусмотреть формы интеграции науки с системами не только высшего, но и среднего и даже начального образования. Например, какой-нибудь парадоксальный гибрид академического учреждения со средней школой. Если неординарные меры позволят «ухватить» этот разрыв поколений, то, вполне возможно, лет через десять эти усилия окупятся.

Сергей Капица: Вы знаете, мой младший внук, года четыре тому назад так сформулировал свое отношение к этой проблеме, когда я его спросил, какие он книжки читает: «Я книжек не читаю – я хочу стать миллионером».

*Опубликовано в «Независимой газете»
20 октября 1999 г.*

Глава 1

**«Во, русский
иКС суров!»»**

«Я довольно мрачный товарищ»



«Не скрою, что это мое любимое детище. Хотя, как мне кажется, раньше семинар был немножко лучше. Раньше я был более цепкий, лучше знал материал. Возраст сказывается». Мы разговаривали с академиком **Виталием Лазаревичем Гинзбургом** в его маленьком кабинете (кабинетике даже) в Физическом институте Академии наук после очередного еженедельного общемосковского семинара по теоретической физике. (Проводится семинар уже почти 40 лет – 24 апреля 1996 года состоялось 1500-е заседание.) На этот раз на обсуж-

дение были вынесены темы: теория космических суперструн; последние достижения в области высокотемпературной сверхпроводимости; определение времен релаксации электронов в металлах. Не знаю, что имел в виду Виталий Лазаревич, говоря, что возраст сказывается, но то, что он был самым активным и заинтересованным участником семинара – это точно. 4 октября 1996 года академику Гинзбургу исполнилось 80 лет.

– Виталий Лазаревич, ваши научные интересы чрезвычайно разнообразны: теория сверхпроводимости, теория распространения электромагнитных волн, радиоастрономия, происхождение космических лучей, теория сегнетоэлектриков, управляемый термоядерный синтез... С другой стороны, особенно в конце 20 века, распространено мнение, что наступила эпоха узкой специализации в науке. Нет у вас ощущения, что в этом смысле, вы последний из могикан?

– Нет, такого ощущения нет. Я бы это сформулировал по-другому. В физике было и есть некое глубокое единство. Люди моего поколения, и предыдущего, свободно ориентировались почти во всей физике. Нельзя, конечно, знать все в деталях, но они старались подходить широко. Лев Давидович Ландау – классический пример (неслучайно он создал свой знаменитый курс теоретической физики); Игорь Евгеньевич Тамм – они интересовались буквально всем. Я из того же поколения. Мне очень нравится формулировка, не знаю кому она принадлежит: кое-что обо всем и все об одном. Я считаю, что современный физик должен иметь представление об очень широком круге вопросов, а уже потом специализироваться и углубляться в какую-то одну проблему.

Несомненно, огромный объем материала, имеющийся в распоряжении ученых сегодня, почти неизбежно приводит к специализации. Это сказывается. Но все равно, повторю, нужно стремиться быть образованным достаточно широко.

– **Некоторое противостояние, давно, впрочем, известное, между физиками-теоретиками и экспериментаторами я почувствовал и на сегодняшнем вашем семинаре. Один из докладчиков в полемике даже выразился так: «эти тупоголовые теоретики»; а на реплику, что и к экспериментаторам часто приложимо такое определение, мгновенно отреагировал – «экспериментатор не может быть тупоголовым, он может быть рукастым или безруким».**

– Очень интересная тема. Это противопоставление теоретиков и экспериментаторов действительно существует, но оно – часто искусственно и фальшиво. Я бы даже сказал, что это – один из минусов советского подхода. Например, сейчас, в той же Англии, теоретиками обычно называют только тех физиков, кто занимается теорией элементарных частиц и некоторыми

вопросами, если можно так сказать, высокой теории близкой к математике. У нас же, почему-то, принято считать, что если человек умножает два на два или не делает непосредственно экспериментов – он уже теоретик. Это фальшивая точка зрения. Тут другое важно.

Из-за объективной необходимости разделения труда ученым порой трудно равноценно знать и эксперимент и теорию. Хорошему современному экспериментатору просто времени не остается для того, чтобы заниматься теорией, хотя знать теорию нужно. Своеобразная диалектика.

Даже на моей памяти, крупных ученых, которые занимались теорией и экспериментом на равных, было очень мало. Классический пример – Энрико Ферми. Хотя и великий Эйнштейн не был чужд эксперименту, его никак нельзя назвать абстрактным теоретиком. У него есть целый ряд изобретений. И это не случайно: он в течение ряда лет работал экспертом в Бернском патентном бюро. Поразительно: человек восемь часов день, шесть дней в неделю сидел, занимался анализом патентов... и успевал делать замечательные работы. Это совершенно гениальная личность!

Но вот тот же Ландау – яркая фигура в теоретической физике – он, однако, ничего в эксперименте не понимал, был далек от этого.

– Мне приходилось слышать такое мнение, что Ландау «убил» физику, сделал ее отраслью математики.

– Абсолютный бред! Возмутительный, гнусный бред! Да, он прекрасно знал математику, но относился к ней прикладным, прагматическим образом. Он – физик и еще раз физик, но отнюдь не математик. Нельзя заниматься теоретической физикой без серьезной математической подготовки. Но говорить, что он заменил теоретическую физику математикой – это чепуха!

Поскольку вы моей личностью интересуетесь, могу сказать о себе. Как раз моей слабостью всегда было плохое знание математики, отсутствие математических способностей. Я случайно стал физиком-теоретиком: пытался решить некую проблему, пришел к Игорю Евгеньевичу Тамму, он меня поддержал, и я как-то влез в теоретическую физику, используя совершенно элементарную математику. В теоретической физике впереди телеги идет все-таки лошадь – в первую очередь для физика важ-

на физика, хотя и математику он должен знать. У меня хватало ума вовремя понять, что та или иная проблема мне не по зубам. Очень важно уметь понять, что эта задача не для тебя.

Один из источников счастья для человека, посвятившего себя науке, – возможность получать результат. А если ты взялся за задачу не по своим силам – можешь годами ею заниматься, но удовольствия никакого не получишь. Мне повезло, занимаясь многими физическими проблемами, – если вспомнить ваш первый вопрос, – я мог легко переходить от одной к другой.

– Некоторые сведения, если можно так сказать, из вашего личного дела. В 1938 году окончили МГУ, с 1940 года работаете в Физическом институте Академии наук имени П.Н. Лебедева, в 1942 году стали доктором физико-математических наук, в 1953 – член-корресподент, в 1966 – академик...

– Как я сам себя оцениваю?

– Да.

– Тут важно – по какой шкале мерить. У Ландау была своя шкала, он мерил по достижениям. Шкала эта была логарифмической. Самый высокий класс – половинный. В этот класс он в нашем веке относил Эйнштейна. В первый класс попадали Бор, Гейзенберг, Шредингер, Дирак. Сам себя Ландау относил ко второму классу. Я никогда у Льва Давидовича не спрашивал, куда бы я попал по его классификации. А мы с ним были на «ты» и в близких отношениях. Думаю, что больше третьего класса мне у него не светило.

– К чему я клоню: в стране было тяжелейшее время, а люди, вы в частности, делали потрясающие научные карьеры: за четыре года от студента – до доктора наук. Тот же Ландау вообще был вундеркиндом! Может быть здесь какая-то закономерность?

– Тут необходим дифференцированный подход. У нас жизнь, конечно, была ужасная. И материально, и морально. К физике, к математике, куда до времени политика не сильно вмешивалась, относились хорошо, была возможность работать. Это важно. Но когда начинают превозносить советскую систему взаимоотношений государства и науки – я с этим решительно не согласен. Целый ряд наук, – биология, некоторые общественные науки, – наоборот, были уничтожены и находились в

отвратительном положении. Мне просто в каком-то смысле повезло. Поверьте, у меня не было никаких протекций, знакомств.

Мы были последним потоком, который университету удалось отстоять от армии. После окончания физфака МГУ получил распределение учителем в Верюю. Но мне удалось поступить в аспирантуру. Я припоминаю, что на военном билете у меня уже было написано: «эспирант». Окончил аспирантуру МГУ в 1940 году, защитил кандидатскую диссертацию. Меня хотели оставить в университете. Но тут – еще одно стечение обстоятельств: мне повезло, что я попал в ФИАН. В то время, когда мне уже присвоили титул «эспирант», я стал думать, как объяснить эффект, которым экспериментально занимался. Пришел к Тамму – он меня поддержал. Я начал читать литературу, напал на какую-то жилу. Начал работать, защитил диссертацию. Я не был на таком уж особенно высоком уровне.

Докторская диссертация тоже получилась немножко случайно. Я занимался действительно интересной проблемой, но у меня не было никакой брони от армии. Два раза сам подавал заявление добровольцем. И хотелось, до того, как уйти на фронт, защитить докторскую. Если бы было мирное время, может быть, я еще бы годика два поработал. Но доктор наук – это не Бог весть что.

А тот же Ландау, потрясающе талантливый человек, год отсидел в тюрьме. И почти наверняка он бы погиб, но его вызволил Петр Капица и он даже какое-то время официально находился «на поруках у Капицы».

В 1956 году в СССР на какую-то научную конференцию приехал известный физик из Принстонского университета Фримен Дайсон. После конференции он опубликовал на западе статью, в которой так объяснил действительно небывалый научный энтузиазм в СССР: у них же ничего другого нет! Это очень глубоко.

Но что было, то было. Я, практически, никогда не подрабатывал. Мог всю жизнь заниматься наукой. Это противоречие какое-то: такая ужасная система, но давали возможность работать. Жил себе и занимался физикой.

– В качестве примеров «изничтоженных», как вы выразились, в СССР наук традиционно приводятся генетика и ки-

бернетика. А как обстояло дело с близкой вам отраслью науки – космологией?

– Одним из крупных космологов первой трети века был аббат Леметр. Леметр, кажется в 1927 году, повторил в значительной мере работы нашего замечательного ученого Александра Фридмана, и очень прославился. (Как известно Фридман предложил модель расширяющейся Вселенной.) Но затем Леметр стал президентом папской Академии наук в Ватикане. В какой-то энциклике римский папа использовал это представление о расширяющейся Вселенной, о Большом Взрыве, в качестве обоснования существования Бога. Ну, а наши дураки тут же подхватили: вот, космология, обосновывает создание мира. Шли совещания по вопросам космологии, где искали всяких идеалистов, утверждалось, что есть так называемый физический идеализм, расширяющаяся Вселенная была табу.

– Какую сейчас должность вы занимаете в ФИАНе?

– Тут надо рассказать немного об истории самого института. Он был, фактически, создан в 1934 году Сергеем Ивановичем Вавиловым, пригласившим Игоря Евгеньевича Тамму возглавить отдел теоретической физики – сейчас это Отделение теоретической физики имени И.Е. Тамма ФИАН. В этом отделе я работаю с 1940 года, но фактически хожу сюда с 1937 года. У нас редкий отдел! Никогда – никаких склок и скандалов. Никто никогда не приписывался к чужим работам. Такой тон был задан Таммом. В 1971 году Игорь Евгеньевич скончался. Он не хотел, но мы настояли: он числился до самой смерти заведующим отделом. В 1971 году нас в отделе было два академика – я и Сахаров, который к тому времени уже числился диссидентом. А ведь у нас в академии как: чтобы получить что-то для отдела нужно быть академиком. И мне пришлось стать заведующим отделом. Эту должность занимал 17 лет.

В 1988 году, наконец, догадались ввести в академии предельный возраст. Так, члены РАН не должны занимать административных должностей, начиная с 70-летнего возраста. Ограничения для административной работы по возрасту необходимы. Даже великий физик Поль Дирак в 66 лет (1968 г.) оставил свою кафедру в Кембридже и после этого до конца жизни (1984 г.) занимал в США, куда переехал, должность, аналогичную нашему профессору-консультанту. У нас этого не было, и старики дер-

жались за свои посты из чисто материальных соображений. Так нужно установить приличную пенсию. Никаких директоров старше 70-ти!

– **Давайте все-таки поговорим о вещах, имеющих непосредственное отношение к вашим научным интересам. Как-то мне попала такая строчка Нобелевского лауреата по физике Стивена Вайнберга: «Чем понятнее кажется нам Вселенная, тем очевиднее бессмысленность ее существования». Получается, что Вселенная – грандиозное, но совершенно случайное событие?**

– Начнем с того, что этот вопрос тесно связан с религией. В религии же, на мой взгляд, следует различать: религиозность в смысле веры в Бога – что-то такое есть за пределами науки, вселенская гармония, почему мир таков какой он есть; и вторая сторона – религиозность в смысле обрядности.

Что касается первого, я это могу понять, хотя сам атеист и считаю, что никакого Бога нет, ничего кроме материи нет...

– **Но что тогда было до Большого Взрыва?**

– Это уже научный вопрос. И, кстати, никогда не было так однозначно с Большим Взрывом. Если рассматривать общую теорию относительности, то из нее вытекает, что до Большого Взрыва понятие «время» не имеет смысла, времени не было. Я же думаю, что Вселенная на самом деле бесконечна во времени: просто сначала было ее сжатие, а теперь мы живем в эпоху расширения Вселенной.

Проблема, безусловно, есть. Но для ее решения не требуется введения никакого Бога и никакой сверхматерии. Вселенная как-то устроена – вот и изучай ее устройство. Причем здесь Бог?!

Космология – это наука об устройстве Вселенной в «большом», в больших масштабах. Вопросом вопросов в космологии является выяснение самого характера эволюции Вселенной во времени, выбор космологической модели, отвечающей действительности. Но никакого места для Бога или чего-либо подобного, в ней нет.

Я даже вам скажу парадоксальную мысль. Я жалею, что не верю в Бога, ведь тогда мне легче было бы жить. Вот мой отец был верующим, ему было 53 года, когда я родился. (А сам он родился в 1863 году – через два года после отмены крепостного

права!) Я спрашивал его, почему он верит в Бога. Он отвечал мне в том духе, что ему так легче жить.

Я понимаю, что мне недолго осталось жить, может быть, до 90 лет протяну. Но самое великое счастье для человека – спокойно умереть. К слову, на мой взгляд, лучшее доказательство отсутствия Бога – тяжелейшая смерть огромного количества хороших людей. Два моих учителя, Ландау и Тамм, – как они, бедняги, тяжело умирали! Ландау шесть лет после автомобильной катастрофы был, фактически, неполноценным человеком. Как он страдал и физически и морально...

Игорь Евгеньевич – мужественный человек, альпинист. У него начался боковой амиотрофический склероз – неизлечимая болезнь. Это все происходило на моих глазах. Он три года был буквально привязан к дыхательному аппарату. В чем здесь божественная справедливость?! Церковники, конечно, найдут какие-нибудь аргументы, но как можно верить в высшую справедливость, в высший разум, если он заставляет так страдать людей?

Если уж мы заговорили о вере, то мне хочется сказать вот еще что. Я возмущен тем, что Храм Христа Спасителя в Москве строится на государственные деньги. Правда, делается вид, что собираются народные пожертвования, но это полная чепуха. Конечно, возмутительно было и разрушение Храма большевиками, этой варварской акции нет никакого оправдания. Но даже тот храм строился на народные деньги, которые собирались много лет. Сейчас, когда у нас в стране не хватает больниц, домов для престарелых, – да мало ли чего у нас не хватает! – трагично колоссальные государственные средства на строительство подобного сооружения... Безобразие возмутительное.

Хорошо бы верить в Бога, но не выходит. Вообще-то, я часто нахожусь в какой-то депрессии. На самом деле, я довольно мрачный «товарищ». Вот, с людьми разговаривая, захожусь.

– **У вас промелькнул такой медицинский термин – боковой амиотрофический склероз. Ведь еще один наш современник, физик-теоретик, англичанин Стивен Хокинг, страдает от этого заболевания. У него есть такая мысль, – я, конечно, передаю ее упрощенно, – вроде бы даже доказанная им теоретически: Вселенная полностью может быть описана неким квантовым уравнением с волновой функцией. Допустим, что**

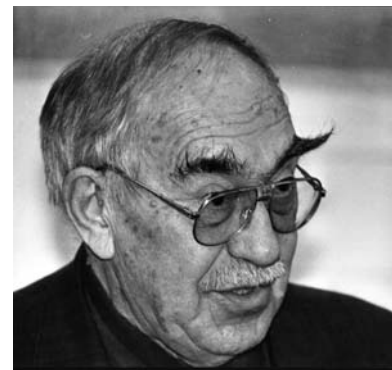
так и есть. Но хорошо известен парадоксальный факт: волновая функция описывает ряд возможных путей для частицы, однако частица выбирает только один из множества и то, только тогда, когда за ней наблюдает кто-то со стороны, в нашем случае – экспериментатор. Если в качестве частицы выступает Вселенная, а такие теории тоже существуют, то кто является внешним наблюдателем в этом случае?

– Это – вопрос о квантовом описании Вселенной – один из кардинальных вопросов в современной физике. Должен честно признаться, что я в нем недостаточно разбираюсь. И никто, как следует, не разбирается. Некоторые, правда, делают вид, что понимают. Применение квантовой механики ко Вселенной, с моей точки зрения, очень спорный вопрос, ничего как следует еще не доказано и не понято. Но это ни в малейшей степени не доказывает, что есть кто-то, вроде Бога, кто наблюдает за Вселенной.

Кстати, у меня в связи с моими атеистическими убеждениями, были анекдотические ситуации. Я ведь не понимал, что за границей даже среди нашего брата физика есть верующие. Так вот, когда я был в Англии на конференции в 1965 году, довелось мне прогуливаться с одним известным физиком-теоретиком, – не буду называть фамилию, – специалистом по Общей теории относительности. И в разговоре с ним я подпустил какую-то антирелигиозную шутку, в том смысле, что не в Бога же верить! Мой собеседник вдруг посерьезнел и заявил с вызовом, что он верующий католик. Я почувствовал, что допустил какую-то бестактность. Но сумел найти выход. Я сказал ему: не поймите меня превратно, я не собираюсь бороться с Богом. И вообще, хотел бы определить свое отношение к верующим так: если бы я был Робинзоном Крузо и мне предложили двух Пятниц – одного верующего, другого неверующего, я, безусловно, выбрал бы верующего, поскольку вероятность, что ночью он убьет меня топором меньше, чем у неверующего.

*Опубликовано в «Независимой газете»
8 октября 1996 г.*

Создание атомной бомбы – процесс творческий



Про него можно сказать коротко – «жизнь, отданная атомной бомбе». **Борис Васильевич Литвинов** родился в 1929 году. В 1953-м закончил Московский механический институт. С 1952 по 1961 год работал лаборантом, инженером, старшим инженером, научным сотрудником, заместителем начальника сектора Всесоюзного НИИ Экспериментальной Физики (Арзамас-16, ныне – Саров). В 1961 году переведен в Российский федеральный ядерный центр ВНИИ Технической Физики (Челябинск-70, сейчас – Снежинск) на должность главного конструктора. С 1961 по 1997 год – главный конструктор РФЯЦ-ВНИИТФ. Сейчас – заместитель научного руководителя.

Главные направления научной деятельности – прикладная физика, связанная с созданием новых конструкций взрывных устройств большой мощности. Основные научные труды, посвященные исследованию свойств веществ после взрывных нагрузений, публиковались в ведущих научных журналах. Академик Российской академии наук.

– Борис Васильевич, 50 лет назад, 29 августа 1949-го года, было произведено первое в СССР испытание атомной бомбы. Конкретно на вашу судьбу это событие как-то повлияло?

– Наверное, это событие как-то повлияло на мою судьбу, но это влияние не могло быть прямым, поскольку я не знал не только того, что оно свершится 29 августа 1949 года, но вообще не знал какие работы ведутся в стране при создании атомной бомбы. Эти работы в те годы были строжайше засекречены. В 1949 году я стал студентом третьего курса Московского Механического Института и мог переехать из общежития в г. Бабушкин, в котором прожил первые два года учёбы, в общежитие в Москве. 29 августа 1949 года я был занят именно этим важнейшим для меня в тот день делом.

Хочу напомнить, что факт испытания первой советской атомной бомбы был скрыт от советского народа. Сообщение ТАСС было опубликовано только 25 сентября и, хотя называлось «Об атомном взрыве в СССР», в нём нет ни слова о событии 29 августа. Вот это сообщение.

«23 сентября президент США Трумэн объявил, что, по данным правительства США, в одну из последних недель в СССР произошёл атомный взрыв. Одновременно аналогичное заявление было сделано английским и канадским правительствами.

Вслед за опубликованием этих заявлений в американской, английской и канадской печати, а также в печати других стран, появились многочисленные высказывания, сеющие тревогу в широких общественных кругах.

В связи с этим ТАСС уполномочен заявить следующее.

В Советском Союзе, как известно, ведутся строительные работы больших масштабов – строительство гидростанций, шахт, каналов, дорог, которые вызывают необходимость больших взрывных работ с применением новейших технических средств. Поскольку эти взрывные работы происходили и происходят довольно часто в разных районах страны, то, возможно, что это могло привлечь к себе внимание за пределами Советского Союза.

Что же касается производства атомной энергии, то ТАСС считает необходимым напомнить о том, что ещё 6 ноября 1947 г. министр иностранных дел СССР В.М. Молотов сделал заявление относительно секрета атомной бомбы, сказав, что «этого секрета давно уже не существует».

Это заявление означало, что Советский Союз уже открыл секрет атомного оружия, и он имеет в своём распоряжении это

оружие. Научные круги Соединённых Штатов Америки приняли это заявление В.М. Молотова как блеф, считая, что русские могут овладеть атомным оружием не ранее 1952 г. Однако они ошиблись, так как Советский Союз овладел секретом атомного оружия ещё в 1947 году.

Что касается тревоги, распространяемой по этому поводу некоторыми иностранными кругами, то для тревоги нет никаких оснований. Следует сказать, что Советское правительство, несмотря на наличие у него атомного оружия, стоит и намерено стоять в будущем на своей старой позиции безусловного запрещения применения атомного оружия.

Относительно контроля над атомным оружием нужно сказать, что контроль будет необходим для того, чтобы проверить исполнение решения о запрещении производства атомного оружия».

Когда мы услышали и прочитали это сообщение, то я не помню, чтобы мы как-то обсуждали его. Мы твёрдо верили, что нашей стране всё по плечу и для советских людей ничего невозможного нет.

– Но тогда вы ещё не знали, к чему вас готовят?

– Да что вы! Кто бы мог решиться сказать нам о том, к чему нас готовят? Наверное, слова «атомная бомба» не произносил сам Курчатов. В 50-м году, нас, группу из студентов Московского механического института с инженерно-физического факультета отобрали для прохождения практики на химкомбинате «Маяк» в Челябинской области. В положенное время мы поехали туда проходить курсовую практику. Доехали. В нашей группе учился сын директора этого комбината Володя Музруков. Его отец – Борис Глебович Музруков – личность совершенно легендарная. В годы войны он возглавлял «Уралмаш». И вся танковая промышленность была связана с именем Бориса Глебовича. И вот когда мы туда приехали, нас встретил единственный человек – Володька Музруков. Он показал нам, где мы будем жить, но что с нами будет дальше он не знал. Живём день, два, три – никто ничего, никакого интереса к нам. Мы Володьку спрашиваем: слушай, когда практика начнётся? Когда приступим? Он пожимает плечами и объясняет, что отец сутками не бывает дома, наверное, какая-нибудь авария. Устранят и он нами займётся.

И вдруг как-то рано утром в нашу комнату, врывается какой-то зачуханный лейтенант и кричит: «Встать. Выходи строиться!» Наш староста Володя Коновалов, демобилизовавшийся в чине капитана разведки, лёжа на койке, говорит: «Лейтенант, выйди, закрой дверь и доложись как положено!» Лейтенант выскакивает, произнося что-то в наш адрес явно нелестное. Потом приходит уже капитан и вежливо говорит: «Ребята, вас приглашает Игорь Васильевич Курчатов». Володя вроде бы про себя сквозь зубы: «А это ещё что за х...?» Капитан услышал и говорит: «Не надо хамить. Приехали работать – извольте с уважением относиться к тому, что здесь происходит».

Мы выходим. Чтобы представить комизм дальнейшего надо себе представить себе место, где всё это происходило. Наш дом был угловым на бульваре имени Иосифа Виссарионовича Сталина, сейчас – бульвар Победы. По диагонали от нас тоже на углу стояло и сейчас стоит Управление комбината «Маяк». Дойти до него – улицу перейти. Выходим, а на улице стоят легковые машины ЗИЛы, ЗИСы. Нас сажают по двое, машины делают полкруга, останавливаются напротив Управления. Движение всё перекрыто! Нам открывается главная дверь, мы поднимаемся.

У Игоря Васильевича на комбинате был свой кабинет, (сейчас он сохранен, как мемориальный). Нас заводят к нему. Перед нами – высокий человек, красавец, борода, кудри. Вообще, с первого взгляда чувствовалось: перед тобой стоит просто незаурядный человек, то есть, это человек с каким-то особым обаянием. Это было главное в Игоре Васильевиче. Ведь он сумел обаять даже Иосифа Виссарионовича Сталина.

– Давайте сделаем скачок во времени. Вы стали главным конструктором ядерного и термоядерного оружия во ВНИИ технической физики (Челябинск-70) в августе 1961 года. Меня интересует чисто технологический вопрос: что функционально включала в себя эта должность, кто вы больше были – физик, технолог, расчётчик, администратор? Сколько людей трудились под вашим началом?

– С удовольствием чувствую профессионализм в вопросе. Когда мне сказали, что меня прочат на должность главного конструктора, то есть, начинали со мной работать как с человеком, достойным звания главного конструктора, то моя первая реакция была: это просто ерунда.

– Ведь вы были очень молодым тогда.

– Мне было 33 года, но дело не в этом. Конечно, главный конструктор ядерных зарядов, прежде всего физик. Конструктор ядерных зарядов всегда должен быть физиком, и физиком высокой квалификации. Для меня так было всегда однозначно: главным конструктором ядерных зарядов может быть только физик-ядерщик, потому что ядерный заряд – это, прежде всего, физическая установка. Там ничего не происходит, кроме физических процессов. Их надо понимать, надо быть обученным проницать эти процессы.

Конечно, в развитии советского ядерного оружия и конструкторы сыграли важную роль. Особенность обучения конструктора состоит в том, что человека специально учат при создании любой машины учитывать все факторы, сопровождающие её обслуживание и применение. Я вам скажу, что когда американцы делали своё оружие, у них, похоже, конструкторы играли весьма подчинённую роль. У них ядерные заряды создавали, в основном, физики, для которых важен результат действия их творения, а не такие «мелочи», как обслуживание физического устройства до действия, поэтому они долго осознавали и приходили к пониманию того, что оружие требует особого отношения. И они много пережили неприятностей именно из-за того, что у них всё развитие ядерного оружия определяли физики.

– То есть, выходит, что главный конструктор – это, с одной стороны, как вы сказали, несомненно, физик, но с другой стороны...

– А с другой стороны, он должен понимать конструкторов. У конструкторов должен вырабатываться некий консерватизм. Конструктор – это, прежде всего, сухой, трезвый ум. Конечно, должны быть темперамент, ум, но главное для конструктора, надо уметь сдерживать свои эмоции, уметь направлять их на всестороннее рассмотрение творимого. И ещё, я это усвоил за долгие годы, ты должен уважать всех своих коллег, всех участников процесса создания ядерного заряда и, прежде всего, конструкторов. Почему? Потому, что они беспокоятся о изделии в целом.

– После 1990-го года в СССР и в России ядерных взрывов не проводилось. На ваш взгляд, как это сказывается на нашей

ядерной науке? Я сейчас даже не говорю об оружии, а именно о работах по физике процесса ядерного взрыва.

– Ответ на этот вопрос очень сложный. Я бы начал с того, что, на самом деле ядерное оружие не является обычным оружием. Ядерное оружие есть оружие политическое. Поэтому то, как оно должно развиваться, совершенствоваться, должны ли проводиться его испытания и для чего – это вообще не могут решать разработчики ядерного оружия. Это должно решать Правительство, Президент, военные, наконец. Именно власти должны решать, каким должно быть главное оружие страны. Если они этого не знают, то должны призвать разработчиков ядерного оружия и те расскажут, чего можно ждать от разных видов ядерного оружия, потому что это они знают лучше всех в стране. На основе этой информации опять же власти должны решить, какие возможности надо реализовывать и обеспечить эту реализацию соответствующим финансированием.

– И тем не менее, 9 лет у нас не испытывалось ядерное оружие – как и на что это сказывается? И сказывается ли вообще? Или всё можно заменить, как считают американцы компьютерным моделированием?

– Во-первых, американцы никогда не считали, что компьютерным моделированием можно заменить испытания. Они отлично понимают разницу между расчётами и испытаниями. И мы понимаем. Что такое испытание? Вы не можете в испытании проследить все фазы развития физического процесса. В испытании вы фиксируете какие-то промежуточные стадии. Если то, что вы зафиксировали в эксперименте, не соответствует тому, что вы ожидали, можно ещё поставить эксперимент и выловить эту недостающую информацию. А нет испытаний – нет такой возможности.

– Таким образом, наш девятилетний мораторий, всё-таки, отрицательно сказывается в смысле совершенствования параметров ядерного оружия?

– Безусловно! Я ещё раз говорю: что такое испытание и что такое расчёт. Если имеется возможность проводить испытания, даже если эксперимент был поставлен неправильно, то через какое-то время это выяснится: я не тот вопрос задал, не тот ответ получил. Но если я делаю расчёт, как мне проверить, что я ошибся? Чем? Бытующее утверждение о том, что с помощью

самых-самых совершенных расчётных методов можно построить совершенный ядерный заряд, неверно. Чем совершеннее физическая установка, тем больше надо экспериментировать.

– Борис Васильевич, я процитирую одно из ваших выступлений: «Без испытаний, можно сказать, как оружейники мы перестаём существовать». Но ведь существуют не только испытания устройств, оружия, бомб, но и так называемые эксперименты с критическими сборками. Могут ли они компенсировать «экспериментальный голод»?

– На самом деле фокус вот в чём: есть вещи грубые, а есть вещи тонкие. И вот в тонких вещах без испытаний не обойдётся. Дело в том, что мы в развитии оружия достигли очень больших тонкостей. То есть совершенно рекордных. Представьте себе, что запретили прыжки в высоту. Кто-то говорит: я могу 2,70 запросто взять. А до этого было 2,10, 2,20... Ну и что? Пожалуйста, утверждай. Есть такие вещи, пока не прыгнешь и не покажешь, никто не поверит.

Критические сборки – это очень грубая вещь, это только начало процесса. А физика ядерного взрыва – вещь невероятно тонкая. Познать её без эксперимента невозможно.

– Несмотря на столь внешне катастрофические последствия?

– Перед катастрофическими последствиями происходят сложнейшие физические процессы. Ну, представьте себе, разваливается ядро. Во-первых, мы толком не знаем, что такое ядро. Мы знаем, что оно состоит из нейтронов, протонов. Но как они связаны, как это всё происходит? И что такое нейтрино, глюоны, мезоны? Обо всём этом мы получаем лишь косвенные сведения. Мы ещё очень далеки от детального представления процессов происходящих в ядрах при их делении или синтезе.

Я был в Европейском центре ядерных исследований, ЦЕРН, в Швейцарии. Там совершенно потрясающая ускорительная техника. Вообще, ЦЕРН – организация сама по себе удивительная, там великолепное братство физиков! Я им говорил: коллеги, вы всё время работаете с большими энергиями, давайте обратимся к другому полюсу. К какому? К большим плотностям материи. У вас это невозможно сделать, у нас – возможно. Давайте объединим усилия. Давайте вместе будем думать о всестороннем исследовании больших плотностей материи для её

познания. Ведь, в конце концов, только при ядерном взрыве реализуются высочайшие температуры и плотности. И вообще, недостойно людей использовать самые тонкие процессы мироздания для изготовления бомб.

– В связи с этим такой вопрос: кого вы считаете своими учителями, кто произвёл на вас наиболее сильное впечатление?

– У меня было много учителей. Прежде всего, это профессора Московского Механического института. Среди них на первое место я бы поставил Игоря Евгеньевича Тамма. Некоторое время я имел счастье работать в его теоретическом семинаре. Неизгладимое впечатление оставил Лев Андреевич Арцимович, читавший нам атомную физику. Семён Эммануилович Хайкин был непревзойдённым демонстратором физических эффектов. Многому я научился, работая на кафедре нейтронной физике добровольным помощником у Аполлона Николаевича Климова и Николая Владимировича Лазарева, моего товарища по курсу. Очень большое влияние на моё формирование как научного работника и исследователя оказал мой первый начальник Диодор Михайлович Тарасов, не побоявшийся доверить мне, студенту-дипломнику сложнейшую импульсную рентгеновскую установку, техника, только окончившего техникум и двух лаборантов в возрасте 16 и 17 лет. Работая с Диодором Михайловичем, я учился у него не только постановке и интерпретации экспериментов, но и общению со своими сотрудниками. Давно уже нет незабвенного Диодора Михайловича, но я помню его и часто вспоминаю.

Моим учителем был и наш дорогой Евгений Иванович Забабахин, бывший научным руководителем после Кирилла Ивановича Щёлкина, первого научного руководителя нашего Института. Я проработал с Евгением Ивановичем с 1961 года, с года, когда я появился в Институте в должности Главного Конструктора, ещё не знающего, что это такое, и до 1984 года, года его смерти, став опытным и знающим специалистом своего дела. Во многом тому, кем я стал, я обязан Евгению Ивановичу. Это был удивительный человек. Будучи адъютантом военной академии имени Н.Е. Жуковского, он написал кандидатскую диссертацию, в которой рассмотрел сферическое сходящееся решение, а это основа механики сжатия делящихся материалов. Не-

удивительно поэтому, что когда об этой диссертации узнал Яков Борисович Зельдович, он пригласил Евгения Ивановича участвовать в работах над ядерными зарядами. Всё становление и развитие этих работ связано с именем Евгения Ивановича Забабахина, поэтому его и упоминают наряду с Курчатовым, Харитоновым, Зельдовичем и Сахаровым.

– ВНИИ технической физики был создан в 1957 году. 32% всех испытаний атомного оружия в СССР было произведено на изделиях, изготовленных во ВНИИТФ (Снежинск). 68%, соответственно, на изделиях ВНИИ экспериментальной физики (Арзамас-16). Я вот к чему клоню: как вы считаете, после всей этой огромной работы пятидесятилетней, все ли принципиальные, фундаментальные вопросы решены для создания ядерного оружия?

– Во-первых, ВНИИ Технической Физики был создан в 1955 году. Во-вторых, количество испытанных ядерных зарядов, разработанных во ВНИИТФ, не 32%, а значительно больше, а следовательно, другая цифра меньше. Относительно того, исчерпано ли создание ядерных зарядов: Нет! Нет! Нет! Даже на известных физических принципах можно ожидать качественного улучшения характеристик ядерного оружия. Безусловно!

– А есть у нас в России специалисты, которые знают, как это делать? Кадры сохранились?

– Пока есть. Но я бы повернул по-другому.

Даже то, что создано, уже страшно. Поэтому что надо улучшить? Как конструктор я знаю, что надо улучшать, но что дальше, пусть решают политики. Это их оружие...

– Что, все-таки, можно улучшить?

– Можно уменьшать реакцию на воздействие, то есть увеличивать безопасность ядерного оружия в обращении.

– Такая, как бы, хирургическая атомная бомба, да?

– Не совсем. Просто мы делаем изделие, которое при авариях внутри страны, при перевозке, например, становится менее опасным. Мы можем ещё дальше усовершенствовать его в смысле того, чтобы сделать ядерное оружие миниатюрнее и опаснее для противника.

– А работы такие сейчас ведутся?

– Мы не можем такие работы вести, потому что эти работы связаны с испытаниями. Но не это главное. Главное в понима-

нии физики. Совершенствовать оружие можно до бесконечности. Ядерное оружие уже само по себе антиоружие. Бомба – не решение проблемы, потому что, если кому-то хочется свергнуть правительство в каком-нибудь государстве и поставить вместо него другое и для этого применит ядерное оружие, то ведь ставленнику достанется не страна, а чёрт знает что.

– **Вот и выходит, что сейчас, как это ни парадоксально, именно бомба, ядерные технологии диктуют поведение политиков. А политики, грубо говоря, только исполнители воли бомбы.**

– К сожалению, у меня сложилось мнение, что в России политики вообще не думают о том, что у них есть ядерное оружие. Многие из них вообще не знают, что такое ядерное оружие.

На самом деле, ядерным оружием нигде нельзя воевать, но угрожать можно. Так вот необходимо только одно: на уровне государства, на уровне президента, властных структур высказать однозначное и определённое отношение к этому виду оружия. Этого пока нет.

– Ну, почему же, Борис Ельцин сразу же, в первый год своего первого президентского срока, посетил Арзамас-16, заявлял там, что ядерное оружие является нашим приоритетом, несомненной сферой интересов государства и так далее и так далее.

– Всё правильно. Но на самом деле всё это пока пустые декларации! За ними не стоит истинная забота о людях, создававших и поддерживающих ядерное оружие. Но главное – это определение целостности государства, независимости. Ядерное оружие – ведь это элемент обеспечения всего этого и ничего больше. Сложный трудный элемент, он не существует сам по себе, он существует в связке с ракетной техникой и т.д. Эти области – прерогатива государственной власти, только государственной власти, и никакие политики – Зюгановы, Явлинские и все остальные прочие – никакого отношения к этому не имеют. Это есть проявление заботы правительства о своей стране.

– **В последнее время часто приходится слышать и читать о так называемых «чистых» зарядах. Могли вы рассказать, что это такое, возможно ли это осуществить реально? Например, известный вам Виктор Никитович Михайлов, бывший ми-**

нистр по атомной энергии России, считает, что всё-таки взрывные процессы несут остаточную радиацию, и проблема «чистых» не такая простая, как казалось некоторым физикам. Что это за проблема?

– Всегда было желание ядерным оружием создать взрыв, который не оставлял бы радиации. Я бы сказал, что это какая-то паранойя: если вы начали воевать с применением ядерного оружия, какая Вам разница, что вы оставите? Кому Вы оставите? Вопрос о «чистоте» имеет смысл, только когда ядерный взрыв применяется для промышленных целей, то есть когда вы работаете на своей территории. Я думаю, что Виктор Никитович отвечал на этот вопрос именно с точки зрения военной.

– **Так возможны ли «чистые заряды»?**

– Такие заряды делать можно, но не для военных целей. И мы это делали, это не фантастика, не выдумки. Это всё возможно, но для этого надо работать, спокойно работать, чтобы никто не мешал.

– **Борис Васильевич, опять процитирую один отрывок из вашей трехлетней давности беседы с Владимиром Губаревым: «Я не сомневаюсь в том, что среди нас найдутся завистники (прежде всего в вашем любимом ВНИИЭФе, помяните моё слово!) которые скажут, что «эти, там, на Урале, выпендриваются, что космическая защита (речь идёт о защите Земли от астероидной опасности – А.В.) ерунда и не для серьёзных людей».**

В связи с этим вот такой вопрос возникает: что, существует какая-то неформальная, а может быть и формальная, конкуренция, ревность, стремление умалить достижения конкурирующего ядерного центра в Арзамасе-16 (ВНИИЭФ)?

– Очень хорошо, что этот вопрос поставлен, потому что существует очень серьёзная проблема координации исследований в нашей области. Как вообще должна развиваться наука, техника? Она должна развиваться усилиями людей, критикующими друг друга. Вот в чём дело. Вся история создания и существования нашего ядерного центра ВНИИТФ это подтверждает.

Идею создания ВНИИТФ предложил Кирилл Иванович Щёлкин, который был первым заместителем у Юлия Борисовича Харитона в Арзамасе-16. Формальный повод был таким: в случае войны, если один центр будет разрушен, ему нужен дублёр. И первоначальные планы работы ВНИИТФ были именно

дублёрскими. Но уже через год всё переменялось. И в 1958-м году новый институт создаёт конструкции изделий совершенно непохожие на те, что делали в Арзамасе-16. И они работали безотказно.

Заслуга Щёлкина была в том, что он создал такой климат в новом институте, что здесь хотелось работать. Никто не указывал, никто не давил, и это было творчество.

– Как в Англии: был старый солидный Оксфорд и более молодой, раскрепощённый Кембридж.

– Не знаю, как в Англии. Россия – страна своеобразная. В 1958-м году новый институт, не имел ещё ни своей производственной базы, ни единого места базирования (часть сотрудников до 1957-го года ещё жила там, в Арзамасе). И, тем не менее, они создали и передали на вооружение прекрасные образцы. Это было, как гром среди ясного неба!

– А существует ли в действительности – я боюсь этого слова, но, тем не менее – конфронтация между двумя российскими ядерными центрами?

– Это – не конфронтация, а конкуренция. И очень мощная.

– Итак, созданы два центра: Арзамас-16 и ваш – Челябинск-70. Можно ли сказать в чём их отличия? Или: в чём уникальность ВНИИТФ?

– Я бы сказал, что уникальное в нас смелость и абсолютное отсутствие боязни решать по-новому старые проблемы.

– А вы можете назвать какие-то уникальные технические изделия, созданные в вашем центре?

– Мы создали боеголовку, которая легче американской аналогичного назначения и при этом она ещё и мощнее американской. Аналогов этой конструкции нет.

У нас созданы ядерные заряды для пушек, калибр 152 мм, которые также превосходят американские. Если Вы где-нибудь прочтёте, что первые заряды для артиллерии разработаны во ВНИИЭФ, то будет и правдой, и неправдой, потому что ими можно было стрелять только из уникальных пушек, вроде царь-пушки. Мы же делали ядерные снаряды для обычных пушек, которых в армии десятки тысяч.

Мы создали бомбы, которые после столкновения с преградой ещё живут. И всё это при скоростях в три раза больших, чем у американских изделий.

В этом-то была сила нашего института – мы не боялись идти на решение очень рискованных задач, которые, если основываться на старых подходах, считались бы нерешенной проблемой. Но я не полагался на старые решения, я всегда считал так: если есть какой-то вопрос, на который нет ответа, то давайте это изучим. Это качество: принимать решения на основе знаний, а не предрассудков, нам прививали тот же Щёлкин, тот же Забабахин: не бойтесь экспериментировать!

– Своеобразный ядерный модернизм?

– Не то чтобы модернизм, скорее, работа на грани фола. Но это, в конце концов, себя оправдывало, и это не было простой, как говорится, дурью. За каждым решением был совершенно жёсткий расчёт, обоснование.

– Были ошибки какие-то всё-таки?

– Нет! Не было ошибок, если понимать под этим словом принятие решения при отсутствии нужных знаний. Были неудачи, но это не были ошибки, это был поиск, а в поиске без неудач не обходится. Только так: в чередовании неудач и удач находит истина.

– Научный руководитель ВНИИТФ Евгений Николаевич Аврорин сказал как-то такую вещь: «Сегодня меня больше всего тревожит то, что меня не спрашивают о моей работе. Меня даже не информировали, когда принимали решение о моратории на ядерные испытания. И никого из нас – создателей оружия, не спрашивали...». Он говорил это ещё даже не о России, а о последних годах СССР. А как вы за последнее десятилетие эту динамику отношения к вам оцениваете?

– Характерной особенностью периода, начиная с 85-го года, является просто забвение того, что СССР, а затем и Россия – великая ядерная держава. Динамики положительного отношения к нам нет. Такое впечатление, что специалисты по ядерному оружию этой стране не нужны.

– Извините, перебыю, но именно в середине 80-х были серьёзно, ощутимо увеличены вложения в фундаментальную науку, это зафиксировано статистикой.

– Возможно, что, согласно статистическим данным, это так и есть. Но наша часть фундаментальной науки это не ощутила. У нас ничего не прибавилось. Как раз это время характеризовалось тем, что были прекращены ядерные взрывы для промыш-

ленного применения. А ведь тогда мы, например, вышли на совершенно уникальные технологии интенсификации добычи нефти с помощью ядерных взрывов в Восточной Сибири. Активизировать большую площадь для того, чтобы нефть пошла в скважины. Если бы эту работу нам дали довести до конца...

Но именно с этого периода начались инициативы сначала одного президента, потом другого: сократить это, сократить то. Примерно, с 1987-го года просто оборвалась программа целенаправленного создания ядерного оружия. Вообще исчезла программа целенаправленного создания оружия государства.

– Вы хотите сказать, что сейчас у нас оружие десятилетней давности?

– У ядерного оружия нет срока давности. У него есть гарантированный срок службы. Он кончается, боеголовку возвращают на завод-изготовитель, где её разбирают, а в армию поставляют вновь изготовленную и т.д. Поэтому совершенно не важно, когда разработан ядерный заряд в 1988 году или в 1978. Тем более, что от времени испытания ядерного заряда до того, как он в составе боеголовки будет поставлен в армию, проходит не мало времени, иногда до 10 лет. К тому же по моей оценке, нами был создан задел лет на 20 вперёд. Если бы мы продолжали работать в том же режиме, в котором мы работали до 1987 года, то мы имели бы сейчас нечто фантастическое.

– Скажите, а велика ли разница между ядерным взрывным устройством для промышленного применения и для военного? Я не имею в виду средства доставки – это понятно.

– Принципиальной разницы нет. Но технически – очень большая разница. Очень большая. Изделие для военного применения проще. Дело в том, что при конструировании промышленного заряда, мы должны всё время думать о том, что он работает внутри страны. Мы обязаны предложить такую конструкцию, чтобы при работе, скажем, при интенсификации добычи нефти, свести к минимуму радиационное загрязнение.

– Действительно, до конца в это не верится, – можно взорвать под землей, в нефтеносных песчаниках ядерный заряд и при этом получить нефть радиологически чистой.

– Это – хорошая инженерная задача. Простой пример: вы хотите вскрыть родник. Вы начинаете копать, идёт пыль, песок и так далее, и пить это невозможно. В конце концов, вы находи-

те способ выкопать колодец так, чтобы вода шла чистая. Вот такая же точно задача решается и при промышленных взрывах. Однозначно заявляю: можно сделать любое промышленное применение ядерных взрывных технологий и при этом радиоактивный фон будет оставаться на уровне естественной радиоактивности. Если оценки показывают, что этого сделать нельзя, надо отказаться, сказать честно, что этим способом здесь работать нельзя. Вот в чём дело. И надо сказать, прежде чем произвести какой-то промышленный ядерный взрыв, этому предшествовала очень большая аналитическая работа. Работа тонкая, и все люди, которые к этому имели отношение, они прекрасно всё это чувствовали.

*Опубликовано в «Независимой газете»
26 августа 1999 г.*

Перспективы научной рациональности в XXI веке

(круглый стол)

В декабре 1999 года, в редакции «Независимой газеты» состоялось заседание Круглого стола, для обсуждения на котором были предложены следующие темы: Классические аксиомы рациональности в эпоху постмодерна; Как соединяются научно-философский и религиозный способы мышления; Может ли естествознание претендовать на роль мировоззрения; Объективная реальность: множественное или единственное число; Кто направляет и контролирует наступление машин.

В работе этого Круглого стола участвовали:

Вадим Маркович Розин – профессор, доктор философских наук, сотрудник Института философии РАН, автор ряда исследований и книг, посвященных истории науки, методологии, психологии;

Леонид Григорьевич Ионин – профессор, доктор социологических наук, декан факультета прикладной политологии Государственного университета Высшая школа экономики;

Геннадий Герценович Копылов – кандидат физико-математических наук, главный редактор методологического альманаха «Кентавр»;

Борис Иванович Кудрин – профессор, доктор технических наук, главный редактор серий научных трудов «Ценологические исследования» и «Математические и экономические модели в оперативном управлении производством»;

Марк Владимирович Рац – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заместитель директора Института стратегических оценок;

Андрей Геннадьевич Ваганов – ответственный редактор приложения «НГ-наука» «Независимой газеты».

16 февраля 2000 г. был опубликован отчет об этом заседании. Эта публикация – уникальный случай в отечественной журналистике! – стала причиной появления нескольких книг, изданных Институтом философии РАН («Судьбы естествознания: современные дискуссии». – Ред. Е.А. Мамчур, М.: 2000. – 132 с.; «Статус науки в современной культуре», с.99-141 / в *Свободное слово. Интеллектуальная хроника: 1999-2000. Альманах-2000.*, Ред. В.И. Толстых, – М., 2001. – 304 с.; Розин В.М., «Типы и дискурсы научного мышления». – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 248 с.).

Что же так возбудило уважаемое философско-академическое сообщество?

Как заметил однажды знаменитый физик Ювал Нееман, «наука – это ДНК социального вида». Однако, почему именно наука стала, действительно, самым мощным, эффективным и авторитетным социальным институтом? Почему, при всех своих несомненных достижениях, на эту роль не могут все-таки претендовать другие способы познания окружающей действительности: обыденный, художественный, религиозно-мифологический, философский? Очевидно, что к тому есть какие-то рациональные причины. Ведь специально никто не занимался, как сегодня сказали бы, «раскручиванием» или маркетингом науки как способа познания реальности. Религия, к примеру, гораздо старше, чем наука, однако и она вынуждена приспособливаться (адаптировать) достижения науки к догматам веры. (Так, например, сегодня очень активно католическая церковь пытается использовать космологическую концепцию Большого Взрыва для подтверждения, якобы, акта разумного творения Вселенной.)

И, тем не менее, именно сегодня, во время века, казалось бы, триумфа научно-технического знания, ставится под сомнение сама идея научной рациональности. Это похоже на чисто психологическую реакцию сопротивления новому и еще малоизвестному будущему. Американский экономист и социолог, лауреат Нобелевской премии Алвин Тоффлер, назвал этот феномен «футурошоком» (то есть, «Потрясение перед будущим»). Естественная защитная реакция от футу-

рошока, возникающая в человеческом обществе, – принижение значения науки, превращение науки в одно из неприятных групп ученых, которое не имеет никакого преимущества перед другими способами познания действительности.

«Высший статус научного знания, прежде всего естествознания, оказывается подорванным, – отмечает философ Александр Огурцов, – и возникло движение, которое полагает, что в демократическом обществе необходимо уравнивать в правах все формы общественного сознания, что превосходство науки и непререкаемость ее авторитета – это миф, что наука – это лишь форма идеологии, которая должна быть во имя идеалов свободы отделена от государства <...>. Теперь уже доминантой становится позиция, которая основывается на социокультурном образе науки, вплетает ее в социальную и культурную действительность и старается размыть границы... между научными и вненаучными формами знания».

Допустим, мы согласимся с тем, что наука, как рациональный способ познания окружающей действительности, оказывается в принципе порочна и после того, как мы применяем этот способ, наступает множество негативных последствий. Но ведь можно продолжить эту логическую цепочку: а что тогда взамен науки? Какую концепцию, помимо научной рациональности, помимо научного мировоззрения, можно в принципе помыслить?

В этом-то и попытались разобраться участники круглого стола...

Андрей Ваганов: Уважаемые участники нашей сегодняшней встречи, мое вводное слово будет кратким.

В России, да и во всем мире, в последнее время постоянно и все более активно обсуждается одна тема: при разговорах о судьбе и роли науки, особенно фундаментальной науки, все больше и больше раздается откровенных обвинений в адрес науки. Самое распространенное среди них – именно фундаментальная наука (в европейском понимании) ответственная за экологический кризис. И вообще: человечество с этой наукой зайдет в такой тупик, из которого уже ничто не поможет выбраться.

Таких высказываний в последнее время, повторяю, появляется все больше и больше. Вот только одно из них. «Все это <универсальное распространение естествознания> вело к устранению также и понятия разума, который к концу 19 века – по крайней мере в науках о природе – был сужен до так называемой научной рациональности...», – пишет Пиама Павловна Гайдено.

Совершенно очевидно, что в данном контексте этот термин – «научная рациональность» – принижен, сведен на качественно более низкий уровень по сравнению с какими-то другими мировоззренческими концепциями.

Что происходит в конце XX века? То ли, чисто психологически, человечество хочет перемен. То ли здесь – какие-то онтологические корни... По крайней мере, как-то неожиданно в конце века, казалось бы, триумфа научно-технического знания, вдруг ставится под сомнение сама идея научной рациональности.

Вадим Розин: Проблема, действительно, актуальная. Мне, накануне нашей сегодняшней встречи, передали список тем другого круглого стола под названием: «Наука: безграничные возможности и возможные границы». Тут вопросы почти такие же: Способна ли современная фундаментальная физика дать действительно реалистическую картину реальности? Ограничены ли возможности науки в ее познания мира? Способна ли наука решать кардинальные вопросы человеческой экзистенции? Способна ли современная наука объяснить мир? И так далее.



Андрей Ваганов: Мы не сговаривались!

Вадим Розин: Я поэтому и поразился. Это весьма симптоматично.

Леонид Ионин: И все-таки, все происходящее с наукой сегодня – не просто чисто хронологический результат, это не то, что происходит в конце каждого века. Наука, научная картина мира и вообще все, на чем формировался современный мир – все это дитя Нового времени. И уже больше, чем век надо числить той тенденции, в которой сейчас происходит разочарование. А разочарование в чем заключается. Собственно говоря, все критическое, что говорится против науки, направлено не столько против науки, сколько против того, что наука является верховным и последним судьей всего, окончательным средством решения всех вопросов. Это, по-моему, – основной мотив.



И вообще, постмодернистская идея, в чем состоит: в том, чтобы науке найти достойное её место в общей системе видов, способов познания, знания, представлений о мире, а не распространять ее, науку, на все без исключения. Наука – не универсальное средство познания. Она просто один из многих способов познания. И в таком виде она может занимать достойное место... Но поскольку ученые столько лет и даже столетий считались, и были, вершителями судеб человечества, конечно, им обидно и, конечно, все это переживается ими очень остро, иногда, как обскурантизм, который хочет науку вообще истребить и обрушить общество в век средневековья. Но, в принципе, это просто стремление к тому, чтобы наука заняла то место, которого она достойна и которое ей причитается по праву.

Андрей Ваганов: Но никто ведь специально не занимался, как сегодня сказали бы, промоушеном, маркетингом науки. Однако, почему-то так получилось, что наука стала одним из самых мощных и авторитетных социальных институтов. Навер-

ное, к тому есть какие-то рациональные причины. Религия, ведь, к примеру, гораздо старше, чем наука.

Вадим Розин: Вопрос – о какой науке идет речь? Думаю, не ошибусь, если предположу, что исключительно по поводу естествознания. Однако в настоящее время проводится демаркация между естествознанием, которое теснейшим образом связано с тем, что называют технократическим дискурсом, и другими типами наук – гуманитарной наукой, социальными науками, ориентированными на другие дискурсы и практики. Что это такое – технократический дискурс? Это не просто научная деятельность и не только ориентация естествознания на инженерию, но целая система институтов, которые работают на современную науку и технику, и, что не менее существенно, это – особый способ блокирования всех тех разговоров, которые работают против техногенной цивилизации.

В этом смысле, действительно, требуется полная ревизия в отношении, прежде всего, естествознания, особенно в связи с теми претензиями, которые у него имеются. Чтобы понять это, нужно рассмотреть реальный контекст, в котором естествознание действует. Сегодня становится очевидным, что естествознание работает на две вещи: с одной стороны, оно обслуживает технократический дискурс, который становится все более угрожающим для человеческой жизни; с другой стороны, естествознание постоянно воспроизводит, тиражирует некую картину мира, культурное значение которой тоже может быть оценено только негативно.

Да, современная картина мира, из которой исходит естествоиспытатель, стала деструктивной по отношению к культуре. Я эту картину в своих работах называю «традиционной научно-инженерной картиной мира». Она весьма распространена среди современных ученых, инженеров и даже обычных действующих специалистов, как форма их непосредственного понимания мира. Прежде всего, это представление о том, что есть природа с бесконечными запасами энергии и материалов, не только здесь на планете, но и в космосе. Что законы природы исследуются естественной наукой; потом на основе этих наук создаются инженерные проекты, разворачивается промышленность; затем создаются вещи, которые используются потребителями. При этом, заметьте, работает идея и убеждение о том,

что потребности человека непрерывно растут. Нетрудно заметить, в этой картине соединены две совершенно разные схемы: одна – познания, понимаемого в контексте естественнонаучного идеала, а другая – потребления. Сцепившись, эти две схемы напоминают змею: естествознание и техника работают на потребление, а бесконечно растущее потребление подтверждает эффективность традиционной научно-инженерной картины мира. В свою очередь, на основе указанной картины мира воспроизводится вся наша техногенная цивилизация, которая в ответ поддерживает традиционную научно-инженерную картину через свои институты.

Для меня, поэтому совершенно по-разному ставится вопрос относительно естествознания и других типов наук. Грамотные философы и ученые понимают, что и науки бывают разные (например, одно дело естествознание, другое – гуманитарная наука) и существуют разные идеалы науки, скажем, античный идеал науки, естественнонаучный, гуманитарный. Если же говорить о научной деятельности в более узком смысле, как создание идеальных объектов, теорий, объяснений и т. д., то по поводу этого нет вопросов. В том смысле, что во всех этих науках есть эти компоненты, правда, понимаемые различно. А по поводу естествознания, так сказать в широком смысле, как раз вопрос очень серьезный.

Леонид Ионин: Чисто терминологическое уточнение. Давайте условимся, что когда мы говорим «наука», мы имеем в виду Sciences – естественные науки.

Вадим Розин: Замечательно! В этом высказывании как раз видно, что настоящая наука – это Science, а остальные – это недонауки.

Леонид Ионин: У нас всегда происходит путаница. Для нас – все наука. У нас даже астрология – наука, хотя и псевдо. Поэтому постоянно и возникают эти языковые проблемы.

Андрей Ваганов: Мне недавно попала книжка – «Неизвестный Ньютон. Силуэт на фоне эпохи». Любопытную вещь я там прочел. Оказывается, во времена Ньютона, наиболее математизированные области естествознания (механика, оптика), которые в 17 в. называли «mixed mathematics», выносились за рамки натуральной философии, существовало четкое разделение между ними. Поэтому, если это учитывать, то и само назва-

ние знаменитого ньютоновского труда «Математические начала натуральной философии» – звучало если и не провокационно, то довольно непривычно. В итоге, весь корпус естественнонаучного знания как бы расщепился на «natural philosophy» и «science».

Теперь, по поводу того, обладает ли естествознание диктаторскими функциями по отношению к цивилизации.

Можно, наверное, назвать это и диктаторскими функциями. Но готовы ли мы отказаться от тех благ, от комфорта, которые естествознание нам предоставило.



Геннадий Копылов: Здесь мы, по-моему, «зацепили» очень интересный вопрос. В чем источник «диктаторских функций» науки? Это уже не ее авторитет – он во многом пошатнулся. Источник тут другой: наука диктаторствует всем своим миром, своими вещами и системами, которые были созданы с ее помощью.

Я бы привел здесь такую аналогию. В Южноафриканской республике несколько лет назад был официально отменен апартеид. Но во всем устройстве жизни даже на бытовом уровне, во всей архитектуре, – везде апартеид заложен. Раздельные входы на вокзалы, раздельные проходы по улицам и т. д. И чтобы ликвидировать это, требуется гораздо больше усилий, чем просто сменить правящую партию или даже поменять конституцию.

Наука, в лице созданной ею технологий, всей промышленности, – она вошла в само устройство жизни, в ее сердцевину, и отказаться от этого будет так же сложно, как отказаться от себя. Тем более, что благодаря такому «скелетному» положению науки, выработанные ею картины устройства мироздания – они перманентно подтверждаются (а другие, обратите внимание, НЕ подтверждаются). Вот в этом-то и корень диктатуры.

Андрей Ваганов: В конце двадцатого века стало совершенно очевидно, что сейчас человечеству вполне реально по силам создать технологию практически любой мыслимой степени сложности. Гораздо труднее отказаться, если возникает такое желание или даже необходимость, от той или иной технологии. Примеры с атомной технологией, с химическим оружием.

Но тут мы вторгаемся, по-моему, в область интересов Бориса Ивановича Кудрина, который как раз и изучает этот вопрос: как развивается этот технический мир, кто его толкает или тянет.



Борис Кудрин: Я здесь, наверное, самый ярко выраженный технократ, поскольку я спроектировал свыше двухсот крупных объектов, которыми гордились наши партия, правительство и наш народ – Запсиб, Амурсталь, Оскольский комбинат и прочие разные. Теперь к вопросу о науке.

Как-то незаметно кроме классической науки у нас появилось большое количество технических наук. В России, между прочим, 40 тысяч технических профессий. Если посмотреть сегодняшние учебники химии, то в них 80, а то и все 90 процентов не химия в классическом понимании, а явно выраженное описание методов создания новых материалов, которых ни в какой природе никогда и не было. Поэтому старое понимание, что есть какое-то естествознание, которое улучшит какую-то природу – уже не работает сегодня. Я утверждаю, что любой материал, который сегодня встречается в реальности, уже нельзя назвать природным. Попытки 100-150 лет назад посадить корабельный лес, чтобы к сегодняшнему дню сделать из этих сосен мачты, кончились неудачей, потому что на эти деревья сыпется с неба неизвестно что, в почве – неизвестно что. То есть, природу мы уничтожили. Сейчас нет людей, которые не были бы напичканы пенициллином, наркотиками и всем чем угодно. Природы, как таковой уже нет, а есть новая реальность.

Индустриальное общество было создано в конце прошлого века. На наших глазах оно неудержимо превращается в «следу-

ющее» общество – постиндустриальное, информационное, когда нет отдельных машин, нет отдельных единиц техники, отдельных технологий, единого материала; перед нами – сообщество машин и механизмов, техноценозы. Достаточно обратиться за примером к собственной квартире и убедиться, что вы попали в некоторое сообщество вещей, предметов – в техноценоз. И вы даже не можете сосчитать сколько у вас вещей, ни технических, ни бытовых. То есть, мы задавлены вещами.

Леонид Ионин: Биоценозы кончились?

Борис Кудрин: Биоценозы, в старом понимании, конечно, кончились. Они включены в техноценозы как составляющие. Мы всю природу заставили на себя трудиться. А изучаем мы – куда какая пыль несется в радиусе 100-150 километров от какого-нибудь завода. Появилась наука – экология! Заместитель главного инженера по экологии, может быть, вообще дуб от сосны если и отличает, то только потому, что у него есть личный участок земли. А так – он выбросы изучает. Но это же не экология в старом понимании.

Короче говоря, мы вошли в мир, где ничего кроме технического нет. И мы из этого мира не можем выскочить. Никто!

Леонид Ионин: Но для людей – это, все равно, среда, все равно природа, хотя она и изменилась.

Борис Кудрин: Какая это природа! Ну, назовите квартиру природой. На самом деле, это некоторая искусственная среда. Естественной она в принципе не может быть. Отключите сейчас электричество... Были такие прецеденты, в Нью-Йорке, например, когда из-за аварии на несколько часов город был лишен электричества. Если света нет 5 минут – еще терпимо. 15 минут – в темноте люди в магазинах начинают что-то привороживать. Через час – магазин разграблен полностью!

Геннадий Копылов: Но, кстати, Борис Иванович: для тех, кто создавал науку во времена Галилея, в 17 веке, природа была тоже искусственной, сотворенной средой.

Борис Кудрин: Но тогда считали, что это бог создал. А сейчас мы стоим на той точке зрения, что мы сами это все сотворили.

Андрей Ваганов: Хорошо. Допустим, мы согласимся с тем, что наука, как рациональный способ познания окружающей действительности, оказывается не без изъяна и после

того, как мы применяем этот способ, наступает множество негативных последствий, о которых здесь уже говорилось. Но можно ведь так вопрос сформулировать: а что тогда взамен науки? Какую концепцию, помимо научной рациональности, помимо научного мировоззрения, можно в принципе помыслить?

Тут уже заходил разговор о Ньютоне, о Галилее. В их времена была такая альтернатива – натуральная философия. Как отмечал Джон Локк, «приобретение и усовершенствование нашего знания субстанций... исключительно через опыт... заставляет меня подозревать, что натуральную философию нельзя сделать наукой». То есть, Локк никак не относил натуральную философию к науке, к science.

Существовали и эзотерические учения. (Я знаю, что у вас, Вадим Маркович, вышла замечательная книга, посвященная изучению эзотерики.) За ними, за этими учениями, – опыт многих тысячелетий.

Но ни одна из этих концепций не смогла развиваться в социальный проект сравнимый по своему воздействию на цивилизацию с наукой. А ведь науке, естествознанию, в европейском смысле – 300, ну, 500 лет! Что за ребенок такой буйный – или гениальный – появился, который за 300 лет весь мир перевернул! Вот, что, на мой взгляд, поразительно!

Вадим Розин: Андрей, ты рассуждаешь несколько наивно: вдруг... захватила и т.д. Уже в античности были созданы семиотические системы – математика, философия. И созданы они были, с одной стороны, исходя просто из идеи спасения и обретения бессмертия, с другой – познания подлинного бытия, где это бессмертие предполагалось. Это потом, в средние века, отработывалась идея творения, которое от бога могло быть передано человеку. И лишь затем в эпоху Возрождения начало складываться понимание Природы, напоминающее наше. И, кстати, Гена совершенно прав: что это была за природа? – стесненная искусством. Незадолго до Галилея тогдашние интеллектуалы обсуждали вопрос: может ли человек отдаться той природе, которая обрекает его на хаос, произвол, непонятно на что. И если уж говорить о природе, сказали они, то только как о стесненной искусством. Что и сделал Галилей, «изнасиловав» природу в эксперименте. То, к чему мы пришли, вовсе не результат послед-

них трехсот лет, а итог эволюции всей нашей цивилизации, начиная с античности.

И ты, Андрей, зря успокоительно говоришь, что, мол, у современной науки есть некоторые дефекты. Дефекты эти – очень серьезные и принципиальные. Как в том анекдоте: уже не беда, а катастрофа. Мы сегодня просто не отдаем себе отчета в том, какой колоссальный разрыв существует между формами осознания и реальной научной и инженерной практикой. Борис Иванович начал здесь обсуждать эту ситуацию. Мы до сих пор представляем дело так: есть природа, мы ее познаем. Какая природа! Природы той давно уже нет и в помине. Это – во-первых.

Во-вторых, вся инженерная идеология была направлена на то, чтобы обеспечить рабочий процесс. Например, самолет должен летать с такой-то скоростью, принимать на борт такой-то груз. В настоящее время стало ясно: этот рабочий процесс запускает цепи экологических изменений, цепи инфраструктурных изменений и резко меняет условия жизни человека. А какой образ познания этому соответствует? Есть природа, над ней парит, созерцая, человек, якобы не включенный в природу, он эту природу познает; и есть инженер, который поскольку он действует по законам природы, на природу никак не влияет; наконец, есть потребитель, который просто потребляет, но опять же не влияет на природу. И вот сегодня выясняется – практически каждый акт изобретения и инженерного творчества создает абсолютно неконтролируемые, нерассчитываемые волны и цепи негативных последствий.

Поэтому, уж извините, кроме той природы, которая написана на языке математики, а только ее и видит естествоиспытатель, надо различать природу как экологический организм и природу как социальный организм. Причем все эти три природы как-то друг в друга встроены.

Следующий, не менее серьезный момент. Не замечают, что главным двигателем прогресса давно уже стала не инженерия, которая исходит из идеи природы, а технология. Последняя порождает предметы совсем другим способом, чем инженерия, да и науку использует иначе. Инженерный способ: сначала нужно обнаружить эффект, создаваемый природой, а потом создать «железку», которая этот эффект реализует. А технологический способ – комплексование, соединение сфер деятельности. На-

пример, сейчас создаются виртуальные системы. За счет чего? За счет соединения самых разных областей знаний, сфер деятельности, технологий – фантазий писателей (ведь впервые эта идея была разработана фантастами), теорий психологов (всякие там распознавания образов, законы восприятия), научных исследований в области кибернетики и передачи информации, компьютерных технологий, технологий передачи информации и многое чего другое. В результате создаются технические виртуальные системы, в которых осуществляются самые различные процессы – от физических до психических.

Борис Кудрин: Которых нет в природе.

Вадим Розин: Это все – искусственные вещи, артефакты. И это принципиально. А мы, по-прежнему, пользуемся старой картинкой: природа – естественная наука – инженерия. Тут глубочайший кризис!

Естествознание связано с этой картиной мира, с технократическим дискурсом, который ее обслуживает (и наоборот), а ведь реальность совсем уже другая. Абсолютно другая! Мы давно уже в новом мире, а думаем и видим по-прежнему.



Марк Рац: Перед тем, как придти сюда, я набросал вопросы, которые были бы мне интересны. Чем мне интересна эта тема? Как мыслиться научная рациональность? (Тут мы уже начали ее ругать, не договорившись о том, как будем ее понимать.) Какие возможные альтернативы? – вопрос, который здесь уже возникал по ходу дела.

В силу вполне зрелого возраста, 21-й век по большей части я уже не застану. Поэтому меня больше всего волнует то, что происходит сейчас и в обозримом будущем. Мое мнение – большая часть неприятностей, которые мы сегодня имеем и в России, и во всем мире, есть порождение, этой самой

научной рациональности. Или, как сказал бы я, необоснованной ЭКСПАНСИИ науки в такие области, где ей совершенно нечего делать. Наука хорошо работает там, где нас интересует естественная жизнь материала как такового, материала в системной парадигме, то есть не материи, а всего того, что оказывается предметом деятельности (в том числе, и идеи могут быть). Там, где нас интересует, что-то другое, наверное, нужна не классическая наука, а другие подходы. Нужна не научная рациональность, а, скажем, проектная рациональность.

Научная рациональность всё сводит к каузальной, причинно-следственной логике. Здесь рационально всё объяснимое, имеющее причину. Говоря о проектной рациональности, я апеллирую к телеологической логике (логике целей и результатов). Здесь рациональность относится к действию и его результатам. Это то, что ещё Макс Вебер выделял как целе- и ценностно-рациональные действия. Для меня это два одинаково частных типа рациональности среди множества других возможностей, которые надо эксплицировать, систематизировать и самоопределяться по отношению к ним. Так я вижу проблему рационализма XXI века.

Борис Кудрин: Есть множество вещей, которые реализуются и при этом совершенно не рациональны. Пожалуйста – Чечня. Там чего только не реализуется. Реализуемость – это не критерий рациональности...

Марк Рац: Ровно так же, как и объяснимость. Происходящее в Чечне тоже можно объяснить десятью разными способами. Рациональнее оно от этого не станет.

Сейчас я читаю книжку, где происходит соотнесение модернисткой и постмодернистской идеологии. В разделе, посвященном культуре, там обсуждается оппозиция модернизма и постмодернизма. По сути дела, это есть обсуждение все тех же самых вопросов, немножко в другом повороте, со ссылками на Дерриду и компанию.

Леонид Ионин: «Жила б Деррида родная и нету других забот!» (Смех)

Марк Рац: Вот именно! Но это действительно все – животрепещущие темы, и их надо серьезно обсуждать и не один раз. Потому что мы еще наплачемся с этой традиционной классической наукой и вытекающими из нее непредсказуемыми и некон-

тролируемыми последствиями наподобие чеченских или экологических: это ведь, как выясняется, явления одного порядка

Андрей Ваганов: А второй ваш вопрос – что мыслимо взамен науки, какая парадигма, концепция? Вообще: мыслима ли какая-то другая рациональная познавательная стратегия (некая Наука-2), отличная принципиально от того, что мы называем «научной рациональностью»?

Марк Рац: Во-первых, эта новая концепция должна замещать один тип научной рациональности множеством различных типов рациональностей. Об этом Геннадий Герценович может более подробно рассказать, потому что он специально занимается этой темой, это – идея, так называемого полимирия (см. Г. Копылов, «Локализация инженерных миров», «Независимая газета» от 2 сентября 1998 г. – **А.В.**). Могут быть просто парные оппозиции, о которых я сказал, типа: научная рациональность – проектная рациональность; естественный подход – искусственный подход и т.д., и т.п.

То есть, вариантов – бесконечное количество, просто на этом месте мало топтались, говорю я. Если сравнить это с традиционной наукой, здесь только первые шаги сделаны. Как говорил учитель половины присутствующих здесь – Георгий Петрович Щедровицкий, мы находимся в той ситуации, в которой находился Галилей в свое время.

Андрей Ваганов: Это примерно то, что я прочитал в одной из ваших книг, Вадим Маркович: «Старое решение о существовании объективной реальности в единственном числе давно себя исчерпало».

Вадим Розин: Я сознательно хочу драматизировать ситуацию. Мне кажется, что вопрос, связанный с естествознанием – это вопрос о смене идеала научности.

Что взамен? Взамен нужно вырабатывать новый идеал научности, с одной стороны, размыкая связь естествознания с теми социальными институтами и картинами мира, которые существуют сегодня. (Для этого требуется, кстати, заново возвращаться к основаниям.) То есть, если мы не разомкнем данную связь, эти объятия естествознания и социальных институтов, технологии и т. д., – вообще ничего сделать невозможно. Эта ситуация, как в кошмарном сне, будет воспроизводиться бесконечно.

Во-вторых. Мне кажется, если говорить об альтернативе, то, безусловно, это идея множественности разных идеалов науки с возвращением и восстановлением исходного генетического ядра научной деятельности как особой семиотической работы по построению теорий, идеальных объектов и т. д. Но, – здесь, конечно, новый аспект! – работы с разными целями. Если нам нужно просто что-то объяснить, построить непротиворечивую систему знаний – для этой цели вполне подходит идеал античной науки. Если же мы хотим создать теорию относительно природного или органического объекта, то построенную систему научных знаний приходится обосновывать экспериментами. Поэтому приходится обращаться к идеалу естественной науки. Но если мы хотим провести в ходе научного исследования свою позицию или противопоставить ее другим позициям и объяснениям, с которыми мы принципиально не согласны, то в этом случае приходится прибегать к идеалу гуманитарного познания. В том же случае, если мы хотим контролируемо влиять на социальные явления, работает идеал социальной науки. Но иногда необходимо соединять методы, относящиеся к разным типам наук. И так далее и тому подобно. Причем, понимая, какие идеалы науки мы используем и для каких целей, что мы создаем – идеальные объекты, понятия, схемы, теории, какими способами обосновываем свои построения. А это означает кардинальный сдвиг в план методологии науки, а также понимание, что никакой природы самой по себе, вне нашей интеллектуальной и практической деятельности, не существует. Такую работу можно проделать, только если поставить на должный уровень методологическую работу – это раз. И, второе, – необходим еще более кардинальный сдвиг в область гуманитарных и социальных наук.

Однако есть еще одна сторона дела, которая меня смущает. По моим наблюдениям в последние десятилетия быстро падает научный интерес, склонность к познанию, та якобы непосредственная природная любознательность, которая двигала всей наукой, начиная с XVII века. И это неслучайно. Ведь, что направляло усилия ученых до недавнего момента? – некоторая картина действительности, в которой мы находимся. Она была задана в античности. Есть подлинная реальность, постижение, познание которой или сделает человека бессмертным (по Пла-

тону) или подарит ему высшее наслаждение (по Аристотелю). Затем эта картина была усовершенствована и приспособлена к запросам Нового времени: есть природа, познание которой делает человека могущественным и счастливым. Вот эта вдохновляющая картина овладения силами природы и воодушевляла на протяжении всего Нового времени ученых-естествоиспытателей. Однако, похоже, энергия, заданная этой картиной мира, если можно так сказать, исчерпывается. С одной стороны, оказалось, что человек не стал более счастливым, зато угодил в воронку глобальных неприятностей и неразрешимых проблем, с другой стороны, выкристаллизовались более сильные и значимые интересы. В настоящее время для человека более важны проблемы выживания, поиск других форм жизни, выработка альтернативных ценностей. Это ведет, образно говоря, к прорастанию новой картины действительности, где место науки будет совсем другое. И в этой действительности такого жгучего интереса – все время познавать и открывать – не будет.

Как культуролог я обращаю ваше внимание на интересный феномен: вероятно, мы дожигаем последние порции научного горючего – безоглядного интереса к познанию природы и мира. Но может быть, на самом деле, мы его уже лишились. Нас больше сейчас интересуют – и, слава богу, возможно! – другие вещи.

Леонид Ионин: Дело, к тому же, не в том, что кто-то разочаровывается в науке: раньше ее поднимали на щит, а теперь разочаровывается. Она, наука, сама себя завела в тупик. И наука, и технологии, и проектирование тоже. Проектирование гигантских сетей во всех сферах жизни приводит к тому, что эти сети действуют сами по себе независимо от желания проектировщиков, производят эффекты, которые от них не ожидалось, они как бы начинают приобретать собственную жизнь, независимую от проектировщика. Как тут не вспомнить интернет.

Чем дальше будет развиваться интернет, тем больше он будет выходить – как коммуникационная сеть – из-под контроля. Я бы это так сформулировал: Бог приходит из интернета, он оттуда появляется, он там рождается. То есть, наука, сама рождает нечто, что она не в состоянии познать, то, что руководит и ею, и вообще всей человеческой жизнью, производит действия самостоятельные, не поддающиеся человеческому регулированию. А, собственно говоря, это действительно – приход бога.

Тут уже Марк Владимирович упоминал такой термин – многомирие. Многомирие, или если хотите полимундия (смех), с моей точки зрения, заключается в том, что эта полимундия появится из-за того, что наука сузит свои границы, а все остальные сферы – художественное творчество, религиозная вера, эзотерические учения – они все будут искать, и находить свою собственную рациональность.

Если попробовать подвести это все под рубрику постмодерна, то что такое постмодерн? – постмодерн – это сообщество фундаментализмов. А там, где есть фундаментализм, там нет одной всеобщей рациональности, которая аннексирует все остальные сферы.

Итак, бог появляется и начинает производить массу образов жизни, стилей жизни, культурных форм.

Вадим Розин: Что это за бог? – вот вопрос.

Леонид Ионин: А это, как раз, касается той постановки вопроса, которую предложил Андрей: какая парадигма взамен науки мыслима? Ответить точно на этот вопрос – невозможно. Мы можем только чуть-чуть, что-то угадывать, видеть смутно... А предложить парадигму – это будет чистой воды спекуляция.

Марк Рац: Мне кажется, что здесь мы проскочили один очень важный момент. И то, что сказал сейчас Леонид Григорьевич имеет к нему прямое отношение, и тезис Вадима Марковича о разрыве между практикой и формами ее рефлексии. На мой взгляд, собака зарыта именно здесь.

Все эти гадости, которые происходят от наркотиков, от загрязнения окружающей среды (хоть природной, хоть интеллектуальной), от чертов, дьяволов – все это идет, ведь, по модели классической науки. В том смысле, что во всех этих ситуациях у нас рефлексия и понимание происходящего отстают от реальности. У нас вещи идут впереди, техника. А через 20 лет мы соображаем: что же это мы такое натворили, зачем же мы это сделали.

Марк Рац: В 60-е годы, кто-то кинул такой лозунг: 21 век будет веком гуманитарной науки, либо его не будет вообще.

Леонид Ионин: Сегодня этот лозунг можно дополнить: 21 век не будет веком науки вообще. И гуманитарная наука, кстати, – это все равно стремление все подверстать под научность...

Марк Рац: Пожалуй, хотя наука науке рознь, но я готов отстаивать в стороне лозунги, хотя сам о них заговорил. Нас опять «проносит» мимо главного. Несколько лет назад А.П. Назаретян сформулировал аж целый «закон техногуманитарного баланса». Поскольку научные законы выполняются объективно, то я на этом месте выдвигаю контртезис. Был бы такой «закон», не было бы у нас проблем: мы бы спали, а закон работал. Загвоздка вся в том, что никакого такого закона природы или общества не существует; о чём и говорят все наши экологические и прочие такого рода неприятности. Поэтому здесь приходится не открывать законы, а полагать принципы в действительность, то есть заниматься делом ровно противоположным. Я и говорю о принципе опережающей рефлексии.

Геннадий Копылов: Прежде чем выяснять, что будет потом и предлагать какие-то новые варианты, нужно зафиксировать ситуацию. Первая ее характеристика – в том, что, как уже здесь говорилось, существует огромный разрыв между тем, что делает наука и тем, как это осознается. Сейчас при анализе перспектив науки приходится строго различать четыре вещи: деятельность науки; институциональные структуры, которые существуют вокруг и по поводу науки, в первую очередь – технологические и образовательные; самоосознание науки; внешнее осознание науки, то есть то, как на нее смотрят из социума и чего от нее ожидают.

И эти сферы находятся в жесточайшем раздрае: самоосознание науки не соответствует реальностям ее действий, внешняя рефлексия по поводу науки противоречит идеям, заложенным в институтах и так далее. Кстати говоря, и перспектива в будущем у всех этих сфер будет различной. Но сейчас появились исторические и культурологические исследования, которые постепенно проясняют эту ситуацию. Сама социокультурная практика (которую сегодня можно назвать «панинженерной») выявляет инженерное ядро естественной науки. И если формы самоосознания науки будут наконец-то соответствовать реальности ее действий, – это и позволит поставить науку на подходящее место. Наука станет одной из инженерных деятельностей, которая творит определенный технологический мир, но не «реальность». И, далее, наука не станет предлагать себя в качестве панацеи или всеобщего эквивалента.

Андрей Ваганов: А куда будет тогда обращаться человечество за панацеей?

Геннадий Копылов: В самые разные социокультурные институты. А научная деятельность, в результате, может быть, вообще прекратится, поскольку иссякнет та энергия, которая движет учеными – энергия поиска истины. Об этом уже говорил Вадим Маркович.

Леонид Ионин: Мой вариант: в ответ на вопрос «куда обратиться?» – совершенно реальный случай. В Москве, рядом с метро «Калужская» есть дом культуры «Меридиан». И там, на доске объявлений, было как-то вывешено расписание: рок-группа такая-то выступает тогда-то, рок-группа такая-то – тогда-то; а в углу аккуратный листочек: «18.00, в ДК «Меридиан» по средам и четвергам – практические занятия по реинкарнации».

Вадим Розин: Лет десять тому назад, в Керчи, я видел огромный плакат: «Меняю карму».

Андрей Ваганов: Это забавно. Но хорошо ли это? Хотя вы и пытались сейчас тут доказать, что научная рациональность отнюдь не такая и научная, как хочет казаться. Ну, ладно, тогда давайте заниматься практической реинкарнацией, что ли?! В конце концов, практическую реинкарнацию тоже только научными методами можно осуществить – я имею в виду клонирование, генную инженерию.

И еще одно замечание, по поводу вашего выступления, Вадим Маркович. Вы сказали, что все должно вернуться к изначальному ядру. И это построение, вроде бы, выглядит логично. Но ведь изначальное ядро, тоже было еще ой-ей-ей какое! Достаточно сказать, что Платон выступал против введения письменности, считая, что это остановит развитие человеческой памяти.

Вадим Розин: Когда я говорил «давайте, вернемся к основаниям, к ядру научной деятельности», просто имел в виду более адекватное понимание того, что такое научная работа. Я специально обратил ваше внимание на то, что это будет научная деятельность, которая будет применяться для решения вполне понятных четких задач. Разные задачи потребуют разворачивания разного научного дискурса и семиозиса. А это, в свою очередь, требует, говорю я, предельного оснащения в плане методологии гуманитарных и социальных наук. Это более сложный способ

научной деятельности, точнее научно-культурной жизни. Тому кстати есть исторические прецеденты. Например, в свое время Аристотель создал философско-научное мышление: нельзя рассуждать абы как, а нужно, оказывается, следовать правилам логики, представлять реальность с помощью категорий, обосновывать все интеллектуальные построения и прочее. Это был, конечно, более сложный способ работы, чем тот который практиковали софисты. Так же и сейчас – требуется более сложный тип интеллектуальной научной работы. Нужна более сложная структура, где главными будут методологические, гуманитарные, социальные, прагматические идеалы и процедуры.

Но тут важно и другое. Когда я говорю, что естественное работает в рамках сложившейся научно-инженерной картины мира, а также технократического дискурса, то это как бы даже за нашим столом обнаруживается. Вот ты, Андрей, говоришь: а разве это не есть, снова, научная задача? Действительно, в рамках технократического дискурса любая проблема решается техническим или научным путем. И чтобы ни произошло, пусть даже мы на технократическом паровозе летим в пропасть, всегда есть возможность научно-технического решения проблемы. Но это, на мой взгляд, иллюзия, порожденная тем же технократическим дискурсом. А с другой стороны, дело даже не в этом.

Вот ты говоришь: а что взамен? Но почему ты считаешь, что возможны только такие формы социальной и человеческой жизни, которые обязательно связаны с этими технологиями и т.д. Правда, на это Борис Иванович приводит свой аргумент: а ничего другого у нас уже, мол, нет. Техника – наша судьба и реальность. Есть железные законы техноэволюции. Более того, Борис Иванович, исходя из этих законов, даже рассчитал, когда наступит крах всей нашей цивилизации.

Ситуация в этом смысле достаточно драматическая. Но с гибелью нашей цивилизации можно согласиться, если только считать, что тот способ жизни, которым мы живем, является единственно возможным, а также что от нас с вами ничего уже не зависит. В таком случае, зачем мы здесь собрались – устроить великий плач по будущему человечества?

Геннадий Копылов: В качестве аналогии: 150 лет назад ведущей формой социальной жизни и понимания была религия.

И что сейчас с ней стало? Она живет на своем месте. Религиозные мыслители пишут книги о том, как религии жить в секуляризованном техническом мире. То есть, религия ищет свои формы существования. И с наукой будет то же самое. Будут свои «жрецы», свои «храмы науки», лаборатории по типу монастырей – в социально-чужом мире.

Марк Рац: На мой взгляд, у науки еще есть достаточно большие потенциалы, которые совершенно не проявлены и не использованы.

Пару лет назад в редакции журнала «Вопросы философии» был проведен круглый стол, аналогичный нашему сегодняшнему. Только, народу было больше и посвящен он был науке и культуре. Я там такую хулиганскую мысль высказал. Где-то в начале 1970-х г.г. наш учитель Георгий Петрович Щедровицкий опубликовал идею различения так называемых НИР-1 и НИР-2, то есть научно исследовательских работ объектно-ориентированных (НИР-1) и деятельно-ориентированных (НИР-2). Вот, если бы 30 лет назад эту идею не похоронили бы в каком-то богом забытом провинциальном сборнике, то сейчас не мы брали бы деньги в долг у МВФ, а они у нас.

Тогда посмеялись, но всерьез к этому никто не отнесся. А ведь за этим, на мой взгляд, стояла и стоит колоссальнейшая перспектива, которая и сейчас, как все в России, оказывается потенциальной. Чем замечательна Россия – Россия замечательна своим потенциалом. У нас сумасшедший интеллектуальный потенциал, потрясающий потенциал природных богатств, генетический, географический и какой угодно потенциал. Известный отечественный экономист Александр Иванович Неклеса, говорит, что сумма всех тех открытий и изобретений, научных заделов, которые имеются сейчас в России, измеряются десятками миллиардов долларов. Это значит, что мы сидим на этих миллиардах и просим подаяния у МВФ.

Андрей Ваганов: Не следует ли из всей суммы этих примеров, что это гигантское поле потенциального рельефа от Балтики до Тихого океана, потому и пребывает в потенциальном состоянии, что мы все время рассуждаем о вещах идеальных, в то время, как на Западе занимаются применением – в техническом, в инженерном смысле. Причем, основываются при этом на классическом естественном.

Геннадий Копылов: Андрей, в начале нашего разговора вы произнесли этот термин – «промоушен». Конечно, должен быть активный промоушен науки, ее активное социокультурное продвижение. Пока же предполагается, что достижения науки по причине их безусловной истинности должны говорить за себя сами. Я считаю, что, отказываясь от притязаний на истинность в последней инстанции, институт науки должен пользоваться всеми теми средствами социального продвижения, которые наработаны в других общественных сферах. Посмотрите, как поставлено продвижение новомодных религиозных сект или новых торговых технологий!

Да, она должна быть на своем месте, ограничить свои притязания, заниматься теми вещами, которыми она должна заниматься. Но эта «граница» заранее неизвестна – есть только определенные методологические соображения по этому поводу – и все определится этим «промоушеном».

А у него должны быть две составляющие: во-первых, новая популяризация науки, методологическая по своему характеру и демонстрирующая ограничения науки, а во-вторых, что неизмеримо важнее – необходима огромная инфраструктура использования науки. Я бы привел здесь такой пример.

Если бы научные исследования, скажем, по электронике, сейчас остановились, сколько бы лет можно было бы разворачивать последствия того, что уже сделано в области производства микропроцессоров, в компьютерных сетях и т.д.? Лет 50, а может быть и больше. То есть, фактически, научные исследования сейчас не нужны. А нужно, скорее, всемерное разворачивание всего того, что уже сделано.

Я бы ввел термин, по аналогии с экономическим, – технологический мультипликатор. Маленькое движение в рамках чистой науки при хорошей технической и социокультурной «раскрутке» дает огромный разворот в плане последствий. Потрясающие социальные инновации могут быть сделаны с помощью какого-нибудь ничтожного научного открытия, главное – построить формы его социального задействования. В этом смысле чисто научные исследования – это совсем не главное, они могут занимать очень маленькое место, но это будут ядрышки совершенно диковинных социальных инноваций. А сейчас, кстати, этот потенциал используется на одну десятую, не более: про-

гресс бежит вперед, и многие социокультурные и даже технологические последствия просто не успевают реализоваться.

Марк Рац: Есть замечательный исторический пример: Япония, которая на протяжении нескольких десятилетий после окончания второй мировой войны, фундаментальную науку, – как у нас ее любят называть, – вообще не развивала и не имела. Но это не помешало Японии стать одной из богатейших стран мира. При полном, заметьте, отсутствии «природных богатств». Схема была очень простой: достройка до практического использования, до технологии, в частности, открытий фундаментальной науки. Такую стратегию как раз и обеспечивают НИР-2 (хотя в Японии и нет таких форм рефлексии). Где я только об этом не писал – от «Вопросов методологии» до «Независимой газеты». А воз и ныне там. Но я продолжаю утверждать, что НИР-2 – основа инновационной экономики, поскольку даёт нам необходимые знания об объемлющих системах деятельности, куда адресуются новшества. Если бы мы начали четверть века назад интенсивно развивать НИР-2, то мы бы перегнали и Японию, и всех остальных. Да и сейчас, надеюсь, не поздно, хотя многие миллиарды долларов мы на этом уже потеряли.

Геннадий Копылов: А для этого, я добавлю, нужна адекватная рефлексия: нужно развивать в первую очередь не фундаментальную науку, а гуманитарные области исследований, связанные с разворачиванием социальных проектов, в ядре которых могут лежать научные и технологические инновации (а могут и не лежать, кстати).

Леонид Ионин: А мне понравилось, как Геннадий предложил: науку надо, как секты, пропагандировать. Чтобы ученые, как кришнаиты, ходили с флагами и в розовых одеждах по улицам. И на улице, как сейчас к нам кришнаиты пристаю, так и в будущем, представьте, пристает к вам молодой человек: «Купите книгу с новыми сведениями по теории относительности».

Борис Кудрин: Вы все говорите: одна картина, вторая картина; научное, мол, плохо и плохо. Но вы все, забываете, что каждый день, прошу прощения, в туалет ходите. А ведь, кто-то должен его сделать, кто-то должен разработать. Наука, материализующаяся в окружающие вас вещи, всегда была, есть и будет. Целое КБ разрабатывает зонтики. В Microsoft трудится 25 тысяч человек! Это же все – наука.

Геннадий Копылов: Но в той же Microsoft меньше одного процента занимаются научными исследованиями, и, примерно 10 процентов – программированием; все остальные – маркетингом.

Борис Кудрин: Все вместе – это некоторая деятельность по реализации какого-то плана. В тот период, когда вы сделали какую-то вещь и пользуетесь ею в собственном доме – это не наука. (Как говорил Владимир Набоков, умение починить кофемолку – это не наука.) Каждая вещь должна быть задокументирована, сертифицирована. Наука, сама по себе, – это меньшая часть, но все остальное подчиняется науке. А делает наука, в конце концов, те вещи, за счет которых вы живете. И это основа. А вы здесь рассуждаете о всяких религиях и прочее и прочее. Это – безобразия!

Геннадий Копылов: Борис Иванович! Представьте себе, что эти все научные исследования остановились. Сколько мы сможем прожить на тех исследованиях, которые уже есть?

Борис Кудрин: А в этом случае, к нам через некоторое время, явятся какие-то люди, условно говоря, – на новых танках, а мы – по-прежнему ездим на Т-34.

Геннадий Копылов: Это и есть самый главный вопрос: что будет определять силу государства в будущем, в 21 веке?

Борис Кудрин: Сила, основанная на науке!

Леонид Ионин: Борис Иванович, вот вы сказали – «безобразия». Но, предположим, есть домработница, без которой прожить невозможно. Но когда домработница претендует на то, чтобы определять уклад жизни, образ жизни, биографию жизни хозяев – это безобразия. Домработница не может определять интересы хозяев. Раньше наука была служанкой теологии. Сейчас наука должна быть служанкой любого дискурса. Но она не должна сама определять, о чем нам думать.

Вадим Розин: Я хочу обозначить тут некую позицию. Для меня лично всегда была интересна ситуация перехода от античности к средним векам. Казалось бы: рафинированная культура, с высоко развитой наукой, с комфортными формами жизни... И вдруг появляются люди, которые отказываются от этого комфорта, отказываются от благ цивилизации, от культуры, выдвигают какие-то странные доморощенные идеи (первых христиан называли сумасшедшими: верят в Бога в трех лицах,

в воскрешение, в то, что мир был создан по слову!). Но будущее оказалось за ними, за этими «сумасшедшими». И сейчас ситуация такого же типа.

Например. Зачем мне все эти блага, если я уже давно оказался лишь элементом неподвластной мне технической стихии. Эта ситуация принципиально экзистенциальная, она требует выбора. Конечно, вы можете сказать: «Ну и что! Это и есть моя судьба и мне хорошо и приятно. И если я умру под колесами бешено мчащегося автомобиля, или от СПИДа, или от радиации – что ж, это – плата за комфорт и цивилизацию. Бесплатно в этом мире ничего не бывает». Но лично меня, Вадима Розина, подобная перспектива не устраивает. И думаю, кое-кого или многих тоже не устраивает.

Леонид Ионин: Это вы замечательно говорите, но это все – проекция на вообще современного человека. Сейчас для нас, конечно же, речь не идет об экзистенциальном выборе, просто потому, что мы находимся в совершенно другой модельной ситуации. Мы не выбираем, мы рассуждаем о возможностях выбора.

Вадим Розин: Отчасти, все-таки выбираем. Я, например, выбираю. И поэтому я приветствую термин Сергея Попова – дисциплинарий, для того, чтобы обозначить новый рубеж. А именно. Заметьте, в настоящее время лучше не говорить об ученом вообще. Почему? – потому что, когда мы рассматриваем некоторые явления, мы их рассматриваем не с точки зрения того, что они представляют собой, как говорил Аристотель, по природе, мы их рассматриваем с позиции того, как это явление можно влиять. Например, обсуждаем технику. Разве мы обсуждаем феномен техники вообще, абстрактно или созерцательно, как бы сказал Кант? Ничего подобного! Нас интересует, а можно ли вывернуться из-под власти этой техники, какова судьба человека в связи с техникой, нельзя на технику так повлиять, чтобы она и нам служила и находилась под контролем.

Леонид Ионин: Путем экзистенциального выбора, о котором вы говорите. Этот выбор между техникой, шире говоря – между технократическим дискурсом, и любыми фундаментальными формами существования: религия и проч.

Вадим Розин: Правильно. Но заметьте. Если соглашаться с термином «дисциплинарий», – то есть, человек, исследующий

некоторый феномен и вместе с тем пытающийся на него сознательно влиять, вообще отдающий себе отчет в том, что он делает, какие последствия его действия могут вызвать, как нейтрализовать негативные последствия, вообще как быть культуро-сообразным, а не деструктивным, – то это и новый рубеж для науки. Наука в старом своем понимании тогда перестает существовать.

Борис Кудрин: Если взять вектора развития техники, изучением чего я и занимаюсь, например, развития электротехники, компьютеров и т.д., то обнаруживается неумолимая тенденция. Все эти «железяки» имеют свойство каким-то образом собираться в квартире, на предприятии, в стране и т.д. Во всем этом четко просматриваются некоторые закономерности. И самая главная среди них – вектор направлен в сторону бесконечного увеличения вещей.

Каждая появившаяся вещь перестраивает человека в направлении, благоприятном для себя. Телевизор вас переделывает под себя, про автомобиль я уж вообще не говорю.

И этот вектор направлен только в одну сторону, назад, в бочку, хода нет.

Леонид Ионин: А может быть. Только этот ход будет не назад, а совсем в другое пространство. Есть иерархии форм деятельности, форм жизни, форм познания. К чему ведет этот пресловутый постмодерн? – к тому, что иерархия разрушается. Все равноценны. И в бочку, это не назад, это рядом.

Геннадий Копылов: И одновременно, в силу того, что вы говорите, техническая цивилизация превращается не в локомотив прогресса (и вообще она не связана с прогрессом!), а в инфраструктуру, которая обеспечивает нашу жизнь. Обеспечивает – но при этом не определяет траекторию жизни! Под электрической лампочкой можно писать террористический манифест, а можно – философский трактат.

Леонид Ионин: Форм внетехнического существования, в принципе, становится все больше и больше.

Андрей Ваганов: В связи с этим я хотел вот что заметить. Ведь у человеческой цивилизации, как минимум, один раз была такая точка выбора. Так, российский психолог Николай Носов показал, что крупнейшие богословы Исаак Сириин и Василий Великий в 4-6 веках нашей эры, фактически, создали концеп-

цию многоуровневости объективных реальностей. Или, в современной терминологии, множественности виртуальных реальностей. И все эти виртуальные реальности имеют равные права на существование. И если бы тогда развитие пошло по учению этих двух, как их сейчас назвали бы, культурологов, то мы бы уже давно пришли к признанию виртуальных реальностей. И вообще, другая была бы наука.

Но дело-то в том, что в той точке бифуркации, развитие человечества пошло по ветви, которая и привела нас к технократическому дискурсу. Вот что меня интригует! Значит, что-то потенциально было в этом заложено – приятного, интересного, полезного – для человека. А мы все время здесь хотим променять эту техническую реальность не известно на что, на иллюзию.

Марк Рац: Пошли по пути наименьшего сопротивления.

Геннадий Копылов: Нет, я так не думаю. Мне кажется, что здесь секрет в том, что наука, в той форме, которая возникла трудами Галилея и Гюйгенса, предоставила самые мощные на тот момент структуры реализации своих идеальных объектов. Именно – структуры инженерии.

А по поводу равноправия разных тенденций... Этот тезис – не более чем этический принцип. Но реально они доказывают свое право на существование в жестокой борьбе друг с другом. От этого никуда не деться. Если антитехнократический порядок жизни сумеет вокруг себя сформировать жизнеспособный анклав, свою социокультурную реальность, то он выживет и будет альтернативой. Не сумеет – не выживет.

Вадим Розин: И потом, Андрей, это не такой простой вопрос, как кажется. Надо еще посмотреть: культура древних царств, античность, средние века – это же вовсе не технократический путь развития. Обратите внимание, в средние века изобретения спокойненько отвергали, – известны тому многочисленные примеры, – именно исходя из культурных соображений. То есть, можно предположить, что тот выбор, о котором вы говорите, был достаточно случайным событием.

Но одна объективная предпосылка для выбора существовала. Эта предпосылка в том, что культура принципиально семиотична. Культура существует только в связи со знаковыми и языковыми системами, а они уже порождают реальность. На-

пример, нам кажется, что тепло – это природный феномен. Как вещь в себе – конечно. Но что нам делать с таким теплом? Другое дело, тепло как момент человеческой практики, то есть то, что можно объяснить, рассчитать, предсказать, промоделировать. Но такое тепло каждый раз иное. Лет двести люди были уверены, что тепло – это теплород, поскольку такова была семиотическая деятельность. Теперь мы уверены, что тепло – это энергия частиц, ведь сегодня ученые и инженеры иначе объясняют, рассчитывают и предсказывают тепловые явления. А завтра? И этот момент, связанный с тем, что реальность, предметность порождается за счет знаковой деятельности, является одной из предпосылок вот этой случайности. То есть, процесс выбора пути, по которому пошло развитие цивилизации, до некоторой степени был обусловлен природой самой культуры. Культура не может существовать и развиваться, не создавая знаковые системы, не порождая новые реальности. Когда люди научились создавать новые реальности в форме новых материальных физических миров, они оказались в ловушке. Но не потому, что это был единственный вариант развития и жизни, а потому, что обманулись и обольстились и закоренели в комфорте и в стереотипах техногенной цивилизации. Однако, как обольстились и обманулись, так и должны выпутаться. Иначе...

Борис Кудрин: Вся техническая реальность сегодня основана только на жесткой системе технической документации. Незадолго до нашего разговора стало окончательно ясно, что потерпела неудачу американская автоматическая экспедиция на Марс. Как одну их возможных причин неудачи называют, возможно, ту, что одна из программ для компьютера была написана в метрической системе, другая – в дюймах. Машина не разобралась. Это говорит о большой роли в наше время документа, как такового.

Вадим Розин: Обратите внимание, как сейчас дети осваивают предметный мир. Сначала – книжка, телевизор и так далее. То есть, они знакомятся с нереальным, виртуальным предметным миром. А потом, когда видят реальную вещь они, буквально, в шоке.

Геннадий Копылов: А если еще учесть, что основа передачи технологии есть передача документации – сначала то, что делают, надо описать, а потом правильно понять, что написано, и

воспроизвести (только тогда весь этот цикл заслуживает имени технологии) то, действительно, это становится очень важным местом.

Леонид Ионин: Еще одна деталь. Вот мы говорим о фундаментализме. А фундаментализм сопровождается отказом от насильственной семиотизации всего.

Я хочу тут свести, может быть, совершенно далекие вещи. Возьмите чеченскую войну. Возьмите российскую армию, у которой, я думаю, несколько составов только с документацией – приказы, предписания, обеспечение тыловых служб и проч. И возьмите чеченских боевиков... Многие из них, может быть, вообще неграмотны. Да это и не важно. Но, между прочим, здесь – фундаментализм, его корни, возвращение к истокам, отказ от итогов цивилизации.

Это – альтернативная культурная форма, продукт постмодерна. Вот он – живой фундаментализм. С одной стороны – технический фундаментализм со всей его документацией; и с другой стороны – иной фундаментализм – религиозный, этнический и проч., – который в этом не нуждается. И поэтому эти два фундаментализма, как Восток и Запад, входят друг в друга не пересекаясь. И это не первый пример.

Совершенно аналогично, как мы в Чечне, американцы в свое время положили миллиарды долларов, гигантское количество материальных ресурсов, чтобы перекрыть партизанскую тропу – так называемую, Тропу Хошимина во Вьетнаме. Они ее перекрыли. Но ничего не изменилось, потому что американцы никогда не могли понять, что там, где они используют вагоны документации, эшелоны географических карт, – там вьетнамская партизанская бригада обходится половиной мешка риса в день. И все.

То же самое: все наше семиотическое культурное оборудование не в состоянии справиться потому, что оно входит в другой мир; и эти два мира не соприкасаются, здесь нет иерархии, они проходят сквозь друг друга.

Андрей Ваганов: Но, между прочим, все эти иерархии выравнивает очень простая, сугубо техногенная вещь – какая-нибудь Х-бомба.

Леонид Ионин: Во Второй мировой войне, когда встретились русские с англичанами, наши были потрясены тем фак-

том, что английскому офицеру полагалась резиновая ванна, которая на привале раскладывалась, денщик подогревал воду...

Но дело не в этом. Просто чеченская война – это, в принципе, постмодернистский феномен.

Марк Рац: На этом примере вернуться бы к науке. Если бы те самые НИР-2 у нас существовали не только в качестве названия, а в качестве реальности, если бы было такое направление научной мысли, то было бы предсказано все то, о чем сейчас говорил Леонид Григорьевич.

Андрей Ваганов: Да. Но проверить эти предсказания можно было бы только с помощью эксперимента. Эксперимента в ньютоновском смысле.

Марк Рац: Бога ради. Охота – проверяй. Но это было бы теоретически предсказано, и заранее известно. А сомневаться и проверять всегда полезно.

Андрей Ваганов: Борис Иванович, я хотел бы следующий вопрос, прежде всего, адресовать вам. В Москву не так давно приезжал один интересный англичанин, профессор кибернетики Кевин Уорвик. Он утверждает, что уже сейчас им созданы роботы, по уровню своего развития находящиеся на одной эволюционной ступени с простейшими насекомыми, червями. Вы в своих работах показываете, что техносфера развивается независимо от желаний человека – техноценозы эволюционируют по своим законам. Выходит, мы тут зря, извините за выражение, толчем воду в ступе? Мы можем бесконечно обсуждать и предлагать разные концепции, а железный мир уже создан и развивается и ничего изменить нельзя...

Борис Кудрин: Возьмите любой завод. Там есть оборудование – **1010 – 1011 штук**. Когда это оборудование, появляется, то оно начинает нам диктовать свои законы.

Можно утверждать, что это я, человек, такой умный и создал автомобиль. Но можно встать и на другую точку зрения: я понял, наконец, что автомобиль хочет, чтобы я не ходил по Проспекту Мира, а ходил под землей. И вообще, пора вокруг Москвы делать третье автомобильное кольцо, потому, что от этих двуногих житья не стало: ходят, мешаются, лезут под колеса... Когда-то мы создали эти железяки, теперь они нам диктуют все дальнейшее поведение. Из этого вектора, повторяю, выйти нельзя.

Сейчас мы держим собак в доме, а будет время, когда точно также машина будет вас кормить, поить... А вы – думайте о боге, о чем угодно. Может быть, машины отберут кого-то из людей, чтобы те дальше развивали техническую реальность.

Леонид Ионин: Три варианта. Первый – машины отделятся от человека и будут выполнять исключительно обслуживающую функцию – создавать фундамент для человеческой жизни.

Второй вариант – машины уничтожают сами себя. Такие сценарии тоже возможны.

Третий вариант – нормальное существование людей и машин в рамках технократического дискурса.

Борис Кудрин: «Железяка», появившись, переделывает окружающую среду таким образом, чтобы это было благоприятно ей, «железяке». «Железяка», а не человек, переделывает все вокруг в направлении благоприятном для себя.

Вадим Розин: Я разбирал в своих работах историю с моим учителем – Георгием Петровичем Щедровицким, который говорил, что на него «село мышление». И он утверждал, что он не личность, а всего лишь субстрат мышления. А я в противовес этому формулировал такую позицию: если мы хотим остаться людьми, мы должны вывертываться из-под власти этого мышления, которое на нас садится. Так же, как из-под техники.

Для меня это вопрос принципиальный. Если я перестаю вывертываться из-под техники, из-под мышления, то я не человек. Я считаю, что до тех пор, пока люди будут оставаться людьми – они будут вывертываться, даже отказываясь от комфорта. Они будут это делать подобно тому, как это происходило в конце античности: будет сброс, может быть – понижение численности населения, стандартов потребления и прочее. Да, придется пройти очень неприятную полосу. Но зато, какая награда! Безопасное развитие человечества, здоровье, жизнь в ладу с самим собой.

Леонид Ионин: Это уже какое-то нищенианство.

Вадим Розин: Может быть. Но сейчас такая ситуация. Леонид, заметь, я не говорю, что надо совсем отказаться от техники. Я имею в виду другое. Сейчас основные цели состоят в чем? – больше, быстрее, мощнее, моднее, прибыльнее и т.д. Но ведь можно иначе формулировать задачу, создавая технику. Например, заняться тем, чтобы минимизировать негативные послед-

ствия новой техники, чтобы сформировать у студента правильное понимание природы, чтобы инженер и технолог несли ответственность за негативные последствия создания и функционирования техники, чтобы хозяйственник и политик умели взвешивать ценности, подчиняя технические задачи более важным для жизни человека и природы. То есть поставить в центр другие проблемы и задачи. Речь не идет об отказе от техники, а о том, чтобы вывернуться из-под власти этого естественного процесса, который, кстати, работает на существующие культурные ценности. Ведь если мы задумаемся, почему ездим с огромной скоростью, почему разрушаем природу, то оказывается, во все не из-за того, что техническое порождает техническое, а потому, что такие ценности. Достаточно начать критически относиться к этим ценностям, может быть после некоторой катастрофы...

Леонид Ионин: Я думаю, что мы все делаем одну и ту же ошибку. Мы все планируем универсальное будущее: надо то-то и то-то делать с техникой. В других жизненных формах этот вопрос может и не стоять. Мы должны представлять одну из жизненных форм и тогда все проблемы решаются. Каждый живет в своем. Надо исходить из того, что мы не решаем универсальный вопрос. Мы не можем за свою жизненную форму выскокить. И в этом смысле техника для нас, действительно, демонична, мы от нее не можем избавиться. Здесь нужно новое начало. И такое новое начало есть – существуют, в конце концов, религиозные культуры и все прочие фундаментализмы. Они – знак новой эпохи. Признание их правомерности и правомочности – это знак новой эпохи. Не то, что они отсталые, недоразвитые, а просто они другие с самого начала.

Андрей Ваганов: Эта идея, – равнозначности, равнообъективности различных сфер, их влияния на развитие человеческой цивилизации, – звучала сегодня не единожды. И в этой связи наука, – то, к чему мы пришли с теми или иными оговорками в результате этого круглого стола, – должна знать свое место и быть равной среди равных. Но, тем не менее, выдающийся физик современности Ювал Неeman назвал науку – «ДНК социального вида». Я бы попросил вас, в заключение, попытаться сформулировать свою позицию вот по какому вопросу. Ограничивая науку как естествознание, ставя ее в другие рамки, в

другие условия, – не наносим ли мы совершенно непредсказуемый по своим последствиям, непрогнозируемый мутационный удар по этой «ДНК социального вида»?

Леонид Ионин: Я, во-первых, не присоединился бы к этому определению: «наука – это ДНК социального вида». Далеко не во всех культурах наука являлась определяющим фундаментальным фактором.

Во-вторых. Наносим мы вред или не наносим? Мы преувеличиваем собственное значение, это произойдет и без нас. Трудно предсказать, как именно произойдет, но, скорее всего, грядут времена, когда научная культура, культура, основанная на науке и технике, будет постепенно сходиться на нет. Она перестает существовать, во всяком случае, в том виде и масштабе, в каком существовала. Наука становится просто сосуществующей с разными другими культурами.

Геннадий Копылов: Я с вами согласен, и добавил бы, что в связи с изменением роли и места науки придется пережить изменения во многих других сферах. В первую очередь – в сфере образования, которое сейчас предназначено для передачи научных знаний.

И еще. Вы, Андрей Геннадьевич, в начале встречи процитировали Пиаму Гайдено: наука заместила разум научной рациональностью. Я не думаю, что здесь имелось в виду какое-то принижение. Наука просто сумела сформировать и семиотически определить некие, вполне определенные, схемы рассуждения – философские и методологические. Так вот, если мы поймем, что это лишь одни из возможных схем, и «вернемся» к разуму, то есть, например, к созданию новых схем, – то это, по-моему, совсем неплохая перспектива.

Борис Кудрин: Кризис сегодня, несомненно, налицо. И вероятно он связан с тем, что мы не осознаем тот мир, который существует вокруг нас. Техногенный мир – мир техноценозов – требует некоторого нового взгляда на него. В нем, в этом мире, например, не работает понятие среднего, нет решения в точке, не действуют и некоторые другие фундаментальные математические понятия. И кризис сегодняшнего момента заключается именно в том, что стало слишком много вещей, удовлетворяющих обилие потребностей. Существует опасность, что на каком-то этапе мы не сможем эти потребности дальше удовле-

творять – исчерпаются ресурсы и так далее. На самом деле, наука (на ближайшие сто лет) обеспечит наши потребности. Технологический путь развития, по которому мы идем, без науки, опирающейся на реальность, на рационализм мышления, существовать не может.

А что касается самого научного поля, то оно отнюдь не сужается. Наука никуда не денется, она будет существовать и диктовать все остальные формы поведения.

Марк Рац: Я не соглашусь с тем, что наука будет все диктовать. Будет она диктовать или нет – это зависит от нас. Как говорил Вадим Маркович, либо мы из-под нее вылезем, либо не вылезем.

Борис Кудрин: Не вылезем!

Марк Рац: Если она нам так нравится, то мы под нее ляжем. Но мы ляжем, а не она нас изнасилует, извините за выражение. Что касается «ДНК социального вида», то, признаюсь, я не очень понимаю, что это значит. Если речь идет о некоторой метафоре генетического аппарата человеческого общества, то я бы сказал, что таким генетическим аппаратом является, в точности по понятию, культура, а вовсе не наука. А наука есть совершенно частное средство познания в условиях естественного полагания объектов. То есть, если мы их полагаем как естественные, то естественная классическая наука их прекрасно изучает. И дай ей бог здоровья на этом месте. Для этого она и придумана, этим она и полезна. А все неприятности происходят из-за того, что она осуществляет экспансию в неподведомственные ей области, начинает заниматься тем, чем заниматься вовсе не положено.

Вадим Розин: На мой взгляд, глубинная сущность науки связана с семиотикой. Культура – это принципиально семиотическое образование. От характера семиозиса зависит и тип культуры. Наш тип культуры техногенный потому, что тот тип семиотики, который связан с научной и инженерной деятельностью, оказался ведущим. Однако, именно гипертрофированное развитие этого семиозиса и одностороннее развитие цивилизации создает надежду на спасение, приводит к тому, что рождаются, – они уже появляются на наших глазах, – совершенно другие формы социальной жизни. Из этого вырастает некая новая реальность.

В этом смысле, конечно, от демиургических установок – управлять наукой и техникой в рамках той же научно-технической деятельности – надо отказаться. Отчасти, наша задача, как интеллектуалов, – вовремя указать на эту новую реальность. И данный круглый стол, как раз и служит этой цели – обращению внимания на то, что уже прорастает другая реальность, которая находится в напряженных отношениях с техногенной цивилизацией. И в этой новой реальности, я еще раз повторяю, энергия научного поиска будет иметь другой характер – не познание ради познания и научного любопытства, а познание ради жизни и человека, да и смысл науки будет другой. С точки же зрения чисто технологических аспектов, наука превратится в одну из сфер человеческой жизнедеятельности, которая, кстати, будет значительно сложнее, чем существующая сегодня научная деятельность.

*Опубликовано в «Независимой газете»
16 февраля 2000 г.*

Жорес, младший брат Маркса



Конечно, присуждение Нобелевских премий, особенно по естественнонаучным номинациям, никак нельзя отнести по ведомству ветреной Фортуны. И все же... В данном случае, уж слишком много ассоциаций и символических фигур вызвало к жизни сообщение, распространенное всеми информационными агентствами мира 10 октября 2000-го года: самая престижная в научном мире награда – Нобелевская премия по физике за 2000 год – присуждена академику Российской академии наук **Жоресу Ивановичу Алферову**. Мало того, сегодня,

несколько лет спустя после этого события, кажется, что по иному просто быть не могло, что кандидатуру Жореса Алферова лоббировали какие-то высшие силы. (Впрочем, сам Жорес Иванович, наверняка поморщится, если прочтет последнее утверждение, ведь на вопрос о его взгляде на взаимоотношения науки и религии он как-то ответил очень коротко: «Я атеист».)

Последняя нобелевская награда по физике в 20 веке (а век этот недаром называют веком физики, так оно и есть, по большому счету) поделили между собой трое ученых: два американца – Херберт Кремер и Джек Килби (причем, один из них, Кре-

мер, американец немецкого происхождения – тоже символика) и российский академик Жорес Алферов. Тут тебе – и история, и геополитика, и просто политика... Все акценты XX века расставлены точно!

Известие о присуждении ему нобелевской премии, застало Жореса Ивановича в Санкт-Петербурге. Когда 11 октября, он вернулся в Москву, в здании Госдумы РФ – а Алферов – депутат Законодательного собрания РФ – его уже с утра караулили несколько телевизионных групп. Алферова, конечно, рвали на части. И все-таки, мне удалось задать ему два дежурных вопроса:

«Вы себя героем ощущаете?» – спросил я Жореса Ивановича.

«Да бросьте вы! Каким героем! Я надеюсь, что нобелевская премия поможет бороться за российскую науку.

А так, вообще говоря... Понимаете, когда я в 40 лет получил очень высокую научную награду – Золотую медаль Франклинковского института, я помню – радовался больше. И там тоже моим предшественником, за много лет до этого был Петр Леонидович Капица. А он – из Физтеха. Из моего института».

Еще один символический штрих...

А началось мое личное знакомство с будущим нобелевским лауреатом почти ровно за семь месяцев до описываемых событий. 15 марта, выдающемуся российскому физика, академику Жоресу Алферову исполнилось 70 лет. Передо мной стояла задача сделать большое интервью к юбилею.

– Жорес Иванович, откуда такое редкое имя у человека, родившегося в 1930 году в провинциальном Витебске? С чем это было связано?

– Мои родители: Иван Карпович и Анна Владимировна родились и выросли в Белоруссии. Отец восемнадцати лет, в 1912 году, приехал в Питер – тогда многие уезжали на заработки в Петербург. Стал работать грузчиком в порту, разнорабочим на конвертной фабрике и, наконец, начал настоящую рабочую карьеру на заводе «Старый Лесснер», сейчас – завод им. Карла Маркса.

В Первую мировую войну, в 1914 году, пошел воевать. Воевал храбро. Был гусаром, унтер-офицер лейб-гвардии, дважды георгиевский кавалер. В сентябре 1917 года отец вступил в партию большевиков, еще до революции, и этой новой своей вере

не изменял никогда. Командовал кавалерийским полком Красной Армии, потом перешел на хозяйственную работу.

Старшего моего брата звали Маркс. Время было такое! Жорес – в честь Жана Жореса, основателя газеты «Юманите».

– **А как сложилась судьба вашего старшего брата, Маркса?**

– После окончания отцом Промакадемии в 1935 году судьба бросала нас по всей стране: Сталинград, Новосибирск, Барнаул, Сясьстрой под Ленинградом, Туринск Свердловской области, где мы прожили военные годы, лежащий в руинах Минск после войны. Папа – директор завода, комбината, начальник треста. Мама – председатель Совета жен-общественниц, сотрудница библиотеки, отдела кадров. А мы с братом – директорские дети, но это означало, что нужно быть примером в школе, в общественной жизни...

Мне было легко учиться: в школе и на улице у меня всегда был надежный защитник – старший брат Маркс. Он закончил школу 21 июня 1941 года в Сясьстрое и, несколько дней спустя, мы уехали на Урал, в город Туринск, куда папа был незадолго до этого назначен директором только что построенного завода пороховой целлюлозы – завода № 3, как он именовался тогда. Старший брат, ему было 17 лет, поступил в Уральский Индустриальный институт на Энергетический факультет. Он считал, что будущее за энергетикой. Но проучился он лишь несколько недель, а потом решил, что его долг идти защищать Родину.

Сталинград, Харьков, Курская дуга, тяжелое ранение в голову... Снова фронт – «второй Сталинград», как называли тогда Корсунь-Шевченковское побоище, где и погиб в бою в свои 20 лет гвардии младший лейтенант Маркс Иванович Алферов, мой старший брат, навсегда оставшийся для меня старшим братом.

В октябре 1943 года он провел три дня с нами в Свердловске, когда после госпиталя снова ехал на фронт. И эти три дня, его фронтные рассказы, его страстную юношескую веру в силу науки и инженерной мысли я запомнил и сохранил на всю жизнь...

Когда я в 1964 году первый раз был в Париже на международной конференции по физике полупроводников, то, получая при регистрации документы, мне дали нагрудный значок. Там было написано не «Жорес Алферов», а «А. Жорес». Французы,

естественно решили, что Жорес – это фамилия, а Алферов, наоборот, имя. Я из буквы «А» на этом значке сделал символ полупроводникового диода, приписал после Жореса – Алферов и один мой знакомый американец даже устроил скандал: почему, мол, русским делегатам дают значки фирменные, с изображением полупроводникового диода, а американцам нет!

– **Раз уж речь у нас зашла о полупроводниках, то хотелось бы узнать: насколько ваш выбор научной специальности был осознанным?**

– Выбор мною физики, конечно, неслучаен. В послевоенном Минске, в единственной в то время в разрушенном городе русской мужской средней школе № 42 был замечательный учитель физики – Яков Борисович Мельцерзон. У нас не было физического кабинета и Яков Борисович читал нам лекции по физике, на которых мы, вообще довольно «хулиганистый» класс, никогда не шалили, потому что Яков Борисович, влюбленный в физику, умел передать это отношение к своему предмету нам. На его уроках было слышно, как муха пролетит. Он не мог воспринять, что физикой можно не интересоваться и не любить! Он и порекомендовал мне ехать учиться в Ленинград.

Я, пораженный его рассказом о работе катодного осциллографа и принципах радиолокации, поехал учиться по его совету в Ленинград в Электротехнический институт (ЛЭТИ).

В ЛЭТИ, институте, сыгравшем выдающуюся роль в развитии отечественной электроники и радиотехники и в образовании в этих областях, мне очень повезло с моим первым научным руководителем. На третьем курсе, считая, что математика и теоретические дисциплины мне даются легко, а «руками» мне нужно многому учиться, я пошел работать в вакуумную лабораторию профессора Б.П. Козырева. Там я начал экспериментальную работу под руководством Наталии Николаевны Созиной, увы, уже покойной ныне, – человека редкой доброты, незадолго до этого защитившей диссертацию по исследованию полупроводниковых фотоприемников в инфракрасной области спектра. Так в 1950 году, полвека тому назад, полупроводники стали главным делом моей жизни.

И диплом я делал у нее. Во время выполнения дипломной работы, посвященной получению пленок и исследованию фотопроводимости теллурида висмута, в декабре 1952 года прохо-

дило распределение и Наталия Николаевна очень хотела, чтобы я остался в ЛЭТИ на кафедре для совместной работы. Но я мечтал о Физтехе, институте Абрама Федоровича Иоффе, монография которого «Основные представления современной физики» стала для меня настольной книгой. В ЛЭТИ на наш факультет пришло три вакансии в ЛФТИ – тогдашняя аббревиатура Физико-технического института – и одна из них досталась мне. Радости моей не было границ. И я думаю, что моя счастливая жизнь в науке была предопределена этим распределением.

В письме родителям, жившим тогда в Минске, я писал о выпавшем мне огромном счастье работать в институте Иоффе. Я тогда еще не знал, что Абрам Федорович за два месяца до этого вынужден был уйти из созданного им института, где он был директором более 30 лет.

Очень повезло мне, что я попал в Физтех в тот момент, когда мы стали создавать современную полупроводниковую электронику. Наша лаборатория выполняла задание правительства по созданию транзисторов с р-п-переходами.

– Вы принимали участие в создании первых отечественных транзисторов, фотодиодов, мощных германиевых выпрямителей. Намного ли тогда эти работы у нас отставали от американских, прежде всего?

– Тут нужно понимать следующую вещь. Я думаю, что мы, в силу самых разных причин, не смогли сконцентрировать достаточно большие усилия на полупроводниковой электронике и позднее микроэлектронике. Хотя, этому направлению уделялось много внимания, и на уровне правительства в том числе. Но нужно было больше. Наверное, тогда не поняли до конца, что этому направлению нужно было отдать такой же приоритет, как и атомной проблеме и нашей ракетной программе.

Физтех в 1953 году, по нынешним меркам, был небольшим институтом. Я, например, получил пропуск № 429 и это означало, что в этот момент численность всех сотрудников института достигла этой величины. Большинство знаменитых физтеховцев уехало в Москву к Игорю Васильевичу Курчатову и в другие вновь создаваемые «атомные» центры – Арзамас-16, ИТЭФ – к Алиханову.

После Иоффе директором ЛФТИ был назначен А.П. Комар. Это был прекрасный физик, и он прекрасно понимал необхо-

димость привлечения в Институт талантливой молодежи. Каждый молодой специалист, приходя в институт, проходил собеседование в дирекции, внимание директора к молодежи было огромным. Но он был немножко «фельдфебель», часто чересчур прямолинейно старался выполнять все ЦУ с верху. Далеко не лучшим образом Комар вел себя по отношению к своему предшественнику, к Иоффе. Например, Абрам Федорович жил в институте, у него была квартира в здании ЛФТИ. Так, Комар приказал заколотить дверь, чтобы Иоффе ходил в Институт через охрану, а не прямо из своей квартиры, как раньше.

Абрам Федорович ушел из ЛФТИ через некоторое время. Создать новый институт без решения правительства тогда было невозможно. Тогда была образована лаборатория полупроводников при Президиуме АН СССР. Фактически, институт. Полупроводниковая «элита» ушла вместе с Иоффе в эту лабораторию. В ЛФТИ из «старшего» поколения ученых, занимавшихся полупроводниками, остались Д.Н. Наследов, Б.Т. Коломиец и В.М. Тучкевич.

И, я думаю, тогда не было понято до конца, какая произошла величайшая техническая революция.

Отставание от американцев, конечно, было. Но оно было достаточно формальным. В 1947 году американцы продемонстрировали транзисторный эффект на точечном транзисторе. Это дорого как принцип. Транзистор с р-п-переходами появился в 1949 году, но, фактически, была тоже продемонстрирована только принципиальная возможность использования данного эффекта. Сообщение о способе, который годился уже для промышленного производства транзисторов, американцы опубликовали в ноябре 1952 года, а 5 марта 1953 года я сделал первый транзистор, который хорошо работал.

– Все-таки, и практическое, и идеологическое отставание от американцев в этой отрасли физике было, хоть и незначительное. Зачастую нам приходилось повторять то, что американцы уже описали в своих статьях. И, тем не менее, постепенно, отечественным ученым удалось создать собственную уникальную школу физики полупроводников...

– Вообще в физике полупроводников заслуги отечественной науки неоспоримы. Мало того, физика полупроводников – это, прежде всего, отечественная наука. Абрам Федорович Иоф-

фе был пионером полупроводниковой науки. И в Физтехе в 30-е годы создавались пионерские работы, заложившие фундамент в этой области науки.

Когда в 1960 году я был впервые в жизни на международной конференции по физике полупроводников в Праге, то открывал ее Абрам Иоффе. Он делал первый пленарный доклад. А закрывал конференцию – Джон Бардин, один из знаменитой троицы Бардин–Шокли–Браттейн, – думаю, даже первый из них – создателей первого транзистора в 1947 году. Джон, кстати, единственный в истории физики ученый – дважды нобелевский лауреат. Позже я с ним встречался очень много, когда полгода работал в США. Джон приглашал меня каждую среду на ланч. Так вот, Джон Бардин в своем заключительном слове на пражском конгрессе сказал: наука интернациональна, физика полупроводников – тоже; она была создана в трех странах: Вильсоном и Моттом в Великобритании, Вагнером и Шоттки в Германии, Иоффе и Френкелем в СССР.

И действительно: туннельный эффект в полупроводниках – работа Иоффе и Френкеля 1931 года; собственная и примесная проводимость полупроводников, фундаментальнейшая вещь! – Владимир Пантелеймонович Жузе и Борис Васильевич Курчатов, брат Игоря Васильевича. Были классические работы Иоффе по фотоэффекту, думали и о создании твердотельных усилителей, но тогда не получилось. А потом, я уже говорил выше, обезлюдела в СССР физика полупроводников. С огромным уважением относясь к Абраму Федоровичу Иоффе, я все же думаю, что он не до конца отдавал себе отчет в том, что с созданием транзистора родился не просто новый полупроводниковый прибор, родилась новая полупроводниковая физика. И если бы он мог употребить на полную мощность весь свой авторитет на развитие этой отрасли знания, как это он сделал в 30-е годы в ядерной физике, мы бы имели совсем другие результаты сегодня.

– Но в чем, собственно, основные эффекты, которые дают возможность говорить о новой полупроводниковой физике?

– Прежде всего, – явление инжекции неравновесных носителей заряда. Кроме того, обнаружился целый ряд физических эффектов, которые можно было освоить и понять только в

процессе, только тогда, когда ты этим занимаешься. Поэтому не только с технической точки зрения было важно иметь транзистор, как у американцев, – важно было пройти этот путь и с идеологической, скажем так, точки зрения. И вот здесь сыграли у нас большую роль два ученых, физтеха – Наследов и Тучкевич, которые спорили с Иоффе, доказывали, что это нужно делать.

– Во всем научном мире вы известны, как создатель и исследователь полупроводниковых гетероструктур. Какова предыстория этих исследований?

– Я люблю пошутить на эту тему: нормально – это, когда гетеро, а не гомо. Гетеро – это нормальный путь развития природы.

Основой подавляющего большинства полупроводниковых приборов является так называемый p-n-переход. То есть такой контакт когда, в одной части носителем заряда являются положительно заряженные дырки (p), а в другой – отрицательно заряженные электроны (n). Но это – один материал: германий, кремний, арсенид галлия...

В 1961 году я защитил кандидатскую диссертацию, посвященную, в основном, разработке и исследованию мощных германиевых и, частично, кремниевых выпрямителей. На основе этих работ возникла отечественная силовая полупроводниковая электроника. С научной, чисто физической точки зрения, для меня был очень важным полученный мной вывод, что в p-i-n, p-n-p+ (разновидности p-n-перехода) полупроводниковых гомоструктурах при рабочих для большинства полупроводниковых приборов плотностях тока, ток в пропускном направлении определяется рекомбинацией в сильно легированных p и n(n+) областях структур. А вклад рекомбинации в средней i(n) области гомоструктуры не является определяющим. Поэтому при появлении первой работы по полупроводниковым лазерам для меня было естественным рассмотреть преимущества использования в лазерах двойной гетероструктуры типа p-i-n (p-n-p+, n-p-r+). Эта идея была нами сформулирована сразу же после появления первой работы Холла с сотрудниками, описывающей полупроводниковый лазер на основе гомо p-n структуры в арсениде галлия. Поданная нами заявка на авторское свидетельство была по условиям того времени засекречена. Гриф секретности был снят лишь после публикации аналогичного

предложения Кремером в США, но при сохранении грифа «Не подлежит публикации». Авторское свидетельство было опубликовано много лет спустя.

В этом первом авторском свидетельстве содержалась лишь общая идея использования двойной гетероструктуры для снижения пороговой плотности тока лазеров и увеличения КПД при возможном повышении рабочих температур. Позже стало ясно, что гетероструктура дает возможность использовать невырожденный p-n переход для получения практически любых концентраций инжектированных (внесенных) носителей заряда, благодаря так называемому эффекту сверхинжекции.

Наконец, общие новые принципы управления электронными и световыми потоками в гетероструктурах (электронное и оптическое ограничения и особенности инжекции) я сформулировал лишь в 1966 году и, чтобы избежать засекречивания, в названии статьи говорил, прежде всего, о выпрямителях, а не о лазерах.

Реализация главных преимуществ гетероструктур оказалась возможной только после получения гетероструктур типа $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$. В этой работе мы всего лишь на один месяц опередили американских исследователей из IBM.

В начале наших исследований гетероструктур мне не раз приходилось убеждать моих молодых коллег, теперь уже сотрудников моей лаборатории (в 1967 году я был избран Ученым Советом ЛФТИ заведующим сектором), что мы далеко не единственные в мире, кто занялся очевидным и естественным для природы делом: полупроводниковые физика и электроника будут развиваться на основе гетеро-, а не гомо-структур. Но, уже начиная с 1968 года, реально началось очень жесткое соревнование, прежде всего с тремя лабораториями крупнейших американских фирм – Bell Telephone, IBM и RCA.

В 1968-1969 гг. были практически реализованы все основные идеи управления электронными и световыми потоками в классических гетероструктурах на основе системы арсенид галлия – арсенид алюминия. Помимо принципиально важных фундаментальных результатов – односторонняя эффективная инжекция, эффект сверхинжекции, диагональное туннелирование, электронное и оптическое ограничения в двойной гетероструктуре, ставшей вскоре основным элементом исследова-


ний низкоразмерного электронного газа в полупроводниках – удалось практически реализовать основные преимущества использования гетероструктур в полупроводниковых приборах: лазерах, светодиодах, солнечных батареях, диодах и транзисторах... Важнейшим было, конечно, создание низкопороговых, работающих при комнатной температуре лазеров, на предложенной нами еще в 1963 году двойной гетероструктуре (ДГС). Подход, реализованный Панишем и Хаяси на Bell Telephone и Кресселем на RCA, был значительно более узким и основывался на использовании в лазерах одиночной гетероструктуры pAlGaAs-pGaAs . Очевидно, они не верили в возможность получения эффективной инжекции в гетеропереходах и, хотя потенциальные преимущества ДГС были известны, не рискнули на ее реализацию.

Именно поэтому, в мою первую поездку в США, в августе 1969 года на Международную конференцию по люминесценции в Ньюарке, штат Делавер, мой доклад, в котором приводились параметры созданных лазеров на основе AlGaAs ДГС, произвел на американских коллег впечатление разорвавшейся бомбы. Профессор Панков из RCA, только что, за полчаса до доклада сообщивший мне, что, к сожалению, для моего визита к ним у них нет разрешения, сразу после доклада заявил, что оно получено и компания ждет меня после конференции. Я не отказал себе в удовольствии ответить, что теперь у меня нет времени, поскольку IBM и Bell Telephone пригласили посетить их лаборатории еще до моего доклада, и у меня уже все распланировано.

Мой семинар на Bell, осмотр лаборатории и дискуссия (а мои американские коллеги явно не скрывали от меня, в расчете на взаимность, технологические детали, конструкции и приспособления) довольно четко показали мне наши достоинства и недочеты. Думаю, что наступившее вскоре соперничество за достижение первыми непрерывного режима работы лазеров при комнатной температуре было редким примером в то время открытого соревнования лабораторий из двух антагонистических великих держав. Мы выиграли это соревнование, опередив на месяц группу Паниша из Bell Telephone.

Значение получения «непрерыва» в то время было, прежде всего, связано с тем, что в это же время было создано оптическое волокно с малыми потерями. В итоге, создание наших ДГС-

лазеров привело к рождению и бурному развитию волоконно-оптических систем связи. В 1971 году эти работы были отмечены присуждением мне золотой медали Франклиновского института в США – моей первой международной награды. Особая ценность этой медали для меня заключается в том, что Франклиновский институт в Филадельфии присуждал медали советским ученым: до меня, в 1944 году, академику Петру Капице, а после меня, в 1974 году, академику Николаю Боголюбову и в 1981 году академику Андрею Сахарову. Быть в такой компании большая честь!

Солнечные батареи на основе гетероструктур были созданы нами уже в 1970 году. А когда американцы публиковали первые работы, наши батареи уже летали на спутниках и было развернуто их промышленное производство. Блестяще доказано их преимущества в Космосе многолетней их эксплуатацией на орбитальной станции «Мир». И, хотя прогнозы резкого снижения стоимости одного ватта электрической мощности на основе полупроводниковых солнечных батарей пока не оправдались, в Космосе самым эффективным источником энергии безусловно являются ныне созданные батареи на гетероструктурах соединений типа АЗВ5. 

Но это была очень тяжелая дорога. Поначалу у меня было один-два человека, тех, кто со мной работали. Были ситуации, когда мы шли в тупиковом направлении. Мой аспирант будил меня в пять утра и говорил: ты заставляешь нас заниматься безнадежным делом; твой папа старый большевик и ты действуешь такими же методами – толкаешь, как он в революцию, нас в эти гетеропереходы! Но потом оказалось, что мы правы.

И поэтому для нас огромной радостью было присуждение мне и моим ученикам-коллегам В.М. Андрееву, Д.З. Гарбузову, В.И. Королькову и Д.Н. Третьякову в 1972 году Ленинской премии, правда, омраченной тем, что вследствие формальных ограничений и министерских игр эту награду не разделили с нами К.Ф. Казаринов и Е.Л. Портной.

Открылась интереснейшая область физики. Если делать двойную гетероструктуру с расстоянием между слоями сравнимой с длиной волны Де Бройля, то возникают уровни размерного квантования. Это, помимо всего прочего, – экспериментальный объект для задач по квантовой механике. Дальнейшие

исследования в этой области привели к системам с низкоразмерным электронным газом – так называемым квантовым ямам, потом – квантовым проволокам, сейчас мы занимаемся квантовыми точками.

– **Что такое «квантовая точка»?**

– В полупроводниках или в металлах электронный газ движется во всех направлениях. То есть, электронный газ – это трехмерная система. Так вот, с помощью специально подобранных гетероструктур мы можем окружить электронный газ своеобразным энергетическим барьером – широкозонным материалом. В квантовой «яме» электроны могут двигаться только в плоскости «ямы», мы имеем двухуровневый электронный газ. В квантовой «проволоке» электроны могут двигаться уже только в одном направлении – мы имеем одномерный электронный газ. Квантовая точка – это кластер атомов в широкозонной полупроводниковой матрице. Их там может быть тысяча, а может быть двадцать. Но, замечательно то, что квантовые уровни этого кластера четко расписаны, как у одиночного атома. Поэтому, в некотором смысле, эту структуру можно рассматривать как искусственный атом. Но у этой среды уже другие, особые свойства.

Мы нашли способ создания ансамблей таких квантовых точек в процессе выращивания гетероструктур.

Для лазеров появляются огромные преимущества, в частности, резко возрастает возможный коэффициент усиления. Поэтому в сравнительно небольшом объеме достигаются большие коэффициенты усиления и порог, при котором начнется генерация, будет меньше.

Сейчас мы рассматриваем возможность использования квантовых точек и в других приборах.

– **В заключение, если позволите, юбилейный вопрос. Я знаю, что вы уже несколько раз номинировались на Нобелевскую премию...**

– По идее, я даже знать не должен об этом!

– **Тем не менее, информацию тяжело утаить, даже Нобелевскому комитету. Каковы в связи с этим ваши ощущения? Вообще, каково ваше отношение к этим премиям?**

– Нобелевская премия – высочайшая награда ученому, что об этом говорить! Нобелевскими премиями по физике отмечались самые выдающиеся работы.

Я не хочу здесь, – поймите меня правильно, – говорить про себя. Но, в целом, я думаю, существовала известная дискриминация советских и российских ученых. Я могу назвать целый ряд работ нобелевского класса, которые, увы, так и не были отмечены этой наградой. Пионерские работы Абрама Иоффе по полупроводникам; работы Завойского по электронному парамагнитному резонансу; экспериментальное открытие Гроссом экситона...

Гетероструктуры? Здесь создана новая область физики полупроводников с огромным прикладным значением. Из этого уже вышли волоконно-оптическая связь, считывание информации с лазерных дисков, хем-транзисторы, которые сегодня находятся внутри каждого сотового телефона, солнечные батареи... Нам принадлежит, – и это признано во всем мире, – пионерская роль в создании классических гетероструктур и лазеров на их основе.

Наши работы признаны. Например, меня выбрали иностранным членом Академии наук США с формулировкой «за гетероструктуры». Выбрали иностранным членом Национальной инженерной академии наук США с формулировкой «за развитие принципов теории и технологии гетероструктур». Кстати, я единственный российский ученый, кто состоит в обеих академиях. Я избран во многие Академии, являюсь почетным доктором многих университетов, получил немало международных, иностранных и отечественных премий и наград.

Так что коллекцией международных наград и званий я не обижен.

*Опубликовано в «Независимой газете»
15 марта 2000 г.*

Технологии в идеологической западне



Лорен Грэхэм – один из ведущих в мире специалистов в области изучения истории советской и российской науки, техники и технологий. Профессор истории науки, заслуженный профессор в отставке Массачусетского технологического института (MIT) и Гарвардского университета (США). Этот его интерес к российской истории и культуре (технологической и научной истории и культуре в частности) – давнишний. В начале 1960-х годов он год стажировался в МГУ имени М.В.

Ломоносова. Затем часто и подолгу работал в российских библиотеках и архивах – от Москвы и Санкт-Петербурга до Ростова-на-Дону и Томска.

Профессор Грэхэм автор несколько десятков книг и монографий. «Я написал свою первую книгу о российском естествознании в 1967-м году», – подчеркивает он. До сих пор незаменимой для специалистов остается его монография «Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе» (М.: Политиздат, 1991 г.; американское издание – 1987 г.). Не менее интересна и глубока относительно небольшая книга Грэхэма «Призрак казненного инженера: технология и

падение Советского Союза» (СПб.: Европейский дом, 2000 г.; американское издание – 1993 г.).

Сейчас на столе у его литературного агента лежит рукопись книги, которая имеет предварительное название «Lonely Ideas: Russian's trap». Грэхэм работал над ней последние 4-5 лет. Об этой книге, о взгляде американского профессора на историю развития науки и технологий в России и состоялась наша беседа.

– Лорен, мне бы хотелось поговорить о будущей вашей книге – «Lonely Ideas: Russian's trap». По-русски это звучит очень интригующе: «Одинокие идеи: российский капкан». Насколько эта тематика – история естествознания в России – востребована в США?

– После исчезновения Советского Союза этот интерес уменьшается. Но я люблю русскую культуру, русское естествознание и, конечно, я немного разочарован от этого спада интереса. Вообще, мне кажется, что в США интерес к России в целом, не только к российскому естествознанию, растет только, когда Россия находится в кризисе или от нее исходит какая-то угроза. Мне кажется, это печально. Но общественное мнение и мое личное мнение не то же самое.

– Тем не менее, вы представитель, эксперт, если угодно, этого общественного мнения. Я так понимаю, что название вашей будущей книги еще предварительное...

– Да. Но книга уже почти закончена. Рукопись сейчас лежит на столе редактора. Но, возможно, понадобится еще два года, чтобы она появилась. И название книги на данный момент – «Одинокие идеи: российский капкан». Но я не буду удивлен, если оно изменится.

– Лично мне нравится нынешнее название. Оно интригует. Вторая часть его – «Российский капкан» – какие-то ассоциации, предположения рождает сразу. А вот, что значит «Одинокие идеи»? что вы имели в виду?

– Как вы знаете, я историк. Но мне интересна и современная ситуация в России. Я член совета МИТ и в этом качестве уже несколько раз приезжал сюда, чтобы подписать договор между «Сколково» и МИТ (26 октября Фонд «Сколково» и Массачусетский технологический институт (МИТ) подписали итоговое

трехлетнее соглашение о сотрудничестве по программе создания Сколковского института науки и технологий – А.В.). Это очень по-современному. Так вот, моя книга начинается со времен Петра Великого и продолжается до наших дней. Последняя глава – чуть-чуть о «Сколкове».

Во время холодной войны, очень часто, американцы слышали, что русские думают, что они изобрели почти все. Русские, мол, изобрели пароход (Грэхэм называет «пароходом», то, что мы привычно называем «паровоз»). Однако, название «пароход» применительно к железнодорожным локомотивам, действительно, встречалось в России, чуть ли не весь XIX век – А.В.), радио, электрическое освещение, граммофон, диоды и даже компьютеры и так далее. Американцы над этим посмеивались. А я решил исследовать все эти эпизоды.

И я сам удивился, когда я осознал, что вопрос изобретения – это не самый важный вопрос. Самый важный – кто получил пользу от этих изобретений. Я узнал, что, действительно, русские ученые и изобретатели были очень сильно активны во всех перечисленных выше случаях. Может быть, они не изобрели пароход, но они сделали пароход очень рано – Черепановы, отец и сын. Был Александр Попов – радио; был Сергей Лебедев – компьютеры; был Игорь Сикорский – самолеты; Прохоров и Басов – лазер. И в каждом из этих случаев, повторяю, русские были очень активны.

Но если они были такими талантливыми изобретателями, почему сейчас в России технологии не очень развиты? Например, маленькая страна Швейцария: она каждый год продает в три раза больше хайтека, чем Россия. И это – причина, почему я назвал свою книгу «Одинокие идеи...». Кажется, у русских очень хорошие идеи почти никакой пользы они от этого не получают. Spin off, отдачи, нет никакой.

Вы знаете, что три человека получили Нобелевскую премию по физике за создание лазеров в 1964-м году – двое русских и один американец: Прохоров, Басов и Таунс. Но то, что было после Нобелевской премии, было даже интереснее. Что сделал Чарлз Таунс? Он взял патент и стал, в итоге, довольно богатым человеком. И что Прохоров и Басов сделали? Ни-че-го. Они работали в лабораториях и ничего из этого не получились...

– По советским меркам, они были весьма обеспеченные люди, и вполне их можно было назвать советской элитой. Собственно, они и были советской элитой.

– Согласен. Но какую пользу страна получила. Сейчас в мире на рынке нет ни одной русской фирмы, которая занималась бы лазерными технологиями, и играла более или менее заметную роль. Доля мирового рынка лазерных технологий, приходящаяся на Россию сегодня, – один процент. Америка – почти 90 процентов. Это значит, что, хотя русские ученые были пионерами по лазерам, Россия как страна получила очень, очень маленькую пользу от этого. Одинокие идеи – капкан России.

Я встречался с академиком Александром Прохоровым, беседовал с ним. Он сказал мне: да, я изобрел первый лазер и открыл «генеральный» закон физики – я нашел, что генералам в армии очень интересны лазеры. Я спросил его – а фирмы, коммерческие предприятия? Прохоров ответил, что с этой стороны почти никакого интереса не было.

– Кстати, та же самая история произошла с нашим недавним и ныне здравствующим нобелевским лауреатом Жоресом Алферовым. Он получил «нобеля» по физике за создание так называемых гетероструктур. Но, действительно, их технологическое применение начало развиваться бурно, прежде всего на Западе, а не в СССР и не в России.

– Это значит, по-моему, что лидеры России, от Петра Великого до современности, повторяют ту же самую ошибку. Они думают, что самое важное – заполнить технологии. Но это не самое важное. Самое важное – создать общество, в котором технологии могут развиваться. И проблема не в русской науке и технике, – они очень хорошие, – проблемы в обществе, которое не может воспринять эти инновации и сделать на их основе что-то выгодное для себя самого.

– Читая и американскую, и российскую литературу по истории науки и естествознания, у меня складывается такое впечатление, что Америка, американцы – это страна экспериментаторов, прежде всего, людей прикладной науки. Начиная с Эдисона, с выдающегося физика-экспериментатора Роберта Вуда... Российские же ученые все время, и сейчас тоже, позиционируют себя как генераторы идей...

– Это правильно.

– Но правильно ли, что русский научный истеблишмент пытается доказать, что Россия должна встроиться в мировое разделение труда именно как генератор идей? Мы, мол, будем выдавать идеи, мир нам за это будет платить деньги и страна наша будет процветать.

– Это было бы здорово, если бы Россия получала выгоды от такого разделения труда. Но покажите мне пример, где бы Россия получила большие выгоды из идей! Я не знаю таких примеров.

– Автомат Калашникова...

– Это хороший пример. Но от того, что в России был создан такой замечательный образец стрелкового оружия, ваша страна не получила почти никакой выгоды. Патента на этот автомат нет. Почти все эти «калаши», которые сейчас можно встретить везде – в Африке, в Азии, – они сделаны без патента. Фактически – это только незаконные копии. Ижевский завод, на котором был создан этот автомат, сейчас почти банкрот. Если бы был защищенный патент – это был бы очень богатый завод.

– Вы сказали, что в России идеи становятся одиночками, потому, что целеполагание общества не настроено на восприятие этих идей...

– Я думаю, что да, общество – это самое важное. И это самая большая проблема. Как только что мы с вами говорили, это зависит от менталитета. В том числе, и от менталитета ученых. Возьмем для примера случай с изобретением радио.

Я исследовал эту тему очень внимательно. Я согласен, что Александр Попов изобрел радио до Маркони. Но кто был Попов? Очень добрый человек, типичный русский интеллигент. Он думал, что самое важное – создать идею. И что он сделал, после того, как создал радио? Ни-че-го. А Маркони был крупным капиталистом, он знал, как получить выгоды из этой идеи и он стал очень богатым человеком...

– И нобелевским лауреатом...

– Да, да. И сегодня существуют фирмы, которые выросли из Маркони, если можно так сказать. А какие фирмы выросли из идеи Попова? В биографиях Попова, которые я изучал в России, отмечается, что Попов думал, что бизнес – это что-то грязное, а самое важное – одарить человечество идеями. И он сделал это. Но коммерческого эффекта от его идеи Россия тогда ника-

кого не получила. Увы, но за пределами России Попов почти никому не известен.

Это большая ошибка, считать, что бизнес – это грязное дело. Но такой менталитет – это результат воздействия очень многих других общественных факторов на ученых: законодательство, социальная мобильность и прочее. Я заметил, например, что, если человек родился, скажем, в Томске, вероятно, он будет в Томске всю жизнь и строить свою карьеру.

– **Хорошо. Мы обозначили главную, как вы считаете, причину технологического отставания России – менталитет здешних ученых, не готовность доводить свои идеи до технологического воплощения. Хотя сами эти идеи вполне исправно рождаются в головах русских ученых. А как вы относитесь к такой теории: все беды «одиноких идей» в России связаны с географией. Гигантская страна, в которой основные усилия – и физические, и умственные – ее населения и ученых в том числе, уходят на то, чтобы физически выжить в этом климате и в этом пространстве. Может быть, кстати, более или менее хорошо в России идут изобретения, связанные именно с выживанием: оружие, специфическая деревянная архитектура и т.п.**

– Конечно, это тоже фактор. Но, в принципе, можно создать среду, в которой технологии развиваются, и в небогатой стране. Япония – хороший пример. Там почти ничего нет, кроме людей. Умных людей. Они создали технологическую культуру.

– **А не кажется ли вам, что, например, нанотехнологии – это не для русского менталитета? Для японского – подходит; а для русского – нет. У русских лучше получается большая техника, мегатехника.**

– Я очень сомневаюсь, что русские ученые так думают. Может быть – общество, но не умные русские ученые. Они хорошо понимают, что на основе нанотехнологий можно строить очень много видов техники, которой никогда не существовало ранее – новые аккумуляторы, солнечные батареи и проч., и проч. «Советские микрочипы – самые большие микрочипы в мире!» – это только шутка советских времен. Не более того.

Дело не в «неловкости» ваших ученых и инженеров. Дело в недостатках русского общества. Особенно, в отсутствии условий для постоянного развития технологий.

– **Насколько я понял, вы в своей книге, как один из примеров распространения технологий, приводите развитие сети железных дорог...**

– Да. Россия создала железную дорогу между Петербургом и Москвой еще до того, как была построена железная дорога между Чикаго и Нью-Йорком. В 1847 году один американский инженер, посетивший в Петербурге Александровский завод, не скрывал своего восторга: это, мол, самый лучший завод по производству паровозов в мире!

Но что случилось, после того, как железная дорога между Петербургом и Москвой была построена? Ни-че-го. За 15 последующих лет почти не было построено никаких железных дорог. И именно в эти годы начинается бум железных дорог в Европе и Америке.

– **В 1840-м году в Североамериканских Соединенных Штатах было более трех тысяч миль железных дорог. В Англии – 800 километров, в Российской империи – 27 километров...**

– Вот-вот. Можно сказать, что русские ученые и инженеры были пионерами в деле строительства железных дорог. Но дальнейшее развитие железных дорог в России было гораздо более медленное, чем в Европе и Америке.

– **Но я спросил вас о железных дорогах, чтобы привести контрпример. В 1880-м году в той же Японии – всего 123 километра «железки». Через десять лет – уже 6500 километров! То есть, Япония стартовала даже позже, чем Россия, но у них, почему-то получилось от традиционного феодального общества перейти к современному индустриальному развитию. В чем дело?**

– Я не специалист по Японии. По-моему, история технологий, техники в России очень своеобразная. Есть моменты блестящие, а потом – провал. И таких циклов много. Есть опасность, что такой провал повторяется сейчас в космических исследованиях. Да, Советский Союз был пионером в космосе. Но что происходит сейчас. В США частные фирмы начинают строить космические корабли. И я предсказываю, что через 20-30 лет государство в Америке будет активным в космосе только при осуществлении дальних межпланетных экспедиций, в которых коммерческой выгоды пока не видно. Но между Луной и Землей, а, может быть, и до Марса, весь трафик возьмут на себя частные компании.

То же самое произошло и в компьютерной технике. В 1950-м году Сергей Лебедев построил недалеко от Киева, в местечке, которое называется Феофания, первый компьютер в Европе. Что важно подчеркнуть – у этого компьютера был независимый дизайн, архитектура. Это были знаменитые серии МЭСМ (Малая электронная счётная машина). И этот компьютер был одним из самых лучших в мире. В 1950-е годы Советский Союз был лидером по компьютерам.

Но через 10-15 лет СССР решил адаптировать у себя архитектуру IBM. Причина этого решения, по-моему, была следующая. Когда компьютеры были важны только для государства, – в Академии наук, в университетах, – Советский Союз хорошо работал. Но когда компьютер стал предметом бизнеса, ситуация изменилась. В конце 1950-х годов Bank of America получил первый компьютер, чтобы модернизировать свою работу. После этого компьютеры стали коммерческими продуктами. И с этого момента СССР не мог соперничать в компьютерной технике с Западом.

– Другими словами, СССР сделал ставку на большие машины, и абсолютно не имелось в виду, что компьютер может стать достоянием каждого человека, каждой семьи. В это время, на Западе, в Америке сообразили, что большие машины, суперкомпьютеры, нужны, но нужны и компактные машины, которые можно было бы продавать как предмет обихода. Это – хорошая иллюстрация, по-моему, к вашей идее об определяющей роли общественного менталитета в технологическом развитии.

– Именно! Когда компьютер стал товаром, а не только исследовательским или военным инструментом, когда компьютер стал бытовым устройством, после этого Советский Союз оказался уже неконкурентоспособен в этой сфере. Я допускаю, что нечто подобное происходит сейчас в России. Хотя, я и не уверен в этом.

Вы знаете больше меня про Сколково. А что такое Сколково? Это хорошая попытка, я – «за» Сколково. Но я думаю, что русские лидеры делают сейчас ту же самую ошибку, которую сделали их предшественники. Они хотят создать в Сколково новую технику, новые технологии. Но проблема не в технике, – русские ученые и инженеры и сейчас блестящие, – проблема в

обществе. Надо реформировать общество, это гораздо более важно, чем создать изолированную территорию, где процветает хай-тек.

Я уверен, что новая техника появится в Сколково, благодаря идеям русских ученых и исследователей. Вполне очевидно, что, по крайней мере, некоторые из этих идей можно превратить в товар. Но кто это будет делать? Западные фирмы, работающие в Сколково, очень-очень опытные и они знают, как конвертировать идеи в товар. Они будут продавать эти технологии и технику на мировом рынке. Пользу будут получать они, а не российское государство.

– **Вы сейчас работаете против американских фирм!**

– Я историк, а не служащий американских фирм. Мне важно сказать, что я вижу.

*Опубликовано в «Независимой газете»
28 декабря 2011 г.*

Кому и зачем нужна сегодня история науки и техники



У этого учреждения Российской академии наук захватывающе интересная, драматичная и порою даже метафизически странная история. 28 февраля 2012 года Институт истории естествознания и техники имени С.И.Вавилова РАН отмечает свое 80-летие. Здесь не избежать тавтологии: дата в истории. Что она означает для российского общества – об этом рассуждает **Юрий**

Михайлович Батурин, член-корреспондент РАН, директор ИИЕТ, Герой Российской Федерации, летчик-космонавт России.

– **Юрий Михайлович, традиционный в таких случаях вопрос: что мы празднуем? С чем связана дата 28 февраля 1932 года в истории Института истории естествознания и техники (ИИЕТ)?**

– В декабре 2011 года, то есть сравнительно недавно, президиум Российской академии наук принял постановление о признании даты 28 февраля 1932 года датой создания нашего института. В этом был заложен большой смысл.

Наше научное учреждение, которое занимается изучением истории науки и техники, науковедением, формировалось исподволь, очень постепенно, вполне естественным путем. Начать можно издавека.

В 1909 году была создана Комиссия по подготовке празднования 200-летнего юбилея Михаила Васильевича Ломоносова. А мы только что, в ноябре 2011 года, отметили 300-летие Ломоносова! И эти две даты, с разницей в 100 лет, достаточно символичны. К нынешнему юбилею мы выпустили много интересных и важных с научной точки зрения изданий. Одно десяти томное (пока вышли восемь томов) академическое собрание сочинений Ломоносова чего стоит... Возвращаясь к истокам формирования нашего института, можно вспомнить, что в 1909 году и заложено было созданной комиссией собрание сочинений Ломоносова, которое было допечатано уже при советской власти.

В 1910 году была создана Комиссия по подготовке выставки «Елизаветинское время и Ломоносов». Кстати, во время 300-летнего юбилея Ломоносова в Эрмитаже открыли выставку «Ломоносов и елизаветинское время». Она и сейчас работает. Чудесная выставка. Но мне сказали, что там только часть того, что экспонировалось на той, первой выставке. По естественным причинам очень многое оказалось утраченным.

Потом появилась еще одна комиссия – приближалось празднование 25-летия назначения на должность президента Академии наук великого князя Константина Константиновича Романова. Юбилей отметили в мае 1914 года, как раз перед войной.

Главный результат работы всех этих комиссий, на мой взгляд, в том, что в России была осознана потребность в изучении истории научных и технических знаний. В итоге в 1921 году была сформирована Комиссия по истории знаний (КИЗ). Вернувшийся из Симферополя сначала в Москву, потом – в Петербург Владимир Иванович Вернадский и возглавил эту комиссию. Потом Вернадский уезжал за границу. Когда он вернулся в 1926 году, КИЗ заработала на полную мощность, публиковались книги, сборники.

В 1930 году Вернадского на посту главы комиссии сменил Николай Иванович Бухарин. По его инициативе общее собрание АН СССР 28 февраля 1932 года приняло решение о создании на базе Комиссии по истории техники Института истории науки и техники, назначив академика Николая Ивановича Бухарина его директором. С этой даты началась фактическая история института, а с недавнего времени и официальная его история.

Вы знаете, есть какие-то знаки судьбы в биографии каждого человека. Другое дело, что мы эти знаки просто не в состоянии распознать. Иногда не умеем, а иногда это просто невозможно сразу.

Первой книжкой, которую я прочитал в своей жизни – а научился я читать рано и прочитал ее в четыре года, – была книга Сергея Ивановича Вавилова «Исаак Ньютон», которая была издана в 1943 году. Я подошел к отцовскому книжному шкафу и, поскольку мог дотянуться только до нижней полки, выбрал, как сейчас предполагаю, просто по внешней привлекательности: красивый серый корешок с орнаментом, тисненым золотом, а имя «Исаак Ньютон» – на синем фоне. Пошел и сел читать. Читал несколько дней. Мама говорит, что эти несколько дней я был абсолютно тихий. А мне просто надоело ходить по улицам, где мама учила меня читать вывески: «Ап-те-ка», «Бу-лоч-ная»... Я уже все вывески в округе знал. Надо было что-то еще читать.

Когда прочитал вавиловского «Исаака Ньютона», я пошел и что-то стал спрашивать у мамы по этой книге. Она удивилась, откуда, мол, я это знаю. Вот, говорю, прочитал. Родители не поверили. И немножко меня проверили. Я называл какие-то имена, даты. Но что такое астрология, я, конечно, еще не знал...

И когда я в 2010 году стал директором института, который носит имя Вавилова, только тогда и понял, что то был знак, что к этому и должно было прийти...

Как и у человека, у социальных институтов, исследовательских организаций тоже есть своя судьба. Начальные условия любого развития, любой траектории определяют эту траекторию, а, следовательно, и судьбу. Как хорошо известно, судьба Николая Ивановича Бухарина сложилась трагично. На мой взгляд – это немножко ненаучное, метафизическое размышление, – трагичность судьбы Бухарина отразилась и на судьбе института. Он оказался связан с политическими фигурами и с политикой вообще, еще даже до своего юридического оформления.

– И Вернадский ведь тоже был видным политиком, одним из лидеров партии кадетов...

– Совершенно верно! Но Вернадский, как умный человек, старался не высовываться, понимая, что если он захочет занять какое-то руководящее положение, то сразу попадет в поле зрения ОГПУ.

– А из-за чего сменили Вернадского на Бухарина?

– Точно сказать трудно. Но в 1929 году случилось погромное «Академическое дело». У одного из членов Бюро КИЗ, академика Сергея Федоровича Платонова, возглавлявшего отделение гуманитарных наук академии, Пушкинский дом, библиотеку Академии наук, обнаружили подлинные акты отречения Николая II и Михаила Романова. Их попытались, видимо, спрятать среди многих и многих документов в архиве Академии наук.

– Очень показательно, по-моему, что документы были спрятаны не в одном из государственных архивов, а именно в архиве Академии наук.

– Правильно! Люди понимали, что в государственном архиве эти документы скорее всего будут уничтожены. Из-за этого и началось «Академическое дело» с большой чисткой. И, может быть, вследствие этого назначили директором политика Бухарина.

По воспоминаниям, директором он был неплохим, правда, особого следа в изучении истории науки и техники не оставил. Хотя его доклад на Международном конгрессе по истории науки и техники в Лондоне стал классическим, и он известен.

В 1936 году институт перевели в Москву с очевидной целью его ликвидировать. Это было понятно. В 1937 году – процесс Бухарина и его расстрел, и в 1938 году Институт истории науки и техники ликвидируют.

– Так, значит, отсчитывать надо не с 1932 года?

– Тут начинается интереснейший и тоже очень драматичный эпизод из жизни ИИЕТ.

Академия наук понимала, что институт с такой тематикой нужен, но не смогла преодолеть политическое давление. Институт разбили на комиссии. Была создана Комиссия по истории Академии наук. В 1940–1941 годах была создана Комиссия по истории естествознания. В 1943 году – Комиссия по истории и философии науки, с 1944 года функционировала Комиссия по истории техники, были комиссии по истории биологии, химии, физико-математических наук... Были и попытки воссоздать институт.

Когда Академия наук воссоздавала институт, Совет народных комиссаров, то есть правительство СССР, не утверждал эти предложения. Сегодня, в результате исследования архивных документов, обнаружилось, что президиум Академии наук пошел в то время, может быть, на очень опасный для академии шаг. Но

это был очень достойный шаг: Совнарком отменил решение о воссоздании института, а президиум Академии наук не отменил. И отсюда удалось протянуть цепочку правопреемства. В правовой доктрине есть тенденция различать неразрывность и правопреемство. В случае с нашим институтом разрывность была, а правопреемство сохранялось тем не менее.

Вернадский в то время написал памятную записку тогдашнему президенту АН СССР Владимиру Леонтьевичу Комарову, в которой обосновывал необходимость воссоздания Института истории науки и техники. В 1944 году Комаров попадает на прием к Сталину – кстати, Сталин редко принимал руководителей академии, – и он прихватил с собой записку Вернадского. Мол, наши великие ученые говорят, что нам нужен такой институт. Сталин ответил удивленно: «Конечно. А разве у нас нет такого института?» И в 1944 году институт был воссоздан под именем Института истории естествознания. В то время соотношение сотрудников – историков естествознания и историков техники было пять к одному; а в 1936 году при переезде в Москву было один к трем.

В 1953 году кандидат технических наук Валерия Голубцова, жена председателя Совета министров СССР Георгия Маленкова, работавшая ректором Московского энергетического института, решила объединить Институт истории естествознания и Комиссию по истории техники и занять руководящую должность в новом институте. Сопротивлялись и те и другие. Но в результате политический потенциал, который был заложен в эту историю, сыграл свою роль. Так был образован Институт истории естествознания и техники АН СССР. Директором был назначен член-корреспондент АН СССР Александр Михайлович Самарин, а Голубцова – одним из его заместителей.

Большой политический потенциал, надо сказать, был очень полезен институту на том этапе, но стал страшно вреден в XXI веке.

– **Что вы имеете в виду?**

– Ветераны института рассказывают такую историю. Когда Голубцова стала заместителем директора института, пригласили в Кремль председателя Моссовета, поставили на карту центра Москвы циркуль, провели окружность радиусом 300 метров и сказали: внутри этого круга найти здание для Института истории естествознания и техники...

– **Зачем понадобилась такая жесткая географическая привязка?**

– Чтобы супруга могла ходить в Кремль к Маленкову обедать. И институт оказался в самом центре Москвы. Сначала он располагался в здании Политехнического музея на Новой площади, затем – в Старопанском переулке. А этот переулок в два раза ближе к Кремлю, чем, скажем, здание, в котором раньше располагался Конституционный суд, до Кремля – три минуты ходьбы!

В нынешние времена – даже более чем золотое место. Поэтому восемь лет назад правительство Москвы приняло распоряжение – будем делать в этом здании VIP-гостиницу. Все организации, которые находятся в этом здании, выселить; за счет инвестора найти равнозначные помещения... С тех пор эта история и тянется.

– **Кстати, там, в Старопанском, до сих пор ничего и нет.**

– Это-то и обидно. Инвестор пропал. Распоряжение правительства Москвы, кстати, остается действующим. Но добиться, чтобы институту было предоставлено равноценное помещение, не удастся.

А ведь у нас – уникальная научно-техническая библиотека. Из-за границы люди приезжали, чтобы поработать в библиотеке нашего института. Но вот уже семь лет библиотека лежит в коробках в подвале здания, в котором мы с вами сегодня беседуем. А это здание, чтобы вы понимали, строилось не для людей, а для компьютеров – здесь должен был быть компьютерный центр Института прикладной математики. Поэтому в большинстве комнат нет окон. Более того, здание даже не сдано в эксплуатацию. Юридически мы здесь не существуем, юридически наш адрес по-прежнему Старопанский переулок! Отсюда – проблемы и с электричеством, и с почтой, и с теплом, и с милицией... Это – жизнь, которой живет сейчас институт!

– **Даже немного удивительно, что только в декабре прошлого года были расставлены все юридические точки над «i» в истории вашего института...**

– Когда президиум РАН в декабре прошлого года принял постановление об Институте истории естествознания и техники имени Вавилова РАН, он не только подтвердил этим постановлением преемственность, но фактически защитил и провел научную реабилитацию ученых института. Вот послушайте: «В

подведомственном Академии наук Институте истории науки и техники хозяйничала шайка троцкистско-бухаринских шпионов и диверсантов. Методика научного вредительства заключалась в постановке, между прочим, не нужных, никак не связанных с нашей жизнью исследований». Газета «Правда», 11 января 1938 года, статья называется «Дармоеды от науки». И это была не единственная статья такого рода.

– **И тем не менее каков научный потенциал ИИЕТ сегодня?**

– У нас работают 163 научных сотрудника в Москве и 29 в петербургском филиале. В Петербурге – совершенно уникальный состав. Они не обладают таким спектром специалистов, как мы в Москве, но по своим направлениям ведут замечательную работу. Несколько томов в собрание сочинений Ломоносова, о котором мы с вами говорили, подготовили именно они.

А в Москве, в ИИЕТ, среди крупных отделов – Отдел истории физико-математических наук; Отдел истории химико-биологических наук; Отдел истории техники; Отдел истории наук о Земле; Отдел методологических и социальных проблем развития науки. Существуют центры истории организации науки и науковедения, истории социокультурных проблем науки и техники, экологический центр, архив науки и техники. Мы и изучаем историю, и пишем биографии ученых, исследуем социальные процессы в науке и научном сообществе. Например, эмиграцию российских, советских и снова российских ученых в другие страны.

Я, когда пришел в ИИЕТ, создал здесь еще одно подразделение: Центр виртуальной истории науки и техники. В виде интерактивных 3D-моделей мы можем показать в подробностях любой технический объект. Вот в марте, например, мы будем отмечать 90-летний юбилей знаменитой Шуховской башни. Замечательная 350-метровая ажурная конструкция, которая исследуется специалистами со всего мира. Владимир Григорьевич Шухов был молодец: он всюду возил за собой юриста, который оформлял патенты на его конструкции. Поэтому еще с тех пор признано во всем мире, что башня Шухова – первая конструкция такого типа. Но вот самих чертежей Шуховской башни нет! Наши специалисты провели лазерное сканирование башни и создали ее 3D-модель. И по этой виртуальной модели можно воссоздать чертежи.

Еще одно направление работы наших сотрудников – изучение устной истории, записанной на диктофон, на видеокамеру. У нас есть большая коллекция таких материалов. Но я придумал делать 3D-галерею известных ученых. Мы успели сделать такое интервью с одним из выдающихся конструкторов отечественной космической техники Борисом Евсеевичем Чертоком, чуть-чуть не дожившим до своего столетнего юбилея 1 марта 2012 года (Борис Евсеевич Черток умер 14 декабря 2011 года). Часовое интервью! Он сидит с нами в комнате и рассказывает нам свои воспоминания.

Договорились, что такие же 3D-интервью мы сделаем с Борисом Патоном, с нобелевским лауреатом по физике Жоресом Алферовым. В декабре прошлого года исполнилось 20 лет с тех пор, как академик Юрий Сергеевич Осипов руководит Российской академией наук. Конечно, я попрошу и его дать нам интервью.

– **Я тоже припас маленький рояль в кустах к вашему юбилею. Я нашел «Календарь-справочник Академии наук СССР» за 1934 год. В этом очень любопытном издании, в разделе «Учреждения Академии наук СССР», первым значится как раз Институт истории науки и техники. Приведен адрес: Биржевая линия, 1. То есть еще питерский адрес института. Директор – Николай Иванович Бухарин, его телефон в Кремле и проч., и проч. И вот кратко задачи института: «Изучение истории науки и техники во всех отраслях и во все времена. Изучение истории научной деятельности Академии наук. Создание музея по истории науки и техники». Что касается «изучения истории науки и техники во всех отраслях и во все времена», это выполняется неукоснительно в меру предложенных обстоятельств. А вот что касается «создания музея по истории науки и техники» – с этим как?**

– С этим не только у нас сложно, хотя мы предпринимали несколько попыток создать такой музей. Но у нас попросту нет помещений. Даже коллекцию микроскопов, которая была в институте, мы передали в Политехнический музей. Но у них сейчас – та же история, что и у нашего института. Место в самом центре Москвы. И отсюда – проблемы. Музею ищут место, где бы построить какой-нибудь ангар за Московской кольцевой или перевести их на ВДНХ на время реконструкции. Это все – очень печальные процессы. Потери будут.

Могу привести пример. На Бережковской набережной в Москве существует КБ «Общего машиностроения имени В.П.Бармина». У них там был свой замечательный музей. Я там бывал. И, слава богу, что-то даже фотографировал. Там была и лунная база, и действующие модели стартов космических ракет. Сейчас решили туда перевести Роскосмос. Вытащили оттуда все, в том числе и музей. По дороге сломали, что-то куда-то перенесли. Действующих моделей уже нет, перевозку они не выдержали. А людей, которые делали эти модели, уже нет в живых, чертежей не осталось.

– **Не кажется ли вам, что власти просто не понимают, зачем им нужна какая-то история науки и техники?**

– Власть просто не понимает, как из этого – в данном случае из ИИЕТ – делать быстрые деньги. Это ощущается. Но что такое история техники? Это в том числе и история неудачных проектов. У замечательного философа Мераба Мамардашвили, который одно время работал в нашем институте, есть такая мысль: неслучившееся оказывает влияние на будущую историю. Если ты знаешь, что, как и почему привело к неудачному проекту, на который ухнули огромные деньги, ты уже не совершишь ошибку в следующий раз.

– **И потом, история науки и техники – это просто часть культурного наследия...**

– Этот аргумент настолько ясный, что даже необъяснимо, почему его не понимают. Историю искусств надо изучать, историю архитектуры надо изучать, историю религии скоро повсеместно даже в школах будут изучать. А историю науки и техники – никому не надо знать?! Как написать историю нашей страны в XX веке без того, как создавалась атомная бомба, как создавалась космонавтика, как происходила индустриализация? А сейчас порой может сложиться такое ощущение, что мы жили себе жили, и... вдруг спутник полетел! Откуда? Почему? Как? Никого это не интересует вроде бы. А ведь изменились международные отношения, изменился статус страны. А какие механизмы к этому привели – не хотят рассматривать. И это очень странно. Тем более что провозглашен курс на модернизацию страны.

*Опубликовано в «Независимой газете»
22 февраля 2012 г.*

Глава 2

«Мир зрим?»

Было ли у Вселенной начало



«То, что мы наблюдаем, – это не сама природа, а природа, которая выступает в том виде, в каком она выявляется благодаря нашему способу постановки вопросов», – заметил однажды Вернер Гейзенберг, один из создателей квантовой механики, лауреат Нобелевской премии. Таким образом, познавая природу (задавая вопросы), мы создаем Вселенную по своему образу и подобию. Однако человек всегда стремился сформулировать «абсолютный вопрос».

Одна из таких попыток привела к фундаментальному изменению всех представлений об окружающем нас мире и о нашем месте в нем. Вопрос этот – что такое пространство; какова физическая структура пространства, в котором и вместе с которым разворачивается грандиозная пьеса под названием «Вселенная»?

Совершенно изумительно, не с помощью логических абстракций, но с помощью художественных образов, проблему сформулировал поэт, тоже нобелевский лауреат, Иосиф Бродский:

*Когда ты невольно вздрагиваешь, чувствуя, как ты мал,
помни: пространство, которому, кажется, ничего
не нужно, на самом деле нуждается сильно во
взгляде со стороны, в критерии пустоты.
И сослужить эту службу способен только ты.*

Итак, «способ постановки вопросов»... Свой вариант предлагает академик **Анатолий Алексеевич Логунов**, директор Государственного научного центра «Институт физики высоких энергий (г. Протвино).

– Анатолий Алексеевич, вплоть до начала XX века все физические теории строились на одном, казалось бы, очевидном и не требующем специальных доказательств постулате: пространство и время есть абсолютные величины, к тому же и независимые друг от друга. Пространство – это некая бесконечная сцена, на которой разыгрываются все физические законы на фоне такого же абсолютного, бесконечного и равномерного времени. И тут появился Эйнштейн...

– В своей общей теории относительности (ОТО) он установил связь между пространством, временем и материей. Главная идея ОТО: гравитация – это искривление пространства-времени под влиянием материи.

А что, если сформулировать это положение, как бы, зеркально симметрично: не является ли причиной изменения геометрии пространства-времени гравитационное поле?

– Я знаю, что вы уже многие годы работаете над этой проблемой.

– Из исследований современников Эйнштейна – Пуанкаре, Лоренца, Минковского возникло представление о том, что пространство и время образуют единую материальную среду со своей псевдоевклидовой геометрией. Она, эта геометрия, максимально проста и близка к привычной нам евклидовой, но в нее введено в качестве четвертой координаты, помимо трех обычных, время. Это так называемое пространство Минковского.

– И все-таки, простота эта весьма относительна. Так например наш современник, известный английский астрофизик Стивен Хокинг признался однажды: «Четырехмерное пространство представить себе невозможно. Лично я с трудом представляю себе даже трехмерное пространство!»

– Тем не менее, о пространстве Минковского можно сказать, что оно однородно и изотропно, то есть его свойства одинаковы по всем направлениям. Оно отражает свойства общие для всех форм материи. Это обеспечивает существование еди-

ных физических характеристик – энергии, импульса, момента количества движения, законов сохранения энергии, импульса.

Но Эйнштейн утверждал, что такое возможно только при одном условии – в случае отсутствия гравитации. Не буду углубляться в сложные математические и физические построения, скажу главное: из этого утверждения Эйнштейна следовало, что пространство-время становится не псевдоевклидовым, а гораздо более сложным по своей геометрии – римановым. Последнее уже отнюдь не однородно. Оно меняется от точки к точке. Появляется свойство кривизны пространства. В нем исчезает и точная формулировка законов сохранения, как они были приняты в классической физике.

– Однако, даже из повседневного опыта известно, что законы сохранения выполняются всегда; энергия ниоткуда не возникает и не исчезает, вечный двигатель создать невозможно; тепло переходит от более нагретого тела к менее нагретому, но не наоборот...

– Если говорить строго, то в ОТО в принципе нельзя ввести законы сохранения энергии-импульса, их нельзя сформулировать. Теоретики пытались по-разному выйти из этого затруднительного положения, но ничего не получалось. А ведь законы сохранения – фундаментальные законы природы, которые вводят универсальные физические характеристики для всех форм материи. Поэтому я с моими коллегами, (большинство работ по этой тематике было выполнено мною с профессором МГУ Мествиришвили), попытался сформулировать такую теорию гравитационного поля, которая объясняла бы все экспериментальные данные и в которой бы выполнялись законы сохранения. Все это и привело к созданию релятивистской теории гравитации (РТГ).

В основе РТГ реализован подход к гравитационному полю как к физическому объекту, такому же, как, например, электромагнитному полю. Естественно, гравитационное поле обладает своими специфическими свойствами. Мало того, это поле само меняет геометрию пространства, образно говоря, гравитационное поле, как бы, создает пространство. (Это сам по себе любопытный и фундаментальный по значению факт: геометрия возникает из изучения свойств материи!).

Поскольку в РТГ гравитационное поле является по своей сути физическим полем, силы, вызванные им, не могут быть обра-

щены в ноль выбором системы отсчета. Другая ситуация имеет место в ОТО. Гравитационные силы в ней не имеют векторной природы в четырехмерном пространстве-времени и могут быть локально обращены в ноль простым выбором системы отсчета. Эту мысль Эйнштейн подчеркивал неоднократно.

– Как это представить себе? Если гравитационное поле – физическая реальность, материя, то разве можно избавиться от материи простым выбором системы отсчета?

– Это необъяснимо с традиционных физических позиций. Но, по мнению Эйнштейна, традиционный подход к гравитационному полю и неприменим. Фактически, Эйнштейн отошел от представления о гравитационном поле, как о физическом поле, наподобие электромагнитного. Отсюда и «исчезновение» законов сохранения. Для Эйнштейна гравитационное поле было всего лишь математической абстракцией, но не в полном смысле слова физическим полем.

Схема же, предложенная в РТГ, логически непротиворечивая, объясняет все имеющиеся на сегодня экспериментальные данные, в ней не возникает трудностей с законами сохранения. Но оказалось, что РТГ требует обязательно введения массы покоя гравитационного поля. Гравитоны, эти гипотетические носители поля, должны обладать, пусть небольшой, но массой. По некоторым оценкам масса гравитона составляет порядка 10-66 граммов. Для сравнения, масса протона, одной из элементарных частиц составляющих ядра атомов, 10-24 граммов. И, тем не менее, обладая даже такой ничтожной массой, гравитоны определяют характер взаимодействия в сильных гравитационных полях, то есть в ситуациях, когда происходит сжатие материи, ее коллапс.

– Нельзя ли проиллюстрировать это каким-либо примером?

– Считается, что если звезда имеет массу больше трех масс нашего Солнца, то она начинает стягиваться гравитационными силами в «черную дыру», коллапсировать. Но из нашей теории следует, что в определенный момент гравитационное сжатие должно прекратиться и начнется расширение. Именно благодаря наличию массы покоя гравитона возникают силы отталкивания, которые не дают возможности материи исчезнуть из нашего мира через «черную дыру». Таким образом, со-

гласно РТГ, существование в природе «черных дыр» (объектов, не имеющих материальных границ и отрезанных от внешнего мира) полностью исключается. Ведь «черная дыра» – это вещь в себе: даже свет не может преодолеть ее сил гравитации, а значит никакой информации из «черной дыры» вы никогда не получите.

– Но уже упоминавшийся Стивен Хокинг, кстати, крупнейший теоретик в мире по «черным дырам», еще лет двадцать назад доказал, что «черные дыры» не такие уж и «черные». Из его расчетов, многократно подтвержденных другими учеными, следует, что «черная дыра» должны испускать частицы и излучение.

– Да, из его рассуждений получается, что за счет квантовых эффектов может существовать излучение, а, следовательно, и температура. Картина выглядит так. Пустое пространство, в котором исчезла материя; это пустое пространство обладает гравитационным полем исчезнувшей в нем массы.

– Нечто вроде улыбки Чеширского кота из «Алисы в стране чудес»: мы, как бы, видим температуру вокруг пустоты?

– На самом же деле, как это следует из РТГ, мы имеем дело не с «черной дырой», а с материальным объектом, который характеризуется не только массой, но и распределением вещества, плотностью. Получается, что силы гравитации, при достижении некоторого предела ослабевают. Таким образом, коллапс и исчезновения материи через «черную дыру» не происходит.

Те же рассуждения применимы и к эволюции Вселенной в целом. Из теории Эйнштейна следует, что существовал момент, когда Вселенная была горячей точкой с бесконечной плотностью вещества в ней. И в этой точке уже неприменима сама теория Эйнштейна.

– Это – так называемая точка сингулярности...

– Именно. В РТГ никаких сингулярностей не возникает. Если Вселенная однородная и изотропная, то она развивается циклически – от большой (но конечной) плотности с большой (но конечной) температурой, до минимальной и т.д.. Продолжительность этих циклов – десятки миллиардов лет. Благодаря наличию массы покоя гравитона, из РТГ следует, что однородная и изотропная Вселенная может быть только плоской (с трехмерной евклидовой геометрией).

– А как же быть с общепринятой, вроде бы, сейчас теорией Big Bang, Большого Взрыва, ведь в ней подразумевается, что у Вселенной было начало?

– А здесь, в РТГ, нет начала. Вселенная существует бесконечно долго и она бесконечна.

– Тогда все разговоры о том, что у Большого взрыва должна существовать причина или некий Создатель, в вашей теории не имеют смысла?

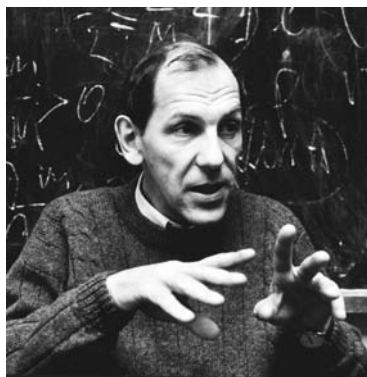
– Существование Бога и наука – это разные плоскости. Их не надо связывать.

– Просто, когда говорят о теории Большого Взрыва, то сразу возникает вопрос: а что было до Большого Взрыва?

– Всегда была Вселенная, развивающаяся циклически. Длительна цикла, кстати, тоже зависит от массы гравитона. Наша Вселенная приближается сейчас к минимуму плотности. Очень скоро – по космическим масштабам, конечно! – должно начаться ее сжатие.

*Опубликовано в «Независимой газете»
10 октября 1995 г.*

Жизнь в окрестностях Большого Взрыва



Валерий Анатольевич Рубаков – главный научный сотрудник Отдела теоретической физики Института ядерных исследований РАН (г. Москва), доктор физико-математических наук, профессор. 1955 года рождения. На момент подготовки этого интервью он был самым молодым академиком Российской академии наук. Он – один из ведущих специалистов в обла-

сти физики элементарных частиц, квантовой теории поля и космологии, ученый с мировым именем. Автор более сотни научных работ, внесших основополагающий вклад в теорию ранней Вселенной, в квантовую теорию поля, теорию образования барионной асимметрии, квантовую гравитацию.

«Существует вариант рождения Вселенной из ничего», – ради одной этой фразы оброненной им в разговоре, есть смысл узнать, что думает академик Рубаков о далеком прошлом и еще более далеком будущем мироздания.

– Валерий Анатольевич, вы – один из ведущих сейчас в стране специалистов, который занимается космологией, то есть изучением пространства и времени в «большом». И в то же время, вы – известный специалист в области элементарных частиц. Где основные точки пересечения этих областей

знания, ведь иногда даже трудно уловить момент перехода от одной проблематики к другой? Где соприкасаются миры самого малого – элементарных частиц и самого большого – Вселенной?

– Вопрос обширный. Дело в том, что в самые первые секунды своего развития Вселенная была очень горячая и очень плотная. Горячая – значит, что характерные энергии частиц этой космической плазмы были сравнимы, – а на совсем ранних стадиях даже и выше, – чем те энергии столкновений частиц, которые мы можем сегодня получать на ускорителях элементарных частиц. Это означает, что взаимодействие между частицами космической плазмы происходило на очень малых расстояниях. Вселенная была совершенно не такой как сегодня. Она была горячей, плотной, хаотически перемешанной средой; никаких звезд, планет не было, а был горячий ступок вещества.

– Это сейчас называют кварк-глюонной плазмой?

– Не совсем так. Кварк-глюонная плазма – это вполне конкретная вещь. Одно из четырех фундаментальных взаимодействий существующих а природе – сильное взаимодействие. И в этих сильных взаимодействиях участвуют элементарные частицы, которые получили название кварков и глюонов. При очень высоких температурах, в первые мгновения рождения Вселенной, это все размешивалось. В результате, вместо протонов, нейтронов существовала, как раз, эта самая кварк-глюонная плазма.

Но есть и другие частицы, которые не участвуют в сильных взаимодействиях. Они также присутствовали в плазме. То есть, это была очень горячая среда, в которой существовали все частицы. Было парное рождение частиц и античастиц. И все эти частицы постоянно друг с другом взаимодействовали. Именно микроскопические особенности и определяли характер взаимодействия между частицами.

Поэтому первые несколько секунд развития Вселенной определяются, – конечно, при учете гравитационного взаимодействия между частицами, при учете гравитационного расширения, – тем, как эти частицы взаимодействуют на малых и сверхмалых расстояниях. Вообще: откуда мы все это знаем?

– Это хороший вопрос...

– Мы обладаем двумя источниками этого знания. Во-первых, из наблюдений за современной нам Вселенной. Она сейчас, конечно, не такая горячая, как в первые секунды, но, тем не менее, есть реликтовое излучение фотонов, его температура – 2,75 градусов по Кельвину. Эта величина относительно недавно была прекрасно измерена экспериментально. Померен спектр реликтового излучения с великолепной точностью в ходе американского эксперимента. Если, зная законы эволюции Вселенной, продолжить экстраполяцию назад во времени этих данных, то вы убедитесь, что Вселенная была очень горячей и плотной средой. Кроме того, если сегодня Вселенная расширяется, то, значит, когда-то давно она была плотной и горячей средой.

Во вторых. Есть прямое экспериментальное подтверждение, и оно с течением времени становится все более и более надежным. Это прямое подтверждение состоит в том, что мы, зная, в данном случае, ядерное взаимодействие, можем предсказать наличие первичных, относительно легких элементов. После того как Вселенная расширилась, появились протоны и нейтроны, образовались ядра: легкие ядра типа гелия, дейтерия, лития-7... Зная взаимодействие частиц и, предсказывая как развивалась Вселенная в тот момент, – а это, приблизительно, три минуты от начала Большого Взрыва, – мы можем предсказать, сколько будет таких первичных легких элементов. И экспериментально измерив их количество (это можно сделать, наблюдая за разными космическими объектами – либо это звезды 1-го поколения, либо межзвездная среда или газовые облака), можно довольно аккуратно оценить наблюдательно, каково же соотношение между «голыми» протонами и протонами и нейтронами в ядрах.

Результат оказался замечательным. Теоретические предсказания и экспериментальные результаты сошлись, что называется, тютелька в тютельку. То есть, действительно, мы уверены в том, что Вселенная была горячая, по крайней мере, было время, когда ее температура составляла приблизительно 10 миллиардов градусов. Такие температуры, по существу, экспериментально наблюдаются.

Космологические предсказания, относящиеся к самым первым секундам, прямо экспериментально проверены и очень хорошо сошлись с тем, что предсказывалось. Теперь мы не сомне-

ваемся, что Вселенная была горячей и ее развитие – расширение – следовало законам общей теории относительности (ОТО). Здесь вопросов нет.

Что бы мы хотели бы знать из этой ранней Вселенной кроме нуклеосинтеза, синтеза ядер. Прежде всего, ученых интересует крупномасштабная структура Вселенной и анизотропия (неравномерность) реликтового излучения. И, довольно успешно, работа в этом направлении идет.

– **А как, все-таки, эти исследования связаны между собой?**

– Одно из фундаментальных экспериментальных открытий, сделанных в последнее время в космологии, – обнаружение анизотропии реликтового излучения. Оно очень слабенькое, несколько единиц на 10^{-5} . Сегодня можно с достаточной долей уверенности говорить, – хотя был поставлен лишь один эксперимент, еще требуется проверка, – очень похоже, что эта анизотропия обнаружена и измерена количественно.

– **И каковы последствия этого открытия?**

– Цепочка эта очень интересная. Дело в том, что, как образование структур типа галактик, скоплений галактик, так и анизотропия реликтового излучения связаны с наличием очень слабеньких возмущений. Вообще, в самом начале своего существования Вселенная была однородна и изотропна, распределение вещества в ней, грубо говоря, – равномерное. Сейчас однородность совсем не обнаруживается – есть галактики, есть скопления галактик и т.п.. Но если вернуться назад во времени, когда существовала только горячая плазма, в те времена Вселенная заведомо была однородная и изотропная. А все эти структуры, которые мы сейчас наблюдаем, возникли из слабеньких неоднородностей. На эту тему есть, конечно, теория: как из неоднородностей могут возникнуть структуры типа галактик.

Один из очень интересных теоретических вопросов заключается в следующем. Масштаб этих неоднородностей, в зависимости от пространственного масштаба, как раз, и определяет структуру Вселенной и анизотропию реликтового излучения. Предсказание этих неоднородностей из фундаментальной теории – это, наверное, одна из наиболее увлекательных проблем в ранней космологии, когда Вселенная имела температуру порядка 10^{17} градусов. Вопрос открытый и очень актуальный: как это все происходило?

– Мы попадаем в ту самую точку сингулярности?

– Нет еще. Физику сегодня мы знаем в основных чертах до масштабов энергии порядка сотен гига-электронвольт (ГэВ). Это соответствует температуре, примерно, 1015 градусов. До этих температур физику мы знаем экспериментально. Мы можем физические законы проэкстраполировать дальше, хотя там могут появиться новые, неизвестные частицы и т. д.

То, что мы заведомо не знаем и не можем проэкстраполировать – это область энергий, которая составляет еще на 17 порядков больше, 1019 ГэВ. Вот этот масштаб энергии, который на сегодняшний день для теоретиков и тем более для экспериментаторов покрыт туманом. Это та область, когда гравитационные и, скажем, электромагнитные взаимодействия, становятся одного и того же масштаба величины.

– Становятся, так называемой, Суперсилой. По крайней мере, такая теория существует.

– Да, да существует. Более того, эти события, по-видимому, происходят в несколько этапов. Сначала объединяются все типы взаимодействий – сильные, слабые, электромагнитные – кроме гравитации, – в одну силу при чуть-чуть более низких энергиях; а затем подключается гравитация на масштабах энергий 1019 ГэВ. До этого момента мы можем рассуждать более или менее обоснованно. Другое дело, что там зоопарк частиц может быть другой, но это все – вопрос модели. Однако, основные фундаментальные законы природы, по-видимому, сохраняются в этой области. А вот дальше – нам путь неведом, туда теоретикам идти тяжело. Так что, когда говорят о Большом Взрыве, то неявно думают о масштабе энергии 1019 ГэВ и выше.

– То есть, на ваш взгляд, не лишено оснований мнение, что Вселенная представляет собой гигантскую естественную лабораторию, в которой 18 миллиардов лет назад был «проведен» величайший эксперимент в области физики элементарных частиц – Большой Взрыв? Кто-то даже образно заметил: «Большой Взрыв – это ускоритель для бедных».

– Конечно. Другое дело, что нам не так просто осмыслить результаты этого эксперимента. Кроме всего прочего, это чисто экспериментально, простите за тавтологию, очень сложная задача.

– Другими словами, решается обратная задача: из того экспериментального материала, что сохранился до наших дней, реконструировать то, что было в Начале?

– Да. Действительно, не так много, – все-таки прошло 18 миллиардов лет, – но следы этого грандиозного эксперимента все же имеются в нашем распоряжении. Неоднородности – ключевой момент. Анизотропия реликтового излучения и крупномасштабная структура Вселенной: сколько галактик, как они скучкованы, какие масштабы скоплений, какие скорости движения вещества в этих галактиках.

– С десяток лет назад очень модной и широко обсуждаемой была теория так называемых «космических струн». Что нового здесь?

– Замечательным прогрессом с тех пор стало экспериментальное наблюдение анизотропии реликтового излучения. И данный факт не согласуется с теорией космических струн. Ее суть состояла в следующем.

Некоторый класс теорий элементарных частиц предсказывает существование протяженных объектов – струн. Буквально: тонкие, весомые, тяжелые, длинные объекты...

– На одном из семинаров у академика Виталия Лазаревича Гинзбурга приводились такие оценки: толщина струны 10-29 сантиметра и погонная масса 1022 граммов на сантиметр.

– Оценки могут несколько «гулять». Как бы там ни было – это очень тяжелый, очень тоненький и очень протяженный объект.

– Это и представить-то себе страшно. Объекты, протянувшиеся, скажем, через всю галактику!

– Они исполнские в одном измерении и, в то же время, микроскопические в другом. Мы уже свыклись с этим.

Эти струны могли образовываться в ранней Вселенной и описан механизм как они образуются. Такие объекты ученые рассматривали как некие зародыши: тяжелые, массивные. На них потом «сваливается» вещество, и в результате этого образуются тела из обычного вещества – галактики, например. И это есть некий возможный механизм образования структуры Вселенной. В этой теории вы довольно определено можете говорить о спектре анизотропии реликтового излучения.

Так вот, эксперименты по измерению анизотропии реликтового излучения, которые сегодня проведены, указывают од-

нозначно, на мой взгляд, на то, что предсказываемый моделями струн спектр не согласуется с наблюдением. Похоже, что они расходятся серьезно. Это означает, что модель струн находится сегодня в шаткой ситуации. Эксперименты по измерению анизотропии реликтового излучения выходят на новый этап. Сейчас очень интересный момент, буквально через несколько лет появятся новые данные об анизотропии реликтового излучения. И тогда мы уже будем знать более или менее надежно: работает или не работает модель струн. По крайней мере, сейчас она популярностью не пользуется.

Но замечательно другое. Образование струн происходило очень давно: характерные температуры – 1012 – 1013 ГэВ (1026 градусов!). Вы предсказываете, как будут эти струны образовываться и, в конце концов, приходите к наблюдаемому следствию. Замечательное явление, если вдуматься! 1026 градусов – и вы обсуждаете Вселенную на очень раннем этапе ее возникновения – 10-32 секунды.

– Вы сами сказали: невероятные температуры, поровну вещества и антивещества – и вдруг возникает вот эта асимметрия. Сейчас мы имеем, по крайней мере, в наблюдаемой Вселенной, полное преобладание вещества и какие-то «крохи» антивещества. Насколько я понимаю, здесь мы вторгаемся в область напрямую связанную с вашей научной специальностью – так называемая барионная асимметрия.

– Антивещества действительно крохи. И даже то, что есть, имеет совсем не космологическое происхождение. А в ранней Вселенной, примерно, на 10 миллиардов частиц и античастиц приходилась одна лишняя частица. Это еще один замечательный вопрос космологии.

Есть один из законов сохранения, который очень существенен для нашей с вами жизни – закон сохранения барионного числа. Что это такое. Каждой частице – протону, нейтрону – приписывается барионное число: протон – «единица», нейтрон – «единица», античастица – «минус единица». Во всех сегодняшних экспериментах сумма всех барионных чисел точно сохраняется. Это важно. Это обеспечивает стабильность протонов. Если бы барионное число не сохранялось, то протон мог бы распадаться.

– Пока ведь экспериментально так и не зафиксирован распад протона?

– Да. К большому сожалению. Почему к сожалению? Потому что, во-первых, он предсказывался. А во-вторых, конечно, посмотреть, как распадается протон было бы очень интересно, это нам рассказало бы о строении вещества на самых-самых малых расстояниях, далеко за пределами ускорительной физики. Но, повторяю, к сожалению этого, нет. Хотя ученые ищут. Сейчас новая экспериментальная установка вошла в строй в Японии. Огромная, надо сказать, установка, с эффективно работающей массой 20 тысяч тонн, и все для того, чтобы зафиксировать распад хотя бы одного протона. Это действительно очень сложный и тонкий эксперимент.

Но, тем не менее, протон живет очень долго; если он вообще распадается, то он живет дольше, чем 1033 лет – это много больше времени жизни Вселенной. И стабильность протона как раз обеспечивается сохранением барионного числа. Это, фактически, синонимы: стабильность протона и сохранение барионного числа.

Но тот факт, что мы сегодня имеем больше вещества, чем антивещества говорит о том, что на самом деле барионное число не сохраняется. Хотя экспериментально это не обнаружено. Но Вселенная, в которой мы живем, – единственное место, где виден результат этого явного нарушения. И объяснить, описать появление барионной асимметрии – очень интересная задача.

– Хотел бы вас спросить еще об одной животрепещущей космологической проблеме – это так называемая квантовая теория вакуума.

– Сейчас это направление исследований, действительно, бурно развивается. Тут есть два момента.

Первый. Стало ясно, что физический вакуум – это очень нетривиальный объект. И многие свойства частиц прямо связаны со структурой вакуума. Аналогия здесь такая. Представьте себе, что у вас есть твердое тело; от того в каком оно состоянии находится – в кристаллическом или аморфном – зависит, как устроено возбуждение, какие волны, скажем, звуковые, как проходят в этом теле... Так вот, частицы – аналог этих волн, а вакуум – это аналог основного состояния и от того как оно устроено, конечно, зависит очень многое.

Одна из наиболее увлекательных задач для теоретиков – узнать, как устроен вакуум, как устроена пустота. Это, может

быть, звучит немного парадоксально. Но это на самом деле очень серьезный вопрос. Если вам удалось выяснить, как устроен вакуум, после этого вы можете сказать об устройстве частицы, которая может в нем распространяться.

– **До чего же сейчас дошли теоретики, обдумывая устройство этого вакуума?**

– Очень нетривиальная вещь, одно из основных свойств вакуума, – он нарушает симметрии. Есть масса симметрий в теории, которые нарушаются вакуумом. Вакуум не любит эту симметрию, он сам не симметричен. Из того, что он несимметричен, следует, что частицы, которые в нем летают, тоже не симметричны. В результате, протоны, нейтроны имеют массу

– **Вакуум как бы кривое зеркало?**

– В известном смысле – да. Это некая среда, которую мы, конечно, прямо щупать не можем, но волны в этой среде очень сильно зависят от того, как эта среда устроена. Осознание этого факта произошло относительно недавно. А дальше вы можете изучать, как было «устроено» основное состояние ранней Вселенной. Опять же, аналогия с твердым телом: вначале оно было кристаллическим, его разогрели – стало жидким. То же самое с вакуумом происходит. Он был разогретым в ранней Вселенной. Сейчас он совершенно другой. И эти фазовые переходы связаны с перестройкой вакуума.

Второй момент, очень интересный, связан с так называемой инфляцией, раздуванием Вселенной. Сейчас одна из наиболее популярных и, скорее всего, наиболее реалистичных моделей ранней Вселенной – теория раздувающейся (инфляционной) Вселенной. Это связано с представлением о том, что было время, когда Вселенная расширялась очень быстро. Она быстро становилась пустой из-за этого, температура в ней резко падала. И Вселенная довольно долго находилась в этом состоянии. Она расширялась в огромное количество раз – может быть в 1030 раз! – раздувалась, становилась однородной. Из-за чего она становилась однородной? По-видимому, из-за того, что был такой момент, когда все неоднородности, во время ее расширения, растягивались. Потом происходило нечто вроде фазового перехода: раздувалась она за счет энергии, присутствовавшего в ней, грубо говоря, некоего особого вакуума. И этот вакуум превращался в наш обычный вакуум. И происходило снова разогревание Вселенной.

Такая стадия раздувания, понижения температуры с последующим разогревом, объясняет многие вещи во Вселенной, например, ее однородность и изотропию.

– **Откуда же взялась энергия для вторичного разогрева?**

– Из вакуума. Вот этот вакуум, который обеспечил раздувание Вселенной, он был «неправильным». Представьте себе, что у вас имеется чай – перегретая жидкость. Одна из моделей вакуума – это тип перегретой жидкости. Жидкость вы можете нагреть, но она у вас еще не будет кипеть. Вам надо подождать, либо еще что-то кинуть в чайник в качестве центра кипения, либо еще сильнее разогреть и только тогда она у вас закипит.

Если вы взяли перегретую жидкость, то в ней запасена энергия, которая выделяется в виде пара, когда она, в конце концов, превращается в кипяток. То же самое и здесь: вакуум был, как бы, перегретой жидкостью, резервуаром энергии. За счет этой энергии, собственно, и происходило раздувание, а потом эта энергия высвобождалась в тепло.

Замечательное свойство этой инфляционной теории состоит в том, что вы можете предсказать, какие будут возмущения в однородном состоянии. И эти предсказания теории уже сегодня хорошо ложатся на фундаментальные наблюдения анизотропии реликтового излучения.

– **Валерий Анатольевич, так или иначе, мы подошли к самой, пожалуй, загадочной стадии формирования Вселенной – к моменту, который называют Большой Взрыв. Сама эта точка, точка сингулярности, часто рассматривается как проявление неблагоприятия общей теории относительности Эйнштейна – там не работают физические законы...**

– Вообще сингулярность – это понятие классической физики. Сингулярность – это свойство классической теории. И отдельный, очень увлекательный вопрос, что заменяет сингулярность в квантовой теории. Это несправедливый вопрос. Не исключено, что толчком для развития Вселенной по инфляционной, раздувающейся модели послужили квантово-гравитационные эффекты. Сложный вопрос и еще не разработанный, но есть попытки понять, что было до инфляции, что происходило вместо сингулярности, вместо Большого Взрыва, как родилась Вселенная. Похоже, что это был квантовый процесс, хотя могут быть разные точки зрения.

– **Правильно ли я вас понял, что термин «Большой Взрыв» относится к классической физической теории, а что встает на место Большого Взрыва в квантовой теории – пока это об-суждается?**

– Тут все зависит от того, кто что вкладывает в понятие «Большой Взрыв». В классической теории сингулярность – это состояние с бесконечно большими плотностями, с бесконечной кривизной пространства. Сегодня более или менее ясно, что таковой точки не было, а вот что было вместо этого – это вопрос открытый.

Например, это может быть процесс квантового рождения Вселенной. Вот самый простой вариант. Представьте себе, что есть другая Вселенная, с нашей Вселенной никак не связанная. Мы могли от нее отпочковаться квантовым образом. Отпочковались, потом инфляция нашу Вселенную раздула и дальше она превратилась в то, что мы сейчас и имеем. Есть множество дру-гих вариантов.

Конечно, это сложный вопрос. Есть варианты такие, что Вселенная возникает квантовым образом, но не отпочковыва-ясь, а... Даже трудно подобрать определение. Есть такой тер-мин – «рождение Вселенной из ничего». То есть, когда-то у нас не было ни одной Вселенной, но, тем не менее, она могла как-ким-то образом возникнуть, образоваться квантовым обра-зом. И есть даже попытки описания этого процесса количест-венно.

– **Критики современной физики, современных физичес-ких теорий об этом и говорят, что физики хорошо устрои-лись. Они, мол, утверждают: «Вселенная могла образоваться квантовым образом, но не расшифровывают, что это значит – квантовым образом?»**

– Когда вы попадаете в квантовый мир, то многие интуи-тивные понятия перестают работать.

– **Понятия привычные для обыденного физического со-знания.**

– Конечно. Это было одним из сложных моментов, при рождении квантовой механики. Пришлось, например, отка-заться от представления о том, что каждая частица находится в какой-то определенной точке пространства. Это самое простое интуитивное понятие.

В теории квантовой гравитации, может быть, придется от-казаться от очень традиционных понятий – от понятия «време-ни», например. Когда у нас появляется существенно квантовая Вселенная, представление о времени может потерять смысл полностью. То есть, когда вы входите в область меньше 10-43 секунды после Большого Взрыва, то в этот момент многие ве-щи, многие представления перестают работать. Объяснить, как это происходило, можно. Но это объяснение, в обычных терми-нах, описать, по-видимому, будет невозможно. К сожалению.

– **Вы сказали: Вселенная, возможно, возникла из ничего, квантовым образом. Что из себя представляет это «ничего»? Или, по-другому: что было до Большого Взрыва?**

– На то оно и «ничего», что там ничего не было. Это один из вариантов ответа. Над этими вещами, о которых я вам сейчас рассказывал, ученые думают во всем мире.

Физики уже привыкли к тому, что для решения таких слож-ных вопросов надо иметь адекватный математический, теоре-тический аппарат. К сожалению, такого адекватного теоретиче-ского аппарата для описания процессов в момент времени меньше 10-43 секунды пока не существует. Он только-только появляется.

– **Валерий Анатольевич, а что вы можете сказать о поис-ках так называемого монополя – частицы, имеющей, по ана-логии с электроном, магнитный только плюсовой или только минусовой заряд? Есть предположения, что эти частицы бы-ли как-то связаны с ранними этапами развития Вселенной. Мало того, вроде бы, теория предсказывает, что наша Вселен-ная именно такова потому, что где-то во всей этой Вселенной всего лишь один монополю и существует.**

– Вы правы. Монополи появляются во всех теориях, которые объединяют сильные, слабые и электромагнитные взаимодей-ствия. Другое дело, сколько их во Вселенной. Они должны быть очень тяжелыми: 1016 масс протона, столько амеба весит. Поэто-му на ускорителе его, конечно, не образует. Это очень тяжелые объекты. Они должны двигаться со скоростями гораздо меньше, чем скорость света – одна сотая, одна тысячная скорости света. Медленная частица, но с большим магнитным зарядом.

Его ищут под землей. Почему. Если где-то они могли обра-зовываться, то только в ранней Вселенной. Там такие темпера-

туры были, условия для их образования, рождения имелись. Вообще говоря, замечательно следующее. Если вы наивно будете «протягивать» развитие Вселенной до температур типа 1016 ГэВ, то вы предскажете колоссальное их количество, гораздо больше, чем разрешено всеми экспериментами. Это еще одно указание на то, что в действительности Вселенная была не просто все время горячей, а происходили разнообразные процессы типа инфляции. Инфляция – один из способов уменьшить количество магнитных монополей. Другими словами, температура ранней Вселенной была несколько меньшей, чем необходима для образования монополей. И до сих пор экспериментально не подтверждается наличие этих монополей. А это было бы не менее интересное открытие, чем распад протона, если не более.

– И, тем не менее, мы все время говорим с вами о том, начальном моменте развития инфляционной Вселенной, об очень малом интервале после самого момента возникновения Вселенной, но все-таки – об интервале: 10-43 секунды. Тут возникает проблема так называемой фундаментальной длины, которая ограничивает возможности классического пространственного описания. Свойства пространства на таких расстояниях и, соответственно, на таких временах, совершенно другие.

– Несомненно. И ярче всего это видно в теории суперструн. Ее не надо путать с теорией космических струн, о которой мы с вами говорили выше. Это совершенно другая теория фундаментальных взаимодействий, которая заступает на место обычных взаимодействий на масштабах энергий, температур, времен, характерных для этой самой фундаментальной длины – 10-33 сантиметра. Даже представить, как можно было бы прямо проверить предсказание этой теории, до сих пор не ясно. То есть, действительно, это есть некая проблема современной физики: чем фундаментальнее вопросы вы задаете, чем фундаментальнее теорию вы пытаетесь построить, тем труднее ее экспериментально проверить.

– На мой взгляд, в квантовой теории есть еще один парадокс – проблема наблюдателя. Мы наблюдаем не мир, каков он есть, а мир плюс воздействие наблюдателя.

– Когда я занимаюсь проблемой квантовой гравитации, этот парадокс возникает на каждом шагу.

– Частица, до того как мы ее наблюдаем, совершенно другая, чем после того, как мы ее начинаем исследовать.

– Такого рода вопросы, кстати говоря, когда вы начинаете заниматься вопросами типа, как начиналась Вселенная, что было в момент Большого Взрыва, возникают постоянно. И возникают потому, что мы все, наблюдатели, находимся внутри этой системы, внутри этой Вселенной. А Наблюдатель в квантовой механике – это сторонний объект. Когда Наблюдатель сам по себе во Вселенной живет – это еще хлеще: что, он сам формирует эту Вселенную, что ли?

– Достаточно давно уже высказано предположение, что Вселенная, как частица, может быть описана неким волновым уравнением. Но тогда возникает вопрос: если Вселенная – некое волновое уравнение, некая частица, то кто наблюдает за ней, под чьим воздействием она выбирает свою траекторию?

– Я думаю, что ситуация немножечко проще, не такая мистическая. По-видимому, это связано с тем, что, когда вы производите эксперимент микроскопический, у вас имеется много степеней свободы, есть разные пути, которые предсказываются в квантовой механике. Квантовая механика, она, чем замечательна, – развитие системы может идти по разным путям, скажем, электрон может лететь по разным траекториям.

– Но, когда мы смотрим на квантовую систему, электрон выбирает один единственный путь...

– Я бы сказал даже не так: вся система, все эти разные возможности перестают друг с другом быть связанными. В квантовой механике такая ситуация называется – «отсутствие интерференции между разными возможностями». Какую-то возможность тот же электрон выбирает, конечно, вероятно, но если он по какому-то пути пошел, то и дальше будет двигаться по нему. Он не будет скакать. Остальное как бы отпадает.

Хотя этот вопрос тяжелый, до сих пор ученые копыя ломают над ним. Но мне кажется, здесь совсем уж такой запредельной мистики нет. Когда вы реально начинаете решать какие-то вопросы, когда вы пытаетесь конкретно рассуждать, то, как только у вас появляется макроскопическая система типа Наблюдателей или во Вселенной появляются макроскопические

объекты, так вы сразу же естественным образом приходите к представлениям об однозначности.

– **Однако, например, вопрос о том, существует ли граница у Вселенной, вряд ли приводит к такой однозначности.**

– Время жизни Вселенной около 18-20 миллиардов лет. Свет, который к нам приходит из глубин космоса, рожден именно в этот момент. Это – видимая граница. Но это не значит, что Вселенная там и кончается. Она, наверняка, гораздо больше. Как она устроена там, дальше, за горизонтом – это принципиально непознаваемо экспериментально для нас.

Теперь, если говорить о теоретическом представлении, что там могло бы быть, то на этот счет есть самые разные возможности, вплоть до того, что Вселенная бесконечна. Но мало того, что она бесконечна, она еще сильно неоднородна. В нашем масштабе она однородна, а на больших масштабах – неоднородна. Где-то она еще продолжает развиваться; где-то, наоборот, уже сжалась, сколлапсировала. Но масштабы этой неоднородности превышают эти самые 18-20 миллиардов световых лет.

*Опубликовано в «Независимой газете»
3 июня 1998 г.*

Кто играет на космических струнах

Осенью 2003-го года совместная российско-итальянская группа астрономов в которой лидирующую роль играет профессор МГУ имени М.В. Ломоносова Михаил Сажин сообщила о возможной идентификации уникального объекта Вселенной – «космической струны». Ученые обнаружили пару практически идентичных галактик CSL-1, расположенных от нас на расстоянии 6-7 млрд. световых лет. Расстояние между самими галактиками – около 40 килопарсек (1 парсек – 3 световых года, или 3,1 x 10¹⁶ м). Астрофизикам давно известны подобные объекты – такое «раздваивание» вызвано наличием массивных тел (гравитационных линз) на пути лучей света от объекта к земному телескопу. Однако большинство таких линз приводят к существенным искажениям изображения, незаметным в случае с CSL-1. Появление такого изображения возможно, если в качестве линзы выступает пока еще гипотетический объект – «космическая струна».

Какие же последствия это открытие может иметь для формирования современных представлений о строении Вселенной? Еще одна встреча с академиком Валерием Рубаковым.

– Валерий Анатольевич, думаю, будет разумным привести отрывок из нашей с вами беседы, которая состоялась пять лет назад. Тогда в разговоре мы тоже касались с вами этих удивительных объектов Вселенной – космических струн.

« – С десяток лет назад очень модной и широко обсуждаемой была теория так называемых «космических струн». Что нового здесь?

– Замечательным прогрессом с тех пор стало экспериментальное наблюдение анизотропии реликтового излучения. И

данный факт не согласуется с теорией космических струн. Ее суть состояла в следующем.

Некоторый класс теорий элементарных частиц предсказывает существование протяженных объектов – струн. Буквально: тонкие, весомые, тяжелые, длинные объекты...

– На одном из семинаров у академика Виталия Лазаревича Гинзбурга приводились такие оценки: толщина струны 10-29 сантиметра и погонная масса 10^{22} граммов на сантиметр.

– Оценки могут несколько «гулять». Как бы там ни было – это очень тяжелый, очень тоненький и очень протяженный объект.

– Это и представить-то себе страшно. Объекты, протянувшиеся, скажем, через всю галактику!

– Они исполинские в одном измерении и, в то же время, микроскопические в другом. Мы уже свыклись с этим.

Эти струны могли образовываться в ранней Вселенной, и описан механизм как они образуются. Такие объекты ученые рассматривали как некие зародыши: тяжелые, массивные. На них потом «сваливается» вещество, и в результате этого образуются тела из обычного вещества – галактики, например. И это есть некий возможный механизм образования структуры Вселенной. В этой теории вы довольно определено можете говорить о спектре анизотропии реликтового излучения.

Так вот, эксперименты по измерению анизотропии реликтового излучения, которые сегодня проведены, указывают однозначно, на мой взгляд, на то, что предсказываемый моделями струн спектр не согласуется с наблюдением. Похоже, что они расходятся серьезно. Это означает, что модель струн находится сегодня в шаткой ситуации. Эксперименты по измерению анизотропии реликтового излучения выходят на новый этап. Сейчас очень интересный момент, буквально через несколько лет появятся новые данные об анизотропии реликтового излучения. И тогда мы уже будем знать более или менее надежно: работает или не работает модель струн. По крайней мере, сейчас она популярностью не пользуется».

Что же, теперь, после наблюдений российско-итальянской группы, придется ученым опять изменить свое скептическое отношение к возможности существования космических струн?

– За эти годы, как я говорил, с изумительной точностью была померена анизотропия реликтового излучения. Пришли такие данные – пальчики оближешь!

Пять лет назад, когда мы с вами разговаривали, все-таки, была некоторая неопределенность: как именно устроена эта анизотропия реликтового излучения. После этого произошло капитальное продвижение. Было поставлено несколько международных экспериментов с использованием высотных аэростатов. Один из них, кстати, летал вокруг Антарктиды. Оказывается, над Антарктидой есть круговые воздушные течения. Именно в этом течении и летал аэростат со сверхчувствительным автоматическим телескопом Boomerang на борту. (Объем аэростата составлял 1 млн. литров.) Удалось набрать прекрасные данные по анизотропии реликтового излучения. Эти измерения покрывают, практически все небо.

И это дало возможность более или менее точно прорисовать картину реликтового излучения: как на разных масштабах, при рассмотрении под разными углами выглядит анизотропия реликтового излучения, то есть, каковы вариации температуры этого излучения в разных направлениях. Это очень тонкий эксперимент. Речь идет о десятках микрокельвинов, даже о единицах микрокельвинов, точности измерения температуры реликтового излучения. Сама температура реликтового излучения – 2,7 градуса Кельвина. То есть, точность измерения на уровне тысячных долей процента.

Буквально недавно пришли совсем уже свежие данные – со спутника WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Уилкинсон – это ученый, идеолог этого эксперимента. Этот спутник набрал прекрасную статистику, прекрасные данные! Сейчас мы знаем про реликтовое излучение гораздо больше, чем пять лет назад.

– А как тогда согласуется, то, что вы сейчас сказали с сообщением об обнаружении космических струн? Ведь, судя по вашим словам, экспериментально наблюдаемые спектры реликтового излучения и спектры, предсказываемые теорией космических струн, сильно расходятся.

– Это означает, что эти струны, если они и существуют, – а это еще надо подтверждать, – то их во Вселенной немного, и не они определяют, из чего произошли структуры Вселенной: га-

лактики, скопления галактик – из каких возмущений плотности... Все известные нам космические структуры произошли просто в результате нарастания акустических волн, которые ходили в плазме ранней Вселенной. Потом, за счет гравитационного притяжения, неустойчивости, образовывались галактики и их скопления – в этом мы сегодня твердо уверены.

Но если струны, все-таки, будут обнаружены – то это замечательная вещь! Независимо от того, что эти струны не играли роли в формировании структур Вселенной, само по себе обнаружение их – это гигантское дело. Ведь речь идет о масштабах энергии 10^{15} – 10^{16} ГэВ (гигаэлектронвольт).

– **Что это значит?**

– Если это струна, то у нее погонная плотность энергии соответствует энергетическим масштабам 10^{15} – 10^{16} ГэВ.

– **Это далеко за пределами энергий, достигаемых, например, на земных ускорителях элементарных частиц?**

– Какой там! Ускорители – это тысячи ГэВ. Сейчас строится в ЦЕРНе ускоритель, примерно, на 14 тысяч ГэВ. А космические струны – это в сотни миллиардов раз большие энергии. Если такое подтвердится, то это – фундаментальнейшее открытие.

Но его надо проверять. Дело в том, что разрешение телескопа, который использовали Михаил Васильевич Сажин с коллегами, слабовато. Угловое расстояние между этими образами, примерно, 2-3 секунды, сам образ – секунда. И разрешение телескопа – секунда. А для того, чтобы проверить, что это действительно линза, а тем более струна, надо провести очень точные измерения. Существуют, как говорят физики, сигнатуры, – характерные особенности изображения, которые однозначно должны свидетельствовать, что это струна, а не что-нибудь другое. Указания на это есть. Но все эти указания надо проверить с хорошим разрешением. В земных условиях это невозможно, поэтому речь идет о том, чтобы на космическом телескопе Хаббл понаблюдать эту область неба.

– **Но, допустим, что сообщение подтвердится: струна – это реальный физический объект... Как этот объект может себе представить не физик, а, скажем, мирный обыватель?**

– Это – «веревка» диаметром 10-28 сантиметра. Это, например, заметно меньше размера элементарных частиц. Очень большой длины (никто не знает какой именно, но заведомо ее длина десятки и сотни килопарсек – не меньше, а наверняка больше). И

она очень массивная! Погонный вес этой «веревки» – 1019 – 1020 грамм на сантиметр длины. Другими словами, тысяча километров такой нити весит столько же, сколько наша Земля! Невероятно тяжелая штука! Благодаря этому ее и можно обнаружить только гравитационным образом – только потому, что она такая массивная.

– **Грубо говоря, будешь в упор на нее смотреть и не заметишь...**

– Конечно. Только гравитационное взаимодействие ее и выявит.

– **А почему вы считаете, что обнаружение космических струн будет иметь колоссальное значение для физики? В чем оно, это значение?**

– Это будет означать, что на таких масштабах энергий – 10^{15} – 10^{16} ГэВ – имеется нетривиальное, и не обнаруженное до сих пор, свойство частиц, полей, которое и формирует эту струну. В известных сегодня теориях, например, в стандартной модели физики частиц, таких объектов нет. Значит, это явно должна быть теория, которая имеет дело совсем с другими энергетическими масштабами. То есть, здесь мы имеем дело с другой теорией по сравнению с наивными расширениями стандартной модели.

Это отмело бы много альтернативных представлений, некоторые из которых утверждают, что таких энергетических масштабов вообще не существует в природе. То есть, обнаружение космических струн подтвердило бы, что физика даже на таких масштабах более или менее похожа на известную нам физику. Другими словами, это значит, что область применимости современных методов и представлений о теории поля, простирается до таких энергетических масштабов.

– **Понятно, что для современной космологии один из наиболее ценных источников экспериментальной информации – изучение реликтового излучения Вселенной. Тогда, как вы могли бы прокомментировать сообщение, опубликованное в октябре нынешнего года в журнале Nature. Цитирую по сообщению агентства MIGnews.com. «Вселенная – компактна, а по форме напоминает футбольный мяч, то есть сферу, состоящую из пятиугольников. Научное название такой формы – додекаэдр Пуанкаре. К такому выводу пришли ученые, изучив астрономические данные, полученные в Парижской обсерватории... Ученые проанализировали предоставленные**

NASA данные Зонда микроволновой анизотропии Уилкинсона (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), который отслеживает остаточный фон излучения во Вселенной, ставший следствием Большого Взрыва... Если бы Вселенная была бесконечной, «волны» радиации были бы всевозможной «амплитуды и размеров». Однако, на деле, есть довольно строгий и ограниченный набор. Математик Джеффри Уикс проанализировал модель вселенной, составленной из пятиугольников, и обнаружил, что вариации излучения в модели вполне соответствуют реальным, причем без всякой специальной подгонки. По мнению исследователей, это излучение противоречит представлению о бесконечной Вселенной».

– Это очень спекулятивно.

– **А ведь выглядит все это потрясающе: решен наконец-то спор о том есть ли граница у Вселенной или она бесконечна...**

– Я скажу вам так. То, что мне известно, и то, что мне говорили сами авторы, обрабатывающие информацию по реликтовому излучению от WMAP, подтверждает: все данные согласуются с тем, что наша Вселенная с высокой степенью точности плоская, то есть бесконечная. Может быть, конечно, что она замкнутая, но этот размер заметно больше видимой части Вселенной. То есть, мы точно можем сказать, сегодня, что та часть Вселенной, которую мы в принципе можем увидеть, существенно меньше, чем ее полный объем. Никаких указаний на подобный рода экзотику – мол, Вселенная – додекаэдр – нет.

– **Как-то, у вас вообще вся экзотика из Вселенной пропадает... Обидно.**

– Единственная экзотика, которая есть – это, так называемая темная энергия. Это головная боль для теоретиков и экспериментаторов.

Во Вселенной существуют реликтовые нейтрино, причем суммарная плотность всех типов нейтрино – около 350 частиц в одном кубическом сантиметре... Плотность нейтрино заметно меньше, чем 10 процентов полной плотности вещества во Вселенной. Значит, оставшиеся 90 процентов вещества во Вселенной не нейтрино. Что же это такое? Плотность других известных частиц – протонов и нейтронов – во Вселенной тоже небольшая – меньше 5 процентов. Итак, более 85 процентов вещества во Вселенной составляют неизвестные нам сегодня частицы.

Похоже, что есть обычные частицы, известные и не известные еще нам, и есть заметная часть, примерно, 70 процентов, энергии в совершенно другой форме.

– **В какой?**

– В форме, если можно так сказать, вакуумоподобной: однородная и разлитая по всей Вселенной энергия. Если бы вакуум имел небольшую, но конечную плотность энергии, то, как раз, она бы подходила для того, чтобы описать динамику Вселенной.

– **А как вообще мыслится эксперимент по поиску этой темной энергии?**

– Любая энергия, хоть и самая минимальная, что-то весит. И как любая масса она участвует в гравитационных взаимодействиях. Но взаимодействует она своеобразно. В зависимости от того, как связаны энергия и давление, определяется темп расширения Вселенной. Зная из независимых наблюдений этот темп расширения, вы можете сказать, какое именно вещество там внутри находится. Там, в смысле здесь – во Вселенной.

Физика этого явления очень простая. Если вы возьмете обычное вещество, то гравитация им определяемая, положительная, тела притягиваются. Поэтому, темп расширения Вселенной после Большого Взрыва должен был бы замедляться за счет того, что вещество стремится собраться обратно гравитационным образом. Но физический вакуум обладает отрицательным давлением. Энергия вакуума, из-за того, что у него отрицательное давление, наоборот, должна ускорять разлет Вселенной. И наблюдательно видно, что расширение Вселенной ускоряется. То есть, во Вселенной преобладает темная энергия. Похоже, что в последние две трети жизни Вселенной, в ней доминирует вот такая вакуумоподобная энергия.

– **Где предел точности измерения анизотропии реликтового излучения?**

– В ближайшее время – несколько лет – должен быть запущен европейский спутник PLANCK, который померит, если можно так сказать, «пятнистость» реликтового излучения – анизотропию по маленьким углам.

Дальше начинается самое интересное.

Если работает инфляционная модель Вселенной, то ее характерный признак – гравитационные волны, образовавшиеся во время раздувания (инфляции) Вселенной. Это гравитацион-

ные волны самых разных длин волн, в том числе и очень больших. Про гравитационные волны мы сегодня не знаем ничего. Но теория предсказывает, что они должны оставлять след в реликтовом излучении, в его анизотропии и в его поляризации. Таким образом, измеряя поляризацию реликтового излучения, можно получить сведения о том, были ли в ранней Вселенной гигантского размера гравитационные волны.

– **Может быть, гравитационные волны имеют такой масштаб, что мы находимся, как бы, внутри их и не можем, естественно, ничего сказать об этом объекте?**

– Мы, конечно, внутри волны. Но наиболее интересные размеры гравитационных волн – начиная от 300 мегапарсек. Большой, конечно, размер, но на космологических масштабах вполне измеримый.

Если нам удастся найти в реликтовом излучении следы гравитационных волн, то это будет означать, что подтверждается инфляционная модель Вселенной: экспоненциальное разбегание Вселенной. За время около 10-30 секунды, Вселенная раздулась до наших сегодняшних размеров, а потом уже потихоньку стала расширяться в соответствии со стандартной горячей моделью.

Надо сказать, что образование гравитационных волн в инфляционной Вселенной первым просчитал Алексей Старобинский. Потом у меня, как раз, с Михаилом Сажиним и с Алексеем Веряскиным в 1982-м году была сделана работа: как гравитационные волны будут проявляться в анизотропии реликтового излучения. Но мы тогда думали, что экспериментально это никогда не удастся обнаружить. А вот теперь, исследователи говорят, что это вполне можно померить. Речь идет о невероятно малых величинах – тысячные доли процента. Если этот эффект удастся обнаружить, то это скажет о том, что, во-первых, инфляция была и, во-вторых, какой был темп расширения Вселенной во время этой инфляции. Амплитуда гравитационного излучения и темп расширения связаны непосредственно.

Это трудные эксперименты, но это все уже в обозримом будущем.

*Опубликовано в «Независимой газете»
26 ноября 2003 г.*

Запасная планета для человечества

(круглый стол)



Участники круглого стола: **Марк Белаковский, Виктор Баранов, Леонид Горшков, Юрий Караш, Андрей Ваганов, Лев Зеленый.**
Фото публикуется впервые.

Марс, освоение Красной планеты, поиск жизни на одной из самых притягательных для человека планет Солнечной системы... Эти темы постоянно обсуждаются в научной (да и не только в научной) прессе, звучат с высоких политических три-

бун. Новый импульс к этим обсуждениям дают новейшие результаты, полученные при исследовании поверхности Марса с помощью вездеходов-роверов. Вместе с тем некоторые весьма уважаемые эксперты высказывают большое сомнение в целесообразности полета человека на Марс, в том, что такой полет может дать что-то новое по сравнению с исследованиями, проведенными автоматами. В редакции «НГ-науки» состоялся круглый стол, участники которого попытались хотя бы в первом приближении определить подходы к обоснованию необходимости именно пилотируемого полета к Марсу. В работе круглого стола принимали участие:

Виктор Михайлович Баранов, первый заместитель директора Института медико-биологических проблем, академик Российской академии медицинских наук;

Марк Самуилович Белаковский, кандидат медицинских наук, заведующий отделом ГНЦ РФ ИМБП, действительный член Международной академии астронавтики и Российской академии космонавтики им. К.Э.Циолковского; главный менеджер эксперимента по моделированию длительного космического полета «Марс-500»;

Леонид Алексеевич Горшков, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РКК «Энергия»;

Лев Матвеевич Зеленый, член-корреспондент РАН, директор Института космических исследований РАН;

Юрий Юрьевич Караш, доктор наук (Ph.D.) США по специальности «Космическая политика и международные отношения», член-корреспондент Российской академии космонавтики имени К.Э.Циолковского, эксперт по космической политике.

Андрей Геннадьевич Ваганов, ответственный редактор приложения «НГ-наука» «Независимой газеты».

Андрей Ваганов: Уважаемые ученые, эксперты! Каждый из вас имеет непосредственное отношение к такой экзотической, казалось бы, проблеме, как пилотируемый полет к Марсу (или даже – на Марс). Начать нашу беседу я бы хотел с простого вопроса, на который попрошу каждого из вас кратко ответить: что мы хотим получить от этих, возможных полетов к Марсу? Что нам, обычным обывателям, даст подобная экспедиция как в ближней, так и в дальней перспективе? Какие аргументы мож-

но было бы привести в пользу того, чтобы миллионам людей стало понятно: да, нам следует лететь к Красной планете? Что даст налогоплательщику, кроме того, что возьмет с него деньги, и, по-видимому, серьезные деньги?

Юрий Караш: Я смотрю на эту проблему в первую очередь с практически-прикладной точки зрения. Считаю, что пилотируемый полет к Марсу приведет к созданию тысяч новых технологий, которые найдут применение как в России, так и на мировом рынке. Это будет способствовать подъему экономики страны за счет развития ее высокотехнологичного потенциала, соответственно уменьшению зависимости России от мировой конъюнктуры на энергоносители. Кроме того, данный проект окажет такое же стимулирующее воздействие на общее состояние науки и техники страны, как посещение фитнес-клуба влияет на здоровье человека. Совершенно необязательно, что человек за пределами этого клуба профессионально занимается бегом или штангой, но, посещая его, он укрепляет свое здоровье, что, безусловно, способствует росту производительности его труда.

Леонид Горшков: Зачем нужно лететь на Марс для человечества – об этом очень много говорилось. А зачем это нужно России?

Прежде всего сейчас нам необходимо восстановление промышленности. Причем в первую очередь той промышленности, которая занимается технологиями, востребованными на мировом рынке наукоемкого производства. В основном это авиационная и космическая отрасли. Я хочу подчеркнуть, что, когда мы говорим о полете человека на Марс, нужно будет действовать не только космические предприятия, понадобится вся промышленная, научная и инженерная инфраструктура страны. Одновременно мы создаем рабочие места.

Не нужно забывать о таком процессе, как утечка мозгов. Кажется, что вот они утекают уже сколько лет, а ничего страшного в стране не происходит. Но это – кажущаяся стабильность. Уезжают ведь не только за деньгами, а прежде всего потому, что специалисты не находят приложения своим силам. России как воздух нужны крупные научные программы!

Юрий Караш: По подсчетам некоторых американских специалистов – это официальные данные, – на каждый вложенный

доллар в программу «Аполлон» (высадка астронавтов на Луну) Америка в долгосрочной перспективе получила семь долларов прибыли. Можно упомянуть такие хрестоматийные примеры, как материалы тефлон и велкро. Строго говоря, эти технологии были известны и до «Аполлона». Но их практическая применимость была продемонстрирована именно в рамках программы «Аполлон».

Виктор Баранов: Согласен. Безусловно, пилотируемая экспедиция к Марсу – это новые технологии. Мы у себя в институте уже приступили к подготовке пилотируемого полета к Марсу в виде модельного эксперимента. Моделирование в земных условиях пребывания экипажа во время длительной марсианской экспедиции – так называемый эксперимент с длительной изоляцией «Марс-500». И вот, когда мы провели анализ того, что нужно сделать для подготовки этого эксперимента, оказалось, что многие вопросы медицинского обеспечения космического полета нужно решать не так, как они решаются сегодня. Не потому, что сейчас они решаются неправильно, а потому, что пилотируемый полет к Марсу отличается от обычных уже орбитальных полетов.

Второе, безусловно, зачем нам полет к Марсу – получение новых знаний. Их иногда трудно оценить с точки зрения сиюминутной пользы, но невозможно не проводить эти фундаментальные исследования. Лететь или не лететь – это не вопрос; вопрос – когда лететь, кому лететь... И, может быть, к кому лететь. Стремление человека расширять свою среду обитания – это естественная черта человека как биологического существа.

Андрей Ваганов: Своеобразный «Основной инстинкт-3»: экспансия человечества во Вне...

Виктор Баранов: Да, наверное, можно и так сказать. В медицине есть такое понятие – потеря функции от бездействия какого-то органа. То есть человек, ученый должен постоянно думать. И эта задача – полет к Марсу, – это как раз своеобразная шахматная задача, ты постоянно будешь думать, как ее решить. А это иногда порождает решения совершенно неожиданные и полезные.

Марк Балаковский: У меня не вызывает сомнений, что тяга человечества лететь к Марсу – это естественное желание, связанное с развитием человечества. Человек не может усидеть на

планете Земля! Вне всякого сомнения, полет к Марсу – это шаг к получению новых знаний, новых открытий.

Уже сегодня мы можем с уверенностью сказать, что не только космическая медицина пользуется результатами земной медицины, но космическая медицина и биология находят свое применение в земной медицине – и в методиках, и в аппаратуре.

Лев Зеленый: Жизненно ли необходимы для исследования Марса космонавты? Откровенно говоря, это было бы большим подспорьем, если бы на орбите Красной планеты функционировала станция, которая как-то контролировала роботов, работающих на поверхности Красной планеты, а в далекой перспективе – высадку на Марс человека. В принципе это не является жизненной необходимостью: современная экспериментальная техника такова, что приборы становятся все умнее и умнее. Вот, на Марсе сейчас работают американские вездеходы-роверы. И всегда была проблема с задержкой распространения радиосигнала, которая мешает управлять – еще со времен советских луноходов. Но на марсианских роверах эта проблема все меньше и меньше сказывается – машины научились (вернее – машину научили) сами определять траекторию движения, предвидеть опасности переворота и т.д.

Но, с другой стороны, функционирование на орбите пилотируемого комплекса, который держал бы под контролем всю эту систему роботов, метеорологических станций, решило бы многие проблемы управления автоматами.

Возможно, главное, что вызывает в последние годы повышенный интерес к Марсу, это то, что там есть вода. А значит, есть перспектива для колонизации планеты. Там есть пусть разреженная, но атмосфера; температурный режим тяжел для выживания, но в Антарктиде мы справляемся с чем-то похожим. То есть Марс – пожалуй, единственное небесное тело во всей Солнечной системе, которое в далекой перспективе может быть колонизовано человеком. Луну я, честно говоря, в качестве такого объекта, не рассматриваю, только, может быть, в качестве пересадочной станции.

Но, мне кажется, важнее другой аспект. Я был в Пекине во время запуска китайских космонавтов (тайконавтов) – и мне во второй раз в жизни удалось пережить то ощущение сопричаст-

ности к большому делу, к национальной идее, которое было у нас, когда полетел в космос Юрий Гагарин. Полет тайконавтов тоже объединил страну. А Китай – сложная страна.

Андрей Ваганов: Вы привели хороший пример с китайцами: действительно, сложная, многонациональная страна, и вдруг – некое событие технологического плана объединяет всех китайцев. Но я вам могу привести другую аналогию. Что объединило Францию в 1998 году – победа их национальной сборной в чемпионате мира по футболу! Гораздо дешевле обошлось, а эффект тот же...

Лев Зеленый: По-моему, нам легче полететь на Марс, чем выиграть чемпионат мира. Нам нужен национальный, большой проект. Раньше это было освоение Сибири, полеты в космос. Сейчас этого нет, и страна «мельчает». Если вы помните книгу Станислава Лема «Возвращение со звезд»: там по сюжету космонавт вернулся на Землю и увидел человечество, которое замкнулось в себе, стало заниматься какой-то мелочевкой – как оно выродилось. Людям нужны большие идеи. Это неизбежно. Еще больше, это нужно не вообще людям, а конкретному государству.

Если вспомнить Льва Гумилева, то стремление к расширению среды обитания, к экспансии, характерно не только для отдельных биологических объектов, но и для целых этносов. Большие этносы не живут без пассионарности, без больших идей. Эстония может без этого обойтись. Большое государство без этого жить не может.

Андрей Ваганов: Но пока мы обсуждаем гипотетический пилотируемый полет на Марс или к Марсу, правительство Эстонии объявило еще в 1996 году программу «Прыжок тигра» (Tiger Leap). В соответствии с этой программой все образовательные учреждения страны должны быть оснащены новейшими персональными компьютерами с целью ознакомления подрастающего поколения с информационными технологиями. В результате: сегодня, согласно отчету об электронном правительстве, составленному для Еврокомиссии, Эстония занимает третье место среди стран Евросоюза после Австрии и Мальты в области общественных услуг, оказываемых по Интернету... Чем не пример технологической национальной идеи?

Виктор Баранов: Но всю эту технологию кто-то разрабатывал, не эстонцы. Немного утрируя, можно сказать, что эта технология рождалась в умах американских военных и русских хакеров. Кто-то это разрабатывает, кто-то использует – об этом и идет речь!

Лев Зеленый: Итак, как бы там ни было, все мы понимаем, что стране нужны большие проекты, большие события, большие идеи. Может ли эту функцию выполнять космос? Ясно, что идея освоения космического пространства таковой уже была в Советском Союзе. Пример США также подтверждает такую возможность. Во всех американских проектах очень сильна составляющая, которая называется public out rich – показать, что дает для страны реализация того или иного проекта. Этому нам надо у них учиться. Влияние достижений в исследовании космического пространства на общество очень сильно. Это всегда элемент предвыборной борьбы любого правительства.

Что может быть для нас таким проектом в космосе?

Проблема в том, что есть Федеральная российская космическая программа, которая рассчитана только до 2015 года. Более дальней перспективы нет. Во время одной из недавних встреч с руководством Роскосмоса в декабре прошлого года президент России сказал, что этого мало – нужны планы до 30-го, 40-го годов, страна должна иметь свою космическую перспективу. Что это может быть?

Построить второй телескоп «Хаббла»? Нам сейчас это трудно. В 1990-е годы непилотируемая космонавтика была практически закрыта: за десять лет были реализованы только два космических проекта. Много лет мы уже не запускали ни одного научного прибора в космос, только сейчас на спутнике «Ресурс» стоит прибор МИФИ для поиска следов «темной материи» – это за много лет первый пример! Раньше такие спутники запускались каждый год. Иными словами, научное космическое приборостроение, технологии пострадали за лихие 1990-е годы сильнее всего. Восстановление идет с большим трудом.

Но пилотируемая космонавтика выжила. Кстати, благодаря усилиям наших медиков. Это, пожалуй, наше самое ценное ноу-хау. Если мы сегодня что-то можем реально сделать на мировом уровне, то это – пилотируемая космонавтика. Поэтому в любом

случае этот национальный проект должен включать и элементы пилотируемой космонавтики.

Марс – это не просто гонки в никуда; человечество придет к этому обязательно.

Андрей Ваганов: Итак, можно констатировать, и я с этим полностью согласен, что стране нужен большой технологический проект. Второе, таким технологическим проектам, может стать скорее всего пилотируемый полет к Марсу. В связи с этим следующий блок вопросов касается не столько космической биологии или техники, сколько космической политики.

Американцы тоже не отказываются в перспективе от полета к Марсу или даже на Марс. Но перед этим они очень четко заявили о своем намерении построить долговременную базу на Луне. Они четко заявили, что собираются строить на Луне, с кем и как строить, в какие сроки и т.п. И это, как мне представляется, вполне реально. Я очень сильно сомневаюсь, что они будут осваивать естественный спутник Земли ради того, чтобы добывать там гелий-3 как топливо для какой-то будущей гипотетической термоядерной энергетики. Тогда возникает вопрос: ради чего вся эта лунная активность американцев? Ответ некоторые эксперты дают очень простой – геокосмический, если так можно сказать. Они, американцы, построят на Луне базу глобального контроля запусков всех ракет с Земли. Луна – это плацдарм. А мы в это время летим, – очень хорошо, возможно, летим! – к Марсу...

Юрий Карац: Наблюдательную базу в десятки, а может, в сотни раз легче и дешевле разместить в околоземном пространстве, чем на Луне. Достаточно запустить в два-три раза больше спутников-шпионов вокруг нашей планеты. Что касается американской программы полета на Марс, то ее не существует и официально никаких практических действий в этом направлении в настоящее время не ведется. Об этом, кстати, сказал директор Института космической политики в Вашингтоне Джон Логсдон в своем интервью «Независимой газете» (см. «НГ-Наука» от 8 ноября 2006 г.). Если же говорить о планах президента США Джорджа Буша-младшего «Назад, на Луну!», то, боюсь, в этой связи про него скажут, как в свое время – про другого американского президента, Гарри Трумэна: «Замах у него оказался сильнее удара». Озвученное в 2004 году решение «вернуться» на

Луну было во многом реакцией на политическую конъюнктуру: с одной стороны, требовалось показать, что присущий американцам дух открытия и покорения новых пространств не был сломлен катастрофой «Колумбии», случившейся в 2003 году. С другой – была еще эйфория всемогущества, вызванная той легкостью, с которой армия США заняла Багдад. Но боль от потери «Колумбии» притупилась, в том числе благодаря успешному возобновлению полетов шаттлов, а в Ираке у США – одни проблемы... Не случайно поэтому Логсдон подчеркнул, что вопрос о возвращении на Луну окончательно не решен, фактически его будет решать преемник Буша в 2009 году.

Шансы на осуществление российского национального марсианского проекта велики еще и потому, что в его рамках не будет традиционного противостояния двух космических лобби – пилотируемой и беспилотной космонавтики. Полет к Марсу и создание марсианской пилотируемой орбитальной станции – как раз тот случай, когда интересы этих двух главных секторов отечественной космической программы гармонично переплетаются.

Леонид Горшков: В целом я, конечно, согласен с такой постановкой вопроса. Но я хотел бы, чтобы у нас не было иллюзий. Дело в том, что, конечно, у человечества есть этот «Основной инстинкт-3», как вы его назвали, Андрей. Но суммарный вектор интересов членов общества никогда не соответствует интересам самого общества. Поэтому особую роль здесь будут играть средства массовой информации. То есть общественное мнение надо готовить, само это не получится.

Что касается «конфликта интересов» беспилотной и пилотируемой космонавтики, то этой проблемы вообще нет. Нужно и то и другое. Не будет пилотируемого полета к Марсу без автоматических аппаратов исследования Марса.

Лев Зеленый: Когда мы говорим о полете к Марсу, естественно, каким-то промежуточным элементом его будет облет Луны или посадка на Луну. Даже директор РКК «Энергия» выступил недавно с лозунгом «на Марс – через Луну». Роль Луны в любом случае не надо преуменьшать: ее, как отладочный объект, мы не минуем. Но вопрос: это конечная цель, как это, к сожалению, говорится в некоторых наших проектах, или все-таки конечная цель – Марс?

Нужно ли Луну осваивать, как вы, Андрей, сказали, хотя бы как точку наблюдения за Землей? Это уже устаревший подход. Если речь идет о минеральных ресурсах, то, как говорят геологи, там нет ничего такого, ради чего Луну следовало бы осваивать. Гелий-3 – это пока больше мечты и в любом случае дело XXIII века. Единственное, что там есть, – некоторые запасы льда в приполярных областях. С точки зрения науки это в принципе весьма интересное место, в том числе и как некий полигон для долговременных астрофизических измерений.

Юрий Караш: Я бы хотел подчеркнуть, что российские инженеры и ученые, подготовившие в содружестве с Академией космонавтики книгу под названием «Пилотируемая экспедиция на Марс», однозначно показали возможность осуществления пилотируемой экспедиции к Марсу без отработки необходимых для этого технологий на Луне или на окололунной орбите. Кроме того, по мнению специалистов РКК «Энергия», марсианские технологии могут быть использованы для освоения Луны, а вот лунные для освоения Марса – нет.

Андрей Ваганов: Но мы вообще еще не представляем, что можно было бы возить на Землю с Марса, и непонятно, возможно ли это в принципе. Получается, что нам полет на Марс нужен лишь для того, чтобы ученые – медики, биологи – смогли определить границы способностей выживания человека. Ведь космос – это самая враждебная для человека среда. Ну, узнаем мы, что человек с помощью каких-то определенных препаратов и методик сможет некоторое время прожить и в такой враждебной среде. Ну и что?

Виктор Баранов: Выживание, существование и процветание – с точки зрения космической медицины и с точки зрения человека. Середину прошлого века, когда запустили первого космонавта, я бы назвал периодом выживания. В конце XX века начался период существования человека в космосе. Летают орбитальные станции, человек в них живет и действует. Но это все-таки существование. А вот дальше идет период процветания, который пока еще где-то в тумане.

До середины XX века человек был существом Земли. Потом он вышел в космос. Дальше у человека два пути: он остается человеком Земли, и тогда вот этот период процветания он должен реализовывать в тех же условиях, которые существуют на Зем-

ле. Другой вариант – человек космоса. Это уже другой вариант эволюции, когда человек не будет возвращаться на Землю, происходит полная перестройка функций человеческого организма и т.д. и т.п. Человек превращается в некое существо, которое описывают многие писатели-фантасты.

Мне пока близка и понятна такая концепция: человек Земли, проживающий в космосе. И мы должны создать условия, оптимальные для такого проживания человека Земли в космосе. Поэтому, когда человек летит к Марсу, мы должны создать для него не условия выживания, а оптимальные условия, чтобы он выполнил стоящую перед ним задачу.

Вот Леонид Алексеевич разрабатывает проект полета к Марсу за 700 суток, с посадкой на поверхность и возвращением назад. В Европе есть проекты длительностью 458 суток. Кстати, если уж быть совсем точным, то наш проект по моделированию длительного космического полета «Марс-500» будет длительностью 525 суток с возможностью продолжения, если все будет нормально. У нас все-таки еще нет достаточных данных, что случится за этот длительный промежуток времени. Да, мы знаем, что будет относительная гипокинезия (неподвижность). Однако длительное пребывание малой группы в таких условиях – вопрос еще открытый. Но вот наш космонавт Валерий Поляков уже осуществил полет длительностью 438 суток на орбитальной станции. То есть влияние невесомости на человека в течение этого времени мы себе представляем. Хотя мы по-прежнему считаем, что изучение этой возможности пребывания в невесомости должно идти постепенными шагами.

Так что определение границ возможностей человека – это не самоцель. Наша цель – обеспечить с медико-биологической точки зрения эту пилотируемую экспедицию к Марсу.

Леонид Горшков: Конечно, очень важно исследовать Марс с чисто научной точки зрения. Но есть и задачи вполне прагматичные. У человечества не существует альтернативы развитию; это очевидно даже просто исходя из условий самосохранения.

Здесь уже говорилось, что Марс – единственная планета, которую можно колонизировать. Катастрофа на Земле может означать вообще конец истории вида *homo sapiens*. Вероятность такой катастрофы мала, но цена – самая высокая, какую только можно себе представить. В любом случае яйца не должны ле-

жать в одной корзине. Конечно, колонизация Марса – очень дальняя перспектива, сейчас очень трудно убеждать людей готовиться к такому варианту. Но у нас нет другого выхода.

Лев Зеленый: Да, космос – враждебная для человека среда. Но есть разный космос. Из всех зол – Марс наименьшее. Марс можно сделать обитаемым даже на современном уровне развития цивилизации. Причем затраты будут достаточно разумными. Вряд ли мы пока будем оттуда что-то вывозить на Землю, но это своеобразная запасная планета для человечества.

Во-вторых, исследования Марса могут очень много дать нам и для понимания строения родной планеты. Венеру трудно представить себе обитаемой, хотя она тоже очень интересна; изучать ее придется с помощью автоматов. Она интересна тем, что на ней мы видим парниковый эффект в действии. На Марсе же реализовался другой сценарий развития: отсутствие парникового эффекта. Там была атмосфера, была вода. Вот вам два сценария, две катастрофы – Венера и Марс. Как Земле пройти между этими Сциллой и Харибдой – для этого надо очень хорошо знать и Венеру, и Марс.

Андрей Ваганов: А все-таки существуют какие-то разработки, может быть – препараты, позволяющие защитить человека в такой долгой экспедиции? Я имею в виду прежде всего космическое излучение.

Марк Белаковский: Космическое излучение – это очень специальный вопрос. Вне всякого сомнения, специалисты, которые работают и в нашем институте, и в других организациях, сегодня не могут дать полную гарантию защиты от жесткого космического излучения. Но есть целый ряд аспектов, которые будут сопровождать космические полеты на Марс. Во-первых, мы об этом уже много говорили здесь, это длительный полет. Во-вторых, это автономный полет...

Виктор Баранов: Радиация – это одна из медико-биологических проблем, которая должна быть решена перед тем, как будет осуществлена пилотируемая экспедиция к Марсу. Предварительные проработки этого вопроса у нас уже были. Эти исследования показали, что от галактического излучения, от излучения при прохождении радиационных поясов Земли, излучения от солнечных вспышек – в принципе защита возможна.

Прежде всего, конечно, технические средства защиты. Но есть средства фармакологические. Но этот вопрос требует дальнейшего изучения. Например, установлено: есть люди с большей резистентностью к радиации, есть – с меньшей. Существуют даже тесты, которые позволяют определить этот уровень устойчивости к радиационному воздействию, и работа над этими тестами продолжается. У нас в ИМБП, например, проводятся работы, касающиеся изучения влияния тяжелых ионов на генетику; эксперименты эти проводятся на мелких грызунах. Уже есть подходы к решению этой проблемы, но эти пути надо еще отработать на экспериментальном уровне.

Леонид Горшков: Радиация – действительно одна из самых тяжелых проблем, и она широко обсуждается. Один из способов ее решения – максимально сократить длительность полета. Российский проект экспедиции к Марсу предусматривает использование электрореактивного двигателя. И в этом варианте есть прекрасный способ защиты от радиационного излучения. Рабочее тело электрореактивного двигателя, – а это 280 тонн топлива, – мы используем в качестве защиты всего объема пилотируемого отсека. Поверх жилого блока мы устанавливаем своеобразные плоские фляжки. И, таким образом, вся поверхность закрывается топливом. То есть получается такой своеобразный термос. Это очень эффективно. Расчеты, проведенные нами совместно с ИМБП, подтверждают этот вывод. Так удается решить вопрос с галактическим излучением.

Правда, в случае высадки на поверхность Марса, проблема этим не решается. В случае очень мощной вспышки на Солнце, которую не удалось спрогнозировать, придется возвращаться на орбитальный марсианский корабль, защищенный от излучения.

Лев Зеленый: В проекте «Фобос», который планируется начать в 2009 году (полет автоматического аппарата к Марсу, посадка на его спутник Фобос, забор грунта и возвращение на Землю), предусматривается установка российско-болгарско-японского прибора, который промеряет дозу радиации на всей траектории полета к Красной планете.

Вообще-то природа очень «подло» все устроила. Идут галактические космические лучи, идет поток солнечного ветра, мощность которого варьируется в зависимости от цикла сол-

нечной активности. Когда ветер сильный, он как бы выметает галактическое космическое излучение из Солнечной системы. Зато тогда больше угроза от солнечных космических лучей. Еще одна опасность – это рождение вторичных нейтронов. Дело в том, что, ударяясь о поверхность Марса, космические лучи рождают поток вторичных нейтронов. Поток такой проникающей радиации очень трудно остановить. Для космонавтов, гуляющих по Марсу, это может быть проблемой. Землю от этого защищает магнитное поле, а у Марса его нет. Поэтому я все время подчеркиваю: первый этап – это не высадка на Марс, а создание орбитальной марсианской станции, полет к Марсу.

Юрий Караш: Сейчас даже появился такой официальный термин – терраформирование, то есть приспособление планеты к условиям обитания человека.

Леонид Горшков: По кораблю, который будет работать на марсианской орбите, у нас имеется огромный задел! По существу, это орбитальная станция. Большой задел по солнечному буксиру. А вот аппарат для посадки человека на Марс – совершенно новая разработка. Мы знаем, как его делать. Но обязательно нам, России, сразу браться за все. Можем пока ограничиться и виртуальной посадкой экипажа на поверхность Марса с помощью телеуправляемых роботов. Ведь, по существу, на поверхности Марса будут глаза и руки космонавтов, находящихся на орбите. С Земли это делать невозможно из-за запаздывания радиосигналов.

Андрей Ваганов: Меня немного смущает вот что. Все вы, эксперты, которым я не могу не доверять, говорите, что у нас приличный задел по многим аспектам полета к Марсу. Но пока все эти куски, как паззл, сложатся в некую программу – пройдет, я даже боюсь представить, сколько времени! А у американцев в это время будет создаваться своя база на Луне. Пусть даже исключительно для астрофизических наблюдений, но и это многое им даст.

Лев Зеленый: Вы все правильно говорите. Однако во всем этом есть два или три «но»...

Давайте посмотрим от противного: допустим, мы решили лететь на Луну. Будем ли мы там первыми? Нет, там уже американцы. Можем ли мы там строить станцию? Наверное, сможем. Но сможем ли мы делать такие приборы, которые сейчас дела-

ют американцы? Увы, сейчас ответ – не можем: у нас космическое приборостроение в плохом состоянии, его надо восстанавливать.

Но если мы выступим с марсианской программой, я уверен, что по крайней мере Европа и Япония тоже будут заинтересованы в участии в ней. Если они поймут, что мы сильные партнеры, то все лучшее, что есть в наших странах, мы объединим вокруг этого проекта. Но это будет наш, российский проект, и, я уверен, с очень серьезным международным участием.

Леонид Горшков: По-видимому, американцы склоняются к использованию ядерного двигателя для полета к Марсу. Мы считаем, что это неправильно. И не только потому, что ядерный двигатель очень проблематично испытывать в земных условиях; главное – сделать его надежным очень трудно. В отличие от нашей концепции с электрореактивными двигателями. Они маленькие, но их много. Грубо говоря, это стая гусей, которые возили Мюнхгаузена на Луну. И поэтому, если один гусь отстал, вся стая продолжает полет без проблем. Тяга у электрореактивных двигателей сравнительно низкая, но зато они работают длительное время. Может быть, я не объективен, но мне кажется, что мы в большей степени готовы к марсианской экспедиции, чем американцы. Пока я не вижу реального проекта, который может быть осуществлен, кроме российского проекта.

Я полностью согласен со Львом Матвеевичем, что мы не можем делать совместно с американцами их лунный проект, потому что мы будем в этом случае обслуживать их. За те же деньги нам проще делать свой проект.

Юрий Караш: Я считаю, что проект должен быть, безусловно, российским, национальным. Как это ни парадоксально, именно при такой постановке вопроса у России будет значительно больше шансов в процессе его осуществления приобрести международных партнеров. Здесь можно провести такую аналогию.

Предположим, мы начали строить автомобиль. Сделали шасси, кузов. И вдруг какая-то другая страна, когда увидит, что машина все равно появится на свет, говорит: «Мы тоже хотим ездить на этом автомобиле, предлагаем сделать для него колеса». Хорошо – делайте. Но по той схеме, которая уже разработана российскими инженерами и учеными. То есть это междуна-

родное сотрудничество не должно задерживать реализацию российского национального проекта полета к Марсу. Кстати, по подсчетам специалистов РКК «Энергия», срок его осуществления – 12 лет, а стоимость – 14 млрд. долларов. В настоящее время это самый продуманный и экономичный в мире проект марсианской экспедиции.

Марк Белаковский: Дело в том, что Россия может в той или иной области быть лидером, если она составляет «тяговую силу». Вот и наш эксперимент «Марс-500» – это один из первых серьезных шагов к реализации марсианской программы. Это российский эксперимент. Но к нам начали присоединяться иностранные коллеги. Уже сегодня стратегическим партнером в этом эксперименте стало Европейское космическое агентство. Есть целый ряд очень интересных, серьезных предложений и от других стран, в частности, мы ведем переговоры с канадцами. Все наши партнеры понимают, что работа с нами – это гарантия качественных исследований.

Андрей Ваганов: Мне бы хотелось, чтобы в заключение нашего обсуждения каждый из вас кратко высказал свое мнение к кардинально противоположной тому, что здесь сегодня обсуждалась, позиции. Прочитую летчика-космонавта СССР, члена-корреспондента РАН Валентина Лебедева: «Нас втягивают в безудержную гонку за Марс в расчете на то, что мы надорвемся. Величие России надо поднимать через экономику, а не амбициозными проектами. Это может окончательно разорить страну, спровоцировать социальную нестабильность и окончательный развал России».

Леонид Горшков: Часто спрашивают: зачем нужен полет на Марс обычному человеку? Все дело в том, кого мы имеем в виду под простым человеком. Если того, кому безразлично, как будут жить его дети и внуки, что будет с будущим, то ему абсолютно не нужен полет на Марс.

Человечеству это нужно для того, чтобы оно сохранилось; это нужно, чтобы развивались технологии; это необходимо для сохранения и развития интеллектуального потенциала нации. Но это действительно сложный вопрос: как всем объяснить, зачем этот полет нужен?

Юрий Караш: Если исходить из этой логики, то самым большим врагом России нужно считать Сергея Павловича Ко-

ролева – это он убедил Хрущева в необходимости развития пилотируемой космонавтики и опережения Америки в этой области. За год до того, как полетел в космос первый человек, в Новочеркасске была расстреляна голодная забастовка. И, наверное, тогда тоже нашлось бы немало людей, которые сказали бы: зачем нам ракеты, давайте эти деньги потратим на хлеб с маслом и колбасу! А сегодня космонавтика – единственное, что по большому счету позволяет говорить о России как о технологической державе, а не только как о нефтегазодобывающей стране.

Виктор Баранов: Вопрос закономерный. На него я могу ответить следующим образом. Первое. Не надо осуществлять никакую марсианскую гонку. Но развивать свои технологии – а марсианский проект как раз будет на это направлен – нам необходимо. Второе. У нас самое большое расслоение общества произошло тогда, когда не финансировалась космонавтика.

Юрий Караш: По данным бывшего директора Роскосмоса Юрия Коптева, которые он приводил в 2001 году, финансирование космической деятельности в России с 1991 по 2000 год сократилось в 18 раз. За это же время, по данным ЮНЕСКО, 30 процентов населения России оказалось за чертой бедности. Если кто-то побоится сделать парадоксальный вывод, что чем меньше мы летаем в космос, тем хуже живем, то с одним он точно согласится: космонавтика никак негативно не сказывается на прожиточном уровне россиян.

Марк Белаковский: Если думать о среднем якобы обывателе, то деньги, которые не пойдут на Марс, все равно до него не дойдут. На эти деньги «ему» не надо рассчитывать. Кроме того, российский обыватель к космонавтике относится очень неплохо. Космонавтика – одна из тех отраслей, которыми Россия сегодня гордится. Это конкурентоспособная область, область высоких технологий. То есть нельзя не учитывать два важных момента. Космонавтика – это национальная гордость россиян; космонавтика – это область высоких технологий, которая может потянуть за собой развитие и всех остальных отраслей. Я ни секунды не сомневаюсь в том, что российский народ, а это в основном умный народ, поддерживает развитие космонавтики.

Лев Зеленый: Трудно спорить с тем, что вы говорите. Но если все-таки встать на точку зрения «простого налогоплатель-

щика» (предположим, что такой существует)... миллиард долларов в год на марсианский проект – это около 30 миллиардов рублей. Величина, примерно соизмеримая с бюджетом всей космической отрасли. Это немало. Эти затраты, конечно, не разорят государство. Но нам надо понимать, что государству фактически придется удвоить расходы на космическую деятельность. Мне кажется, это вполне допустимо. Но и не учитывать этого серьезного фактора нельзя.

*Опубликовано в «Независимой газете»
14 февраля 2007 г.*

Глава 3

«Огонь – идея единого»

Биологический Большой Взрыв



Владик Аветисов и Виталий Гольданский

«Мы являемся свидетелями процессов только определенных типов, потому что процессы всех других типов проходят без свидетелей» – гласит один из фундаментальных научных законов – антропный принцип. На уровне обыденного сознания, что-то мешает принять его полностью и безоговорочно. Как бы там ни было, но, кажется, *Homo Sapiens*, пусть подсознательно, никогда не оставлял своих претензий на качественное и количественное объяснение всего Универсума.

Но именно это, рано или поздно, приводило к парадоксальному, на первый взгляд, выводу: все, что мы изучаем, происходит исключительно по эту сторону «зеркала» («человек познает не самую природу как таковую, а только контакт с нею»). Желание – человеческая гордыня – превозмочь антропный принцип и порождает почти мистическую потребность проникнуть в «зазеркалье».

Однако оказывается, что аналогия с зазеркальем имеет буквальный смысл: право-левая асимметрия современной биосферы – результат спонтанного нарушения зеркальной симметрии в природе. Сердце у большинства людей не посередине, а слева. Двойная спираль ДНК, тройная спираль коллагена, альфа-спирали глобулярных белков – правые. В технике, за исключением особых случаев вроде левой педали велосипеда, используются правые винты.

Механизм процесса нарушения зеркальной симметрии – когда и почему он был «запущен», в конце концов, никуда не деться и от «антинаучного» вопроса – зачем это понадобилось Универсуму? Как заметил однажды Л. Блюменфельд: «Живая материя – самый интересный предмет исследования для живой материи, способной к исследованию».

Работы, которые ведут вместе со своими коллегами академик **Виталий Иосифович Гольданский** и кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией в Институте химической физики имени Н.Н. Семенова **Владик Аванесович Аветисов**, может быть, позволят, в итоге, хотя бы приблизиться к ответу на некоторые из этих фундаментальных вопросов. Впрочем, осознание того факта, что кроме мира, данного нам в ощущениях, может существовать мир, с которым мы не можем в принципе «наладить контакт», уже само по себе, возможно, фундаментальное достижение.

– **Виталий Иосифович, вас во всех словарях-справочниках представляют как физико-химика. А работаете вы в Институте химической физики. Налицо своеобразная симметрия...**

Виталий Гольданский: Когда-то шутили, что между физической химией и химической физикой разница такая же, как между медалью «За трудовую доблесть» и медалью «За доблестный труд».

Ну, а если говорить серьезно, то я бы определил разницу так. Если физическая химия – это перенос на химию всего арсенала классической физики XIX века, физики макроскопического мира, то химическая физика – это наука, которая возникла на основе физики XX века. А именно, физики микромира, квантовой механики, физики элементарных процессов. Химическая физика – это экстраполяция на химию физики микромира.

– Насколько мне известно, в последние годы, может быть в последнее десятилетие, вы, что называется, погрузились в проблему спонтанного нарушения зеркальной симметрии в природе. Какой смысл вы вкладываете в это понятие?

Виталий Гольданский: Начать придется издалека, но без этого нам в дальнейшем разговоре не обойтись.

В 1848 году Луи Пастер открыл зеркальную изомерию органических молекул. Оказалось, что многие молекулы могут существовать в двух структурных формах, схожих и вместе с тем отличных друг от друга, как левая и правая перчатки, левая и правая ладони. Левая ладонь идентична правой, если отразить ее в зеркале. В мире молекул есть точные аналогии правой и левой рук – так называемые молекулы – зеркальные антиподы, например, когда атом углерода связан с четырьмя разными соседями. Такие зеркально отраженные формы одного и того же химического соединения называют оптическими изомерами, поскольку они отличаются друг от друга тем, что вращают плоскость поляризации проходящего через них света в противоположные стороны.

Эта особенность молекул существовать в двух зеркально-антиподных формах известна в науке под названием хиральности (от греческого «хирос» – рука). К числу органических веществ, обладающих этим свойством, принадлежат аминокислоты и сахара – «кирпичики» самых главных биологических макромолекул – белков и нуклеиновых кислот. И поскольку эти «кирпичики» хиральны, то, вообще говоря, существуют «левые» и «правые» аминокислоты и «левые» и «правые» сахара.

Но это еще не все. Оказывается, что живой природе присуща абсолютная хиральная чистота: белки содержат только «левые» аминокислоты, а ДНК и РНК – только «правые» сахара. Если равное содержание в смеси левых и правых изомеров – а в химии такие смеси называются рацематами – это зеркально

симметричное состояние вещества, то хиральная чистота соответствует полному нарушению его зеркальной симметрии.

Так вот, под спонтанным нарушением симметрии мы понимаем не эволюционное, постепенное, а скачкообразное ее нарушение. Если говорить на языке математики, оно связано с наличием критических условий, характеризующих переход из рацемической области, где нет преимущества ни у «левых», ни у «правых», к области, где имеется четкое преимущество одного из изомеров. При достижении критических условий среда уже не способна существовать в симметричном состоянии, поскольку оно становится неустойчивым, и скачком переходит в новое, устойчивое состояние с разрушенной зеркальной симметрией. Математик бы сказал, что в системе наблюдается бифуркация, физики же называют такого типа процессы фазовыми переходами (примеры – спонтанное намагничивание железа, превращение воды в лед и т.п.).

– Точка бифуркации – это точка, в которой принципиально невозможно предсказать, куда пойдет дальше развитие системы?

Виталий Гольданский: Поясню на примере. Существование критической особенности в поведении системы характерно для очень многих явлений. В частности, наш Институт химической физики всемирную славу снискал в лице своего основателя – Нобелевского лауреата Николая Николаевича Семенова, именно благодаря тому, что он открыл разветвленные цепные реакции. А эти реакции характеризуются как раз тем, что имеются критические условия, определенная точка, слева от которой система может испытывать медленное химическое превращение, а пройдя через которую – взрывается. Это и есть бифуркация. В закритической области система попадает в такое состояние, которое очень долго, до открытия цепных реакций, считалось совершенно невозможным с точки зрения равновесной термодинамики. И, тем не менее, именно это состояние в закритической области оказывается устойчивым.

Опираясь на термодинамику, следовало бы предположить, что в равновесном состоянии «левых» и «правых» изомеров всегда должно быть перемешано поровну. Но в нашем случае, когда, как и в случае разветвленных цепных реакций, поведение системы обладает скачкообразной особенностью, в закритиче-

ской области имеется четкое преобладание одного из зеркальных изомеров.

– **Итак, в природе существуют процессы, явления, в которых нарушается эта равномерность, симметричность.**

Виталий Гольданский: Именно в этом и состоит отличие живой природы – вернее, одно из отличий! – от мертвого неорганического мира. Да и от предбиологического органического мира. Неживая природа – это рацемат.

– **Не с этим ли связано, что нет левозакрученных молекул ДНК, все – правозакрученные?**

Владик Аветисов: В действительности, молекула ДНК может оказаться и левозакрученной. Дело не в том, в какую сторону она закручена, а в том, из чего она построена. И независимо от закрутки, каждое звено этой огромной молекулы есть «правый» нуклеотид. То есть, молекулы ДНК, так же как и молекулы РНК и белков – это всегда так называемые гомохиральные полимеры: хиральная чистота важнейшее их структурное свойство.

– **И вы занимаетесь изучением нарушения зеркальной симметрии именно на молекулярном уровне?**

Виталий Гольданский: Нас интересует проблема того, как в мире, где уже возникли простейшие органические молекулы, как в таком мире могли возникнуть простейшие биологические структуры. В наших подходах мы пытаемся построить неразрывную эволюционную связь между таким структурным свойством биологических молекул как гомохиральность и их ключевым функциональным свойством, а именно – способностью к самовоспроизведению, к саморепликации. Мы пытаемся использовать чисто физическое свойство хиральной чистоты как ключ к тому, чтобы дать ответ на вопрос о том, как возникло свойство функциональное – саморепликация.

Вот, Владик Аванесович сейчас дальше развивает это направление. Основная мысль состоит в том, что здесь важнейшую роль играет возникновение свойства точного распознавания образов. То есть, точное узнавание одними молекулами других.

– **Узнавание на молекулярном уровне?**

Владик Аветисов: Да, достаточно большие молекулы способны как бы создавать образы малых молекул и точно отли-

чать их друг от друга. Ну, так, как это и происходит в живой клетке.

– **Но ведь давно известно, что природные катализаторы биохимических процессов, ферменты, обладают высокой способностью к распознаванию.**

Виталий Гольданский: Да, поэтому и возникла гипотеза, которая пыталась объяснить действие ферментов по типу механизма «ключ-замок»: ключ точно подходит только к «своему» замку.

Но ферменты – это уже очень большие, сложные и очень специальные молекулы. Сами по себе они не возникают в неживой природе. Для этого как раз и нужно точное распознавание. Владик Аванесович и сосредоточил свое внимание на вопросе о том, могло ли это свойство возникнуть на более раннем этапе, когда длина органических цепочек колебалась от 10 до 100 звеньев. И в данном случае спонтанное нарушение зеркальной симметрии предбиологической среды и есть тот ключ, которым мы надеемся открыть замок проблемы возникновения структур и функций биохимического уровня сложности.

Владик Аветисов: Если и существует какая-то аналогия, то это, несомненно, аналогия с космологической теорией Большого Взрыва, Big Bang – по-английски. Во-первых, и тут и там имеется дело с загадочной проблемой возникновения и эволюции сложного и разнообразного мира. В одном случае – это вся Вселенная, а в другом – это вся Жизнь, во всяком случае, то, что мы воспринимаем как живое. Во-вторых, и это самое важное, и тут и там идея спонтанного нарушения симметрии является ключевой.

В физике сейчас известны четыре фундаментальных взаимодействия: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное. Фундаментальными они называются потому, что одно нельзя представить с помощью другого. Они не «перемешиваются» каким-то простым способом. Каждое из этих взаимодействий имеет свои особые свойства и связано в физике с симметрией определенного типа. Поэтому и явления, обязанные своим существованием определенному фундаментальному взаимодействию, обладают строго определенным, соответствующим именно этому взаимодействию, набором физических симметрий. Например, существование оптических изомеров

есть прямое следствие зеркальной симметрии электромагнитных взаимодействий.

Так вот, в физике есть гипотеза, что фундаментальные взаимодействия, в действительности, произошли из некоторого единого «прародителя».

– **Супервзаимодействия...**

Владик Аветисов: Да, супервзаимодействия, суперполя. Оно, как бы, обладало свойствами всех четырех полей, то есть полным набором физических симметрий.

Отсчет времени в нашей Вселенной начинается со взрыва сверхплотного состояния такого суперполя.

– **Мы возвращаемся к моменту Большого Взрыва?**

Владик Аветисов: Да. Так вот, выделение фундаментальных взаимодействий, как бы распад суперполя на «составные части» в ходе эволюции Вселенной, связывается именно со спонтанным нарушением симметрии. Это вовсе не означает, что разрушение исходной симметрии происходит чисто случайно. «Спонтанно» и «случайно», хотя и очень похожие термины, но это не одно и то же.

В теории элементарных частиц эта идея была впервые выдвинута нобелевскими лауреатами Стивеном Вайнбергом, Абдусом Саламом и Шелдоном Глэшоу при создании так называемой стандартной теории электрослабого взаимодействия, объединяющей электромагнитное взаимодействие и слабое.

– **Иными словами, сейчас физики ломают голову над тем, как реконструировать суперполе?**

Владик Аветисов: Совершенно верно. Для нас же важна сама фундаментальность идеи спонтанного нарушения симметрии как причины, порождающей новые асимметричные миры из некоторого симметричного предшественника.

Виталий Гольданский: Аналогия с физическим Большим Взрывом появилась в наших работах с Леонидом Морозовым еще в 1984 году. Мы это называли Biological Big Band – Биологический Большой Взрыв.

– **Говоря, что спонтанное нарушение симметрии рождает новые миры, что вы имеете в виду?**

Владик Аветисов: В космологии это связано с формированием Вселенной с определенными фундаментальными взаимодействиями. Но ведь каждое такое взаимодействие порождает

огромный мир разнообразных физических структур и явлений. Это – элементарные частицы, именно такие, какие имеются и именно в таком соотношении, которое имеется. Это – сложные структуры, составленные из таких элементарных частиц, например, ядра, атомы и молекулы. Наконец, это – макрокосмос, где чего только нет.

В нашем же случае интересно вот что. Любого химика всегда поражает схожесть с одной стороны и отличие с другой, биологического мира и неживой природы. Именно с точки зрения, прежде всего, химии. Существует даже две области химической науки – биохимия и химия просто. Конечно, эти две области существенно пересекаются. В биохимии многое удастся понять, не выходя за рамки, так сказать, нормальных химических представлений. Но в то же время между биологическим миром и миром «мертвой» химии существует и фундаментальное различие. Оно состоит в том, что химические превращения в живой клетке ведутся на таком уровне точности, который принципиально недосяжим с точки зрения обычных химических процессов.

– **Можно привести пример?**

Владик Аветисов: В живой клетке с поразительной легкостью строятся молекулы белков длиной, например, в 300 аминокислот. Сложность состоит в том, что в каждом определенном месте вдоль цепи должна стоять строго определенная аминокислота. И это – тривиальная задача для клетки. Буквально за несколько минут клетка в состоянии синтезировать пару тысяч разновидностей таких сложных молекул. И все они будут точными копиями нужных последовательностей.

В то же время, если я попробую наладить чисто «химическое производство» хотя бы одной такой последовательности и попытаюсь дождаться осязаемого результата, то я его не получу, даже если задействую все элементные ресурсы Вселенной и у меня хватит терпения ждать все время ее жизни от момента Большого Взрыва. А клетка, повторяю, с этим справляется, так сказать, запросто. Более того, она с той же легкостью может строить и такие гигантские молекулы – длиной не в 300, а в 300 миллионов звеньев! – как ДНК.

Мир неживой природы – это мир случайных молекулярных столкновений и случайных, в этом смысле, химических превращений.

– **Чисто стохастические процессы...**

Виталий Гольданский: В наших работах мы и говорим о двух химиях: химия стохастическая, вероятностная и химия алгоритмическая, когда имеется заданный алгоритм, строго по которому ведутся все химические превращения. Они различаются в той же мере, в какой, например, методы генной инженерии отличаются от методов неорганического синтеза. По существу, алгоритмическая химия и требует точного распознавания молекулярных образов. По нашим представлениям, ферменты и есть граница между стохастической и алгоритмической химией. После того, как возникают ферменты – а это и есть Биологический Большой Взрыв – хирально чистый биологический мир можно построить, в принципе, в любом окружении, даже в рацемическом, где 50% «левых» и 50% «правых» изомеров.

– **Итак, существуют два мира – биологической и простой химии. В одном из них с невероятной легкостью возникает то, что не может возникнуть в другом. Таким образом, это принципиально разные миры.**

Владик Аветисов: Очень похоже на то, что все химические превращения в живых организмах ведутся с помощью, как бы, автоматов. Роль этих автоматов в клетке выполняют белки. У нас нет пока других примеров, но и нет оснований утверждать, что только белки способны выполнять такие алгоритмические функции.

С точки зрения предбиологической эволюции, проблема состоит в том, чтобы показать, как мог осуществиться переход от стохастической химии к алгоритмической. Вне зависимости от конкретных химических структур, которые реализовали такой переход в ходе зарождения нашей, земной формы жизни. Основная идея состоит в том, что такой переход связан со спонтанным нарушением зеркальной симметрии предбиологической органической среды. Это событие – ключевой момент нашей концепции предбиологической эволюции. Так же, как и в космологической теории, именно спонтанное нарушение симметрии исходного состояния привело к возникновению мира алгоритмической химии и, в конечном счете, к формированию первичной биосферы.

– **Возникает вопрос: почему нарушение именно зеркальной симметрии?**

Виталий Гольданский: В основе появления этой гипотезы лежат результаты наших исследований проблемы возникновения биохиральности, хиральной чистоты биоорганического мира. Еще Луи Пастер считал, что асимметрия живого есть следствие асимметрии той среды, того «первичного бульона», в котором возникла жизнь. Своеобразное «реликтовое излучение», дошедшее до нас от ранних стадий предбиологической эволюции. Но в том-то и проблема, чтобы показать, как могло возникнуть нарушение зеркальной симметрии в мире химических превращений. Именно в том мире, который, как мы сейчас знаем, управляется, в основном, зеркально симметричным электромагнитным взаимодействием.

Владик Аветисов: Научное сообщество раскололось на два лагеря. Одни считали, что в нашей Вселенной должен существовать фундаментальный источник асимметрии, другие же искали источник асимметрии на Земле, так сказать, «местного значения». Дискуссия шла почти полтора столетия, и особенно активно после обнаружения слабого взаимодействия, которое действительно нарушает зеркальную симметрию элементарных процессов в нашей Вселенной. Более того, создает преимущество именно левым аминокислотам и правым сахарам! И хотя оценки влияния слабого взаимодействия на химические превращения не вселяли надежд на существенную его роль, но все-таки, все-таки...

Решение пришло, как это часто и бывает, совершенно с другой стороны, когда мы связали гомохиральность структур со способностью к самосборке, репликации. В результате, удалось доказать, что физический источник асимметрии, каков бы он ни был, глобальный или локальный, не способен привести к образованию гомохиральных структур биохимического уровня сложности. И напротив, оказалось, что на это способен механизм спонтанного нарушения симметрии. Именно тогда мы увидели, что суть дела – в переходе от стохастической химии к алгоритмической, и только спонтанное нарушение симметрии оказалось в состоянии решить эту эволюционную проблему.

– **Имеются ли экспериментальные подтверждения вашей гипотезы?**

Виталий Гольданский: Если говорить о спонтанном нарушении зеркальной симметрии, то, вообще говоря, можно выде-

лить три класса стереохимических превращений. Рацемизирующие, термодинамические наиболее естественные, так как они приводят систему в состояние с максимумом энтропии. Нейтральные – не меняющие хиральной поляризации. И, наконец, процессы дерацемизирующие, когда хиральная поляризация нарастает.

Анализ кинетических особенностей всех этих процессов показывает: для того, чтобы произошло скачкообразное, бифуркационное превращение рацемата в систему хирально чистую, обязательно наличие дерацемизирующих процессов. Теоретических схем таких процессов придумано много. Скажем, «аннигиляция», – слияние «левых» и «правых» молекул.

– **Что получается в итоге?**

Виталий Гольданский: «Аннигиляции»? – Реакционно инертная молекула, или нехиральный продукт, который не имеет асимметрических атомов углерода.

Так вот, гипотетических схем, что называется, «на кончике карандаша», много. Но до сих пор нет ни одного сообщения об экспериментальной работе, в которой взяли бы конкретные реактивы и при соответствующих условиях получили бы реакцию, спонтанным образом превращающую систему в хирально чистую. Правда, в самое последнее время стремление к такому эксперименту заметно возросло.

Владик Аветисов: Не в последнюю очередь и потому, что идея спонтанного нарушения может оказаться продуктивной в специальной отрасли науки – стереохимии, которая занимается методами разделения «левых» изомеров от «правых» и получения оптически чистых веществ. Сейчас уже понятно, что это исключительно важно, например, для фармакологии.

Виталий Гольданский: В шестидесятые годы в Западной Европе разыгралась трагедия. Виновник ее – талидомид, лекарственный препарат, снимавший нервное напряжение. У женщин, принимавших талидомид, рождались дети с сильными патологическими изменениями... Причина этого оставалась неясной до тех пор, пока исследователи не обратили внимание на то, что препарат производится в рацемической форме, то есть, содержит поровну «левых» и «правых» изомеров. Было установлено также, что пагубным действием обладает только один из оптических изомеров, тогда как другой – безвреден.

Опасность «неприродных» оптических изомеров состоит в том, что эволюция не снабдила организмы (за ненадобностью) средствами борьбы с ними – ведь биосфера хирально чиста. Некоторые бактерии научились даже использовать такие изомеры, например, «правые» аминокислоты для построения защитной оболочки. В данном случае, это несвойственная для большинства ферментов оболочка, потому что они ориентированы на «левые» аминокислоты. Оболочка из «правых» аминокислот – это своего рода шапка-невидимка таких бактерий.

– **Позвольте мне вернуться немного назад, к аналогии с космологическим Большим Взрывом. Физики утверждают, что в первые нано- и пикосекунды после него вещества и антивещества в рождающейся Вселенной было поровну. По крайней мере, это не запрещено никакими физическими законами. Но затем происходит нарушение суперсимметрии, и в итоге мы имеем то, что имеем – содержание антивещества в нашей Галактике не превышает тысячной доли. Какие, в этом смысле, можно провести параллели с Биологическим Большим Взрывом и можно ли это делать вообще?**

Владик Аветисов: Гипотетически, можно.

– **Тогда, что играет роль биологического антивещества?**

Виталий Гольданский: Такая же органическая жизнь, как на Земле, но построенная из «правых» аминокислот и «левых» сахаров.

Одно из важнейших свойств механизма спонтанного нарушения симметрии состоит в том, что вероятность нарушения симметрии, так сказать, «вправо» или «влево» практически одинакова. Это тоже прямое следствие симметрии электромагнитного взаимодействия. Поэтому Биологический Большой Взрыв с равной вероятностью мог привести к появлению как нашей, «левой» биосферы, так и ее зеркального антипода – «правой» биосферы.

Если бы такой выбор был абсолютно симметричен, то частота появления «правой» и «левой» форм жизни во Вселенной была бы одинакова. Но в нашей Вселенной зеркальная симметрия слегка нарушена из-за слабых взаимодействий. Достаточно ли этого для практически полного подавления одной из форм жизни? Некоторые оценки дают положительный ответ на этот вопрос. Другие исключают такой результат. Эксперименталь-

ных данных, как вы понимаете, нет просто потому, что нам неизвестна иная жизнь, кроме земной. А на основе «единичного эксперимента» невозможно дать однозначный ответ.

– **И все-таки, каковы причины самого спонтанного нарушения симметрии?**

Владик Аветисов: Исчерпывающего ответа пока нет и здесь. Для этого нужно «выписать в деталях» сценарий если не всей, то, по крайней мере, начальной стадии предбиологической эволюции. А эта работа еще не завершена. Но все, что возникает в нашей Вселенной, начиная с Большого Взрыва и по сегодняшний день, есть, в конце концов, следствие ее расширения. Именно это расширение меняет условия во Вселенной так, что высокосимметричные состояния вещества становятся неустойчивыми.

В конце концов, рост сложности молекулярных структур, вовлекаемых в процесс предбиологической химической эволюции, может привести к неустойчивости зеркально симметричного состояния среды и, в результате, к ее спонтанному разрушению.

*Опубликовано в «Независимой газете»
26 апреля 1994 г.*

Биопозз был катастрофой

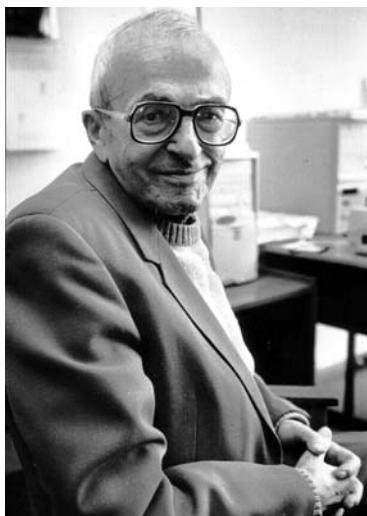
Эта беседа состоялась сразу после семинара в Институте химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук в апреле 1999 года. В небольшом конференц-зале лабораторного корпуса института (кстати, раньше в этом здании располагалась ускоритель элементарных частиц) собралась очень солидная научная компания: несколько академиков, членкорров, профессора и сотрудники ведущих академических институтов. Все они пришли на первое заседание «Семинара по проблемам происхождения жизни и эволюции», организованного под эгидой Секции биохимической физики Научного совета РАН по химической физике.

У меня интерес к этому событию был особый. Дело в том, что ровно пять лет назад, чуть ли не день в день, мне уже доводилось брать интервью у нынешних моих собеседников – академика **Виталия Иосифовича Гольданского** и доктора физико-математических наук **Владика Аванесовича Аветисова** (тогда он еще был кандидатом физико-математических наук). И тема того интервью была той же самой: проблема происхождения жизни во Вселенной.

И вот – новый разговор на вечную тему через пять лет...

– **Виталий Иосифович, в основу разрабатываемого вами подхода к проблеме возникновения жизни во Вселенной, положен тот факт, что в наблюдаемом биоорганическом мире нарушена зеркальная (хиральная) симметрия: в противоположность неживой природе, в биосфере используются только левые молекулы аминокислот и только правые молекулы сахаров. Или, как еще говорят, левые и правые энантиомеры: абсолютно схожие по составу и отличающиеся только в одном – как левые и правые перчатки, как две руки человека.**

И, самое существенное: возникновение жизни – это спонтанный переход из беспорядка, где хаотически перемешаны левые и правые энантиомеры (рацемическая смесь) в упорядоченное состояние (хирально чистое: только левые или только правые). Но почему, все-таки, спонтанное нарушение, а не плавная химическая эволюция? Почему вы отдаете предпочтение этому сценарию? Или, как написано в одной из ваших совместных статей, почему «Биопоэз (процесс возникновения жизни) был своеобразной катастрофой»?



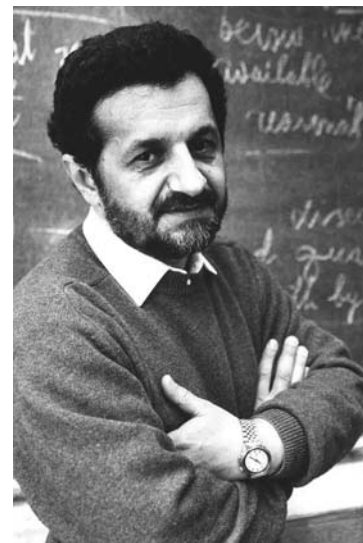
Виталий Гольданский: Сейчас, как и пять лет назад, мы совершенно уверены, что эволюционный путь не может привести реально, – как ни крути разные варианты, – к тому, чтобы возник асимметричный биоорганический мир. Остается путь, связанный именно со спонтанным нарушением симметрии.

Но также, за эти пять лет, постепенно стало ясно, что и на этом пути имеются такие этапы, которые полностью объяснить в рамках традиционных представлений о динамике химических систем исключительно трудно, если не невозможно.

Здесь возникают явные внутренние противоречия, какие-то белые пятна, выражаясь географически, и, по-видимому, требуются принципиально новые физические идеи. Преодоление этих внутренних противоречий, внутренних неясностей – это и есть задача на будущее, задача, в направлении поиска решения которой, Владик Аванесович и его молодые сотрудники уже сделали существенные шаги. Но эта задача очень трудная. И в смысле того, чтобы эту динамику как-то физически истолковать, и даже в смысле того, чтобы применить здесь совершенно новый для физики математический аппарат.



Владик Аванесович, тогда, может быть, вы расскажете о проблемах, связанных с поиском этой новой физической динамики, неизвестной нам до сих пор?



Владик Аветисов: Когда мы говорим о хиральной специфичности биоорганического мира, то мы имеем в виду два феномена. Один из них состоит в том, что мы наблюдаем на Земле только одну форму жизни, а зеркально антиподной формы этой жизни мы не наблюдаем. Нет никаких свидетельств, что когда-либо существовала форма жизни, молекулярная основа которой была зеркально противоположна той, на которой основана теперешняя жизнь. И это несмотря на то, что зеркально-антиподные формы жизни одинаково «жизнеспособны», и ни одна из них не могла иметь эволюционного преимущества перед другой.

Итак, зеркальная симметрия в биоорганическом мире нарушена. Так вот, когда мы говорим о типе процесса, который мог привести к появлению данного феномена, то мы продолжаем придерживаться той точки зрения, что это был процесс спонтанного нарушения симметрии. Подобные процессы не являются загадкой и хорошо известны в физике и химии.

Но есть и другой феномен. Он связан с хиральной специфичностью биополимеров, играющих ключевую роль в функционировании живого. Я имею в виду белки, состоящие из аминокислот, а также РНК и ДНК, состоящие из нуклеотидов, включающих сахара. В действительности, белки, РНК и ДНК очень сложные макромолекулярные структуры, построенные из полимерных цепей длиной от нескольких сотен до миллионов звеньев. И если мы посмотрим на эти макромолекулы тоже с точки зрения хиральности, то увидим, что белковые полимер-

ные цепи содержат только левые аминокислоты, а полимерные цепи РНК и ДНК содержат только правые сахара. Здесь следует говорить не о нарушении зеркальной симметрии, а об уникальной (с точки зрения хиральности) последовательности звеньев в цепи. Именно в этом смысле мы и употребляем термин гомохиральность. Мы говорим, что ключевые биологические макромолекулы есть гомохиральные полимеры.

Понятно, что, вообще говоря, существует два вида гомохиральных последовательностей – только из левых звеньев и только из правых звеньев. Нарушение же зеркальной симметрии – это отсутствие одного из этих видов.

Итак, в основе существующей жизни лежат гомохиральные полимеры и в мире этих гомохиральных полимеров мы наблюдаем полное нарушение зеркальной симметрии: имеется только одна форма жизни, один вид гомохиральных полимеров!

Можно ли что-либо сказать о типе процесса, который способен привести к возникновению гомохиральных полимеров? Могла ли при этом нарушиться зеркальная симметрия? Связаны ли эти два явления? Могло ли это все происходить на Земле? Только ли на Земле? Наконец, является ли такое событие уникальным, или оно неизбежно возникает на определенной стадии эволюции Вселенной?

Так вот, если о нарушении зеркальной симметрии в мире живого мы еще можем что-то сказать, относительно возникновения гомохиральных полимеров мы полагаем, что в существующем фундаменте физики и химии подходящего для этого динамического закона пока нет

– **А в чем здесь проблема?**

Владик Аветисов: Если бы здесь все было просто, то проблема давно была бы решена. В том то и дело, что тут многое не понятно, ясной картины, ясного понимания пока нет. Попробую дать не представление – даже это сложно, а лишь ощущение проблемы.

Взять, скажем, едва ли не самые простые биомacroмолекулы – полимерные цепочки длиной в пару-тройку сотен звеньев. Если строить такие цепочки из черных и белых шариков, что соответствует левым и правым мономерам, то число цепей, различающихся последовательностью белых и черных шариков вдоль цепи, будет что-то около 10100 – это единица со ста нуля-

ми. Это просто катастрофически большое число! Например, оно больше числа электронов во Вселенной.

Можно привести и другое сравнение. Если взять массу органического материала равную всей массе Земли, задействовать самые быстрые химические процессы, синтезировать каждую последовательность только один раз и заниматься этим делом все время существования Вселенной, то в результате удастся получить лишь ничтожную часть всех возможных вариантов последовательностей, в том же примерно соотношении, как одна капля воды ко всему мировому океану. Это просто означает, что природа не имеет никаких шансов перебрать все возможные варианты даже достаточно коротких полимерных последовательностей, не говоря уже о последовательностях длиной в тысячи и миллионы звеньев, с тем, чтобы выбрать из них ту, которая ей по каким-то причинам нужна. Мерой числа вариантов, которые она способна реализовать, может служить знаменитое число Авогадро – 1023 (сравните с 10100).

Но, может быть, гомохиральные последовательности вначале и не нужны были вовсе, а появились уже потом, в ходе биологической эволюции? Все эксперименты, однако, показывают, что для возникновения простейших биохимических процессов гомохиральные последовательности просто необходимы. Но тогда возникает вопрос: а как же природа создает нужные ей специфические последовательности, как она их находит?

Ответ, казалось бы, лежит на поверхности. Чтобы создать достаточно сложную конструкцию нужно разработать план ее сборки и затем максимально точно его реализовать. В живой природе, заметьте, именно так все и происходит! Живой организм умеет строить фантастические по своей сложности молекулярные конструкции с удивительной быстротой и надежностью. Но как же могли возникнуть гомохиральные макромолекулы на добиологической стадии эволюции (речь ведь идет о возникновении жизни), когда, образно выражаясь, не было ни генетического «плана», ни биохимической технологии точной сборки?

Чтобы почувствовать эту проблему, приведу такую аналогию. Представим, что мы, не имея ни малейшего представления о том, как смастерить телевизор, решили создать эту удивительную штуку некоторым, вполне естественным путем. Поскольку

все естественные процессы, протекающие вне живого и без участия живого, в известном смысле случайны, то можно было бы наивно полагать, что следует сделать простую вещь: взять все необходимые детали, бросить их в мешок и соответствующим образом потрясти. Глядишь, и сложится! Любому, однако, понятно, что, сколько мешок ни тряс, телевизор сам по себе не сложится. Что-нибудь очень простое, конечно, сложиться могло бы, но для сборки достаточно сложной конструкции необходима специальная технология, специальный процесс.

Проблема возникновения гомохиральных полимеров действительно похожа на задачу о самосборке телевизора. И физика не входит здесь в противоречие со здравым смыслом. Если пытаться найти ответ на этот вопрос исходя из известных в физике типов случайных процессов, то приходишь к выводу, что вероятность появления достаточно длинных гомохиральных последовательностей физически просто равна нулю.

Исходя из всего этого, вопрос о том, как возникли гомохиральные полимеры, представляется пока загадкой. Совершенно ясно, что здесь нужны принципиально новые физические идеи. Этим мы сейчас и занимаемся.

– Да, проблема, прямо скажем, нетривиальная. Но вернемся на пять лет назад. Я процитирую маленький кусочек из вашего интервью. «До сих пор пока нет ни одного сообщения об экспериментальной работе, в которой взяли бы конкретные реактивы и при соответствующих условиях получили бы реакцию, спонтанным образом превращающую систему в хирально чистую. Правда, в самое последнее время стремление к такому эксперименту заметно возросло».

Известны ли вам с тех пор, удачные попытки реализовать этот процесс в лабораторных условиях?

Виталий Гольданский: Примерно год спустя после той нашей встречи, группа японских ученых во главе с профессором Кенсо Соаи осуществила процесс спонтанного нарушения зеркальной симметрии в ходе автокаталитической реакции с участием нескольких органических реагентов. Им удалось показать, что, начиная с очень небольшого энантиомерного избытка, в несколько долей процента, можно получить смесь, в которой одного энантиомера на несколько десятков процентов больше другого. Таких результатов еще никто не получал до этого. Речь

в данном случае идет о спонтанном нарушении симметрии непосредственно в ходе химической реакции.

Вообще, физико-химический процесс типа спонтанного нарушения симметрии впервые наблюдал еще Луи Пастер, с именем которого связана сама постановка проблемы возникновения хиральной специфичности биоорганического мира. Я имею в виду его знаменитые опыты со спонтанным образованием хирально чистых кристаллов солей винной кислоты из так называемого рацемического раствора, содержащего равные количества левых и правых энантиомеров. При определенных условиях, в таком растворе может возникнуть хирально чистый зародыш кристаллической фазы и на нем начнется рост хирально чистого кристалла. И, в конце концов, все это может дойти почти до 100-процентно хирально чистой структуры. Но важно то, что ежели рассматривать не один опыт, а большую совокупность опытов, то результат будет 50 на 50 – в половине опытов возникнет левый кристалл, а в половине опытов правый.

Достижение группы профессора Соаи состояло в том, что они добились этого же не за счет кристаллизации, а за счет специальной нелинейной динамики автокаталитических химических превращений. То, что зеркальная симметрия может нарушаться именно в реакциях автокаталитического типа, впервые было теоретически предсказано в 1953 году английским ученым Чарльзом Франком, и как раз в связи с проблемой возникновения феномена нарушенной зеркальной симметрии биоорганического мира. Однако долгое время считалось, что автокаталитические стереохимические реакции вряд ли можно реализовать. Группа профессора Кенсо Соаи показала это, так сказать, «в лоб», реализовав схему Франка. Эта работа имела широкий резонанс и инициировала множество подобных экспериментов.

Владик Аветисов: По существу, в 1953 году Чарльз Франк выдвинул саму идею спонтанного нарушения зеркальной симметрии в химических процессах автокаталитического типа. Затем, спустя почти 25 лет, в большой серии работ наших ученых, к глубокому сожалению рано ушедших из жизни, Морозова Леонида Леонидовича и Кузьмина Владимира Владимировича, совместно с Гольданским Виталием Иосифовичем, и позднее ваших собеседников, была развита теория спонтанного нару-

шения зеркальной симметрии в химических системах. Наконец, несколько лет тому назад, группа профессора Соаи поставила блестящий эксперимент, подтвердивший разумность теоретических выводов. В результате этих теоретических и экспериментальных исследований найден принципиально новый способ получения хирально чистых органических соединений. Это исключительно важно, например, для фармакологии.

– Еще один очень интересный вопрос, который, в частности, часто обсуждается в ваших совместных работах. Каковы должны быть физические условия (факторы) предбиологической стадии, чтобы возникло нарушение зеркальной симметрии?

Виталий Гольданский: Из самых общих соображений понятно, что нарушение зеркальной симметрии может происходить только по двум причинам: в результате действия некоторого асимметричного фактора, по разному действующего на левые и правые энантиомеры, это, так сказать, индуцированное нарушение зеркальной симметрии, либо зеркальная симметрия может нарушаться спонтанно, без всякого внешнего асимметричного воздействия. Мы полагаем, что никакие асимметричные факторы, которых, конечно, множество в природе, не могли быть причиной возникновения нарушенной зеркальной симметрии биосферы. Причиной тому могло быть только спонтанное нарушение симметрии.

В то же время, наши знания о процессах самоорганизации систем биологического уровня сложности пока явно недостаточны. Мы не можем точно сказать какова динамика этого процесса. Вот почему полного ответа у нас нет на сегодняшний день.

– Хорошо. А что сегодня можно сказать о других, необходимых для возникновения жизни, характеристиках предбиологического вещества: время его существования во Вселенной, необходимый ресурс? Такие оценки существуют?

Владик Аветисов: Если вы знаете тип процесса, который может приводить к требуемому результату, то вы можете обсуждать те условия, в которых такой процесс может протекать. Но если вы не знаете типа процесса, то, увы...

– В этом смысле вы и говорите, что мы находимся сейчас при рождении новой физики?

Владик Аветисов: В каком-то смысле да. Если рассматривать живую природу с самых общих позиций, то можно увидеть, что она устроена иерархическим образом. Дерево видов, например. Мы можем сказать, какие виды из каких произошли, можем восстановить всю родословную современного огромного семейства разнообразных организмов. То есть, биоорганический мир – это система с существенно иерархической организацией.

Теперь возьмем химический этап эволюции, когда существовали только очень простые органические соединения, неважно, где именно – на Земле или в космическом пространстве. Понятно, что на этом этапе эволюции не было никакой иерархической организации. Но потом, в ходе неизвестной пока нам предбиологической эволюции – неизвестной в смысле типа динамики! – мы получаем иерархически организованную глобальную молекулярную систему.

Перед нами проблема: как описать процесс иерархической самоорганизации химических систем. Как сконструировать такую динамику, которая формировала бы иерархию в исходно беспорядочной среде. С решением именно этой задачи связаны наши основные надежды на разгадку тайны возникновения свойства гомохиральности и нарушенной зеркальной симметрии живого.

Что интересно, эта проблема возникает во многих областях современной физики: в физике спиновых стекол, в физике полимеров, в биофизике. Эта проблема возникает в связи с развитием глобальных информационных систем. Мы являемся свидетелями рождения глобальной иерархически организующейся системы – интернет. Это исключительно интересно: наблюдать, как она эволюционирует, хотя и понятно, что, в конце концов, все это есть результат деятельности человека. Несколько шокирует, что подобные иерархические системы могут возникать и без участия живого, вполне самопроизвольно.

Виталий Гольданский: Проблема самоорганизации сложных макромолекулярных структур, возникновения гомохиральных полимерных цепей с числом звеньев в несколько сотен, как в белках, или до миллионов, как в ДНК, – эта проблема, быть может, имеет единые корни с проблемой самосборки белков. То, как образуется макромолекула белка, вызывает серьезные удивления, по меньшей мере.

За очень короткие времена, полимерная цепочка из определенных аминокислотных звеньев точно складывается в определенную молекулярную конструкцию, формируя именно данный, конкретный белок. Эта структура уникальна, поскольку это очень определенный способ укладки полимерной цепи, единственный из гигантского числа всех возможных способов, которых тоже порядка 10100.

Существует даже широко применяемый в работах по сборке белков термин – «парадокс Левинталя». Этот парадокс состоит в том, что надо понять и объяснить, как, почему, каким путем за очень короткие времена полимерная цепь находит нужный способ укладки среди такого гигантского их числа. Какой динамикой можно описать явление самосборки белков? С обычной точки зрения, эти времена должны были быть бессмысленно большими, больше, чем возраст Вселенной.

С какой стороны ни подходить к этому вопросу – со стороны образования гомохиральных полимеров или со стороны самосборки белков – и в том, и в другом случае, здесь, по всей видимости, требуется единый подход. Нужна новая трактовка физической динамики.

Владик Аветисов: Интерес к динамике иерархических систем в мире сейчас огромен. Этот тип организации встречается едва ли не чаще, чем любой другой. Иерархически организованы социальные структуры и социальные сообщества, экономические системы, информационные системы, биологические системы на различных уровнях их организации. Наконец, иерархический тип организации присутствует даже в относительно простых физических и химических системах, не имеющих к живому прямого отношения!

Однако все было бы не так захватывающе, если бы не ощущение того, что трудности, возникающие при описании таких систем, носят не технический, а принципиальный характер, затрагивающий фундамент соответствующих областей физической теории. В определенном смысле, парадокс Левинталя можно сравнить со знаменитой «ультрафиолетовой катастрофой», которая, как известно, привела к созданию квантовой механики. Вполне может оказаться так, что мы стоим на пороге зарождения новой фундаментальной области теоретической физики, которая изменит привычные представления о природе вещей.

Трудно не провести еще одну параллель. Становление фундаментальных областей теоретической физики всегда было тесно связано с развитием определенных областей математики. Достаточно вспомнить классическую механику и интегральное и дифференциальное исчисление, статистическую механику и теорию вероятности, квантовую механику и матричное исчисление, наконец. Так вот, похоже, что для описания динамики иерархических систем тоже требуется специальная математика, замечу, очень непохожая на все то, к чему мы привыкли в теоретической физике.

И в этом отношении нам, если угодно, сильно повезло. Такая математика создана у нас, в России, академиком Василием Владимировым, и это дало нам возможность сконцентрировать в нашей лаборатории специалистов «выращенных» Василием Сергеевичем. Это уникальный коллектив, и он достаточно высоко ценится на западе. Могу лишь сказать, что совсем недавно была создана Российско-Германская теоретическая группа, в которой мы и наши немецкие коллеги будут активно сотрудничать именно в области исследования динамики иерархических систем. Так что теперь это уже международный проект.

– Вы, Владик Аванесович, уже упомянули о таком механизме, как индуцированное нарушение зеркальной симметрии. В этой связи, мне вспомнилась заметка в журнале *Nature*, напечатанная несколько лет назад. В ней, один физик, занимающийся элементарными частицами, пошутил: я, мол, не знаю, есть ли Бог и кто он по профессии, но в любом случае Бог должен быть левшой. Имелось в виду нарушение зеркальной симметрии в слабых взаимодействиях, ответственных за внутриядерные переходы. Так, может быть, как раз слабые взаимодействия могут служить тем самым фактором нарушения зеркальной симметрии?

Виталий Гольданский: Действительно, очень красивая идея. И вокруг нее немало копий поломано. В принципе, если бы она была правильной, то можно было сказать, что жизнь во Вселенной возникла благодаря существованию слабых взаимодействий.

– Такую логику можно выстроить.

Виталий Гольданский: Но, с нашей точки зрения, она не имеет под собой существенных оснований. Возникновение

жизни обьязано, прежде всего, химическим процессам. Однако пока не удалось наблюдать влияния не сохраняющих четность слабых взаимодействий на протекание химических реакций. Теоретические оценки показывают, что такое влияние в принципе возможно, но величина эффекта исключительно мала.

– **Тем не менее, именно слабыми взаимодействиями объясняют нарушение симметрии между веществом и антивеществом в момент времени сразу после Большого Взрыва.**

Виталий Гольданский: Да, на ранней стадии эволюции Вселенной, когда она была очень горячей, слабые взаимодействия действительно могли играть важную роль. Но ведь там мы имеем дело с элементарными частицами, обладающими очень высокими энергиями. На холодных же стадиях эволюции Вселенной, когда могли образовываться хиральные органические соединения, асимметричное влияние слабого взаимодействия было уже ничтожным.

Роль асимметрии слабых взаимодействий, образно говоря, сводилось к тому, что синтезировались не в точности рацемические смеси из абсолютно одинакового количества правых и левых энантиомеров, а на каждые 1017 молекул, скажем, правой аминокислоты приходилось 1017+1 молекул левой аминокислоты. Это не могло существенно сказаться на процессе молекулярной эволюции. Поэтому мы считаем, что выбор знака хиральности биологического мира случаен: с таким же успехом могла возникнуть жизнь на основе правых аминокислот и левых сахаров.

– **«Спонтанное нарушение симметрии»... То есть, то, что возникает само по себе, как бы, предрешено. Очень легко соотнести это понятие с актом творения.**

Владик Аветисов: Иногда понятие «спонтанное», воспринимается как аналог понятия «беспричинное». А это неправильно. Следует, как и в жизни, различать повод и причину.

Давайте представим, что нам удалось уравновесить в вертикальном положении карандаш на тонко заточенном кончике. Вы же прекрасно понимаете: муха пролетит рядом – карандаш упадет. В чем причина падения карандаша: в том, что муха пролетела или что карандаш стоит неустойчиво? Очевидно – второе. Так вот, слово «спонтанно» относится к мухе. Это, так сказать, повод. Причина же падения в том, что положение карандаша неус-

тойчиво. Причина спонтанного нарушения симметрии – в неустойчивости симметричного состояния. А это уже имеет отношение к динамике, которая такую неустойчивость создает.

– **И все-таки, как вы отнесетесь к такому критерию: симметрия – это неживая материя; жизнь – это нарушение симметрии?**

Виталий Гольданский: Нарушение симметрии – это необходимое, но не достаточное условие.

– **Допустим, каким-то образом удалось получить две зеркально антиподные формы жизни. А могли бы они одновременно сосуществовать дальше?**

Виталий Гольданский: Очень интересный вопрос! Мы обсуждали такой вариант. Это естественный вопрос: на каком этапе эволюции произошло нарушение зеркальной симметрии, в результате чего мы имеем сегодня мир ферментов, у которых левые аминокислоты и ДНК с РНК, у которых правые сахара?

То, о чем вы сейчас спросили, означает нарушение симметрии уже на биологическом этапе. Если бы, действительно, возникли две зеркально антиподные формы жизни, то нарушение зеркальной симметрии должно было бы возникнуть на популяционном уровне. Это проблема «мирного сосуществования» двух равноправных, зеркально антиподных популяций. А вот этого «мирного сосуществования», как нам представляется, быть не может. Все равно, в итоге, мы получили бы только одну популяцию, одну форму жизни. Как война миров у Уэллса.

– **На сегодняшнем вашем семинаре академик Георгий Заварзин заявил, что «живым объектом можно назвать только организм». Так вот, в вашем подходе, как определяется граница «живое – неживое»?**

Виталий Аветисов: Да, Георгий Александрович подчеркнул, что нельзя сводить проблему возникновения жизни к проблеме возникновения макромолекул, пусть даже самих по себе достаточно сложных, например, белков, РНК и ДНК. Возникновение жизни, как считает Георгий Александрович, это не только возникновение специфических макромолекулярных структур, но и самоорганизация этих структур в целостную функциональную систему, подобную клетке. С этим трудно не согласиться.

Однако, как мне представляется, некоторые основания для оптимизма все же имеются. Когда мы сталкиваемся с проблемой возникновения какой-то структуры, вероятность случайного образования которой, скажем, 10^{-100} , как для гомохирального полимера или структуры белка, то эта проблема не проще проблемы возникновения структур, вероятность случайного образования которых не 10^{-100} , а $10^{-100000000}$. С точки зрения физики, появление одной белковой структуры так же невероятно, как и появление клетки! Именно это и вселяет некоторый, возможно наивный, оптимизм. Есть что-то общее.

Вообще, я думаю, что если нам удастся угадать тот тип процесса, который приводит к появлению специфических макромолекул, то может оказаться, что больше и не нужно будет ничего принципиально нового, чтобы понять, как из таких структур могли возникнуть сложные биологические системы. Потому что, с точки зрения типа процесса самоорганизации эти системы вовсе не более сложные! И в этом смысле, проблема возникновения гомохиральных полимеров, возможно, содержит в себе то главное, что необходимо для решения загадки возникновения жизни.

*Опубликовано в «Независимой газете»
16 июня 1999 г.*

Детектор лжи для инопланетян



Так получилось, что на протяжении вот уже восьми лет мне довелось быть, пусть и сторонним, но все же заинтересованным наблюдателем за работой группы исследователей Института химической физики имени Н.Н. Семенова РАН. Занимались они, и занимаются до сих пор, едва ли не самой интригующей проблемой мироздания: возникновение феномена жизни и эволюции. Более узко – эти исследования касались нарушения зеркальной симметрии в биологии. И вот на рубеже середины 1990-х годов возникло новое направление, у истоков формирования которого был выдающийся ученый, академик Виталий Иосифович Гольданский. Именно благодаря его научной инту-

иции удалось вначале даже не столько сформулировать саму фундаментальную проблему, сколько почувствовать ее. В итоге, в Институте химической физики была создана Лаборатория теории нелинейных физико-химических процессов, в которую вошло несколько молодых физиков-теоретиков.

Восемь лет назад, в 1994 году, появилось первое интервью академика Гольданского и заведующего лабораторией Владика Аветисова. «Нас интересует проблема того, как в мире, где уже возникли простейшие органические молекулы, могли возникнуть биоорганические структуры», – подчеркивал академик Гольданский. Еще через пять лет в том же составе мы встретились и обсуждали уже первые намечившиеся подходы к возможному решению проблемы. Увы, 14 января 2001 года Виталий Иосифович умер...

«Он был очень увлечен этими исследованиями, но так и не успел увидеть, как красиво все стало получаться. Безумно жаль, – замечает доктор физико-математических наук Владик Аветисов. – Но еще тогда, когда мы с Виталием Иосифовичем занимались проблемой нарушения зеркальной симметрии биоорганического мира, стало складываться понимание того, что в рамках традиционных физико-химических представлений объяснить возникновение специфической упорядоченности биологических систем, что естественно для задачи предбиологической эволюции, если и не невозможно, то крайне затруднительно. Нужно было искать что-то принципиально новое».

И вот – мы беседуем с **Владиком Аванесовичем Аветисовым** о поисках этой новой физической динамики, которая могла бы адекватно описать процессы возникновения живого во вселенной.

– Когда восемь лет назад я первый раз встретился с Виталием Иосифовичем Гольданским и с вами, Владик Аванесович, помнится я начал разговор с того, что спросил академика Гольданского: **какая разница между физической химией и химической физикой?** Виталий Иосифович со свойственным ему юмором на этот вопрос ответил, что **разница такая же, как между медалью «За трудовую доблесть» и медалью «За доблестный труд»...** Вам, через восемь лет, когда с нами, увы, уже нет Виталия Иосифовича, мне хочется задать такой вопрос: **вы кто – биофизик, физико-химик, биоматематик?** Потому что

человек, который набирает в лабораторию Института химической физики кандидатов наук из Математического института имени В.А. Стеклова – это нетривиально и интригует...

– Особенного тут ничего нет, потому что проблема глубокая, и для ее исследования нужны очень подготовленные ученые. Помимо всего прочего, идея уже была, и «под нее» нужны были специалисты в совершенно новой области математики, радикальном (читается, как русское «п» – **А.В.**) анализе. Научная школа академика Василия Сергеевича Владимирова в знаменитой «Стекловке», это, пожалуй, уникальная среда, где формируются такие специалисты. Дело оставалось за малым – увлечь идеями и создать условия для работы. Так что наша лаборатория является, если угодно, прямым «потомком» двух широко известных в мире российских научных школ – академика Гольданского и академика Владимирова.

Но ваш вопрос, все-таки, наверное, не «кто мы», а «где мы», в чем наши главные цели и интересы. Проще всего процитировать одного из основоположников квантовой механики – Эрвина Шредингера. Шел 1943 год, структура ДНК еще не раскрыта, тем не менее, крупнейшие ученые размышляют над тем, что такое ген, где расположена генетическая информация и достаточно ли уже открытых физических законов, чтобы познать природу живого: «Из общей картины наследственного вещества, нарисованной Дельбрюком, следует, что деятельность живой материи, хотя и основана на законах физики, установленных к настоящему времени, но, по видимому, подчиняется до сих пор неизвестным другим законам физики, которые, однако, как только они будут открыты, должны будут составить такую же неотъемлемую часть этой науки, как и первые».

– **Это, фактически, готовая программа исследований – поиск неизвестной физической динамики...**

– Да, мы понимали, что нужно искать новые физические концепции, которые вместе с существующими составили бы фундамент того, что, в действительности, еще не построено, хотя название уже имеет – биофизика. Это, возможно, звучит излишне амбициозно, но по сути верно.

– **А все-таки: какой сложности должна быть задача, чтобы для ее решения понадобилось искать фундаментально новые законы, даже по сравнению с квантовой механикой?**

– Это едва ли не основная тема наших долгих бесед с Виталием Иосифовичем. Все началось с наивного, на первый взгляд, вопроса. А что такого особенного в биомолекулярных структурах, например, в ДНК, РНК и белках? С одной стороны – это просто полимеры, то есть длинные молекулярные цепочки собранные из различных звеньев, и с физической точки зрения ничего особенно «страшного» в них нет. Но с другой стороны – это очень специальные структуры. Если говорить, например, о последовательности звеньев в биополимерной цепи, скажем ДНК или РНК, то очень важно какая именно это последовательность. Если говорить о пространственной структуре, в которую укладывается биополимерная цепочка, например, белок, то очень важно в какую именно структуру она укладывается. В биомолекулярных структурах каждый элемент размером с атом или несколько атомов обязан находиться строго «на своем месте». От этого зависит работа всей «биохимической машины» – живой клетки.

– Как в идеальном кристалле, где каждый атом находится строго на определенном месте?

– И да, и нет. Все дело в том, что в биологических структурах нет той симметрии, какая есть в кристаллических структурах. Именно симметрия делает кристалл упорядоченным и простым, и именно отсутствие симметрии делает биомолекулярные системы «неупорядоченными» и сложными. Вот, например: сколько вариантов структуры кристаллического типа, с заданным типом симметрии, можно построить из 200 элементов? Ответ простой – один, или несколько – в зависимости от типа симметрии, но всегда очень немного. А сколько вариантов структуры «биомолекулярного» типа можно построить из 200 (условных) шариков или кубиков? Выясняется, что число таких вариантов просто невообразимо большое – это, примерно, 10 в степени 100. Иллюстраций того, насколько это число большое, можно привести множество. Например, такая.

Допустим, что в гигантской Системе, ну где-нибудь во Вселенной, может одновременно реализоваться 10 в степени 50 белково-подобных полимерных структур с различными, не повторяющимися укладками полимерной цепи. (Мы выбрали число, соответствующее количеству атомов (!) углерода в Солнечной системе.) Теперь, пусть каждую секунду во всех этих полимерных структурах, во всей Системе, одновременно проис-

ходит смена укладок без каких-либо повторений. Тогда, за все время существования Вселенной – это, примерно, 20 миллиардов лет, – наша Система сможет «просмотреть» только такую часть различных вариантов укладок цепи, которая соотносится со всеми мысленно возможными вариантами, как капля воды и Мировой океан.

Это соображение, конечно, тривиальное и широко известное. Но следствия из него не тривиальные! Описывая, например, эволюцию в терминах воспроизведения и отбора различных структур биомолекулярного типа необходимо ясно осознавать, что даже в масштабах всей Вселенной и на всем времени ее существования, доля реализуемых вариантов таких структур исключительно мала в сравнение с числом мысленно возможных альтернатив.

Системы биологического типа принципиально не могут «просмотреть» все возможные варианты. В физике же хорошо знают как работать с принципиально другими системами и процессами, когда каждая из возможных альтернатив может реализоваться очень много раз. А в биологических системах все, как раз, наоборот. Практически любая эволюционная задача сводится к «поиску иголки в стоге сена», к вопросу как «выйти» на уникальную, в некотором смысле, структуру (или функцию) среди невообразимо большого их числа. Природа как-то так организует поиск в гигантском море альтернатив, что, с одной стороны, он существенно случаен, но с другой – сохраняет возможность контролировать результат поиска, то есть предсказуем. В этом, собственно, – основная проблема.

– И все-таки, насколько я понимаю, вас интересует не какая-то молекулярная конкретика, а именно динамика физического процесса. Есть классическая – ньютоновская физика; есть статистическая физика; есть физическая «грамматика», основанная на квантово-механических представлениях. Последние способны описывать умопомрачительной сложности процессы. Выходит, даже такой развитой физико-математический язык уже не подходит для тех процессов, которыми занимаетесь вы?

– Дело не в громоздкости вычислений, дело в принципиально другой сложности. Иногда высказывается мнение, что можно исследовать любой процесс, нужно только построить доста-

точно мощный компьютер. На самом деле, существуют принципиальные ограничения на допустимую сложность задач, поддающихся решению в рамках той логики, на которой основаны вычисления в «классических» компьютерах. Это, так называемые, задачи полиномиальной сложности.

Но существует множество задач, имеющих, кстати сказать, важное прикладное значение, которые относятся к задачам принципиально другой, экспоненциальной сложности. Их невозможно решить с достаточной точностью на классическом компьютере за обозримое время. Но поразительно, природа как-то умудряется решать именно такие задачи и более того, используя вполне классические, не квантовые устройства. Один из примеров, как раз, – укладка белковой полимерной цепочки в определенную пространственную структуру. Как это происходит – одна из наиболее интригующих проблем в физике. Эту проблему часто называют парадоксом Левинталя.

– Что это за парадокс, нельзя ли еще раз – поподробнее?

– Реально, белковая молекула «находит» нужный вариант укладки за несколько десятков секунд. Есть, правда, предположение, что в живой клетке этот процесс управляется и контролируется другими структурами. Но некоторые белки умеют это делать и сами, вне клетки. Как же они находят нужный вариант укладки? Перебрать все варианты они не могут в принципе, их экспоненциально много. Но ведь как-то эта происходит!

Возможно, мы имеем дело с особым типом физического процесса, как вы выражаетесь, с особой «физической динамикой», принципы которой пока не вполне понятны. Любопытно, но в жизни мы постоянно сталкиваемся с задачами, похожими на «поиск иголки в стоге сена», и ведь умеем их решать! Мы применяем очень простой прием – создавая большую структуру мы одновременно создаем иерархический алгоритм поиска элементов этой структуры. Система почтовой индексации, сети дорог и коммуникаций, библиотеки, телефонные сети, интернет, наконец... Если такой алгоритм поиска имеется, то требуется небольшое число шагов, чтобы в гигантском массиве быстро найти нужное. Может быть именно в иерархичности и заключена специфика процесса укладки белка? В конце концов, иерархическая упорядоченность действительно типична для биологических систем.

– А может ли подобное происходить с физическими системами?

– Как это ни удивительно, иерархии возникают и в физических системах, не имеющих прямого отношения к биологическим – в спиновых стеклах, кластерах, наночастицах, больших молекулах – это все «неупорядоченные» сложные системы. Физика таких систем очень интересна и необычна. Но понять ее оказалось неожиданно трудным, потому что, как выяснилось, иерархию нельзя «вывести» из имеющихся фундаментальных физических теорий.

– А что, все-таки, представляют из себя, например, спиновые стекла как физические объекты?

– Все просто и очень остроумно. Берется, например, трехкомпонентный состав АВС, в котором пара АВ представляет собой ферромагнетик, а пара ВС – антиферромагнетик. В ферромагнетике спины (элементарные магнитные моменты) стремятся «выстроиться» параллельно друг другу, а в антиферромагнетике – антипараллельно. Так вот, берется такая трехкомпонентная смесь и из расплавленного состояния резко замораживается до очень низких температур. Получается что-то вроде «стоп-кадра» – как будто атомам А, В и С, которые совершали беспорядочные движения в расплавленном состоянии, внезапно сказали «замри!» Вот это и есть спиновое стекло.

В этом «застывшем» состоянии магнитные моменты хорошо чувствуют окружение и каждый из них стремится сориентироваться так, чтобы ему было «поудобнее». Но как это сделать? Ведь в различных парах порядок «понимается» по-разному, в одних – параллельно, а в других антипараллельно. Так создается очень знакомая всем ситуация, когда все «хотят порядка», но мешают многочисленные «конфликты интересов». Оказывается, что в такой ситуации система начинает упорядочиваться нестандартным для физики способом. (Впрочем, вполне стандартным в обществе.) В системе появляются большие группы спинов – своеобразные спиновые кластеры, в которых устанавливается пусть несовершенный, но общий для всех «порядок», а в рамках этого общего порядка каждый спин «делает, что хочет». Затем, в каждом таком кластере появляются меньшие, но более упорядоченные спиновые кластеры. Теперь пове-

дение спина подчинено требованиям двух «властных» уровней – он должен учитывать интересы большого кластера спинов и интересы меньшего кластера, которые, кстати, могут быть различными. Наконец, в малых кластерах образуются меньшие кластеры еще более упорядоченной фазы, и так далее... Возникает иерархия вложенных друг в друга кластеров упорядоченной фазы спинового стекла.

Кстати говоря, именно то, что иерархия – естественный для биологического мира способ упорядочения – филогенетическое древо видов – ярчайший пример! – навело нас на мысль, что в сложных неупорядоченных системах, не зависимо от того, физические они или биологические, возникновение иерархического порядка подчинено общим законам. Это очень важно, потому что «подсмотреть», как протекала эволюция – нельзя, а понять общие закономерности формирования иерархических структур и их динамики изучая физические системы – можно. Такое обобщение типично для теоретической физики. С точки зрения физика, расплывание капли чернил в стакане воды и процесс биологической эволюции дарвиновского типа – за счет небольших мутаций и отбора – суть одно и то же. В основе описания и того и другого лежит общеизвестное уравнение диффузии, которое выражает концепцию случайного броуновского движения.

– Другими словами, физический прототип для биологической эволюции у вас есть...

– В определенном смысле, да. Мы изучаем и пытаемся описать динамику иерархических систем, которые представлены в природе очень широко.

– Тут, по-моему, возникает онтологический вопрос: что является пусковым механизмом такой иерархизации? Почему природа склоняется к такому поведению?

– На мой взгляд, у сложных систем просто нет другого способа оптимизировать свое состояние и поведение. Похоже, иерархия – это единственный способ «примирить» сложность и случайность.

– По-моему, это напоминает ту ситуацию, когда долго работаешь на компьютере и слишком много файлов скапливается на рабочем столе компьютера. И тут начинаешь создавать папки. Потом – папки в папках...

– Очень хороший пример! Даже при многоуровневой иерархии, вы почти не путаетесь и очень быстро находите нужные вам документы.

Вот тут мы подходим к интересной, на мой взгляд, мысли – можно ли таким же способом решать задачи экспоненциальной сложности? Распознавание образов, например, модели сознания...

– Проблема возникновения жизни, насколько я понимаю, как раз относится к задачам экспоненциальной сложности?

– Думаю, да.

– Тогда не могли бы вы более подробно рассказать об успехах вашей группы в поисках типа физической динамики, которыми вы занимаетесь?

– Нам удалось построить адекватный метод описания динамики иерархических систем. Оказалось, что динамика таких систем действительно подчиняется совершенно общим законам, не зависящим от природы самой системы. Это, конечно, серьезное достижение, потому что сконструировано уравнение, которого в физике не было и в основе которого лежат представления, совершенно необычные для физики. В итоге, мы получили новый инструмент исследования. Он оказался удивительно мощным. Например, те результаты, которые раньше мы получали путем прямого моделирования случайного иерархического процесса на мощных суперкомпьютерах в Германии, «загружая» их на несколько суток, сейчас мы получаем на персональном компьютере за несколько долей секунды, и не в Германии, а в Москве.

– Значит, уравнение созданное вами, приложимо к эволюции любых систем, устроенных иерархически?

– Возможно... возможно. Мы уже применили его к описанию движений белковой молекулы. Это знаменитая проблема, над которой работает немало теоретических и экспериментальных групп в мире. Динамика этой молекулы очень необычна и сложна. Ганс Фрауенфельдер, известный американский ученый, более 40 лет занимается этой проблемой, кстати, он был дружен с Виталием Иосифовичем – назвал динамику белка протеинотрясением (protein quake). Похоже на землетрясение – мощное потрясение, потом более слабое, еще более слабое... А потом, вдруг, опять сильная «встряска» и каскад более мелких – такая

иерархия возмущений, следующих каскадами одно за другим. А вот объяснить экспериментальные данные в рамках таких представлений никак не получалось. Мы как раз и научились описывать подобные процессы. Полученное нами уравнение имеет широкое поле самых разных приложений. В терминах иерархической динамики можно говорить о разных процессах – от старения полимеров и композитных материалов до возникновения видов, финансовой стратегии, устойчивости власти и общества.

– Что могут дать ваши подходы, если их переложить из чисто абстрактной области физики и математики в область биологии, например, в область гипотез о моменте возникновения жизни во Вселенной? Я попытаюсь провести такую аналогию. Существует гипотеза космологического Большого Взрыва. Но астрофизики утверждают: что было в точке сингулярности, в точке начала этого Большого Взрыва, мы не можем сказать – там не работают сегодняшние наши теоретические представления. Можно ли сказать: вы тоже не беретесь судить, что послужило началом биологической эволюции?

– Как раз наоборот. Именно в этом и заключается проблема возникновения феномена жизни. Если вопрос «А что было до рождения Вселенной?» лишен физического смысла (хотя это и может показаться странным), то вопрос «А что было во Вселенной до возникновения жизни» вовсе смысла не лишен. В рамках космологической теории Большого Взрыва можно описать, и это сделано, те этапы эволюции Вселенной, на которых жизнь, как молекулярный феномен, существовать не могла, скажем в адронную эру, когда Вселенная была очень горячей и очень плотной. Так что объяснять появление «биологической сингулярности» во Вселенной как-то нужно.

Я хотел бы заметить, что проблема возникновения жизни имеет место только в космологических теориях, подобных теории Большого Взрыва. Вопрос о возникновении жизни в бесконечной во времени и пространстве Вселенной лишен содержания: жизнь в такой Вселенной не возникает, она а priori есть. Находясь в такой Вселенной можно только задаваться вопросом о происхождении жизни где-то, на какой-то планете, например. И тут, кстати сказать, идея панспермии, ничем не хуже других. Но если мы принимаем концепцию Большого Взрыва,

то возникает совершенно особый вопрос, какова природа «биологической сингулярности», рождения феномена жизни во Вселенной. Тут идея панспермии очевидно бессодержательна.

Перед нами же – другая проблема: возникновение феномена жизни как такового. Кстати, в этом смысле я должен сказать, что времени существования жизни во Вселенной, около 20 миллиардов лет, не так много. Из них молекулярному миру, примерно, – 12 миллиардов лет. На Земле жизнь существует, порядка, четырех миллиардов лет. Значит, если мы предполагаем, что между первой биологической матрицей, залетевшей на Землю из глубокого космоса, и нынешней биосферой, включая человека, необходимо иметь около четырех миллиардов лет эволюции, тогда спрашивается: когда же возникла жизнь на той планете, откуда матрица? Таким образом, если принимать идею панспермии, то очень легко понять, что мы всего-навсего, второе поколение во Вселенной. И не более того.

Меня же больше всего интригует проблема конструирования новой физики для того, чтобы приблизиться к сложности биологических систем.

Вообще, мне представляется, что фундаментальная наука пока не вполне готова «превратить» вопрос о возникновении жизни в настоящую научную проблему – отсюда так много наивных картин и откровенных спекуляций. Но в этом невинном вопросе все-таки есть магическая сила. Его влияние на развитие фундаментальной науки и, в частности, физики, неоспоримо!

– Допустим, что вы нашли эту новую физическую динамику. Можем ли мы тогда говорить, что реально сконструировать искусственную матрицу жизни, или проблема биологической сингулярности остается пока нерешенной?

– Нет, пока рано говорить, что мы действительно понимаем природу тех процессов, которые привели к «биологической сингулярности». Процесс «выращивания» иерархической структуры в изначально беспорядочной, хаотической среде – это совершенно особый процесс, тоже, возможно, фундаментальный. Описывать такие процессы мы пока не умеем, но на успех надеемся.

Тут я хотел бы подчеркнуть вот что. «В фундаментальной науке большую часть жизни ученый тратит на постановку задачи» – так говорили и академик Гольдманский, и академик Влади-

миров. Заметьте, не на решение задачи, а на ее постановку, то есть на то, что, по существу, никого интересовать, с практической точки зрения, не может. Так вот – говоря о проблеме возникновения жизни – здесь мы очевидно находимся пока в стадии «постановки задачи».

– Не может ли сама эволюция оказаться грандиозной ошибкой природы? Ведь тогда и искать-то что-либо, – какую-то закономерность, динамику, – бесполезно.

– Я не думаю, что возникновение биологических систем это явление уникальное. Напротив, я думаю, что биологические системы – это просто способ существования сложных систем, реализованный, в частности, в том «материале» и так, как это мы видим на Земле.

– Допустим, мы уже имеем уравнение физической динамики, которое вы ищете. Если попытаться приложить эту динамику к биологическим системам: жизнь может принимать только те формы, которые мы наблюдаем на Земле?

– Фенотипически, если угодно, конечно, нет. Но все виды, в некотором смысле, «возникли сразу». То есть, то, что в ходе эволюции может возникнуть человек – это было, образно говоря, «предопределено» четыре миллиарда лет тому назад, или раньше, тогда, когда молекулярная эволюция на Земле, или где-то в иных пространствах Вселенной, привела к «биологической сингулярности» нашего типа.

– То есть, это было известно?

– В определенном смысле, да. Это не было реализовано сразу, и надо было подождать, пока в ходе биологической эволюции реализовался вид – гомо сапиенс. Но то, что такой вид «имелся» среди всех возможных – это было заложено уже в самой структуре «биологической сингулярности».

– Другими словами, если мы встретим когда-нибудь инопланетян, они будут похожи на нас...

– Нет, не обязательно. Нет оснований считать, что существует единственная «структура сингулярности», единственная форма жизни, которая могла реализоваться во Вселенной за последние 12-15 миллиардов лет. Но если мы у инопланетянина обнаружим, скажем, те же принципы кодировки наследственной информации, но при этом он будет абсолютно не похож на нас, то тогда можно предположить, что подобная «реализация»

не исключена и в ходе развития нашей, земной формы жизни. Как распознать другую форму жизни, что это вообще может быть такое? Помните, Океан в «Солярисе» Лема. Можно ли, встретив «такое» понять, что это – форма жизни? Это очень интересные и совсем даже не тривиальные вопросы.

Но кое что об общих особенностях эволюции иерархических систем можно сказать уже сейчас. Например, сложные иерархические системы в принципе не могут развиваться без «потрясений». В иерархических системах нельзя пройти «большие расстояния» двигаясь «малыми шагами». Образно говоря, каков «шаг» – на столько и «уйдешь». Другое дело, что если говорить о социальных системах, то эти «потрясения» не обязательно должны быть связаны с мировыми войнами, или иными катаклизмами, уносящими огромное число людских жизней. Научно-технические революции, например, в считанные годы преобразуют состояния огромных социумов, которые до этого существенно не менялись сотни лет.

Еще одно свойство. Более развитые, многоуровневые иерархические структуры более устойчивы к резким изменениям. То есть, образно говоря, «укрепление вертикали власти» противоречит устойчивости системы, устойчивости самой власти, как это ни парадоксально звучит. Конечно, в неразвитых обществах «жесткая вертикаль власти» – порой единственный механизм государственного управления. Но эта же «вертикаль» разрушает иерархическую структуру общества. В результате, если «жесткой властью» пользоваться непозволительно долго, то произойдет социальная катастрофа – скачкообразный переход в сильно неупорядоченное состояние и затем, иерархическая структура будет создаваться заново.

Похоже, да!? А это все лишь следствия иерархической динамики.

*Опубликовано в «Независимой газете»
11 июня 2002 г. под заголовком: «Какими мы будем.
Раскрытие тайн динамики иерархических систем
может приблизить решение загадки возникновения
жизни во Вселенной»*

Как была заселена Вселенная



Согласно данным Института научной информации (Филадельфия, США), доктор физико-математических наук **Владилен Степанович Летохов** – наиболее цитируемый российский ученый во всех областях науки за период с 1973 по 1988 годы. Он – автор более семисот статей и полутора десятков монографий по лазерной физике, спектроскопии, химии и биомедицине; активно преподает в самых престижных научных центрах США, Германии, Швеции, Франции. И это не случайно. Достаточно назвать всего лишь одну работу, которую Летохов, руководитель лаборатории лазерной спектроскопии Российской

академии наук (г. Троицк), выполнил со своими коллегами Виктором Балыкиным и Владимиром Миногиным, – «Лазерное охлаждение и пленение атомов»: впервые в мире им удалось с помощью луча лазера охладить атомы натрия до температуры 3,5 микроградуса Кельвина, то есть практически до абсолютного нуля.

Но в последние годы Владилен Степанович активно занимается проблемой, казалось бы, далекой от его области интересов, – возникновение жизни во Вселенной.

– Честно говоря, Владилен Степанович, когда мы с вами предварительно обговаривали тему этого интервью – о разумной жизни вне Солнечной системы, о происхождении жизни – я немного сомневался: вроде бы, не по адресу обращаюсь, к известному физико-оптику, а надо бы – к биологу. Но потом, вспомнил о нашумевшей в свое время брошюре нобелевского лауреата Эрвина Шрёдингера «Жизнь с точки зрения физика» и все сомнения отпали...

– Это вопрос, действительно, очень старый.

Великому итальянскому физико-энрико Ферми принадлежит высказывание, сформулированное им еще в 40-х годах прошлого века: «Если Они есть, то где же Они, почему не здесь!». Речь шла о представителях внеземного разума. С тех пор это высказывание получило название «парадокса Ферми».

Шведский великий химик Сванте Аррениус, – один из первых Нобелевских лауреатов – высказал в конце 19-го века идею панспермии: жизнь на Землю могла быть привнесена из космоса.

Потом эти идеи были забыты и пошлы, я считаю, весьма упрощенные идеи Опарина, Миллера, – о самозарождении молекул жизни на Земле. Это – примитивный взгляд людей, которые думают, что Земля – центр мира; это взгляд Птолемея, который полагал, что вся Вселенная крутится вокруг Земли.

– А чем вас так раздражает эксперимент Стенли Миллера? Ведь все было очень логично и красиво: герметичная колба, наполненная метаном, аммиаком, водородом, водяными парами; через эту смесь пропускали электрический разряд, имитирующий молнии; в итоге, на стенках колбы образовались простейшие аминокислоты – предвестники жизни.

– Ну и множество других веществ можно получить таким способом. Это – элементарные законы химической физики: да, углерод может соединяться с кислородом, азотом и т.д. В этом ничего особенно нет. Меня эксперимент Миллера, поставленный в 1953 году, не раздражает, но я считаю полученный результат весьма тривиальным. Он не дает никаких серьезных оснований заявить, что таким образом начиная с аминокислот могут появляться сложные организованные структуры, вплоть до ДНК. Никакой связи я здесь не вижу! А то, что в подходящем разряде могут образоваться двадцати- и тридцатиатомные молекулы – это тривиально. Например, в подобных условиях другой Нобелевский лауреат по химии Ричард Смолли открыл удивительные молекулы фуллерена из шестидесяти сферических симметрично упакованных атомов углерода. Даже в космическом пространстве методами радиоспектроскопии под руководством одного из основоположников квантовой электроники, Нобелевского лауреата Чарлза Таунса из Университета в Беркли, с которым мне довелось много встречаться, уже открыты достаточно сложные молекулы, даже более сложные, чем аминокислоты. Напомню, что российский ученый Виталий Гольданский изучал возможность протекания химических реакций с образованием сложных молекул в условиях космического холода, например, в материале комет, содержащих лед.

Наша планета – одна из ничтожных планет в Галактике, не говоря уже – во Вселенной. (А ведь размеры нашей Галактики, всего-навсего, несколько десятков тысяч световых лет.) Даже в пределах нашей галактики – 100 миллиардов звезд (1011)! Число планет, подходящих для возникновения жизни, конечно, очень велико. Но считать, что на каждой подходящей планете жизнь возникает самопроизвольно, изолированно, без связей с окружающим космосом, за исключением ближайшей звезды, дающей энергию планете, мне кажется, даже в философском смысле, – весьма примитивный подход. Я никогда не принимал его.

Я часто бываю в Гёттингене, в Институте биофизической химии, иностранным членом которого я был избран более десяти лет назад. Этот Институт был создан обществом Макса Планка (аналог АН СССР или РАН) сначала для развития идей Нобелевского лауреата по химии Манфреда Эйгена, и я встретился с ним. Эйген разработал интересные и логичные схемы

самозарождения жизни (Немецкий химик Манфред Эйген выдвинул теорию, согласно которой у органических молекул возникла способность к самовоспроизводству, благодаря присутствию в окружающей среде естественных минеральных ферментов (катализаторов). Упрощенно говоря – ген «обучался» на минеральной структуре – А.В.)... Может быть, он и прав в своей теории. Но не нужно все эти теории относить обязательно к Земле. Их нужно рассматривать как теории вообще. Но считать, что жизнь возникла на Земле изолированно от космоса... Это, по моему, не совсем логично.

– **А что логично?**

– Логичнее предположить, что она возникла где-то. Шанс, конечно, что жизнь зародилась на Земле, есть, но это ничтожный шанс. Но когда эти ничтожные шансы вы помножите на большое количество возможных мест возникновения, тогда это превращается в реальность. Но она не обязательно должна реализовываться на Земле совершенно самостоятельно, с самых первооснов. Представляется, что жизнь – это довольно распространенное явление в Галактике, не говоря уже о Вселенной и логично считать, что жизни на разных планетах могут (если не должны) быть как-то связаны между собой.

Тогда естественно возник еще в 60-е годы вопрос о поиске других цивилизаций с помощью техники, доступной нашей на мой взгляд, еще весьма технологически неразвитой, цивилизации. Сейчас, насколько мне известно, руководство компании «Майкрософт» выделило сто миллионов долларов на поддержку программы поиска сигналов от других цивилизаций с помощью радиотелескопов. На мой взгляд, это в корне ошибочный подход – искать радиосигналы от внеземных цивилизаций...

– **Кстати, это Билл Гейтс выделил деньги... А конгресс США еще в 1993 году прекратил финансирование программы SETI – поиска внеземных цивилизаций...**

– Думаю, что конгресс США поступил правильно. Тем не менее, в США, в рамках НАСА, сейчас открылся большой отдел астробиологии. (Последняя международная конференция по астробиологии собрала 6 тысяч человек!)

Мне представляется, что подход к поиску распространяемого внеземными цивилизациями радиосигнала, основанный на наших сегодняшних возможностях и знаниях непродукти-

вен, мы не должны исходить с позиций сегодняшнего дня нашей цивилизации. Мы должны встать на точку зрения тех существ во Вселенной, которые хотят дать знать о себе. А какая у них к этому может быть мотивация?

Если учесть, что всякая цивилизация имеет конечный период жизни (и человеческая в том числе), то можно предположить, что главная мотивация связана со стремлением сохранить и продолжить жизнь своего генетического материала, и своих знаний и опыта. Точно также, как мы передаем через свое потомство гены в будущие поколения. В этом смысле, земная цивилизация бессмертна, пока горит наша звезда – Солнце (или раньше не истощатся ресурсы Земли для жизни). Такой же подход был бы естественным и для тех существ, которые более развиты, чем мы.

Что даст им передача радиосигнала? Ничего. Это не продолжает их жизнь; эти электромагнитные сигналы рассеиваются и исчезают бесследно, они не самовоспроизводятся. Таким образом, для инопланетной цивилизации распространение радиосигнала – это работа впустую. Но главное – эта цивилизация никогда не получит ответа, потому что даже в пределах нашей небольшой Галактики для распространения сигнала нужны десятки тысяч лет. Вероятно, это – за пределами жизни цивилизаций.

Более естественным выглядит такой подход, который предусматривает, что инопланетяне, как и любое другое живое существо, стремятся продолжить свою жизнь и передать свои знания. Поэтому более естественным путем достижения этой цели – и это легко показать с помощью простых расчетов – является более информационно- и энергоэффективный путь, чем распространение радиосигнала...

– Этим вопросом много занимался известный советский астроном Иосиф Шкловский...

– Он и другие пионеры программы SETI рассматривали вариант приема и послышки электромагнитных волн в пространство. Но существам с других планет было бы более ценно – послать в окружающее пространство в пределах Галактики сотни тысяч тонн биомолекул; упрощенно говоря микрокапсул ДНК, которые содержат в себе всю информацию о том типе жизни, к которому они принадлежат.

– И вы утверждаете, что это даже энергетически более выгодно, чем распространение радиосигнала?

– Да, во много раз с точки зрения затрат энергии на передачу заданного количества информации. С обычной космической скоростью (десятки километров в секунду), а не с безумной световой скоростью, посылаемые микрокапсулы (споры, микроорганизмы, содержащие ДНК) распространятся в пределах нашей Галактики за разумное время в миллионы лет. Электромагнитный сигнал распространяется слишком быстро и содержит слишком мало информации, если говорить о нашей Галактике.

Конечно, с вероятностью порядка единицы, где-то на пути своего распространения эти микроорганизмы пропадут: будут захвачены гравитационным полем звезд и сгорят на них; часть из них разрушится при вспышках сверхновых звезд, но определенная доля их может попасть на планеты в более благоприятные условия типа земных.

– Или будут уничтожены жестким космическим излучением...

– Кстати, возможности погибнуть от космического излучения для таких спор сильно преувеличена. Разрушение связано с присутствием воды: под действием излучения из воды образуются свободные радикалы, которые и разрушают все живое. А если сухая спора... Почему таракан выдерживает гигантские дозы радиации? – Потому, что его организм, практически, лишен воды. Пока массивная космическая частица (протон, электрон) не ударит в ядро атома и не выбьет его из правильного места, то ничего разрушительного не произойдет. Однако вероятность столкновения с ядром атома в миллиарды раз меньше, чем с электронным облаком атома, которое мало чувствительно к таким столкновениям. Ведь поперечное сечение ядра на десять порядков меньше площади электронной оболочки атома. Поэтому вероятность, что частица непосредственно выбьет ядро атома, изменит генетическую структуру (мутация) – в миллиарды раз меньше, чем для живых клеток, дозы космического облучения могут быть очень большими.

Итак, в течение тысяч лет во всех направлениях распускается и в течение миллионов лет распространяется биосигнал – сотни тысяч тонн биоорганики. Это намного энергетически (я уже не говорю об информационной насыщенности) более выгодно,

чем посылать в течение миллионов лет супермощные радиосигналы. Посылка радиосигналов в течение десятков тысяч лет недостаточна, так как они за это время ускользают за пределы Галактики. Нужны миллионы лет, а это уже суперзатраты энергии.

Далее. Какое-то количество планет Галактики на пути этой волны биоматериала оказались пригодными для развития исходного биоматериала. Кстати, в этом случае разговор идет об антенне, имеющей в поперечнике размеры планеты, а не километровые размеры, используемые в радиотелескопах. Вся планета – это гигантская биоантенна.

Второе. Если планета оказалась подходящей, то биосигнал на ней не пропадет бесследно, как это произошло бы с радиосигналом. Попав в подходящие условия – первичный бульон, вода – называйте, как хотите! – этот «биосигнал» будет развиваться. Происходит усиление сигнала: планета не просто приняла сигнал, а стала его усиливать. И коэффициент усиления – сумасшедший! С какого-то количества счетного числа биоорганизмов – развились биллионы и биллионы. Начинает расцветать жизнь! И ее расцвет может идти по самым разнообразным вариантам.

В ДНК заложена колоссальная информация – 109 единиц генетического алфавита из четырех «букв» (нуклеотидов). Попробуйте, пересчитайте все возможные варианты сочетаний... Дальше, представьте себе, что инопланетная цивилизация послала такой биоматериал, который позволяет развиваться из него и простейшим формам жизни, и высшим, сохраняя при этом первичную посланную информацию.

Молекулярные генетики утверждают, что лишь около 5 процентов ДНК человека содержат некую полезную информацию.

– **Зачем тогда нужны остальные 95 процентов «молчащей» ДНК?**

– У меня такое интуитивное подозрение, что в этой «избыточной» части ДНК содержится та информация, которая и скрывает тайну происхождения жизни, включая полезную и необходимую для нашего дальнейшего развития информацию. С тем, чтобы достигнуть, по возможности их уровня развития и проделать те же самую операцию «посева» по распространению жизни в Галактике на следующие миллионы лет.

Допустим, что сценарий, о котором я рассказываю, имеет право на существование, хотя бы как научная гипотеза. Тогда получается, что человек, развивая методы молекулярной биологии, доберется до чтения генетического кода, доберется и прочтет, что записано на этих 95 процентах «избыточной» части ДНК. А может быть, там – та самая информация, которую хотела передать нам инопланетная цивилизация. Они нам передают свою жизнь. И главное – гарантированно: эта информация будет прочитана только теми существами, которые достигли высокого уровня развития. На других планетах, получивших «биоматериал», допустим, жизнь пошла другим путем и остановилась на уровне крокодилов. Крокодилам эта зашифрованная в ДНК информация и не нужна. У них вопрос о происхождении жизни не стоит.

Таким образом, в таком сценарии сразу решается ряд вопросов. Колоссальное количество информации могут получить только те, кто в ней нуждается. Однажды посеяв этот биоматериал, вы оставляете о себе след навсегда. И здесь, в отличие от сценария обмена радиосигналами между инопланетными цивилизациями, не нужна обратная связь: те, кто послал эту биоинформацию, уже исчезли, или могут исчезнуть. А вот этот двухсторонний обмен информацией между инопланетными цивилизациями, – они нам сообщат, мы им ответим, – по-моему, просто не соответствует чисто физическим реалиям.

– **Я понимаю, то, что вы сейчас рассказали – научная гипотеза, возможный сценарий. Но, все-таки, какие-то эмпирические предпосылки, пусть еще и смутные, лежат за этим?**

– В последние годы в этой области знаний происходят, если и не революционные, то очень крупные изменения.

Во-первых, оказывается, что существуют большое число планет и планетных систем. Бурно, в экспоненциальном порядке, растет число открытых планет в других звездных системах нашей Галактики. Во-вторых, все сейчас поняли, что разрушительный эффект жесткого космического излучения сильно преувеличен. Это сейчас обсуждается в серьезной научной литературе: на льдинках в хвостах комет и так далее, могут находиться «биомикрокапсулы», а не только органические молекулы. И, вообще, есть оценки – сколько тонн биовещества попадает на поверхность Земли из космоса ежегодно. Речь идет о

тоннах, правда нам уже не нужны. Конечно, не весь этот биоматериал связан с посылкой биоинформации от других цивилизаций. Большинство простых биоорганических молекул синтезируется в ультрахолодных условиях космоса, как это предполагал академик Виталий Гольданский.

Мне кажется, что один из важных следующих этапов исследований астробиологического характера – переход к использованию биологических инструментов вместо физических. Я имею в виду так называемые биочипы. Они в принципе способны оперативно расшифровывать (секвенировать) уловленную в космосе биоорганику. Именно эти приборы должны работать на орбите, улавливать, анализировать.

– **И все же, каково ваше решение «парадокса Ферми»?**

– Он спросил: «Где Они?» Они – в нас! В наших ДНК, в нас может быть «защита» эта информация, но мы пока не умеем прочесть и использовать ее. Мы еще не доросли до требуемого уровня развития. По существу, «Они» поставили очень хороший защитный барьер для использования информации раньше времени. Кстати, природа не поставила, к сожалению, такого барьера для реакции деления урана – 235.

– **Тут волей неволей возникает вопрос, касающийся связи обсуждаемой проблемы с религией.**

– Связь, мне кажется, есть и возможно весьма глубокая. Хотя я сам и не атеист, и не верующий, я считаю, что одна из положительных функций религии – формулирование ряда моральных правил (а отнюдь не «опиума для народа»), очень важных для человечества. Меня очень заинтриговали, например, слова в так называемых Кумранских свитках – самых древних из известных сегодня, письменных документах, содержащих изречения Христа. Я имею в виду не учение Христа, изложенное в каноническом Евангелии, а утверждения в «Евангелии от Фомы», в котором исследователи усматривают «истинное учение Иисуса». Когда я стал внимательно читать – я отнюдь не претендую на их полное понимание, так как я не специалист – некоторые из них мне показались далеко не бессмысленными с научной точки зрения, по крайней мере, в рамках предлагаемого сценария.

– **Например?**

– Например, когда Христос говорит: всё в нас, познай себя, то есть говорит о самопознании человека как о пути к спасе-

нию. В этом большой смысл. Это не противоречит тому, что, действительно, в нас уже заложена вся информация о... Дальше я не хочу продвигаться в область спекуляций.

– **Но я, как научный журналист, могу себе это позволить. Допустим, что был такой импульс от другой цивилизации – разослан биологический материал по всей галактике. Но почему бы в этом случае не предположить и реальность некоего Инспектора, который был послан проследить, насколько это было возможно, за тем, куда попала хотя бы часть этого биоматериала, какова его судьба. И это, кстати, можно легко связать и с некоторыми религиозными догматами и апокрифами.**

– Повторяю, я в этой области не специалист. Но, действительно, недавно я прочел несколько книг, в которых рассматриваются такие возможности, правда, чисто литературно. Какая-то логика за этим есть. Почему бы, не рассматривать даже такие сценарии с «инспекцией», «коррекцией» и т.д. По крайней мере, это гораздо интереснее книг и фильмов о звездных войнах между внеземными цивилизациями.

Я вообще с уважением отношусь к той точке зрения, которая развивалась русскими философами (русский космизм) Василием Розановым, например, а позднее – Александром Чижевским, о том, что жизнь на Земле связана со Вселенной гораздо более сильно, чем мы предполагаем. Человечество еще очень мало знает об этом. Меня, например, очень интересует такой факт, тонко замеченный Чижевским: эффекты солнечного 11-летнего периодического цикла начинают проявляться на людях на один месяц раньше, чем на природных явлениях на Земле.

Или другой интересный факт: самая яркая и массивная звезда нашей Галактики Эта Карина (в миллионы раз ярче и массивней Солнца), имеет периодический цикл 5,5 лет, который кратен периодическому циклу Солнца. В то же время известно, что в слабо, но не линейно взаимодействующих колебательных системах происходит деление частот колебаний, то есть удвоение периода колебаний. Какая может быть связь между обычной звездой (Солнцем) и сверхзвездой Эта Карина, находящейся от Солнца на расстоянии 7 тысяч световых лет? Над этим следует задуматься!

Один из недавних выпусков журнала «Биофизика» был целиком посвящен влиянию космофизических факторов перио-

дического характера на макроскопические флуктуации самых разных явлений на Земле. Традиционная, консервативная наука (здоровый консерватизм является важнейшей чертой существования самой науки) должна отнестись к этим явлениям вполне серьезно. Я вам приведу пример – открытие знаменитым математиком Бенуа Мандельбротом фракталов. Он же начинал с работы, в которой анализировал колебание цен на хлопок за полтора столетия. И в этом хаосе цен, в разных шкалах времени, он нашел повторение случайностей. В конце концов, это привело его к гораздо более глубокому пониманию хаоса, к созданию фрактальной геометрии. Я бы только пожелал всем, кто занимается влиянием космофизических факторов на земные явления, применить гораздо более глубокие методы математической обработки хаоса, чем обычно используются. Это тот предмет исследований, который должен поддерживаться академической наукой и другими источниками финансирования. Тем более, что такие исследования не требуют больших затрат.

– Допустим, что с некоторой вероятностью сценарий, о котором вы говорите, реален. Но те, кто разослал биоматериал по галактике, – они то откуда взялись?

– Лауреат Нобелевской премии по биологии и медицине Кристиан Де Дюв написал замечательную книгу, она, к сожалению, на русский еще не переведена, «Жизнь как космический императив». Его точка зрения такова: устройством самой природы предписано возникновение жизни.

Еще одно доказательство того, что жизнь на Землю была привнесена из космоса. Последние исследования показали, что жизнь возникла, практически, сразу же, как только появились необходимые условия. Все научные данные сегодня говорят об этом. Тридцать лет назад это было еще совсем не так.

– Возраст гена (оценивается в 3,8 миллиарда лет) и геологический возраст образования Земли (около 4,6 миллиарда лет), практически, совпадают...

– Да-да... Это очень важный момент. Все сейчас сводится к тому, что, похоже, наука придет к другому пониманию механизма происхождения жизни на Земле. Дальше можно говорить о тех условиях, которые описывает Манфред Эйген. Но не обязательно по отношению к Земле; по отношению к Земле это маловероятно. Однако вопрос такой стоит. Просто мы его переносим

сим в более широкую сферу: действительно, где-то жизнь должна была самозародиться.

– Если эту мысль продолжить, то почему бы не предположить, что существует (существовало) несколько или, даже, несчетное количество, центров самозарождения жизни?

– Ну, оно, может быть, и счетное. Но, во всяком случае, это непротиворечивое предположение.

– Недаром Нобелевский лауреат, один из первооткрывателей двойной спирали ДНК, Фрэнсис Крик в своей книге «Сама жизнь» написал: «Происхождение жизни кажется почти чудом, так много условий надо выполнить, чтобы она возникла».

– С этим можно только согласиться. Достаточно посмотреть на человеческое тело глазами физика и представить себе, что оно содержит в себе взаимосвязанные структуры с размером от нанометров (аминокислоты, нуклеотиды) до десятков метров (кишечник, например); разница – девять порядков величины. Такая степень разнообразия биологических систем поражает сама по себе! Но, мало того, все они интегрированы между собой, работают слаженно в течение десятков лет и затем производят потомство. Это – фантастика!

Сейчас передовой край исследований – нанотехнологии. Мы стремимся увеличить степень миниатюризации, прежде всего, электронных структур и элементов. Скоро мы достигнем в этом физического предела. Будут созданы устройства, порядка, нанометров – чисто флуктуационные эффекты на уровне атомов, вероятно, не позволят двигаться дальше при комнатных температурах. Для компьютеров это очень важно. Но стоит ли за этим возможность создания устройств очень высокого уровня сложности? Это далеко не очевидно.

Дело в том, что это надо уметь адресно обращаться к каждому наноэлементу. Тут-то и возникает проблема интегрируемости наноэлементов. Адресно обращаться к миллиардам микро- и наноэлементов (человеческий организм содержит 1014 клеток) – это весьма не просто. Эта проблема только начинает обсуждаться. А вот в живом организме она решена более чем успешно. Мне представляется, что какие-то решения будут найдены на пути исследования программируемых самосборок сложных молекул. Эта область исследований является предме-

том нового зарождающегося направления в химии, называемого «супрамолекулярной химией».

– Это, действительно, поразительно. Одно только устройство и функционирование мозга человека (10 миллиардов клеток) – чего стоит! Но интуитивно я сильно сомневаюсь, что эту сложность кто-то придумал и заложил в человеческий организм. Мне кажется, что эта сложность – результат действия объективных (и познаваемых следовательно) физических законов, самоорганизации. Тут, мне кажется, не было Третьего, не было Наблюдателя со стороны.

– Да, я тоже думаю, что нам нет необходимости прибегать к концепции, что есть кто-то «Третий», как вы выразились. Мы можем верить в то, что эту сложность создал Бог, но нет необходимости прибегать к этой гипотезе. Сейчас мы вправе думать, что законы самоорганизации сложных систем в подходящих условиях привели к рождению жизни во Вселенной как к космическому императиву. Но в то же время нет необходимости считать, что это произошло на Земле само собой. Мне представляется, что это произошло с гораздо большей вероятностью где-то, а затем было перенесено на Землю, например, в рамках предлагаемого мною сценария. В этом я понимаю как физик смысл того, что называют «Божественным актом».

*Опубликовано в «Независимой газете»
9 февраля 2002 г.*

Саморазвивающаяся инструкция



«Подобно созревшему плоду, человек отрывается от древа жизни. Он более не питается ее соками. Он отчуждается от жизни с ее законами эволюции. Ни одно живое существо не может выжить вне живой природы. Кроме человека. Он может уничтожить все живое и продолжать существовать <...>. Если он еще не достиг этого состояния сейчас, то, во всяком случае, приближается к нему. С этого момента существование жизни

на Земле перестает быть условием его собственного существования <...>. Технические устройства, выполняющие функции, и технические устройства, несущие информацию, срачиваются с биологическими носителями функций и информации, замещают их и, в конечном счете, могут заменить вполне».

Согласитесь, подобная динамическая генерация сюжета могла бы запросто быть взята из какого-нибудь фантастического триллера а-ля «Терминатор». Однако, в данном случае, – это отрывок из очень серьезной и глубокой книги президента Международной ассоциации геохимии и космохимии, директора Института геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, академика **Эрика Михайловича Галимова**. Название книги интригует не меньше, чем ее содержание: «Фе-

номен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции» (М.: Едиториал УРСС, 2001 г.). Пожалуй, с 1957 года, когда вышла книга академика Александра Опарина «Происхождение жизни», ничего подобного у нас в стране на данную тему не издавалось. Сейчас академик Галимов обдумывает возможные эксперименты, которые могли бы подтвердить (или опровергнуть) выдвигаемую им концепцию комбинаторной эволюции («Эволюция состоит, скорее, в составлении новых комбинаций с участием данного «строительного» блока, чем в умножении альтернативных решений для выполнения той же функции»); варианты компьютерного моделирования возникновения молекулы №1 в эволюционной цепочке (у Галимова это – аденозинтрифосфат, АТФ)... Итак, куда же клонит эволюционная линия жизни.

– Знаете, Эрик Михайлович, какое чувство я испытал после прочтения вашей книги? Во-первых, честно скажу, – засало под ложечкой от смертельной тоски, от безысходности. Ну, действительно: «Эволюция информации более не нуждается в жизни с ее медленным механизмом эволюции. Биосфера передала палочку эволюции антропогенному миру». Или: «...следующей ступенью развития технологической цивилизации будет устранение биологических функций человека. Нетрудно предвидеть возможность радикального изменения механизма питания и деторождения, последовательной замены биогенных органов техногенными, постепенное возникновение биотехногенного гибрида»; «Можно предположить, что биосфера, породив цивилизацию, подошла к границам своей устойчивости»... Но второе было радостное чувство – я, слава богу, не доживу до этих светлых времен!

Неужели все действительно предрешено, и законы термодинамики неумолимо работают именно в этом направлении?

– Вообще, книга не об этом. Она не о смерти, а о рождении. О происхождении жизни. Меня более всего интересовал механизм возникновения жизни и ее эволюции. В основе современных представлений лежит дарвиновское учение. Но дарвинизм не объясняет многие стороны биологической эволюции и не помогает решить проблему происхождения жизни. Нужен поиск других путей. Я не хотел бы говорить о содержании моей

концепции. Думаю, что ученому не следует обращаться к прессе, к широкой публике, пока его научные представления не прошли испытания в профессиональной научной среде.

– Но вы излагаете их не по своей инициативе. Вы отвечаете на вопросы, которые возникли у меня как у читателя.

– Что касается фрагмента, с которого вы начали, то все имеет свое начало и конец; и отдельный организм, и поколения, и биосфера в целом. Повторяющиеся процессы, которые воспроизводятся не совсем подобным образом (это называется нелинейностью), неизбежно переходят в хаос. Биологические процессы итеративны. Это достаточно очевидно. В организмах одни и те же процессы повторяются от раза к разу. Сами организмы репродуцируются от поколения к поколению.

Если итеративная система нелинейна – она воспроизводится с искажениями. Искажения накапливаются и приводят систему в какой-то момент к хаосу, то есть, к концу порядка. Я, как раз, утверждаю, что биохимические процессы существенно линейны (протекают недалеко от равновесия). Это – важная часть моего понимания биологической эволюции. Но линейность сама по себе – идеализация. Полностью линейных, также как и полностью равновесных, процессов не существует: они все, в какой-то степени нелинейны и потому конечны.

– Но мы можем говорить о линейности, на каком-то выбранном отрезке...

– Да, вот именно. Жизнь заключена в узкие рамки между равновесием и нелинейностью. Равновесие – это прекращение процессов, следовательно – смерть. Нелинейность тоже ведет к гибели. Поэтому жизнь – это непрерывная борьба с переходом к равновесию, а длительность жизни определяется мерой ее линейности.

– В чем это проявляется?

– В том, например, что мы с вами имеем ограниченное во времени, запрограммированное, по сути дела, совокупностью физиологических процессов в нашем организме, существование. В среднем, человеческая жизнь завершается где-то между 80 и 90 годами. В этом интервале начинается лавинный переход в область хаоса. Это результат известной нелинейности суммы тех процессов, которые присущи нашему организму. Возможны отклонения, можно разными путями отсчитать этот мо-

мент, но, в конечном счете, никуда от этого не денешься, хаос – это то, чем заканчивается жизнь.

Если говорить в целом о биосфере, то она подчиняется тем же законам.

– Есть ли у нас способ определить, на какой стадии, в каком временном интервале находится эта система – биосфера?

– Качественно такую оценку можно сделать.

В конце 70-х годов Фейнгенбаум доказал удивительную теорему об универсальности пути перехода некоторого класса нелинейных систем к хаотическому поведению. Эволюция таких систем сопровождается бифуркациями (то есть, проходит через точки разветвления). Причем, относительное время между бифуркациями сокращается пропорционально коэффициенту, получившему название числа Фейнгейнбаума. Оно равно приблизительно 4,6642.

Если качественно этот способ применить к сегодняшней биосфере, то получается, что мы очень близко подошли к области хаоса, то есть наша биосфера очень старая. В масштабе человеческой жизни ей – лет 70. Правда, 70-летний человек не знает, когда с ним это произойдет: может он до 100 лет проживет, а может – 71-й год станет роковым... Вот и мы не знаем, как обстоит дело в отношении биосферы. Но то, что в результате появления человека, появляется нарастающая частота бифуркаций, свидетельствует о том, что мы близки к фазе, за которой следует хаос.

– А что является в данном случае аналогом биологических бифуркаций?

– Бифуркации в биологической эволюции можно связать с видообразованием – с расщеплением генетической линии на ветке филогенетического древа живых видов. Создание человеком устройств, с принципиально новыми свойствами, аналогично видообразованию. Но, если биологическое видообразование укладывается в масштабе геологического времени, то создание летательных аппаратов, возникновение радио и телевидения, персональных компьютеров и систем искусственного интеллекта, генная инженерия и клонирование – это уже события, укладываемые в масштаб десятилетий.

Есть и другие косвенные свидетельства приближения антропогенного мира к хаосу. Скажем, мы не наблюдаем в космосе

иных цивилизаций. А ведь жизнь, вообще говоря, должна быть не таким уж и редким явлением и где-то она должна достигать стадии цивилизации. Но все наши попытки проводить в последние 40 лет мониторинг осмысленных сигналов из космоса – пока безрезультатны. Объяснение, скорее всего, состоит в том, что цивилизации, возможно, возникают, но живут очень короткое время, так что одновременно с нами в окрестной вселенной существует очень мало цивилизаций, если вообще существуют.

– Вы выдвигаете свою концепцию эволюции – комбинаторная эволюция. Ваша идея, насколько я понял, состоит в том, что возникает некая элементарная стационарная неравновесная ячейка, результатом функционирования которой становится производство низкоэнтропийного продукта, то есть более упорядоченного продукта. Как вы считаете: само возникновение такой химической ячейки – это случайный процесс или это предопределено законами физического мира?

– Мир движется в сторону беспорядка – это определяет второй закон термодинамики. Вместе с тем существование жизни доказывает, что на этом фоне возможно движение в сторону увеличения порядка.

Упорядочение – это не что иное, как ограничение свободы. Мерой беспорядка, – если хотите, мерой свободы, – является энтропия. Увеличение порядка это – ограничение свободы. На языке термодинамики это уменьшение энтропии, на языке теории информации – увеличение информации. Эволюция жизни связана с возрастанием упорядочения, то есть все новых и новых ограничений в свободе взаимодействий. Описание такого естественного механизма я и ставил своей задачей, механизма, который в рамках известных законов, безо всякого их нарушения, прокладывает дорогу порядку навстречу миру, движущемуся в сторону хаоса. Иначе говоря, речь идет о вполне закономерном процессе, присущем природе, но возникающем при сочетании определенных условий. Я пытаюсь их указать.

– Вы даже называете аденозинтрифосфат (АТФ) молекулой №1 в биологической эволюции. Почему, ведь претендентов много?

– АТФ идеально отвечает условиям работы «машины упорядочения». Помимо того, что он снабжает стационарную систему энергией (это могут и другие соединения), гидролиз АТФ

обеспечивает вынос избытка энтропии и, самое главное, гидролиз АТФ (то есть процесс, идущий с поглощением молекулы воды) идеально химически сопряжен с процессами усложнения органических соединений, почти всегда идущих с выделением молекулы воды. Это главное условие диспропорционирования энтропии, – акта сопровождающего упорядочение.

Аденозинтрифосфат, казалось бы, довольно сложное соединение, состоящее из трех частей: нуклеинового основания, рибозы и фосфатной цепочки. Но оно возникает из простых предшественников: цианистого водорода и формальдегида, вполне доступных на ранней, еще безжизненной Земле. Химически АТФ – это нуклеотид. Поразительно, что наша главная молекула ДНК представляет цепь нуклеотидов, то есть структур типа АТФ. Эта структура входит в состав многих коферментов и других важнейших биологических соединений, то есть – это важнейший строительный блок живого вещества, унаследованный от добиологического периода.

– Кстати, академик Виталий Гольданский показал в свое время, что в условиях космоса могут самозарождаться биологические молекулы...

– Идея Виталия Иосифовича состояла в следующем. Он говорил о том, что в глубоком космосе, при температуре близкой к абсолютному нулю («минус» 273оС), энтропия, в принципе, равна нулю. То есть, термодинамически, – это почти абсолютный порядок, поэтому второй закон термодинамики не является препятствием к упорядочиванию, в частности к синтезу органических соединений. Но это не путь эволюции.

Огромная гамма органических соединений возникает вне эволюционной линии жизни, включая аминокислоты, альдегиды, нуклеиновые основания... То есть, до некоторой степени организационной сложности мир не требует какого-то особого механизма эволюции. Случайное образование глицина, например, с высокой вероятностью возможно. А вот случайное образование даже короткого белка и его последующее воспроизведение – это крайне маловероятная вещь. Здесь-то и должен начать работать некий механизм, который позволит получить эти соединения.

Тот механизм, о котором я говорю, начинается на уровне такой довольно сложной молекулы, как АТФ, сложной, но синтезируемой абиогенно. С этого момента, фактически, неотвраща-

тимо включается механизм биологической эволюции. Хотя, конечно, тут есть одна тонкость.

– Это касается первичного синтеза АТФ?

– Да, есть одна сложность в образовании АТФ, которая не так просто преодолевается. Аденин – одна из составляющих АТФ – образуется простым путем полимеризации цианистого водорода. Рибоза, которая составляет другую часть АТФ, образуется полимеризацией формальдегида. Это тоже не экзотика. Но, оказывается, если цианистый водород и формальдегид «перемешаны», то они прореагируют с образованием совсем другого соединения, циангидрина. Из циангидрина возникают аминокислоты и гидроксикислоты, но не аденин или рибоза. Интересно, что в некоторых метеоритах (углистых хондритах), доминируют, как раз эти вещества – аминокислоты и гидроксикислоты, но там практически нет нуклеиновых оснований и сахаров – предшественников АТФ. Для того, чтобы возник АТФ аденин и рибоза должны синтезироваться отдельно: аденин в восстановленной атмосфере из цианистого водорода, а рибоза – из формальдегида в водном бассейне. И вот уже после этого, готовенькие, они соединяются в АТФ. Эти условия не могли возникнуть на небольших космических телах астероидного размера, фрагментами которых являются углистые хондриты. А вот на Земле, или любой другой планете, которая начинает свою жизнь с восстановленной атмосферы, и на которой есть водные бассейны, там АТФ возникает. Следовательно, жизнь возможна лишь на планетах и при определенном сочетании условий.

– Затем включается итерационный механизм, который обеспечивает масштабный переход: от микроскопического упорядочения к макроскопическому...

– Да, это важно. Итерация в биологических системах и в биологической эволюции играет всеохватывающую роль. Смена поколений в ходе эволюции вида, размножение организмов, – представляют собой итеративные явления. Репликация и автокатализ являются частным случаем итерации. Для того, чтобы жизнь эволюционировала должны идти рука об руку два важных процесса: упорядочивание и итерация. Упорядочивание, то есть ограничение свободы взаимодействий, осуществимы через биосинтез катализаторов. Катализатор фиксирует опреде-

ленный путь прохождения реакции. В современных организмах катализаторами являются белки-ферменты.

Строго определенный характер химических процессов в организмах определяется специфическим действием белков. Это – результат длительной эволюции. Но даже короткие цепочки аминокислот (пептиды) способны к каталитическому действию. Однако аминокислотные последовательности почти совершенно не способны к репликации, то есть к прямому автокатализу. В отличие от пептидов, цепочки нуклеотидов обнаруживают замечательную способность к саморепликации, но они довольно плохие катализаторы.

Таким образом, с самом начале биологической эволюции, возникло противоречие между возможностью эффективного производства микроскопического упорядочения через синтез катализаторов (полипептидов) и невозможностью трансформации микроскопического упорядочения в массовое макроскопическое явление путем их прямого автокатализа (репликации).

Природа нашла путь разрешения этой коллизии в создании опосредствованного автокатализа полипептидов через промежуточную структуру, способную к репликации, – полинуклеотид, путем установления соответствия между элементами полипептидов (аминокислотами) и полинуклеотидов (набором нуклеиновых оснований). Это соответствие известно как генетический код. Эволюция должна была пройти через узкое горлышко создания генетического кода. Компьютерное воспроизведение генетического кода, исходя из общих принципов, можно было бы рассматривать как решение задачи происхождения жизни.

– Вы в самом начале книги пишете: «...моя позиция отличается от позиций недарвинистов и антидарвинистов. Я считаю дарвинизм правильной теорией, но <...> недостаточной для объяснения происхождения жизни и ее эволюционного усложнения». Тем не менее, на протяжении всей книги вы акkuratно, по пунктам, последовательно и очень логично опровергаете основные постулаты дарвинизма: естественный отбор, конкуренция и т.д. В дарвинизме, например, роль мутаций трудно переоценить, это – движущая сила эволюции по Дарвину. Вы же пишете, что мутации – это, скорее, адаптационный механизм. И так далее, я мог бы привести много примеров. Так, все-таки, вы опровергаете дарвинизм?

– Дарвинизм занимает свое место. Он хорош как теория адаптации. Собственно, все иллюстрации, которые приводил Дарвин, относятся к адаптации, в конечном счете. Но он не является общей теорией упорядочения. Поэтому из него нельзя вывести механизм возникновения жизни, также как нельзя экстраполировать в сторону антропогенного мира, в частности, небиологического упорядочения материи.

– А естественный отбор?

– Естественный отбор – обязательный элемент дарвиновской эволюции. Селективное преимущество, приобретенное в результате случайного изменения (мутации), должно быть обязательно фенотипически (внешне) выражено. Упорядочение же является объективным самодостаточным процессом. Оно не требует проверки естественным отбором. Это разрешает одну из главных трудностей эволюции: наличие таких промежуточных изменений, которые сами по себе не дают преимущества (не являются фенотипически полезными).

Естественный отбор – нейтрален по отношению к деградации или упорядочиванию. Биологическая эволюция совершается как результат двух противоположных тенденций в эволюции материи. Первая состоит в усложнении организации, когда возникают и эволюционируют низкоэнтропийные структуры. Это – восходящая линия эволюции. Одновременно и неизбежно действует тенденция к разупорядочению, равномерному распределению, деградации (в которой более устойчивые компоненты обнаруживают селективное преимущество), то есть тенденция к увеличению энтропии. Это – нисходящая линия эволюции. Она не может привести к более высокоорганизованным формам. Но она также формирует лик биоты. Расширение биологического разнообразия, адаптация к внешней среде и естественный отбор связаны главным образом с этой стороной эволюции.

Жизнь и ее эволюция – это сочетание двух противоборствующих начал: стремление к свободе и к ограничению ее. В неживой природе стремление к свободе доминирует. Жизнь, принципиально связана с ограничением свободы.

– Комбинаторная эволюция не требует элиминирования предшественника. То есть, могут одновременно существовать разного уровня организации процессы, организмы и т.д. В итоге, вы приходите к выводу, что существует некий общий

генетический пул, из которого природа, как из кубиков создает жизнь, организмы. Но, по моему, если это принять, неминуемо мы приходим к тому, что этот общий генетический пул должен был образоваться, по геологическим меркам, почти мгновенно.

– Наиболее экономичный путь упорядочения – это комбинирование уже имеющихся форм упорядочения. На уровне генов это означает генный обмен в масштабах биосферы. Должен существовать механизм переноса генов и их адаптации.

Здесь можно провести аналогию с возникновением письменного текста из набора букв. И такие компьютерные эксперименты проводились. Сначала мы имеем алфавит. Потом, после наложения некоторых совсем простых ограничений на сочетаемость этих букв, у вас появляются блоки из двух слов, из пяти. Потом эти слова собираются во фразу.

Письменный текст, вообще, оказался хорошей моделью для эволюционных процессов. Это дает возможность определить смысловую наполненность: человек легко воспринимает такую аналогию. Вместо того, чтобы говорить об отрицательной энтропии, говорят есть смысл или нет смысла в слове. А это и есть аналог порядка.

Модель комбинаторной эволюции предполагает возможность сопряжения чужеродных генных наборов.

Действительно, по мере расшифровки генетического кода разных организмов, все в большей мере становится очевидным, что одни и те же гены и их последовательности встречаются у организмов, относящихся к разным ветвям филогенетического древа, т.е. существует горизонтальный перенос генов. Он долгое время отрицался потому, что плохо совместим с дарвинизмом.

– **«Эволюционирует то, что уже есть... <происходит> отбор слова имеющего смысл». Но, что такое «смысл» применительно к биологической эволюции? Как только мы наделяем, даже в метафорическом плане, биологическую эволюцию «смыслом», с необходимостью возникает тот, кого называют «Дизайнер». То есть, мы опять приходим к концепции креационизма.**

– «Эволюционирует то, что есть» означает, что в процессе эволюции не происходит тотальный перебор всех возможных

решений. Комбинируется то, что к данному моменту возникло. Это значит, что какие-то возможности оказались упущены, какие-то свойства, структуры или виды организмов, которые в принципе могли бы быть, не состоялись.

Что же касается понятия «смысл» то оно имеет, я бы сказал, чисто подсобное значение. Пример с текстом, который я приво-дил, это всего лишь иллюстрация: смысл – некий аналог низко-энтропийного продукта. Но не более того. Но вообще, как ни странно между «креационизмом» и абсолютно материалистиче-ской системой взглядов, излагаемых мною, есть то общее, что и в том и в другом случае утверждается объективная природа упорядочения.

Я утверждаю лишь, что упорядочение вызвано не божьим промыслом, а присуще определенному классу природных про-цессов. Иллюстрации к тому и другому иногда оказываются об-щими. Понятие «Дизайнер» просто совпадает с понятием «Природа» с ее законами.

– **У английского биолога Ричарда Докинза ген наделяется собственной волей...**

– Действительно у Докинза есть понятие «эгоистичный ген». Гены хотят размножаться, вообще имеют намерения. Аме-риканский биолог Э. Лей идет еще дальше, предполагая нали-чие некоего «парламента», в котором, несмотря на фракцию эго-истичных генов, большинство принадлежит кооперативным генам.

За этими рассуждениями уходит из поля зрения тот про-стой факт, что гены это просто – органические молекулы и ни-чем кроме обычных физико-химических свойств не обладают. Они не могут иметь цели, их поведение не может быть наделе-но смыслом. Эволюция – это просто последовательное ограни-чение степеней свободы. Сами ограничения случайны. Но вся-кое ограничение – это и есть упорядочивание. Поставили све-тофор, ограничили движение – на дороге возникает порядок. Причем, если у вас только красный и зеленый цвет сигналов, порядка будет меньше, чем, если вы добавите еще и желтый. И так далее. Как только вы начинаете ограничивать свободу – воз-никает порядок, энтропия уменьшается. Это и есть упорядочи-вание. И больше ничего не требуется от той химической реак-ции, которая ведет в сторону упорядочивания.

– У вас – система, «включающая в комплексе энергогенерирующую систему, протеин-синтезирующую систему и аппарат репликации можно уже рассматривать как элементарный организм». С другой стороны, сейчас идут достаточно бурные споры о том, что считать организмом, с какой стадии эволюции биологического мира начинается жизнь. Например, советский микробиолог Г.А. Надсон, говоря о вирусах, дал им такое определение: вирус – это то ли вещество, обладающее свойствами существа, то ли существо со свойствами вещества. А академик Георгий Заварзин говорит о целостной самоорганизующейся системе, наподобие живой клетки. Так с какой же стадии начинается жизнь?

– Клетка подпадает, а вирус не подпадает под мое определение, которое вы процитировали. У меня там, правда, в этой фразе имеется продолжение, «чтобы подобная система существовала как единое целое необходимо ее пространственное обособление. Таким образом, организм начинается с клетки». Но я подчеркнул бы другое. Не следует и бесполезно определять жизнь через свойства организма.

Если вы посмотрите литературу, то увидите, как много людей пытались определить, что такое живой организм, как отличить живой организм от чего-то другого! Мне вот, например, очень нравится емкое определение живого, которое принадлежит Джакобу. Он определяет живое как некое место (site), где сочетаются потоки вещества, энергии и информации. Но даже здесь, если подумать, окажется, что магнитофон, например, полностью отвечает этим условиям. Определить, что такое живое через свойства организма оказывается практически невозможно.

Все дело в том, что жизнь и живой организм – это очень разные вещи вообще. Жизнь – это определенный способ эволюции вещества и только. Организм – продукт этого типа эволюции – некая сущность, построенная и действующая согласно самоэволюционирующей инструкции. Жизнь, как явление, нужно выводить не из свойств живого организма. Тогда мы сразу увидим, что в понятие жизни войдут и наши города, построенные из камня.

– Возникновение городов – это типично низкоэнтропийный процесс...

– Конечно! Чем город отличается от улитки, которая тоже строит вокруг себя кальцитовую раковину? Мы тоже строим здания – все то же самое. То есть, это способ организации среды, способ упорядочивания в соответствии с развивающейся инструкцией. Развитие этой инструкции началось 4,5 миллиарда лет назад. К сегодняшнему дню эта инструкция достигла изумительной информационной мощности, которая позволяет вовлекать в упорядочивание огромные массы вещества. И, зачастую, уже не нуждается в биологическом материале.

С человеком возник новый тип инструкций. Инструкции теперь не обязательно связаны с ДНК – мы нашли другие типы инструкций: язык, письменность... Все это – другой канал инструкций. Причем, канал гораздо более эффективный. Скажем, если развитие ДНК заняло около 4-х миллиардов лет, то с возникновением письменности мы получили возможность практически мгновенно передавать опыт. Он становится уже в онтогенезе, чего нельзя сделать в биологической эволюции – мы не можем какие-то наши личные изменения передать через ДНК, они передаются другим путем.

Почему все так убыстряется? Почему бифуркации начали быстро нарастать? Потому, что появился новый канал передачи информации, который в огромной степени убыстряет вовлечение среды в этот процесс упорядочивания.

– Как бы вы могли прокомментировать с этих позиций определение жизни, которое дали в одном из своих романов братья Стругацкие: «Жизнь – это болезнь материи, а разум – это болезнь жизни»?

– Это определение, хотя и образное, но вполне традиционное. Если нормой считать развитие материи в соответствии со вторым законом термодинамики, то жизнь представляется патологией. Но по мне жизнь – это путь созидания в мире деградирующей материи, или, если угодно, – здоровое начало в болезни мира.

Опубликовано в «Независимой газете»
22 мая 2002 г. под заголовком: «Эволюцию направляет саморазвивающаяся инструкция»

Технические формы жизни



В ноябре 2004-го года в Москве состоялся IX Международный научно-технический семинар «Техногенная самоорганизация: философское осмысление и практическое использование». Научный руководитель семинара, доктор технических наук, профессор Московского энергетического института, главный редактор журнала «Электрика» **Борис Иванович Кудрин**, уже более

тридцати лет занимается изучением общих законов эволюции техногенной цивилизации. Им сформулированы базовые понятия новой науки о технической реальности – технетики. Человек сам творит техносферу (вторую природу), но одновременно попадает и в зависимость от нее. Возможным вариантам оптимального поведения человечества в этих условиях и посвящена еще одна беседа с профессором Кудриным.

– **Борис Иванович**, в начале 2004 года в Сан-Ремо собрались инженеры, ученые, философы, социологи, антропологи и литераторы из разных стран. Они обсудили воздействие роботов на наше будущее общество. Мероприятие называлось – «Первый Международный симпозиум по робоэтике» (First International Symposium on Roboethics). Насколько я понимаю, наука, основы которой вы заложили еще три десятка лет назад, – технетика – как раз и утверждает, что существует общность организации на уровне ценозов (коллективных

объединений) любой природы. В том числе и ценозов технических устройств (изделий) – техноценозов. Именно такой подход и позволяет говорить, что развитие техники и технологии объективно и не зависит от целей человека, создающего вроде бы эту технику...

– Совершенно верно. Аристотель считал, что окружающий нас мир – некоторая физическая реальность – от Бога. Анаксимандр выделил живую природу в отдельную субстанцию. Это был крупный шаг в познании. Я предлагаю сделать следующий шаг – выделить точно так же техническую реальность, окружающую нас сегодня тотально.

Дело в том, что техника, технология, материалы, продукция, отходы – самостоятельные сущности – до сих пор не имели обобщающей науки да и самого понятия, тождественного биологии с ее обширными разветвлениями и самодостаточными разделами. Отсутствовала наука, включающая зарождение идеи и ее документальное оформление, рождение изделия (технологии, материала), доводку до «взрослого» состояния, формирование из готовых изделий их сообществ – ценозов, борьбу за «существование» в условиях ограниченности ресурсов, оценку результатов отбора для снятия вида изделия с производства или для продолжения «размножения». Необходимость формирования фундаментальной науки об общих естественных закономерностях развития технической реальности как таковой осознается все в большей мере. И хотя некоторые мнения представляются спорными, но в целом, несомненно, становление такой науки – технетики – именно и происходит в настоящее время.

– **Вы предлагаете выделить сложившуюся третью реальность – технетическую. Но исторически она ведь создана человеком.**

– А зачем мне человек для объяснения технической реальности? Технологию не остановить! Так, не остановить развитие технологий клонирования. И это не зависит от желания или нежелания человека. В Англии разрешено терапевтическое клонирование. Можно сказать так: технологией движет человеческая цель – жить практически вечно. А можно и по-другому: объективное развитие технологий толкает человека к формулированию такой цели – жить вечно.

– В связи с этим не могли бы вы хотя бы кратко сформулировать содержание введенного вами понятия – техноэволюция?

– Исторически вначале возникли физические системы с характерной для них атомной и химической эволюцией, затем – биологические (эволюция), за ними – технические (техноэволюция). Сущность эволюции заключается в возникновении информации из «шума», в создании новой информации на основе запоминания случайного негауссового выбора. Как была «преджизнь», так была и додокументальная эпоха.

Я отстаиваю гипотезу, что техноэволюция на качественно ином уровне повторяет черты биологической эволюции. Техноэволюция – творческий процесс, в основе которого вариофикация (и ее следствие – диверсификация: расширение номенклатуры продукции, выпускаемой одной фирмой). Это значит, что новшества, обеспечивающие выживание и воспроизведение изделия-вида в кибернетическом цикле техноэволюции, отбираются информационно.

Техноэволюция идет по пути специализации. Если индивидуальное изготовление изделия (онтогенез) совершается по заранее заданному документу, то техноэволюция в целом есть программируемое развитие. Преимущество техники и технологии, проявляющаяся в документе, – фундаментальное свойство техноэволюции.

– Каким может быть хотя бы промежуточный итог эволюции технических систем? Академик, директор Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН Эрик Галимов заявляет, например: «Нетрудно предвидеть возможность радикального изменения механизма питания и деторождения, последовательной замены биогенных органов техногенными, постепенное возникновение биотехногенного гибрида».

– В целом я присоединяюсь к этому мнению. Но я изучаю, прежде всего, ставшую всеобщей техническую реальность (свершившееся преобразование биосферы в техносферу) и факт невозможности выживания человека вне (и без) технического, точнее – вне техноценоза. Многострадальная и закончившая жизнь российская орбитальная станция «Мир» – идеальный пример полностью технико-технического мира, отдельно

выделенного техноценоза. На станции, кстати, обитало 140 видов микроорганизмов, 60 из них приспособились к жизни в космосе и перешли на взаимодействие исключительно с орбитальными синтетическими материалами, вызывая биоэрозию и биодеструкцию массовых элементов станции.

Второй принципиально важный момент – происшедшее иерархическое усложнение вещного, технического мира. Человек сегодня выживает не при помощи отдельных орудий и продуктов своей деятельности (как в начале антропогенеза, когда создавалось только техническое мертвое, классифицируемое обычно как орудийная техника). Нынешнее поколение технического существует лишь как частичка какого-то зафиксированного во времени техноценоза, неизмеримо большая часть которого создана до рождения живущих, а вложенная иерархия которых и образует техносферу планеты.

Наконец, в-третьих, глобальный эволюционизм технического диктует появление другого технического так, что каждая из единиц технического живого и технетического (как особь) перестраивает окружающее в направлении, благоприятном для себя (как для вида). Встал вопрос о возможной смене антропоцентризма как мировоззрения на техноцентризм как систему взглядов.

– А что значит этот термин – «технически живое»?

– Клонированная овечка Долли уже не имеет отношения к живой природе в аристотелевском смысле. Это – продукт громадных технических усилий, некое ноу-хау.

Другой, очень интересный пример – популяции городских собак. В принципе с биологической точки зрения собака сама по себе не отличается от своего дикого предка – волка. Но вот популяции городских собак – это типичный техноценоз. Ситуация парадоксальна: собака может теперь существовать только при человеке, без него она сдохнет.

В США домашних животных гораздо больше, чем самих американцев: 338 миллионов четвероногих друзей человека и 290 миллионов человек. По данным Ассоциации производителей продукции для домашних животных США (sic!), 62% американских семей являются владельцами «братьев наших меньших» и, по предварительным данным, в 2004 году потратят на них около 34 миллиардов долларов – на два миллиарда больше,

чем год назад. Опрос, проведенный в США, показал, что 73% американцев, владеющих собаками, и 65% владельцев кошек считают своих питомцев членами семьи; 55% называют себя «папами» и «мамами», говоря о своих питомцах...

Примеры можно продолжать бесконечно долго. Но суть проста: так называемые «природные» образования стали технической реальностью.

– Но в данном случае можно если и не объяснить, то хотя бы представить, как возникают подобные ценозы. А вот как складываются ценозы из «технически мертвого», как они могут устойчиво существовать и эволюционировать – это, похожему, очень труднопредставимо.

– Самоорганизация, фрактальность – вот термины, характеризующие этот процесс. Говоря о техническом, следует иметь в виду, что есть действительно мертвое (болты, ботинки, стулья), не противодействующее второму закону термодинамики. И есть технетическое (автомобиль), локально не подчиняющееся этому закону за счет потребления, в частности, энергоносителей, информационного и иного обеспечения.

Технический ценоз (информационный и социальный – также) находится в устойчивом состоянии, если при видовом его моделировании 5–10% особей-изделий относится к новым кастам (то есть к уникальным, редким), что составляет 40–60% видового состава, а 40–60% всех особей-изделий попадает в саранчевые (массовые) касты, охватывающие 5–10% общего числа видов. Любой ценоз с нарушением этого соотношения попадает (переходит) в неустойчивое состояние.

Но недоумение, прозвучавшее в вашем вопросе, действительно оправданно. Если, например, вспомнить, что 120 тысяч электродвигателей, установленных на Магнитке, образуют достаточно правильную видовую кривую Н-распределения (читается как «аш-распределение». – **А.В.**) и что эти двигатели устанавливались там на протяжении семидесяти лет тысячами и тысячами инженеров, работавших независимо друг от друга, живших в разное время, в разных городах и даже странах, то немудрено возникает вопрос о механизме порождения строго определенной структуры, о механизме самоорганизации. Ведь создана система, где при установке каждого ее элемента никто из создателей даже и не предполагал необходимости выстраи-

вания всей массы двигателей по кривой Н-распределения (не предполагал этого и создатель «Евгения Онегина», идеально выстроивший слова по повторяемости в пределах им же определенного информценоза и используемого словаря). Но точно такая же кривая устойчиво наблюдается и в биоценозах.

– То есть мы, сами того не подозревая, вернее – не желая, незаметно вокруг себя создаем систему, из которой уже не можем выскочить. Назад хода нет?

– Увы, нет. Техническая реальность диктует нам способ нашего поведения. Появление автомобилей вызвало необходимость строительства подземных переходов и магистральных развязок; полностью изменило топографию городов. Например, так появились тротуары в городах. В Германии принят закон, запрещающий женщинам в обуви на шпильках управлять автомобилем – только в обуви без каблука. Во многих странах мира запрещено пользоваться мобильными телефонами за рулем. Получается, что «инстинкты» автомобилей диктуют поведение человеческому обществу, изменяют человеческие инстинкты.

– Выходит, что механизмы если еще и не обладают сознанием, то уже обладают инстинктом?

– Давайте еще раз вспомним с вами цепочку, которую я уже привел в предыдущей беседе.

Количество устойчивых элементарных частиц может быть оценено числом 10. Из них природа создала десять в квадрате ($10^2=102$) устойчивых химических элементов. Из этих элементов в результате физических и химических процессов время создало мертвый физический мир Земли, количество всевозможных минералов на которой не превосходит 10 000 ($10^2=104$). Затем, неизвестно почему и как, появилась жизнь с уже своим многообразием, определяемым отбором Дарвина или Шмальгаузена (может, и каким-либо иным), приведшим к общему количеству видов около 10 000 000 ($10^7=108$).

Теперь перейдем к предельному общему количеству видов изделий, которое ежегодно могут выпускать в мире. По аналогии может быть названо число технических (технетических) видов – 1016. Тогда, собственно, и должен произойти крах нашей цивилизации, точнее, смена ее техноинтеллектуальным миром – технотронной цивилизацией (сейчас в мире, по моей

оценке, ежегодно выпускается 1012 видов продукции при средней стоимости продажи особи одного вида 1,5 доллара США и при средней численности популяции этого усредненного вида 300 особей; это число, по-видимому, во времени устойчивое).

Продолжая эти рассуждения, можно предположить, что предельное количество информационных сообщений составит 1032. Ну и уж совсем громадное число – 1064 (как здесь не отметить близость этого числа к типу числа элементарных частиц во Вселенной – 1079), если мы обратимся к социальным системам и сможем идентифицировать как вид речь индивида или отдельный ее фрагмент, отдельный чек в магазине, то или иное общение человека с человеком, короче, все многочисленные общественные связи и взаимоотношения, отражающие проявления Хаоса и Космоса каждого в каждом и общества в целом.

Не очевиден, но весьма правдоподобен вывод Энрико Ферми (1950), что всякая цивилизация, технологически достаточно развитая, чтобы вступить в коммуникацию с другой разумной цивилизацией, обречена на самоуничтожение. Говорят, что это произойдет в результате техногенной катастрофы, и предполагают такие глобальные катастрофы не позднее середины следующего века. Но, может, все проще: развитие парникового эффекта, озоновые дыры, всеобщее облучение человечества (электромагнитный фон вырос в 10 тысяч раз по сравнению с домаксвелловскими временами, но без компьютеров и электромагнитных сигналов цивилизация уже невозможна), лекарственная резистентность (в России число устойчивых штаммов к антибиотикам *streptokokkus pneumoniae* – 4%, в США – 20%, в Испании – 40%) и другое приведут к определенному мутационному необратимому вырождению.

– **Значит, прав профессор робототехники из Университета Рединга (Великобритания) Кевин Уорвик: «Если другое биологическое существо или машина располагают достаточными оперативными возможностями, соответствующим общим объемом мозга и сложными связями внутри него, то почему бы им не догнать или превзойти человека по уровню интеллекта»?**

– Безусловно, машина начинает брать на себя интеллектуальные «штучки». В этой связи мало кто обратил внимание на заключение суда по делу о катастрофе российского самолета

над Баденским озером в Швейцарии. А ведь это решение означает, по сути дела, юридическое оформление рождения новой, технетической реальности. Ведь швейцарский суд фактически постановил: человек-оператор должен действовать так, как велит ему машина. Мы обязаны слушаться автоматику. Между прочим, еще раньше именно пренебрежение этим законом и привело к чернобыльской катастрофе.

Твое, человек, дело – выполнять указания машины. Нас, как биологических существ, ждет подчинение технической реальности. Машины нас будут кормить, поить, а мы будем ничего не делать... Но, если вспомнить наш пример с техноценозом собак: не это ли есть наше будущее? Техническая реальность поглотила биологическую. Биологическое постепенно встраивается в техническое. Поглощается.

Но тут есть и другая опасность, связанная с нравственными критериями. Клонированная овечка Долли имела в своем геноме ген человека, пригодный для лечения гемофилии. Какие перспективы для лечения болезней! Так что если вы имеете пару миллиардов долларов, почему не вырастить и не содержать три-четыре «зомбированных» клона, пуская их для обеспечения личного бессмертия на запчасти.

Проблемы, проблемы, проблемы... Я не предлагаю скоропалительных решений, но призываю активно изучать объективные законы существования и эволюции технической реальности.

*Опубликовано в «Независимой газете»
10 ноября 2004 г.*

Конструкторы молекулярных машин



Владик Аветисов и Сергей Нечаев

В июне 2013 года на базе Физического института имени П.Н. Лебедева РАН была создана лаборатория, которая будет заниматься темой невероятно интригующей – возникновение жизни из неживой материи. Другими словами – как эволюция неорганического вещества во Вселенной может приводить к появлению живого. Но создание такой лаборатории – это толь-

ко юридическое оформление уже существовавшей несколько лет международной распределенной по типу сетевой структуры группы ученых, работающих в этом направлении. То, что называется – «самоорганизация научной среды». Сейчас в этой распределенной лаборатории участвуют исследователи из Массачусетского технологического института (США), из французских научных организаций и представители Российской академии наук. Лидеры этих исследований и вдохновители создания лаборатории – **Владик Аванесович Аветисов**, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Института химической физики имени Н.Н. Семенова РАН и **Сергей Константинович Нечаев**, доктор физико-математических наук, в.н.с. Физического института имени П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), в.н.с. Национального центра научных исследований (CNRS, Франция). Как физика может построить биологию – разговор об этом.

Жизнь в складочку

– Какая научная проблема стала предметом исследований вашей распределенной лаборатории?

Сергей Нечаев: Двадцать пять лет назад, работая еще в Институте химической физики, я занимался узлами. Узел – объект очень интересный, потому что, с одной стороны, повсюду присутствует в нашей повседневной жизни и кажется, что нет ничего более банального, а с другой стороны, узлы исключительно сложны для строгого математического описания. Растяжение куска резины зависит от того, насколько полимерные цепи, из которых и состоит резина, переплетены. Занимаясь узлами, можно ставить интересные физические вопросы, а можно забыть про физику и погрузиться в очень красивую математику.

Возвращаясь к нашей работе, мы задались таким вопросом: что будет, если взять длинную полимерную цепочку, замкнуть



ее в незаузеленное кольцо и сжать? Оказалось, что структура, которая получается, имеет очень необычные свойства. Мы назвали эту структуру складчатой глобулой. Теперь американцы ее называют «фрактальная». Глобула – это конденсированное состояние макромолекул типа капли.

– **А почему фрактальная?**

Сергей Нечаев: С каким бы разрешением микроскопа мы ни посмотрели на эту конструкцию, мы увидим одно и то же, то есть структура в среднем повторяет себя на любом масштабе. Это и называется фрактальностью. Полимерная цепь образует на цепи маленькие складки, что при меньшем разрешении микроскопа выглядит просто как более толстая нить. В свою очередь, эта нить опять образует маленькие складки (уже своего масштаба) и т.д.: складки в складках, которые сами в складках... Короче, «Ея обернулся посмотреть, не обернулась ли она, чтобы посмотреть, не обернулся ли я...». Что удивительно – все эти складки не перепутываются! Они так и остаются жить, то есть такая складчатая структура является термодинамически равновесной. Если теперь изменить условия, например, повысить температуру, и эта складчатая структура захочет снова расправиться, то она сделает это очень быстро. Потому что на всех масштабах она не перепутана, хотя глобула и очень сильно сжата.

Красиво, нам самим это очень нравилось, но что делать с такими структурами, долго было непонятно, как не было понятно, существуют ли они в природе. В таком подвешенном состоянии эта гипотеза существовала почти 20 лет, до 2009 года. Честно говоря, все это время меня интересовали вопросы, связанные с математическим описанием таких структур. Меня самого завораживало то, что за этим стоят вопросы о статистических свойствах случайных блужданий в неевклидовых пространствах.

Объекты, обладающие неевклидовыми свойствами, присутствуют повсеместно в нашей жизни: например, лист салата топорщится и не может быть гладко расправлен на плоскости, потому что у него граница растет быстрее, чем два-пи-эр, где R – радиус; чипс (седло) тоже является примером поверхности с постоянной отрицательной кривизной, то есть неевклидовым пространством (пространством Лобачевского).

– **Так что же произошло в 2009 году?**

Сергей Нечаев: Группа американских исследователей из Массачусетского технологического института и Гарварда, в которую входил и наш соотечественник Леонид Мирный, сделали потрясающую экспериментальную работу. С помощью специальной методики они смогли определить, как в хромосоме человека уложена ДНК, а цепочка ДНК достигает в расправленном состоянии длины порядка двух метров, при том что упакована она в области порядка нескольких микрон. Они создали в итоге карту контактов и определили вероятность того, что два фрагмента ДНК, находящихся вдоль цепи на каком-то расстоянии, оказались рядом в пространстве.

– **Даже трудно в это поверить и представить себе, что такое возможно сделать!**

Сергей Нечаев: Тем не менее... Оказалось, что эта вероятность оказалась такой же, которая предсказывалась нами для фрактальной глобулы.

– **Что это дает, если мы узнаем, какой фрагмент с каким соседствует?**

Сергей Нечаев: Стало сразу понятно, как из такой длинной цепи ДНК, которая безумно плотно уложена, при считывании информации (транскрипции) природе удастся вытащить достаточно длинную петлю, переписать с нее информацию на РНК, а потом убрать петлю на место; почему это происходит обратимо.

Попробуйте из клубка ниток вытащить длинный кусок, ничего не разорвав, а потом вернуть его на место. У вас это получится с большим трудом. А в молекуле ДНК это делается очень легко, потому что она не запутана, хоть и очень компактна. И причины этого мы поняли в свое время.

– **И все-таки – почему эта двухметровая цепочка не запутывается? Там что – работают электростатические эффекты или что-то еще?**

Владик Аветисов: Она очень длинная.

– **Так, наоборот, чем длиннее нитка, тем сильнее она должна запутываться...**

Сергей Нечаев: Электростатика в основном экранирована, поэтому не дает ощутимого эффекта. Владик прав, как ни странно, именно большая длина молекулы дает возможность как следует проявиться энтропии вместе с топологией: тополо-

гическое отталкивание складок стабилизирует цепь на всех масштабах.

Здесь есть некоторая сложность. Эксперимент американцев показывает, какова структура цепи на всех масштабах. И она похожа на ту, которую мы предсказали, занимаясь фрактальными глобулами. Но почему это происходит, по каким физическим причинам ДНК незаузлена сама по себе, пока неизвестно. Во всяком случае, я этого не знаю.

– То есть вы приблизились к пониманию еще одного фундаментального свойства органической материи – она не завязывается в узлы?

Сергей Нечаев: Парадоксальность в том и заключается, что кажется очень неестественным, что полимерная цепь на всех масштабах не хочет перепутаться, то есть один кусок цепочки слабо проникает в объем, занятый другим куском. Тем не менее можно теоретически показать, что это действительно равновесное состояние.

Фабрика молекулярных машин

– Где еще это может себя проявлять? Все-таки ДНК – это очень длинная молекула.



Владик Аветисов: Вообще нас интересует все, что так или иначе связано с иерархиями. Одна из таких тем – про ДНК. А другая тема – про наномашин. Это длинная история, она тоже началась лет 25 тому назад, и тоже в Химфизике, тогда в теоргруппе академика Виталия Иосифовича Гольданского, а теперь в моей ла-

боратории. А привела нас к наномашинам одна из интригующих проблем в теории происхождения жизни – возникновение биологической гомохиральности. (В наблюдаемом биоорганическом мире нарушена зеркальная (хиральная) симметрия: в противоположность неживой природе в биосфере используются только левозакрученные молекулы аминокислот и только правые молекулы сахаров. Этот факт был заложен в основу раз-

рабатываемого группой Аветисова подхода к проблеме возникновения жизни во Вселенной. У истоков этой работы стоял академик Гольданский. – **А.В.**)

Все это – фрактальная глобула и биологическая гомохиральность – было в одном и том же институте и в одно и то же время. Фрактальная глобула – на правой стороне улицы Косыгина в группе доктора физико-математических наук Александра Гроссберга, а биологическая гомохиральность – на левой стороне, ближе к Ленинскому проспекту. Вот такой была Семеновская Химфизика!

Конечно, я видел работу Гроссберга, Нечаева и Шахновича про фрактальную глобулу. Но в то время меня эта работа не зацепила: нам казалось, что возникновение биологической гомохиральности никак не связано с топологией узлов и фрактальной глобулой, а ответ надо искать в стереохимии и химической кинетике.

Мы долго его там искали, но нам никак не удавалось объяснить, как возникли гомохиральные биополимеры – белки, РНК и ДНК. Мы все время обнаруживали «дыры» и противоречия в разных моделях, в том числе и в наших собственных.

Постепенно мы стали осознавать, что возникновение гомохиральности связано не столько со стереохимией, сколько с точной сборкой макромолекул. В живой клетке это делают белки, РНК и разные функциональные комплексы из белков и РНК. Они так точно манипулируют одиночными зарядами, атомами и молекулами, что их называют «молекулярными машинами». А это очень непросто, потому что на атомных масштабах все очень сильно флуктуирует. Попробуйте трясущимися руками продеть нитку в игольное ушко. Химия так не работает, а биология только так и работает.

В конце концов мы нашли вполне общее доказательство того, что без молекулярных машин, без технологии точной сборки сложных молекулярных структур гомохиральность возникнуть не могла. Очень важную роль здесь сыграла одна замечательная работа Манфреда Эйгена – но не про эволюцию гиперциклов, которую часто цитируют, а про катастрофу ошибок, про которую только сейчас стали говорить всерьез. А тогда мы были такой же «белой вороной», как и Сергей со своими узлами в пространстве Лобачевского.

– **А откуда взялись молекулярные машины в предбиологии?**

Владик Аветисов: Хороший вопрос. Есть, например, белки, но это продукт очень сложного механизма сборки в живой клетке. Сначала надо собрать специальную РНК – точную копию определенного участка ДНК, гена белка, текст длиной примерно в 600–800 символов из четырехбуквенного алфавита. Эту специальную РНК собирает и проверяет целая группа молекулярных машин, которая имеет право делать не больше одной ошибки на копию. Затем эта РНК как программа поступает в большую молекулярную машину, даже не машину, а целый агрегат – рибосому, а уже она по этой программе собирает белковую полимерную цепь, которая затем загадочным образом превращается в белковую молекулярную машину.

И это только грубая схема. На самом деле процесс производства молекулярных машин в клетке очень сложный, в нем участвуют много других молекулярных машин и разных функциональных комплексов.

В некотором смысле живая клетка – это целая фабрика молекулярных машин, которые делают молекулярные машины. И все там так взаимосвязано, что для того, чтобы сделать одну молекулярную машину, нужна, условно говоря, вся фабрика, вся клетка, а такая сложная система возникнуть без молекулярных машин никак не могла. Получается вроде бы замкнутый круг – для сборки молекулярных машин нужна вся клетка, а для появления клетки нужны молекулярные машины.

Вот к этому тупику и привела нас проблема возникновения биологической гомохиральности. С этого момента и началась наша охота за наномашинами – ведь был же переход от неживой материи к живой, от химии к биологии! Возникло подозрение, не гипотеза, а только подозрение, что предбиология могла быть совсем другой, не такой, как та биология, как мы ее видим. Конечно, какая бы ни была предбиология, нужны были молекулярные машины, чтобы собирать сложные молекулярные структуры. Но они могли быть совсем не такие, как биологические молекулярные машины. А какие? Вот это вопрос – ведь прототипа вроде и нет.

И тогда мы поставили вопрос в общей форме: можно ли, оставаясь в границах физики, не выходя в биологию, сделать та-

кую синтетическую молекулярную структуру, которая могла бы функционировать как молекулярная машина? Неважно, как она выглядит и из чего она сделана. Если да, то дальше в принципе можно думать о системах из молекулярных машин, в частности, о системах, производящих сами молекулярные машины.

Это совсем другая концепция предбиологической эволюции, потому что в ней не копируется биология, а ищется возможность появления технологии точной сборки сложных молекулярных структур, если угодно, «молекулярных артефактов». Биология – это вообще сплошные «артефакты»... Одна ДНК чего стоит! А с другой стороны, это, конечно, физика. Вопрос в том – какая. Вот этим мы с Сергеем и занимаемся.

– **И как это все связано с фрактальной глобулой?**

Владик Аветисов: Так вот, лет 15 назад мы решили повнимательней посмотреть на белки – самые простые молекулярные машины в клетке, не спрятано ли в них чего-то такого, что все, так сказать, просмотрели? Может быть, в них осталось что-то от их предбиологических «предков»?

Нас интересовала динамика белка, потому что динамика определяет, может ли молекулярная структура быть машиной или нет. Мы хотели понять: есть ли в динамике белка что-то особенное? Конечно, тут надо было иметь какой-то теоретический инструмент, «особым взглядом» посмотреть на экспериментальные данные. А для этого нужно было построить математическую модель, которая описывала бы движение сложной белковой структуры – а там тысячи атомов – на очень широкой шкале временных масштабов, почти 10 порядков. Это трудная задача. Если использовать обычное описание движений атомов в такой сложной структуре, как белок, то задача с математической точки зрения сразу становится абсолютно безнадежной. Даже суперкомпьютеры тут бессильны. Надо было как-то все упростить, но при этом сохранить сложность самой динамики, ее многомасштабность. Об этом говорили, но никому не удавалось решить эту задачу. Нам, к счастью, удалось, и тут мы тоже, как и Сергей с коллегами в случае с фрактальной глобулой, использовали представления об иерархиях и самоподобии. И математика тут была использована не очень типичная для физики – ультраметрические пространства, р-адические числа и р-адические уравнения.

Честно говоря, мне очень повезло. К тому времени один из крупнейших наших математиков Василий Сергеевич Владимиров создал в Стекловке (Математический институт имени Стеклова РАН. – «НГН») уникальную в мире математическую школу по р-адическому анализу, и ее ученики, Альберт Биколов и Сергей Козырев, попали ко мне в лабораторию. Это позволило нам сделать в динамике белка то, что не удавалось до нас никому.

Сергей Нечаев: Но этот язык был физически обусловлен. То есть вы подбирали описание, естественно подходящее тому, что прослеживается в белках.

Владик Аветисов: Да. Из нашей теории следовало, что от комнатной температуры до температуры жидкого гелия – а в нашем распоряжении были экспериментальные данные во всем этом диапазоне температур – динамика белка меняется самоподобным образом. Или, другими словами, белок остается наномашинкой даже при температуре, близкой к абсолютному нулю. Движения, конечно, замедляются, в этом отношении никаких «чудес» не происходит, но сама динамика остается такой же. Из этого следовало, что белки устроены в определенном смысле самоподобно и иерархично, и мы показали, что это согласуется с разными экспериментами, которые казались противоречивыми.

Кстати, в этот период мы с Сергеем и познакомились. Я делал доклад на конференции в Стекловке как раз о том, как описывать динамику белка ультраметрикой и как это все согласуется с экспериментом, а Сергей был на этой конференции и увидел, что то, о чем я говорю, созвучно представлениям, которые сложились у него еще в связи с фрактальной глобулой и которые он в дальнейшем развивал в других направлениях.

Пыхтит, но пока не работает

Сергей Нечаев: В тот момент меня интересовали некоторые математические игры, связанные с вложением поверхностей типа листа салата, о котором речь шла выше, в обычное трехмерное пространство. Мы с моим аспирантом из Франции в то время даже написали работу, которая называлась «О границе листа, юбке годе и конформных вложениях». Название (про юбку годе) придумала моя жена. Работу не приняли в

«Письма в ЖЭТФ» из-за некоторой игривости, но приняли в Journal of Physics A, и она получила определенную известность. Так вот, я пришел к Владику, чтобы посмотреть на динамику на иерархических энергетических ландшафтах, которые имеют структуру типа «юбки годе», то есть иерархической системы складок.

Владик Аветисов: Не помню сейчас, кто сказал: «Все, что есть в математике, есть и в природе – нужны только примеры». Для р-адической (читается «п-адической»). – «НГН» математики белки оказались именно таким примером. Карта контактов в ДНК тогда еще не была получена. А у меня тоже была проблема. Я не понимал, как от динамики перейти к структуре.

– Да-да, я припоминаю, как вы говорили в одном из наших с вами интервью, что вы даже не можете нащупать физическую динамику, приводящую к возникновению биологических структур...

Владик Аветисов: Вот с Сергеем мы ее, по-видимому, и нащупали... Сейчас мы уже даже понимаем, как в принципе сделать молекулярную машину без всякой биологии. Тут сработала идея фрактальной глобулы. Мне она сразу понравилась, потому что получалось очень красиво: иерархическую динамику – как в белках – может дать фрактальная глобула, иерархично организованная структура.

Так и оказалось. Совсем недавно нам удалось показать, что наномашину можно получить, если запретить полимерной цепочке образовывать узлы в процессе коллапса в глобулярное состояние.

– Итак, есть биология, а есть, так сказать, биология-штрих, предбиология. Вам удалось найти молекулярную машину, которая работает в этой предбиологии?

Владик Аветисов: Да, похоже, мы нашли ответ на вопрос, могли ли молекулярные машины возникать без молекулярных машин, и этот ответ положительный.

– Они сейчас в природе существуют?

Владик Аветисов: Молекулярные машины небиологического происхождения?

– Да...

Владик Аветисов: Вполне возможно, это не запрещено физикой. Одну машину мы уже спроектировали на компьютере.

Она совсем не похожа на белок, если посмотреть на структуру – ничего общего. А если посмотреть на динамику – буквально то же самое. И что самое важное, ее можно сделать без всякой геной инженерии, только, так сказать, физикой.

– Если пофантазировать: ваша, созданная руками, физическая молекулярная машина в дальнейшем породит биологию?

Владик Аветисов: В принципе – может. И это может быть другая форма жизни, тоже молекулярная, но другая.

Сергей Нечаев: Я бы сказал осторожнее. Пока то, что мы пытаемся изготовить, это не полноценная молекулярная машина, которая выполняет какую-то определенную функцию, а только «двигатель», который никакой такой работы не делает. Но он имеет те свойства, которые могут быть использованы для создания уже функционально полноценных устройств.

– Ну, а физически – из чего она состоит, эта ваша рукотворная молекулярная машина?

Владик Аветисов: Двигатель – это устройство, преобразующее тепловую энергию, например, пара или продуктов сгорания топлива, в механическое движение, например, поршня. Наша наномашинка, условно говоря, делает то же самое. Дело, правда, в том, что в макромашине тепловая часть и механическая часть – это две физические разные системы, пар и поршень. А в нанодвигателе невозможно реализовать две эти части отдельно: слишком маленький масштаб устройства, и их нужно совместить в одной и той же структуре. Она должна быть похожей в некотором смысле и на пар, и на поршень одновременно. Надо как-то все так устроить, чтобы «пар» всего из пары сотен атомов мог толкнуть «поршень» тоже из нескольких сотен атомов.

То, что нам с Сергеем, с нашим коллегой с физфака МГУ Виктором Ивановым и моим аспирантом Дмитрием Мешковым удалось сделать, это показать, что полимерная цепочка, сложенная как фрактальная глобула, имеет свойства молекулярной машины. Вот так, спустя 25 лет правая сторона улицы Косыгина наконец пересеклась со своей левой стороной и фрактальная глобула помогла решить те проблемы, которые породила биологическая гомохиральность!

Сергей Нечаев: Есть четкие критерии того, что понимать под молекулярной машиной, и эти критерии «списаны» с на-

стоящих биологических молекулярных машин, например таких, как белок миозин, который при подведении энергии (АТФ) начинает сгибаться как шарнир.

В нашем случае, для того чтобы получился нанодвигатель, надо полимерную цепочку уложить мелкими складками, в которых возмущения релаксируют быстро. Эти мелкие складки надо уложить в складки большего размера, в которых релаксация распространяется медленнее, те, в свою очередь, надо уложить в складки еще большего масштаба, и так далее до самых крупных складок, движение которых уже похоже на механику.

Если в такой структуре «нагреть» какую-то группу атомов, через иерархию складок тепловая энергия, в конце концов, перейдет в квазимеханическое движение крупных фрагментов. Если прицепить к ним «манипуляторы», захватывающие единичные атомы и молекулы, то можно их перемещать или делать еще что-нибудь – фантазия тут неограниченна.

– Но все равно это биология, фрактальная глобула...

Сергей Нечаев: Нет, фрактальная глобула – это обязательно биология. Это можно реализовать на синтетических полимерах.

– Тогда, получается, можно поискать и в космосе эти машинки?

Владик Аветисов: Это было бы интересно. Может оказаться так, что на наномасштабах Вселенная много интереснее, чем принято об этом думать сейчас. В любом случае тем, кто планирует и финансирует программы поиска внеземной жизни, придется теперь иметь в виду, что наномашинки, которые много ближе к живому, чем вода, аминокислоты и сахара, могут быть совсем не такими, как белки или РНК.

Сергей Нечаев: Я подчеркну, что мы не можем утверждать, что только так и было в предбиологии. Но мы нашли один из примеров, который работает.

– Вы совместили в одной конструкции, условно говоря, и пар, и поршень. Но признаком живого считается возможность репликации, воспроизводства. Ваши молекулярные машины могут воспроизводить себя? Или они просто пыхтят «впустую»?

Сергей Нечаев: Наша нано-«ё-машина» пока только пыхтит...

Владик Аветисов: Ну да, ну да... Юбка год, «ё-машина»... Женщины никогда не относятся серьезно к тому, что мы делаем...

На самом деле для предбиологии большего и не нужно. Если мы посмотрим на клетку, то в ней нет ни одной молекулярной машины, которая бы сама себя воспроизводила. Себя воспроизводит система в целом. Конечно, любое определение тут очень условное, но мы можем смотреть на клетку как на систему молекулярных машин, производящих такие же молекулярные машины.

Можно сказать иначе: клетка – это операциональная система химической природы с функциональным замыканием. Но функциональное замыкание, то есть свойство самовоспроизведения, могло появиться гораздо позже появления операциональных химических систем как таковых. Предбиология могла отличаться от биологии именно этим. Предбиология – это эпоха зарождения точной технологии манипулирования атомами, зарядами и молекулами, эпоха создания наномашин и операциональных систем из наномашин. Как только в таких системах возникло функциональное замыкание, началась биологическая эволюция.

Кстати, мы с Сергеем и нашими коллегами из распределенной лаборатории только что написали работу о том, как эволюционируют случайные сети. Язык сетей очень удобен для описания сложных функциональных систем. Оказалось, что там тоже есть критическое поведение типа катастрофы ошибок. Получается, что сложная функциональная система может приобрести новое качество, только когда элементы этой системы точно выполняют свои функции, то есть являются молекулярными машинами.

– А сами по себе они могут возникнуть, ваши молекулярные машины?

Сергей Нечаев: Да, могут! И их возникновение обусловлено исключительно химией и физикой, а не тонко организованной биологией.

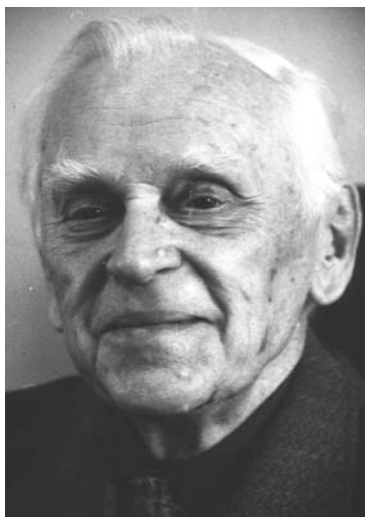
Глава 4

«ГОМО ПОМОГ»

*Опубликовано в «Независимой газете»
11 сентября 2013 г.*

«Не гни папин ген»

Советник президиума РАН, член академий Польши, Чехословакии, Венгрии, Болгарии, академии «Леопольдина», Европейской академии, доктор Грейфсвальдского университета, член HUGO (Human Genome Organization), Американского общества биохимиков и молекулярных биологов – **Александр Александрович Баев** начинал работать врачом в деревне. Было это в 1927 г. Затем – аспирантура на кафедре биохимии Казанского медицинского института.



В 1937 г. ученого секретаря Института биохимии АН СССР арестовывают по обвинению в террористической деятельности. Долгие 17 лет – репрессирован. Но даже в Норильском лагере он пишет несколько научных работ. Среди них – «О ресурсах солнечной радиации Норильска», «Справочник по диететике грудных детей». В 1946-м он, «враг народа», добивается разрешения на защиту кандидатской диссертации.

С 1959 г. его жизнь связана с Институтом молекулярной биологии Российской академии наук. Именно в начале 60-х Баев приступает к расшифровке первичной структуры нуклеиновых кислот. Проблема расшифровки святая святых природы – генетического кода, волновала Александр Александровича Баева больше всего в последние годы.

С 1989 г. академик Баев – председатель Научного совета по Государственной научной программе России «Геном человека». 10 января 1994 г. Александру Александровичу Баеву исполнилось 90 лет. Его официальный трудовой стаж – 80 лет.

– **Начнем ab ovo: что же такое геном человека, что включает в себя это понятие?**

– Геном человека – это совокупность его генов, его наследственный аппарат, который осуществляет преемственность в развитии рода человеческого. Наследуемое свойство – это информация. И как всякая другая информация, она имеет свой язык, свой способ записи, свои материальные структуры. Природа избрала такой путь: наследственная информация живых существ передается химическими сигналами, и ее носителем у многоклеточных организмов (в том числе и у человека) является дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК).

Молекула ДНК образована двумя нитями, скрученными в двойную спираль. Каждая такая нить – полимерная цепь, образованная четырьмя нуклеотидами. Нуклеотиды, в свою очередь, – низкомолекулярные, но достаточно сложные соединения.

В живой клетке – ДНК сосредоточена в ядре, и в определенной фазе ее деления в микроскоп можно увидеть хромосомы – короткие толстые жгуты, состоящие из плотно упакованной нити ДНК, сцементированной белками. Будучи сама по себе безжизненной молекулой, неспособной к самостоятельному существованию, ДНК создает свое окружение, наделенное свойствами жизни и обеспечивающее ее собственное существование.

Участок ДНК, кодирующий тот или иной белок, служит матрицей для его синтеза. Такой участок ДНК и есть ген.

Итак, суммируем. Геном человека состоит из 23 пар хромосом: 23 – от матери, 23 – от отца. Каждая хромосома содержит одну молекулу ДНК, образованную цепочкой из 50-250 миллионов нуклеотидов. Совокупная длина ДНК в каждой из 10 триллионов клеток человеческого организма около 2 метров, и эта ДНК уместается в клетке, диаметр которой не превышает 20 микрон. Ядро же, в котором, собственно говоря, она сосредоточена, имеет гораздо меньший диаметр – около 5 микрон!

Вот такая получилась научно-популярная лекция в ответ на ваш вопрос.

– Зато теперь мне стало понятно, почему в современной молекулярной генетике так много внимания уделено определению нуклеотидных последовательностей ДНК – секвенированию (от латинского *Sequi* – следовать). А известно, сколько в геноме человека генов?

– Точно этого никто не знает. Все время открываются новые гены, и никто не может сказать, если можно так выразиться, сколько вообще нужно. Впрочем, называют такие цифры – от 50 до 100 тысяч генов.

Нужно иметь в виду, что число работающих в клетке генов зависит от ее специфичности. Предполагают, что в клетках высших организмов работает от 10 до 15 тысяч генов, в печени – от 11 до 17 тысяч, в головном мозге – значительно больше. Число генов так называемого «домашнего хозяйства», обеспечивающих поддержание существования клетки, приближается к 10 тысячам.

Физический объем записи генома можно представить в следующем виде. Допустим, мы вносим результаты секвенирования в книги объемом в 1000 страниц по 2500 печатных знаков на странице. Тогда для разных геномов понадобится следующее количество томов: человек – 1200, птицы – 320, дрозофила – 62, дождевой червь – 40, дрожжи – 6, бактерии – 2, микоплазма – 200 страниц.

А вообще, некоторые эксперты говорят, что полная запись последовательности генома человека, будет равна 13 комплектам Encyclopaedia Britannica.

– Основная задача международного проекта «Геном человека» – прочесть эти генетические тексты, определить (секвенировать) последовательность тех трех миллиардов нуклеотидов, которые составляют геном человека. Но вот английский молекулярный биолог Брэннер как-то заметил, что секвенирование можно назначать как наказание за уголовное преступление: например, 12 миллионов нуклеотидов – за преступление средней тяжести.

– Действительно, работа эта очень утомительная, трудоемкая, и ученые, склонные к более интеллектуальному роду деятельности, пренебрегают этим методом.

Сейчас банки данных мира содержат 75 миллионов нуклеотидных последовательностей. Например, за 1991 год произо-

шло увеличение этих банков на 50%. Однако только 10 миллионов относятся к приматам, и из них не более 7 миллионов – к человеку.

Но уже созданы автоматы-секвенаторы компаниями Applied Biosystems, Du Pont (США), Pharmacia (Швеция). Их производительность достигает 10 тысяч нуклеотидов в день на прибор.

У нас, в Институте молекулярной биологии, четыре секвенатора; в Институте геномных исследований (США) (кстати, первом частном предприятии, созданном для извлечения прибыли) – 120.

– Какова же стоимость этой процедуры?

– Американцы считают, что стоимость секвенирования одного нуклеотида – 1 доллар. Есть оценки и в 3-5 долларов. Дорогое удовольствие, что и говорить. Но в итоге мы получим такие знания, которые стоят этих денег.

Любопытно, что при изучении генома возникает своеобразное соревнование между коллективами ученых. Например, несколько групп работало одновременно над изучением генетических причин довольно распространенного заболевания – цистозифиброза. Но к финишу пришла только одна группа. Считается, что на этот ген было затрачено от 70 до 100 миллионов долларов.

И сегодня, когда речь идет о программе «Геном человека», уже звучат такие нотки: умерить темпы конкуренции; упор делается на координацию.

– Что можно сказать в этой связи о российской части программы «Геном человека»?

– В России эта программа начала развиваться благодаря содействию Михаила Сергеевича Горбачева. В 1987 году я написал ему письмо. Тогда же появилось постановление Совмина СССР о программе «Геном человека».

Первые шаги внушали оптимизм. Под программу было выделено 25 миллионов рублей и 10 миллионов долларов на год. Но при наших темпах организационные вопросы растянулись на целый год. Фактически мы начали работать в 1989 году. И очень скоро наша роскошная жизнь прекратилась. Прекратилась в результате социально-государственного прогресса, носящего название «перестройка». Инфляция пожирает все наши ассигнования в рублях, а валютное обеспечение совсем прекра-

тилось. Сейчас программа «Геном человека» переживает очень большие трудности и очень сильно сокращена.

И это тем более обидно, что в российской части программы «Геном человека» очень серьезно прорабатывается именно практический аспект, связанный, прежде всего, со здоровьем человека и его социальными нуждами. Программа имеет в виду изучение молекулярных основ наследственных – болезней (прежде всего типа ошибок метаболизма или энзимопатий), их биохимического выражения, диагностики, профилактики. Рано или поздно станет реальностью генотерапия, по крайней мере, наиболее распространенных заболеваний, патогенез которых известен и доступен средствам воздействия. Программа распространяется также на аллергии, нарушения иммунитета, предрасположения к сердечно-сосудистым, психическим и эндокринным болезням.

Особое значение в патологии человека имеет вопрос о природе рака, занимающего второе место в причинах смертности. С тех пор как были открыты онкогены и протоонкогены, получило подтверждение представление о генетической природе рака. Рак – это болезнь генома, таково стало понимание этого недуга. Недавнее открытие антионкогенов не только расширило представление о механизме возникновения злокачественного перерождения клеток, но и породило надежду на создание терапии рака. В подавляющем большинстве случаев рак не наследственная болезнь в обычном смысле этого термина, а следствие благоприятного дефекта генома определенных соматических клеток.

– Правомерен ли вопрос: геном какого конкретного человека изучается?

– Дело в том, что гены по природе своей одинаковы. Отличие – в деталях. Подобно тому, как мужские костюмы бывают разного фасона, но, тем не менее, – это именно мужские костюмы, а не что-нибудь иное. Что у вас, что у меня – гены в основном одинаковы. Но в чем-то отличаются. Этим и обусловлено в значительной мере отличие, которое существует между нами в физическом, интеллектуальном и во всяком ином плане. Так что изучаются гены людей вообще.

Кроме того, следует сказать, что изучение генов человека идет параллельно с изучением генов модельных организмов.

Прежде всего, это – мышь; изучается геном кишечной палочки, дрожжи, дрожжей и геном маленького червя *Caenorhabditis elegans*. Делается это потому, что, несмотря на эволюционную удаленность всех этих организмов, в них много общего. Корень, так сказать, генома – он один.

– «Что верно для кишечной палочки, то верно и для слона»?

– Да, в молекулярной биологии есть такое крылатое выражение. Но достоверность его ограничена, и к изучению генома человека приходится идти прямым путем. Правда, по объему аналитической работы геномы вирусов и бактерий требуют меньших усилий, но их архитектура значительно отличается от строения генома человека. Это, вероятно, относится и к дрожжам. Но вот геном мыши по своим размерам не отличается от размеров генома человека, а геномы некоторых организмов в 30 раз превосходят по размерам геном человека (саламандра, лилия).

То, что геномы организмов, стоящих на разных эволюционных уровнях, различны, – это совершенно очевидно. Сравним геном кишечной палочки и геном человека. У кишечной палочки гены тесно смыкаются друг с другом. Кольцевая хромосома представляет собой тесную последовательность генов.

С другой стороны, трудно себе представить, насколько анархически построены гены человека. Прежде всего, практически нет ни одного целого. Отдельные куски генов перемежаются с последовательностями, которые, с теперешней точки зрения, не имеют никакой функции. Существуют «вставки», которые представляют собой монотонные повторения одной и той же последовательности. Их функции совершенно непонятны. Таким образом, у генома человека считается, что 5% – рабочая часть, 95% – неизвестно для чего. Но я совершенно убежден, что эта «избыточная» часть играет огромную роль в эволюции, в том совершенстве, которого достиг человеческий организм. Трудно представить, что 90% генома с пока неизвестной функцией составляют своего рода отходы эволюции.

– Некоторые ученые высказывают мысль, что накапливаемый генетический груз (мутации, неблагоприятные изменения) неминуемо приведет к вырождению человека как вида. Не связана ли «избыточность» как раз с этим?

– Человек, скорее, уничтожит себя атомными бомбами.
 – Тогда рассмотрим модельную ситуацию: на Земле – мир, нет атомного оружия и т.п. Как в этом случае?
 – **Думаю, что человеку генетический груз не в тягость. Уже накопилось достаточно, но человек все же не выродился. Вероятно, природа с этим как-нибудь справится.**

– Реально ли создание «биологического робота» и как это может быть связано с программой «Геном человека»?

– **С программой это никак не связано, и программа отрицает возможность и допустимость этого. Да и просто практически это сделать трудно. Если бы какой-нибудь безумец на это и решился бы, то учитывая медленное размножение человека и многие другие факторы, случится может следующее: прежде чем будет выведена «новая порода», этот наш гипотетический безумец умрет сам.**

Не следует думать, что гены определяют все. Много в человеке определено условиями жизни и обучения. И поэтому «породу» людей, но в другом, не чисто биологическом смысле, можно вывести путем обучения.

– **Значит, как исходные данные для создания, допустим, генетического оружия результаты программы «Геном человека» использованы быть не могут?**

– А как вы себе это представляете? Можно ли считать «генетическим оружием» такую ситуацию. Некий гражданин N обладает патологическим геном. И вот, его в качестве «генетического оружия» отправляют в другую страну и заставляют вступать в половую связь с женщинами. Это – «генетическое оружие»? В конце концов, та же радиация и есть генетическое оружие. Биологического генетического оружия, по-моему, не может быть. Во всяком случае, у меня тут фантазии не хватает. А вот портить геном – это мы можем уже сейчас, и портим с успехом.

– **Предположим, что весь геном человека секвенирован, все три миллиарда нуклеотидов описаны и получена их распечатка. Но сама по себе последовательность нуклеотидов, наверное, мало, что дает для исследователей без понимания их функций.**

– Абсолютно верно. И на тотальном секвенировании все это дело не кончается. Должна быть исследована функция всех

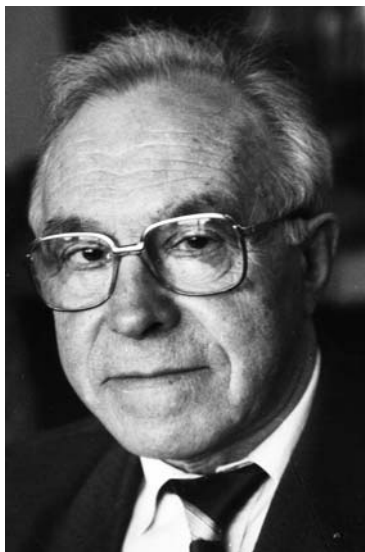
нуклеотидов и их взаимодействия. Продукты, которые вырабатывают гены, взаимодействуют между собой и действуют на соседние гены. Получаются очень сложные переплетения. Так что, секвенирование, несмотря на всю грандиозность программы, только первый шаг. Но путь этот реален для науки.

*Опубликовано в «Независимой газете»
5 января 1994 г. под заголовком: «Геном человека»*

Номо sapiens и его мозг

Философский афоризм Азы Тахо-Годи завораживает: «Материя – это есть возможность выразить себя во вне. И возможность эта – бесконечна». И Универсум пользуется предоставленной возможностью с изощренной фантазией, являя феерическое зрелище сущих форм и образов. Как вариант актуализации этой возможности – Номо sapiens, объект, привыкший думать, что он-то и есть идеальная форма самовыражения материи. Хотя об этом можно спорить. И спорят. «Жизнь – это болезнь материи, а разум – это болезнь жизни». По-существу, этот афоризм героя одного из романов братьев Стругацких – отчаянная попытка взглянуть на феномен Разума глазами Универсума, то есть – максимально отстранено. Что такое по сравнению с этим 50 миллионов ежегодно регистрируемых в США случаев заболеваний мозга? Российские 30 миллионов – картины принципиально не меняют. Впрочем, если Разум сам себе диагностирует патологию – значит дело не безнадежно.

Академик **Павел Васильевич Симонов**, директор Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук, член Международной организации изучения мозга, член Нью-Йоркской АН и Международной акаде-



мии астронавтики, изучает не просто строение и физиологию мозга. Предмет его исследований – самые «эфемерные», принципиально казалось бы не поддающиеся строгому научному описанию формы мозговой активности: психика, эмоции, мотивация поведения, структура творческого акта.

– Позвольте, Павел Васильевич, начать с детского вопроса: что такое мозг? Можно ли сейчас дать интегральное определение, которое учитывало бы основополагающие его характеристики и функции?

– О таком определении, наверное, можно говорить, хотя это вряд ли продуктивно. Сразу же возникает множество уточнений.

Мозг появляется на определенном этапе даже не эволюции, а развития нервной системы. Он формируется вначале в виде так называемого ганглия – скопления нервных клеток. А на уровне высших позвоночных животных близких к человеку и самого человека, мозг – это конгломерат огромного количества нервных клеток, которые собраны в отделы, имеющие свои определенные функции и которые, фактически, дважды управляют живым организмом. Прежде всего – взаимоотношением организма с внешней средой с целью самосохранения и саморазвития. (Я особенно подчеркиваю вторую функцию – саморазвитие. Обычно же делают акцент на самосохранении, на самовывживании. Но в истории эволюции были организмы, которые великолепно приспособились именно к самосохранению. Классический пример – высшие насекомые: термиты, муравьи и т.д. Они достигли совершенно замечательного равновесия с окружающей средой. Не зря некоторые мыслители-пессимисты говорили, что если разразится ядерная война, то на планете выживут только насекомые. Тем не менее, высшие насекомые оказались тупиковой ветвью эволюции.) Именно сочетание – самосохранение и саморазвитие, очень важно. И как раз мозг, организуя взаимодействие с внешним миром, обеспечивает обе эти тенденции.

Вторая важнейшая функция мозга – управление внутренней сферой организма: процессы пищеварения, дыхания, кровообращения и т.д., и т.д.

– Не попадаем ли мы при изучении механизмов деятельности мозга в методологическую ловушку: мозг пытается по-

нять, объяснить себя через себя же? Не возникает ли тут некий порочный круг, по аналогии с принципом неопределенности Гейзенберга в физике: нельзя одновременно определить координату частицы и ее импульс? И в нашем случае: одновременно мозг решает, какую-то задачу и пытается зафиксировать механизм, как он это делает?

– Я с удовольствием обменяюсь мнением по этому вопросу. Дело в том, что здесь гораздо важнее и продуктивнее, как мне кажется, привлечь не принцип неопределенности, а принцип дополнительности. Самое замечательное, что именно автор принципа дополнительности великий физик Нильс Бор обратил внимание научного сообщества на важность применения этого принципа в психологии.

Когда мы имеем дело с мозгом человека, в отличие от мозга животных, то перед нами предстают две реальности, неразрывно связанные, скорее дополняющие, чем заменяющие друг друга. С одной стороны, мозг – это объект, который можно изучать, анализировать, в том числе инструментальными методами (электрическая активность, строение, химический состав и т.д.). И в этом качестве он не отличается от любого другого объекта природы.

Но есть и субъективная сторона, связанная с деятельностью мозга – наше сугубо личное отношение к миру, оценка этого мира. Вот эта субъективная сторона, которая реально существует, не является предметом естественнонаучного познания. И человечество выработало специальную ветвь культуры, которая занимается субъективной стороной деятельности мозга – это искусство, прежде всего, мировоззрение, религия, в какой-то мере. И наука, и искусство имеют своей целью один объект: они познают человека, его мозг. Но пути этого познания совершенно разные.

Поэтому мне кажется, нужно постоянно учитывать эту взаимную дополнительность объективного и субъективного подходов к деятельности мозга.

И тот кажущийся парадокс, о котором вы спросили, снимается двойственностью процесса познания.

– Категории, с которыми вы работаете – называются, но четкого определения им, например в психологии, нет: «эмоции», «воля», «сознание», «характер», «личность» и т.п. Вы же

стремитесь дать им строгое нейрофизиологическое объяснение, определение...

– Я все-таки называют свою науку психофизиологией. Я не психолог в классическом смысле. Но есть такая пограничная область между психологией и физиологией – психофизиология.

Итак, по поводу определений в области той науки, которая мне близка. Это очень существенный момент. Создатель первой психофизиологической теории эмоций Джеймс (1884 г.) свою знаменитую книгу, которая жива до сих пор, назвал «What is an Emotion» – «Что такое эмоция». И вот что через сто лет, в 1985 году, в книге «Физиология человека» другой ученый, Янг, пишет: «Несмотря на то, что каждый из нас знает, что такое эмоция, дать этому состоянию точное научное определение невозможно. В настоящее время не существует единой общепризнанной теории эмоций, а также точных данных о том, в каких центрах и каким образом эти эмоции возникают и какой их субстрат».

Один из моих коллег в ответ на мою просьбу дать определение предмету, о котором сегодня мы с вами беседуем, заметил: «Я не играю в детскую игру в определения». И он по-своему прав. Как говорил Оскар Уайлд: «Определить – значит ограничить».

Но, с другой стороны, есть точка зрения Ивана Павлова и Александра Лурия, которые прямо говорят, что прежде, чем приступить к изучению нейрофизиологических механизмов явления, надо дать ему хотя бы рабочее определение. Иначе не понятно, что ты именно изучаешь. Не случайно одну из своих книг «Мотивированный мозг» (1987 год) я закончил главой, которая так и называется: «Естественнонаучное обоснование ключевых понятий общей психологии. Вместо заключения». В этой главе я рассмотрел такие понятия, как потребность, воля, личность, характер, эмоция, поведение, темперамент, сознание, свобода воли, воспитание, душа. Единственное, что я специально не обсуждал, так это понятие «совесть», которое оказалось очень важным и требующим отдельного исследования.

– Давайте попробуем немного подробнее остановиться хотя бы на определении понятия «душа». Как сочетается с развиваемыми вами естественнонаучными концепциями,

такое совершенно идеальное понятие? Или: что такое душа с точки зрения психофизиолога?

– Прежде – небольшое, но абсолютно необходимое отступление. Дело в том, что ключевым, базовым понятием для меня, – хотя я отнюдь не первооткрыватель, – является понятие «потребность». Об этом очень хорошо сказал академик Аксель Берг: «Все живое отличается от неживого наличием потребностей».

Почему-то, когда говорят потребность, имеют в виду, что-то материальное, биологическое: голод, жажда, жилище, одежда, секс... И на этом дело кончается.

– Вы ввели какую-то другую классификацию потребностей?

– Эту работу мы выполнили совместно с кандидатом искусствоведения Петром Ершовым. А вообще, на сегодня в мире существует около 20 подобных классификаций. Из зарубежных, ныне здравствующих исследователей, я, пожалуй, ближе всего к Маслоу в этом вопросе. Но своими непосредственными предшественниками считаю двух мыслителей – Гегеля и Достоевского. (Если говорит о Достоевском, я имею в виду его рассказ о Великом Инквизиторе.)

Итак, существуют три главных группы потребностей. Витальные, иногда их называют биологические: голод, жажда, защита от внешних вредностей и т.д.

Вторая группа – потребности социальные: принадлежать к группе; занимать в ней определенное место, не обязательно лидирующее; пользоваться расположением со стороны других членов данного сообщества.

Третья группа потребностей, – ее некоторые авторы страным образом объединяют с социальными, – это идеальные потребности. (Прежде, чем так назвать их, я попробовал все возможные термины.) Их не так много: потребность познания и потребность творчества. Но объединять их с социальными потребностями нельзя, они выполняют разные функции. Другое дело, что часто мы наблюдаем трансформацию феномена. Вначале возникает идеальное как поиск истины. Поиск бескорыстный и не имеющий никакой другой причины. Затем на него начинает наслаиваться социальное... В итоге, рядом со светлым ликом Христа появляются вдобавок крестовые походы, инквизиция и т.п.

– И какое это имеет отношение к душе?

– Самое непосредственное. Что мы называем душой? Это та степень, в которой у данной личности выражены и занимают достаточное место две потребности: идеальная – познания и разновидность социальной потребности, которая связана с заботой о других. Когда мы делаем акцент на первой потребности – мы говорим о духовности. Когда говорим о социально-альтруистической потребности – то это душевность.

– Насколько мне известно, главное направление вашей научной деятельности – нейрофизиология и психофизиология мотиваций и эмоций. Вами и вашими коллегами разработана потребностно-информационная теория эмоций. Что лежит в ее основе?

– В 1964 г. результаты экспериментов привели нас к выводу о том, что эмоция есть отражение мозгом человека и высших животных какой-либо актуальной потребности и вероятности (возможности) ее удовлетворения в данный момент.

Зависимость силы и знака эмоциональной реакции от величины потребности и вероятности ее удовлетворения была затем многократно подтверждена психофизиологическими исследованиями.

– В чем заключались эти исследования?

– О, это очень любопытный эпизод. В качестве испытуемых я попросил тогда принять участие актеров театра «Современник», совсем еще молодых. Главный режиссер Олег Ефремов дал мне добро. Я с удовольствием вспоминаю наши эксперименты, в которых участвовали Миша Казаков, Олег Табаков, Игорь Кваша, многие другие.

Меня не интересовали мимика, жестикуляция. Наоборот, это мне мешало. Я просил их в той мере, в какой это возможно, чтобы этого вообще не было. У меня имелся гораздо более надежный показатель – вегетативные сдвиги: изменение частоты сердцебиений, изменение кожных потенциалов, электрической активности мозга. Я обвешивал актеров датчиками и просил только об одном: мысленно представить какую-то ярко эмоционально окрашенную ситуацию. Если сердце у испытуемого бьется так, как оно не может биться у человека, неподвижно сидящего в кресле – значит единственным источником этого могло быть только его эмоциональное напряжение. Одновремен-

но, я очень тщательно расспрашивать актеров, что это была за картина (конечно, если это не касалось каких-то интимных моментов, о которых испытуемый не желал говорить).

Сопоставляя объективные физиологические критерии эмоционального напряжения с субъективным рассказом о переживании, я и убедился, что очень существенны два момента: чего человек хотел, как он прогнозировал достижение желанной цели и как он реально был близок к ней или далек от нее.

Через 20 лет, в 1984 году, американские исследователи Прайс и Барелл повторили эти эксперименты в чисто психологическом плане. Они просили испытуемых самим отмечать на специальных шкалах силу своего желания, предполагаемую вероятность достижения цели и степень эмоционального переживания. Количественная обработка данных подтвердила существование зависимости, которую автору называли General Law of Human Emotion – Общий закон человеческих эмоций.

– В научно-популярной литературе часто приводится одна очень любопытная и очень интригующая цифра: человек использует не более 10 процентов потенциальных возможностей своего разума, мозга. Вам приходилось заниматься этой проблемой?

– Я не знаю серьезных работ, где бы корректно доказывалось само это правило. Более того, я бы не сказал, что существуют наблюдения, подтверждающие, что человек в экстремальных ситуациях лучше решает интеллектуальные задачи, чем в обычных условиях.

– Но не зря же говорят, имея в виду именно экстремальные ситуации, что тут включается какой-то специфический механизм: «меня вело провидение», «я не осознавал, что делал»...

– Работал ли мозг лучше или хуже в экстремальном состоянии – это вопрос открытый. Я точных, строгих, корректных исследований на эту тему не знаю.

Но другое дело, что действительно в экстремальных ситуациях человек переходит к более ранним, более древним способам реагирования. И это реагирование – именно потому, что оно более древнее, более простое – протекает подсознательно, неосознанно. Человек в экстремальной ситуации может делать все правильно, но сам при этом не осознавая, как это у него по-

лучается. Просто мы извлекаем очень древние пласты наших навыков.

Что характерно для действий человека в состоянии сильного эмоционального напряжения? Переход к более древним формам реагирования. Одной из таких форм является реагирование по принципу доминанты. Этот принцип работы мозга открыт нашим замечательным соотечественником, физиологом до сих пор в полной мере недооцененным, Алексеем Ухтомским.

Когда возникают эмоции? В ситуации неопределенности, когда нет полноты информации. Если человек точно знает что, когда и как надо делать – он спокоен, ноль эмоций. Представьте себе некоего гипотетического детектива, который входит в огромное, темное помещение – подвал, гараж – то, что мы каждый вечер сегодня в изобилии видим по телевизору. Он знает, что там есть враг, но не знает, где точно. Тогда наш детектив и переходит на поведение по принципу доминанты. На любое изменение в окружающей среде – шорох, промелькнувшая тень – он начинает реагировать, как на сигнал об опасности. Происходит то, что Сартр назвал «магическим превращением мира». На самом деле, хлопнувшая створка окна никакого отношения к реальной опасности не имеет. Но мозг делает это сигналом опасности на всякий случай. Миллионы лет эволюции научили: лучше сто раз отреагировать на ложный сигнал, чем отреагировать девяносто девять раз и пропустить тот единственный, цена которому – жизнь.

– Этот пример с человеком в темном подвале... На ваш взгляд, он как-то связан с таким феноменом, как озарение, инсайт? Есть ли тут, какие-то нейрофизиологические аналогии?

– Совершенно верно, есть, конечно. И этому посвящена моя последняя книга, только что вышедшая и печати – «Создающий мозг. Нейробиологические основы творчества».

Нужно было сделать два очень важных шага. Во-первых, еще раз ввести представление о сверхсознании. Еще раз подчеркнуть, что неосознаваемое психическое делится, по крайней мере, на две разновидности: подсознание и то второе, что Станиславский назвал сверхсознанием. И меня этот последний термин удовлетворил как антагонист: подсознание–сознание–сверхсознание.

И подсознание, и сверхсознание не осознаются. Но подсознание – это то, что было осознаваемо или может стать таковым. Это те способы, правила, которые в силу их привычки ушли из сферы сознания. Если речь идет не о навыках какого-то рукотворного дела, а о социальных нормах поведения, то тогда это то, что Фрейд назвал «Сверх-я». Эта одинаковая приставка – «сверх» в двух терминах, часто сбивает с толку: «Что, сверхсознание? Так это же «Сверх-я» Фрейда!», а это, в действительности, абсолютно неверно.

– **Фрейд, как раз, имел в виду не «сверх», а «под»...**

– Да. А сверхсознание – это механизм рекомбинации элементов ранее накопленного опыта, в результате которой возникает нечто новое, чего нее было не только в предшествовавшей жизни субъекта, но не было и в культуре, к которой он принадлежит. Это – зародыш идеи, решения, открытия в любой области.

Таким образом, творчество – это сфера сверхсознания.

– **А что мы знаем о физиологических механизмах творчества?**

– Очень мало. Еще меньше, чем о памяти и даже о сознании. Пока можно только указать на те области современной психофизиологии, которые могут быть привлечены к изучению этого механизма (хотя и они далеко не исчерпывают его). И таких областей я нашел две. Во-первых, это уже упоминавшаяся доминанта Ухтомского. К аналогичным взглядам сейчас приходят многие ученые, например, нобелевский лауреат Эйдельман в своей знаменитой книге «Нейродарвинизм».

А родоначальник этой идеи, в какой-то степени, сам Дарвин. Он применил свой принцип эволюции к формированию языков. Тимирязев уже четко сформулировал идею. Творчество человека суть творчество природы: процесс возникновения нового в человеческой психике и в человеческом творчестве, аналогичен процессу возникновения новых видов живых существ в природе. При этом в эволюции четко выражены две стадии: вариативность и отбор.

Я глубоко убежден, что эта аналогия справедлива. Фундаментальные законы природы универсальны. Природа, найдя что-то, не отказывается от эксплуатации найденного в максимальной степени.

Доминанта обеспечивает вариативность – вспомните опять моего детектива, который стреляет на любой шорох. Доминанта перемешивает следы ранее полученных впечатлений. Но это не слепой поиск, он канализирован мотивацией, потребностью и опытом данного человека.

– **Чем же обеспечивается отбор?**

– Асимметрией двух полушарий мозга. С большой осторожностью, но я бы сегодня решился сказать, что по некоторым данным, в том числе экспериментальным, генерируют гипотезы передние отделы правого полушария, бессловесного, неосознающего. А левое, речевое, сознающее полушарие, ведет отбор – что оставить, что отбросить; что приближает к истине, что удаляет от неё.

О чем бы я еще упомянул, так это об очень интересной идее российского психофизиолога, работающего в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, Евгения Соколова. Он много работал с нейронами новизны. Эти нейроны откликаются, если подаваемый на них сигнал – звук, свет, прикосновение – новый, еще не хранящийся в долговременной памяти. Соколов выдвинул гипотезу, что нейроны новизны способны реагировать не только на новый сигнал, но и на новую комбинацию следов уже хранящихся в памяти. Для этого нужен механизм, который эти следы растормошит и перегруппирует. А это делает доминанта Ухтомского.

– **В своей книге «Созидающий мозг» (М., 1993 г.) вы целый раздел, «Наука и мифы», посвятили так называемым парапсихологическим или пси-феноменам. Все они сводятся, так или иначе, к широко эксплуатируемому сейчас понятию биополе...**

– По поводу поля. Как в юриспруденции существует принцип презумпции невиновности, так и в науке есть принцип презумпции доказанного. Я могу верить во что угодно – в Христа, в Будду и, в том числе, в биополе. Но как естествоиспытатель я должен придерживаться принципа презумпции доказанного. Пусть мне будут предъявлены неопровержимые свидетельства реального существования этих пси-феноменов. Но на сегодняшний день мне не известно ни одной работы с положительным результатом.

В Институте радиотехники и электроники РАН, который возглавляет академик Юрий Гуляев, была создана в свое время

специальная лаборатория под руководством профессора Годика. С невиданной щедростью для тех времен лабораторию оснастили новейшей аппаратурой. Была поставлена задача – на самом верху! – посмотреть, есть ли у лиц, называющих себя экстрасенсами, какое-нибудь поле, которого нет у нормальных людей. Достоверным можно считать только один результат этих исследований. У лиц, называвших себя экстрасенсами, не обнаружено физических полей – термических, электромагнитных, электростатических, акустических и т.п., – отличных от полей контрольных («обычных») субъектов. Опыты ставились, в частности, с участием известной «целительницы» Джуны Давишвили.

Поэтому, биополе – это предмет веры, а не предмет науки.

– Но, тем не менее, есть документально зафиксированные эффекты, связанные с деятельностью мозга, совершенно необычные на первый взгляд.

– А воскресение Христа – плохо документировано? Это, пожалуй, превзойдет любые пси-феномены!

Поймите, нет таких пси-эффектов. Не существует корректно поставленных экспериментов. В тех случаях, когда получается какой-то результат, выходящий за пределы теории вероятности, там было возможно еще несколько десятков альтернативных толкований.

Если наука проделала путь от космических представлений древних египтян до современной астрономии и модели расширяющейся Вселенной, если технология вооружила человека – изобретателя каменного топора – космическим кораблем и атомной энергией, то чудеса в конце 20 века остаются абсолютно такими же, как несколько тысячелетий назад. В данной области прогресса нет.

Меняется только номенклатура, упаковка: раньше были ангелы и демоны, а теперь – «лептоны добра и зла».

Очень многие явления, которые относятся ко всяким пси-феноменам, в том числе практически все целительство, – это гипноз и психотерапия. Фрейд выразился однажды очень афористично: «Гипноз – это толпа из двоих, где гипнотизер играет роль лидера, а гипнотизируемый – ведомую им толпу».

И все же есть нечто, существенно отличающее магов и колдунов прошлого от наделенных «сверхестественными» способ-

ностями современников. Это апелляция к науке, ибо чуду и тайне, по пронизательному утверждению Достоевского, совершенно необходим авторитет. Миф как продукт творческой деятельности ума интересен сам по себе. Воплощенный в художественную форму, он становится произведением искусства. Миф, выдаваемый за науку, опасен и разрушителен. Двадцатый век знает тому, увы, множество примеров.

*Опубликовано в «Независимой газете»
7 июня 1994 г.*

Болезнь с точки зрения микроба



«О, в чем обрести избавление от изменчивости вещей и наказания, имя которому «Бытие»? – так проповедовало безумие», – писал Фридрих Ницше. А ведь и действительно – безумие пытаться избавиться от изменчивости вещей, а тем более от изменчивости этого «наказания» – Бытия. Постоянно только одно – изменения. Но где причина, в чем источник этой, бесконечной, повидимому, череды изменений? Кажется, ответ давно найден – закон перехода количественных изменений в качествен-

ные. Но в подобной жесткой детерминированности – слабость всех идеологий: они беззащитны перед фактами, которые необъяснимы с позиций, принятых в данной идеологии.

«Эволюция генома привела к выработке сложной системы сочетаний, благодаря которой четырем «буквам» (азотистые основания: аденин, гуанин, цитозин, тимин) записывается, по существу, бесконечное число качеств, определяется все бесконечное разнообразие признаков представителей животного и растительного мира», – с этого началась моя беседа с академиком Российской академии медицинских наук, главным ученым секретарем президиума РАМН **Донатом Семеновичем Сарки-**

совым. Патологоанатом Саркисов изучает структурные основы болезней человека. 40 лет он работает в Институте хирургии им. Вишневского, в котором сейчас заведует лабораторией патологоанатомического отделения.

Итак, речь идет о качественных сдвигах, происходящих без количественных изменений элементов системы – так называемый рекомбинационный механизм.

– Донат Семенович, насколько я понимаю, вы покусились на святая святых и философии, и естествознания – на закон перехода количественных изменений в качественные. Открываем любое пособие по философии: «Качественные изменения – точно определенным для каждого отдельного случая способом – могут происходить лишь путем количественного прибавления либо количественного убавления материи или движения (так называемой энергии)». Известнейшее высказывание Фридриха Энгельса, ставшее чуть ли не афоризмом.

– Во-первых, зря вы меня подозреваете в покушении на законы материалистической диалектики. Они работали и работают вполне исправно. Да, мы все с вами учили, что новое качество появляется или вследствие количественного накопления, или убыли каких-то элементов. Хрестоматийный пример – Периодическая система Менделеева: качественные различия химических элементов обусловлены увеличением или уменьшением их атомного веса. Но, кстати, один из крупнейших естествоиспытателей XIX века Э. Дюбуа-Реймон заметил: «Частица железа остается одной и той же, когда она в метеорите пролетает по мирозданию или катится в колесе по рельсам, или в шарике крови течет по жилам поэта».

Мир бесконечно разнообразен. Но какими бы сложными и загадочными ни казались нам явления природы, всегда при достаточно глубоком научном анализе они оказываются скомпонованными из небольшого числа более простых составляющих. Это правило имеет абсолютное значение.

А что касается высказываний Энгельса, так вот вам еще одно: «В физике, и еще больше в химии, не только имеет место постоянное качественное изменение в результате количественных изменений, то есть переход количества в качество, но приходится также рассматривать множество таких качественных изменений,

обусловленность которых количественными изменениями совершенно не установлена». И напечатаны эти слова в том же томе собрания сочинений, что и приведенные вами, только на 182 страницы дальше. Но мимо этого почему-то все проходят. Этот вопрос, имеющий первостепенную важность, в частности для разработки одной из центральных проблем патологии – проблемы адаптации и компенсации нарушенных функций, должного внимания к себе не привлек. Он не подвергся специальной разработке ни в биохимии, ни в токсикологии, ни в генетике и иммунологии, которые представляют для такого исследования самую благодатную почву. Впрочем, и философы проходят мимо него.

– Но существует закон сохранения энергии: в природе ничего не может произойти без затраты энергии. Может быть, внешние энергетические влияния на ту или иную систему надо рассматривать в качестве одного из вариантов количественных изменений? Ведь и Энгельс, в процитированном мной высказывании, фактически, говорит об этом.

– Такой подход, действительно существует, но он, по-моему, несостоятелен. Ведь при этом, в сущности, нивелируется принципиальная разница между двумя конечными результатами этих энергетических влияний: в одних случаях под их действием качество системы меняется из-за увеличения числа ее структурных элементов, в других же дело ограничивается рекомбинационными преобразованиями внутри самой системы без изменения числа ее элементов («без количественного изменения этого тела»). При этом не исключено, что энергетические затраты, необходимые для формирования новых структур, могут значительно превышать те, которые требуются для рекомбинационных преобразований уже имеющихся структур. Об этом может свидетельствовать, например, тот факт, что молекулярные, в частности, ферментативные реакции, в рамках которых происходят важнейшие рекомбинационные преобразования, протекают со скоростями в тысячные и миллионные доли секунды. А вот для «постановки на конвейер» количественных реакций организма (наращивание числа клеток – гиперплазии) требуется резерв времени, исчисляемый несколькими часами.

Количественные изменения в виде прибавления или отнятия энергии – это хотя и обязательный, но только первый этап, предшествующий качественным изменениям системы. Качест-

венные изменения при этом могут произойти двояким путем: в результате изменения числа элементов системы или вследствие только перегруппировки последних.

Энгельс не мог раскрыть подобной двухэтапности в возникновении качественных изменений системы, скорее всего, из-за недостаточности в то время фактических данных.

– В химии, однако, уже были известны изомерия и конформация...

– Да, эти явления уже были открыты. При изомерии ничего не происходит кроме изменения пространственного расположения атомов или групп атомов.

Близко к явлению изомерии стоит конформация – одно из возможных различных состояний многоатомных молекул, определяемое вращением какого-либо атома или группы атомов вокруг своих связей.

Но вот биологическая наука во времена Энгельса была еще слабой. Этим и объясняется противоречивость приведенных выше двух его высказываний.

– А почему вы считаете, что рекомбинационный механизм возникновения нового качества особенно важен при изучении медико-биологических закономерностей функционирования живых систем?

– Есть веские основания говорить о рекомбинационных преобразованиях как о важном механизме адаптивных реакций организма. В настоящее время перед теоретической медициной стоит весьма важный и столь же загадочный вопрос о том, как организм так быстро приспосабливается к действию все новых и новых тысяч и сотен тысяч химических веществ? Причем веществ, которые появляются в процессе промышленной деятельности человека и с которыми организм не «познакомился» в процессе эволюции. Около 10 миллионов ядов действуют на нас все время. Чтобы нейтрализовать их, нужны миллионы новых противоядий. А этого нет!

Одним из примечательных свойств живого организма является относительная скудность его ответных реакций на то, почти бесконечное, разнообразие качественно различных внешних воздействий. Это предполагает наличие ограниченного числа стандартных защитных реакций, с помощью различных комбинаций которых организм отвечает на самые разно-

образные влияния среды. Эволюция выбрала этот вариант, по-видимому, как наиболее эффективный и экономичный, создав набор из небольшого числа так называемых типовых общепатологических процессов – воспаления, тромбоза, регенерации, гипертрофии, иммунитета и др., встречающихся при всех болезнях. С помощью всевозможных вариантов из этих элементарных единиц «патологоанатомического алфавита» организм вполне успешно обходится в своих весьма разнообразных и широких «внешних сношениях».

– **Предположим, в организм поступил некий яд. Какова схема действия рекомбинационного механизма защиты в этом случае?**

– Общая схема, причем не только для процессов детоксикации, но и для иммунологических реакций, такова: выработка антивещества (в случае детоксикации – фермента, ответственного за нейтрализацию яда; в случае иммунологических реакций – антитела); соединение антивещества с патогенным фактором и, наконец, выведение полученного нейтрального продукта из организма.

Как я уже говорил, количество ядов, окружающих нас огромно. Что же, на каждый из них вырабатывается свое противоядие? Оказывается, нет. Определенный белок встречается с токсическим агентом и так конформируется, что получается комплекс, который и выводится из организма. Так работает, например, гемоглобин: он может находиться в двух конформационных состояниях, так называемые Т-структура и Р-структура, отличающихся сродством к кислороду.

Весь генетический аппарат у человека так и работает – постоянно перестраивается. Но не только у человека. Диалектика инфекционного процесса заключается в том, что если макроорганизм с помощью иммунных, воспалительных реакций, «тонко и изобретательно» защищается от микробов, то и микробы, столь же «изошпренно» приспосабливаются и становятся нечувствительными к иммунной и воспалительной реакциям организма. В итоге такого, нередко длительного соперничества направленных друг на друга приспособительных реакций, инфекционный процесс растягивается во времени и становится хроническим.

Это ведь только человек думает сам про себя, что он – пуп земли. Но микроб тоже «хочет» выжить и тоже приспосаблива-

ется к нам. Отсюда – привыкание к антибиотикам, например. В геноме у микроба происходят колоссальные перестройки: у одного и того же микроба может быть до 300 конформаций!

Один наш очень крупный патологоанатом парадоксальным образом взглянул на ситуацию. Болезнь с точки зрения микроба: там может быть своя «академия» и «академики», которые соображают – как защититься от такого зверя, как человек.

Все живое – приспосабливается. Если организм теряет эту способность, он не может адаптироваться к среде.

– **Так что, можно выдвинуть революционный лозунг: «Дашь новое качество при том же количестве»?**

– Я думаю, что количественный и рекомбинационный механизмы вообще сопряжены. Появился яд – начались конформационные изменения. Но если при этом не нарабатывается, количественно, нового фермента, то не хватит и противоядия. Наоборот, если не произошло предварительно конформации, а просто стало увеличиваться число уже существующих ферментов, то это аналогично тому, как если бы в качестве противоядия использовать воду.

Поэтому я и говорю, что наши представления об адаптации хромали на одну ногу. Всегда думали, что приспособление идет только по количественному механизму – регенерация, гиперплазия. Так вот, если будут просто накапливаться индифферентные ферменты без конформации, то противоядия не получится.

– **Не здесь ли проходит некая граница между живыми системами и неживыми?**

– Да, прежде всего, конформационная составляющая качественных изменений характерна для живых систем и особенно на молекулярном уровне. То есть, для тех уровней, где наибольшая подвижность реакций.

– **Исключительно только на молекулярном уровне?**

– Не только, конечно. Качественные изменения без изменения количества наблюдаются и на тканевом уровне, и на уровне организма.

Губчатая кость состоит, как бы, из балок. (Кстати, расположение стальных балок Эйфелевой башни абсолютно соответствует строению губчатой кости. Природа, «через» человеческую голову, второй раз создает то, что она уже создала сама раньше!). И если нагрузка на ногу меняется, то кость тоже перестра-

ивается (масса, количество кости, при этом сохраняется). «Балки» в кости выстраиваются соответственно приложенному усилию. Например, у космонавтов сильнее всего разрушается пяточная кость. Она рассасывается больше, чем другие, ведь в земных условиях на нее падает самая большая нагрузка, тогда как в невесомости этого нет.

Сейчас все больший интерес исследователей привлекает изучение стереологической (пространственной) конструкции нервной ткани. Очевидна строгая пространственная упорядоченность взаимоотношений нейронов и их контактов, например, в коре головного мозга.

Может оказаться, что тот или иной патологический процесс в нервной системе, приобретенный и особенно врожденный, обусловлен только неправильностями взаимного расположения нервных клеток, ненормальностями их связей. Другими словами, возможна ситуация, когда в основе функциональных нарушений лежит ненормальное пространственное расположение нормальных нервных клеток. Такая ситуация особенно вероятна при психических болезнях.

А вот причудливые сочетания самых разнообразных и разновременных жизненных впечатлений, столь характерные для сновидений, возможно, следует рассматривать в качестве примера хаотических рекомбинаций в психической сфере.

– В вашей книге «Очерки истории общей патологии» есть любопытный пример с шахматной игрой: 32 фигуры и 64 клетки – и уже несколько тысячелетий не могут перебрать все возможные варианты. Если вернуться к этой аналогии, то применительно к организму человека, в котором значительно больше «исходного материала», означает ли это бесконечные в принципе адаптационные возможности?

– Конечно. Только надо понять эти механизмы.

Давайте прикинем, что за материал у нас с вами в черепной коробке. 14 миллиардов нервных клеток, тесно переплетенных между собой посредством своеобразных отростков – аксонов. И на каждом аксоне – до 400 тысяч шипиков. Сколько же может быть сочетаний из этого «исходного материала»! Шахматы перед этим бледнеют.

*Опубликовано в «Независимой газете»
19 июля 1994 г*

Бесконечный текст из четырех букв

С 1989 года в СССР была принята Государственная научная программа «Геном человека», председателем научного совета которой он был до последних дней своей жизни был академик Александр Александрович Баев. Сегодня над этой проблемой продолжают работать его ученики и коллеги. Среди них – директор Института молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, академик Андрей Дарьевич Мирзабеков.



– Андрей Дарьевич, насколько я знаю, вы принимали непосредственное участие в разработке нового, оригинального метода секвенирования генома человека. Что он из себя представляет?

– Носителем всей наследственной информации у живых существ является молекула ДНК. 23 пары человеческих хромосом представляют собой жгуты из плотноупакованных нитей ДНК. Вся ДНК образована 3 миллиардами так называемых нуклеотидных пар. Участок ДНК, кодирующий синтез того или иного белка – ген. Ген – это элементарная единица наследственности. По оценкам, геном человека, то есть совокупность всех генов и

негеновых участков, состоит из более, чем 100 тысяч генов. Установление нуклеотидной последовательности генов и всего генома, собственно, и называется секвенированием. Задача эта не только невероятно сложная сама по себе, она еще и невероятно трудоемкая. В нашем институте был предложен новый метод секвенирования.

Для понимания сути этого метода можно провести аналогию с тем, как учатся читать дети. В русском алфавите, например, 33 буквы и из них могут быть составлены тексты любой длины. Дети сначала учат эти буквы, затем учатся читать слог за слогом. На более высоких уровнях – словами. Читатель с большой практикой может читать предложениями, абзацами, некоторые утверждения, что они читают даже страницами.

Текст генома человека записан четырьмя «буквами», роль которых выполняют четыре нуклеотида. Современными методами генетический текст, эта последовательность четырех нуклеотидов, читается «буква за буквой». Мы предложили способ, который позволяет читать целыми словами и даже предложениями. Для этого создается так называемый секвенирующий микрочип. По некоторым свойствам он очень близок к своему электронному собрату. Задача электронных микрочипов – собрать и обработать огромное количество информации. Биологические микрочипы должны облегчить задачу сбора биологической информации.

Упрощая, можно сказать, что биологический микрочип представляет собой специальную пластинку, на которую нанесен набор из всех возможных 65536 фрагментов, содержащих по восемь нуклеотидных звеньев. Каждое звено – из четырех нуклеотидов. (Это, по сути дела, все возможные «слова», состоящие из восьми «букв» – 4 в степени 8). Исследуемый фрагмент ДНК сравнивается с каждым фрагментом на микрочипе, и мы видим, какие из всех мыслимых восьмичленных последовательностей есть в составе исследуемой ДНК. Это и позволяет нам читать гораздо быстрее.

– Нанести более 65 тысяч полинуклеотидов на одну пластинку... Ведь это огромное количество!

– Но даже это не предел. В США уже существуют интересные разработки, позволяющие еще больше увеличить интенсивность чтения генетического текста. Мы эту работу начали в

1988 г. Одновременно такой же подход был предложен в Англии и Югославии. В то время все считали, что это – из области научной фантастики: казалось немыслимым, что можно синтезировать и нанести на подложку 65 тысяч олигонуклеотидов (коротких фрагментов ДНК). Но сегодня – это вполне выполнимая технологическая задача. Мы у себя в институте создали робот, который позволяет наносить уже сотни и тысячи олигонуклеотидов. Правда, пока этот робот позволяет получать микрочипы не для секвенирования, а для диагностики наследственных заболеваний.

А вообще, открывается широкая область применения метода. Ведь важно, в конце концов, не только прочесть геном какого-то одного человека, но получить информацию по многим геномам: чем каждый человек отличается от другого – к каким предрасположен болезням, какие профессии для него больше подходят. Нас интересует и то, насколько близок человек к другим животным и растениям по своему генетическому строению. Изучение геномов животных и растений чрезвычайно важно для сельского хозяйства, медицины. Необъятное поле деятельности! В этом плане, как мне кажется, предложенный метод может стать революционным – настолько он простой и быстрый.

– Уже существующие автоматы рассчитаны на расшифровку до 20 тысяч нуклеотидов в день. Какова производительность вашего метода?

– Мы надеемся, что ее можно будет довести до миллиона нуклеотидов в день. Но самое главное – здесь открывается совершенно новая область, я бы назвал ее «биологией микрочипов».

До сих пор биология не была теоретической наукой. Происходил поиск экспериментальных фактов, поиск очень разрозненный. Одни ученые занимались белками, другие – нуклеиновыми кислотами; одни – хромосомами, другие – рибосомами и т.д. Из-за деревьев не было видно леса. Установление структуры геномов и развитие биологии микрочипов создает предпосылки для создания общей теоретической биологии, когда мы сможем без эксперимента, на основании известной структуры совокупности многих генов, предсказывать, как эти гены будут функционировать.

– **А не получится ли, как в известной поговорке: лучше – враг хорошего?**

– В геноме человека содержится около 100 тысяч генов; отдельным геном, обычно, занимаются две-три лаборатории; в каждой лаборатории, допустим, пять сотрудников. То есть, на каждый ген приходится 10-20 человек, его изучающих. Генов, повторяю, 100 тысяч. Это уже – два миллиона ученых. Но изучать надо не только структуру генов, но и то, каковы функции генов на уровне клетки, на уровне организма. Если учесть, что надо изучать гены не только человека, но и других организмов, то легко придти к заключению, что все научные сотрудники, если не все люди в мире, должны быть биологами.

Старый подход – изучение отдельных генов, их функций – себя исчерпал: не хватит всех ресурсов человечества, чтобы понять, что такое живой организм. Но когда вы знаете структуру всего генома, то можно предсказывать структуру белков, их функциональную роль и механизм функционирования. Такой интегративный подход позволяет рассматривать биологию не как огромное количество разрозненных фактов, а как некую общность. После Дарвина всеобъемлющей теоретической биологии не было, были – теории. Программа «Геном человека» открывает путь к новой биологии – теоретической.

– **Кстати, ведь в начале создания программы секвенирования генома, очень многие специалисты относились к ней весьма скептически: мол, секвенирование генома человека столь же бесполезно, как перевод полного собрания сочинений Шекспира в клинописные тексты с тем различием, что секвенирование труднее осуществимо и не так понятно.**

– На мой взгляд, в совокупности с программой «Геном человека» сейчас возникает новая биология – биология микрочипов. Она позволит быстро находить ответ на вопрос о структуре ДНК. Можно себе представить микрочипы, которые смогут в одном эксперименте идентифицировать работающие гены и конкретно оценить интенсивность их работы. Микрочипы могут позволить одновременно идентифицировать тысячи микроорганизмов в одном образце. Например, можно надеяться изучить всю микрофлору желудка человека непосредственно в одном эксперименте, не идентифицируя каждый микроорганизм в отдельности. Точно также можно будет анализировать

все компоненты крови – на одном биологическом микрочипе. Это, фактически, новая идеология.

Александр Александрович Баев предвидел такой ход событий. Он умел вникнуть и предсказать логику развития науки. Когда мы с ним расшифровывали последовательность всего 77 «букв»-нуклеотидов в молекуле транспортной РНК (тип нуклеиновых кислот, которые в клетках всех живых организмов участвуют в реализации генетической информации – **А.В.**), Александр Александрович осознал, что то же самое необходимо делать и на более высоком уровне и что именно в этом направлении будет двигаться современная биология. Это логически привело его к пониманию необходимости организации у нас в стране работ по программе «Геном человека». Эта программа, начатая в 1989 г., кстати, была одной из первых государственных научных такого рода в мире.

– **В книге английского ученого Ричарда Докинза «Эгоистический ген», идея уникальности генов доведена до предела: настоящим и единственным живым элементом природы являются гены, а человек и все другие организмы – только машины, воспроизводящие его. Что вы думаете по поводу этой концепции?**

– Сотни лет существует вопрос: что старше – яйцо или курица? Не является ли курица лишь способом, с помощью которого яйца воспроизводят себя? Меня тоже привлекла эта очень интересная книга. И действительно, многие факты, казалось бы, согласуются с концепцией «эгоистического гена». На самом деле, хотя гены и могут, скажем, эволюционировать, но живут-то не гены, а организмы. От генов, конечно, зависит очень многое, но организм, все-таки, – это качественный скачок совсем в другие измерения.

Когда установят структуру всего генома, то можно будет рассматривать организм не как совокупность отдельных генов, а как интегративное сообщество, в котором гены организованы в единое целое, геном. Наряду с «эгоистическими» генами, существуют и «эгоистические» ДНК с неизвестным назначением. Установлено, что более 90 процентов ДНК генома, например, человека являются «избыточными», не несущими, казалось бы, никакой информации. По крайней мере, пока мы не знаем ее функции. По-английски эту ДНК так и называют «junk» – му-

сор. Но тот факт, что мы не знаем ее роли, не означает их ненужность. Я бы попытался провести аналогию организации генома с организацией человеческого общества.

Спартанцы, например, убивали дефектных детей. А современное общество содержит и калек, и больных, и даже убийц. Многие гениальные люди, внесшие совершенно замечательный вклад в создание техники, культуры, религии были неполноценными с медицинской точки зрения. Я, повторяю, со многими положениями книги Докинза согласен. Считаю, что действительно отбор происходит на уровне генов, что они играют важную роль в эволюции. Но пока все же неясно, насколько все свойства человека определены генетически, а не приобретены в процессе индивидуального развития. Эксперименты с однояйцевыми близнецами свидетельствуют, что на долю наследственности приходится около 50-60 процентов. Остальное в человеке, вероятно, формируется условиями его жизни.

– Предположим, что весь геном человека расшифрован. Но вы сами сказали, что геномы каждого человека индивидуальны. Значит ли это что, каждый геном надо секвенировать? Кроме того, геномы часто подвержены перестройкам, они достаточно динамичны.

– Сейчас сам собой этот вопрос отпал – работают с культурами клеток человека, а не с клетками какого-либо индивидуума. Я большой энтузиаст программы секвенирования генома каждого человека. И надеюсь, что технология секвенирующих микрочипов позволит создать, по аналогии с персональными компьютерами, персональные секвенаторы. Человек будет иметь возможность изучать свой собственный геном.

Перед человечеством сейчас стоит достаточно серьезная задача: что делать людям с собственным досугом, которого становится все больше и больше? Как использовать интеллектуальный потенциал людей, которые не знают, чем занять свободное время? Может быть, создание персональных секвенаторов позволит каждому индивидууму подходить к самому себе осмысленно, следуя афоризму древних греков – «Познай самого себя!». Они дадут возможность каждому человеку изучать себя: кто он такой, для чего создан, к чему приспособлен, как максимально использовать свой потенциал? И если довести эту идею до логического конца – я надеюсь, это не звучит абсурдно, – че-

ловека еще в школе должны учить устанавливать структуру своего собственного генома, точно так же, как учат чтению и арифметике. И лишь после прочтения своего генома он, положим, выходит на пенсию.

– Удивительный факт: геномы человека и мыши по размерам, примерно, одинаковы – 3 миллиарда нуклеотидных пар. В то же время, есть организмы качественно более низкого уровня – саламандры, лилии: у них геном в 30 раз больше! Проследивается ли в этом какая-то закономерность?

– Генетически – человек, мышь и другие животные очень близки, какого-то большого количественного разрыва, по-видимому, нет. Различие между ними только в уровне интеллекта, в организации мозгового аппарата. Это может быть связано с более эффективным функционированием того же самого генома.

Что же касается саламандры, то здесь, опять-таки, можно привести сравнение с человеческим обществом. В нем много индивидуумов, которые, как бы, не приносят очевидной пользы. Что обществу выгоднее – создать жесткий полицейский аппарат для их ликвидации или позволить всем существовать? Может быть, создание такого аппарата для общества, как свидетельствует история, во многих отношениях обойдется дороже, чем демократия, которая позволяет каждому жить, выбирая оптимальный жизненный путь.

У саламандры, достаточно примитивного организма, возможно, не хватило потенциала упростить свой геном до более разумного уровня. То есть, создать более эффективную структуру, которая позволила бы работать с меньшим количеством ДНК.

– Сейчас много ведется разговоров о том, что homo sapiens как вид идет к вымиранию в связи с накапливающимся генетическим грузом...

– Мне кажется, что с этой стороны вымирание нам не грозит. Человечество неизмеримо разнообразно. А сейчас происходит интенсивное перемешивание геномов, индивидуумов, наций, рас. Скорее, человечеству угрожает самоуничтожение в результате неразумного пользования плодами научно-технического прогресса.

Культурный и технологический взрыв, который происходит на протяжении последних тысячелетий, привел к тому, что

культурная, в широком смысле слова, эволюция намного опередила биологическую. У человека тот же самый геном, что и десятки тысяч лет назад, и с этой точки зрения мы как бы не приспособлены к научно-техническому и культурному взрыву. Вопрос в том, должно ли человечество изменить свою биологическую природу или оно найдет какие-то разумные способы существования, чтобы избежать своего занесения в красную книгу исчезающих организмов.

– А есть ли какие-то доказательства на генетическом уровне, что биологическая эволюция человека продолжается?

– Эволюция происходит тогда, когда какая-то группа индивидуумов изолируется от остальных. Сейчас тенденция обратная – идет объединение человечества в одно сообщество, в один пул. Я не специалист по теории эволюции, но мне кажется, что эволюция человека в биологическом плане сейчас весьма затруднительна.

Преимущество человека как вида в том, что он минимально специализирован. Разные люди могут выполнять совершенно непохожие функции. Сравните, например, ученого, балерину, и, скажем, борца сумо. Отсутствие биологической специализации позволяет человеку занять на Земле огромное количество различных ниш и интенсивно вытеснять множество других видов.

*Опубликовано в «Независимой газете» 22 февраля 1995 г.
под заголовком: «Человека будут читать, как книгу»*

Тотальная иллюзия реального пространства



В некоторых западных университетах хирургов учат уже не в анатомическом театре, а на виртуальных телах. Надев специальный шлем-дисплей, позволяющий формировать трехмерное изображение, информационные перчатки с чувствительными датчиками, будущий медик физически ощущает, как ткани этого виртуального тела, созданного персональным компьютером, сопротивляются под скальпелем. Если ваш ПК оснащен системами виртуальной реальности (от английского virtual – актуально, фактически, реально существующий), то ничего невозможного для вас нет. Но ведь можно тренироваться не просто на абстрактном VR-теле, а на виртуальном теле своего соседа по студенческому общежитию, который тебе надоел дальше некуда.

И это – только одна из многих проблем, связанных со все возрастающим применением VR-систем. Не случайно, сегодня перспективы виртуальной реальности пытаются осмыслить не только компьютерщики, но и философы. И мало кому известно, что одним из первых в мире, в начале 1980-х, ввел в научный оборот термин «виртуальная реальность» российский ученый, доктор психологических наук, руководитель лаборатории виртуалистики Института человека РАН **Николай Александрович Носов**.

– **Николай Александрович, что такое виртуалистика, виртуальная реальность?**

– Идея этого термина давно носится в воздухе. Мы придумали его в 1984 году. В США первые ссылки на этот термин приходится также на начало 80-х.

Но это только то, что касается гуманитарной сферы. В физике элементарных частиц он давно уже известен, в механике, оказывается, еще раньше.

Этимология... Корень VRT, видимо восходит к какому-то индоевропейскому языку. Римляне активно использовали этот термин и обозначали им воинскую доблесть, то состояние война, когда он на подъеме совершает подвиг. В санскрите термин обозначает примерно то же самое: особое состояние йога, когда он пребывает, переживает необычные состояния. В древнеславянском языке этот корень обозначал кипение водяного ключа, его бурление. В английском слово virtual обозначает то, что имеет реальные следствия. Но не потенциальная возможность! Про виртуальные частицы в физике не говорят, например, что они потенциальные. Они проявляются только в акте взаимодействия.

– **А как вы пришли к идее «виртуальной реальности»?**

– Вообще-то, придумали мы это слово, «виртуал», вместе с моим коллегой Олегом Генисаретским. Мы занимались изучением причин ошибок операторов – летчиков, например. Оказалось, что есть ряд ошибок совершенно не поддающихся объяснению. Когда мы начали эти явления изучать, оказалось, что в психологии нет моделей, которые описывали бы то, что мы теперь называем виртуалом. Это особое состояние духа существует у разных людей: святых, аскетов, йогов, спортсменов. Для обозначения этого состояния мы и придумали это слово – «виртуал». Про компьютеры мы и не думали тогда, делали свое дело исходя из чисто гуманитарных посылок. А сейчас просто такое время, когда гуманитарная и компьютерная идеологии совпали.

Наука в принципе такими вещами не занимается, так как относит их к уровню феноменов – произошло какое-то событие, феномен, надо найти его механизм. А на самом деле это событие само несет в себе механизм и имеет статус существова-

ния, это не феномен, не то, что происходит вследствие других причин.

Это особое состояние духа существует у разных людей: святых, аскетов, йогов, спортсменов. Мы предположили, что вот эта вещь существует, но она не описана в психологии и Олег Генисаретский придумал слово виртуал.

– **В своей книге «Психологические виртуальные реальности» (Москва, 1994 г.) вы вводите три ступени виртуала: инграуал (от латинского ingratus: непривлекательный), консуетал (от латинского consuetus: нормальный, обычный) и гратуалл (от латинского gratus: привлекательный). То есть, три возможных состояния психики человека. Сейчас слово виртуал соотносят почти исключительно, по крайней мере на обывательском уровне, исключительно с компьютерными технологиями. Но обязательно ли нужен компьютер с программами виртуальной реальности, чтобы ввести человека в одно из перечисленных выше состояний?**

– Европейцы привыкли к одноплоскостной модели человека. Человек – это окружность, в которой есть содержание. Все, что находится вне этой окружности уже, как бы, и не личность, а социум. А вообще-то, традиционные культуры, – и западные, и восточные, – строятся на такой лестничной модели: существует много уровней существования и человек пребывает в них временно или постоянно, переходит. В этом смысле понятно, почему традиционные культуры так много внимания уделяют разработке различных психотехник. И поскольку эта характеристика формальна, то эти переходы можно осуществлять на любой деятельности, не только на компьютере.

Деятельность, как бы, задает содержание: если вы йог – вы будете переживать ментальное тело, астральное тело; если вы христианин – вы увидите святого или ангела; если вы буддист – вы увидите Будду; если вы псих – вы увидите еще, что-то свое.

Эти реальности нас окружают, и вся научная рациональная проблема заключается в том, чтобы их описать. И сейчас просто совпало время, когда компьютерная идеология и гуманитарная идеология совпали. Еще раз повторю, что и я, и те другие люди в России, которые занимались этой проблематикой, про компьютеры ничего не знали и делали свое дело исходя из чисто гуманитарных позиций.

– В одном компьютерном издании было дано такое определение виртуальной реальности: способ с помощью некоторых технических представлений отобразить человеческие ощущения и эмоции в кибернетическое пространство, где они способны даже «отделиться» от человека и зажить своей жизнью в самих технических аппаратах. Фантасты еще в 1960-х годах обыграли эту ситуацию, задолго до появления персональных компьютеров и тем более до технологий виртуальных реальностей: человек – это «букашка», вкалывающая с утра до вечера, где-нибудь на рудниках, вечером идет в специальный кинотеатр, где его вводят в такое состояние, что он переживает жизнь, как бы, наяву; жизнь, о которой он мечтает, где он – герой, где он живет необыкновенно насыщенной и красивой жизнью. То есть, людям создают виртуальную реальность, для компенсации объективной реальности. На ваш, взгляд, как это может сказаться на состоянии психики человека, нужно ли это?

– Вопрос нужно или не нужно уже решился: это будет. На мой взгляд, виртуальный компьютер или виртуальная технология имеют две альтернативы развития: либо они будут включены в нашу обыденную жизнь и станут неотъемлемой частью, вроде телефона; либо они займут какую-то узкую нишу, типа прослушивания музыки. Появится группа людей, которые будут это интенсивно разрабатывать, появится индустрия для обеспечения этой деятельности. Здесь мы можем поставить себе сознательно задачу и двигать культуру либо в одном направлении, либо в другом. Я склоняюсь к тому, что, скорее всего, это станет некоей субкультурой, где, может быть, и появятся какие-то хакеры, какие-то патологии, люди, которые «шизанутся» на этом. Та идеология, которая обеспечивает компьютерную виртуальную реальность, она ничего существенно нового не дает человеку.

– Но это только может быть до тех пор, пока эти технологии достаточно дороги? Но когда-то, несомненно, они станут также доступны, как телефон...

– Но даже в том случае, если это не войдет в тело культуры, как телефон, даже если это будет дешевым, это ничего не даст. Вот, скажем, фотоаппарат стал дешевым, но особого прироста в культуре это не дало. Вначале были ожидания, что фотоаппарат сделает свой вклад в эстетическую культуру, поскольку это

требует навыков операторских, изобразительных и т.п. Этого не произошло, фотоаппарат превратился в экспонат, он не стал элементом культуры, хотя стал дешевым. То же – с виртуальной реальностью.

– Но предсказать-то это наверняка никто не сможет.

– Я предполагаю, что VR не превратится в элемент культуры, а станет субкультурой. Но мы можем с вами сделать усилие, чтобы VR стала элементом культуры. И я эти усилия предпринимаю, поскольку трактую виртуальную реальность не в узком смысле слова, а пытаюсь разработать идеологию виртуальной реальности. Я пытаюсь создать виртуальную онтологию и психологию. Это будет новым типом мышления. И в этом смысле VR войдет в тело культуры и мы станем уже совершенно иначе воспринимать все события.

– Допустим, человек овладеет способностью, технологиями достаточно легко перемещаться в уровнях виртуальности. Не возникает ли в этом случае классический философский вопрос: как в этом случае отличить сон от яви? Может быть, с широким распространением систем VR, окажется, что многие люди живут в ней, и с их точки зрения наша объективная, реальная жизнь будет представляться как виртуальная. Представляете, какой совершенно непредсказуемый будет мир?!

– Тут все дело в том, что в отличие от даосского представления, – стихи Лао-Цзы: «То ли бабочка снится мне, то ли я – бабочке», – в виртуальной идеологии, которую мы разрабатываем, виртуальная реальность с порождающей реальностью взаимодействует как онтологически равные. То есть, находясь в виртуале, я воспринимаю все остальные реальности, как существующие реальными. Нет вот этого шизофренического перехода в иную реальность с забыванием других реальностей.

– То есть, виртуал – нормальное состояние психики, но несколько другое... Для многих людей это, надо думать, очень притягательным. А для некоторых это станет физиологической потребностью – путешествия в виртуал. Так же, как наркотик ЛСД, – это же то же один из способов создания виртуальной реальности. И сейчас многие ученые, медики бьют тревогу: какой СПИД – это цветочки! А вот наркотик 21 века – это виртуальная реальность, вот это да...

– Это эпатаж. Именно в силу того, что они находятся в рамках даосской идеологии, предполагающей переход в другие реальности с забыванием порождающих эти, другие реальности, реальностей. На самом деле, опыт и восточных святых, и западных показывает, что у них шизофрениии не возникает, они всегда контролируют все реальности.

– **Тем не менее, мы же отмечаем, что это люди немного странные, не похожие на нас.**

– Это так. Но, с другой стороны, обратите внимание, сейчас очень много медицинских направлений, основанных на традиционной медицине. Большинство из них основано на том, что переводят человека в виртуальную реальность. И ВР помогает им излечиваться.

– **Главное, не забыть вернуться в объективную реальность...**

– Еще раз подчеркну, что в виртуальной идеологии нет забывания, «шизы» не будет. «Шиза» начинается тогда, когда человек уходит полностью в какой-то образ. А в виртуале показано: человек уходит в образ, образ начинает жить как, живой. В этом смысле получается новая замечательная модель человека.

Я уже говорил, что мы привыкли, что человек – это как бы круг, воспринимающий окружающую действительность. А здесь, в виртуальной парадигме, человек – это плоскость, на которую с одной стороны действует окружающая действительность, а с другой действует его психическая жизнь. Эта плоскость, двусторонний экран, отображает и то и другое. У экрана не может быть только одной стороны, только в патологии.

В этом смысле, конечно, ВР чревата новыми шизофрениями. Появится новый тип психических сдвигов. Но, с другой стороны, это и понятно, ведь овладение виртуальной реальностью – это расширение возможностей человека. А любое расширение всегда сопровождается новыми извращениями.

– **Вацлав Поляк, пользуясь методами современной математики, пытался описать человека во всей его сложности. Он утверждал, что возможно построение моделей виртуальной реальности и кибернетического человека, действующего в кибернетическом пространстве. Получается, что человек способен создать вторую человеческую расу, живущую в этом киберпространстве. И однажды эти киборги могут сказать**

своим белковым родителям: спасибо, что вы нас создали, а теперь мы вполне можем обойтись и без вас. Насколько реальны, на ваш взгляд, такие прогнозы? Можем ли мы вообще создать вместо биосферы – киберсферу, а в более широком смысле – техносферу, вторую природу?

– Представления о человеке, из которых исходит этот Поляк, основываются, опять же, на том, что человек – это круг. Этот круг мы можем смоделировать. Но если представить человека в виде лестницы, то это уже невозможно. Смоделировать йога, с его астралами, нирванами и проч. – уже невозможно. Просто потому, что это потребует моделирования всего космоса. Даже технически это невозможно, задача становится бесконечно сложной. А создание субкультуры, где существуют простые человечки в виде вот этих окружностей, шаров – это возможно. И если их запустить в сети они между собой вполне возможно начнут как-то общаться, у них появятся какие-то элементы психики.

– **Изучали ли вы, как относится церковь ко всем этим парадоксам виртуальной реальности, в частности, христианская церковь?**

– В своей книге я трактую двух крупнейших христианских деятелей, – Исаака Сирина и Василия Великого, – с виртуальной точки зрения. Их мировоззренческая картина, онтология была настолько мощна, что ее надо только приветствовать со стороны церкви.

– **А чем они были так замечательны?**

– Они задали, на самом деле, виртуальную парадигму, если говорить в современных терминах. То есть такую парадигму мира, в которой вкладывается существование многих миров. А европейская культура взяла языческое представление о мире, как о плоском образовании на уровне сущностей, а все остальное относит к уровню феноменов. Мир стал плоским, скучным и без высших и низших реальностей. На этом и была построена европейская наука и культура. А если бы все было построено на моделях Исаака Сирина и Василия Великого, то мы бы уже давно перешли к изучению виртуальных реальностей. А это был 4 – 6 века.

До сих пор исследований парадигмы Исаака Сирина практически не было. А это был высочайший церковный авторитет. Его

читать, действительно, крайне сложно. Да это и понятно, его виртуальная парадигма, описана в непривычной для нас лексике... Точно также и Василий Великий, он первым создал христианскую космологию, то есть предложил устройство космоса, и никто ею, этой космологией Василия Великого, потом не занимался. Хотя традиция создавать христианские космологии была потом достаточно мощной, но все они оказались одноплоскостными.

Виртуальные модели отлично ложатся на идеологию христианства, поскольку в христианстве признается многоуровневость мира, а в науке и в культуре этого нет. А в чем новизна создаваемой нами парадигмы – это в том, что эти высшие реальности мы вводим в научный и культурный оборот. То есть, считаем их не трансцендентными, относящимися к божественной реальности, а к естественному миру.

– Если дело так пойдет и дальше, то придется признать: то, что мы называем сейчас «виртуальной реальностью» станет объективной реальностью, возможности психического поведения человека расширятся...

– С одной стороны – возможности расширятся, с другой – многие сейчас существующие парадоксы будут объяснены. Я, например, занимаюсь сейчас дошкольной психологией и оказывается, что у ребенка до семи лет нет различения вот этих всех реальностей. Он путает свое воображение с объективной реальностью. Ребенок может, что-то придумать, а потом об этом рассказать, как будто это было на самом деле. Сложно различить виртуальную реальность и объективную, если нет четких меток. У детишек к семи годам происходит естественное различение виртуальных и объективных миров.

Воспитание наше, поскольку оно не знает слова виртуальность, оно виртуальность трактует как воображение – работа ума, а не объективная реальность. Поэтому некоторые родители делают упор на то, чтобы вытеснить все это воображаемое, субъективное. Воспитание рационализма – это еще мягкая характеристика такого воспитания. Вычеркивается весь внутренний мир.

– Классический пример двух методов воспитания – Штольц и Обломов...

– С другой стороны, есть родители, которые начинают развивать как бы творчество, но поскольку они не понимают, что

творчество относится к виртуальной реальности, а воображение – это действительно работа ума, они все строят на воображении; и ребенок теряет связь с объективностью как внешней, так и внутренней, психической. Ребенок становится замкнутым человеком, который живет в своих воображениях и не чувствует никаких других вещей, не чувствует внешней реальности, не понимает, что от некоторых его действий может быть, например, больно другому человеку.

Много людей, которые никак не могут различить у себя в психике, где у них виртуальное, а где консуетальное. Практически все эти люди с подвижками психики, не патологическими; но это люди, у которых сформировалась особенная виртуальная сфера и они как-то там живут. Либо это сухие меркантильные люди, которые ищут очень конкретных материальных результатов.

– Получается, что не так уж и безопасен этот виртуал?

– Просто это люди, которые не знают про виртуал. Это, как если бы вы не знали про витамины и не ели фрукты – вы становитесь больны. Так же и здесь, они не знают, что есть виртуальная сфера, и она тоже действует на них, как и объективная реальность.

В этом смысле не то, что виртуал опасен, а опасно незнание того, что в каждом из нас есть сферы, которые также объективны и это уже доказано экспериментально. Эта сфера есть, она подчас очень сильно влияет на нас и без нее иногда просто невозможно решить какие-то задачи.

Мы показали, что образ человека, – явление, вроде бы сугубо субъективное и построенное самим человеком, которым человек вроде бы полностью управляет, – так вот, мы показали, что на самом деле психическое – это «не мое»; это тоже объективно, как и тело человека, например. Что-то я могу делать со своим телом, но в итоге тело принадлежит природе, но не мне. Точно также и психика, принадлежит природе, а не мне. И мы показали, что образ человека приобретает статус объективного.

– С открытием вещей, подобных виртуалистике, это будет все тот же Homo sapiens, которого мы знаем примерно 20 тысяч лет, со времен кроманьонцев. Или на место биологической, физиологической эволюции человека приходит эволюция психической сферы?

– Это все – эпатаж компьютерщиков. Никогда это не примет массовый характер. Сейчас есть множество субкультур: меломаны, хакеры, художники, наркоманы... Ну, будет еще одна субкультура. Если все пойдет так, как оно идет, виртуалистика, скорее всего будет достаточно узкой субкультурой. Но, на мой взгляд, нужно сменить тип мышления человека, перейти от представления о круглом человеке к лествиничному человеку. Это приведет к признанию факта существования других реальностей; это приведет к признанию естественности традиционной медицины, которая, в основном, строится на работе с виртуальными реальностями...

– Это приведет к признанию ведьм...

– ... ангелов, привидений, водяных и проч. Это будут те реальности, которые будут признаны существующими.

– **То есть, ведьмы и прочая нечисть, с точки зрения виртуальной реальности, в каком-то виртуале существуют? И все рассказы о них – правда, просто человек увидел их в одном мире, а рассказывает о них представителям другого мира – нам, живущим в консуетале?**

– Конечно. Но, впрочем, надо отметить, что под этими существами часто имеют в виду не столько виртуал, сколько сложно организованные объекты. С моей точки зрения, например, леший – это образ леса, и привычки поведения лешего – это законы лесной реальности: в сказках описывается, как нужно вести себя с лешим, с тем, чтобы не пропасть в лесу. Это определенный тип абстракций и мы не привыкли к абстрагированию сложных понятий.

С виртуальной точки зрения эти сложные реальности существуют. И в мире сейчас ширится движение по признанию этих реальностей существующими. В Америке есть несколько ангелических обществ, есть журнал «Ангелические времена», есть так называемая ангелическая музыка – воспроизводящая музыку ангелов, существуют огромные тома свидетельств встреч людей с ангелами. Мы относимся обычно к этим свидетелям, в лучшем случае, как к чудаковатым людям. А если мы это признаем, то мы признаем это как факт существования этих реальностей.

В доказательство того, что это не абсурд, я приведу пример из другой области – психологии труда. В начале века теорией

управления была признана такая вещь, как усталость человека. Стали строить технологии работы человека с учетом усталости. Но вот измерять усталость до сих пор не научились, нет таких методов. И, тем не менее, идея реальности усталости уже включена в технологии. Хотя, повторяю, мы не можем ее, усталость, пощупать, доказать.

Точно также, я не могу вам сейчас доказать существование ангелов. Но если мы это сейчас признаем, – как признали существование усталости, – то мы и будем строить свою жизнь в соответствии с этой реальностью.

– **Может быть, я консерватор, но мне как-то боязно, неприятно, что мой объективный мир, в котором я живу, вдруг так расширится, подвергнется своеобразному вторжению виртуальных пришельцев. Мне этого не очень хотелось бы.**

– Мы привыкли, конечно, к этому миру. Так же, как мы привыкли к Москве, городу тяжелому, но мы его даже любим. Человеческая психика таит еще массу не открытых возможностей, в том числе адаптационных. Дело привычки.

– **Всем ли людям вообще, с чисто медицинской точки зрения, можно входить в виртуальные миры?**

– Конечно, это норма существования. Все любят встречаться с ангелами. На протяжении всей европейской культуры были общества мистиков, экстрасенсов и т.п., которые и пытались это сделать.

Да и другие, более привычные нам явления, такие, как озарение, инсайт, можно интерпретировать с точки зрения перехода в некую виртуальную реальность, из которой – другой взгляд на проблему. Творчество – это временный переход в виртуал.

– **Итак, вы – оптимист, и ничего страшного в виртуальной реальности не видите?**

– Ну почему, вижу, конечно.

– **Например?**

– Появятся люди, которые превратят это в источник бесконечных наслаждений, в источник нанесения вреда другим людям. Сейчас, например, в связи с виртуальной реальностью, обсуждаются этические вопросы. В VR можно строить такие запрещенные ситуации, которые в норме порождают патологию. Скажем, хочется убить своего отца. В виртуале это можно смо-

делировать и вы будете даже чувствовать это тело, будете ржать, издеваться, получать удовольствие от этого занятия.

Виртуальные технологии сейчас активно используют в качестве различных тренажеров. Например, хирургии учат уже не на оперировании трупов, а на оперировании на виртуальных телах. Студент чувствует, как это виртуальное тело сопротивляется. Но ведь можно тренироваться не просто на виртуальном теле, а на виртуальном теле своего папани, соседа. Пожалуйста! Поэтому и возникает необходимость разработки этического кодекса – что можно делать в виртуальном мире.

– Любой нейрон обладает электрическим потенциалом. Если записать потенциалы всех нейронов, оцифровать и запустить в компьютерные сети, то, в принципе, ничто не мешает развиваться и взаимодействовать этим потенциалам.

– Точно также, как и всяким вирусам ничто не мешает существовать на теле органическом, так и эти потенциалы будут существовать на компьютерном теле. Хотя философски здесь любопытная иллюстрация виртуальности. Дело в том, что понятие виртуальности – относительно. Уровней виртуала много, но не потому, что их много самих по себе. В нашей концепции каждый следующий виртуал порождается активностью предыдущей реальности. И когда эта реальность рождается, она приобретает статус константной реальности относительно той. Но остается виртуальной по отношению к предыдущей.

Таких «наворотов» может быть достаточно много. И можно предполагать первую реальность как телесность. Но в этом смысле, когда мы создаем киборга, живущего в компьютере, он живет на компьютерном теле. То есть компьютерную сеть, компьютерную материальность можно рассматривать как телесность для существования виртуала.

– Вопрос только в том, что некоторые футурологи предсказывают, что компьютерная вещественность рано или поздно, если цивилизация и дальше будет развиваться так, как она развивается сейчас, победить, вытеснит с исторического поля белковую вещественность – человека.

– Это – эпатаж. Даже вирусы нас не победили до сих пор, а уж с этим справимся. Образ, виртуал – объективен. Мы привыкли считать, что образ – порождение психики и мне принадлежит. Мы считаем, что сознание принадлежит нам, воля – при-

надлежит нам, личность – принадлежит нам. Это все не так с виртуальной точки зрения.

– Честно говоря, я давно подозревал, что все, что человек только может себе представить – все осуществимо, если только это не противоречит второму началу термодинамики. То, чего не существует в Космосе, и не представимо человеком.

– Но в виртуале может существовать даже то, что противоречит второму началу термодинамики, в ВР это ограничение не работает. По этому поводу советский ученый Владимир Александрович Лефевр выразился так, имея в виду человека: «Устройство, превращающее опасения в явь» (В.А. Лефевр, "Конфликтующие структуры", М., Советское радио, 1973 г.).

*Опубликовано в «Независимой газете»
9 ноября 1995 г.*

Кукла Барби как вершина полового отбора



Научная группа, которой руководит доктор исторических наук, профессор Центра социальной антропологии Российского государственного гуманитарного университета **Марина Львовна Бутовская**, называется «Центр эволюционной антропологии Института этнологии и антропологии РАН».

Объект исследования эволюционных антропологов – происхождение человека, его генетическое родство с другими приматами, эволюция поведения человека и его психики. «Наша группа, в основном занимается изучением поведения человека, поиском общечеловеческих корней агрессии, миролюбия, альтруизма, мужской и женской привлекательности», – рассказывает профессор Бутовская. Именно эта последняя тема, – какие биологические, эволюционные факторы определяют сексуальное поведение современного человека, – и стала темой нашего разговора.

– Марина Львовна, может быть, самая главная, фундаментальная биологическая константа в человеке – его сексуальное поведение. Но прежде чем мы поговорим об этом, хоте-

лось сначала узнать: а зачем природе, вообще, понадобилось два пола – мужской и женский?

– Как правило, когда начинают говорить о сексуальном поведении человека, не отдают себе отчета в том, что эти два пола присутствуют, по крайней мере, уже у всех млекопитающих. Мало того, эти два пола есть, по сути дела, у большинства многоклеточных животных. Два пола, как природный феномен, формируются на заре эволюции животного мира.

Исходно этих полов не существовало, размножение было бесполом. Стало быть, что-то заставило организмы переходить к совсем другой стратегии размножения.

– Что же?

– Дело в том, что двуполое размножение позволяет обеспечивать большую генетическую вариабельность потомства и это очень функционально значимо. Когда организмы живут в некой стабильной, неизменной среде, скажем, море со стандартной температурой, когда нет смены сезонов, и эта ситуация стабильна в течение миллионов лет – никаких проблем нет: бесполое размножение вполне эффективно. Набор генетического разнообразия, которое в таких популяциях присутствует, вполне обеспечивает существование вида.

Как только ситуация меняется, например, происходит резкая смена экологических условий, или организм начинает осваивать какую-то новую среду, которая характеризуется, во-первых, непредсказуемостью климатических условий, а, во-вторых, непредсказуемостью сезонной обеспеченности продуктами питания, значительное преимущество получают организмы с половым размножением. Всегда есть шанс, что при изменении внешних условий, какие-то новые комбинации генов позволят части особей выжить. В итоге – вид сохранится.

Ваш вопрос можно заострить: почему два пола – почему не три, пять или десять? Опять же, этому есть чисто эволюционное объяснение.

Известно, что существуют разные типы половых продуктов (гаметы). У мужчин эти гаметы небольшие: сперматозоиды имеют минимальные размеры, в них мало питательных веществ, но зато их много и они очень подвижны; женские продукты, яйцеклетки, – крупные и в них достаточное количество питательных веществ, для того, чтобы происходило развитие.

Допустим, что исходно в популяции существовали разные варианты гамет – от самых мелких до самых крупных. Когда происходит отбор, постепенно все средние варианты отсекаются, потому что они не могут конкурировать ни со сперматозоидами (их много и на их производство особь затрачивает минимум энергии), ни с яйцеклетками (их мало, зато они богато обеспечены питательными веществами). Происходит так называемый дизруптивный отбор, когда вся популяция распадается на два крайних варианта, а средние варианты отсекаются. Выживают только те организмы, которые становятся мужскими или женскими. Дальше они приходят между собой во взаимодействие.

– **Тем не менее, существуют организмы андрогинные, гермафродиты. Как с этим быть?**

– Безусловно, эти явления имеют место. Определенный процент гермафродитов может присутствовать в любой популяции у видов, для которых типично наличие мужского и женского пола. В человеческой популяции тоже бывают гермафродиты, но это чаще всего связано с нарушениями в процессе индивидуального развития конкретных людей. Чаще всего это происходит, когда случается сбой в раннем эмбриогенезе.

Но существуют виды, для которых гермафродитизм, как форма воспроизводства, типичен. Как правило, это более низко развитые организмы, нежели человек. Млекопитающих-гермафродитов, практически, нет. Гермафродитизм распространен, например, у червей. В этом случае происходит спаривание между двумя гермафродитами и обмен противоположными продуктами. Но даже тогда, гермафродиты обмениваются половыми продуктами друг с другом. Когда мы говорим, что данный индивид гермафродит – это не значит, он способен к самооплодотворению (то есть, что его собственная сперма оплодотворяет собственные же яйцеклетки). Так что, правило перекрестного оплодотворения между мужским и женским полом всегда сохраняется. Разнообразие, которое нужно для природы, обеспечивается.

– **Здесь, по-моему, кстати, будет привести цитату из вашей книги: «Базовые различия между полами вряд ли преодолимы»...**

– Речь идет о базовых биологических различиях между полами. Никто не говорит, что эти различия должны определять

или фиксировать, например, возможность выбора профессии, жизненного пути и так далее.

Когда я говорю о базовых различиях, речь идет о биологических различиях. Они состоят в том, что у мужчин всегда будут XY хромосомы, у женщин XX хромосомы. В среднем, у мужчин в составе тела мышечная компонента всегда выше, чем у женщин, как бы женщины не тренировались. У мужчин жировой компонент всегда меньше, чем у женщин, как бы женщина не старалась худеть. У мужчин мышечная масса составляет, в среднем, 40 процентов веса тела (примерно 30 кг), а у женщин – около 30-ти процентов (около 18 кг). Напротив, жировой компонент в теле женщины куда выше, чем в теле мужчины: для женщины это, примерно, 25 процентов массы тела, для мужчины – около 15-ти процентов. Как только женщина теряет необходимую процентную составляющую своего жира, она перестает быть репродуктивной способной – у нее, например, исчезают месячные. Это уже нарушение. Для сохранения нормальной менструальной функции женщине необходимо иметь не менее 22 процентов жировой массы.

В принципе, каждый пол эволюционно был ориентирован на максимальную успешность в выполнении определенных функций. Женщина, при всех условиях, любым путем, должна была обеспечивать воспроизводство. Если вид не может сохранить себя, то все остальное, с эволюционной точки зрения, уже не имеет никакого смысла. Поэтому все процессы, которые связаны с деторождением, у женщины оптимизированы. Все «прочитано» на биологическом уровне до деталей. Отбор это контролировал и продолжает контролировать и сейчас.

Мужчин природа контролирует в том плане, что они должны быть способны к воспроизводству – импотент не оставит никакого потомства. Для мужчины важно найти партнершу. Но, мало того, эта партнерша должна по каким-то причинам предпочесть именно этого мужчину, а не другого.

Женская избирательность всегда остается более острой проблемой, чем мужская. Известно, как это ни парадоксально, – мужчины менее избирательны в выборе партнерш, они потенциально способны вступать в половые связи с несколькими партнершами. Для женщин это невозможно, потому, что они

должны вкладывать существенные силы в ребенка: девять месяцев беременность, кормление ребенка, забота о нем. Если женщина неправильно выбрала партнера, она может остаться на бобах. У мужчин нет такой проблемы, единственный его минимальный вклад, который он может сделать, это его сперматозоид.

– **Получается, что сама природа так «сконструировала» мужчину, что он склонен к беспорядочному половому существованию (промискуитету) или к полигинии? Вот и вы пишите в своей монографии «Язык тела: природа и культура» (М., 2004): «...исследования эволюционных психологов показывают, что мужчины обладают более сильным половым влечением по сравнению с женщинами и хотят иметь больше кратковременных половых партнеров, чем женщины, и эти различия оказываются базовыми для понимания сути человеческой сексуальности».**

– Нет, природа никуда мужчину не склоняет. В эволюции существуют так называемые эволюционно стабильные стратегии. Это такие стратегии, которые отбором не отсекается и не исчезают – настолько они хороши. Есть такие стратегии, которые при всех условиях должны соблюдаться, иначе потребуются кардинальная смена базовых основ выживания вида – каковым был, как раз, переход от бесполого размножения к половому. Но пока существует половое размножение, по крайней мере, у человека и его ближайших родственников, существует и несколько альтернатив стратегий и для самок (женщин, в данном случае), и для самцов (мужчин).

В человеческом обществе этот феномен можно проанализировать на примерах обществ с разным уровнем индустриально-экономического развития и обитающих в разных условиях среды. В каждом из этих типов обществ существуют разные стратегии сексуального поведения. Одни стратегии – это стратегии ориентированные либо на промискуитет, либо на полигамию, то есть ориентированные на то, что бы иметь несколько партнеров; другие стратегии ориентированы на формирование устойчивой, долговременной моногамной связи. Первые стратегии хороши там, где мужчины, по сути дела, могут узурпировать женщин. Скажем, это арабские культуры: большинство мужчин не имеют вообще ни одной жены, а часть очень хоро-

шо обеспеченных мужчин имеют много жен – гарем. Здесь все завязано на ресурсы и власть.

По моим собственным наблюдениям, наши европейские представления о моногамии как единственно возможном способе брачных отношений, в арабском мире даже женщинами встречаются с сомнением. Например, египтянки часто говорили мне о том, что возможность оказаться второй женой не так отвратительна, как кажется европейским женщинам. Хотя в Египте многоженство распространено в незначительном масштабе. По мнению тех же египтянок, даже брак на правах второй жены с состоятельным человеком может быть предпочтительней брака с неимущим. Для женщины из бедных слоев общества брак с богатым – это статус, обеспеченность их детей. Брак с бедняком лишает их потенциальных детей каких-либо перспектив на будущее.

– **Каким бы красавцем этот нищий ни был?**

– В данном случае, мужская красота ничего не решает.

Второй вариант – стратегия моногамных постоянных связей. Чаще всего, это характерно для тех обществ, где ресурсов не очень много, но в принципе эти ресурсы можно добыть, и где вероятность того, что женщина сама обеспечит будущее своего ребенка, очень мала. Мужчина должен участвовать в заботе о ребенке и прилагать к этому усилия. Конечно, он может следовать промискуитетной стратегии, – когда он много женщин оплодотворит, – но что толку, если его дети не выживут. В принципе, в этих случаях мужчина вынужден либо менять стратегию, либо будет рождаться определенный процент мужчин с генетической ориентацией на моногамные связи.

Характерный пример – современные США. Там люди с высоким уровнем обеспеченности, прежде всего, должны вкладываться в заботу о своем ребенке, в его образование. Образование очень дорогостоящий и один из самых ценных ресурсов в современном постиндустриальном обществе. Вообще, количество материальных благ, которые нужно вкладывать в ребенка несоизмеримо возрастает в постиндустриальном обществе по сравнению с традиционным. Замечено, – это данные количественных исследований, – что люди с более высоким образованием, с более высокой обеспеченностью, реже разводятся и реже

бросают своих детей. Без образования ребенок никогда не получит того статуса, который имели его родители.

– **И все это поведение предопределено на генетическом уровне?**

– Да. Предпочтение той или другой стратегии зависит от тех условий среды, в которых люди находятся. Оно, это предпочтение, направлено на то, чтобы обеспечить максимальную вероятность выживания и передачу генов, обеспечивших выживание, последующему поколению. Если вероятность выживания снижается – значит, используемая стратегия становится более не эффективной и отбор переориентируется на другой значащий параметр – увеличивается количество людей, которые начинают практиковать совершенно другую стратегию.

– **Марина Львовна, еще одна цитата из вашей монографии: «Мужчины и женщины принципиально различаются по качеству и степени выраженности сексуальности». В чем конкретно проявляются эти различия?**

– Речь, как раз, идет о том, что требовательность к партнерам немножко разная у мужчин и женщин. Мужчины менее требовательны и к облику женщины, и к возрасту женщины, если речь идет о том, что можно иметь много партнерш (то есть, если речь идет о кратковременных связях). Когда будет поставлен вопрос о том, что надо будет выбрать только одну партнершу – это другое. Но поскольку мужчины, вообще, ориентированы на то, чтобы иметь больше сексуальных связей, то при возможности они этим пользуются.

В 1990 году американские исследователи Глейд и Дилени попытались прояснить некоторые психологические стороны феномена случайных связей. Экспериментаторы просили посетителей бара для одиноких, мужчин и женщин, оценить по десятибалльной шкале степень привлекательности присутствующих в зале лиц противоположного пола в 21.00, 22.30 и 24.00. Ближе ко времени закрытия бара рейтинг привлекательности женщин сильно возрастал, а рейтинг привлекательности мужчин практически не менялся. Эти различия оставались достоверными даже с учетом количества выпитого алкоголя.

У женщин – за исключением некоторых категорий, которые, например, занимаются проституцией, – в принципе, парт-

неров меньше, чем у мужчин. Когда мы проводили опросы и спрашивали о желательном количестве партнеров в год, то женщины, как правило, говорят, что это один партнер, зато хороший и постоянный, а мужчины редко говорят об одном партнере – 5-8 партнеров в год.

Кстати, рекордное число потомков оставил диктатор Марокко Исмаил Кровавый – 888; максимальное число детей, рожденных одной женщиной – 69 (27 родов, родились несколько раз двойни и тройни).

– **Судя по вашим исследованиям, для женщины главным критерием при выборе сексуального партнера, является его статус, а вовсе не внешние данные мужчины.**

– Тут можно вспомнить сказку о Вине Пухе: «И того и другого. И можно без хлеба». Если есть возможность выбора мужчины молодого, богатого и здорового, то женщины выбирают именно такого. Но комбинация такая выпадает редко (я говорю о выборе постоянного партнера.)

Известно, что женщины предпочитают партнеров чуть старше себя. В разных странах и в разных культурах это понятие «чуть» варьируется. В Замбии и Колумбии возраст мужчины как сексуального партнера, в среднем, на 4,5 года старше, чем возраст женщины. В Польше и Италии, соответственно, – 3,2 и 3,3 года. В США женщины предпочитают партнеров в среднем на 2,2 года старше себя.

В постиндустриальных странах – минимальные различия, иногда – это ровесники, иногда мужчина старше на 1-2 года. Не надо забывать, что в этих странах браки заключаются достаточно поздно. Тогда и получается, что партнеры достаточно близки по возрасту, потому что к тридцати годам мужчина, как раз, уже получает тот самый статус, искомый женщиной, и может обеспечивать семью.

В традиционных культурах женщина может вступать в брак с 16-17 лет. А вот мужчина нет. Ему же надо заработать и на колым, и на отдельное жилье, на подарок будущей жене и ее родственникам... Иными словами, тут должен быть экономический базис, которого в двадцать лет трудно достичь. Поэтому, в том же самом Египте, мужчина-жених – это 30 лет и старше.

– **То есть, сказка о бедной сиротке Золушке, на которой женился принц, вполне обычная ситуация, а сказка о том, как**

принцесса вышла замуж за свинопаса, с эволюционной точки зрения, не имеет под собой оснований?

– Совершенно верно, последняя ситуация совершенно не реальна. Разве что, в каких-то ситуациях культурного кризиса, когда речь идет о выживании популяции человек с низким статусом неожиданно становится своеобразным мессией, защитником, спасителем, изобретателем средства от всеобщего недуга и дает народу вторую жизнь. Но тогда его статус автоматически резко повышается, он перестает быть «свинопасом» и становится «рыцарем», получает дворянство и прочее.

Я напому вам недавнюю очень трогательную и красивую историю – с женитьбой принца датского. Он взял в жены совершенно простую девушку из профессорской семьи. Она очень красивая, обаятельная, хорошо воспитанная девушка. Но она не относится ни к какой знати, не аристократка по происхождению.

– У меня складывается стойкое впечатление, что все культурные стереотипы (стандарты) красоты и привлекательности сложились таким образом, что они в максимальной степени способствуют закреплению благоприятных адаптивных признаков при половом отборе. Так что, действительно: за всем – невидимая рука отбора?

– Нет, конечно, это не так. Это было бы полнейшим редуционизмом.

Например, культуры различаются по своей лояльности в направлении гомосексуалистов. В некоторых культурах их воспринимали вполне терпимо, в некоторых – преследуют. Крайнее проявление – фашистская Германия, где гомосексуалистов просто уничтожали.

Чаще всего, существует связь между лояльным отношением к гомосексуальным отношениям и плотностью популяции: там, где плотность популяции очень высока, к гомосексуалистам относятся терпимо. Но, с другой стороны, мы знаем, что повышение количества животных, которые практикуют гомосексуальные связи – такое в животном мире тоже бывает, – увеличивает в ситуации, когда плотность популяции повышается.

То есть, по сути дела, возникает вопрос: можем ли мы говорить о том, что культура действует, как бы, автономно и никак не ориентирована на реальные условия демографических про-

цессов в популяции? Повышение плотности популяции грозит перенаселенностью, и тогда проблемы возникнут у всех. То, что часть людей добровольно отказываются от размножения, снижает вероятность более скорого наступления ситуации перенаселенности. Напротив, вероятность того, что в сообществах, где плотность популяции очень низка, будет высокий процент гомосексуалистов, практически, нулевая.

Я бы сказала так: очень часто культура идет параллельно с потребностями той самой популяции, в рамках которой эта культура существует. Люди могут не давать себе отчет в этом и не осознавать, что это так, но это уже дело ученых – проанализировать эти связи.

– Кстати, вы отмечаете в своей монографии, когда анализируете такой вид коммуникаций, как реклама, что достоверно чаще в рекламе стало появляться обнаженное мужское тело. И вы это связываете с распространением субкультуры гомосексуализма.

– Я это связываю с тем, что сейчас в обществе произошло раскрепощение проявлений личной сексуальной ориентации, люди стали более лояльно относиться к лицам с нетрадиционной половой ориентацией. Напрашивается вполне очевидный вывод: изображения голых мужчин в большинстве случаев предназначены для мужчин-гомосексуалистов и рост рекламы такого рода у нас в стране отражает усиление влияния субкультуры геев в современном российском обществе. Например, в рекламе сети парфюмерных магазинов в Москве снимаются трансвеститы. Я думаю, что трансвеститы привлекательны, в первую очередь, для мужчин-гомосексуалистов, а не для женской аудитории. По крайней мере, часть женщин в моем окружении сказали, что больше ничего покупать в этих магазинах не будут, потому что им неприятно. Когда они туда идут – у них перед глазами эта реклама, они считают это мало привлекательным зрелищем.

– И все-таки, согласитесь: обнаженное женское тело в рекламе стало достаточно привычным, шока не вызывает. А вот почему до сих пор остается неким табу мужское тело в рекламе?

– Я бы не сказала, что это табу. С моей точки зрения, это менее привлекательно. Как я уже сказала, мужское тело привлека-

тельно только для определенной категории мужчин, остальные мужчины на это никак не «кдюют» себя с этим человеком не ассоциируют. А для женщин абстрактное мужское тело, как таковое, не является стимулом, который заставил бы их покупать рекламируемый таким образом продукт.

Почему женское тело в рекламе привлекательно для мужчин – понятно. А почему женское тело привлекательно для женщин? Потому, что психология женщины такова, что она ассоциирует себя с женщиной в рекламном материале: если они купят этот продукт – они будут похожи на нее. Мужчины не «вставляют» себя в тело человека из рекламы. А женщины думают, что они тоже станут привлекательны, как та дама, которая изображена в рекламе, какой-нибудь косметики.

– Еще одна очень обсуждаемая в последнее время тема – гормональные маркеры привлекательности, или знаменитая проблема 90-60-90. Что вы можете сказать по этому поводу?

– У нас в обществе, примерно с 80-х годов прошлого века, эту формулу 90-60-90, стали четко воспроизводить. Насколько она культурно специфична, или же за этим стоят какие-то эволюционные сюжеты? Сначала исследователи смеялись, сходу отвергая второй вариант. А потом решили: а дай-ка, мы проверим, в чем тут дело. И тут был получен сенсационный, по сути дела, материал. Оказалось, что соотношение 90-60-90 не праздное, что оно символизирует собой некую универсальную формулу, которая позволяет идентифицировать репродуктивно способную женщину. Такая женщина своим телом сообщает мужчине, что именно ее следует выбирать в половые партнерши, потому что ее дети будут здоровы и успешны.

Однако необходимо подчеркнуть, что речь идет не о реальном объеме 90-60-90 см, а о соотношении объема талии к бедрам и о соотношении объема бюста к талии. Например, известно, что соотношение талии к бедрам в пределах 0,68-0,7 сообщает о том, что у этой женщины оптимальный уровень женских половых гормонов и достаточно низкий уровень мужских половых гормонов. Это свидетельствует о ее хорошем эндокринологическом статусе и физическом здоровье в целом. Это значит, во-первых, что она не бесплодна, – а это немаловажный фактор при выборе сексуального партнера, – и, во-вторых, что ее дети будут здоровы.

Достаточно большое отношение объема груди к талии тоже имеет значимый смысл. Хорошо развитая грудь у женщины, как раз, является маркером того, что уровень одного из половых гормонов, эстрадиола в данном случае, в 2-3 раза выше по сравнению с другими женщинами, имеющими менее пышную грудь. А это говорит о том, что вероятность зачатия у женщин с достаточно выраженным соотношением бюста к талии, выше.

Природа сориентировала эстетику мужского восприятия женского тела таким образом, чтобы они просто такую форму тела предпочитали остальным.

– Другой такой маркер женской привлекательности для мужчин – блондинка с голубыми глазами. За этим тоже – какая-то эволюционная целесообразность?

– Такое восприятие женщины в большей степени характерно для европеизированной культуры. Блондинкам с голубыми глазами в монголоидной или в негроидной популяции, вы сами понимаете, нечего ожидать.

Эти признаки, более светлая кожа, более светлые волосы – если говорить о европеоидной популяции, – чаще всего говорят о том, что уровень эстрагенов в крови у женщины выше. Мало того, это сигнал о том, что она находится на пике своей репродуктивной способности, максимально способна к зачатию. Такого пика женщины достигают в возрасте 17-19 лет, а дальше у них волосы темнеют и кожа становится более темной.

– Если в обобщенной форме сформулировать символ женской привлекательности, то это, похоже, будет кукла Барби?

– Кукла Барби, как ни странно, действительно, представляет собой такой вариант выраженной сексуальности. У нее есть все те признаки, которые действуют возбуждающе на мужчину. Здесь все продумано. Когда создавалась эта фигурка, все было просчитано правильно. За исключением одной детали.

Американцы не учли, создавая Барби, что в США присутствуют и другие расовые типы. Тем самым, они сильно ущемили детей афроамериканцев и латиноамериканцев, равно как и выходцев их Азии. У маленьких афроамериканок появились даже проблемы с собственной идентичностью: девочки хотели походить на эту куклу Барби и очень часто, когда им показывали людей разных рас и просили сказать, к какой из этих рас при-

надлежат они сами, эти афроамериканки показывали на портреты европейцев. Проблема оказалась столь серьезной, что в итоге, после целого ряда выступлений и докладов антропологов, были созданы черная подружка Барби, а потом и подружка-индианка. Это имеет смысл, потому что, когда идет формирование гендерного стереотипа у детей, то игрушки, конечно, очень сильно влияют на этот стереотип.

Правда, говоря о случае с Барби и ее новыми вариантами, нужно заметить, что выпуск кукол с темным и смуглым цветом кожи темным вьющимися и волнистыми волосами не решили проблему полностью. Неучтенными оказались типичные для афроамериканок, индианок пропорции тела. Надо думать, что эту проблему также будут активно обсуждать американские антропологи и владельцы кукольного бизнеса вынуждены будут принять и эти рекомендации ученых.

– А каковы критерии мужской привлекательности?

– Стандартно кажутся привлекательными мужские фигуры с узкими бедрами и широкими плечами. Это связано с уровнем тестостерона в их крови и говорит о том, что когда у такого мужчины проходило развитие организма, у него все было в норме с половыми гормонами. В данном случае, это тоже подсказка для женщины. Ведь если были какие-то нарушения – допустим, узкие плечи, широкие бедра, – то речь может идти о том, что у мужчины повышенный уровень женских половых гормонов. А это, в свою очередь, может говорить о бесплодии мужчины. Или, например, повышенное жировое отложение на бедрах у мужчин, как правило, сигнал о том, что мужчина лечится от рака простаты. (А это лечение, как раз, предполагает использование препаратов на основе женских половых гормонов.)

Вообще, стереотип восприятия пола складывается из набора признаков. Какие-то признаки вечные (профиль лица у мужчины или грудь у женщины), а какие-то признаки могут меняться (длина волос у мужчин и женщин, юбка и брюки, украшения – кольца, серьги, бусы и прочее).

– Но, вспомним, повальную моду в 60-х годах на узкобедрых девушек с плоской грудью, выразителем которой была британская супермодель Твигги.

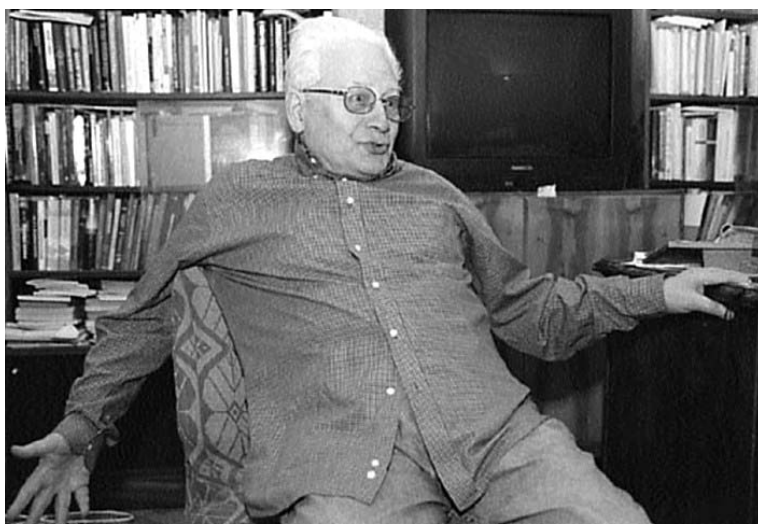
– Это, скорее, было индикатором того, что западное общество находится в ситуации пищевого благоденствия. По дан-

ным Сильверстейна с соавторами, подобный стандарт физической привлекательности сохранялся до начала 1980-х годов и был самым длительным в истории 20-го века периодом, когда женщинам предлагался подобный стандарт физической привлекательности.

Как только общество попадает в ситуацию катаклизмов и проблем с пищевыми продуктами, сразу стереотипы меняются в пользу пышногрудых и пышнотелых женщин. В традиционных обществах, например, женщины всегда таковы. Прежде всего, не у кочевников и скотоводов, а у тех, кто занимается растениеводством. Там очень многое зависит от урожая или неурожая. А у скотоводов, в этом смысле, меньше зависимость от капризов природы.

*Опубликовано в «Независимой газете»
23 июня 2004 г.*

Сексуальность в эпоху интернета и биотехнологий



Выдающийся философ и историк науки XX в. Томас Кун отмечал, что появление учебников – это признак зрелости развития любой научной дисциплины. «Эти учебники, – писал он в своем знаменитом исследовании «Структура научных революций», – разъясняют сущность принятой теории, иллюстрируют многие или все ее удачные применения и сравнивают эти применения с типичными наблюдениями и экспериментами». В итоге, именно учебник становится важнейшим этапом становления той или иной научной парадигмы. Если исходить

из этих критериев, то недавно вышедший из печати учебник профессор **Игоря Семеновича Кона** («Сексология: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М., 2004 – 384 с.) – верный признак того, что научная дисциплина с каким-то несерьезным названием «про это» становится вполне академической, фундаментальной областью исследований. По крайней мере, на это очень надеется автор учебника. О том, что же это за предмет такой, сексология, и чему он может научить – рассказывает доктор философских наук, профессор, главный научный сотрудник Института этнологии и антропологии РАН, действительный член Международной академии сексологических исследований и Польской сексологической академии Игорь Кон.

– **Игорь Семенович, хотя в выходных данных вашей книги четко указано «Учебное пособие для студентов высших учебных заведений», но у меня, все-таки, не сложилось впечатление, что потенциальные читатели ее сидят исключительно в институтских аудиториях...**

– Этот учебник – элементарная книга. В нем дан тот минимум знаний по сексологии, который, по идее, каждый взрослый человек старше 18 лет должен усвоить. Сексология у нас в стране в плохом состоянии. Специалистов в этой области катастрофически мало. Очень часто этой сферой человеческого существования занимаются урологи. Но между теоретической и культуральной сексологией, которой я занимаюсь, и тем, чем занимаются урологи, лежит огромная область – медицинская сексология. Среди читателей этой книги, гарантировано, будут медики – урологи, психиатры, сексопатологи. Ведь им приходится заниматься вещами, которые к их медицинской специальности не имеют прямого отношения, но вместе с тем знать их необходимо. Однако мой главный адресат – будущие психологи и представители общественных и гуманитарных наук. Что такое сексуальность, что в ней меняется и что, в связи с этим, должны знать студенты – об этом книга. Разумеется, нельзя объять необъятного. Я намеренно не стал давать даже обзора такой громадной и увлекательной области, как философия сексуальности, сосредоточившись на эмпирических науках. Среди них важное место занимают культурология и социология – без это-

го нельзя. Человеческая сексуальность – социокультурное явление, медицина изучает лишь отдельные ее аспекты.

– Когда в антропологии, в науке вообще, возникло это понятие – сексуальность?

– Слово это появилось уже в конце 18 – начале 19-го века, первоначально оно обозначало половую жизнь растений. Житейский, ходячий термин «секс» также многозначен. С одной стороны это просто синоним «пола», в биологическом смысле, с другой стороны, оно обозначает половые отношения, прежде всего их физическую сторону. Отсюда – традиционное противопоставление секса и любви: любовь – это что-то возвышенное, а секс – что-то более или менее низменное. В русском языке эта оппозиция особенно выражена. По-английски и по-французски выражение «заниматься любовью» никого не шокирует, а у нас даже известный эротический писатель Юз Алешковский в одном из своих интервью полностью присоединился к людям, которые считают, что словосочетание «заниматься любовью» совершенно неправильно; любовь – это то, что чувствуешь, а заниматься можно онанизмом. В современной науке слово «сексуальность» имеет широкий смысл, включая и чувства, и поведение, и связанные с ними культурные нормы.

– В связи с этим, Игорь Семенович, приведу одну цитату из вашей книги. «Никакого научного (и вообще четкого) определения понятие «порнография» не имеет, и иметь не может». Не слишком ли жестко? Все-таки мы все интуитивно, хотя бы, ощущаем: вот это – порнография, а это – эротика...

– Вот именно, что интуитивно. Но у всех очень разная интуиция. Когда какие-то изображения, сколь угодно откровенные, но вам созвучные, вызывают у вас положительные эмоции, то вы это называете эротикой. Если же это вам не созвучно, вы этим не занимаетесь, вас это не возбуждает, вы называете это порнографией. Это отрицательная оценка. А наибольшее раздражение у вас вызывает что-то, что внутренний отклик у вас вызывает, но вашим эстетическим и моральным сознанием не принимается. И тогда вы приходите в ярость. Поэтому я и привожу в книге слова Алена Робба-Грийе: «Порнография – это эротика других».

Однозначного определения понятию порнография дать нельзя. Практически речь идет о сексуально откровенных мате-

риалах, оценка которых предполагает качественный анализ. Надо понимать, что все эти нормы – культурные, и они связаны с соответствующей этикой и эстетикой.

Вообще пафос моей книги не в том, чтобы дать студенту готовые формулы поведения на все случаи жизни, а в том, чтобы стимулировать работу его собственного сознания, чтобы он научился видеть в своем мире не штампы, а проблемы. Поэтому в некоторых случаях я специально даю заостренные формулировки, для того, чтобы человек начал думать, это должно вызывать некоторый шок – чтобы он подумал...

– Вот, кстати, некоторые данные, которые лично у меня вызвали легкий шок. Вы, например, приводите результаты одного компаративного социологического исследования в Западной Европе и в России. Согласно опросу 1994 года, выйти замуж без любви готовы были 41% опрошенных россиянок (30% мужчин)... А на прагматическом Западе этот процент оказался существенно ниже.

– Любовь и брак – совершенно разные вещи. Современный брак – это брак по свободному выбору. На бытовом уровне мы склонны интерпретировать это как брак по любви, в отличие от брака по расчету. Но любовь – только один из возможных его мотивов. Шокирующая нас готовность выйти замуж без любви отчасти связана с нашей современной социальной ситуацией: бедность. Но за ней стоят и другие проблемы. Думать гораздо труднее, чем хвалить или осуждать.

Социологи различают несколько разных сексуальных сценариев, в соответствии с которыми люди выстраивают свою сексуальную и брачную жизнь. В пронатальном сценарии главная цель – деторождение. В романтическом сценарии главное – любовь, а секс – постольку поскольку. В гедонистическом сценарии все подчинено получению удовольствия. А один из сценариев – рыночный: это совершенно четкие отношения обмена; мужчина покупает женщину, содержит ее, дает ей материальное благосостояние, а она за это обеспечивает быть и сексуальную сторону брака.

Рыночный сценарий существовал всегда, но в последние годы он представлен у нас в стране больше, чем в предыдущие годы, и больше, чем на Западе – там прагматизм, несомненно, существует и материальные факторы учитываются, но женщи-

ны независимы, им продаваться-то не надо, поэтому брак более равный. Но не только это.

Иностранцы путешественники в России, начиная с 17-го века, обращали внимание на довольно свободные нравы наших женщин, их поражало, насколько здесь все легко и просто. На формирование такой культуры поведения оказало сильное влияние крепостное право, его последствия. Иностранцев русские женщины всегда пленяли своей внешностью, а вот, чтобы они особо восхищались их недоступностью, целомудрием и т.д. – чего не было, того не было.

Однако глобальные обобщения здесь неуместны. За абстрактными цифрами массовых опросов всплывает целый класс проблем, однозначной трактовки их не может быть. Поэтому так важны сравнительные межнациональные исследования по одной и той же методике. И когда они проводятся через определенные интервалы времени, можно увидеть, что в сексуальном поведении и установках постоянно, а что меняется.

Одни клинические данные не могут дать достоверную картину происходящего: в клинику кто-то приходит, а кто-то нет. Скажем, мужчины везде, а у нас в особенности, о своем здоровье, тем более – сексуальном, не заботятся, к врачу они не ходят без крайней необходимости. Мужчину тащат женщины, без нажима со стороны он не пойдет. Значит, необходимы массовые опросы.

– Вы пишете об отождествлении секса и полового акта, как об одном из мужских мифов. Почему? На мой взгляд, никакого противоречия здесь нет: что же такое половой акт, если не секс...

– Это неверно. И мастурбация – секс, и любые сексуальные ласки, даже без раздевания. Поцеловать руку любимой женщины, может быть, гораздо более сильное переживание, чем вся Камасутра, проделанная с проституткой, которая вам безразлична.

– Помните, у Пушкина Дон Гуан говорит: «Под этим вдовьим черным покрывалом, чуть узенькую пятку я заметил»...

– Да-да. Проблема заключается в том, что половой акт – самое значимое сексуальное событие, прежде всего потому, что без него не бывает деторождения: это всегда аффектируется, всегда охраняется. А вот нерепродуктивной сексуальности, ко-

торая может быть и негенитальной, придается меньшее значение. В моей книге приводятся данные социологических исследований английских и американских подростков: молодые люди не только мастурбацию, но даже оральный секс сексом не считают. Считается, что это некие сексуальные игры, но это еще не секс. Так что когда Билл Клинтон, утверждал, что не занимался с Моникой Левински сексом, он мог говорить правду.

Мужская специфика заключается в том, что сексуальная мотивация превалирует у мужчин над любыми отношениями – романтическими и так далее. Женщины, конечно, тоже отнюдь не безразличны к физической стороне секса, но она обычно включается в сложный эмоциональный контекст. Если сексуальность сводится к половому акту, то все остальное – предва- рительные: ласки и прочее как бы «факультативно», необязательно. Но от этого страдают обе стороны.

Мужские мифы – это очень серьезное дело. Сексуальности, как и всему остальному, надо учиться. И здесь женщины имеют преимущество перед мужчинами – они охотнее учатся. Женщина готова признать, что она чего-то не знает, в том числе и в сексуальной сфере. Вот книжку эту женщины будут читать (если узнают, что она есть), а молодые мужчины, если у них нет каких-то осознанных болезненных проблем, читать не будут. Потому что, когда заходит речь о сексе, первая мужская реакция: у меня по этой части все в порядке! Вот книжки по технике секса, – куда и как совать, – это пожалуйста.

– Так, может и не нужно мужчин из этого блаженного состояния выводить?

– Что значит – все в порядке? Ты почитай, а тогда узнаешь: может быть, что-то у тебя в порядке, а что-то можно улучшить. И проблемы эти вовсе не технические.

– Кажется, впервые в России в книге по сексологии в вашем учебнике появилась глава «Виртуальный секс». Эпиграфом к ней вы выбрали слова французского философа Жана Бодрийяра: «Нет сегодня менее надежной вещи, чем пол – при всей раскрепощенности сексуального дискурса...».

Если продолжить эту мысль, то, очевидно, что сегодня вспомогательные репродуктивные технологии (ВРТ) уже оказывают существенное влияние не только на сексуальность, но даже на самовосприятие наших собственных тел, нашей

сексуальности, гендера, мало того – даже расы и этнической принадлежности...

– Вспомогательные репродуктивные технологии изменяют не только сознание, но самые фундаментальные материальные условия жизни. Я рассматриваю тенденции, связанные с новыми технологиями, в контексте фундаментальной проблемы, которую люди еще очень плохо понимают: несовпадения сексуальности и репродукции. Мы привыкли думать, что сексуальность – это поощрение нам от природы за хорошее репродуктивное поведение: хорошо проводишь работу по воспроизводству потомства – получай за это удовольствие. На самом деле связь репродуктивной функции и удовольствия, связанного с ее выполнением – никогда не была жесткой. Еще до возникновения человеческого рода, сексуальность отделяется от репродукции, сексом люди занимаются не ради производства детей, а ради удовольствия.

В первой половине 20-го века было четко осознано и принято культурой: сексуальность самодостаточна, она для того, чтобы получать удовольствие, больше никаких оправданий для нее не надо. (Традиционная христианская позиция – секс оправдан только ради деторождения, удовольствие само по себе греховно). В конце 20-го века под эту установку культуры, массового сознания, а не только отдельных «распущенных» людей, подстроилась и материальная жизнь. Первое, что приходит на ум – контрацепция, в особенности женская. Она освободила женщин от страха зачатия, и это, действительно, меняет женскую сексуальность. А как же с репродукцией?

И вот здесь возникают новые репродуктивные технологии (помимо искусственного оплодотворения, которое существовало гораздо раньше) – возможность зачатия без знакомства партнеров. Уже миллион детей, зачатых «в пробирке» живет рядом с нами, и никаких отличий от тех, кто был зачат обычным способом, у них не обнаружено. Это уже не эксперимент. Речь идет о том, как материальная жизнь подстраивается под сдвиги в общественном сознании.

– А как же быть, все-таки, с виртуальным сексом?

– Это совсем другое дело. Тут происходит выдвигание на первый план момента воображения. Материального ничего не происходит. Но и в традиционном сексе значительная часть –

это и есть воображение: любим мы сначала образ, а потом реального человека, который с этим образом находится в состоянии весьма частичного совпадения. И в этом смысле, виртуальный секс – это бесконечное расширение этой возможности. Онлайн-овая сексуальная активность (ОСА) – это расширение сферы свободы, самостоятельно принимаемых решений. Но дополнительные возможности, это одновременно новые трудности, и новые опасности. Одни люди готовы экспериментировать, идти навстречу чему-то новому (это отчасти, но не исключительно, возрастной феномен), а другие этого не любят. Как и все новое, виртуальный секс вызывает у старших опасения, не перерастает ли ОСА в киберсекс и сексуальную одержимость, препятствующую нормальным отношениям. Однако опасности киберсекса, как и телемании, о которой много писали в середине 20 века, в связи с рождением телевидения, обусловлены, прежде всего, бедностью реальных отношений субъекта. Если у человека проблемы, надо анализировать характер его общения, почему у него не получается что-то в реальной сексуальной жизни и т.д.

Когда все внимание психологов и социологов сосредотачивается на одержимости киберсексом, это, с одной стороны, профессиональные проколы, а с другой – обслуживание начальников, обслуживание власти, которая хочет любой ценой сохранить монополию на информацию, сексуальную, как и политическую...

– Еще Мишель Фуко указывал, что сексуальность очень действенный механизм политического регулирования поведения больших популяций людей. Сегодня, в связи с развитием вспомогательных репродуктивных технологий, некоторые идеологи феминистского движения ставят вопрос еще более категорично: «ВРТ являются мощным инструментом политического социо-экономического контроля женского тела, в особенности его репродуктивных функций... Телу женщины отводится роль сырья и биологической базы снабжения производства, содержащей... все биоэлементы управляемого инкубатора».

– Весь вопрос – кто принимает решение. ВРТ могут быть инструментом социального контроля, но одновременно – это помощь тем женщинам (и мужчинам), которые хотят иметь

ребенка, но не могут по тем или иным причинам произвести его на свет. Как и все прочие технологии, ВРТ включаются в соответствующую социальную систему. Если в этой системе все продается и покупается, или все делается насильно, – при чем здесь технологии?...

– **Не является ли, по вашему мнению, расширение сексуального дискурса, само по себе своего рода манипулятивной технологией?**

– Такая возможность реально существует. Дегуманизация сексуального дискурса, сведение сексуальности к технике, в отрыве от эмоционального мира личности, проблемы интимности и т.д., не менее манипулятивно, что традиционные сексуальные запреты. Однако именно научное знание позволяет индивидуально противостоять этим попыткам. Недаром в качестве первого эпиграфа своей книги я взял слова Станислава Лема: «Как и в других случаях, от недостаточного и потому дурно используемого знания есть лишь одна защита – знание более полное».

– **И все-таки, как вы уже сказали, сегодня сексуальность отделилась от репродуктивной функции в человеческом обществе. И эти две функции все больше и больше расходятся. Уже современные репродуктивные технологии могут полностью устранить репродуктивный секс, само воспроизводство становится предельно рационализированным и контролируемым лабораторным процессом. Можно, например, «заманить» отдельный выбранный сперматозоид в лазерную ловушку и переместить его напрямую в отдельно выбранную яйцеклетку. То есть, это уже не естественный отбор, а вполне сознательный. В итоге, не приход ли мы к такой ситуации, когда вообще эти две функции – репродуктивная и сексуальная – станут абсолютно непесекающимися? Секс – в чистом, если можно так сказать, виде; а репродукция останется в качестве лабораторных работ для студентов биологических факультетов?**

– Теоретически, это не исключено. Отделение сексуальности от репродукции – факт реальный. Репродукцию рационализировать гораздо проще. (Существует уже даже такое понятие – **генетический** шопинг.) Хотя, я бы все равно сказал, что старый способ лучше.

А вот сексуальность рационализировать гораздо труднее. Тут мы имеем дело с удовольствием, а это уже вещь индивиду-

альная. Хотя и здесь есть своя техника, все равно живого человеческого тела, эмоций и всего прочего никакая кукла не заменит. Кроме того, сексуальная близость ведь нужна не только ради получения удовольствия. Это еще и интимность – психологическая сфера. И оргазм происходит «между ушей»: сегодня это можно экспериментально проверить с помощью томографов, например. Уже показано, что происходит в мозгу человека во время оргазма. И эти процессы не зависят от того, лежит ли, скажем, женщина совершенно неподвижно – никаких генитальных контактов, только – образы: у нее в мозгу «загораются» все те же самые точки, когда она имеет полноценный физический контакт с мужчиной.

Очень важно отметить, что пафос этих исследований не манипулятивный. Они проводятся для того, чтобы посмотреть, существует ли материальный субстрат наших эмоций, насколько это посюсторонне. Переоценивать естественнонаучный материал не стоит.

– **У меня все больше и больше складывается впечатление, что сейчас нет ничего более изменчивого, чем понятие пол (секс). Пол становится не тем, что мы привыкли воспринимать, данным нам от рождения. Мало того, возникает сложная система градации пола. Тут же – конфликт пола и гендера, возможность изменения пола... В конце концов, не идем ли мы к тому, что выбор пола будет просто некоей технической процедурой, причем, даже не только нашим собственным выбором, но, скажем, выбором за нас наших родителей, или тех, кто там будет участвовать в генетическом шопинге?**

– Я думаю, нет. Пол и гендер – это разные проекции. Гендер – это то, что создается социумом, культурой; гендер – совокупность социальных и культурных норм, которые общество предписывает выполнять людям в зависимости от их биологического пола. А пол – это биологическая данность. Изменить пол просто по желанию невозможно – срабатывают сугубо биологические ограничительные механизмы. Зависимость гендерных характеристик от половых никуда не исчезает; просто раньше думали, что это абсолютная зависимость, а сегодня мы понимаем, что это относительная, что здесь есть целый спектр возможностей.

Что меняется? Ослабевает жесткое структурирование «или-или»: или мужчина, или женщина. (Хотя ученые всегда знали,

что это является абсолютom только в репродуктивной биологии)... Это открывает возможности для принятия многочисленных индивидуальных вариаций, которые раньше подавляли или отрицали.

– Встречается уже и термин такой – текучесть тела... Стирается, как отмечают многие исследователи, четкая граница между телом и технологией. Собственно, технология как инструмент или метод здесь исчезает – никаких машин и аппаратных средств – только «молекулярное тело, способное «естественно» функционировать в новых контекстах».

– Совершенно верно. Но и это не так уж ново. Мы привыкли различать тело и одежду и вместе с тем признаем, что одежда – это вторая кожа, а нагота – форма одежды.

Ключевое, базовое понятие здесь – идентичность. Оно появилось в психоанализе и получило широкое распространение в западной социологии и психологии, когда возникла неудовлетворенность понятием роли. Социальная роль казалась чем-то частным, локальным. Но вскоре стало ясно, что идентичностей у человека тоже много, и какая из них самая главная – это тоже вопрос. Все зависит от того, где тебя притесняют. Если тебя притесняют за то, что ты «голубой», то главное в тебе твоя «голубизна»; если тебя преследуют за то, что ты еврей, главное в тебе – твое еврейство и т.д.

Можно вспомнить по этому поводу старый советский анекдот. В партком поступило заявление от жены: мой муж не выполняет своих супружеских обязанностей. Его вызывают, спрашивают – почему не выполняешь? Он отвечает: прежде всего – я импотент... «Нет, – говорит секретарь парткома. – Прежде всего, ты – коммунист!».

*Опубликовано в «Независимой газете»
9 февраля 2005 г.*

Кроме шуток: интеллектуальный юмор шизофреников

Ежегодно официально за психиатрической помощью в России обращаются 8 млн. граждан. 3% населения страдают депрессией и 1% – шизофренией. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), если депрессия сегодня занимает пятое место по трудопотерям, то к 2020 году она выйдет на второе место после сердечно-сосудистой патологии. Согласно исследованиям пекинского Центра изучения и предотвращения самоубийств (Beijing Suicide Research and Prevention Center), шизотипические расстройства встречается у более чем 4 млн. китайцев. И при этом, до сих пор нет удовлетворительного, общепринятого всеми учеными и медиками определения – что же такое «шизофрения». Именно поэтому так ценны любые новые исследования, приближающие нас к разгадке тайн этого психического недуга. Тем более, если это исследование носит очень необычный, уникальный даже характер – «Нарушения чувства юмора при шизофрении и аффективных рас-



стройствах». Именно такая работа была недавно выполнена на кафедре нейро- и патопсихологии факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова. Об этом – беседа с автором исследования, кандидатом психологических наук, **Аленой Михайловной Ивановой**.

– Алена Михайловна, насколько я понимаю, до сих пор нет удовлетворительного, общепринятого всеми учеными и медиками определения – что же такое «шизофрения». Из какого определения шизофренических расстройств исходили вы, приступая к изучению такой интригующей темы, как «Нарушения чувства юмора при шизофрении и аффективных расстройствах»? И в чем их отличие от аффективных расстройств?

– Очень характерно, что первый вопрос, который вы мне задали, касается не того, что такое юмор, а что такое шизофрения. Это очень показательно: что про юмор спрашивать – и так все понятно! У каждого по поводу юмора есть свое собственное представление.

– А разве не так?

– Действительно, каждый уважающий себя философ, начиная с античных времен, что-нибудь про юмор да сказал. Литобзоры на эту тему бесконечны. Традиционно принято изучать юмор в лингвистике, литературе. А вот экспериментальная наука, заинтересовалась юмором относительно недавно. Это относится не только к психологии, но, например, и к прикладной лингвистике, или исследованиям искусственного интеллекта. Комическое, юмор постепенно выделяется в самостоятельный предмет изучения, о чем свидетельствует появление тематических ассоциаций, таких как Американская ассоциация по изучению юмора (American Humor Studies Association) и Международное общество изучения юмора (International Society for Humor Studies).

– И все-таки, если учесть, что, по экспертным оценкам, в одной только России один миллион людей страдают шизофреническими расстройствами, мой первый вопрос вполне оправдан.

– Вы правильно заметили, что какого-то единого, четкого взгляда на то, что такое шизофрения нет, хотя классификаций

её форм очень много. В моих исследованиях участвовали три группы пациентов: больные вялотекущей и приступообразно-прогредиентной шизофренией, а также аффективными расстройствами.

В отечественной психиатрии выделяют малопрогрессирующую или вялотекущую шизофрению, в отличие от более тяжелых форм. Малопрогрессирующая означает медленно прогрессирующая, то есть вялотекущая шизофрения ограничивается психическими нарушениями, как правило, не достигающими до стадии выраженного психоза. Приступообразно-прогредиентная шизофрения – одна из более тяжелых форм расстройства, наиболее ярким показателем которой можно назвать психотические явления: бред и галлюцинации.

Аффективные расстройства – это больные с депрессиями или, наоборот, маниакальные больные. Но, вообще говоря, депрессивные расстройства гораздо более распространены, поэтому этих больных в моих исследованиях было гораздо больше.

У больных шизофренией любой формы всегда выявляются специфические нарушения мышления. Но это не значит, что они глупы. Наоборот, больные, участвовавшие в моих исследованиях, были очень умные – например, студенты философского и математического факультетов, переводчики. Это специфические нарушения мышления, которые могут приводить и к специфическому восприятию юмора.

– Уточните, пожалуйста. Получается, что, с различными формами шизофрении, можно учиться философии и математике?

– Безусловно, никакого противоречия в этом нет. С вялотекущей шизофренией – вообще часто нет никаких ограничений. Но и с грубыми формами шизофрении это вполне реально. Очень много примеров гениальных художников, математиков, крупных ученых, страдавших различными формами шизофреники...

Дело в том, что шизофрения не нарушает формальной логики. Наоборот, формальная логика может быть даже развита лучше у этих больных...

– Это значит, что у них лучше развито левое полушарие мозга?

– Это очень условное разделение. Но дело не в этом. Мышление у больных шизофренией нарушается по другому принципу. Это называется – «искажение процессов обобщения». То есть, они совершают обобщения по каким-то неявным признакам.

Характерный пример. Больному шизофренией предлагают сравнить разные понятия: что в них общего, что различного. И больной говорит, что ботинок и карандаш – очень похожие между собой предметы. С обыденной точки зрения – это очень далекие понятия. Но пациент удивляется: «Как же! И тем и другим можно что-то написать: карандашом – на листе бумаги, носком ботинка – на песке».

Такого рода мышление, в принципе, правильно. С точки зрения формальной логики, все верно! И больные шизофренией, делая обобщения, опираются на эти критерии. Кстати, за счет этого и происходит сближение шизофрении с гениальностью, ведь творчество тоже основано на каких-то необычных обобщениях, порождении каких-то необычных метафор.

Считается, что у больных шизофренией по такому же механизму нарушается и восприятие комического, юмора. Шутки у них связаны с объединением далеких понятий. Есть даже такое мнение, что особенно интеллектуальные шутки – сейчас у нас ими пестрят всякие рекламные плакаты: когда объединяют совершенно разные понятия и на этом строится юмор, – что этот юмор придумывают больные шизофренией. Но, тем не менее, здоровые люди могут его оценить.

– Сразу рисуется такая футуристическая картинка: шизофреники сидят в подвалах, или, наоборот, в высотках офисов рекламных фирм, и сочиняют рекламные слоганы, которые мы и читаем...

– Я могу только сказать, что далеко не все больные шизофренией находятся в клиниках, очень большое их количество работают и вполне успешно.

– Но все-таки, уже банальностью стала фраза: «Смех, чувство юмора – это признак психического здоровья». А вы, значит, занимались исследованием юмора у людей не совсем психически здоровых. Нет ли здесь противоречия?

– Является ли юмор признаком психического здоровья – этот вопрос сейчас активно обсуждается на очень серьезном

научном уровне. Это большая тема. По ней выполняется очень много экспериментальных и теоретических работ. Эти работы уходят и в область физиологии, связаны с иммунитетом (есть гипотеза, что смех повышает иммунный статус организма), с психическими заболеваниями, с психотерапией. Обобщающий вывод, который делают ученые в последнее время, заключается в том, что не весь юмор – это здоровый юмор. Есть позитивный юмор, адаптивный; а есть формы юмора, которые, наоборот, разрушительны, дезадаптивны – например, агрессивный, так называемый саркастический юмор. Но, как это ни парадоксально, исследований чувства юмора у психически больных людей, практически, нет. В нашей стране, насколько я знаю, моя работа – чуть ли не первое исследование. Да и в мире это направление пока только еще начинает развиваться. А, между тем, оно очень интересно с разных точек зрения. На основе того, как человек реагирует на юмор, или, наоборот, как он шутит, в принципе, можно делать выводы в плане диагностики его заболевания.

В моих исследованиях, например, выяснилась такая, очень полезная для диагностики, вещь: при грубых формах шизофрении нарушается само узнавание юмора. Мы предъявляли больным фразы – перемешанные: юмористические и неюмористические. Оказалось, что здоровые испытуемые, больные с аффективными расстройствами и больные вялотекущей шизофренией легко выделяли – где юмор, где не юмор (не зависимо от того, нравится шутка или нет). И только больные приступообразно-прогредиентной шизофренией испытывали трудности с распознаванием шуток. И это позволяет выделить эту группу больных и провести диагностику.

– С другой стороны, в обыденной жизни мы часто говорим: у него – хорошее чувство юмора; а этот – вообще не реагирует на шутки... Значит, мы можем – очень условно, конечно! – предположить, что у этих последних, что-то не в порядке с психикой?

– Реакция – смех, или улыбка – означает, что человек оценил вашу шутку. Это дело вкуса, прежде всего. А в наших исследованиях речь шла именно об узнавании юмора. Вам может не понравиться та или иная шутка или анекдот, но вы поняли, что собеседник пошутил. Другое дело, что юмор очень разнообра-

зен. Это уже – тонкий нюанс. Есть полуироничные высказывания и т.п.

– **А есть еще «идиотский смех»...**

– Идиотский смех, вообще говоря, с юмором не всегда связан. Он может и без юмора возникать – веселящий газ или марихуана... Поэтому существует некая размытая граница, где и здоровый человек не всегда может определить – с юмором это сказано или нет.

В нашем исследовании мы говорили о более четком юморе, более однозначном. Тот юмор, который все испытуемые – и здоровые, и больные с аффективными расстройствами – определили точно как юмор. А вот больные шизофренией с этой задачей не справились.

– **Помимо того, что вам удалось определить, что больным с прогредиентной формой шизофрении тяжело определить, где юмор, а где нет, какие еще наиболее интересные результаты получены?**

– Еще раз подтвердилось, что больные с депрессией ценят юмор, но у них снижается смеховая активность, внешние эмоциональные проявления.

Мы пытались выявить, какие виды юмора разные больные предпочитают или, наоборот, избегают. В итоге, удалось выделить пять видов юмора, которые разделили наших больных.

Во-первых, юмор нелепости. Это шутки, которые основаны не столько на интеллектуальной усилки, а на абсурдности самой ситуации. Восприятие такого юмора больше связано, именно, с эмоциональной составляющей. Самый мой любимый анекдот из этой серии: «Купил мужик шляпу, а она ему как раз». К юмору нелепости у больных шизофренией нет особого отношения. Противоположностью юмору нелепости, является юмор, связанный с разгадкой. Мы называли этот вид юмора – юмор разрешения противоречия. Это сходно с восприятием загадок. И этот юмор, как раз, особенно предпочитают больные шизофренией. Причем, чем больше выражены нарушения мышления, тем больше им нравится такой юмор. Скорее всего, они сами и придумывают такие шутки в больших количествах. Вот пример: «- Что сегодня пьем? / – Да вот, вино сухое. / – Ну, насыпай!» Здесь чисто лингвистическая двусмысленность.

Что касается аффективных больных, то они любят специфический юмор – мы его назвали цинично-пессимистическим. Он отражает циничный, депрессивный взгляд на мир: все плохо, все будет только хуже. Но, тем не менее, это тоже юмор. Например: «Стоит узнать человека поближе – хочется послать его подальше». Или: «Доктор говорит пациенту: У меня для вас плохая новость. Пациент: Я умру? Доктор: Мы вас будем лечить».

Если говорить о маниакальных больных, то у этой группы обнаружили очень интересные закономерности в восприятии комичного. С одной стороны, по определению, они очень любят смеяться, все время находятся в состоянии эйфории. Тем не менее, считается, что маниакальное состояние является защитным: на заднем плане, на уровне подсознания присутствует депрессия. И вот маниакальные больные больше всего и оценили этот специфический, депрессивный юмор.

– **Получается: увидел на улице веселого человека – обойди!**

– Вообще, аффективные больные у меня вызывали море эмоций, пока я проводила исследование. Они совершенно непредсказуемы. А ведь считалось, что депрессивные больные вообще не смеются, не реагируют на юмор. Оказалось, что это не так, категорически не так! Я предъявляла депрессивным больным анекдоты для чтения в отпечатанном виде. Бывало так, что пока такой больной читает анекдот – он хочет. Но, как только он закончил чтение, у него выражение лица, что называется, «сползает» и он возвращается к своему депрессивному состоянию. Или наоборот. У меня был маниакальный больной, который хохотал все время, пока мы с ним общались, совершенно без повода. Кроме тех моментов, когда он читал анекдоты. К анекдотам он подходил серьезно.

– **Итак, мы добрались до четвертого вида юмора...**

– Это – неприличный юмор. Этот вид юмора не очень жалуют, игнорируют даже, больные при депрессиях. То же самое – при вялотекущей шизофрении.

– **И как эти результаты можно интерпретировать?**

– При депрессиях снижается уровень экспансии в мир, человек закрывается от всего и от всех; в крайнем случае, он ложится на кровать лицом к стене и ни на что не реагирует. А вос-

приятие неприличных анекдотов, все-таки, связано с неким эпатажем: вот какой я анекдот рассказал! Именно поэтому неприличные анекдоты рассказываются не каждому встречному, а в известной тебе компании, в контексте.

У больных с вялотекущей шизофренией, скорее всего, такая реакция на неприличный юмор связана тоже с депрессией. Дело в том, что больные шизофренией, которые находятся в клинике, лежат там, очень часто, с жалобами на депрессию. Интересно, что, чем больше депрессия, тем меньше любят неприличный юмор.

Пятый вид юмора. Его, условно, мы обозначили, как юмор, дискриминирующий противоположный пол. Пример. «Какая разница между женщинами и комарами? Комары досаждают только летом».

Анализируя эти анекдоты, я поняла, что, несмотря на дискриминирующий, агрессивный их характер, их целью является, скорее, флирт, установление отношений между полами, чем агрессия и изоляция. Парадоксальный момент!

Поэтому депрессивным больным этот юмор нравится меньше, они не настроены на какие-либо отношения. А при усилении нарушений мышления больные шизофренией, наоборот, начинают любить этот вид юмора. Потому что такой юмор более броский; агрессия не такой уж тонкий юмор, это – нарочитая манифестация своих намерений. Для больных приступообразно-прогредиентной формой шизофрении агрессия может являться признаком шутки. И даже самый типичный для шизофреников юмор разрешения противоречия тоже связан с агрессией: когда мы рассказываем кому-то интеллектуальный анекдот, то мы как бы меряемся интеллектом с противником – поймет, дойдет до него?

Мы просили таких больных самих шутить. Так вот, оказалось, что у них все шутки были очень агрессивные, а некоторые вообще не содержали в себе никакого юмора, это была чистая агрессия. Правда, пока это еще не на уровне научных результатов, а на уровне наблюдений.

– Я вас слушаю, и мне все время приходит на память высказывание Фрейда: «Человечество всегда смеется над тремя вещами: сексом, отправлениями прямой кишки и над своим правительством»...

– Вы знаете, похожие исследования с факторизацией оценок анекдотов, но на здоровых людях, проводил швейцарский ученый Виллибальд Рух. Есть, конечно, некоторые нюансы, но, в общем-то, три фактора совпадают: юмор нелепости; юмор разрешения противоречия и сексуальный юмор. (В наших исследованиях, получился не сексуальный, а неприличный юмор: речь шла не только про секс.)

А вот при подключении к этой выборке больных испытуемых, возникают два дополнительных фактора – цинично-депрессивный юмор и юмор, дискриминирующий противоположный пол. То есть, для здоровых людей, два последние фактора не играют заметной роли при оценке, например, анекдота.

И этот факт очень важен для диагностики. Циничный юмор предпочитают депрессивные и маниакальные больные, а юмор, дискриминирующий противоположный пол, – пациенты с шизотипическими нарушениями мышления. А ведь у больных шизофренией одновременно может быть и депрессия и нарушения мышления. Если удастся придумать рабочую методику, основанную на восприятии юмора, то это даст возможность диагностировать структуру дефекта. Ведь для врача очень важен наличный статус больного: что в данный момент преобладает, на что надо в первую очередь обратить внимание – на нарушение мышления или на депрессивное состояние.

*Опубликовано в «Независимой газете»
11 апреля 2007 г.*

Великое переселение неандертальских народов



Мария Медникова у входа в пещеру Окладникова, где жили неандертальцы

Поток публикаций, посвященных судьбе неандертальцев, вообще-то, и всегда был довольно плотный. Но в последние два года этот информационный фон изменился не только количественно, но и качественно. Одна из последних публикаций – в журнале *Science* (26 августа 2011, v. 333): «Кем были Денисовцы?» (Who Were the Denisovans?). В ней американские исследователи утверждают, что в результате смешения неандертальцев с Человеком алтайским (Denisovans), останки которого были обнаружены в Денисовой пещере на Алтае в 2008 году, возникли гены, которые и по сей день помогают людям

справляться с разными вирусами. Увы, но спаривание с другими группами древних людей не помогло самим неандертальцам – около 30 тысяч лет назад они исчезли с лица земли.

Что же происходило с неандертальцами? Каковы были перипетии их эволюционного пути? Об этом рассказывает доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник Института археологии РАН **Мария Борисовна Медникова**. Мария Бо-

рисовна, автор более 220 научных работ, в том числе нескольких монографий: «Древние скотоводы южной Сибири: палеоэкологическая реконструкция по данным антропологии» (М., 1995); «Трепанации у древних народов Евразии» (М., 2001); «Трепанации в древнем мире и культ головы» (М., 2004); «Неизгладимые знаки: татуировка как исторический источник» (М., 2007). В июле 2011-го года у нее вышла книга, посвященная неандертальцам из пещеры Окладникова на Алтае («Посткраниальная морфология и таксономия представителей рода *Homo* из пещеры Окладникова на Алтае», Новосибирск).

– Мария Борисовна, можно ли сегодня расставить точки над «i» в старом научном споре: гомо неандерталец (*Homo neanderthalensis*) – это отдельный вид, развивавшийся параллельно с людьми нашего вида, *homo sapiens*, или предшественник человека разумного? Предок или брат? Что по этому поводу говорит антропология?

– Это очень хороший вопрос. И, надо сказать, что вопрос этот до сих пор очень дискуссионный. Есть две базовые точки зрения и в разное время доминировала то одна, то другая. Сейчас ситуация вновь находится в нестабильном состоянии.

Собственно говоря, ответ на этот вопрос заложен в названии самого таксона. Если мы принимаем название *Homo neanderthalensis*, то подразумеваем, что неандертальцы – это отдельный биологический вид. *Homo* – это название рода, *neanderthalensis* – видовое название.

Но вы могли заметить, что и в научной литературе, и в научно-популярной, встречается еще одно название: *Homo sapiens neanderthalensis* – человек разумный неандертальский. Ученые, которые придерживаются такой терминологии, подразумевают, что неандертальцы – подвид человека разумного, *Homo sapiens*. Но подвид ископаемый, потому что людей с таким обликом, в полном объеме, встретить среди нас сейчас не удастся. Хотя, какие-то отдельные черты неандертальцев присутствуют. Допустим, мощные надбровные дуги. Такой признак можно наблюдать, как правило, у мужчин-европейцев. Но, конечно, они никогда не имеют такого развития, как у неандертальцев.

Вплоть до 2010-го года побеждала концепция, в которой предполагалось, что неандертальцы были отдельным биологи-

ческим видом. Поэтому все и говорили про «отдельное человечество», «запасное человечество» и тому подобное, имея в виду неандертальцев. Но революционные открытия группы немецких палеогенетиков, которые работают в Институте Макса Планка под руководством Сванте Паабо, показали, что между представителями неандертальского населения и кроманьонцами (ископаемыми людьми современного анатомического облика) все-таки была гибридизация. (Хотя еще за несколько лет и даже месяцев до этого, Сванте Паабо и его коллеги отвергали такую возможность.) Но какие это были неандертальцы?

Я имела возможность задать этот вопрос непосредственно исследователям из группы Сванте Паабо. По их мнению, это были неандертальцы ближневосточные. Европейские же неандертальцы не скрещивались, не вступали в браки с кроманьонцами, по крайней мере, следов такого генетического влияния не обнаружено. Это был, скорее всего, однократный союз между сапиенсами и неандертальцами, причем, однонаправленный, если можно так сказать, союз. В одну сторону шел поток генов: от неандертальцев – к кроманьонцам.

С другой стороны, не надо забывать, что даже если мы имеем дело с разными биологическими видами, то, в принципе, науке известны примеры межвидовой гибридизации.

Так что, однозначного ответа на ваш вопрос сейчас нет. Мы так и не знаем: неандертальцы – это подвид или отдельный вид человека разумного.

– Но, кажется, биологи определяют как один из фундаментальных признаков самостоятельного вида, как раз, неспособность скрещиваться с другими видами. Как только такой признак утверждается – можно утверждать, что вид сформировался...

– Действительно, существует концепция биологического вида, предложенная Эрнстом Майром, – очень известным американским ученым, создателем синтетической теории эволюции, – в которой подразумевается, что разные виды скрещиваться не могут. Но если они очень близкие и эволюционные пути их недавно разошлись, то, в принципе, гибридизация возможна.

Стоит заметить, что помимо концепции биологического вида по Майру в теоретической биологии существует, как ми-

нимум, еще двадцать две концепции вида. На самом деле, это очень сложная задача – описание процесса видообразования: как уловить момент, когда это уже новый вид, а еще не старый? Как уловить этот момент дивергенции – проблема...

Несколько лет назад я специально написала статью о применимости концепции биологического вида в антропологии. Уже тогда некоторые западные антропологи стали предполагать, что была какая-то межвидовая гибридизация, скажем, между разными видами австралопитеков. Неслучайно, палеонтологи чаще пользуются термином, который предложил эволюционист Симпсон, – линидж. То есть, непрерывная цепочка эволюции.

Есть такой западный антрополог Милфорд Вольпов, который является сторонником теории полицентризма – становления человечества в разных центрах на Земле. Он отстаивает существование, фактически, единого вида, единого линиджа *Homo sapiens* на протяжении последних двух миллионов лет. В эту его конструкцию попадают все виды рода *Homo*. Хотя, на мой взгляд, в каких-то частях ареала были явно тупиковые ветви человечества, которые не внесли свой генетический вклад в формирование современного человека.

– То есть, в сухом остатке, все же получается, что неандерталец, скорее, брат, чем предок человека разумного?

– Я придерживаюсь той точки зрения, что европейские неандертальцы, которые находились в изоляции от остального ареала – и, тем более, жили в ледниковых условиях, – они прошли так называемое «бутылочное горлышко» естественного отбора. Другими словами, когда в результате всяких неблагоприятных событий, очень сильно упала их численность и оставшиеся оказались близкими родственниками, популяция европейских неандертальцев стояла на пути отдельного видообразования.

А вот, что касается азиатской группы неандертальцев, – а мы знаем их на территории Израиля, Ирака и, как теперь выясняется, в Сибири, – то, на мой взгляд, эта группа менее дифференцирована, она стояла ближе к общему предку с *Homo sapiens*.

– Давайте, опишем временные рамки появления в Европе этого вида (или подвида) – *Homo neanderthalensis*. Насколько

я понимаю, потом эти неандертальские европейцы пошли достаточно широкой волной на Восток...

– Наверное, нельзя говорить о неандертальцах, не упомянув их эволюционных предшественников. А их предшественниками были так называемые гейдельбергские люди. Принято их выделять в отдельный биологический вид – *Homo heidelbergensis*. Хотя, эта точка зрения, тоже не общепринятая; некоторые исследователи считают их поздними эректусами (*Homo erectus*). Немногочисленность их останков всегда оставляет пространство для интерпретаций. Считается, что предки гейдельбергских людей мигрировали из Африки, примерно, полмиллиона лет назад. В это время Европа уже была колонизирована некоторыми формами эректусов...

– Простите, что перебиваю, но, забегая вперед, мы можем сказать, что, если сапиенсы вытеснили неандертальцев, то гейдельбергцы вытеснили эректусов?

– Ну, наверное, не столько вытеснили, сколько частично ассимилировали. Потому что есть такая точка зрения, что гейдельбергцы тоже были эректусами. Есть такое понятие – «*Homo erectus* в широком смысле слова». И туда можно записать ископаемые формы рода *Homo*, начиная с самых ранних видов – тех же эргастеров (*Homo ergaster*, жившие 2 млн. лет назад) и тех поздних питекантропов, останки которых обнаружены на острове Ява (40 тысяч лет назад). (лат. *Pithecanthropus* – обезьяно-человек – А.В.)

Зародившись в Африке, питекантропы, этот недооцененный таксон, к которому сейчас мы обращаемся все с большим почтением, стал первым путешествующим видом *Homo*, который выходит за пределы Африки и дает много волн миграции. Прежде всего, они заселяют теплые тропические места, которые больше похожи на их предковую зону, то есть идут в Азию; и позже всего они приходят в Европу, – примерно один миллион лет назад.

Потом, полмиллиона лет назад, фиксируется еще одна миграция из Африки. В более прохладных европейских условиях и более изолированные от основного ареала эти люди, – а они, конечно, люди, с орудиями труда, со сложными способами охоты, – эволюционируют в гейдельбергских людей, а те, в свою очередь, очень быстро, эволюционируют в направлении неандер-

тальцев. Поэтому некоторые ископаемые находки носят промежуточный характер: то ли это поздние «гейдельбержцы», то ли это, уже, ранние неандертальцы... Но, в принципе, применительно к отметке, где-то, 300 тысяч лет назад, мы можем говорить о появлении ранних неандертальцев.

Но те неандертальцы, которые нам хорошо известны в своем классическом варианте – с мощными надбровными дугами, плотно сбитые, без подбородков (кстати, в выраженном виде подбородок появляется только у ранних *Homo sapiens*, то есть примерно 200 тысяч лет назад) – это поздние неандертальские группы. Они жили в экстремальных условиях ледникового периода, но они были очень хорошо биологически адаптированы к этим условиям.

– Это, примерно, 150 тысяч лет назад?

– Нет, позднее. Резкое похолодание началось только 80 тысяч лет назад. Вот, в период от 80 до 40 тысяч лет назад мы и имеем классических неандертальцев. А потом начинается интересная история. В Европу попадают ранние анатомически современные люди. Применительно к Европе мы их и называем кроманьонцами. Наступает период то ли совместного проживания, то ли контакта, то ли вытеснения... Непонятно.

– Меня поразил такой факт. Среди всех найденных останков неандертальцев около половины – детские. С чем это связано: тяжелые условия и, как следствие, высокая детская смертность? Или это свидетельство инфантицида?

– Я бы разделила этот вопрос на две части.

Во-первых, если мы обратимся к демографической структуре неандертальского общества, то, действительно, нельзя не отметить, что детские останки представлены достаточно широко. Мы имеем значительное число новорожденных, достаточно много 4-5-летних детей.

И если мы возьмем более близкие к нам времена верхнего палеолита (с датировкой от 50 до 10 тысяч лет назад), то, в принципе, там тоже детских останков много. Пик смертности приходится на возраст от 7 до 10 лет. По современным схемам классификации индивидуального развития человека – работы англичанина Барри Богина, – это ювенильный (юношеский) период.

Неандертальские дети тоже погибали в этом возрасте. С чем это связано? В этом возрасте ребенок становился самосто-

ательным, он начинал сам охотиться. Соответственно, он подвергался рискам взрослой жизни.

Теперь, что касается инфантицида. Доказательств избирательного убивания детей у неандертальцев я бы не приводила. (Нам известны всякие печальные этнографические примеры, связанные с современным человеком, но это отдельная история.)

Но, конечно, тема каннибализма нет-нет, да возникает. Она обсуждалась применительно к балканским неандертальцам. В прошлом году была публикация по поводу испанских находок.

Или это было какое-то ритуальное обращение с телами? Вряд ли тут только какие-то трофические причины. Ведь неандертальцы были очень хорошими охотниками. Они были адаптированы, чтобы есть много мяса – в холодных условиях это было необходимо для их обмена веществ, постоянное потребление белки животного происхождения. Они умели это мясо добывать. Их скелеты поэтому и несут следы изношенности; много всяких микротравм, переломов. Поэтому, я думаю, что все эти манипуляции с телами – это нечто другое, а не каннибализм. Может быть, повторяю, религия.

– Все-таки, вы предполагаете, что неандертальцы «созрели» до появления религии?

– Я думаю, что у неандертальцев были достаточно сложные представления о жизни. Если была найдена неандертальская флейта, изготовленная порядка 60 тысяч лет назад в Центральной Европе, то есть за 20 тысяч лет до прихода сюда *Homo sapiens*, то это о многом говорит в культурном развитии *Homo neanderthalensis*. Известно, например, что в одной из пещер (Драхенлох) в Швейцарии неандертальцами был создан «депозит» – хранилище медвежьих черепов. Культ медведя у них уже мог существовать.

– Вы уже упомянули об азиатских неандертальцах. Сибирия, так сказать. А еще точнее – алтайцы. Давайте теперь поговорим о них.

– Что касается неандертальских останков на Алтае, то они в очень плохой сохранности. Они настолько фрагментарны, что почти тридцать лет трудно было представить, что по этим костям можно что-то сказать.

Мы не знаем точно, когда мигрировали неандертальцы в восточном направлении. Но если основываться на данных ге-

нетики, – частично был расшифрован геном неандертальского мальчика из пещеры Тешик-Таш в Узбекистане, останки которого нашел в 1938 году академик Окладников, – то можно говорить, что он находится в стороне от неандертальцев Европы. То есть, по-видимому, азиатская популяция имеет связь с более ранними неандертальцами. Это более реликтовое для неандертальцев население, которое сохраняется в Азии. В частности, в Ираке – неандертальцы из пещеры Шанидар. К сожалению, из костей ближневосточных неандертальцев ДНК не удается выделить, хотя попытки предпринимались.

– Тот же Сванте Паабо сообщил, что в прошлом году ему удалось расшифровать ядерную ДНК неандертальца из пещеры Окладникова на Алтае...

– Тут мы подходим к самому интересному. На протяжении десятков лет ученые из новосибирского Института археологии и этнографии СО РАН, который возглавляет академик Анатолий Пантелевич Деревянко, – он выдающийся исследователь палеолита нашей страны, – невероятно тщательно исследовали алтайские пещеры. Пещер много. Далеко не только пещера Сибирячиха, которая была переименована в честь академика Окладникова. Есть еще и Денисова пещера, которая в последнее время привлекает колоссальное внимание палеонтологов со всего мира. Раскопками в Денисовой пещере руководит заместитель директора Института археологии и этнографии СО РАН Михаил Васильевич Шуньков, замечательный археолог.

Первоначально были найдены орудия труда. Некоторые из найденных артефактов свидетельствуют, что Алтай был впервые заселен, может быть, еще миллион лет назад. Причем, миллион лет назад на земном шаре существовали, в основном, *Homo erectus*. То есть, это были явно эректоидные формы, которые пришли на Алтай и какое-то время там существовали. Потом эта волна миграции заглохла. И полмиллиона лет назад Алтай «вымер», остался незаселенным.

Следующая волна миграции людей прослеживается в период 300 тысяч лет назад. По данным археологии, по-видимому, это были пришельцы издалека: некоторые археологические аналогии были найдены на территории Израиля, на территории Леванта.

Итак, примерно 300 тысяч лет назад, Алтай заселяется какой-то группой людей. А дальше эта группа развивается изолированно. До периода 50 тысяч лет назад она живет обособленно, в благоприятных условиях. Их каменная индустрия постепенно меняется и, в конечном итоге, эти люди доходят до уровня верхнепалеолитических инноваций, то есть они развивают культуру, которая была свойственна в других частях Земли анатомически современным людям. Денисовцы, например, создали шлифованный нефритовый браслет. Это совершенно уникальная вещь.

Но кто были эти люди, к какому виду принадлежали, – совершенно неизвестно!

– Но, все-таки: наврное, гипотезы на этот счет существуют?

– Они могли быть какими-то поздними эректусами; они могли быть гейдельбергскими людьми; они могли быть и ранними неандертальцами (это как раз время перехода от человека гейдельбергского к неандертальцу). Наконец, тогда же, в Африке от поздних *Homo erectus* эволюционирует *Homo sapiens*, человек разумный. То есть, загадочный период 300 тысяч лет назад безумно интересен в этом отношении!

– Вот, наврное, было уникальное время в истории Земли: на одной планете сосуществуют и, скорее всего, взаимодействуют, скрещиваются сразу несколько видов людей...

– И самое любопытное, что это время протянулось до периода 40 тысяч лет назад. Тогда сложилась еще более уникальная ситуация. Причем на территории нашей страны. Буквально последний год дал очень много нового в области антропогенеза. Пока у нас еще накапливаются вопросы, а ответов нет. Мы только нащупываем некоторые. Но уже многие устоявшиеся представления поставлены под сомнение. И это связано с исследованиями алтайской территории.

На Алтае найдено большое количество разных орудий труда. Это были разные индустрии – совсем древняя; промежуточные; были найдены так называемые мустероидные орудия труда. (Период мустье датируется от 200 тыс. до 50 тыс. лет назад. Мустье – это культура неандертальцев и других сходных популяций сходного времени – **А.В.**). Они были найдены в пещере Окладникова и еще в одной пещере – Чагырская, она сей-

час интенсивно раскапывается. Эти мустероидные орудия труда совпадали с тем, что делали неандертальцы в других частях ареала.

Еще в 1984 году при раскопках пещеры Окладникова были найдены несколько зубов и фрагменты костей посткраниального скелета, то есть все, что ниже головы – плечевая косточка ребенка около восьми лет, правая и левая бедренные кости и кость стопы. Некоторые другие посткраниальные кости. Причем, все это было найдено прямо под навесом перед входом в пещеру. На протяжении 40 тысяч лет эти кости и лежали тут, под открытым небом. Просто фантастика!

Первоначально, исследователи все внимание обратили на зубы. Уже тогда некоторыми исследователями было высказано предположение, что это зубы неандертальцев или ранних сапиенсов. Посткраниальный скелет, традиционно, не очень сильно привлекал внимание ученых – его тяжелее исследовать, ведь на его состоянии сказывается не только генетика, но и внешние условия существования особей. И вот, немецким исследователям недавно, в 2007 году, удалось выделить и проанализировать ДНК из этих костей. Эта ДНК оказалась неандертальской. Причем, не европейская, а несколько более удаленная, которая близка к тому, что мы видим у неандертальца из пещеры Тешик-Таш.

– То есть, мы можем сказать, что алтайские неандертальцы – восточный фронт распространения этого вида?

– Пока – да. Но зная, какие это были активные, умные и приспособленные люди, я не исключаю, что они могут найтись где-то еще – может быть в Монголии.

По данным археологии, миграция неандертальцев на Алтай происходила достаточно поздно – около 45-40 тысяч лет назад. То есть, они пришли либо из Передней Азии, либо из какого-то промежуточного центра, тот же самый Тешик-Таш. Я говорю это в предположительном плане потому, что для Тешик-Таша мы не знаем взрослую форму неандертальцев, у нас есть только детский скелет. При сравнении этого детского скелета с детскими костями из пещеры Окладникова обнаруживаются некоторые признаки сходства.

Эти неандертальцы приходят на Алтай, но они его застают заселенным, какими-то людьми. Кто были эти люди? Ответ на

этот вопрос стал возможен тоже благодаря генетическим исследованиям. В начале 2010-го года была расшифрована вначале митохондриальная ДНК, полученная из косточки детского мизинца из Денисовой пещеры. И оказалось, что это – доселе неизвестная ДНК. Кстати, расстояние между пещерой Окладникова и Денисовой пещерой – около ста километров; для палеолитических охотников – это не расстояние.

Выходит, что почти бок о бок, жили неандертальцы из пещеры Окладникова и представители неизвестного вида людей из Денисовой пещеры. «Общий материнский предок человека из Денисовой пещеры, европейских неандертальцев и современных людей жил от 779 тысяч лет назад до 1 миллиона 300 тысяч лет назад», – я вам процитировала выводы генетической экспертизы. Это был некий *Homo erectus*. Само по себе – это сенсация. Но дальше произошло еще более интересное.

Та же немецкая группа генетиков выделила ДНК из мужских останков в Денисовой пещере. Это уже была ядерная ДНК, которая дает полноценное представление о геноме. И оказалось, что все-таки денисовские люди несколько ближе стояли к неандертальцам и дивергировали от них порядка 600 тысяч лет назад. Но и это еще не все сюрпризы, которые ждали ученых.

Оказалось, что почти все современное человечество не имеет в своих генах денисовского наследия. А вот меланезийцы, жители Папуа Новой Гвинеи, они эти денисовские гены имеют. Получается, что предки современных меланезийцев, – а это были анатомически современные сапиенсы, – по пути в Азию встретились с какими-то родственниками денисовцев, и произошла гибридизация.

– А что в этой связи можно сказать о неандертальцах из пещеры Окладникова?

– Я специально исследовала этот вопрос и подготовила работу на эту тему. К сожалению, археологический материал, который был в моем распоряжении, очень фрагментарен. Поэтому мои выводы носят сослагательный характер. Но, тем не менее.

С одной стороны окладниковские неандертальцы имеют большое сходство с неандертальцами из Передней Азии (жившими около 120 тысяч лет назад). Но, в то же время, у этих алтайских неандертальцев есть некоторые черты, которые, как мне кажется, сближают их с *Homo erectus*. Поэтому, я выдвину-

ла предположение: возможно, предковая неандертальская популяция, заселившая Алтай, имела ареал, частично перекрывавшийся с эректусами в Азии.

На Алтае был такой рефугиум, убежище. Ведь здесь климат был мягче, чем в Европе. И неандертальцы мигрируют сюда. Это было критически важно для них, так как, согласно некоторым исследованиям, 70-38 тысяч лет назад генетическое разнообразие европейских неандертальцев составило всего треть от такового у современного человечества. Это говорит о том, что они стояли на грани вымирания. Но тогда им удалось пройти сквозь это бутылочное горлышко естественного отбора.

В результате, 40 тысяч лет назад на Алтае складывается уникальная ситуация. Мы наблюдаем там людей, которые эволюционируют от какой-то древней группы – денисовцы, это люди с очень реликтовым геномом. Но при этом они внесли свой генетический вклад в состав современного человечества, и это очень важно. Мне кажется, что на примере денисовцев мы уловили тот вклад, который внес вид *Homo erectus* в происхождение современного человека. В Африке, из-за жаркого климата, ДНК плохо сохраняется. А в Сибири эта реликтовая ДНК сохранилась, и это – уникальная возможность понять, что мы унаследовали от этих форм.

*Опубликовано в «Независимой газете»
28 сентября 2011 г.*

Какой национальности ваш мозг?



Модельная ситуация: мчится поезд, и от вас зависит, перевести его на тот путь, где пострадает один человек, или на тот путь, где пострадают пятеро. Что вы выберете? Но еще более сложный вопрос – что происходит в этот момент выбора в вашем мозгу? Какие нейроны включаются и принимают в итоге решение? Об актуальных проблемах нейронауки рассказывает профессор, заведующий Лабораторией психофизиологии имени В.Б. Швыркова Института психологии РАН, заведующий кафедрой психофизиологии Государственной академии гуманитарных наук **Юрий Иосифович Александров**.

– Юрий Иосифович, сейчас очень модными становятся такие понятия, как «нейрокультурология», «нейросоциология» и даже «нейрополитика»... Что послужило такому всплеску интереса к сугубо академической, казалось бы, отрасли знания – нейронауке? Что происходит в психологии и в нейронауке?

– Там, с моей точки зрения, происходит революция, которую еще не все заметили. Эта революция связана с резким развитием кросскультурных исследований. То есть исследованием того, чем отличаются люди, принадлежащие к разным культурам, а также к разным социальным группам внутри одной культуры.

Обычная точка зрения состоит в следующем. У нас есть мозг, в этом мозгу есть набор анализаторов, которые отвечают за восприятие запахов, зрительных и слуховых стимулов, есть «двигатели» – заведуют нашим движением, координацией, есть «чувствователи», которые связаны с эмоциями.

Если мы помещаем этот механизм в разные культуры, то это всегда один и тот же механизм, который будет лишь немного по-разному – в зависимости от того, какая культурная среда, – работать. Один и тот же мозг, но работающий по-разному в разных условиях. Так, один и тот же человек будет по-разному вести себя, чувствовать, обонять в условиях пустыни и в условиях леса.

Это неправильная точка зрения. Она свойственна улице и... психологам, а также физиологам в пока еще большом числе случаев. Но не всем.

– А в чем здесь ошибка?

– Если бы нейроны были только сенсорные, моторные, командные, то они бы выполняли в любой культуре одни и те же функции. Но наш мозг не машина!

Дело в том, что у нас нейроны специализированы относительно конкретных поведенческих актов. Например, есть нейрон, который активируется в голове у человека только тогда, когда он видит своего брата. Когда испытуемому показывают фотографию его брата, включается кусок его памяти – «брат», который определенный нейрон представляет. А когда испытуемому предъявляют фотографии его друзей, симпатичных женщин – этот нейрон «молчит». Для них есть «свои» специализированные нейроны.

Аналогичные эксперименты проводились и на животных – кроликах. Результат тот же. Допустим, животное, для того чтобы получить пищу из кормушки, тянет за кольцо. Работает нейрон «колечный». Когда тот же самый кролик для получения пищи должен давить на педаль, работает другой специализированный нейрон, «педальный». Чему научишь – такие нейроны и получишь.

Наши нейроны элементарно специфичны. То есть когда мы обучаемся – не важно чему! – мы формируем элемент опыта. Он включается в материал памяти. И нейроны наши специфичны относительно этого элемента опыта. Их активация означает, что мы извлекаем из памяти этот элемент опыта. Мало того, когда человек вспоминает что-то или кого-то, активируется именно тот нейрон (конечно, не один, а группа нейронов с данной специализацией), который когда-то был обучен воспринимать этот объект (или субъекта). Он заработает и в том случае, если человеку показывают другой объект, а ему кажется, что он видит именно тот, относительно которого нейрон специализирован.

Когда мы развиваемся в той или иной культуре, то мы формируем в ней разные поведенческие акты и, следовательно, разные группы специализированных нейронов. По существу, культуры дают разные задачи, и человек формирует в определенном смысле разный мозг для решения этих разных задач. Поэтому для сравнения мозговых процессов у представителей разных культур в последние несколько лет самым бурным образом развивается то, что называется *cultural neuroscience* – культурная нейронаука.

– То есть в абстрактном смысле, наверное, уже и нельзя говорить об одинаковых для всего мира психологических процессах? Психология – только в культуре...

– Вы попали совершенно четко в некий вывод, который делают сегодня очень авторитетные авторы. Вывод такой. Если вы изучаете чью-нибудь психику и чей-нибудь мозг, то это мозг человека, принадлежащего, скажем, к среднему классу в Швейцарии в начале XXI века. Если вы возьмете в рассмотрение мозг человека из Юго-Восточной Азии, да еще и принадлежащего к другому социальному классу, вы получите другой мозг. Его нейроны будут специализированы относительно других поведенческих актов.

Вы чувствуете разницу?! Одно дело – это одни и те же «щупы», которые «щупают» одинаково, но разные объекты. Например, анализатору частот все равно, что анализировать: «Боже, царя храни» или «Интернационал». Другое дело – вы имеете разное содержание в своей черепной коробке, если и потому что вы учитесь разному в разных культурах. Или если вы осваиваете разные профессии в одной культуре.

Показано в экспериментах, например, что, если эксперт по орнитологии и эксперт по автомобилям решают одни и те же задачи, у них – достоверное превышение активности в разных структурах мозга. По существу, в этом смысле у них разные мозги. Разные структуры мозга включаются в одной ситуации! Активирование нейронов, которые отвечают за распознавание разных объектов, зависит, оказывается, от профессии.

Как ваш мозг работает, может зависеть и от того, например, вы верующий или атеист. Опять: при решении однотипных задач у тех и других включаются в работу разные структуры мозга.

Мало того, оказалось, что «устройство» мозга зависит даже... от политических предпочтений людей. Есть гениальная английская поговорка: «Если человек не либерал в молодости, то у него нет сердца; а если он не консерватор в зрелом возрасте, то у него нет ума». Есть в мозгу такая структура – амигдала (миндалины). По стандартным психологическим тестам можно определить, кто более либерал, кто более консерватор. Так вот, у либералов обнаруживается, что размер амигдалы меньше, чем у консерваторов. То есть не только функционирование, но даже размер структур мозга связан с тем, какова социальная позиция человека.

– Выходит, морфология мозга буквально связана с тем – человек либерал или консерватор?

– Точно. Мозг у либералов сильнее активизируется при детектировании ошибки, чем у консерваторов. Либералы и консерваторы по-разному моргают – с разной амплитудой: консерваторы моргают сильнее при пугающих стимулах. Это совершенно разные люди! И эти различия в значительной степени генетически детерминированы.

Вы можете взять двух однояйцевых близнецов, разделить их в момент рождения и поселить в разных странах в совершенно разных условиях. Но в итоге вы получите достоверно

более частое, чем в популяции, совпадение их политических взглядов – либеральных или консервативных. «Эти взгляды глубоко и прочно встроены в наш мозг. Пытаться убедить кого-то не быть либералом – все равно что пытаться убедить кого-то не иметь карие глаза» (J. Alford, A political scientist at Rice, University, Texas).

У людей, которые занимаются музыкой, увеличен мозжечок; у водителей такси – гиппокамп. Представьте себе, чисто теоретически, культуру, где нужно все время ориентироваться. Вы получите у представителей этой культуры анатомически больший гиппокамп, чем у людей в культуре, где потребности в такой ориентировке нет.

Когда вы смотрите на паттерны активации мозга при операции умножения два на два в разных культурах, вы видите совершенно разные картины при одних и тех же арифметических действиях.

– Я знаю, что у вас принята в печать в международном Journal of Cognition and Culture статья о разнице (наряду со сходством) в решении моральных проблем между нами и англоязычными людьми. Расскажите об этой работе поподробнее.

– Я хотел бы подчеркнуть, что речь идет не об американцах или англичанах, а именно об англоязычных людях. Будем считать, что это одновременно означает и определенную культуро-специфичность.

– В итоге мы приходим к тому, что многое определяет язык, на котором мы говорим? На каком языке тебе снятся сны, так твой мозг и работает.

– Совершенно верно. Вы сейчас излагаете теорию, которая называется «теория лингвистической относительности». Языки – это не разные названия одного и того же; они связаны с разными типами ментальности. Я утверждаю, что такое понимание согласуется с большим массивом экспериментальных данных, описанных в научной литературе.

В связи с этим можно сказать, что смешение языков при строительстве Вавилонской башни было не наказанием человечества, а его обогащением. Человечеству был дан многообразный и, как я считаю, комплементарный, взаимодополнительный взгляд на мир.

Итак, языки – это разные взгляды на мир. И тому примеров – огромное количество. Например, метафора времени. Если вы попросите русского и англичанина положить два яблока – одно целое, другое надкусанное – на стол, чтобы изобразить последовательность процесса надкусывания, то англичанин и русский положат их в таком порядке: слева будет лежать целое, потом надкусанное. Если вы попросите то же самое сделать человека, который говорит на иврите, то он положит яблоки строго наоборот. Понятно почему?

– Потому что пишет и читает справа налево...

– Совершенно верно. А если вы попросите японца – то он расположит яблоки вертикально.

То есть даже метафору времени в пространстве люди полагают в зависимости от того, на каком языке они разговаривают.

Если вы покажете фотографию моста человеку, в языке которого мост мужского рода, и человеку, в языке которого мост женского рода, и попросите описать этот мост, вы получите разные типы метафор. В первом случае мост будет «вздыбленный», «могучий», «сильный»... А там, где тот же мост – женского рода, он будет «ажурный», «легкий», «воздушный»...

Вот, взгляните на три эти картинки. (На одной – корова, на другой – курица, на третьей – луг. – **А.В.**) Если я спрошу своих студентов, с чем у них ассоциируется корова, то 99% ответят – что?

– С лугом, конечно...

– Конечно, потому что вы русский. Западные студенты отвечают – курица. Почему? У них абсолютно другой тип классификации явлений. Даже в науке это может иметь значение: американские ученые и русские предрасположены к тому, чтобы по-разному классифицировать объекты. На Западе – таксономическая классификация, то есть они объединяют объекты одного рода. В данном случае корова и курица – животные. А у нас – по функциональному признаку, по функциональным связям, по отношениям между объектами.

Установлено, русские и жители Юго-Восточной Азии зависят от среды и от других (interdependent). Жители Запада окажутся independent, независимы. Первые – коллективисты, вторые – индивидуалисты. Первые – холисты (целостники, всегда

берут структуру целиком и всегда учитывают среду), вторые – аналитики, исследуют отдельные объекты, отдельные черты этого объекта, и им до среды часто нет никакого дела.

– Но как же быть тогда с общепринятым мнением об интернациональности науки?

– С наукой не все однозначно. Наука и национальна, и интернациональна! Да, существует международная наука, в том смысле, что ищутся и находятся всеобщие закономерности. Но наука – культуроспецифична, наука – часть культуры. И науковеды (в отличие от большинства специалистов в других областях науки), кстати, это часто понимают, устраивая даже международные конференции по анализу культуроспецифических характеристик науки. Истина, как писал Бердяев, – одна, но люди, принадлежащие к разным культурам, смотрят на нее с разных сторон.

Наши культуры приспособлены для разных «кусков», стадий исследовательского процесса. Русские, как холисты, больше приспособлены создавать глобальные системы, намечать новые пути, что важно для начала научного процесса. У нас другого типа теории, например, теории развития. А культура, в которой живут западные ученые, делает их в большей степени приспособленными для аналитики и для практических выходов. Это – большой минус для России: деньги – не у нас. Но без интуитивизма и холизма, как писал еще Анри Пуанкаре, невозможно создание ни одной новой теории. Аналитика без предыдущей холистической стадии – мертва. В то же время без аналитики невозможны доказательства и разработки.

Можно привести такой наглядный образ. На Востоке откалывают глыбы от общей для всех стран, людей, культур Истины – новые идеи, философские системы, новые направления. А дальше им неинтересно. Это относится и к русскому уму, который, в частности за это, ругал Иван Петрович Павлов. А западный аналитический ум занимается доказательным редукционизмом и доведением до «железа».

Сильно критикуемая многими идея создания центра инноваций «Сколково» – я не знаю, как она в нашей среде будет реализована, это другой вопрос, – мне представляется правильной, если ее рассмотреть как попытку транспортировать аналитическую стадию к нам.

Я считаю, что иностранных ученых нам надо «ввозить». Но не для развития теоретической науки. Во многих областях мы здесь не хуже любого Запада. А «ввозить» надо тех, кто поможет нам со второй, аналитико-прикладной стадией. Замечу, что, конечно, в любой культуре – люди разные. И у нас есть вовсе не холисты, а аналитики – редукционисты, а на Западе – холисты.

– Возвращаясь к психологии. Какие следствия вы видите для нее из тех достижений нейронауки, о которых вы сейчас рассказали?

– Доказывать надо не то, что данное психологическое свойство, которое вы выявили, является культуроспецифичным, а доказывать нужно, что это свойство является общим для разных культур. То есть авторы, проанализировав накопившийся в кросс-культурной психологии и нейронауке материал, утверждают, что, когда вы выявили в эксперименте какую-либо психологическую закономерность, вы должны доказать, что она не культуроспецифична, чтобы иметь право объявить ее универсальной закономерностью.

В настоящее время пока – иначе. Психологи или нейроученые по умолчанию считают выявленную закономерность универсальной. А кто хочет, у кого нет других, более важных дел, может проверить, не культуроспецифична ли она.

Пока еще психология построена на изучении Weirdest людей (weird – странный, чудной). То есть на изучении Weirdest people in the world – «Страннейших людей на свете». В 2010 году в одной из работ была предложена такая «расшифровка» слова Weirdest: Western, Educated, Industrialized, Rich and Democratic – Западные, Образованные, Индустриальные, Богатые и Демократические страны.

Так вот оказалось, что 98% психологических выводов делается на основании данных, полученных при изучении студентов из Weirdest-стран. В статье Хенриха (Henrich) с коллегами, опубликованной в журнале Behavioral and Brain Science в 2010 году, показано, что это самые экстремальные по всем критериям люди, но отнюдь не одни из. Весь остальной мир другой.

Для меня вопроса, европейцы мы или не европейцы, не существует. Географически называйте как угодно, но мы, как говорил Бердяев и как показывают экспериментальные психологические данные, Восток и Запад.

Любопытно, что разные классы внутри любой страны оказываются либо более «западными», либо более «незападными». Средний класс всегда ближе к «Западу», в том числе и в России. Рабочий класс – сдвинут в сторону к «незападной» ментальности. Северная Италия – ближе к «Западу», южная – к «не-Западу».

В Турции были обследованы три группы людей, занимающихся разными видами деятельности, – пастухи, рыбаки, фермеры. Пастухи – более западники; рыбаки, фермеры – более азиаты. Почему? Потому что пастушество – одиночное занятие, они – independent, независимы. А ловля рыбы и фермерство – коллективная работа, interdependent.

– **То есть культура воспитывает мозги?**

– В данном случае – субкультура.

– **Чем же моральный компонент в России отличается от западного?**

– Мораль у нас входит во все социальные концепции. Даже концепция знания и интеллекта включает мораль. Если западная концепция интеллекта (умного человека) не включает мораль и нравственность (умный человек – это всего лишь когнитивные навыки, умение решать проблемы), то в социальных представлениях россиян мощнейший вес имеет этический компонент. Как тот или иной человек относится к другим людям, добр ли он, порядочен ли он и т.д. и т.д.

– **Что из себя представляло ваше исследование морали?**

– Исходная гипотеза была такая.

Существуют интуитивистские и рационалистские концепции о моральных выборах и решениях. Рационалистские концепции подразумевают, что наш выбор производится на основании разумного взвешивания аргументов, социальных знаний, воспитания и т.д.

Интуитивистские концепции морали заключаются в том, что мы осуществляем выбор между «хорошо–плохо» на интуитивно-бессознательном уровне. Сознание используется затем для того, чтобы легитимизировать наш выбор. Для самого себя нам надо обосновать словами, в социальных терминах, почему мы делаем такой-то выбор. Но сам выбор, подчеркиваю, осуществляется автоматически. В данном случае наш разум работает, как адвокат: он не за правду, а за то, чтобы помочь клиенту. То

же самое делает разум с нашим моральным выбором: он обосновывает наш, уже совершенный, интуитивный выбор.

В модельных моральных дилеммах ранее был экспериментально выделен ряд переменных, которые очень хорошо работают при решении моральных задач. Например, люди готовы причинить вред с большей готовностью, если они не прямо причиняют этот вред, а этот вред возникает как косвенное следствие их действий. Или: они склонны причинить вред скорее бездействием, чем своим действием. И так далее. Человек эти переменные не формулирует, не вербализует, но он ими руководствуется.

Нам удалось показать, что русские руководствуются теми же переменными, что и англоязычные испытуемые. Но поскольку для русских нравственность – не отдельный домен, «кусочек» нашего субъективного опыта, а характеристика всей его структуры, формирующейся в культуре, я был изначально уверен, что существует культурная специфика...

– **В чем же она проявилась?**

– Это самое интересное.

У испытуемых был выбор от 1 до 7 (условный размах шкалы при решении моральных дилемм. – **А.В.**): 1 – делать обязательно, 7 – не делать ни в коем случае.

Англоязычные чаще, чем русскоязычные, выбирали 1 и 7. Иначе говоря, англоязычные чаще выбирали ответ в полной уверенности в этом ответе – либо точно нельзя, либо точно надо делать. Кажется, что русские вообще менее уверенные люди. Но это не так. Русские со своей уверенностью – зашкаливают. Кросс-культурные работы, подтверждающие этот факт, тоже есть. Русские более уверены, чем немцы, шведы, канадцы... Но – в когнитивных решениях. А вот в моральных решениях – нет.

Но если все же сравнить те решения, в которых и наши, и англоязычные уверены, то получается вот что. Наши чаще выбирают 7 (нельзя), чем англоязычные. А когда действовать надо обязательно – англоязычные достоверно больше выбирают 1 (надо обязательно).

Выводов два. Мы реже твердо уверены в моральном решении, чем англоязычные. А когда мы уверены, то мы чаще уверены в том, что действовать нельзя, а англоязычные чаще уверены, что действовать надо обязательно.

Мне кажется, дело здесь вот в чем. На Западе знания и очень много других представлений свободны от морали. Знание как таковое, ум как таковой... А у нас все представления, как я уже говорил, «моральны». Поэтому для русского решение моральной дилеммы жутко сложное по сравнению с западниками.

– По существу, вся русская философия – это философия морали. Наши русские философы все – моралисты.

– Да, это так. Есть социологические исследования, которые подтверждают, что все социальные представления в России пронизаны моралью, мораль и нравственность включены всюду.

– Поэтому у нас такой высокий уровень коррупции...

– Это интересная постановка вопроса. Надо обдумать.

Но я сейчас вот что имею в виду. Западникам проще решить проблему. Мы, когда решаем моральную проблему, имеем дело со значительно большим числом «актуализированных» социальных представлений. Это как с алкоголем. Выпил – решить проще. Почему? – замолчало много нейронов. То есть принятие алкоголя связано с тем, что при принятии решения количество « совещающихся » резко уменьшается. В моральных дилеммах примерно то же самое. Конечно, это все лишь возможная и, очевидно, упрощенная логика. Объяснение полученных данных наверняка более сложное.

*Опубликовано в «Независимой газете»
14 марта 2012 г.*

Глава 5

«Математика – там и там»

Математическое образование в XXI веке

(круглый стол)

Решением ЮНЕСКО, 2000-й год был объявлен годом математики. По всему миру проходили крупные международные форумы, на которых обсуждались проблемы и перспективы развития математического знания в XXI веке. Не стала исключением и наша страна. В Дубне состоялась Всероссийская конференция, посвященная математическому образованию в следующем столетии. Если кто-то думает, что это чрезвычайно отвлеченная от нашей суровой реальности тема, – глубоко ошибается, фатально ошибается. Подтверждений чему можно найти в избытке в отчете о заседании Круглого стола «Математическое образование в XXI веке», состоявшемся в редакции «Независимой газеты». В его работе принимали участие крупнейшие отечественные ученые, специалисты в области математического образования:

Александр Михайлович Абрамов – член-корреспондент Российской академии образования, директор Московского института развития образовательных систем;

Евгений Абрамович Бунимович – вице-президент Российской ассоциации учителей математики, заслуженный учитель РФ, депутат Московской городской Думы;

Николай Петрович Долбилин – старший научный сотрудник Математического института РАН, доцент МГУ имени М.В. Ломоносова;

Виктор Меерович Полтерович – член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, заведующий лабораторией Центрального экономико-математического института РАН, профессор Российской экономической школы;

Владимир Михайлович Тихомиров – профессор МГУ имени М.В. Ломоносова;

Игорь Федорович Шарыгин – заведующий лабораторией «Геометрия» Московского центра непрерывного математического образования, член исполкома Международной комиссии по математическому образованию (ES ICMI), автор ряда школьных учебников по математике;

Дмитрий Семенович Шмерлинг – профессор Высшей школы экономики, начальник Информационно-аналитического отдела фонда ИНДЕМ;

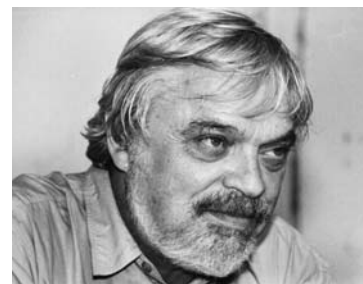
Иван Валериевич Яценко – директор Московского центра непрерывного математического образования, заведующий кафедрой математики НИПИРО, учитель математики школы №57;

Андрей Геннадьевич Ваганов – ответственный редактор приложения «НГ-наука» «независимой газеты»

Андрей Ваганов: Позвольте мне, уважаемые участники нашей сегодняшней встречи, начать с наивного вопроса, который, я думаю, так или иначе мучает немало людей. Ну, может быть, не то чтобы мучает, но иногда всплывает в сознании. Математические знания – то, что преподается в школах, в институтах, в университетах – на ваш взгляд, они доступны для восприятия любым человеком или для этого все-таки нужен особый талант, как музыкальный слух, например?

И сразу же, в связи с этим же вопросом, естественное его продолжение: каков должен быть математический минимум образованного, культурного человека, но не математика?

Итак, какова должна быть цель математического образования, скажем, в школе? Кто начнет?



Игорь Шарыгин: Да что мы все о каком-то минимуме! Наверное, это было бы неправильно. Я напому слова Бэкона: «Человек, не знающий математики, не способен ни к какой другой науке». Не способен в силу своего невежества. Мне кажется, что если мы говорим о математическом

образовании в XXI веке, то здесь знания, может быть, являются не самым важным элементом, не самой главной целью. Целью математики является не получение знания, а сам процесс обучения. Он необходим, для того чтобы создать нормального человека. Главной задачей математического образования в будущем, скажем, будет не получение каких-то знаний, а именно забота о здоровье будущих поколений. Забота об их здоровье: психологическом, физическом и т.д. Это первое. Может быть, самое главное.

Второй момент. Мы задаемся вопросом о том, может ли освоить нужный объем знаний любой человек? И что для этого нужно? Написать соответствующие учебники, нужные, правильные, чтобы они не тяготили его, не обедняли. Нужны правильные методики... А то мучаем человека, ребенка, мучаем какой-то страшной математикой. Математика – это некоторый продукт, который нужно правильно приготовить.

Евгений Бунимович: Мне показалось достаточно точным, может быть даже не привычно, нарочито само сравнение с музыкальной культурой. Считалось в СССР и считается сейчас, что оба эти образования – музыкальное и математическое – даются у нас в стране на высоком уровне. Но вот у меня был такой опыт.



Мой сын, когда ему было четыре года, имел абсолютный слух. Он прошел все конкурсы и поступил в музыкальную школу. (У нас с женой нет никакого слуха). И, вроде бы, все шло успешно. Но чем дальше, тем больше я видел, что, вместо того чтобы формировать любовь к музыке и любителя музыки, – что было бы естественно, да? – у него стали формировать нечто совсем другое. Раньше музыкальные школы формировали либо музыканта-профессионала с мощным тренажем, либо ребенок был им неинтересен.

Я боюсь, что похожие вещи происходят с математическим образованием, которое всегда, традиционно, считалось поставленным у нас на высоком уровне. Но высокий уровень, он оп-

ределяется лучшими, теми, у кого высокая планка. Те, кто эту планку преодолевают, – вот это действительно очень сильные математики. Но одновременно у многих детей воспитывается, – так же, как на уроках музыки, – ненависть к математике. У тех детей, для которых было бы достаточно развивать просто любовь к музыке или к математике. У тех, кто не мог преодолеть той самой высокой планки, воспитывается или ужас, или оторопь на всю жизнь перед математикой...

Наверное, множество читателей, в том числе и «Независимой газеты», с ужасом вспоминают все контрольные по математике. Потому что тот математический тренаж, он любви к математике ни в коей мере не формировал, не способствовал ей.

Я убежден, что цель вообще образования, и математического в том числе, – формирование нормального человека. Я согласен с Игорем Федоровичем. А если говорить в социальном смысле, то это – актуальная проблема формирования будущего грамотного электората. Огрубляя, я убежден, что математика нужна, ну хотя бы для того, чтобы человеку нельзя было навешать на уши лапшу. Чтобы он умел усомниться, чтобы он умел отличать доказательство от недоказательства. Нужны именно не столько математические знания как таковые – 30-40 формул тригонометрии, – сколько сам математический слух. Такой же, как слух музыкальный и т.д., который можно развить в какой-то степени у любого человека. И мне кажется, что ключевой вопрос для современного российского образования – математика для нематематика.

Если сравнивать со спортом, то это так же точно, как победы на Олимпийских играх советской сборной, которые не очень точно давали представление о здоровье нации. Скажем, средняя продолжительность жизни говорит больше, чем победы советской сборной. Так же точно наша элитная математика, ее победы и ее блестящий уровень – это еще не значит, что в России все благополучно со здоровьем математическим.

Виктор Полтерович: Я совершенно согласен с тем, что основное в изучении математики – это привить культуру мышления тем, кто математику изучает. И в этом смысле математика не слишком сильно отличается от других дисциплин. Умение проследить логические цепочки – вот главное, что дает изучение любой науки, в том числе и математики.



Поскольку были здесь высказывания о том, что нужна ориентация на массовое изучение математики, что элитная математика не дает представления об истинном уровне, я бы хотел сказать несколько слов в защиту элитной математики.

Дело в том, что если у нас не будет элитных математических школ, если у нас не будет системы отбора действительно талантливых ребят – у нас не будет и сильной математики, а значит, не будет возможности для того, чтобы правильно преподавать математику и в институтах, и в школах. Потому что именно выдающиеся люди определяют общий уровень и общую атмосферу в обучении. В этом смысле бывшая советская математическая школа действительно на очень высоком математическом уровне находится. Это колоссальное было достижение, которое, к сожалению, понемножку теряется сейчас. Элитные школы еще работают, сохраняются, но мне кажется очень неверным, очень печальным то обстоятельство, что для элитных математических школ в широком смысле и образовательных школ, научных школ у нас остается все меньше возможностей.

Кстати говоря, очень серьезная проблема, связанная с этим, – утечка мозгов. И любой математик знает, сколько много мы сейчас потеряли из-за утечки мозгов. Целые математические научные школы, постоянно действующие математические семинары исчезли или почти исчезли – из России переместились в западные центры. Сохранить у нас тот уровень математического образования, который сложился у нас к 90-м годам, будет чрезвычайно трудно, если не невозможно.

Евгений Бунимович: Можно вопрос: а почему нужен жесткий отбор? В чем виноваты люди, которые хотят заниматься математикой? Почему нужно жестко отбирать?

Виктор Полтерович: Я говорю специально об элитных школах. Жестко отбирать нужно именно для тех учреждений, которые нацелены на высокий уровень математического обра-

зования. Так же, как в музыке... Вы же сравнивали математическое образование с музыкальным, я думаю, можно продолжить эту аналогию. В музыке есть жесткий отбор, потому что не все обладают физиологическими данными и наследственными качествами, которые бы позволяли достигать высоких результатов. То же самое и в математике. Я стал говорить об элитной математике именно потому, что у предыдущих ораторов был определенный акцент...

Андрей Ваганов: Но, согласитесь, было бы неплохо, если бы каждый человек умел, извините за сравнение, брать хотя бы блатные аккорды на гитаре.

Виктор Полтерович: С этим я абсолютно согласен.

Евгений Бунимович: Это было бы важно для элитной математики.

Иван Яценко: Действительно, видимо существуют два связанных, но все же два разных вопроса. Первый – это образование, подготовка, поиск будущих математиков, работа с ними в элитных школах. И то, что называется – математика для всех. Эти вопросы связаны, но на самом деле они сильно разнятся. Может быть, много проблем возникло у нас в стране от того, что эти вопросы в каком-то смысле смешивались.



Программа для специализированных классов была на самом деле не очень сильно далека от программы для обычных классов. Да, она была серьезнее, но, в общем-то, все это вместе было нацелено на подготовку в вуз. (И это, кстати, еще одна проблема, которую мы тоже должны обозначить). Поэтому на самом деле с элитной школьной математикой у нас все не так плохо. Пока еще школы держатся. Но тут есть еще одна проблема.

Мне кажется, математическое образование в элитной математической школе, оно еще является средством и, может быть, даже в первую очередь, – по крайней мере для меня, когда я сам прихожу в класс, специализированный, математический класс, там отобраны ребята по конкурсу 15 человек на место, – для ме-

ня математика это не сама цель, а прежде всего средство. Вот эти математические дети, это дети, с которыми я могу выйти на связь через математику.

Я никогда не преподавал и не учился в музыкальной школе, но мне кажется, что в хорошей музыкальной школе музыка – это не только сама цель, но еще и средство духовного воспитания человека. Я для своих учеников являюсь авторитетом, и в чисто человеческом, но и через математику тоже. Поэтому я им говорю: «Я хочу с помощью математики воспитать из вас хороших людей». И вот это на самом деле главное. И вот этим, как мне кажется, в первую очередь славилась ведущие математические школы. То есть математика являлась средством как человеческого, так и в смысле математической культуры, воспитания.

Что касается обычной школы, то мне кажется, нужно очень сильно снизить формальную планку, то, что там говорили – знание, умение, навык. Основное – дать возможности человеку самому порассуждать, получать навыки.

Вот тут-то мы сразу упрямся в проблему, которую непонятно, как решать, и для этого нужна какая-то серьезная воля, серьезные действия – это вступительные экзамены в вузы. Ведь у нас выросла отдельная «докторская» математика, паразитическая, которой в мире нигде и нет. Это математика вступительных экзаменов. Со своими классиками, со своими трудами, книгами, большим количеством литературы. Со своими экономическими источниками существования... Огромные средства там вертятся, естественно, эта отрасль прогрессирует. Отрасль совершенно тупиковая. Это как некоторая игра: все знают, что нам надо порешать тригонометрические уравнения с параметром один раз в жизни – на вступительном экзамене, больше никогда в жизни мы их решать не будем... Впрочем, может быть, меня поправят...

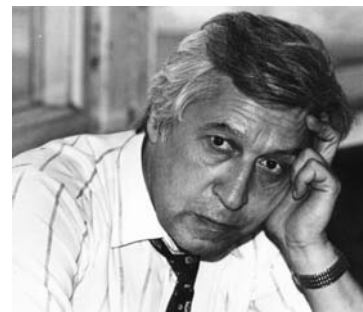
Игорь Шарыгин: Не кажется ли вам, что вы в своей школе больше готовите кадры для Америки, чем для России? Хотя я и понимаю, что этот вопрос и повисает в воздухе...

Иван Яценко: Я надеюсь, что это не так.

Евгений Бунимович: А почему он повисает в воздухе? Я тоже преподаю в математическом классе и хочу сказать, что мы должны решать проблемы либо внутри математического образования, либо проблемы России в целом. Дело в том, что про-

блемы утечки мозгов не имеют отношения к тому, что как бы Иван добросовестно ни воспитывал из своих учеников прекрасных людей, но реально невостребованность и невозможность себя реализовать. Я хотел бы, чтобы мы не обвиняли ни тех, кто остается, ни тех, кто уезжает.

У нас все время говорят, что мало платят, потому что производят некачественный товар. Я считаю, что Россия производит вполне качественный товар, и не проблема ни этих детей, ни этих подростков, которых мы выпускаем, что они невостребованы. Думаю, что если, не дай бог, ни какие-нибудь боины, войны, то с ними все будет в порядке. Потому что у них прекрасные головы, они прекрасно могут реализовываться в этой жизни. Жизненная проблема заключается в том, что востребует ли Россия их головы. Десять лет назад они сидели в киосках и продавали ширпотреб; сейчас они сидят в банках и стали менеджерами. Человек, прошедший хорошую математическую школу, может заниматься чем угодно. Но их невостребованность – она гнетет их. Они и там, в Америке, не являются счастливыми, потому что их научили большому. Их научили иначе. Понимаете в чем дело? Здесь вопрос к России, здесь вопрос к нам – востребованы ли они. Почему такие головы не востребованы здесь? Почему они здесь неадекватны?



Александр Абрамов: Со многим из того, что здесь было произнесено, я согласен. Но я хочу вернуться к вопросу, который был поставлен в самом начале нашей беседы. Хотел бы придать ему немного другую форму.

Так как получилось, что в 2000 году мы обсуждаем действительно смену целей, стратегическую смену целей математического образования. Старая цель – поступление в вуз, кадры для страны, будущие инженеры... Вот была цель. Сегодня мы фактически все договорились, что в этом самом XXI веке цель должна быть другая. Цель школьного курса математики – внести тот вклад в развитие

личности, который способна внести только математика. При чем математика играет уникальную роль.

Я бы здесь выделил ряд вещей, которые мне кажутся действительно важными. И это связано, между прочим, со многими бедами страны: я сильно подозреваю, что наших политиков плохо учили математике. Это проявляется и в смысле анализа ситуации, и в том обстоятельстве, чисто нравственном, что математик – это человек, который сам себя обманывать не будет. Действительно, это совершенно исключено. И многое, – и культура работы с понятиями, и внимание к тексту, – в математике дает для общего развития.

Но есть и вторая цель, которая не уйдет, которая всегда будет в людях, которые захотят заниматься математикой. Родина действительно нуждается в хороших математиках. Вот эта цель – создание возможностей в стране для того, чтобы человек, который увлекся математикой, мог чувствовать себя комфортно и мог развиваться достаточно неограниченно – вот эту цель мы тоже не должны забыть.

За этим стоит большая работа. Здесь речь идет о новой математике, новой школьной математике, которая сегодня отсутствует. Те учебники и вообще тот стиль, которые мы имеем, – сохранение старой схемы. Мы часто гордимся тем, что мы имеем самое лучшее в мире математическое образование. В этом много правды. Но давайте посмотрим с другой стороны: у 70% выпускников школ мы воспитывали стойкую ненависть к математике. Это очень распространенное явление – стойкая ненависть к математике. При том, что я очень высоко оцениваю опыт, накопленный Россией в XX веке по подготовке будущих математиков, опыт по развитию интересов и способностей и доведение до высших орбит. Но я думаю, что здесь у нас много и больших проблем, на которые мы не обращаем внимание.

Мы научились воспитывать спринтерское мышление. Если же проанализировать итоги нескольких сотен победителей международных математических олимпиад, то окажется, что из них получилось больших ученых не так много. Мы научились готовить спортсменов. Но всерьез не решали другую проблему – проблему развития у ребят, начиная достаточно с раннего, 14-15 лет, может быть и раньше, тех качеств, которые бы позволя-

ли им стать серьезными математиками. Как раз всемирно известные люди – они как-то обходились без участия в олимпиадах.

Николай Долбилин: Я согласен с формулировкой о том, что математика голову приводит в порядок или что-то в этом роде. У меня еще есть цитата из Платона, когда он в своем трактате описывал принципы построения государства и говорил о том, что рассматривал математику в ее четырех областях, ветвях: арифметика, геометрия, стереометрия, астрономия. И он находил занятия математикой как средство приведения ума в порядок, и особенно полезно это было для тех, кому предстояло управлять его идеальным государством. К сожалению, действительно, математическое образование в нашей стране, хотя и находится на относительно высоком уровне, тем не менее, почему-то управляют государством люди, которые мало знают математику, и, в общем, не очень грамотные люди. Я слышал, что наши экономисты, например, не могут на равных говорить со специалистами западных стран.



Я интересовался, спрашивал у профессоров математики из американских университетов: ну хорошо, а почему у вас, где математика на очень низком уровне, тем не менее, с управлением государством все более или менее в ажуре? И вот что услышал в ответ.

Первый момент. Управляют государством, как правило, очень образованные люди, закончившие привилегированные школы и университеты. Второе. Да, у них математика очень слабая, но зато у них очень сильная подготовка по социальным предметам. Ученики американских школ изучают и знают конституцию США, они изучают по-настоящему социальные дисциплины. Вот как раз Евгений Бунимович здесь сказал, что математика нужна для того, чтобы электорату лапшу на уши не вешали, но это можно делать, кстати, не только посредством

изучения математики. Вот американцы, между прочим, воспитывают свой будущий электорат на специальных дисциплинах, но они, тем не менее, очень заботятся и о своих математических кадрах. Они, к нашему сожалению, могут скупать наши кадры.

Андрей Ваганов: И Евгений Абрамович, и Александр Михайлович, по-моему, принципиально важную мысль подчеркнули. Раньше математика для чего была нужна – тренаж, для того чтобы пополнить кадры ВПК. В этой связи возникает вопрос: а какие сейчас может ставить задачи государство перед математическим образованием? Как в связи с этим будет обратная связь устанавливаться: видимо, общество будет каким-то образом воздействовать на приоритетные направления в математике?

На ваш взгляд, какие здесь тенденции могут быть?



Владимир Тихомиров: Я только что вернулся из Испании, где проводил «Круглый стол», посвященный математическому образованию. Это было интересное действо. Один и тот же вопрос – «зачем нужна математика?» – я задавал в трех видах своим коллегам и с Запада, и из России. Предположим, моя внучка меня спросит или твой сын, или

твой друг – зачем ему нужно математическое образование? Я считаю, что каждый из присутствующих здесь и вообще каждый человек, который занимается математическим образованием, должен по этому поводу что-то сказать. Это первое. Второе. Я спрашивал американку: предположим, ты гуляешь около Белого дома и случайно встречаешь Клинтона. Он говорит: послушай я совершенно не понимаю: зачем нужна Америке математика, зачем я должен какие-то деньги вкладывать, математику развивать? Третий вопрос – представителям международных организаций, в частности Европейского математического конгресса: зачем нужно математическое образование?

Я раздавал соответствующие анкеты – в чем цель математического образования: в развитии, в том, чтобы подготовить

человека к будущей профессии, в развитии личности... Все русские на первое место поставили развитие личности. Американцы сказали – математическое образование нужно для будущей профессии. Здесь было очень сильное разделение.

Мы здесь, в России, все-таки учим людей мыслить. Это было наше основное преимущество. Цель математики, как представлялось, развить человеческое мышление, ставить перед человеком трудные проблемы, понимать, в чем состоит проблема. Для американцев, наоборот, нет доказательства, они учат только рецептами, но не доказательствами. Чуть-чуть посложнее, и они сразу отказываются...

Подготовка к будущей профессии – это, конечно, весьма важно, но надо иметь в виду, что математика, по существу, это не конкретные знания, а система мышления. И это принципиально важно в любой профессии. Вот Виктор Меерович Полтерович, мы с ним много лет знакомы – какое у вас первое образование?

Виктор Полтерович: Нефтяной институт...

Владимир Тихомиров: ...а потом – математический факультет. Это был период исключительно расцвета того, что называется инженерным потоком. Масса людей, причем получивших уже профессию, уже обремененных семьей, почувствовали, что им не хватает математики. И огромное количество людей сменили свою первоначальную профессию, стали заниматься вещами радикально другими, которым их никто не учил. Вот в этом есть некоторая определенная замечательная тайна.

Чтобы я ответил, если бы меня спросил наш премьер Михаил Касьянов, зачем нужно математическое образование? Я бы ему сказал, что в нашем государстве нужны очень глубоко мыслящие люди, способные разрешать труднейшие проблемы, которые стоят перед нашей страной. Очень хороший способ таких людей найти – искать среди математиков.

Самым мудрым человеком, с которыми я встречался в жизни, был Иван Георгиевич Петровский (выдающийся советский математик, академик, ректор МГУ в 1952-1974 гг. – **А.В.**). К нему обратились в 1952 году, при жизни нашего великого вождя. Великий вождь хотел создать великую бомбу, он спросил: что для этого нужно? Нужно было создать новую вычислительную технику, космическую навигацию и проч. И обратились к Петров-

скому: как таких людей найти, откуда они вообще возьмутся. И Петровский сказал: возьмите студентов мехмата, возьмите людей, которые только что закончили мехмат. На мехмате не учили прикладным задачам; учили чему-то – не совсем даже ясно чему... Но, главное, их учили мыслить. И это дало возможность огромной массе людей выполнить те задания, которые перед ними стояли. Это результат работы первоклассных университетов. В России их было 4 или 5: Москва, Ленинград, Харьков, Киев. Потом создали в Новосибирске... И вот такое классное универсальное образование, когда человека учат понимать суть дела и разбираться в нем, это и привело к тому, что огромное количество важнейших задач удалось решить.

И третий аспект – зачем математическое образование нужно для человеческой цивилизации... Среди вещей, которые необходимы сейчас людям, – придумать хотя бы модель, при которой человечество будет существовать. Это требует огромного количества интеллектуальной силы. Для этого нужно элитарное, возвышенное образование. Без математики оно невозможно.

Вот три структуры образования. Вот как бы я мыслит структуру самого образования, из каких частей оно состоит, из каких фрагментов, каким принципам оно должно удовлетворять.

Андрей Ваганов: Это все замечательно, я разделяю ваше мнение. Вот вы рассказали, как с помощью математики были решены очень серьезные проблемы, в том числе народнохозяйственные, не математические. Но как так получилось, что сегодня мы собрались здесь, чтобы обсуждать проблему преодоления кризиса преподавания математики? Все шло нормально, и вдруг мы говорим об этом кризисе. Мне, например, со стороны не очень понятно, в чем проявляется этот кризис преподавания.

Евгений Бунимович: Пусть лучше будет кризис, чем идея о том, что нам нужна бомба, чтобы поразить Вашингтон... Я хочу сказать, что, если завтра наш президент, озабоченный нашей безопасностью, закроет границы, поставит вопрос о полной опоре на собственные силы, мы будем иметь такой же, как в 1952 году, взлет математического образования. У нас действительно не будет тогда кризиса математического образования.

Надо хорошо понимать – я убежден в этом! – что тоталитарное государство, к сожалению, рождает хорошее математическое образование. Если мы возьмем всякие международного срез исследования, то убедимся, что страны тоталитарного духа, стиля – они дают высокое математическое образование. Это совершенно понятно, потому что только в тоталитарной схеме можно заставить людей в возрасте десяти лет три месяца подряд складывать дроби с разными знаменателями...

Мы должны объяснить детям, что математика – это красиво, интересно, что это необходимо. Здесь надо понять, что предыдущая цель: формирование мощного оборонного комплекса – это одна сторона. Другая сторона, я думаю, заключается в том, что не только поэтому развивается математика.

С другой стороны, математика в тоталитарном обществе – это дополнительная степень свободы. Это некое диссидентство. В СССР математик не обязательно должен был вступать в партию. Если ты занимаешься общественными науками – тут тебе уже не отвертеться, а в математике можно было двигаться вперед в своей карьере ученого и без партийного билета. Тот же Петровский был единственным беспартийным – и ректором МГУ. Если бы он был не математиком, а, скажем, историком, социологом, экономистом, этого не могло случиться ни при каких условиях. Это был момент диссидентства, момент внутренней свободы. Свободы, которую давала математика: возможность усомниться, возможность требования доказательства. Вот этот момент очень существенный.

А сейчас мы оказались в другой ситуации, в кризисе, потому что просто так выучивать формулы корней квадратного уравнения, не объясняя зачем, не объясняя почему, – это не проходит. Сегодня надо обучать так, чтобы ребенок ощущал развитие, получал удовольствие от ощущения, что он преодолевает трудности обучения для своего развития. Это гораздо труднее. Сегодняшние математики столкнулись именно с этим, потому что сегодня вообще не очевидно, какова цель математического образования.

И здесь проблема не чисто российская. Наши зарубежные коллеги ничуть не в лучшем состоянии, пример с Америкой здесь уже приводился. Потом выходишь на улицу Нью-Йорка, допустим, – все едет, все работает, все движется. Видимо, важно

соотношение. Вот говорят, политики у нас неграмотные математически, а я вот, как учитель, сразу воспринимаю это как упрек мне: это же мы так научили их, они же прошли советскую школу, а не американскую. Вот в этом наша проблема! Значит, мы выбрали такую систему математической подготовки.

Я несколько раз организовывал обмен между учителями математики России и Франции. И в какой-то год наши французские коллеги сказали мне: вы знаете, в этом году мы не можем осуществить такой обмен, потому что наше Министерство иностранных дел не дает денег; деньги даются на обмен в области культуры, а они в МИДе говорят, что математика не имеет отношения к культуре. Видите, какую глупость они сказали, французские учителя. Они не понимают, что математика – это часть мировой культуры.

Александр Абрамов: Все-таки я бы хотел вернуться к вопросу о кризисе.

Первый кризис часто называют кризисом пересмотра целей. У нас страна другая, уровень жизни изменился, строй изменился. Естественно, цели должны измениться, и не только в математическом образовании. А цели школы внутри страны? И, кстати говоря, у нас нет ответа не только по поводу математического образования: мы не знаем, какова функция школы сегодня, раньше – она готовила строителей коммунизма. И этот кардинальный вопрос подменяется тем, что мы делаем 12-летнюю школу, для чего? Для чего она нам нужна? Мы уходим, не только математики, но и все педагогическое сообщество от вопроса – какова сегодня цель школы? Только частью ответа на него является вопрос о цели математического образования. Он должен вытекать из общих целей.

И второй вопрос – о состоянии кризиса. Есть кризис, он усугублялся, нарастал последнее время. Простите, полный позор: в самой читающей стране мира, в стране с такими традициями математического образования журнал «Квант» издается тиражом 4 тысячи экземпляров, не издаются монографии, не издаются задачки, нет учителей в достаточном количестве. Вот в чем кризис.

У нас накапливался очень долгое время кризис подготовки учителей, кризис педагогического образования. Если сейчас назначить, провести экзамен в пединституте среди будущих и на-

стоящих учителей, устроить экзамен на решение элементарных задач, то понятно, какую картинку мы получим. Нам нужно пересматривать, и достаточно радикально, всю систему подготовки учителей. Этот кадровый кризис накапливался, мы сейчас далеко не на вершине его.

Владимир Тихомиров: Мой опыт преподавания на мехмате МГУ, к сожалению, состоит в том, что к последним двум курсам многие люди забывают все, чему их учили. Я спрашиваю их – вы специально забываете? Не специально, а просто так выходит. Действительно, 20% людей, заканчивающих мехмат, уже все забыли.

Математика очень далеко ушла за последние полвека, оторвалась от университетского математического образования. Страшно оторвалась. Это можно подтверждать многими и многими примерами. Что делать? С моей точки зрения, есть специальные элитарные университеты. Их может быть 5 или 6 во всем мире – Москва, Париж, Санкт-Петербург – специализированные, узкие, маленькие университеты, которые готовят специалистов.

Евгений Бунимович: Я недавно в институте усовершенствования был, в аудитории учителей математики. Я подумал: почему мне так понравилось там общаться? Я был в аудитории, где я понимал, что меня спрашивают, люди понимали, что я отвечаю, хотя эти вопросы не имели никакого отношения к математическому образованию. Я отвечал на общественно-политические вопросы в области образования, но я понимал, что меня спрашивают, и я понимал, что меня понимают, когда я отвечаю.

Мы со многим столкнулись на заре перестройки. В том числе с тем, что наши экономисты не могли читать иностранные учебники по экономике, во-первых, потому что они не знали иностранного языка, а во-вторых, потому что не знают того языка математики, на котором написаны эти учебники. Оказалось, экономика не готовая гуманитарная наука, которой была наша политэкономия. То же самое произошло с социологией, когда люди, которые у нас называются социологи, – они ничего не понимают в статистике, ничего не понимают во многих других вещах и не могут читать просто учебники по социологии. То же самое – с медициной и т.п.

Меня поражает, что у нас на юридическом факультете не спрашивают математику. Я считаю, что все – дальше нечего говорить ни о законах, ни о Совете Федерации, о Думе вообще, – все это бессмыслица. Если наши юристы не демонстрируют элементарного уровня математического образования, – я не говорю о том, что они должны брать тройные интегралы, не дай Бог! – если они изначально знают, что им не нужно сдавать математику, то какую юриспруденцию, они предполагают, у них спросят и, вообще, какими юристами они предполагают быть...

Приведу такой пример, я пришел к своему приятелю художнику в мастерскую в Арбатском переулке. Смотрю, у него лежит книжка Клайна «Математика. Поиск истины». Я говорю: ты что, с ума сошел?! Что у тебя было в школе по математике – небось три? «Два! – говорит он. – Но три поставили, потому что других не ставили отметок. Но нам же это (показывает на книжку) ничего не говорили». А он, между прочим, учился в Суриковском училище.

Наша гуманитарная интеллигенция выучила знаменитую фразу Эйнштейна, что Достоевский дал ему больше, чем Ньютон, и в связи с этим гуманитарная интеллигенция решила, что читать надо только Достоевского. Это очень опасная тенденция! В результате в конце XX века, когда у нас стали печататься, обратите внимание, не математические, а философские труды, – французские, русские, – когда стали читать философию, оказалось, что и это они читать не могут, не понимают принцип неопределенности. Здесь вопросы математики и философии очень близки. Наша интеллигенция маргинализуется – вот в чем проблема. Если она не понимает – я не прошу выучить формулы! – не понимает в принципе, о чем идет речь, когда говорят о фрактальной геометрии, о чем говорит Пригожин, когда он говорит о возникновении порядка из хаоса. Можно соглашаться, можно не соглашаться. Когда человек не понимает, о чем вообще говорят, то может ли он считаться в XXI веке интеллигентом, гуманитарием и, вообще, думать о каких-то универсальных вопросах. Начало нашей демократии сводится к тому, что у нас просто все гуманитарные лица выкинули математику из своих программ, просто целиком. Не 2 часа, не 3. Выкинули, к черту, математику и решили: вот, наконец, будет расцвет

гуманитарных наук... А такого расцвета не может быть. Другое дело – гуманитариям нужно говорить о математике...

Я в школе Гнесиных преподавал математику, так получилось, попросили заменить. Школьники – лауреаты конкурсов, заняты. Я прихожу, спрашиваю: что вам нужно? Нам нужны производные, мы не понимаем. Сейчас я вас научу, и решил – по-американски. Они – что это такое, мы же не понимаем, зачем, почему? И тогда я начал говорить о Ньютоне, о Лейбнице, вообще, – откуда, как и т.д. И это было общее развитие. Речь идет о том, что ученик не может быть музыкантом, композитором, если у него исчезнет, так сказать, представление о мире.

Виктор Полтерович: Мне кажется, что мы упрощаем проблему. На самом деле речь идет о том, что у каждого, кто получает образование, имеется ограниченный ресурс. Время и силы. И вопрос состоит не в том, полезна ли математика вообще, а вопрос в том – сколько времени нужно уделить изучению математики, если иметь в виду, что имеется масса других наук – философия, история, социология, которые не менее важны. Особенно для людей, которые не собираются стать математиками.

Возьмем совсем конкретный вопрос. Бакалавриат, скажем, на экономфаке МГУ. В какой мере нужно экономистам на уровне бакалавриата давать математику? У меня был опыт преподавания в Пенсильванском университете в США. Я обнаружил, что мои студенты 2-3-го курса не умеют вычислить сумму геометрической прогрессии. Они слышали, что такая формула существует, но не знают ее. Я думаю, что наши экономисты, во всяком случае специализирующиеся по кафедре «Математические методы в экономике», они бы написали такую формулу. Но бакалавры в Америке плохо знают математику. Происходит скачок в момент перехода от уровня бакалавриата к уровню докторской программы. И здесь, откуда ни возмись, казалось бы это те же самые студенты, вдруг они приобретают очень высокие математические знания.

Вопрос состоит в том – должны ли мы навязывать студентам-гуманитариям на уровне бакалавриата математические курсы? Либо это должны быть курсы по выбору? Вот Владимир Михайлович здесь говорил, что даже студенты-математики к 5-му курсу забывают многие элементарные вещи, которые мы прекрасно знали на 1-м и 2-м курсах. Я могу сказать, что инже-

неры забывают еще в большей степени. Скажем, многие студенты инженерных вузов на 5-м курсе не умеют просто продифференцировать соответствующие функции, в то время как их напичкали самыми разнообразными математическими формулами на 2-м курсе. При этом подавляющему большинству никогда это умение продифференцировать не пригодится. Понимаете. Не случайно американцы не заставляют своих бакалавров учить математику. Они смотрят реалистично на вещи. Если знание не будет использовано, то, следовательно, его не надо навязывать.

Да, общая культура необходима, да, математика является элементом общей культуры, но ведь и другие дисциплины являются важнейшими элементами общей культуры. Мне кажется, что здесь есть проблема.

Александр Абрамов: Помните, у Сноу есть замечательное книжка – «Две культуры», в которой обсуждается, что есть логика естественно-научного мышления и гуманитарного. Мне кажется, это большая проблема. Мы все справедливо, из патристических чувств, сегодня говорили о том – как хороша математика, как плохо с ней обращаются. Но на самом деле у нас, математиков, тоже есть собственные грехи. Математика, наверное, ближе ко второй культуре, чем естествонаучники, но существует проблема гуманитарного образования для математиков. Мы все формировались – сегодня здесь уже об этом говорили – под влиянием конкретных людей, под влиянием конкретных ситуаций. Даже то, что мы умеем общаться, любим музыку, читаем литературу, – это не есть результат собственного математического образования. Это другое. Есть другая сторона проблемы, в этом отношении, что касается профессиональных качеств математиков.

К сожалению, мы часто с этим встречались, для чистого математика решение практической задачи – это часто становится проблемой не только в экономике. Скажем, логика математика и физика – это разные логики. И понимания того, что делают другие сферы, часто нет. Вот это тоже большой пробел в математическом образовании – неумение решать в массе прикладные задачи, неумение их ценить, понимать и т.д.

Игорь Шарыгин: Я хочу добавить. Есть такой писатель Владимир Маканин. Он имеет математическое образование. Я как-

то спросил его: «Володя, а вот, как тебе помогает математическое образование, зачем оно тебе нужно?» «Я могу читать современные книги по философии, – ответил он. – Математическое образование мне в этом здорово помогает». В свое время мы даже так говорили: если хочешь знать литературу, иди на мехмат.

Николай Долбилин: Одна реплика вдогонку. По поводу того, что нужно ли учить то, что потом можно забыть. Я не помню, кто сказал эти слова, но «образование – это то, что остается, после того, как забыл все, что сдавал на экзаменах». Это действительно так. Действительно, можно не помнить, как берутся кратные интегралы, но главное, что ты знаешь, что такие вещи существуют. Ты знаешь, для чего нужен интеграл, ты знаешь, для чего нужен математический анализ. Ты знаешь, что всегда, если тебе понадобится, ты можешь обратиться к нужным источникам.

Теперь хотел бы все-таки вернуться, как мне кажется, к одной из важнейших причин кризиса нашего математического образования. Конечно, эта причина – в школе. И точнее я бы сказал так: в учителе математики. Здесь имеется две стороны, две ипостаси этой проблемы. Одна – отношение общества к учителю, а вторая – это внутренняя проблема. Это то, как мы сами готовим этих учителей математики. То, что наши учителя математики в среднем дают неплохую продукцию, это общепризнанно. В то же самое время то материальное положение, в котором они находятся, особенно учителя провинции, – это просто ужасно.

С другой стороны, есть, конечно, другая проблема. Вот, лет 15 тому назад мы изучали проблему подготовки учителей математики в педвузах. И что обнаружили? Что педагогические вузы, их математические кафедры имеют, в общем-то, очень сильный состав математиков. Все математики там – это доктора, профессора, известные специалисты в области математики. А теперь рассмотрим программу этих педагогических вузов. Оказывается, что математическая программа не уступает ведущим университетским программам. Что получается? Получается так, что в педагогическом вузе, в общем-то, не очень сильный выпускник средней школы, желающий стать учителем математики, готов научиться решать элементарные задачи и научить-

ся научить других этой элементарной математике. Вместо того, чтобы этот уровень, так сказать, усилить, вместо того, чтобы сделать из него высококачественного учителя, кафедры математических факультетов, в общем-то, дают очень сильные, даже непосильные математические курсы: функциональных уравнений, математического анализа, математической статистики, теории вероятностей и так далее.

Получается так, что пришел будущий учитель на 1-й курс педвуза, он кое-как умеет решать элементарные задачи. На выходе он это уже делает гораздо хуже, чем делал на входе. В итоге, учителя, как показывает опыт, в среднем очень плохо знают школьный материал. Они не умеют решать задачи чуть-чуть выходящие за рамки среднего уровня, нестандартная задача, которая взята из той же «Математической смекалки» Кордемского, – это уже проблема. В результате такой учитель не может привить интереса к математике своим ученикам...

Вот Евгений Абрамович говорит, надо так учить математику, чтобы было интересно, чтобы получал удовольствие. Но какое удовольствие может быть у такого учителя. Каждый из нас, кто пришел в математику, знает точно, что не учебники, ни программа решали его выбор. Решал учитель. Я просто уверен в этом на 99%. Мне кажется, что проблема повышения уровня подготовки учителя математики – это центральная проблема. Но она все-таки решаемая. Для этого, конечно, нужно изменить отношения к учителю со стороны как общества в целом, так и нас, математиков, в частности. Математики ответственны за то, что курсы математического образования в педвузах просто абсолютно вредны.

Иван Яценко: Полтора последних года я занимаюсь подготовкой учителей математики на факультете переподготовки. Это инженеры, которые идут сейчас в школы преподавать. То есть это такой – даже цинично можно сказать – подарок школе от нашей экономики. Развалилось много научно-исследовательских институтов и как раз в учителя математики пошли люди, которым лет 40-50, деваться им уже практически больше некуда. По школе, конечно, удар страшный, но математике в этом смысле чуть-чуть повезло.

Как раз когда я туда пришел, стали думать: чему же их учить. С учетом того, что формально мы должны давать им

«корочки» учителя математики. Человеку нужно знать понятие действительного числа. Не для того чтобы он тройные интегралы брал, а для того чтобы, когда он объясняет детям теорему о пропорциональных отрезках, он понимал, что там-то «зашито» действительно определение действительного числа. Это тонкая, сложная, философская вещь.

У меня есть учебник для первого класса церковно-приходской школы, который я храню. Так там в некоторых местах просто написано: «Этого мы с вами умом постигнуть не можем, но должны уверовать». И все. Вместо каких-то абстрактных понятий, объяснений...

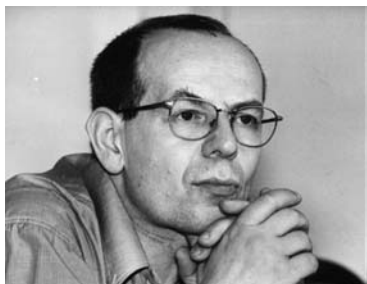
Человек должен от настоящей математики получить заряд математической культуры, какой-то философский заряд, получить знание ключевых моментов, которые имеют не технический характер, а именно философский. Учитель должен, особенно в массовой школе, сеять не вот эти технические знания, а нести культуру. На худой конец преподаватель должен понимать, что он чего-то не понимает. В противном случае – чем опасна математика? Тем, что математике формально в школе учить очень легко. Вот квадратное уравнение, вот формула корней, и вот 20 задач на ее решение. Американский принцип.

Теперь, переходя к содержанию образования школьного, которое как раз связано с образованием в педвузах. Что произошло? Математика ушла далеко за последнее время. И на самом деле некоторым вещам дети сейчас учатся быстрее. Жизнь требует некоторых математических знаний, которым в школе еще не учат, считают, что сложно. Понятие отрицательного числа у нас в школьной программе вводится в 6-м классе. Но любой первоклассник или второклассник на градусник все-таки смотрит чуть ли не каждый день.

Александр Абрамов: Мы затронули сейчас очень важную тему. Человечество может приступить к решению задач, которые раньше ему никогда не снились. При таких гигантских объемах потенциально доступной информации, при такой скорости выборки, наверное, потребуются другие способности от человека. Например, искусство членения задачи, чтобы скинуть какие-то вещи машине... Много чего возникнет.

Это большой вызов для всей системы образования не только у нас, но и для всего человечества. Не случайно сейчас кон-

сервативные и любящие свое образование и англичане, и американцы приступают к радикальной реформе национальных систем образования.



Дмитрий Шмерлинг: Тема бесконечно интересная и бесконечно важная. Я должен подходить к ней с таким же, как Владимир Михайлович, целевым стратегическим подходом, потому что это требует очертить внешнюю среду по отношению к математике, к преподаванию математики, к

рассматриваемому предмету, и посмотреть на математическое преподавание, на математику в обществе как на некую внутреннюю систему во внешней среде. Что такое общество могло бы сегодня получать от математики, от математического образования, такое, чего общество недополучает?

В математике производят впечатление не столько математические вещи, а маленькие штрихи. Все хорошие, старые преподаватели мехмата не считали зазорным...

Евгений Бунимович: Это проблема не только прикладной математики, но очень серьезная педагогическая проблема. Я говорю об этом как учитель математики.

Преподаватели учат не тому, что написано в учебнике, и даже, наверное, не тому, что записано в программе, а тому, что будет на экзамене. И поэтому экзамен – это мощный рычаг, любой экзамен. А самый мощный рычаг влияет на образование. Именно поэтому надо быть очень осторожным. Это первый момент. Второй момент заключается в том, что, как бы мы ни хотели говорить с каждым учеником, выяснить его склонности и способности – такой возможности у нас нет. И именно потому, что мы находимся в таких условиях, мы не сможем обойтись без того, что здесь называется тестами. Хотя я до сих пор не понял, что мы называем тестом. Но это отдельный вопрос.

Есть еще один момент. Это трагическая для российской школы проблема – проблема списывания. Это очень серьезно. Если система списывания, подлога является просто массовой системой – так же как в свое время было стыдно украсть колба-

су в магазине, но не стыдно стащить книжку в библиотеке, примерно так же не стыдно было списывание, – тогда и все остальное не очень стыдно. Если у нас есть тест, который мы можем предъявить индивидуально, я имею в виду компьютерный тест, тогда твой сосед вряд ли тебе поможет, потому что у него будут другие вопросы. На традиционном экзамене мы просто не можем каждому дать свой вариант. У нас нет на это денег. С тестами мы можем это сделать. И уже то, что это понизит уровень списывания (вранья), при всех плохих ситуациях математических и даже качественных в образовании, – это уже неплохо. Это очень неплохо.

Я не хотел бы, чтобы мы тест понимали примитивно. В конце концов мы сегодня вспоминаем часто Америку – вспомните американский тест на проверку английского языка. К нему готовятся серьезно люди, которые хорошо знают английский язык. Причем американцы решают ту же задачу, что и мы. Они не могут прислать во все страны мира комиссии, чтобы проверить каждого человека. И применительно к этой схеме они вынуждены были сделать стандартный тест на знание английского языка. Массовую систему с потерями. Да, с потерями. Но я хочу сказать, что такой тест не просто дорог, а безумно дорог. Поэтому я не уверен, что сегодня можно ввести тест, именно не потому, что он дешевый, а потому, что он дорогой.

У нас же закон придумают 10 человек, а обходят миллионы. Так же точно с тестами. Придумает группа из 10-20 человек, а сотни тысяч школьников и взрослых будут печатать пособия, как обойти тест. Это очень важный момент.

Момент следующий – тест на проверку ученика. Не надо ставить ученику отметку. Это проблема не ученика. Эта проблема школы в целом. Мы смотрим результаты. Тест дает возможность быстро сделать срез в разных областях, в смысле в разных регионах. Посмотреть, что одна область тянет, а другая не тянет. Мы без этого не обойдемся при наших просторах.

И еще один очень важный момент – право на ошибку, право ребенка на ошибку. Это тоже социальное право для подростка, который идет на экзамен.

Владимир Тихомиров: Я хочу обратить внимание на одну только вещь серьезную, которая меня беспокоит. Я слышал, где-то даже читал, что в 2003 году все вступительные экзамены

будут заменены тестом. Вот это мне представляется очень и очень опасным. Из-за того, что уровень коррупции в нашей стране, к сожалению, очень высок...

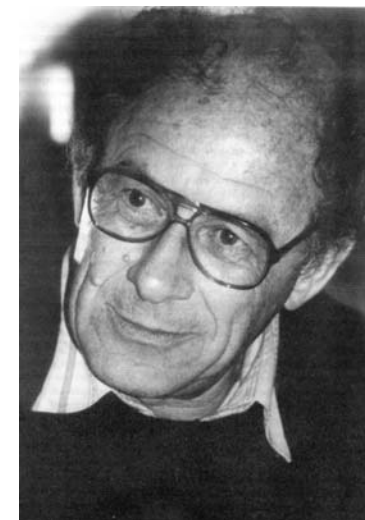
Евгений Бунимович: Маленькая реплика. Я как представитель средней школы могу это только приветствовать, потому что коррупция перейдет из вузов в среднюю школу и благосостояние учителя резко повысится...

Владимир Тихомиров: Видимо, отменить процедуру тестирования вообще будет очень сложно. Мы сейчас против этого будем возражать, но тем не менее она, по-видимому, пройдет, это мировая тенденция. Но что при этом, по идее, может быть: на мехмат коррумпированным образом пойдет 90% негодных людей. Даже не коррумпированных – низкокачественных. Поэтому нужен реальный рубеж, который во власти самого мехмата. До этого все будет во власти каких-то неизвестных структур. Совершенно неизвестно, кто будет расставлять галочки, где они будут заготовлены, ничего совершенно невозможно будет предвидеть. Поэтому должна быть какая-то система, при которой происходит реальный отбор людей, способных двигаться вперед науку.

*Опубликовано в «Независимой газете»
18 октября 2000 г.*

От теории радуги до гидродинамики Вселенной

Арнольд Владимир Игоревич, академик РАН, президент Московского математического общества 1996 года, член Исполкома Международного математического союза, почетный член Лондонского математического общества, иностранный член Парижской АН, член Американского философского общества, Американской Академии искусств и наук, Лондонского королевского общества, Accademia dei Lincei в Риме, почетный доктор Университетов Пьера и Мари Кюри (Париж), Варвика (Ковентри), Утрехта, Болоньи, Торонто, Complutense (Мадрид), лауреат премии Московского математического общества (1958), Ленинской премии – вместе со своим учителем, знаменитым российским математиком академиком А.Н. Колмогоровым (1965), Крафоордской Шведской Королевской АН (1982), Лобачевского РАН (1992), Харвиивской премии Техниона (Хайфа, 1994), Вольфа (2001), Американского института физики (2001) – премии Д. Хайнемана по математической физике. Международный Астрономический Союз назвал его именем планеты «Владарнольдо».



«Фундаментальное единство математики и физики кажется мне замечательной чертой современного развития обеих наук», – уверен академик Владимир Арнольд. Один из самых известных математиков современности представляет свой взгляд на развитие математического знания.

– Владимир Игоревич, в России как-то совсем незамеченным осталось присуждение вам в прошлом году одной из самых престижных в области математики международных премий – имени Вольфа. Расскажите немного подробнее, что это за награда, за какие конкретно результаты она была присуждена вам?

– Премия Вольфа действительно одна из самых уважаемых математиками премий. Каждый год ею награждается около десятка представителей разных профессий (от математики до архитектуры, от медицины до биохимии и сельскохозяйственных наук); их отбирает международный комитет, а вручает президент Израиля в здании Кнессета, то есть парламента, в Иерусалиме. Математиков обычно ежегодно награждается двое (так было и в прошлом году). Русский и французский послы мирно поделили участие в церемониале награждения, представлявшего обе страны российского математика (Владимир Арнольд – иностранный член Парижской АН, почетный доктор Университетов Пьера и Мари Кюри (Париж); профессор университета Париж-Дофин – **А.В.**).

Список предыдущих лауреатов премии Вольфа – рекордный по представлению лучших математиков мира: здесь при отборе отсутствует дискриминация, сильно вредящая другим премиям (например, Эндрю Уайлса нельзя было наградить медалью Филдса за его решение проблемы Ферма, так как его возраст на год превзошел установленный предел).

Мне приятно перечислить замечательных математиков XX века, удостоенных премии Вольфа (почему-то многие из них не были награждены в свое время другими явно заслуженными ими наградами): И.М. Гельфанд, К.Л. Зигель, Ж. Лере, А. Вейль, А.Н. Колмогоров, А. Карган, Л. Альфорс, О. Зариский, Х. Уитни, М.Г. Крейн, Ш. Чжень, П. Эрдеши, К. Кодаира, Г. Леви, С. Эйленберг, А. Сельберг, К. Ито, П. Лакс, Ф. Хирцебрух, Л. Хермандер, А. Кальдерон, Дж. Милнор, Де Джорджи, И.И. Пятацкий-Шапи-

ро, Л. Карлесон, Дж. Томпсон, М. Громов, Ж. Титс, Ю. Мозер, Р. Лэнглендс, Э. Уайлс, Дж. Келлер, Я. Синай, М. Берри, Э. Штейн, Р. Ботт, Ж.-П. Серр.

Я насчитываю здесь восемь представителей России (считая и себя).

В решении Вольфовского комитета подчеркнуты три направления моих исследований: теория динамических систем, теория особенностей и симплектическая топология и геометрия.

В теории динамических систем главными считаются результаты об устойчивости и о неустойчивости движения в гамильтоновых системах. (Гамильтоновыми системами являются небесно-механические, но полученные здесь результаты используются также в теории магнитных поверхностей для удержания плазмы в системах термоядерного синтеза, в теории ускорителей, в теории гироскопов.) В качестве просто формулируемого, но очень трудно доказываемого результата можно упомянуть устойчивость перевернутого вверх ногами маятника, точка подвеса которого совершает быстрые колебания в вертикальном направлении.

Все это направление физиками было названо «теорией КАМ», то есть Колмогорова – Арнольда – Мозера. Президент Израиля, вручая мне премию, специально отметил, что теперь все трое – Вольфовские лауреаты.

Теория особенностей включает исследование каустик волновых фронтов. Эти приложения восходят к Архимеду, сжегшему при помощи каустики вражеские корабли (впрочем, Аристофан в «Облаках» указывает, что Сократ на двести лет раньше уже использовал каустики в юридической практике). Мне удалось открыть удивительные связи теорий каустик и фронтов с теорией простых алгебр Ли и с теорией групп отражений. Физики называют мои достижения в этой области «квантовой теорией катастроф», но придумал я это, занимаясь анализом перегрева электронных схем в больших ЭВМ. Полученные здесь результаты являются также грандиозным обобщением теории радуги, объясняющей ее угол раствора (43 градуса) геометрией соответствующих каустик.

Но каустики, возникающие в моих обобщениях теории радуги, применяются так же для анализа релятивистских гравита-

ционных линз и «гидродинамики Вселенной» Зельдовича, исследующей особенности крайне неравномерного крупномасштабного распределения галактик: больших пустотах между поверхностями, к которым тяготеют галактики, повышенную плотность галактик на особенных линиях этих поверхностей и, особенно, в их специальных точках (которые моя теория и связывает – довольно таинственным образом – с упомянутыми выше алгебрами Ли и с группами отражений, то есть с многомерными калейдоскопами).

Обнаруженное здесь фундаментальное единство математики и физики кажется мне замечательной чертой современного развития обеих наук.

Создание симплектической топологии, доказывающей, например, необходимость большого числа периодических траекторий в задачах небесной механики с одной стороны и большого числа особенностей каустик в теории распространения волн – с другой, совершенно изменило эту большую область математики. Самые последние работы многих авторов из разных стран по доказательству «гипотез Арнольда» 1965 года, которыми эта теория была создана, связали всю эту топологическую теорию с методами квантовой теории поля. Обнаруженные здесь связи используются теперь в обоих направлениях: симплектическая топология полезна в квантовой теории, а методы квантовой теории поля приводят иногда к трудным топологическим результатам. Из последних результатов в этой области упомяну недавнее доказательство моими учениками Ю. Чекановым и П. Пушкарем моей гипотезы о необходимости пройти через фронт с четырьмя или более точками возврата при выворачивании волнового фронта на плоскости.

– **«Российская математическая школа». Это словосочетание стало такой же маркой нашей страны, как, например, «Большой балет». Что происходит с этим научным сообществом сейчас?**

– Российская математическая школа остается одной из сильнейших в мире. Беда только в том, что заработки в России в сотни раз меньше, чем – при такой же производительности – во многих других странах. Поэтому многие уже уехали, а многие подрабатывают за границей по несколько месяцев в году. Из восьми российских лауреатов премии Вольфа четверо эмигрировали.

Только своеобразный героизм нашей интеллигенции, самоотверженно работающей и задаром, и в университетах, лишенных современных книг, приводит к поразительной устойчивости школы, к появлению все новых имен талантливых молодых людей. За последние годы резко выросли конкурсы для поступления на мехмат Московского государственного университета имени Ломоносова (до десятка кандидатов на место, а ведь этот конкурс опускался до полутора кандидатов!)

– **Существует ли дискриминация российских математиков за рубежом?**

– Я участвую в комитетах, отбирающих, кого пригласить быть профессором, в ряде французских университетов (здесь на место обычно претендует около 200 кандидатов). Соглашаясь с моими оценками научных достижений кандидатов, мои французские коллеги большинством голосов выбирают отнюдь не сильнейших.

Свой выбор они объяснили мне так: «Если бы мы, как ты, учитывали только уровень научных достижений, то нам бы пришлось на все места выбирать одних только русских – настолько они сильнее. Но мы этого не хотим, поэтому выбираем других». Разумеется, во всех правилах записано, что никакой дискриминации (ни по полу, ни по расе, ни по происхождению) не должно быть – она антиконституционна и противоречит правам человека.

От коллег – не математиков я слышал, что сейчас нередка своеобразная «работоговля», когда почти задаром приглашается очень квалифицированный русский специалист, который и работает за всю иностранную лабораторию. Но публиковать свои достижения ему не дают, а пишут «совместные работы», иногда засекреченные, которые приглашающие позже приписывают уже прямо себе. Мне довелось даже получать премии одновременно с иностранными учеными, которые рассказали мне, что их награждаемая работа была фактически выполнена в основном приглашенными ими русскими «рабами» за грошовое вознаграждение (которое все же во много раз превосходит русские зарплаты, так что все были довольны).

Я боюсь, что нечто в этом роде происходит даже с премиями уровня Нобелевских. Мне известно, что Российская академия наук за последнее десятилетие несколько раз протестовала

против подобной недооценки вклада русских ученых, из работ которых выросли награждаемые достижения. Но, к сожалению, положение не исправляется. Толстой не получал Нобелевскую премию.

Французское министерство науки недавно включило меня в свой «Комитет по борьбе за защиту наследства французской науки от иностранцев». То, что у нас называлось «борьбой с космополитизмом» в сороковые-пятидесятые годы, процветает во Франции и сегодня.

При выборах одного (эмигрировавшего из России) математика в Академию наук Франции французские академики заявили: «Эти места – для настоящих французов, а он француз – только по паспорту».

Недавний удивительный пример дискриминации – опубликованное в польском журнале «Топологические методы нелинейного анализа» как новое старого топологическое доказательство теоремы Абеля.

– После доказательства Эндрю Уайлсом в конце прошлого века Великой теоремы Ферма, какие наиболее интригующие, чисто математические проблемы, встали на повестку дня? (Конечно, если это возможно, в популярной и, доступной для нематематика форме).

– Проблема Ферма, на мой взгляд, скорее малоинтересна: Анри Пуанкаре считал, что таковы все проблемы, допускающие бинарный ответ типа «да» или «нет». Настоящие проблемы – по его мнению – это исследования вопросов, ответ которых заранее не предсказан. Как основную проблему математики на пороге XIX и XX века он называл создание математического аппарата теории относительности и квантовой физики.

Юрий Иванович Манин опубликовал недавно свою теорию, согласно которой основная цель математики – отвлекать умников от опасных для человечества задач науки и техники (вроде совершенствования автомобилей или самолетов) в сторону совершенно бесполезных исследований никому не интересных вопросов (вроде бесконечности числа «близнецов», то есть пар простых чисел, отличающихся на две единицы, как 11 и 13, 17 и 19).

Десятки подобных задач можно найти в книге «Mathematics: its Frontiers and Perspectives» (V. Arnold, M. Atiyah,

P. Lax, V. Mazur-Eds, IMU, AMS, 2000), выходящей вскоре в русском переводе. В этой книге находится и упомянутая выше статья Манина, и моя статья («Полиматематика») о единстве математики и физики.

Рискуя попасть в категорию сочинителей отвлекающих проблем, я все же упомяну здесь одну задачу, которую я придумал студентом младших курсов университета, но которая, кажется, остается нерешенной и сегодня: «задача о мятом рубле».

Перегибая рубль, можно сразу получить на плоскости, скажем, (невыпуклый) шестиугольник, а перегибая много раз – много различных многоугольников. Может ли при этом получиться многоугольник большего периметра, чем периметр исходного прямоугольного рубля? Современные комментаторы рекламируют эту задачу словами: «Сделайте Ваш рубль больше!»

Огромное (порядка 1000) число задач (с комментариями) имеется в книге «Задачи Арнольда» (М.: Фазис, 2000. – 452 с.), многие из них не решены. Среднее время, которое задача из этой книги оставалась нерешенной, составило около семи лет.

– Как повлияло (и повлияло ли) на тенденции в математике развитие компьютерной техники? Можно ли, вообще, в связи с этим сказать, что появилась какая-то особая математика – компьютерная, и как она соотносится с математикой классической? Не изменились ли сами онтологические основы математики, в частности принцип доказательства?

– Фотография мало повлияла на живопись, а кино и телевизор – на театр. Никакой «компьютерной математики» я не знаю, хотя компьютерная техника, как усовершенствование и таблицы умножения, и логарифмической линейки, часто бывает полезной. Мне пришлось проводить огромные (и даже рекордные) вычисления на машинах типа Cray для работ по магнитной гидродинамике. Но чаще всего вычислительной мощности не хватает для серьезного дела.

К сожалению, монополистически-империалистическая агрессивность компьютерного сообщества угрожает уничтожением математической культуры (прежде всего они хотят уничтожить журналы и книги, потом лекции и экзамены). Недавно я прочитал в интернет-версии своей статьи (версии, сделанной без моего разрешения и контроля), что «динамический прогноз

погоды невозможен из-за того, что неточное знание начальных условия приводит к ошибкам предсказания на несколько недель, большим исходных неточностей примерно в 105 раз».

Это – явное свидетельство полной математической безграмотности компьютерщика: у меня, конечно, было «в 105 раз», то есть не в 105, а примерно в сто тысяч раз. Никакой культурный человек вообще никогда не скажет ни о чем «примерно 105» – если уж «примерно», то «сто», а не 105!

В статье С. Смейла (в упомянутой выше книге о границах и перспективах математики) сформулирована проблема, которую он считает подарком от компьютерной науки математике: это проблема оценки снизу сложности алгоритмов, где требуется доказать, что цели нельзя достигнуть быстрее, чем за оцениваемое снизу через сложность исходных данных число операций.

Но никаких принципиальных изменений в математику никто, на мой взгляд, не внес.

Пастер говорил, что никогда не было, нет и не будет никаких «прикладных наук». Есть науки, добывающие определенные знания, и есть их приложения, использующие добытое самими обычными, фундаментальными, науками.

О «прикладной науке X» обычно кричат члены мафии, желающей отнять у науки X ее финансирование и забрать его себе. Этот эффект был хорошо известен для многих наук еще в девятнадцатом веке. Надеюсь, что у математики ничего отнять не удастся.

– И все таки, не складывается ли у вас впечатления, что математика в ходе своего развития «ушла вперед», а общество отстало?

– Математика, действительно, развивается очень быстро, хотя и неравномерно. Я встречал среди уважаемых профессоров математики в лучших университетах самых развитых стран совершенно отсталых мракобесов, отставших от своей же науки.

В Париже студентов-математиков сразу учат, что основой математики является импликация, определяемая следующим мракобесным определением: если A и B верны, то верна и импликация «из A следует B». То есть: «если дважды два четыре, то из этого следует, что Земля вращается вокруг Солнца». При та-

ком мракобесном образовании студент уже не сможет никогда понять ничего, ни в какой естественной науке. Думаю, что это мракобесие оправдывает и преследования Галилея, который, ведь, пытался реально доказывать вращение Земли и другие подобные факты.

Так что математики отстали на сотни лет от естественнонаучного мировоззрения ничуть не меньше, чем «общество» (которое тоже движется к каменному веку).

– Почему так вяло внедряется (распространяется?) математический подход в социальных науках? Все ли зависящее в этом направлении от них делают сами математики?

– После моего доклада на заседании Российской академии наук, посвященном концу XX века, социологи-академики сделали мне выговор, который, возможно, пояснит нежелание математиков с ними взаимодействовать.

«В моем докладе – сказали они мне, – два очень крупных недостатка. Во-первых, ты привык читать лекции студентам-математикам, которые, когда ты им докажешь, что из A следует B, а из B следует C, способны сами заключить, что из A следует C. Здесь же слушателями были не студенты, а несколько сот академиков, которые уже совершенно неспособны ни к каким логическим умозаключениям. Им надо было просто объяснить, что из A вытекает C, сформулировав это настолько ясно, чтобы они, ничего не понимая, могли бы это C в дальнейшем повторять. А ни о B, ни о каких-либо доказательствах, говорить не следовало.

Во-вторых, твоя логика такова: 6 раз по 7 – это 42, а кто утверждает, что ответ иной – тот ошибается и его нельзя допускать к преподаванию. Но это полностью противоречит всей нашей идеологии: у нас одновременно бывают верны оба взаимно исключающих вывода. В лавировании между ними и состоит наша профессия.

Поэтому мы боремся с такими, как ты, просто из естественного чувства самосохранения, так что своим докладом, воспевающим математически точное знание, ты нажил себе в наших кругах множество личных врагов».

Несмотря на этот выговор, я продолжаю свою борьбу за торжество точных наук. К сожалению, неожиданные трудности встречает даже издание текстов моих докладов на эти темы (на-

деюсь, их все же издадут): «Нужна ли в школе математика» (лекция на Всероссийской конференции «Математика и общество. Математическое образование на рубеже веков» в Дубне в сентябре 2000 г.); «Американизация образования и борьба общества против науки и культуры» (лекция на упомянутом заседании РАН, «Наш двадцатый век»); «Математические эпидемии XX века – опасность для человечества» (доклад на конференции «Мистраль» при инаугурации форум-центра «Венец» комплекса «Царев сад» в ноябре 2000 г.).

Но другие математики обычно более робки и не решаются отстаивать свои мнения, даже когда они не сомневаются в своей правоте, а твердо уверены, что 6 раз по 7 – 42.

*Опубликовано в «Независимой газете»
17 января 2002 г.*

Математический физик

Академик-секретарь Отделения математических наук РАН (избран Общим собранием Российской академии наук весной нынешнего года) **Людвиг Дмитриевич Фаддеев** – ученый и личность чрезвычайно колоритная. Атлетического сложения человек (знаете, такие фотографии борцов конца XIX – начала XX века – Иван Поддубный, Георг Лурих) с мягким голосом и неторопливой манерой говорить. Прекрасно, почти профессионально разбирается в музыке. Математик мирового масштаба...



Впрочем, вопрос о сфере его научных интересов не так прост, как кажется на первый взгляд, исходя из формальных справочных данных. Сам он утверждает, что физика для него закончится, «когда будет сделано объединение теории тяготения, принципов релятивизма и квантовой механики». В общем-то, об этом и была наша беседа с академиком Фаддеевым: радоваться надо или грустить в такой ситуации.

– Людвиг Дмитриевич, просматривая академические справочники, я обратил внимание на список приведенных там ваших работ: «Введение в квантовую теорию калибровочных полей», «Квантовая теория рассеяния для систем нескольких частиц», «Гамильтонов подход в теории солито-

нов»... Выходит, область ваших интересов находится где-то на грани между математикой и физикой. А сами вы кем себя ощущаете: математиком или физиком?

– Это правомерный вопрос. Могу похвастаться: когда меня принимали в Американскую национальную академию, то выбрали в один год и по секции физики, и по секции математики. Я же себя называю специалистом по современной математической физике. Моя история такая.

Я закончил физический факультет Санкт-Петербургского Университета. (Мой отец был профессором на математическом, и я не хотел учиться у него). Но на физфаке была в то время совершенно уникальная кафедра математики. В результате, оказалось, что я занимаюсь математическими вопросами современной физики – физики высоких энергий и элементарных частиц. То есть, если можно так сказать, последней великой задачей, которую физики еще не решили.

– Часто звучат упреки в адрес физиков, и математиков заодно, что современная теоретическая физика – это, фактически, просто раздел математики; мол, за математическими символами теряется физическая сущность. Из физики ушло, якобы, физическое начало – осталась абстрактная математика. Эта проблема существует?

– Эта проблема зависит от уровня образования и от того, чем вы занимаетесь. Но, надо сказать, что в предыдущем поколении ученых такого типа разделение – на людей, обладающих физическим складом мысли и людей, которые более математизированы – было гораздо сильнее. Скажем, наш выдающийся физик, лауреат Нобелевской премии Лев Ландау считал, что главное – это физический смысл. А мой учитель, не менее выдающийся физик, академик Владимир Фок, использовал математику без страха и считал, что без этого нет высококлассной физики. Есть замечательная шутка по этому поводу, принадлежащая тому же Льву Ландау. Он говорил: «Лучше всех физиков – Яков Френкель, потому, что он все может объяснить алгебраическими уравнениями; я на втором месте – потому, что я все могу объяснить при помощи обыкновенных дифференциальных уравнений; а Фоку всюду нужны уравнения в частных производных».

Но, к сожалению, исторически так получилось, что вот это противопоставление: что важнее математика или физический

смысл, в теоретической физике очень сильно. Поэтому я себя называю математическим физиком и даже написал специальный манифест: «Что такое современная математическая физика».

– Чем же отличается математическая физика от теоретической физики?

– Интуицией, выбором критериев, согласно которым вы считаете, что создаваемые вами концепции – правильные, хорошие, красивые... Интуиция бывает разной: есть физическая, а есть интуиция, основанная на том, что вы видите математическую структуру, которая органически входит в описание физического объекта.

– Любопытно, что как только мы начинаем говорить о математике, сразу же для того, чтобы дать определение, приходится прибегать к понятиям чисто эстетическим: интуиция, красота...

– Я думаю, что все профессионалы это хорошо понимают. Придти к идее гораздо труднее, чем ее потом обосновать.

– Я к чему клоню: математика – это наука или искусство?

– Вы, может быть, тоже помните злые шутки предшественников. Академик Петр Капица обсуждал с кем-то: не пора ли всех математиков числить по разделу «спорт», как шахматистов...

Математика – это, конечно же, строгая наука. Но интуитивные соображения у каждого хорошего профессионала – на первом месте.

Математическая физика от другой математики отличается тем, что даже не доказательство стоит здесь на первом месте. Матфизик должен привлекать математическую интуицию, чтобы ответить на вопрос, на который физик-теоретик со своей интуицией ответить не может.

– Один из авторов книги «Красота фракталов» (М., 1993) немецкий физик Герт Айленберг пишет: «Наука все еще не достигла ясно различимых пределов применения математических методов, хотя я и не могу отделаться от подозрения, что некоторые парадоксы, возникающие при интерпретации квантовой механики, могут указывать на такие пределы... Иными словами, должны существовать пределы для математического описания природы». Как вы считаете: возможно ли помыслить такую физическую ситуацию, которая не может

быть в принципе описана математическим языком? Насколько универсален язык математики?

– Это – идеология «фрактальных» людей. Я ее понимаю, но не придерживаюсь.

Кстати, в математической формулировке квантовой механики никаких парадоксов нет. Я считаю, что математика – это универсальный язык физики и чем ближе мы подходим к основам, тем больше мы используем математику; и наоборот: чем больше математики, тем мы ближе к основам. Но – необходимой математики: не надуманной, не привлеченной для пускания пыли в глаза.

Здесь, однако, надо сказать, есть очень большое расслоение между людьми, занимающимися физикой высоких энергий и физикой конденсированного состояния. Это две основные ветви теоретической физики. Например, минувшим летом, после долгого перерыва создали единую конференцию по теоретической физике в Париже. И там делали свои пленарные доклады, – более философские доклады, чем собственно физические, – два лауреата Нобелевских премий – Чжэньин Янг (США), специалист в области элементарных частиц и Поль Андерсон из Принстонского университета – он специалист по физике конденсированных состояний. Так Янг рассказывал, как все более и более красиво и просто описывается природа – его доклад назывался «Три мелодии современной физики»; а доклад Андерсона назывался «От простоты к сложности». Здесь ясно проявились два взгляда на то, что же является фундаментальными проблемами физики. Я согласен с Янгом. Мы идем от сложности к простоте. Но это совсем не просто...

– **Кстати, процитированный выше Герт Айленберг – директор Института твердого тела... Не зря в последнее десятилетие появились работы, в которых делается попытка обосновать предположение, что наука, практически, исчерпала весь запас нерешенных великих задач. Например, американский физик и популяризатор науки Джон Хорган в своей книге «Конец науки» приводит мнение другого физика, Дэвида Линдли: «Физики, работающие над теорией суперструн... больше не занимаются физикой, потому что их теории никогда не могут быть подкреплены экспериментами, а только субъективными критериями, такими, как эле-**

гантность и красота. Физике частиц, грозит стать ветвью эстетики».

– Точка зрения Айленберга мне близка (хотя ваш выбор авторитетов мне кажется странным). Я считаю, что в физике осталась нерешенной одна великая проблема – микроскопическое описание структуры материи. Теория элементарных частиц не закончена. Физика для меня закончится, когда будет сделано объединение теории тяготения, принципов релятивизма и квантовой механики. Каждый из этих разделов физики характеризуется своим фундаментальным параметром: гравитационной постоянной Ньютона, скоростью света и константой Планка (квантом действия), соответственно. Вместе они пока еще в одну теорию не вошли.

– **Минувшим летом вы были на Математическом конгрессе в Пекине. Это же, как Олимпийские игры – раз в четыре года! Какие основные тенденции вы почувствовали?**

– Там присутствовало довольно много русских математиков и довольно много математиков из нашей диаспоры за рубежом. Так, что влияние русской школы математики на современную математику чувствовалось все время.

Такие масштабные научные форумы остались только у математиков. Иногда говорят, что математика так разрослась, что невозможно устраивать общие конгрессы. Моя точка зрения состоит в том, что такие конгрессы полезны: нас собирается 3-4 тысячи человек, которые узнают, что же делается с математикой в данный момент.

Я отметил бы несколько синтетических тенденций. Теория чисел, логика, алгебра, алгебраическая геометрия – это были отдельные секции конгресса. Но если взять доклады на этих секциях, то все они использовали схожий язык и были посвящены практически одной и той же теме. Мне было поучительно узнать, что недавно доказанная Великая теорема Ферма и еще не решенная проблема Римана – замечательно просто формулируемая задача теории чисел – могут оказаться следствием одной и той же математической схемы. В этом состоит замечательное проявление универсальности математики.

– **Эндрю Уайлс привлек для доказательства теоремы Ферма такие разделы математики, которые Ферма не мог еще знать. У меня такое предположение, что Ферма просто пошу-**

тил, спровоцировал, написав на полях принадлежащего ему экземпляра «Арифметики» Диофанта, что он нашел замечательно легкое и красивое доказательство теоремы.

– Конечно же, у него доказательства не было. Она не может быть доказана элементарными методами. Методы, которыми Уайлс ее доказал – это, как я уже сказал, кусок гораздо более общей схемы, которая может оказать очень сильное влияние на гораздо большее число разделов математики.

То есть, хотя в математике существуют совершенно разные разделы, но, тем не менее, они друг без друга жить не могут.

В этом смысле, матфизика – очень универсальная наука: мы используем все разделы теоретической математики, а также численные методы, методы теории вероятностей – все используется для формулировки и решения физических задач.

*Опубликовано в «Независимой газете»
27 ноября 2002 г.*

Именной указатель

Персоны, указанные в оглавлении,
в именном указателе не приведены

- | | |
|---|--|
| Аврорин, Евгений Николаевич 63 | Аристотель 81, 85, 90, 235 |
| Абрамов, Александр Михайлович 6, 349, 355, 361, 365, 368 | Аристофан 372 |
| Авалиани Д.Е. 8 | Арнольд, Владимир Игоревич 6, 371, 372, 374, 376 |
| Аветисов, Владик Аванесович 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 191, 192, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 241, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251 | Аррениус, Сванте 211 |
| Айленберг, Ганс 382, 383 | Архимед 373 |
| Александров, Евгений 14, | Арцимович, Лев Андреевич 58 |
| Александров, Юрий Иосифович 338 | |
| Алешковский, Юз 310 | Баев, Александр Александрович 6, 253, 278, 281 |
| Алферов, Жорес Иванович 34, 100, 101, 102, 115, 126 | Балькин, Виктор 210 |
| Алферов, Иван Карпович 101 | Баранов, Виктор Михайлович 157, 159, 160, 162, 165, 167, 171 |
| Алферова, Анна Владимировна 101 | Бардин, Джон 105 |
| Алферов, Маркс Иванович 101 | Барелл 265 |
| Альфорт Л. 372 | Бармин В.П. 127 |
| Анаксимандр 235 | Басов, Николай Геннадиевич 114 |
| Андерсон, Поль 382, 383 | Батищев, Генрих Степанович 21 |
| Андреев В.М. 109 | Батурин, Юрий Михайлович 120 |
| | Бахтин, Михаил Михайлович 21 |
| | Белаковский, Марк Самуилович 157, 160, 167, 170, 171 |

Берг, Аксель 263
 Бердяев, Николай Александрович 344
 Берри М. 372
 Бикулов, Альберт 248
 Блауберг 21
 Блюменфельд Л. 174
 Богин, Барри 332
 Боголюбов, Николай Николаевич 109
 Бодрийяр, Жан 313
 Бор, Нильс 46, 262
 Ботт Р. 372
 Бродский, Иосиф Александрович 129
 Брэннер 255
 Булгак, Владимир Борисович 34
 Бунимович, Евгений Абрамович 349, 350, 352, 353, 354, 357, 360, 362, 367, 369, 370
 Бутовская, Марина Львовна 297, 302
 Бухарин, Николай Иванович 121, 122, 123, 126
 Буш, Джордж 163
 Бэкон, Френсис 349

Вавилов, Сергей Иванович 47, 121
 Ваганов, Андрей Геннадьевич 9, 10, 11, 12, 14, 16, 19, 20, 21, 24, 26, 27, 28, 30, 31, 34, 36, 39, 66, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 79, 80, 84, 87, 91, 94, 97, 157, 158, 160, 161, 163, 165, 167, 169, 170, 349, 353, 357, 360
 Вагнер 105
 Вайнберг, Стивен 48, 178

Василий Великий 91, 290, 291
 Вебер, Макс 79
 Вейль А. 372
 Векслер, Владимир Иосифович 27
 Вернадский, Владимир Иванович 12, 24, 121, 122, 123, 236
 Веряскин, Алексей 155
 Вильсон 105
 Владимиров, Василий Сергеевич 194, 199, 207, 248
 Вольпов, Милфорд 330
 Воробьев, Андрей Иванович 27
 Вуд, Роберт 115

Гагарин, Юрий Алексеевич 161
 Гайдено, Пиама Павловна 68, 97
 Галилей, Галилео 76, 80, 92, 378
 Галимов, Эрик Михайлович 222, 236
 Гегель 264
 Гельфанд И.М. 372
 Генисаретский, Олег 286
 Грабузов Д.З. 109
 Генис, Александр 7
 Гейзенберг, Вернер 46, 129, 261
 Гейтс, Билл 213
 Гинзбург, Виталий Лазаревич 6, 10, 13, 14, 16, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 35, 40, 43–51, 140, 149
 Глейд 302
 Глэшоу, Шелдон 178
 Гринберг, Фред 9
 Ромов М. 372

Грэхэм, Лорен 112, 113
 Годик 269
 Голубцова, Валерия 124
 Гольданский, Виталий Иосифович 6, 173, 174, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 185, 186, 190, 191, 192, 193, 195, 196, 198, 199, 200, 205, 207, 211, 217, 226, 227, 245
 Горбачев, Михаил Сергеевич 29, 256
 Горшков, Леонид Алексеевич 157, 158, 159, 164, 166, 167, 168, 169, 171
 Гросберг, Александр 245
 Гросс, Евгений Федорович 111
 Губарев, Владимир Степанович 61
 Гуляев, Юрий Васильевич 268
 Гумилев, Лев Николаевич 161
 Гойгенс, Готфрид 92

Давиташвили, Джуна 269
 Дайсон, Фримен 47
 Дарвин, Чарлз 239, 267
 Де Бройль 110
 Де Джорджи 372
 Деревянко, Анатолий Пантелемонович 333
 Дельбрюк 200
 Джакоб 232
 Джеймс 262
 Дилени 302
 Диофант 384
 Дирак, Поль 46, 48
 Докинз, Ричард 231, 281, 282
 Долбилин, Николай Петрович 349, 357, 366

Донской, Дмитрий 9
 Достоевский, Фёдор Михайлович 264, 269, 363
 Дюбуа-Реймон 272
 Дюв, Кристиан Де 219

Егерев, Сергей Викторович 10, 12, 21, 22, 25, 29, 32, 35, 37, 39, 41
 Ельцин, Борис Николаевич 27, 33, 60
 Ершов, Петр 263

Жузе, Владимир Пантелеймонович 105
 Жуковский Н.Е. 59

Забабахин, Евгений Иванович 58, 59, 63
 Заварзин, Георгий Александрович 197, 232
 Завойский, Евгений константинович 111
 Зариский О. 372
 Зелёный, Лев Матвеевич 157, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 169, 172
 Зельдович, Яков Борисович 59
 Зигель К.Л. 372
 Зуев, Евгений 9

Иванова, Алёна Михайловна 319
 Иванов, Виктор 250
 Измаил Кровавый 302
 Ильенков, Эвальд Васильевич 21

Ионин, Леонид Григорьевич 66, 70, 72, 75, 79, 82, 83, 84, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97
 Иоффе, Абрам Федорович 103, 104, 105, 106, 111
 Ито К. 372

Казаринов К.Ф. 109
 Калашников, Михаил Тимофеевич 115
 Кальдерон А. 372
 Капица, Петр Леонидович 47, 101, 109, 382
 Капица, Сергей Петрович 6, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 25, 27, 28, 36, 38, 40, 42
 Караш, Юрий Юрьевич 157, 158, 159, 163, 165, 168, 170, 171
 Карлесон Л. 372
 Картан А. 372
 Касьянов, Михаил Михайлович 359
 Кваша, Игорь 265
 Кейнс, Джон 10, 11
 Келлер Дж. 372
 Килби, Джек 100
 Кирпичников, Михаил Петрович 34
 Клайн, Морис 363
 Климов, Аполлон Николаевич 58
 Клинтон, Билл 313
 Кодаира К. 372
 Козаков, Михаил 265
 Козырев Б.П. 103
 Козырев, Сергей 248
 Колмогоров, Андрей Николаевич 372, 373
 Коль, Гельмут 27

Коломиец Б.Т. 104
 Комар А.П. 104
 Комаров, Владимир Леонтьевич 123
 Кон, Игорь Семенов 6, 309, 310
 Коновалов, Владимир 54
 Коптев, Юрий Николаевич 171
 Копылов, Геннадий Герценович 6, 66, 73, 75, 80, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 97
 Кордемский 367
 Королев, Сергей Павлович 171
 Корольков В.И. 109
 Котляков, Владимир Михайлович 19
 Крейн М.Г. 372
 Кремер, Хербет 100
 Крессель 105
 Крик, Фрэнсис 220
 Кудрин, Борис Иванович 66, 73, 75, 76, 77, 79, 85, 88, 89, 91, 93, 95, 97, 98, 234
 Кузьмин, Владимир Владимирович 191
 Кун, Томас 309
 Курчатов, Борис Васильевич 105, 106
 Курчатов, Игорь Васильевич 54, 55, 59, 104

Лазарев, Николай Владимирович 58
 Лакс П. 372
 Ландау, Лев Давидович 18, 44, 45, 46, 49, 381
 Лао-Цзы 289

Лебедев, Валентин Витальевич 170
 Лебедев, Сергей 114, 118
 Леви Г. 372
 Левински, Моника 313
 Лейбниц, Готфрид 364
 Лем, Станислав 7, 161, 208, 315
 Леметр 47
 Лере Ж. 372
 Летохов, Владилен Степанович 6, 210
 Лефевр, Владимир Александрович 296
 Лившиц, Евгений Михайлович 18
 Линдли, Дэвид 383
 Литвинов, Борис Васильевич 6, 52, 61
 Логсдон, Джон 163
 Логунов, Анатолий Алексеевич 6, 130
 Локк, Джон 76
 Ломоносов, Михаил Васильевич 112, 120, 121, 125, 149
 Лоренц, Конрад 130
 Лосев, Алексей Федорович 8, 21
 Лукомников Г.Г. 8
 Лурия, Александр Романович 263
 Лурих, Георг 380
 Лэнглендс Р. 372

Майр, Эрнст 329
 Маканин, Владимир 365
 Маленков, Георгий Максимилианович 124
 Мамардашвили, Мераб 21, 127

Мамчур Е.А. 66
 Мандельброт, Бенуа 219
 Манин, Юрий Иванович 376
 Маркони, Гульельмо 116
 Маслоу, Абрахам Харольд 263
 Медведев, Михаил 8
 Мельцензон, Яков Борисович 102, 103
 Медникова, Мария Борисовна 327, 328
 Мествиришвили М.А. 131
 Мешков, Дмитрий 250
 Миллер, Стенли 211
 Милнор Дж. 372
 Минковский 130
 Миногин, Владимир 210
 Мирзабеков, Андрей Дарьевич 6, 278
 Минский Д.Е. 8
 Мирный, Леонид 243
 Михайлов, Виктор Никитович 61
 Мозер Ю. 372, 373
 Мокрова, Мария Владимировна 4, 5
 Молотов В.М. 53
 Морозов, Леонид Леонидович 179, 191
 Мотт 105
 Музруков, Борис Глебович 54
 Музруков, Владимир Борисович 54

Набоков, Владимир Владимирович 89
 Надсон Г.А. 232
 Назаретян А.П. 83
 Наследов Д.Н. 104, 106

Некlessа, Александр Иванович 86
 Неман, Ювал 67, 97
 Нечаев, Сергей Константинович 241, 242, 243, 244, 245, 248, 249, 250, 251, 252
 Николай II 122
 Ницше, Фридрих 271
 Носов, Николай Александрович 6, 91, 285
 Ньютон, Исаак 72, 76, 121, 122, 363, 364, 383
 Огурцов, Александр Павлович 67
 Окладников, Алексей Павлович 333
 Опарин, Александр Иванович 211, 222
 Осипов, Юрий Сергеевич 13, 126
 Паабо, Сванте 328, 329, 333
 Павлов, Иван Петрович 263, 343
 Панишь 108, 109
 Панков 108
 Пастер, Луи 174, 181, 190
 Патон, Борис Евгеньевич 126
 Петровский, Иван Георгиевич 359
 Петр Великий (Петр I) 115
 Прайс 265
 Преображенская, Наталья 9
 Питаевский Л.П. 18
 Планк, Макс 212, 328, 383
 Платон 81, 85
 Платонов, Сергей Федорович 122
 Поддубный, Иван Максимович 380
 Полтерович, Виктор Меерович 348, 351, 352, 353, 359, 364
 Поляк, Вацлав 290
 Попов, Александр Степанович 114, 115
 Попов, Сергей 90
 Портной Е.Л. 109
 Пригожин, Илья Романович 363
 Примаков, Евгений Максимович 14
 Прохоров, Александр 114
 Пуанкаре, Анри 130, 153, 343, 375
 Пушкин, Александр Сергеевич 312
 Пушкарь П. 374
 Пятецкий-Шапиро И.И. 372
 Рац, Марк Владимирович 66, 78, 79, 82, 83, 86, 88, 92, 94, 98
 Риман, Бернхард 384
 Роб-Грийе, Ален 310
 Розанов, Василий 218
 Розин, Вадим Маркович 66, 69, 71, 72, 76, 78, 80, 82, 83, 84, 85, 89, 90, 92, 93, 95, 96, 98
 Романов, Константин Константинович 121
 Романов, Михаил Александрович 122
 Рубаков, Валерий Анатольевич 135, 145, 149
 Рух, Виллибальд 326
 Рыбинский В.Н. 8

Сажин, Михаил Васильевич 149, 152, 155
 Салам, Абдус 178
 Самарин, Александр Михайлович 124
 Саркисов, Донат Семенович 6, 271
 Сарт, Жан-Поль 266
 Сахаров, Андрей Дмитриевич 48, 59, 109
 Селберг А. 372
 Семенов, Евгений Васильевич 10, 15, 19, 20, 25, 29, 30, 35, 41
 Семенов, Николай Николаевич 176
 Серр Ж.-П. 372
 Сикорский, Игорь 114
 Сильверстайн 308
 Симонов, Павел Васильевич 6, 260, 261
 Симпсон 329
 Синай Я. 372
 Сирин, Исаак 91, 290, 291
 Смейл С. 377
 Смолли, Ричард 211
 Сноу 365
 Соаи, Кенсо 190, 191
 Созина, Наталия Николаевна 103
 Соколов, Евгений 268
 Сталин, Иосиф Виссарионович 33, 53, 55, 123
 Старобинский, Андрей 155
 Степашин, Сергей Вадимович 33
 Стругацкие, Аркадий и Борис 260
 Табаков, Олег 265
 Тарантул, Вячеслав Залманович 8
 Тарасов, Диодор Михайлович 58
 Тамм, Игорь Евгеньевич 44, 45, 47, 49, 58
 Таунс, Чарлз 114, 211
 Тахо-Годи, Аза 260
 Твигги 308
 Тимирязев, Климент Аркадьевич 267
 Тимофеев-Ресовский, Николай Владимирович 8
 Титс Ж. 372
 Тихомиров, Владимир Михайлович 348, 358, 359, 362, 364, 368, 370
 Толстой, Лев Николаевич 25
 Толстых В.И. 66
 Томпсон Дж. 372
 Тоффлер, Алвин 67
 Третьяков Д.Н. 109
 Трубников 21
 Трумэн, Гарри 53, 163
 Тучкевич В.М. 104, 106
 Уайлд, Оскар 263
 Уайлс, Эндрю 372, 375, 384
 Уикс, Джеффри 153
 Уилкинсон 151
 Уитни Х. 372
 Уорвик, Кевин 94, 240
 Ухтомский, Алексей 266, 267, 268
 Уэллс, Герберт 197
 Фаддеев, Людвиг Дмитриевич 380
 Федин С.Н. 8

- Фейнгенбаум 224, 225
 Ферма, Пьер 375, 384
 Ферми, Энрико 45, 210, 239
 Фок, Владимир Александрович 381
 Фонотов, Андрей Георгиевич 10, 14, 15, 16, 24, 26, 28, 29, 32, 34, 38, 41
 Фортов, Владимир Евгеньевич 31
 Франк, Чарльз 191
 Фрауенфельдер, Ганс 205
 Фрейд, Зигмунд 267, 326
 Френкель, Яков Ильич 105, 381
 Фридман, Александр Александрович 47
 Фуко, Мишель 315
- Хайкин, Семен Эммануилович 58
 Харитон, Юлий Борисович 59, 61
 Хаяси 108
 Хенрих (Henrich) 344
 Хермандер Л. 372
 Хирцебрух Ф. 372
 Хокинг, Стивен 50, 130, 132
 Холл 107
 Хорган, Джон 7, 383
 Хрущев, Никита Сергеевич 171
- Чеканов Ю. 374
 Черепановы, отец и сын 114
 Черномырдин, Виктор Степанович 33
 Черток, Борис Евсеевич 126
 Чжень Ш. 372
- Чижевский, Александр Леонидович 218
- Шарыгин, Игорь Федорович 6, 348, 349, 354, 365
 Шахнович 245
 Шмальгаузен, Иван Иванович 239
 Шмерлинг, Дмитрий Семёнович 348, 368
 Шредингер, Эрвин 46, 199, 210
 Штейн Э. 372
 Шоттки 105
 Шуньков, Михаил Васильевич 333
 Шухов, Владимир Георгиевич 126
- Щедровицкий, Георгий Петрович 80, 86, 95
 Щёлкин, Кирилл Иванович 58, 61, 62, 63
- Эдисон, Томас Альва 115
 Эйген, Манфред 212, 219, 246
 Эйдельман 267
 Эйленберг С. 372
 Эйнштейн, Альберт 4, 5, 45, 46, 130, 131, 132, 133, 363
 Энгельс, Фридрих 272, 273, 274
 Эрдеш П. 372
- Юдин, Эрик Григорьевич 21
- Янг, Чжэньин 262, 382, 383
 Яценко, Иван Валерьевич 349, 353, 354, 367

- Alford, J. 341
 Arnold V. 376
 Atiyah M. 376
 Lax P. 376
 Mazur-Eds B. 376

Об авторе

Ваганов Андрей Геннадьевич

В 1984 году закончил Московский энергетический институт по специальности инженер-теплофизик. Работал в Специальном конструкторском бюро по электрохимии. В 1991 году окончил Школу-студию научной журналистики при журнале «Химия и жизнь». Ответственный редактор приложения «НГ-Наука» «Независимой газеты».

Автор книг: «Технологичная культура» – М., 2008.; «Дети Парацельса» – М., 2011.; «Спираль жанра: От «народной науки» до развлекательного бизнеса. История и перспективы популяризации науки в России». – М., 2014; «Библиохроника. Здесь, под небом своим. Выпуск четвертый. Непредсказуемая память («Памятные книжки») 1828-1917». – М., 2015.

Лауреат премии Союза журналистов России за 2001 год. Лауреат Литературной премии имени Александра Беляева за 2013 год в номинации «За критику в области научно-художественной литературы».

