

## Будет ли конец науки?

О. В. Крылов

*ОЛЕГ ВАЛЕНТИНОВИЧ КРЫЛОВ — доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории гетерогенных комплексных катализаторов Института химической физики им. Н. Н. Семенова РАН, действительный член Международной академии творчества, член Международного совета по катализу, член редколлегии ряда научных журналов. Область научных интересов: гетерогенный катализ, химическая физика поверхности, молекулярная спектроскопия, переработка природного газа.*

*117977 Москва, ул. Косыгина, 4, Институт химической физики им. Н. Н. Семенова РАН, тел. (095)939-71-68.*

В 1997 году мною были написаны статьи [1—3] и прочитаны доклады о возможном кризисе энергетических ресурсов в XXI веке. Среди главных возражений были надежды на могущество науки: «наука что-нибудь придумает». В связи с энергетической и другими социально значимыми проблемами, заявившими о себе в современную эпоху, возникает вопрос, действительно ли всецельна наука и существует ли начало и конец науки.

В 1960—70 годы были модны различные многообещающие футурологические прогнозы развития науки на 2000 г. (см., например [4]). Но вот XX век кончился, а подавляющее число прогнозов, по крайней мере, из области физики и химии не подтверждается. Предсказывали, например, овладение термоядерной энергией к 1985 г., однако последние прогнозы физиков относят это событие уже к XXII веку. Предсказывали создание кабелей из сверхпроводников, позволяющих передавать энергию на дальние расстояния, к 1989 г., но даже действительно очень интересное открытие оксидных высокотемпературных проводников не дает надежды, что это будет осуществлено в ближайшее время. То же относится и к многим другим прогнозам. Нобелевский лауреат Дж. Томсон поступил разумнее, не связав свои прогнозы [5] с хронологическими датами. Впрочем, большинство прогнозов относится к прикладным сферам наук.

Безусловно, во второй половине XX века замечательных успехов достигла молекулярная биология, появилась новая наука — информатика и весь мир сейчас охватывается глобальными информационными сетями типа Интернет. Но в физике и химии новых революционных событий не произошло. По-видимому, каждая наука имеет начало и конец: за фазой ее становления сле-

дует период бурного развития и по мере описания основных закономерностей наука исчерпывает свой предмет. Очевидно, с современных позиций нельзя признать безоговорочным высказывание В.И. Ленина, что «электрон так же неисчерпаем, как атом».

Рассмотрим, например, эволюцию географии. Как наука, она возникла во времена древних греков: Геродот был не только великим историком, но и крупнейшим географом своего времени. Развитие в средние века средств и методов исследования Земли (корабли, навигационные приборы, картография) вызвали бурный рост экспедиций и открытие новых земель. Максимум первой производной очевидно приходится на эпоху Великих географических открытий (XV—XVI вв.). После этого пошел спад. Заметим, что спад в развитии науки не определяется числом статей. Институт географии существует в системе Академии наук и исследования поверхности Земли, несомненно, полезные и нужные, продолжаются. Но уже ясно, что в основном Земля описана и больших открытий в этой области не будет.

То же относится к минералогии, анатомии, описательной ботанике и зоологии. Отдельные открытия еще случаются, например, открытие в середине XX века А.В. Ивановым нового типа животных — погонофор. Но, в основном, виды животного и растительного мира описаны.

Почему-то часто считают, что замедление развития не относится к физике и химии. Но и эти науки имеют свой предмет, полное описание которого может означать конец данной науки. Отметим, что количество публикаций по физике и химии продолжает расти, а число открытий уменьшается.

## Нобелевские премии как критерий развития науки

Нобелевские премии присуждаются за крупные открытия, за наивысшие достижения в данной науке. Хронологическое рассмотрение премий, в частности по физике и химии, показывает непрерывное снижение научного уровня этих открытий, несмотря на рост денежного вознаграждения.

Обратимся сначала к Нобелевским премиям по химии. В начале XX века их получили следующие ученые [6]:

1901 г.	Я.Х. Вант Гофф	Основы химической кинетики.
1902 г.	Э. Фишер	Синтезы аминокислот и углеводов.
1903 г.	С. Аррениус	Электролитическая диссоциация.
1904 г.	У. Рамзай	Открытие инертных газов.
1905 г.	А. фон Байер	Синтезы алкалоидов, органических красителей.
1906 г.	А. Муассан	Получение фтора.
1907 г.	Э. Бухнер	Открытие внеклеточной ферментации.
1908 г.	Э. Резерфорд	Теория радиоактивного распада.
1909 г.	В. Оствальд	Основные законы катализа.
1910 г.	О. Валлах.	Строение и синтез терпенов.
1911 г.	М. Склодовская-Кюри	Открытие радия и полония.
1912 г.	В. Гриньяр	Металлоорганические синтезы.
1912 г.	П. Сабатье	Каталитическое гидрирование.
1913 г.	А. Вернер	Теория координационных соединений.
1918 г.	Ф. Габер	Синтез аммиака.
1922 г.	Ф. Астон	Масс-спектрометрия и открытие стабильных изотопов.

Как видно, все это фундаментальные работы, касающиеся создания новых областей химической науки, принципиально новых синтезов, новых элементов. Характерно, что все премии были получены индивидуальными авторами, т.е. не возникало вопроса об авторстве. Число крупнейших открытий, удостоенных Нобелевской премии в середине XX века, все еще велико, хотя и меньше, чем в начале века, и не все выданные премии бесспорны с точки зрения значимости работ. К бесспорным можно отнести следующие.

1932 г.	И. Ленгмюр	Теория поверхностных явлений.
1935 г.	И. Жолио-Кюри, Ф. Жолио-Кюри	Искусственная радиоактивность.
1936 г.	П. Дебай	Теория диэлектриков и электролитов.
1944 г.	О. Хан	Открытие деления атомных ядер.
1951 г.	Э. Макмиллан, Г. Сиборг	Открытие и синтез трансураниевых элементов.
1953 г.	Г. Штаудингер	Строение и синтезы полимеров
1954 г.	Л. Полинг	Теория химической связи.
1956 г.	Н. Н.Семенов, С. Хиншелвуд	Теория цепных реакций.
1958 г.	Ф. Сенгер	Синтез инсулина.
1959 г.	Я. Гейровский	Создание полярографии.
1963 г.	К. Циглер, Дж. Натта	Стереорегулярные полиолефины.
1965 г.	Р. Вудворд	Синтезы алкалоидов, хлорофилла и др.
1966 г.	Р. Малликен	Теория молекулярных орбиталей.
1968 г.	Л. Онсагер	Термодинамика необратимых процессов.
1974 г.	Э. Фишер, Дж. Уилкинсон	Металлоорганические комплексы.
1977 г.	И. Пригожин	Диссипативные структуры
Рассмотрим теперь Нобелевские премии по химии конца XX века.		
1981 г.	К. Фукуи, Р. Хофман	Механизмы химических реакций.
1982 г.	А. Клуг	Электронная микроскопия нуклеопротеиновых комплексов.
1983 г.	Г. Таубе	Механизмы реакций с переносом электрона.
1984 г.	Р. Меррифилд	Технология твердофазного пептидного синтеза.
1985 г.	Дж. Карле, Г.А. Хауптман	Прецизионные методы определения структуры кристаллов.
1986 г.	Я. Ли, Дж. Полани, Д. Хершбах	Молекулярные пучки.
1987 г.	Д. Крам, Ж.М. Лен, Ч. Педерсен	Краун-эфиры.
1988 г.	Й. Дайзенхофер, Р. Хубер, Х. Михель	Трехмерная структура центра фотосинтеза.
1989 г.	Т. Чек, С. Олтмен	Ферментативная активность РНК.
1990 г.	Э. Кори	Методология планирования органического синтеза.

1991 г.	Р. Эрнст	Новые методы ЯМР спектроскопии.
1992 г.	Р. Маркус	Теория реакций с переносом электрона.
1993 г.	М. Смит, К. Муллис	Использование олигонуклеотидов для направленного сайт-мутационеза, метод полимеразной цепной реакции.
1994 г.	Дж. Ола	Суперкислоты.
1995 г.	П. Крутцен, М. Молина, Ш. Роуленд	Химия «озоновых дыр».
1996 г.	Р. Керл, Р. Смолли, Х. Крото	Открытие фуллеренов.
1997 г.	Е. Скоу, П. Бойер, Дж. Уолкер	Механизм синтеза АТФ.

Рассмотрение последнего списка приводит к интересным выводам. Нет сомнения в том, что Нобелевские премии 1981—1997 гг. были даны за хорошие работы. Но, вероятно, каждый из химиков может привести и другие работы того же уровня, но не получившие Нобелевской премии. Причем каждый химик знает лишь немногих из приведенного списка (более близких к нему по специальности). Этого нельзя сказать о лауреатах начала и даже середины XX века.

Далее, более половины Нобелевских премий последнего периода были даны одновременно двум или трем ученым. Это показывает, что авторство многих работ не может быть приписано одному бесспорному лидеру. Можно было бы принять решение о присуждении премий большему, чем три, числу ученых и это было бы даже справедливо. Отметим также, что название открытия, за которое была дана Нобелевская премия, характеризуется несколькими словами. В первой половине века это обычно было всего 2—3 слова.

Из 17 Нобелевских премий по химии 1981—1997 гг. семь премий связано с биохимией и молекулярной биологией. Они могли бы быть присуждены и не по химии, а по физиологии и медицине. Очевидно, собственных больших достижений в химии уже нет и предпочтение отдается работам в смежной науке, которая находится в стадии быстрого развития.

Четыре премии даны за исследования механизмов химических реакций, три премии — за развитие методов исследования. Это неплохие работы, но великими открытиями они не являются.

Одна из наиболее интересных работ последних лет — получение нового вида углерода, фуллеренов. Безусловно, эта работа достойна Нобелевской премии (премия 1996 г.). Но назовет ли кто-нибудь сейчас первооткрывателя более важного вида углерода, графита? Это был В. Шееле (его исследования в конце XVIII в.), но его помнят за открытие новых элементов: кислорода, хлора и марганца.

Нобелевская премия 1995 года была присуждена трем ученым за работы по атмосферной химии, в частности, касающиеся образования и разложения озона. Но атмосферной химией занимается очень много ученых в разных странах и выделение из них лишь трех — явная несправедливость.

Еще более выразительная ситуация складывается с Нобелевскими премиями по физике. В начале века премии по физике были даны не за очень впечатляющие работы. Исключением является премия 1903 года А. Беккерелю, П. Кюри и М. Склодовской-Кюри за открытие радиоактивности и премия 1913 года Х. Камерлинг-Оннесу за работы по физике низких температур, приведшие к открытию сверхпроводимости. Но в середине XX в. многие Нобелевские премии были присуждены за действительно великие открытия в физике.

1918 г.	М. Планк	Квантовая теория.
1921 г.	А. Эйнштейн	Теория фотоэффекта.
1922 г.	Н. Бор	Теория строения атома.
1923 г.	Р. Милликен	Определение заряда электрона.
1929 г.	Л. де Бройль	Волновые свойства материи.
1932 г.	В. Гейзенберг	Первый вариант квантовой механики.
1933 г.	П. Дирак, Э. Шредингер	Создание квантовой механики.
1938 г.	Э. Ферми	Искусственная радиоактивность.
1945 г.	В. Паули	Принцип запрета (принцип Паули).
1954 г.	М. Борн	Статистическая интерпретация волновой функции.
1956 г.	Дж. Бардин, У. Браттейн, У. Шокли	Теория сверхпроводимости.
1957 г.	Ц. Ли, Ч. Янг	Нарушение закона четности в слабых процессах.
1964 г.	Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, Ч. Таунс	Квантовые генераторы.
1965 г.	Р. Фейнман, Дж. Швингер, С. Томонага	Квантовая электродинамика.
1969 г.	М. Гелл-Ман	Гипотеза кварков.
1978 г.	П.Л. Капица	Открытие сверхтекучести.
1979 г.	С. Вайнберг, Ш. Глэшоу, А. Салам	Единая модель электромагнитного и слабого взаимодействия.

Перечисленные открытия и их авторы несомненно известны не только каждому физику, но и большинству других ученых.

Рассмотрим теперь Нобелевские премии по физике последних лет.

- 1981 г. Н. Бломберген, А. Шавлов, К. Сигбан  
Новые виды спектроскопии
- 1982 г. К. Вильсон Теория критических явлений.
- 1983 г. С. Чандрасекар, У. Фаулер  
Теория эволюции звезд.
- 1984 г. К. Руббия, С. Меер  
 $W^{\pm}$  и  $Z^0$  частицы, переносящие слабые взаимодействия.
- 1985 г. К. фон Клитцинг Обнаружение квантового эффекта Холла.
- 1986 г. Э. Руска, Г. Бинниг, Г. Рорер  
Туннельная микроскопия.
- 1987 г. К.А. Мюллер, Г. Беднорц  
Высокотемпературная сверхпроводимость.
- 1988 г. Л. Ледерман, М. Шварц, Дж. Стейнбергер  
Метод нейтринного пучка и дублетная структура лептонов.
- 1989 г. Н. Рамзей, Х. Демель, В. Пауль  
Водородный мазер. Удержание ионов в ловушке для спектроскопии высокого разрешения.
- 1990 г. Дж. Фридман, Г. Кендалл, Р. Тейлор  
Экспериментальные доказательства структуры нуклонов.
- 1991 г. П.Ж. де Жен Теория упорядочивания в жидких кристаллах и полимерах.
- 1992 г. Ж. Шарпак Детекторы элементарных частиц.
- 1993 г. Р. Халс, Дж. Тейлор  
Открытие нового типа пульсаров.
- 1994 г. Б. Брокхауз, К. Шалл  
Нейтронная спектроскопия и дифракция нейтронов.
- 1995 г. Ф. Райнес, М. Перл  
Доказательство существования нейтрино, открытие  $\tau$ -лептона.
- 1996 г. Д. Ли, Д. Ошеров, Р. Ричардсон  
Открытие сверхтекучести в гелии-3.
- 1997 г. С. Чу, К. Коэн-Таннуджи, У. Филлипс  
Охлаждение и захват атомов методом лазерного излучения.

Нобелевские премии по физике 1981—1997 гг. по ряду критериев еще более резко отличаются от премий середины века, чем в химии. Из 17 премий 13 дано группам из двух или трех ученых. Пять премий присуждены за методы исследования, две премии — не по физике, а по смежной науке, астрономии.

Особенно наглядно свидетельствуют о снижении уровня работ премии за последние три года. В 1995 году «вспомнили» о 79-летнем Ф. Райнесе, который еще 42 года назад получил экспериментальное доказательство существования нейтрино.

В 1996 году Нобелевскую премию дали за открытие сверхтекучести в гелии-3. Как известно, П.Л. Капица, обнаруживший впервые явление сверхтекучести в 1937 году, ждал премии также 41 год, потому что были еще более крупные открытия, заслуживающие премии. А в 1996 году, за открытие сверхтекучести еще в одном объекте (можно ли это называть открытием?), присуждают Нобелевскую премию. Очевидно, более крупных открытий не нашли.

Присуждение Нобелевской премии 1997 г. носило вообще скандальный характер. Как указано в нашей печати (см., например [7]), процесс охлаждения и захвата атомов методом лазерного излучения был впервые осуществлен не учеными, получившими Нобелевскую премию, а В.С. Летоховым, работающим в Институте спектроскопии в г. Троицке. Это признавали и сами Нобелевские лауреаты в своих ранних статьях. При массовом характере науки нахождение авторов открытий стало часто затруднительным. Особенно при снижении значимости Нобелевских премий.

Таким образом, рассмотрение уровня работ, получивших Нобелевские премии по химии и физике показывает, что обе науки прошли максимум интенсивности развития примерно в середине XX века и постепенно идут к исчерпанию своего предмета, подобно географии и описательной биологии. Конечно, вопрос о том, характеризуют ли Нобелевские премии развитие науки в целом, дискуссионный. По моему мнению, отдельно взятые премии, может быть, и не представляют состояние науки на данном этапе, но в целом несомненно отражают общее развитие науки.

Здесь я не рассматриваю Нобелевские премии по физиологии и медицине. Эти науки, по видимому, находятся на подъеме и каждый год приносят нам замечательные открытия. Но общая закономерность относится, вероятно, ко всем наукам и в конце концов наука должна подойти к своему пределу.

### «Конец прогресса»

Своими соображениями о возможности «конца науки» я поделился с американскими учеными во время визита в США в 1997 году. Они сообщили мне, что многие в Америке серьезно относятся к подобной возможности. Эта проблема имеет два важных практических аспекта. Во-первых, правительство, не видя больших продвижений от фундаментальной науки, снижает ассигнования, в особенности, на такие дорогие

проекты, как создание сверхскорителя, который в лучшем случае может привести к открытию еще одной новой элементарной частицы. Вторых, американская молодежь перестала интересоваться физикой и химией, поскольку в этих сферах деятельности стало трудно добиться быстрых успехов. В лабораториях, которые я посещал, работают, в основном, китайские и русские студенты и аспиранты. Для России оба отмеченных аспекта еще более актуальны.

В США было уже проведено несколько конференций по проблеме о конце науки. В 1997 году вышла книга журналиста Дж. Хоргана «Конец науки» [8], составленная на основе интервью с большим числом крупнейших ученых, среди которых много нобелевских лауреатов. Дальнейший текст настоящей статьи представляет собой реферат книги [8] с некоторыми комментариями автора статьи.

В отличие от религии в науке никакие положения не принимаются на веру, а должны быть подкреплены экспериментальными доказательствами. Предсказания конца науки были и в XVIII, и в XIX вв. Сейчас внимание к проблеме начала и конца прогресса не ослабевает и, более того, ставятся вопросы, на которые, по-видимому, никогда не будут получены ответы. Среди таких вопросов: когда точно была создана Вселенная? Существует одна или множество Вселенных? Можно ли узнать, что находится за пределами видимой Вселенной? Могут ли кварки и электроны состоять из всё более малых частиц их вплоть до бесконечного деления? Как точно началась жизнь на Земле? Насколько беспредельна жизнь и последующая история? Ответы на подобные вопросы можно найти в статьях, они любопытны, но не могут быть экспериментально проверены. Хорган называет такие спекулятивные построения «иронической наукой».

В 1989 году в Миннесоте на конференции о конце науки выступил с докладом биолог Г. Стент, автор книги «Конец прогресса». По его мнению, наука и технология, а также искусство имеют начало и конец своего развития. Чем быстрее движется прогресс, тем ближе он к концу. Может быть, это случится при нашей жизни, может быть, через одно-два поколения.

Стент предсказывал еще в 1969 году потерю интереса последующего поколения к науке. На смену ей придет погоня за удовольствиями (наркотики, компьютерные игры), произойдет переход к обществу, которое Стент называет «Новой Полинезией». Для отдельных лиц таким удовольствием может быть и поиск истины, т.е. наука, но скорее всего это будет не экспериментальная, а «ироническая», спекулятивная наука. Согласно [8], ученые, практикующие ироническую науку, делятся на два типа: те, кто верит, что они открывают объективную истину, и те, кто понимает, что они ближе к искусству или литературной критике, чем к науке. Среди уче-

ных есть и те, и другие. Подобно тому, как до сих пор продолжают споры, что имел в виду Гамлет в своем знаменитом монологе, по ряду научных проблем можно дискутировать без конца, не надеясь их решить.

Заметим, что прогресс существовал не всегда. Наука (прогресс) развивалась в Древней Греции (Архимед, Пифагор, Платон, Птолемей, Аристотель), но потом был почти двухтысячелетний период застоя. Правда в VIII—IX в. получила развитие наука в арабском мире, а в средневековом Китае были изобретены компас и порох, но эти достижения мало повлияли на развитие науки в целом. Ф. Бэкон, Р. Декарт, И. Ньютон, деятельность которых пришлось на период общего научного подъема, высказали мнение, что человечество будет систематически приобретать знание и в конце концов достигнет такого уровня развития, что можно будет создать идеальное общество. После появления теории эволюции Ч. Дарвина утвердилось представление, что прогресс вечен. Идея непрерывного прогресса поддерживалась в США и СССР, особенно в период холодной войны. Но к концу XX в. все чаще стали обращаться к отрицательным сторонам прогресса: загрязнение окружающей среды, появление нового оружия и т.д. Появились статьи, высказывающие мысли о том, что наука, власть ученых опасна, особенно подвергались нападкам физики с их мегаломанией, претензией на конечную истину.

В 1970—80-х годах ряд ученых отметили, что мы вступаем в эру уменьшающихся результатов: требуется больше усилий, больше средств. Чтобы наука давала те же результаты, что и раньше, она должна поглотить весь бюджет.

В трудах некоторых авторов дискутируется вопрос, не будет ли конец прогресса означать также конец человечества. По-видимому, нет. Выше указывалось, что в истории человечества существовали достаточно длительные периоды, когда прогресса (по крайней мере, в современном понимании) и развития науки не было: была религия, были традиции, развивались отдельные виды искусств. Надо надеяться, что эти формы человеческой деятельности сохранятся, а возможно, появятся новые формы, пока еще нам неизвестные. Было бы жалко, если с исчерпанием научного знания, прекратилось бы человечество.

### «Конец физики»

Конечной целью теоретической физики является построение «великого объединения», «единой теории поля», описывающей четыре основных вида взаимодействий — электромагнитное, сильное, слабое и гравитационное и все виды элементарных частиц — на основе небольшого числа универсальных принципов. Когда единая теория будет построена, можно будет говорить о конце физики. Такую мысль, в частности, выска-

зывает крупный физик-теоретик, работавший в Институте химической физики, А.С. Компанеев [9]. Он, например, дал утвердительный ответ на вопрос, можно ли знать все о каком-либо классе сил.

Идея построения общей физической теории давно обсуждалась крупными учеными. Как известно, еще Дж. Максвелл в XIX в. объединил электричество, магнетизм, свет едиными уравнениями, что послужило толчком к разговорам о конце физики. А. Эйнштейн много лет пытался объединить свою общую теорию относительности с квантовой механикой, но не преуспел в этом. Единую теорию слабого и электромагнитного взаимодействия, получившую название «стандартная теория электрослабого взаимодействия» в 1960—1970-х гг. создали Ш. Глэшоу, С. Вайнберг и А. Салам (Нобелевская премия 1979 года).

В 1970-х гг. появилась теория суперсимметрии (впервые она была предложена в теоретическом отделе Физического института АН СССР в 1972 году). Теория суперсимметрии связывает поля, кванты которых обладают целочисленными спинами (бозоны), с полями, кванты которых имеют полуцелый спин (фермионы). Константы электрослабого и сильного взаимодействий становятся равными при переходе к очень малым расстояниям или, соответственно, при очень высоких энергиях ( $10^{14}$ — $10^{16}$  ГэВ). Такие энергии недостижимы ни на планируемых в обозримом будущем ускорителях, ни в космических лучах. Дальнейшее расширение теории суперсимметрии — супергравитация (гипотетическая частица гравитон имеет заряд (2)), позволяет объединить все четыре вида взаимодействий. Но в таком поле полная симметрия достигается при еще больших энергиях:  $10^{19}$  ГэВ.

В теории суперструн делается попытка построить модель, объединяющую все взаимодействия в многомерном (26- или 10-мерном) пространстве. При этом «лишние» измерения (сверх четырехмерного пространства—времени) замыкаются в пространстве радиусом порядка планковской длины ( $10^{-33}$  см). Теория суперструн предсказывает существование не наблюдавшихся до сих пор частиц с большой массой ( $> 1$  ТэВ).

Таким образом, подтверждение теорий суперсимметрии и суперструн требует экспериментов в области таких энергий и таких расстояний, которые недостижимы в обозримом будущем. Для проверки этих теорий нужны ускорители диаметром больше Солнечной системы. Но это означает, что реальное знание кончается и мы вынуждены принимать выводы теории на веру, что более свойственно религии. Э. Уиттен, один из основателей теории суперструн и наиболее широко цитируемый, считает, что эта теория слишком красива, чтобы быть неверной. Так высказываются и другие физики. Отметим, что теории Ньютона и Эйнштейна тоже красивы, но они все же проверялись экспериментом. Подход

к оценке истины (если экспериментальная проверка невозможна) с помощью эстетических критериев ничем не лучше использования теологических принципов.

Применяют и другой критерий истины — принцип простоты. Такой критерий в XIV в. предложил английский философ У. Оккам («бритва Оккама»), который сводится к тому, что простейшее объяснение является лучшим из всех возможных. Так, великое творение Коперника о системе создания мира, действительно, проще теории Птолемея, предположившего сложные спиральные эпициклы планет вокруг Земли. Но теории суперструн и суперсимметрии критерию простоты не удовлетворяют.

Однажды мне довелось прослушать доклад одного из самых крупных физиков-теоретиков Е.С. Фрадкина о суперсимметрии. После доклада я спросил: «Сколько людей Вас понимает?» Ответ: «Человек 5—6». Если в XIX в. любой образованный человек мог понять современную ему физику, то в конце XX в. даже физики-теоретики не всегда понимают друг друга. Задав вопросы многим физикам-теоретикам о сущности теорий суперструн и суперсимметрии, я получил ответы, что они не могут ее объяснить. Это является тоже своего рода концом науки. Емкость мозга имеет свои пределы. И неудивительно, что, когда наука становится непонятной, да еще и непрактичной, общество перестает ее поддерживать.

В 1992 году вышла книга одного из теоретиков «великого объединения», нобелевского лауреата С. Вайнберга «Мечты конечной теории». Вайнберг считает, что концепция суперструн может быть конечным объяснением физических процессов и явлений. Он глубоко верит, что теоретическая физика может достичь абсолютной истины. Конечная теория сможет объяснить силы и массы всех частиц, исходя из набора элементарных фундаментальных констант, в принципе доступных экспериментальной проверке. Это будет конечным достижением всей науки. Остальные науки — химия, биология, экономика суть производные этой конечной теории. Но в то же время Вайнберг понимает, что концепция «великого объединения» есть просто вера, и не дает аргументов, зачем нужно строить новый сверхускоритель. Наоборот, он указывает, что конечная общая теория может не дать ничего практического для человечества. Чем больше мы открываем новые, самые общие принципы, тем меньше мы знаем, что с ними делать.

Другой нобелевский лауреат Р. Фейнман в книге «Характер физических законов» (1967 г.) писал, что мы живем в эпоху открытия фундаментальных физических законов и эта эпоха никогда не повторится подобно тому, как не повторится эпоха открытия Америки. В последующем интерес к физике потеряется, будут другие эпохи с другими интересами к более важным

предметам, например, к биологии, к философии. Фейнман был, конечно, прав, но ошибся в сроках: он считал, что интерес к физике пропадет через сотни и тысячи лет, а это случилось через несколько десятилетий. В конце своей жизни Фейнман придерживался более пессимистических взглядов. Он говорил, что теоретическая физика кончается, а для повседневной жизни мы знаем из физики все, что нам нужно. Хорган [8] объясняет такой пессимизм Фейнмана тем, что в это время (конец 1980-х гг.) он уже был неизлечимо болен.

В дискуссии по моему докладу в Институте химической физики РАН (Черноголовка) В.А. Бендерский, возражавший против концепции «конца науки» привел в тоже время хороший пример области, в которой все основные законы уже открыты. Это — термодинамика. Но если одна из наук (или часть науки, поскольку термодинамика — часть физики) может кончиться, то же самое можно сказать о другой науке, третьей и т.д.

Конечно, физика будет существовать еще много лет. Будет еще долгое время развиваться физика твердого тела, вероятно, откроют более высокотемпературную проводимость. В прогнозах будущего развития физики обычно уделяют внимание более прикладным проблемам. Но все труднее открыть новые элементарные частицы, а тем более, основные законы. Соответственно, это приведет к потере интереса к фундаментальному знанию.

#### «Конец космологии»

Астрофизика и космология отличаются от физики тем, что на Земле практически невозможно провести эксперименты, подтверждающие ту или иную теорию образования Вселенной, распределения звезд и планет. Астрофизик может наблюдать, но не может влиять на ход наблюдаемого процесса.

Экспериментальным подтверждением любой астрономической теории обычно являются астрономические наблюдения. Яркий пример тому — открытие планеты Нептун в 1846 году на основании вычислений У. Лаверье, которые он произвел, исходя из законов небесной механики.

Крупнейшим достижением астрофизики XX в. является теория расширяющейся Вселенной (А.А. Фридман, 1922 г.), предложенная на основе общей теории относительности. Дальнейшее ее развитие привело к созданию теории Большого Взрыва, согласно которой Вселенная возникла 10—20 млрд. лет назад в сингулярном состоянии — состоянии с бесконечно большой плотностью и высокой температурой. В условиях очень высокой температуры ( $T > 10^{13}$  К) вблизи сингулярности не существуют молекулы или атомы, а существует равновесная смесь элементарных частиц. Теория расширяющейся Вселенной по-

лучила три экспериментальных подтверждения: 1) красное смещение излучения в зависимости от изменения расстояния, 2) реликтовое фоновое излучение 2,7 К и 3) распространенность различных химических элементов во Вселенной.

Теория Большого Взрыва продолжает развиваться и можно сказать, что сейчас космология находится в Золотом веке, в состоянии максимальной интенсивности своего развития. Но дальнейшее продвижение космологии опирается в отсутствие возможности экспериментального подтверждения, что начинает приближать эту науку к научной фантастике. Если на вопросы о том, как горячая плазма конденсировалась в звезды и галактики, как группировались галактики, еще можно надеяться получить экспериментальные подтверждения, то вопросы типа, что было до Большого Взрыва или что происходит за пределами Вселенной, столь же бессмысленны, как поиски доказательства существования Бога.

Общие законы физики надежно проверены, начиная с ядерных плотностей ( $10^{14}$  г/см<sup>3</sup>). Согласно теории Большого Взрыва, такую плотность Вселенная приобретает через  $10^{-4}$  с от состояния сингулярности и после этого ее развитие идет уже по более или менее известным законам. Но физики и астрофизики интересуются тем, что было при более коротких временах. Именно эти экспериментально непроверяемые времена и определяют, как образуются силы и массы. В начале 1980-х гг. появилась теория начальной стадии развития Вселенной, получившая название теории раздувающейся Вселенной. В последнее время к ней была применена теория суперструн.

Автор книги [8] описывает беседу с одним из создателей теории раздувающейся Вселенной, русским физиком А.Д. Линде (ранее сотрудник ФИАН, а теперь работающий в Швейцарии).

Линде предложил так называемую теорию инфляции (раздувания), описывающую процессы, происходившие во Вселенной в течение от  $10^{-43}$  до  $10^{-33}$  с с момента ее образования из некоего предвещества [10]. Размер Вселенной тогда был меньше размера протона, а гравитационные силы были не притягивающими, а отталкивательными. За это время Вселенная увеличила свой размер в  $10^{10^5}$ — $10^{10^{10}}$  раз, после чего ее геометрия стала неотличимой от евклидовой геометрии плоского мира. В результате квантовых флуктуаций Вселенная разбивается на ряд областей, доменов, каждый из которых образует свою вселенную со звездами и галактиками. Возможно, согласно Линде, эти вселенные имеют разные элементарные константы и разные свойства. Совокупность вселенных может находиться в некоем состоянии равновесия или быть стационарной, хотя наблюдателю с Земли кажется, что Вселенная расширяется.

Очевидно, что теория инфляции не может быть проверена экспериментально. Мы живем в

одной Вселенной и никогда не узнаем, существуют ли другие. Сам Линде в разговоре признал, что, возможно, теория инфляции не имеет отношения к реальности и является простой игрой ума. Отсюда не следует ли, что существует предел рационального знания? Недаром в 1990-х гг. теория инфляции начала терять популярность.

Физики надеются, что с помощью телескопов им удастся найти подтверждение своим теориям где-нибудь на краю наблюдаемой Вселенной, а космологи доказательства своей теории пытаются найти в физике элементарных частиц. В действительности, теории, неподтверждаемые экспериментом, — это уже не физика и не космология, а философия.

Развитие теории космологии еще будет продолжаться. Будут и новые открытия. Теория Большого Взрыва пока не все объясняет. Астрономы не могут договориться о точном значении константы Хаббла, описывающей возраст, размеры и скорость расширения Вселенной. Одни ученые считают, что Вселенная моложе 10 млрд. лет, другие — что старше 20 млрд. лет (в последнее время сходятся на цифре 16 млрд. лет). Еще не объяснено появление пятен на Солнце. Есть недоказанное предположение о наличии черных дыр в центре всех галактик. Появятся новые спектральные методы.

По некоторым оценкам, число открытий в космологии перейдет через максимум около 2000 года, после чего начнет стремительно падать и в конце концов дойдет до нуля.

### **«Конец эволюционной биологии»**

Биология, в отличие от физики и химии находится в состоянии бурного развития. В эволюционной биологии было три великих открытия: в XIX в. теория естественного отбора (Ч. Дарвин) и основополагающие законы генетики (Г. Мендель), в XX в. — двойная спираль ДНК (Ф. Крик и Дж. Уотсон). Многие биологи считают, что благодаря этим трем открытиям основное здание биологии построено. Интенсивно развиваемые в настоящее время молекулярная генетика и генная инженерия являются прикладными областями по отношению к эволюционной биологии.

В биологии, так же как в физике и космологии, есть вопросы, принципиально недоказуемые с помощью эксперимента. Некоторые ученые считают, что сама эволюция живого мира составляет такую проблему: является ли эволюция цепочкой случайностей или имеется некоторая направленность? Сторонники теории случайностей считают, что нельзя предсказать, какие виды возникнут в будущем, а повторение сценария прошлой жизни может не привести к человеку. Следовательно, эволюционная теория способна дать лишь ретроспективное объяснение, но не предсказание. Кстати, тоже относится и к истории.

Для того, чтобы дать окончательный ответ, верна ли теория эволюции, нужно сравнить с другим примером. Но сравнивать не с чем. Так же, как в космологических теориях мы имеем дело только с одной Вселенной, предметом изучения эволюционной теории является только Земля.

Один из фундаментальных вопросов естествознания — природа возникновения жизни. Время зарождения жизни на Земле сейчас определено достаточно точно: 3,7 млрд. лет тому назад. Есть гипотеза, что жизнь возникла при столкновении астероида с Землей. Это было единичное событие. Чтобы доказать его природу, нужно понять, как соединились первоначальные аминокислоты в белок или азотистые основания в ДНК и РНК, да еще при этом так, чтобы молекула была оптически активной. На этот счет есть много гипотез. Наиболее распространенная: спонтанное возникновение жизни типа фазового перехода. В книге [8] рассматривается гипотеза известного биохимика С. Кауфмана (1993 г.). Согласно его гипотезе, подтвержденной компьютерным расчетом, с увеличением сложности химических соединений и процессов происходит фазовый переход, ведущий к возникновению жизни. По Кауфману жизнь может быть создана везде.

Но компьютерные расчеты остаются просто играми, если они не подтверждены опытом. Жизнь — явление уникальное и гипотеза возникновения жизни может быть проверена только в случае, если на каком-то другом небесном теле будет найдена жизнь. Знаменитый французский астроном К. Фламарион в популярных книгах по астрономии еще в начале XX в. писал, что другие планеты Солнечной системы и даже Луна населены живыми существами. Исследование планет с помощью космических кораблей доказало, что это не так. В середине XX в. советский астроном Г.А. Тихов с большим энтузиазмом пытался спектрально доказать наличие видоизмененного хлорофилла на Марсе. Но и это не подтверждается. В 1960—70-х гг. была очень популярна книга И.С. Шкловского «Вселенная. Жизнь. Разум.» [11], в которой автор, известный наш астрофизик, в увлекательной форме обсуждал возможности разумной жизни на планетных системах, удаленных от нашей на чудовищно большие межзвездные расстояния. Его книга была переведена на ряд языков. В конце своей жизни Шкловский относился к этой проблеме значительно более скептически.

Всемирно очень хочется верить, что жизнь есть на других планетах или даже в других звездных системах и что мы не одиноки во Вселенной. Поиски сознательной жизни в других звездных системах одно время были модными, но сейчас финансирование этих работ повсеместно прекратилось. В силу ограничения скоростью света по Эйнштейну практически невозможно установить связь с другой цивилизацией, если она существу-



ет. Может быть, она есть, а может быть, нет — вопрос принципиально недоказуемый. С той же логикой можно сказать, что жизнь создана Богом. Любое предположение о жизни вне Земли есть чистая спекуляция. Мнение не есть наука, а есть просто мнение. Такие мнения, как существование цивилизации на других планетах, входят и выходят из моды, но остаются недоказанными.

В последнее время было много дискуссий по поводу обнаружения органических молекул в некоторых метеоритах, предположительно попавших на Землю с Марса. Однако этот факт ни в коей мере нельзя рассматривать как достоверный признак жизни на другой планете. Во-первых, до сих пор идут дискуссии, не попали ли эти молекулы в метеорит при последующей обработке (по-видимому, это так), во-вторых, органическая молекула — это еще не жизнь, а в-третьих, даже если будут обнаружены оптически активные молекулы, это не решает вопрос о возникновении жизни, а лишь переносит проблему с Земли на Марс. В моем разговоре с астрофизиками они отмечают, что указанные метеориты скорее всего происходят не с Марса, а с внешнего пояса астероидов, которые обогащены углеродом.

В 1953 году американский ученый С. Миллер получил аминокислоты в лаборатории путем воздействия электрического разряда на смесь  $\text{CH}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2$ . Он тогда высказал мнение, что через 25 лет ученые раскроют, как возникла жизнь. Его надежды не сбылись, но, согласно [8], Миллер до сих пор верит, что ученые откроют самовоспроизводящиеся молекулы. Такую молекулу, действительно, открыли — РНК, но первоначальную РНК синтезировать пока нельзя. Даже если найдут условия такого синтеза, это еще не будет доказательством возникновения жизни. Важно доказать существование жизни вне Земли.

Кроме вопроса о природе начала жизни, в теоретической биологии есть еще и другие нерешенные вопросы. Как оплодотворенная клетка превращается в организм? Как центральная нервная система воспроизводит информацию? Когда эти вопросы будут решены, по мнению ряда биологов, чистая (фундаментальная) биология кончится. Может быть, откроют когда-нибудь природу рака, но это уже будет прикладная биология.

### «Конец нейрофизиологии»

400 лет назад Ф. Бэкон призвал философов отбросить идею о зарождении Вселенной из мысли, и сосредоточиться на вопросе о том, как мысль возникла из Вселенной.

Современная нейрофизиология исследует, в основном, не то, как возник разум, а как он функционирует. Проблемой развития мозга за-

нимался Ф. Крик, один из двух первооткрывателей структуры ДНК. В 1990 году на конференции в Калифорнии он высказал предположение, что работа мозга может быть представлена как результат взаимодействия нервных клеток, нейронов. Крик пытался, например, ответить на вопрос, что такое внимание. После стимуляции участка коры головного мозга, ответственного за зрение, группа осциллирующих нейронов действует исключительно быстро и синхронно. Такие предположения могут быть доказаны экспериментально. Однако, по его мнению, природа сознания никогда не будет раскрыта до конца.

Другой Нобелевский лауреат Дж. Эдельман в серии своих книг «Нейронный дарвинизм», «Топобиология» и др. показал, как включение определенных групп нейронов и усиление связей между ними ведет к формированию памяти. По Эдельману, природу разума можно понять на основе знания законов биологии, но не физики или информатики. Для этого нужно изучить действие различных сигналов на мозг и включение при этом разных групп нейронов, однако существуют трудности с экспериментами на живом организме. Отдельные инстинкты можно смоделировать на компьютере, но смоделировать весь мозг, видимо, невозможно.

По образному высказыванию Эйнштейна, можно, но бессмысленно описывать Пятую симфонию Бетховена как совокупность звуковых волн, воздействующих на барабанную перепонку. Существующие теории описывают объективные эффекты, но не субъективное восприятие. Воспроизвести творение великого музыканта может только сам музыкант.

Многие философы считают, что вообще нельзя рационально объяснить такое человеческое свойство как сознание. Моделирование сознания с помощью теории информации — это замена одного непонятого явления другим. Поскольку информация вносится в компьютер конкретным человеком, надо доказать, что его восприятие правильно. Здесь действует своего рода принцип неопределенности, аналогичный принципу Гейзенберга. Согласно теореме неполноты Геделя, любая система аксиом после некоторого уровня сложности приводит к выводам, которые не могут быть доказаны или опровергнуты, потому что система остается всегда неполной. То же относится и к компьютеру: компьютер может создать модель, которая работает, но мы не можем доказать, что она правильная. Это лежит за пределами нашей познавательной способности. С помощью компьютеров можно будет получить карту разных участков мозга, научиться посылать импульсы в мозг, но нельзя объяснить самого себя. Для этого надо свести все разумы в один искусственный разум. Таким образом, есть некоторый принципиальный предел науки о процессе возникновения разума.

В начале XX в. Ж.А. Пуанкаре показал, что очень малые изменения начальных условий могут привести к огромным и непредсказуемым последствиям. Например, одна песчинка может заставить двигаться большую кучу песка, колебания крыльев бабочки в Америке могут вызвать муссон в Индонезии. Поэтому так трудно правильно предсказать погоду или землетрясения. С развитием компьютеров стало возможным моделирование и анализ таких сложных процессов и явлений. Возникла синергетика (автор [8] называет ее «хаоплексологией») — наука, объясняющая явления хаоса и самоорганизации нелинейностью многих процессов.

В 1948 году Н. Винер ввел название «кибернетика» для области, занимающейся описанием процессов восприятия, переработки и передачи информации. В том же году К. Шеннон дал определение информации на основе термодинамического понятия энтропии. После этого теорию информации стали использовать в средствах связи, экономике, биологии, психологии, даже в искусствоведении. В 1960-х гг. Р. Том предложил математическую теорию катастроф, которая, по его мнению, объясняет землетрясения и ряд биологических явлений.

Дж. фон Нойман в 1950-х гг. первым показал, что простой перебор решений нелинейных уравнений на компьютере может привести к странным эффектам упорядочивания. По его мнению, это может представить интерес в связи с вопросом о причинах возникновения жизни. Б. Мандельброт далее изобрел фракталы («Фрактальная геометрия природы», 1977 г.) — многомерные системы, с помощью которых можно описать береговую линию, облака, снегопад, колебания цен на рынке. В рамках этой теории различные сложные явления природы описываются простыми исходными положениями.

Однако описать это не значит объяснить и предсказать. Многие исследователи, увлекшись компьютерными моделями, предложили различные схемы возникновения жизни, наследования мутаций и т.д. Есть примеры, когда моделирование хаоса или, наоборот, порядка с помощью компьютеров отождествляют с искусственной жизнью, которая ведет к искусственному интеллекту. Однако для таких выводов надо точно знать начальные условия и элементарные константы. Численное моделирование привело к ряду успехов в физике и астрономии, где эти константы точно известны. В биологии же такие константы неизвестны, поэтому и моделирование в этой области малопродуктивно.

Ф. Андерсон, получивший Нобелевскую премию 1977 года за работы по сверхпроводимости, считает, что принцип редукционизма неприемлем в науке. Психология не является прикладной биологией, биология не есть прикладная химия,

а химия — это не прикладная физика. На каждой ступени естествознания действуют свои законы. С помощью компьютеров можно смоделировать, например, переход жидкости в газ, но при этом новых знаний о природе процесса не приобретается. Сомнительно, чтобы с помощью компьютеров можно было бы создавать глобальные системы в метеорологии, в экономике или в науке о происхождении жизни.

Другой нобелевский лауреат М. Гелл-Ман, открывший кварки, наоборот, придерживается принципа редукционизма. По Гелл-Ману, науке присуща иерархия. Наверху — законы, применимые ко всей Вселенной: второй закон термодинамики, теория кварков, ниже идет генетика, применимая только к земным условиям, далее — история и другие науки о человеке. Он считает, что, по крайней мере в принципе, можно идти от элементарных физических процессов к сложным биологическим.

И. Пригожин, получивший в 1978 году Нобелевскую премию за открытие диссипативных структур, считает своей главной заслугой решение проблемы необратимости времени. По мнению ряда ученых, это скорее философское обобщение, чем конкретное научное достижение. Согласно Пригожину, открытия науки XX в. говорят против предела науки. Такие редукционисты, как Декарт, Эйнштейн и другие, стремились к миру вечной красоты, где можно все объяснить, и были, следовательно, по его мнению, пессимистами. Но детерминистский мир, по мнению Пригожина есть утопия и наука тем и хороша, что позволяет постоянно сопоставлять разные стили и взгляды. Если Пригожин прав, тогда нет смысла говорить о предсказательной способности науки.

Большинство ученых, занимавшихся синергетикой, теорией хаоса и упорядочения, не преувеличивают значение численных экспериментов. Такие эксперименты дают полезное описание того, что мы уже знаем. Не следует считать, что с помощью компьютера можно решить все проблемы. Тем не менее, математические модели искусственной жизни будут и дальше создаваться. Будут и новые инженерные применения, но они не дадут никакого принципиально иного понимания природы, даже по сравнению с дарвинизмом или с квантовой механикой. Синергетика дала некоторое объяснение хаоса и самоорганизации, разработала новые методы, вроде фракталей, но не внесла ничего нового в реальное понимание мира и причины, его двигающие. Есть даже мнение о вредности компьютеров, так как они уводят от эмпирической науки и ускоряют ее конец.

### «Конец химии»

В книге Хоргана [8] вопросы химии не рассматриваются. Однако все рассуждения относительно конца физики или биологии применимы

и к химии. Как показывает анализ уровня работ, получивших нобелевские премии, Золотой век химии прошел. Открыты все естественные химические элементы. В начале XX в. открыты основные законы химической кинетики и термодинамики. В середине XX в. появилась квантовая химия и была создана теория химической связи. Синтетическая органическая химия достигла замечательных успехов, но нобелевские премии по органическому синтезу уже не присуждают — сложные синтезы перестали удивлять. В разговоре с органиками-синтетиками из Института органической химии РАН они сказали мне, что исходя из формулы по формуле можно синтезировать любое органическое соединение.

Химики-теоретики освоили компьютерные расчеты молекул и им нужны новые более мощные компьютеры для построения молекулярных орбиталей сложных молекул. Но с усложнением молекулы объем расчетов и, соответственно, требуемая мощность компьютеров и их стоимость возрастают настолько сильно, что, как и в примере со сверхускорителем, появляется сомнение в целесообразности подобных расходов. Тем более, что вряд ли при этом существенно дополнится наше понимание природы химической связи. Компьютеры могут помочь в теоретическом расчете энергии химической связи, но, в первых, это скорее прикладная, а не фундаментальная наука, а во-вторых, хорошие калориметрические приборы позволяют это сделать легче, чем компьютерный расчет.

Большие достижения химии в последние годы связаны с разработкой новых физико-химических методов исследования. Сканирующий туннельный микроскоп позволяет видеть отдельные атомы и даже орбитали. С помощью фемтосекундной ( $10^{-14}$ – $10^{-15}$  с) спектроскопии можно изучать очень быстрые процессы, в том числе прохождение реагирующей молекулы через потенциальный барьер. В 1997 году в Институте химической физики им. Н.Н. Семенова РАН был создан новый замечательный метод сканирующей туннельной спектроскопии, позволяющий измерять колебательный спектр отдельной молекулы на поверхности [12, 13]. Таким образом, в спектроскопии достигнут предел. Принципиальная возможность наблюдения спектра одной молекулы и периода одного колебания доказана. На будущее остается только уточнение имеющихся методов.

Открыты новые возможности в неорганическом синтезе, в частности, синтез так называемых наноматериалов, в которых на поверхности или внутри твердого тела целенаправленно создаются микросталлы или кластеры размерами  $10^{-6}$ – $10^{-7}$  см. Впрочем, заметим, что в самих терминах «наноматериалы», «нанотехнология» содержится больше рекламы, чем описания нового явления. В гетерогенном катализе такие материалы известны давно. Говорить о следую-

щем классе материалов, например о «пикоматериалах», очевидно бессмысленно. И здесь достигнут предел — атомные размеры.

Исследования в химии, безусловно, будут продолжаться. Будут синтезированы новые материалы, обладающие интересными для техники свойствами. Увлекательным направлением остается катализ. Несомненно, добьются создания высокоэффективных катализаторов, приближающихся по селективности к 100%. Но уже виден предел. Идти за пределы пространственного разрешения ниже  $10^{-8}$  см и временного разрешения ниже  $10^{-15}$  с — это значит идти за пределы химии. А дальше следует физика, пределы которой мы уже обсуждали. Неслучайно наблюдается тенденция снижения интереса у молодежи к химии, так же как и к физике.

### Другие науки

В книге [8] обсуждаются и другие науки, для которых можно ожидать их «конца». В отношении математики отметим следующее. Приступая к решению новой сложной задачи, математики обычно вводят новые аксиомы. Были надежды, что алгоритмический язык поможет создать единую систему вычислений, но эти надежды не оправдались, в этой связи выше упоминалась теорема Геделя. Иными словами, чтобы знать больше, надо и предположить больше. Таким образом, математика становится похожей на экспериментальную науку с меньшей претензией на абсолютную истину. Было много дискуссий на тему о существовании математической истины: изобретена она или открыта. Большинство математиков считает, что открыта. Однако сложные компьютерные решения начинают все больше походить на изобретения, особенно если получаются ответы, которые никто не может понять. Рассуждения на эту тему имеются в книге Г. Хайтина «Пределы математики» (1994 г.).

Один экономист указал, что для предсказания функционирования биржевого рынка должна выстраиваться такая цепочка: инвестор должен догадаться, как другие догадаются о том, как догадываются третьи и так далее до бесконечности. Экономика включает субъективные, психологические, а следовательно, непредсказуемые элементы. Как только делаются допущения, что инвестор хорошо знает рынок или что цены на рынке являются истинными, модель становится нереальной.

В 1992 году американский политолог Ф. Фукуяма опубликовал книгу «Конец истории» [14], получившую широкую известность. Фукуяма, заимствовав выражение «конец истории» у Гегеля, определил историю как борьбу за нахождение более разумной, менее вредной политической системы. По его мнению, либеральная капиталистическая демократия является таким наилучшим обществом. После развала СССР соперник

либерализма — коммунизм потерпел поражение и история кончилась. Вероятно, кончился и прогресс.

В работах [1—3] мною было показано, что либеральное общество с рыночной экономикой, требующей увеличения выпуска товаров в условиях истощения ресурсов и глобального загрязнения окружающей среды абсолютно непригодно для решения задач, стоящих перед человечеством. Социализм, направленный на ограничение потребления и перераспределение, в этом отношении предпочтительнее. Поэтому Фукуяма не прав и «конца истории», представленного им, не будет.

В последнее время распространилось много полуфантастических прогнозов о том, что информатика заменит физику. При дальнейшем развитии компьютеризации машины заменят человека в самой науке и наука будет продуктом конкуренции между думающими машинами, а вся Вселенная превратится в один думающий компьютер (Ф. Тайплер, книга «Антропологический космологический принцип», 1986 г.). Это еще один пример «иронической» науки.

### Заключение

После первой публикации книги [8] в 1996 году Дж. Хорган получил большое количество отзывов, в том числе от 12 нобелевских лауреатов. Главное обвинение против него — в пессимизме. Но, как отмечает Хорган, мы, действительно, живем в уникальном веке: нет прецедента в развале такой страны, как СССР, население мира достигло 6 млрд. человек, наблюдается глобальное потепление атмосферы, созданы атомная и термоядерная бомбы, произошел невиданный взрыв науки и техники. К этому я хочу добавить: быстрое истощение ресурсов [1—3]. Что же нас ожидает в будущем? Автор [8], видимо, чтобы не казаться закоренелым пессимистом, приходит все же к «оптимистическому» выводу: постнаучный мир не должен сильно отличаться от нашего мира. Скорее всего, возможны колебания между стремлением к наслаждению и стремлением к знанию, между бедностью и богатством, между просвещением и деградацией. Как пишет сам Хорган, его прогноз это тоже «ироническая» наука.

Были упреки и по поводу высказываний аргументов в пользу сторонников сокращения расходов на науку. Хорган отвечает, что он не драматизирует ситуацию, что он любит науку и восхищается такими чудесами науки и техники, как компьютеры, телевидение, автомобили, но глубоко сожалеет о загрязнении атмосферы и атомных взрывах и он против сокращения расходов на науку.

Более серьезно обвинение, что его предсказания могут отвратить молодежь от науки. На это автор [8] отвечает, что есть еще много захваты-

вающих дел для молодежи: лечение рака и СПИДа, изыскание менее вредных источников энергии и т.д. Но если у молодежи появится желание создать теории типа Дарвина, Эйнштейна или даже Большого Взрыва, то шансы на это очень малы. Дело не в том, что в наше время Эйнштейн или Бор не могут родиться, а в том, что значительно сократилась возможность великих открытий.

В заключение я хотел бы высказать свое мнение по проблеме конца науки. В дискуссии со мной по материалу этой статьи многие оппоненты приводили ряд интересных, еще не решенных проблем из области физики и химии. Такие проблемы я мог бы и сам привести. Наука еще далека от своего конца. Я мог бы также, подобно редакции «Российского химического журнала» [15], рассмотревшей мою статью [2], заявить, что не отвечаю за мнения Дж. Хоргана. Однако, мне кажется, что ряд бесспорных объективных фактов надо объяснить. К ним относится 1) снижение интереса молодежи к науке (не только у нас, но и в США и в Европе), 2) снижение значимости Нобелевских премий, 3) возрастание усилий и расходов, требующихся для достижения конкретного результата (пример из близкой мне области катализа — найти новый катализатор стало значительно труднее), 4) ослабление интереса в обществе к фундаментальной науке, выражающееся в снижении ассигнований.

Недавно опубликована сводка данных о расходах на науку в США за последние годы [16]. Начиная с 1987 года, доля расходов на науку в США непрерывно падает, из федерального бюджета в 1996 году она снизилась на 1% в реальных цифрах, в 1997 году — на 3%. То же относится к финансированию из других источников. Наибольшее сокращение отмечается в расходах на военную науку, но в 1997 году впервые значительно упали также расходы на исследования по химии и биологии, хотя выросли ассигнования на химическую технологию и биотехнологию. Сокращение расходов на науку в России — огромное, но вызвано более субъективными причинами.

Один из крупнейших ученых в области науки о поверхности в США Г. Соморджай из Калифорнийского университета в Беркли, с которым я поделился своим мнением о будущем исчерпанию ряда научных проблем, посоветовал мне не быть пессимистом. Однако я обратил внимание, что в его лаборатории сегодня работает меньше сотрудников, чем раньше, и работают в значительной степени китайцы и русские, а не американцы. Так что снижение интереса к фундаментальной науке наблюдается даже в работе очень хороших научных центров.

Упомянутые факты объясняются в значительной мере исчерпанием основных открытий в ряде фундаментальных наук. Для любой науки характерно ускорение в начальный период сво-

его развития и неминуемое замедление по мере истощения открытий основных законов. Далее идет прикладная наука или «ироническая наука», лежащая за границей возможности экспериментальной проверки и в этом смысле я согласен с рядом выводов Хоргана [8]. Таким образом, в XXI в. следует ожидать весьма больших изменений в обществе, связанных не только с истощением жизненно важных ресурсов и с загрязнением окружающей среды, но и с изменением характера науки. Академик Н.Н. Моисеев, в последнее время много обсуждавший пути развития человечества в XXI в., назвал себя «оптимистическим пессимистом» или «ограниченным пессимистом» [17]. По его мнению, выход из предстоящего мирового кризиса найти можно, но трудно. Для этого нужны большие усилия ученых и политиков.

Нерешенных вопросов в науке еще много и можно надеяться, что будут еще и крупные открытия, хотя и числом поменьше. Может быть, появятся и новые науки, подобно тому, как в XX в. появились информатика и молекулярная биология, которые пользуются особым вниманием со стороны молодого поколения. Надо надеяться также, что кончится безумная погоня за деньгами, присущая либерально-капиталистическому обществу и молодежь вернется к такому интересному и увлекательному роду деятельности как наука. Задача ученых — привлечь молодежь пропагандой достижений науки и, особенно, преимуществ науки как рода занятия.

После либерального общества и коммунизма сейчас наблюдается явное отсутствие глобальной модели будущего общества. Мне кажется, что в разработке такой модели наука должна сыграть решающую роль, причем не только прикладная наука, но и фундаментальная. Особенно важно

разработать модель переходного периода к предстоящему другому типу общества. Ученые должны дать ответ, что изучает наука и что от нее ждать в будущем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов О.В. Природа, 1997, № 1, с. 123—127.
2. Крылов О.В. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 1997, т. 41, № 3, с. 124—136.
3. Крылов О.В. Экология и жизнь, 1999, № 4, с. 37.
4. Проекты «солнечные», проекты земные. Литературная газета, 1972, № 45.
5. Томсон Дж. Предвидимое будущее. М.: Издлинлит, 1958, с. 175.
6. Химическая энциклопедия. М.: Большая Российская Энциклопедия, т. 5, с. 775—781.
7. Поиск, 1997, № 44.
8. Horgan J. The End of the Science. N. Y.: Broadway Books, 1997, p. 312.
9. Ковпанец А.С. Может ли закончиться физическая наука? М.: Знание, 1967, с. 46.
10. Линде А.Д. Раздувающаяся Вселенная. Физическая энциклопедия. М.: Изд.БРЭ, 1994, т. 4, с. 239—242.
11. Шкловский И.С. Вселенная. Жизнь. Разум. М.: Наука, 1965, с. 282.
12. Dalidchik F.I., Grishin M.V., Kolchenko N.N., Kovalevskii S.A. Surface Sci., 1997, v. 387, № 1—3, p. 50—58.
13. Ковалевский С.А., Далидчик Ф.И., Гришин М.В., Колченко Н.Н. Письма в ЖЭТФ.
14. Fukuyama F. The End of History and the Last Man. Avon Books. N.Y. 1993, p. 401.
15. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 1997, т. 41, № 3, с. 5.
16. Brennan M., Long J.R., Zurer P.S. Chem.Eng.News, 1997, v. 79, № 35, p. 36—46.
17. Моисеев Н.Н. Сочинения. т. 1—3. М.: Изд.МНЭПУ, 1997.