

УДК 001.19.«71»

Современная наука: близкий конец или завершение очередного этапа?

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 (ИХФ РАН), действительный член Международной академии творчества, член Международного совета по катализу. Область научных интересов: гетерогенный катализ, химическая физика поверхности, переработка природного газа.

119977 Москва, ул. Косыгина, д. 4, ИХФ РАН, тел. (495)939-71-68.

Данные по потреблению нефти, газа, других ископаемых топлив показывают, что человечество стоит на пороге истощения энергетических и других природных ресурсов, которое может наступить еще до середины XXI века [1]. Запасы дешевой нефти при существующем темпе потребления в основном кончатся к 2030—2040 гг. Следом за нефтью кончатся запасы природного газа. Первичный источник энергии — Солнце и вторичные возобновляемые (ветер, гидроэнергия, энергия приливов и др.) не могут дать существенного вклада в общий баланс энергии без разумного ограничения ее потребления. Наиболее важным источником энергии на последующее время будет ядерная и термоядерная.

В 1989 году производство пищевых продуктов: мяса, рыбы, зерна на душу населения перешло через максимум. Прогнозы Мальтуса, которые критиковали в течение двух веков, начали сбываться именно сейчас, потому что в XXI веке мир впервые вступил в эпоху, когда количество оставшихся ресурсов по порядку величины приблизилось к количеству уже добытых. Критической численности достигло население Земли. Загрязнение окружающей среды: атмосферы, гидросферы, почвы, лесов и т.д. угрожает глобальными эпидемиями. Все это приводит к выводу о возможности глобального изменения условий существования человечества.

При обсуждении приближающегося кризиса ресурсов обычно выдвигают тезис: «Наука что-нибудь придумает». Однако всецельна ли наука? Динамика ее развития показывает, что многие фундаментальные науки уже прошли максимум своего развития вследствие исчерпания своего материала [2, 3]. Впервые это случилось с географией: существуют лишь шесть континентов и больше не будет; открытие Америки было возможно только один раз, и сейчас в географии остались частные описательные, хотя и полезные работы, типа определения скорости движения ледников. То же самое произошло с описательной зоологией и ботаникой, минералогией, анатомией. В XX веке, по-видимому, очередь дошла до физики и химии. Уровень Нобелевских премий в конце XX века намного ниже уровня премий начала и даже середины века. Ученых уровня Менделеева, Бора, Резерфорда, Эйнштейна сейчас нет не потому, что не рождаются великие умы,

а потому что иссякают фундаментальные проблемы. Многие из оставшихся фундаментальных проблем не могут быть проверены экспериментально, потому что требуют знания таких параметров (температура, давление, время) которые нереализуемы ни сейчас, ни в ближайшем будущем. Наука, не подтвержденная экспериментом, — это уже не наука, а вера. На фоне происходящего сейчас бурного развития прикладных исследований ситуацию, сложившуюся в некоторых фундаментальных областях науки, следуя Дж. Хоргану [4], можно условно назвать «концом науки».

Прошло почти 10 лет со времени публикации наших статей [2, 3], посвященных этой проблеме. В связи с обсуждением мер по возрождению науки в России интересно проанализировать, какие изменения произошли за эти 10 лет в физике, химии, астрофизике и биологии, и насколько обоснованы были сделанные в [2—4] на примере этих наук выводы о близком «конце науки».

Нобелевские премии

Общепринято, что Нобелевские премии являются критерием уровня развития науки. В статьях [2, 3] мы рассмотрели динамику изменения уровня работ, получивших Нобелевские премии за выдающиеся открытия в области химии и физики, отражающую уровень развития науки в данный период времени. Хронология присуждения Нобелевских премий показывает непрерывное снижение научного уровня этих работ, несмотря на рост денежного вознаграждения. Если в первой половине XX в. Нобелевские премии были получены за действительно великие открытия, и великие имена их авторов: Э. Резерфорда, Н. Бора, А. Эйнштейна, Э. Ферми и других были известны всем химикам и физикам, то во второй половине XX в. лауреатов знали лишь специалисты в данной узкой области физики или химии. Спорным стал даже вопрос об авторстве отмечаемых открытий. Если в первой половине века Нобелевские премии присуждались индивидуальным авторам, и вопрос об авторстве не возникал, то во второй половине все больше и больше премий присуждается коллективам из двух-трех ученых. Если бы разрешили присуждать премии четырем или пяти ученым, лауреатов было бы еще больше.

Рассмотрим теперь, как развивалась тенденция с присуждением Нобелевских премий за последующие 10 лет после публикации нашей статьи [2].

По химии:

1997 г. Е. Скоу, П. Бойер, Дж. Уолкер. Механизм синтеза АТФ.

1998 г. Дж. К. Попл, У. Кон. Разработка компьютерных вычислительных методов квантовой химии и развитие метода функционала плотности.

1999 г. А. Зевейл. Фемтосекундная спектроскопия для изучения химических реакций.

2000 г. А. Хигер, А. Мак-Диормид, Х. Сиракава. Электропроводящие полимеры.

2001 г. У. Ноулс, Р. Нойори, Б. Шарплесс. Каталитический асимметрический синтез.

2002 г. Дж. Б. Фенн, К. Танака, К. Вютрих. Методы идентификации и структурного анализа биологических макромолекул.

2003 г. Р. Мак-Киннон. Перенос ионов и молекул воды сквозь клеточную мембрану.

2004 г. А. Цихановер, А. Хершко, И. Роуз. Опосредующая роль полипептида убиквитина в деградации белков.

2005 г. И. Шовен, Р. Граббс, Р. Шрок. Открытие и разработка метатезиса в органическом синтезе.

2006 г. Р. Корнберг. Исследование и моделирование одного из типов РНК-полимеразы дрожжей.

По физике:

1997 г. С. Чу, К. Коэн-Таннуджи, У. Филлипс. Охлаждение и захват атомов методом лазерного излучения.

1998 г. Р. Лафлин, Х. Штермер, Д. Цуи. Открытие нового вида квантовой жидкости с возбужденными состояниями, несущими дробный электрический заряд.

1999 г. Г.Т. Хофт, М. Велтман. Перенормируемость калибровочной теории электрослабого взаимодействия.

2000 г. Ж.И. Алферов, Г. Кремер, Дж. Килби. Создание основ современной информационной технологии.

2001 г. Э. Корнелл, В. Кеттерле, К. Вайман. Экспериментальное обнаружение конденсации Бозе—Эйнштейна в разреженных газах щелочных металлов.

2002 г. Р. Дэвис, М. Кошиба, Р. Джиаконни. Нейтринная и рентгеновская астрофизика.

2003 г. А.А. Абрикосов, В.Л. Гинзбург, Э.Дж. Леггетт. Теория сверхпроводимости и сверхтекучести.

2004 г. Д. Гросс, Д. Политцер, Ф. Вильчек. Открытие асимптотической свободы в теории сильных взаимодействий.

2005 г. Р. Глаубер, Дж. Холл, Т. Хэнш. Развитие прецизионной лазерной спектроскопии.

2006 г. Дж. Мазер, Дж. Смут. Анизотропия реликтового излучения.

Все перечисленные работы по химии и физике являются, несомненно, очень хорошими работами, заслуживающими высокой оценки. Вопрос в другом:

1) действительно ли их уровень значительно выше других работ по химии и физике и 2) действительно ли они являются эпохальными достижениями, как работы Н. Бора, А. Эйнштейна, Э. Резерфорда и других нобелевских лауреатов начала и середины XX века. Ответ на эти вопросы, по-видимому, будет отрицательным.

Из 10-ти Нобелевских премий по химии лишь один раз, в 1999 году, ее получил персонально один лауреат. Это был всемирно известный американский ученый Ахмед Зевейл. Премия была дана за создание фемтосекундной спектроскопии (очень короткие времена 10^{-15} с) и ее применение для изучения переходных состояний в кинетике химических реакций. Среди 10 премий 1997—2006 годов эта работа, несомненно, выделяется очень высоким уровнем. Другая работа одного автора Р. Корнберга, удостоенная Нобелевской премии по химии, представляет собой тщательный 20-летний труд по исследованию структуры РНК полимеразы одного из видов дрожжей. Результатом этой работы было точное определение положения 30 тысяч атомов в ферменте. Но эта работа не является открытием, а представляет собой результат многолетнего, постоянного и хорошо организованного труда. В ней участвовало много соавторов Р. Корнберга. Что касается 10-ти Нобелевских премий по физике, то все они, несомненно, также были присуждены за хорошие работы, но *ни одна* из них не была дана одному автору.

За разработку квантово-механических моделей строения молекул уже присуждались ранее Нобелевские премии: в 1954 г. Л. Полингу, в 1966 г. Р. Малликену, в 1981 г. К. Фукуи и Р. Хоффману. Таким образом, нобелевские лауреаты по химии 1998 года Дж. Попл и У. Кон являются не столько первооткрывателями, сколько организаторами и распространителями квантовохимических методов в строении молекул.

Видимо не случайно предмет Нобелевской премии по химии 2000 года (А. Хигер, А. Мак-Диормид и Х. Сиракава) сформулирован так: «За открытие и развитие области электропроводящих полимеров». Работы по электропроводящим полимерам проводились в лаборатории А.А. Берлина в Институте химической физики АН СССР еще в 1960-х годах. Были аналогичные работы и в других странах. Чтобы не встал вопрос об авторстве, в формулировку были внесены добавления: не просто «открытие», но «открытие и развитие», и не просто «открытие таких-то полимеров», но «открытие области». Нетрудно понять, что после подобных добавлений справедливость выбора претендентов на Нобелевскую премию становится трудно доказуемой.

Нобелевская премия по химии 2001 года присуждена У. Ноулсу, Р. Нойори и Б. Шарплессу за «достижения в области каталитического асимметрического синтеза». И в этом случае сама формулировка показывает, что лауреаты, весьма уважаемые ученые, не являются первооткрывателями. Каталитическим асимметрическим синтезом Е.И. Клабуновский из лаборатории А.А. Баландина в Институте органической химии АН СССР занимался еще в 1950-е годы. Известны их работы по каталитическому гидрированию на катализаторах, модифицированных оптически активными лигандами. Оптический выход был небольшим

и составлял несколько процентов. В последующие годы оптический выход в работах разных исследователей возрастал и в 1980-х годах в работах нобелевских лауреатов приблизился к 90—100%; это большое достижение, но не открытие.

В 2005 году Нобелевскую премию по химии получили И. Шовен, Р. Граббс и Р. Шрок «за открытие и разработку реакции метатезиса в органическом синтезе». Формулировка и в этом случае двусмысленная. Заслужили бы эти работы Нобелевской премии только за открытие или только за разработку реакции метатезиса (диспропорционирования олефинов)? Между тем, реакция метатезиса была известна специалистам по катализу еще в 1950-е годы. Авторами открытия диспропорционирования олефинов считались Р. Банкс и Д. Бейли, сотрудники фирмы «Филлипс Петролеум» в штате Оклахома. Самая же старая публикация по метатезису нобелевских лауреатов датируется 1971 годом.

Из 10-ти Нобелевских премий 1997—2006 годов по химии пять были даны за достижения в другой науке: молекулярной биологии. Достижений в собственно химии на Нобелевскую премию уже не хватило, пришлось заимствовать из другой науки.

Подобные спорные вопросы об авторстве возникают и при рассмотрении Нобелевских премий по физике. Мы уже упоминали [2] о ситуации, близкой к скандальной, при рассмотрении авторов премии 1997 года.

Нобелевскую премию 2000 года по физике присудили Э. Корнеллу, В. Кеттерле и К. Вайману за экспериментальное обнаружение конденсации Бозе—Эйнштейна в разреженных газах щелочных металлов и фундаментальные исследования свойств конденсата. Само явление было предсказано А. Эйнштейном на 77 лет ранее, в 1924 году. Но, как известно, Эйнштейн получил Нобелевскую премию за другие заслуги.

Три премии по физике в 1997—2006 годах были даны за работы по астрономии и астрофизике. Как и в случае химии, достижений по собственно физике на 10 Нобелевских премий не хватило.

Интересна судьба открытия физиологического действия оксида азота. В 1964 г. А.Ф. Ванин и А.Н. Саприн в Институте химической физики в Москве, а также Б. Коммонер и В. Бреннан в США показали, что в микроорганизмах и тканях животных образуются парамагнитные комплексы железа, включающие оксид азота. Работы американских ученых, лауреатов Нобелевской премии 1998 года по физиологии и медицине, присужденной за исследование физиологического действия оксида азота, Ф. Мьюрэта, Р. Ферчготта и Л. Игнарро, появились лишь в конце 1970-х—начале 1980-х годов. Заслуга лауреатов заключается не столько в открытии, сколько в объединении работ, которое привело к становлению новой области — биологии оксидов азота.

Еще одна тенденция последних Нобелевских премий — повышение возраста лауреатов. Р. Дэвис получил Нобелевскую премию в возрасте 88 лет, В. Л. Гинзбург — в 87 лет, У. Ноулс — в 84 года, Р. Глаубер — в 80 лет. Эти ученые ждали много лет справедливой оценки своих трудов, потому что были другие, не менее достойные. Впрочем, в начале и середине XX века до такого возраста ученые и не доживали. Таким образом, отмеченная в [2] тенденция

снижения уровня Нобелевских премий во второй половине XX века продолжается и в XXI веке, несмотря на рост общей численности ученых. Новых великих имен не появилось.

Число статей

Еще один критерий уровня развития науки — число опубликованных статей. В [5] опубликована статистика научных публикаций по всем отраслям научного знания за последние 15 лет. В период с 1988 по 2003 годы ежегодное число статей выросло в полтора раза: от 466 тыс. статей в 1988 году до 699 тыс. в 2003 году. Годовой прирост в среднем составил 3,5%. Рост публикаций был неравномерным в разных странах. В США число статей увеличилось всего на 19%, а доля США в общемировом выпуске статей сократилась с 38 до 32%. За тот же период доля Японии выросла с 7,4% до 8,6% (второе место в мире). В Китае число публикаций выросло в 5,4 раза, и он переместился по числу опубликованных статей на шестое место в мире после США, Японии, Англии, Германии и Франции. В Южной Корее число научных статей выросло в 17 раз. В России за этот период произошло значительное уменьшение числа опубликованных статей.

В той же статье [5] приводятся данные по числу статей на душу населения. По этому показателю США занимают лишь 12-е место. Первые 6 мест занимают Швеция, Швейцария, Израиль, Финляндия, Дания, Нидерланды. Россия занимает 35-ое место, а Китай — 67-ое место. Нетрудно убедиться, что общее число статей или число статей на душу населения не характеризуют относительный уровень развития науки в данной стране или за данный период времени. Более показателен уровень цитирования в журналах с высоким импакт-фактором. Если выбрать из общего числа статей 1% статей из наиболее цитируемых журналов, то окажется, что на долю США приходилось в 1992 году 68,5% статей. В 2003 году это доминирование США уменьшилось, но осталось преобладающим — 59,3%. И Западная Европа, и Япония, и Китай лежат значительно ниже: 25,7; 4,6 и 0,8%, соответственно, в 2003 году. Если же взять все цитируемые журналы, а не только журналы с высоким импакт-фактором, то цифры для США будут ниже — 37,8% в 2003 году.

Интересно отметить, что количество присужденных Нобелевских премий коррелирует с индексом цитирования. Из 89 Нобелевских лауреатов за 1993—2007 годы 60 премий в области химии, физики, физиологии и медицины или 68,5% присуждены американским ученым. Эта цифра в точности совпадает с рассмотренным выше индексом цитирования. Европейцам было присуждено 15 Нобелевских премий, японцам четыре. Выше мы отмечали ряд «несправедливостей» в присуждении Нобелевских премий, как правило, в пользу США. Большое доминирование США — 68% в общем массиве работ с высоким импакт-фактором, по-видимому, все же не является случайным, и такие показатели, как Нобелевские премии и индекс цитирования в ведущих журналах, можно рассматривать, в первом приближении, как показатели уровня развития науки.

Причины низкой цитируемости статей из СССР и России и малого количества Нобелевских премий

частично связаны с малым участием наших ученых в международных конференциях и в других международных мероприятиях, что тоже является показателем уровня развития науки. Взаимное ознакомление с работами на научных конференциях и личные встречи ученых способствуют выбору эффективной стратегии научных исследований, что повышает уровень науки и вероятность появления работ, достойных Нобелевской премии.

Химия

Число статей по химии в мире продолжает расти: от 57,4 тысяч в 1988 году до 83,1 тысяч в 2003 году, т.е. рост за 15 лет на 45%. Доля химии в общем числе научных статей широко варьирует по разным странам, и составляет 26,8% в Индии, 25,5% в Восточной Европе и России, 20,2 % в Восточной Азии. В то же время в США эта доля всего 7,5%, в Канаде 7,3%, в Австралии 8,0%. Среди различных наук по числу опубликованных статей на первое место вышла клиническая медицина. Если признать, что США являются законодателями моды в науке, эти данные свидетельствуют о снижении интереса к химии среди других наук.

Чтобы оценить уровень развития науки, необходимо принять какие-то критерии. Выше было показано, что ни Нобелевские премии, ни, тем более, число статей в той или иной сфере науки не являются удовлетворительным критерием. В нашей статье [3] в качестве критерия развития химии предложено использовать число открытий, которые вошли в изданную в 1988—1998 годах «Химическую энциклопедию» [6] с указанием года открытия и фамилии ученого. Таким образом, в этот список попадают открытия, соответствующие по уровню Нобелевской премии и следующего за Нобелевской премией ранга. Как известно, Л.Д. Ландау любил классифицировать по рангам всевозможные понятия, в том числе и ученых в зависимости от их уровня. К ученым первого ранга он отнес одного лишь Эйнштейна, второго ранга — Бора, Резерфорда, Дирака и еще нескольких ученых, в том числе и себя. С точки зрения этой классификации, в энциклопедию попадают ученые первых трех-четырех рангов, внесшие существенный вклад в создание общего древа науки на данный момент времени (1988—1998 годы).

Анализ развития химии за последние три века с этой точки зрения показал [3], что число открытий в области химии в целом росло в XVIII—XIX и прошло через максимум в первой трети XX века, после чего начало уменьшаться. Таким образом, создание фундамента химии к началу XXI века можно считать законченным: открыты все химические элементы, получены основные классы химических соединений, разработаны методы химического синтеза, создана стройная теория химической термодинамики и кинетики. В отдельных разделах химии закономерности будут несколько другими: в органической химии максимум открытий наблюдается около 1900 года, в физической химии — в середине XX века, после открытия электрона и создания теории химической связи, в неорганической химии максимума вообще не наблюдается, а увеличение объема наших знаний происходит примерно с постоянной скоростью по мере открытия новых классов соединений. По-видимому, еще не

перейден максимум в работах по разделам химии, связанным с биологией (биохимия, биоорганическая химия, химия физиологически активных соединений).

Общее число статей по химии продолжает расти, еще открываются новые классы соединений, но все существующие в природе химические элементы открыты, а число открытий, отнесенное к числу статей, уменьшается. Разумеется, работы по синтезу новых соединений будут долго продолжаться, но маловероятно, чтобы появились открытия уровня Д.И. Менделеева, Я.Г. Вант-Гоффа, С. Аррениуса. Мы уже упоминали об уровне последних Нобелевских премий по химии, по своей значимости они намного ниже открытий начала и середины XX века.

В последние годы в химии прокатился вал работ по так называемым наноматериалам, нанохимии, нанотехнологиям. Частица «нано» означает 10^{-9} . Нанометр — это 10^{-9} м или 10^{-7} см. Таким образом, нанохимия изучает частички или микрокристаллы или кластеры с размерами, немного превышающими размеры атома. Заметим, что в гетерогенном катализе давно известно, что частицы высокодисперсных катализаторов по своим свойствам (размеры частиц, координация поверхностных атомов, электронные свойства и т.д.) принципиально отличаются от более крупных частиц [7]. Таким образом, применение для их характеристики приставки «нано», не вносит принципиально новых представлений в наши знания и методы исследования и имеет целью, главным образом, привлечение денег для финансирования этих работ.

Журнал «Chemical Engineering News» публикует ежегодно обзор наиболее важных открытий, точнее исследовательских работ, в химии за истекший год [8]. Все эти работы связаны с синтезами новых соединений и, в основном, имеют прикладное значение. По формуле химического соединения химики-органики могут синтезировать практически любое соединение. Такие синтезы несомненно будут продолжаться. Работ по физической химии в этом списке нет. Это означает, что создание общей теории химии в основном завершено, максимум в развитии пройден, и очень мала вероятность открытия новых законов, которые могли бы существенно изменить наши представления. Химическая наука в основном построена, и вероятность появления в ней новых эпохальных открытий очень мала. Этот прогноз не относится к прикладной химии и химической технологии, которые продолжают быстро развиваться и число новых технологических процессов постоянно растет.

Физика

Очень неравномерно развивалась и физика. Число статей по физике за период с 1988 по 2003 годы увеличилось с 62,0 до 97,5 тыс. статей, т.е. на 57% — цифра достаточно высокая, но в США этот рост составил всего 3%.

Мы проанализировали динамику развития физики аналогичным образом, взяв за основу «Физическую энциклопедию» (1988—1998 годы) [9] и рассмотрев зависимость числа открытий, отмеченных в ней с указанием фамилии первооткрывателя и года открытия, от времени открытия. Заметим, что не всегда в энциклопедии были указаны имя ученого и год открытия, и открытия не были равновеликими по зна-

чимости, однако при большом объеме данных (1083 точки, с уровнем вплоть до пятого по классификации Ландау) можно надеяться на их статистическую достоверность.

В развитии физики наблюдалось несколько максимумов. Первый максимум относится к IV в. до н.э., когда было сделано 10–12 открытий, оставшихся в истории физики. Впервые появились понятия материи, движения, пространства, времени, атома, космоса, введенные Архимедом, Пифагором, Демокритом, Гераклитом, Евклидом и Аристотелем в Древней Греции. Пришедшие за ними римляне не интересовались наукой, и наука кончилась. Греческая физика оставалась мертвым наследством вплоть до XV века. В конце этого темного периода в связи с развитием военного дела, строительства, мореплавания появился интерес и к развитию технологий, что позволило создать инструменты для дальнейшего развития фундаментальной науки. В Китае и арабских странах появляются компас, порох и часы. В XV веке И. Гутенберг создал книгопечатание, величайшее достижение, повлиявшее на возобновление интереса к науке и на развитие самой науки. Таким образом, в истории науки уже был период, когда потребовалось полтора тысячелетия для развития технологий, когда люди интересовались в основном развлечениями, войной, искусством, но не чистой наукой.

После длительного зстоя в XV–XVII веках физика внезапно восстановилась (или появилась заново). Если в XVI веке в списке открытий значимым является только открытие Солнечной системы Коперника, то список XVII века включает 40 открытий. В него вошли общие представления о предмете и целях науки Ф. Бэкона, законы динамики Галилея, магнетизм Декарта, геометрическая оптика Гюйгенса и, как вершина всего, законы механики, астрономии, математического анализа Ньютона. После их создания возникло впечатление, что общая система физики создана, основные законы открыты, и интерес к изучению физики если не исчез, то существенно снизился. В XVIII веке число открытий (34 открытия) было меньше, чем в XVII веке.

Далее число открытий в физике росло с ускорением, примерно удваиваясь каждые пятьдесят лет: 81 открытие в 1801–1850 годах, 166 — в 1851–1900 годах, 338 — в 1901–1950 годах. Ускорение произошло в третьей четверти XIX века после создания термодинамики, теории электромагнитных явлений, кинетической теории газов. Абсолютный максимум числа открытий, связанный с великими именами Эйнштейна, Бора, Резерфорда, Ферми, Шредингера, Дирака был достигнут во второй четверти XX века: 80 открытий за пятилетие 1925–1930 годы. В этот период было завершено создание квантовой механики и теории относительности. После этого в 1940–1970 годах число открытий уменьшилось, но держалось на достаточно высоком уровне в 40–50 открытий за каждое пятилетие. Наиболее важные из них относятся к прикладным работам в области атомной энергии и к теоретическим работам по «единой теории поля», объединяющим четыре основных вида взаимодействия: электромагнитное, ядерное сильное, слабое и гравитационное.

После 1970 г. наблюдается резкое снижение числа открытий в физике. Отчасти это связано с тем, что

требуется несколько лет адаптации, чтобы открытие было признано и вошло в учебники и энциклопедии. Нобелевский лауреат В. Л. Гинзбург считает, что спад числа открытий в физике элементарных частиц в конце XX века реален [10]. Деление вещества на все более мелкие части по принципу «матрешки»: молекулы → атомы → ядро → нуклоны и мезоны → кварки и т.д. должно когда-нибудь закончиться.

Отметим, что спад числа открытий в физике происходит на фоне «суперструнной революции», по выражению Гинзбурга. Она началась 20–25 лет назад, но не привела к общему росту числа открытий. В теориях суперсимметрии и суперструн все четыре вида взаимодействия объединяются в многомерном пространстве с сингулярными точками размера порядка 10^{-33} см. Теория суперструн предсказывает существование частиц с энергией >1 ТэВ. Таким образом, подтверждение теории требует экспериментов в области таких энергий и таких расстояний, которые недостижимы в ближайшем будущем. Как мы уже отмечали, наука без подтверждения экспериментом — это уже не наука, а вера.

Физический эксперимент в области физики элементарных частиц стал очень дорогим и, чтобы получить новый значимый результат, надо затратить значительно больше средств, времени и интеллектуальных усилий. Например, подавляющее число физиков не сомневается в существовании гравитационных волн. Но чтобы доказать их существование, строится гигантская установка LIGO (Laser-interferometer-gravitational wave-laboratory, США), состоящая из двух антенн, расположенных на значительном расстоянии друг от друга и длиной по 4 км каждая. Открытие новой гипотетической частицы бозона Хиггса, очень важной для теории элементарных частиц, ожидается после введения в строй большого и очень дорогого кольцевого ускорителя в Европе. Для дальнейшей проверки теории суперструн и суперсимметрии необходимы ускорители диаметром больше Солнечной системы. Дальнейшее развитие физики микромира становится интересным только для физиков-теоретиков, потому что не приносит практической пользы для прикладной физики и других наук, да и не всегда понятно экспериментаторам. В результате наступает если еще и не «конец физики», то уже спад числа открытий, который, видимо, будет продолжаться.

Проведенный анализ развития физики, с точки зрения числа открытий, показывает, что «конец науки» уже был в средние века, когда открытий практически не было, и физика не развивалась. Затем в истории физики неоднократно наблюдались максимумы активности, особенно после фундаментальных открытий в области механики, электродинамики, теории относительности, квантовой механики. Экстремумы, подобные эпохе создания механики, возможны и в будущем, как и минимумы, когда после создания новых разделов физики преобладало мнение о завершенности величественного древа этой науки.

А.С. Компанеев в своей брошюре «Может ли окончиться физическая наука?» [11] рассматривает физику как науку о взаимодействиях в неживой природе. Этих взаимодействий, согласно существующим представлениям, всего четыре, достаточно малая цифра. На вопрос, можно ли знать все о каком-либо клас-

се сил, Компанеец дает утвердительный ответ. Отсюда вытекает вывод о предстоящем «конце науки». Далее правда делается оговорка: «Мы не знаем ни одного физического закона, который не допускает уточнений». Это, конечно, верно и уточнениями можно заниматься бесконечно. А можно и не заниматься — будет неинтересно вести исследование, если новых законов больше не откроешь.

Но пока ситуация в физике все же отличается от ситуации в географии, минералогии, анатомии, описательной ботанике и зоологии. Мы уверены в том, что в этих науках основное здание построено, что континентов на Земле всего шесть, и второй Америки не будет открыто. В физике такой уверенности нет. Возможно, что строительство «древа науки» будет продолжаться. Однако дальнейшее развитие физики, переход в область сверхмалых частиц, сверхвысоких энергий может привести к непроверяемым экспериментально выводам или к выводам, интересным лишь для специалистов.

Астрофизика

В связи с общим прогнозом развития науки особый интерес представляет анализ открытий в современной астрофизике (космологии), которая сейчас является наиболее динамично развивающейся областью фундаментальной науки и потенциальным источником наиболее неожиданных и фундаментальных открытий, способных по своему значению превзойти все открытия, сделанные до сих пор человечеством. Поэтому стоит более подробно остановиться на последнем этапе развития астрофизических представлений.

Предшественницей астрофизики была астрономия, которая, как и физика, является наукой о взаимодействиях в неживой природе. Они развивались параллельно. Как и в случае физики, в развитии астрономии наблюдался максимум в эпоху древних греков — звездная система Птолемея. Как и в случае физики, после этого был глубокий минимум, «конец науки», а затем последовал максимум развития в XVI—XVII веках (в действительности несколько раньше) — Коперник, Бруно, Кеплер, Галилей. Обе науки длительное время развивались отдельно и лишь после открытия Г. Кирхгофом спектрального анализа в середине XIX века, они стали воссоединяться в единую физическую науку. Тем не менее до сих пор методы исследования в них различаются: в случае физики — эксперимент, в случае астрофизики — наблюдения. Теоретическая физика является инструментом для обеих наук. После открытия Кирхгофа астрофизика развивалась эволюционно: число открытий (критерием для нашего анализа опять было число упоминаний в «Физической энциклопедии») росло более или менее равномерно. Скачок произошел в 1920-х годах после появления теории расширяющейся Вселенной А. А. Фридмана. Появились экспериментальные подтверждения этой теории. В 1929 году Э. П. Хабблом было открыто красное смещение в спектрах звездных систем, объясненное расширением Вселенной. В 1965 году А. Пензиасом и Р. Вильсоном было открыто «реликтовое» микроволновое фоновое излучение — равномерное космическое излучение Вселенной со спектром абсолютно черного тела при 2,7 К, харак-

терным для начальных стадий образования Вселенной. Это остаток (реликт) очень горячего состояния вещества на ранних этапах развития Вселенной. В 1940—1950-х гг. реликтовое излучение было предсказано Г. А. Гамовым. В ходе расширения Вселенной излучение охладилось до наблюдаемой сейчас очень низкой температуры: около 3 К для фотонов и 2 К для нейтрино и равномерно заполняет весь объем Вселенной.

Подобных открытий было немного, и многие теоретические предсказания не могли быть проверены экспериментально. В 1980-х годах появилась теория «инфляции» или «раздувающейся Вселенной», согласно которой за времена от 10^{-48} до 10^{-33} с после «Большого взрыва» Вселенная увеличилась в $[10^5]^5$ — $[10^{10}]^{10}$ раз. За это время Вселенная разбилась на несколько вселенных, огражденных непроницаемыми стенками, и в каждой из вселенных устанавливаются свои физические законы со своими константами.

В конце XX и начале XXI века теория была детализирована [12]. Согласно уточненным представлениям, картина развития Вселенной выглядит следующим образом: после ее возникновения около 15 млрд лет назад произошла «инфляция», т.е. чрезвычайно быстрое расширение или «раздувание» Вселенной. Точно предсказать начало инфляции трудно, но расчеты показывают, что это произошло примерно через 10^{-43} с после Большого взрыва. Раздувание продолжалось до времени 10^{-36} с, после чего начался этап «горячей Вселенной». После первых минут синтезировались химические элементы, и температура упала примерно до 1 млрд К. После первых 300 тыс. лет существования Вселенной температура упала до 3—4 К, произошла рекомбинация горячей плазмы, образовался нейтральный газ и начали образовываться галактики.

Естественен вопрос, что было до Большого взрыва. Авторы теории инфляции предполагают, что к моменту Большого взрыва существовала некая сингулярность — «Сверхвселенная», которую называют кипящим вакуумом и представляют в виде кипящего пузыря. Отдельные Вселенные представлены в качестве пузырьков в этом сверхпузыре. Наша Вселенная — один из пузырьков в Сверхвселенной, которая вечна. Каждая вселенная может отделиться от этой сингулярности, «кипящего вакуума» и начать развиваться. Она может также закончиться, вернуться в сингулярность. Но нет начала и конца эволюции Сверхвселенной. Сверхвселенная вечна. Вещество в Сверхвселенной флуктуирует, вакуум кипит и отделяет вселенные из этой сингулярности. Одна из вселенных может расширяться, другая сжиматься до гигантских плотностей, после чего путем флуктуации рождаются новые вселенные. Физические константы у этих вселенных могут быть разными.

Все это похоже на научную фантастику. В нашей статье [2] отмечено, что теория инфляции в обозримом будущем экспериментально не может быть проверена. Однако развитие науки привело к новым экспериментальным наблюдениям, подтвердившим, по мнению астрофизиков, теорию инфляции. Теория предсказала анизотропию реликтового излучения, определенную пространственную зависимость с максимумами и минимумами, которая позволяет расшифровать процесс рождения Вселенной. Первые свидетельства анизотропии реликтового излучения были

опубликованы в 1989 году. В 1992 г. Дж. Смутс, будущий Нобелевский лауреат, совместно с 27 соавторами опубликовал на эту тему статью. В 2002 году были опубликованы два сообщения об анизотропии реликтового излучения, в которых наблюдение было сделано с помощью радиотелескопов на воздушных шарах. В России аналогичные измерения были сделаны с помощью замечательного радиотелескопа РАТАН-600 с диаметром зеркала 600 м.

В последние годы в астрофизике, благодаря переходу в 1998—1999 годах от экспериментальных наблюдений в оптическом диапазоне к наблюдениям в микроволновом и рентгеновском диапазонах, были сделаны и другие замечательные открытия, существенно изменившие наши представления о Вселенной. Исследования реликтового излучения, наблюдения далеких вспышек сверхновых звезд, изучение темных галактик и скоплений показали, что космический вакуум не пустота, а особая среда, в которую погружены все природные тела [13], тогда как темное вещество и барионы (протоны и нейтроны) собраны в различные сгущения. Что такое темное вещество, пока неясно. Попытки экспериментально обнаружить его пока не удалась. Оно не светится, заполняет пространство между галактиками и скоплениями и проявляет себя только тяготением. Теоретики говорят также об антитяготении, взаимном отталкивании, которое создается за счет темной энергии вакуума, в которую погружены тела.

Космический вакуум обладает определенной энергией, и на нее приходится приблизительно 70% полной энергии мира. Три другие разновидности энергии мира — «темное» вещество, вклад которого в полную энергию около 25%, «обычное» вещество, которое дает ~4%, и излучение, вклад которого очень мал — 0,01%. Эти доли относятся к современному состоянию мира; в ходе эволюции они изменились из-за общего расширения Вселенной. При возрасте мира в несколько минут доля излучения приближалась к 100%. «Обычное вещество» — это протоны, нейтроны и электроны, из которых состоят планеты и звезды. В нашей статье [2], написанной в 1990-х годах, содержался прогноз, что число открытий в космологии перейдет через максимум около 2000 года, после чего будет стремительно уменьшаться. К счастью, этого не случилось. Пока еще неясно, почему в мире имеются протоны и нейтроны, но не наблюдаются в равных количествах антипротоны и антинейтроны.

За последнее десятилетие астрофизики приблизились также к пониманию природы черных дыр, объектов, предсказанных общей теорией относительности А. Эйнштейна [13, 14]. Под черными дырами астрономы понимают объекты, гравитационное поле которых столь велико, что даже свет не может выбраться наружу. Существование таких объектов предсказал К. Шварцшильд в 1915 году, а термин «черная дыра» в 1968 г. предложил американский физик Дж. Уилер. Считается, что окончательное доказательство существования черных дыр еще не получено, но уже имеется несколько сот «кандидатов в черные дыры» — обнаруженных астрономами массивных и очень компактных объектов. По мнению А. М. Черепашука [14], в ближайшие десятилетия существование черных дыр во Вселенной будет доказано.

Таким образом, предсказание о переходе числа открытий в астрофизике через максимум около 2000 года, упомянутое в нашей статье [2], к счастью, не подтвердилось. Темпы развития астрофизики ускорились, и мы находимся сейчас, по-видимому, накануне больших обобщений. Вероятность, что такие темпы будут продолжаться долгое время, не очень велика. В значительной степени она связана с развитием новых методов исследования.

Биология

Так же как и в астрофизике, продолжается бурное эволюционное развитие биологии, и здесь «конца науки» пока не видно. По мнению В. Л. Гинзбурга, биология заняла место физики, как наука номер один. С конца XIX века и примерно до 1970-х годов XX века физика, бесспорно, была первой, главной и доминирующей наукой, и талантливая молодежь стремилась изучать именно физику. Сейчас среди молодежи престиж биологии значительно выше, чем физики и химии. Число статей и открытий в биологии быстро растет. Однако великого открытия, подобного открытию двойной спирали Дж. Уотсоном и Ф. Криком в 1953 году, за последнее время не было.

Было много шума по поводу расшифровки генома человека, в котором участвовало много ученых из разных стран. Автор статьи опросил ряд знакомых ему биологов, что такое расшифровка генома человека: наука или техника. Все без исключения ответили, что это техника. В последнее время накопилось огромное количество экспериментальных данных о структурах геномов различных организмов, которые пока не удается свести в единую теорию, объясняющую, что же такое жизнь.

Не только в биологии, но и в химии, физике, и даже в геологии много ученых занимается проблемой происхождения жизни на Земле. Число работ в этой области резко выросло в начале XXI века. Эти теории, по-видимому, непроверяемые. Чтобы доказать теорию, надо найти жизнь на какой-нибудь другой планете. В Солнечной системе таких планет, видимо, нет. Есть только Земля. А чтобы доказать существование жизни в других мирах, надо послать туда сигнал и за время человеческой жизни получить ответ. По закону предельной скорости Эйнштейна это невозможно. Другой вариант доказательства — также маловероятный, создать жизнь в пробирке.

Многие считают, что в XXI веке центральной проблемой биологии будет проблема «редукционизма»: можно ли свести биологию к химии и физике или надо искать специфические биологические законы [10, 15]. Среди физиков и химиков преобладает мнение, что редукционизм возможен, среди биологов многие придерживаются противоположного мнения. Для решения проблемы редукционизма, по мнению биологов [15], важнее не столько дальнейшее изучение структуры генов, сколько исследование клетки методами системного анализа.

Заключение

На примере химии, физики, астрофизики и биологии мы рассмотрели проблему неравномерности развития науки. В качестве критерия уровня развития науки были выбраны уровень Нобелевских премий и

число статей с высокой цитируемостью. Оказалось, что в физике и химии число новых открытий в XX веке прошло через максимум и начало уменьшаться. Причинами этого являются 1) ограниченность числа основных законов науки, 2) проникновение науки в области, трудно достижимые для эксперимента, 3) высокая стоимость современного эксперимента, 4) рост усилий, необходимых для достижения конкретного результата и, как следствие, 5) потеря интереса к науке. Все это наводит на мысль о возможном «конце науки», под которым имеется в виду не полное прекращение научной деятельности, но существенное снижение ее активности. Как мы отмечали выше, подобная ситуация уже наблюдалась в истории: «конец науки» имел место в 500—1500 годах, когда развивались технологии, но научных открытий практически не было.

На поставленный в названии статьи вопрос, действительно ли близок «конец науки» или мы только подходим к завершению ее очередного этапа, не может быть дан однозначный ответ. По-видимому, разные науки проходят свои этапы зарождения, роста, достижения максимума и спада в разное время: география раньше, химия и физика позже, биология еще позже. Мы не можем предсказать характер этой закономерности для всех наук, хотя логично предположить, что и в других случаях будет наблюдаться максимум и последующий спад, хотя бы из-за ограниченности численности населения: не могут все люди на Земле заниматься наукой.

Такие науки, как астрофизика и биология (по крайней мере, молекулярная биология) пока находятся в стадии интенсивного развития. Продолжают возникать и новые науки, как, например, информатика.

Неожиданные открытия в фундаментальной науке, еще возможны, но во второй половине XX века их было очень мало. Каждое следующее открытие требует значительно больше средств и усилий. Отсюда необходимость постоянного роста ассигнований на науку. Но в прикладной науке максимум, по-видимому, еще достаточно далек, открытия и изобретения в ней еще долго будут продолжаться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов О.В. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 1997, т. 41, № 3, с. 124.
2. Крылов О.В. Там же, 1999, т. 43, № 6, с. 96.
3. Крылов О.В. Там же, 2002, т. 46, № 3, с. 96.
4. Horgan J. The End of the Science. N.Y.: Broadway Books, 1997, 312 p.
5. Helvin M. Chem. Eng. News, 2006, v. 84, № 48, p. 28.
6. Химическая энциклопедия. Т. 1—5. М.: Большая Российская энциклопедия, 1988—1998.
7. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. М.: Академкнига, 2004.
8. Vorman S. Chem. Eng. News, 2006, v. 84, № 31, p. 17.
9. Физическая энциклопедия. Т. 1—5. М.: Большая Российская энциклопедия, 1988—1998.
10. Гинзбург В.Л. Успехи физ. наук, 1999, т. 169, № 4, с. 419.
11. Компанец А.С. Может ли окончиться физическая наука? М.: Знание, 1967, 46 с.
12. Новиков И.Д. Вестн. РАН, 2001, т. 71, № 10, с. 856.
13. Чернин А.Д. Природа, 2006, № 10, с. 10.
14. Черепашук А.М. Там же, 2006, № 10, с. 16.
15. Свердлов Е.Д. Вестн. РАН, 2006, т. 76, № 8, с. 707.

ABSTRACTS

Modern science: an end or the next stage? O.V. Krylov. Ross. Khim. Zhurn. (Zhurn. Ross. Khim. ob-va im. D.I.Mendeleeva), 2007, v. LI, № 3

The analysis of the scientific works that have been received Nobel Prizes in chemistry and physics over the past 10 years is shown that the main building of fundamental laws in these sciences built, and science is entering a new technological stage of the development.

Ethical constituent in scientific research on humans. B. G. Yudin. Ross. Khim. Zhurn. (Zhurn. Ross. Khim. ob-va im. D.I.Mendeleeva), 2007, v. LI, № 3.

In the course of development of contemporary science humans more and more often turn out to be participants of different research, including those which bring some risks for them. This tendency especially evident in biomedicine, in which necessity of special ethical and legal measures directed to protection of a human as participant of a research was realized earlier than in others field of science. The author discusses two mechanisms of such protection: ethical review of research projects and informed consent of participants. Influence of these mechanisms can be detected not only in the sphere of interrelations between

science and other social institutions but at the level of foundations and premises of research activity as well.

Popular scientific journalism and science prestige in the public conscience. A. G. Vaganov. Ross. Khim. Zhurn. (Zhurn. Ross. Khim. ob-va im. D.I.Mendeleeva), 2007, v. LI, № 3.

The article claims that the lack of prestige both the science and the profession of scientist in modern Russia is not due to media publishers or scientific journalists but rather reflects the deep changes of the Russian society has experienced recently.

The analysis of some relative indicators of the social-cultural development are provided: the circulation numbers of mass literature, levels of mythologization of public conscience, the trust to different esoteric concepts. The circulation numbers of popular scientific literature is an invariant value of a defined stage of development, industrial and postindustrial. The catastrophic decrease in the circulation of popular scientific literature and the slide of the science prestige in Russia can be accounted but for one reason; the author suggests that Russia would not be either an industrial or postindustrial country.