

Физико-
Математическая
Бiblioteca
Инженера

В. В. НАЛИМОВ, З. М. МУЛЬЧЕНКО

НАУКОМЕТРИЯ

Изучение развития науки
как информационного процесса



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1969

51
Н 23
УДК 510 + 519.24/27

Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса. Налимов В. В., Мультченко З. М. Физико-математическая библиотека инженера. Изд. «Наука», Главн. ред. физ.-мат. литер. 1969 г. 192 стр.

Книга представляет собой первую в мире полную монографию по количественным методам изучения развития науки. Материал изложен с единых теоретических позиций — наука рассматривается как информационный процесс. Дается анализ кривых роста для числа публикаций, количества журналов, числа научных работников и ассигнований на науку. Обсуждается информационный кризис и самоторможение в развитии науки, описываются новые организационные формы — незримые коллективы. Показывается, как можно использовать язык библиографических ссылок для установления внутренних связей в публикациях. Обсуждается вопрос об оценке эффективности работы научных коллективов. Оценивается вклад различных стран в мировой информационный поток.

Таблиц 32, рисунков 52, библиография 100 назв.

*Василий Васильевич Налимов,
Зинаида Максимовна Мультченко*

НАУКОМЕТРИЯ

М., 1969 г. 192 стр. с илл.

Редактор *Н. А. Райская*
Техн. редактор *С. Я. Шкляр*
Корректор *Г. С. Иванова*

Сдано в набор 20/VI 1968 г. Подписано к печати 7/II 1969 г.
Бумага 84×108¹/₃₂. Физ. печ. л. 6. Условн. печ. л. 11,04. Уч.-изд. л. 10,41.
Тираж 9500 экз. Т-02647. Цена книги 86 коп. Заказ № 1378.

Издательство «Наука».
Главная редакция физико-математической литературы.
Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Ленинградская типография № 2 имени Евгении Соколовой
Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Измайловский проспект, 29.

2-2-3

25-БЗ-36-68

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение. Наукометрия — один из разделов науковедения	5
Глава I. Информационная модель процесса развития науки	11
Глава II. Рост информационных потоков	20
§ 1. Экспоненциальный характер роста	20
§ 2. Проблема затухания	35
§ 3. Механизм адаптационного торможения	41
§ 4. Незримые коллективы — иная форма организации научной работы	48
§ 5. Последствия торможения. Проблема возраста научного коллектива	58
Глава III. Статистический анализ содержания информационных потоков	67
Глава IV. Указатели научных ссылок	75
§ 1. История возникновения указателей	75
§ 2. Индекс Гарфилда	79
§ 3. Статистические закономерности организации публикаций	96
Глава V. Изучение внутренних связей в науке по языку библиографических ссылок	101
§ 1. Изучение развития научных направлений. Исторический анализ	101
§ 2. Установление обратной связи между автором и творчески активным читателем	104
§ 3. Прослеживание за проникновением новых методов исследования в смежные области	106
§ 4. Изучение внутренней структуры фронта научных исследований	109
§ 5. Оценка эффективности труда учебного и научного коллектива	117
§ 6. Этика цитирования и другие социологические проблемы	126
Глава VI. Информационные системы, основанные на языке библиографических ссылок	128
Глава VII. Изучение научных журналов как каналов связи. Оценка вклада, вносимого отдельными странами в мировой научный информационный поток	134
§ 1. Оценка усилий, затрачиваемых отдельными странами на развитие науки	134

§ 2. Оценка эффективности вклада, вносимого отдельными странами в мировой научный информационный поток	139
§ 3. Изменение во времени вклада, вносимого отдельными странами	148
§ 4. Детальное исследование цитируемости отечественных работ по аналитической химии	150
§ 5. Запаздывание информационных потоков, идущих через отечественные журналы	153
§ 6. Объем статьи	160
§ 7. Причины низкой цитируемости отечественных работ	161
Глава VIII. Пример всестороннего статистического анализа одного из научных направлений	170
Глава IX. Логический анализ проблемы прогнозирования .	176
Глава X. Заключение. Использование идей и методов науки при управлении процессом развития науки	183
Литература	187

ВВЕДЕНИЕ

НАУКОМЕТРИЯ — ОДИН ИЗ РАЗДЕЛОВ НАУКОВЕДЕНИЯ

Наука сделалась объектом исследования. Проблемы науковедения (науки о науке) стали обсуждаться в широкой печати [1—3]. Летом 1966 г. во Львове состоялся Первый советско-польский симпозиум по комплексному изучению развития науки; Второй польско-советский симпозиум состоялся в Катовицах осенью 1967 г. Многочисленные совещания и конференции по науковедению проводятся за рубежом.

Основоположником науковедения считается Дж. Бернал. В 1939 г. он опубликовал книгу «Социальная функция науки» [4], ставшую теперь классической. После второй мировой войны большой вклад в науковедение внес Дирек Прайс. Будучи по специальности физиком, он стал широко применять количественные методы для изучения развития науки. Юджин Гарфилд организовал в Калифорнии (США) Институт научной информации и в 1961 г. приступил к подготовке «Индекса научных ссылок» («Science Citation Index», сокращенно SCI), который оказался весьма эффективным орудием исследования в науковедении. Сейчас имеется уже трудно обозримый поток публикаций по науковедению. В Польше выпускается специальный библиографический справочник по науковедческим работам «Przegląd informacji o Naukoznawstwie» (Ośrodek Dokumentacji i Informacji Naukowej Polskiej Akademii Nauk, Warszawa), охватывающий литературу, публикуемую во всем мире. В первых десяти выпусках этого справочника приводятся выходные данные 3269 публикаций по науковедению. У нас в СССР науковедением на профессиональном уровне

занимается в Киеве Г. М. Добров. Недавно он опубликовал монографию «Наука о науке» [5]. В самое последнее время в Москве группа научных сотрудников, работающих в различных областях знаний, стала активно заниматься некоторыми проблемами науковедения. В начале 1967 г. в Институте истории естествознания и техники АН СССР стал функционировать общегородской семинар по количественным методам изучения развития науки.

Несмотря на то, что науковедение как самостоятельная научная дисциплина развивается уже около 30 лет, нелегко очертить круг вопросов, которыми занимается эта новая область знаний. Нам представляется, что сейчас можно говорить о широком спектре логических схем, позволяющих изучать процесс развития науки. Рассмотрим коротко эти модели.

1. Информационная модель. Наука рассматривается как самоорганизующаяся система, управляющаяся своими информационными потоками. Развитие науки изучается как развитие ее информационных потоков.

2. Логическая модель. Наука изучается как логическое развитие идей. При таком подходе самостоятельное значение приобретает проблема логической классификации наук. Этот вопрос обстоятельно рассмотрен в хорошо известной монографии Б. М. Кедрова «Классификация наук» [6].

3. Гносеологическая модель. Она занимается изучением методологии научных исследований. В этой модели основными проблемами являются обоснование математики, гипотеза и эксперимент, математическая теория эксперимента (статистические методы анализа экспериментальных данных, математические методы планирования эксперимента и т. д.).

4. Экономическая модель. Здесь изучается взаимодействие науки с экономическим развитием страны, оценивается экономическая эффективность научных исследований.

5. Политическая модель. В рамках этой модели рассматриваются взаимодействие науки с политической идеологией, связь между развитием науки и престижем страны, оборонный потенциал страны.

6. Социологическая модель. В этой модели множество научных работников рассматривается как не-

кая социальная группа. Последняя взаимодействует с другими группами, отстаивает свои права, оказывает влияние на общественную жизнь страны. Нам представляется весьма любопытной книга Дона Прайса «Science Estate» «Научное сословие» [7], в которой делается попытка рассмотреть, правда, с весьма специфических позиций, социологические проблемы развития науки в США. Особый интерес могут представлять микросоциологические исследования в науке. В среде научных работников, естественно, могут возникать микрогруппы, сложным образом взаимодействующие друг с другом. Такие группы могут объединять научных работников по национальному и возрастному признакам, по образовательному цензу, по ученым степеням, по взглядам на науку и ее цели, по какому-либо другому признаку или даже по целой их совокупности. Здесь, по-видимому, можно широко использовать методы разыгрывания острых ситуаций (социолог-исследователь — режиссер разыгрываемой ситуации), предложенные Морено [8].

7. Демографическая модель. Научный потенциал страны изучается как демографическая задача. Здесь весьма существенна проблема возраста научного коллектива. Одна из задач формулируется так: можно ли сохранить молодыми научные коллективы в стареющих городах?

8. Модель «Научный работник — творчески активный индивидуум». Проблеме психологии научного творчества посвящена очень большая литература (только в США по данному вопросу имеется несколько тысяч публикаций). В информационном бюллетене, изданном Институтом истории естествознания и техники АН СССР [9], помещен обзор американской литературы по проблеме научного и технического творчества, снабженный обширной библиографией (более 600 названий).

9. Модель системотехники. Наука рассматривается как система, подлежащая управлению. Здесь существенна проблема оптимальной организации научных разработок, применение метода «исследования операций» к организации научных исследований. (Весной 1967 г. в Москве в Академии наук СССР состоялся специальный симпозиум по этому вопросу под руководством А. А. Ляпунова.)

Каждая из перечисленных выше моделей охватывает лишь какой-либо один аспект рассматриваемого явления. Естественным казалось бы считать стремление к комплексному, всестороннему изучению процесса развития науки. Нам, однако, кажется, что такой подход сейчас является преждевременным. Лишь после того как будут получены содержательные данные в рамках каждой модели, можно будет говорить об объединении результатов исследований и о комплексном подходе к проблеме. Здесь заранее нужно быть готовым к очень большим трудностям — придется сопоставлять результаты, полученные специалистами разного профиля, исследовавшими сложную проблему существенно различными методами.

В нашей книге мы ограничимся рассмотрением лишь одной — информационной модели науки. Нам представляется, что сейчас изучение науки как информационного процесса — одна из самых интересных и важных в теоретическом и практическом отношении задач науковедения.

Проиллюстрируем нашу мысль рассмотрением одной из задач, решаемых в рамках этой модели. Вряд ли кто-нибудь будет спорить с тем, что в наши дни научному работнику приходится работать в условиях информационного кризиса. В ближайшее время успех развития науки в значительной степени будет зависеть от того, как удастся преодолеть этот кризис. Надо понять, чем он вызван, как быстро он нарастает и как складываются новые формы организации науки, позволяющие в какой-то мере преодолеть этот кризис. обстоятельное изучение баланса рабочего времени химика-исследователя, проведенное в США еще 10 лет назад [10], показало, что на информационную деятельность в среднем тратится 33,4% рабочего времени. Минимальное значение этой величины — 15,7%, максимальное — 61,4%. При этом под информационной деятельностью понимаются все процессы, связанные с поиском и чтением литературы, обсуждением научных и технических проблем, письменными и устными сообщениями. Если же содержание информационной работы определить шире, включив сюда дополнительно обдумывание и планирование эксперимента, с одной стороны, и служебную и административную информационную деятельность, с другой стороны, то окажется, что химик-исследователь тратит на

информационную деятельность в среднем уже 49,8%. Максимальное значение этой величины теперь уже достигает 94,5%, минимальное — 20,0%. У нас в Советском Союзе аналогичные исследования проводил М. Л. Колчинский [11]. Он показал, что в ряде организаций радиоэлектронной промышленности на информационную деятельность, понимаемую в более узком смысле этого слова, разработчики (т. е. научные работники, инженеры-исследователи, конструкторы, технологи) тратят в среднем 27% своего рабочего времени. Почти во всех странах появилась специальная служба научной и технической информации. У нас в стране она насчитывает более 100 000 человек. Трудно сказать, сколько людей занято этой деятельностью во всем мире. Во всяком случае, в 1966 г. в США Национальный научный фонд выделил 250 млн. долларов на работы, связанные с облегчением доступности научно-технической информации, что существенно превосходит ассигнования, выделяемые этой организацией на все другие направления [11а]. Мы знаем только, что в ВИНТИ АН СССР выпускается специальный реферативный журнал «Научная и техническая информация», в котором ежегодно публикуется более 3000 рефератов статей, посвященных новым способам переработки научной информации, содержащейся в публикациях. Эту новую область научной деятельности принято теперь называть *документалистикой*, или *информатикой*. Появился ряд специальных журналов, публикующих только исследования по документалистике.

При изучении науки как информационного процесса оказывается возможным применять количественные (статистические) методы исследования. Это представляется особенно привлекательным с позиций тех научных работников, которые работают в области точных и технических наук. Нам кажется естественным это направление исследований называть *наукометрией*.

Информационная модель развития науки и ранее неоднократно предлагалась для рассмотрения (см., например, упомянутую выше монографию Г. М. Доброва [5]); однако она не была доведена до логического завершения. В нашей книге делается попытка восполнить этот пробел. Мы хотим показать, что такая модель содержательна — она позволяет с единых позиций осмыслить появившиеся за последние годы работы по количественным

методам изучения процесса развития науки и наметить новые направления исследований. Нам представляется, что сейчас можно думать о разработке единой теории, в рамках которой будут развиваться работы по количественным методам изучения процесса развития науки.

Мы просим читателя быть снисходительным и учесть, что наукометрия — это совсем новая, еще недостаточно установившаяся область знаний. Здесь еще нет общепринятых, хорошо согласованных или, если хотите, усредненных точек зрения.

Авторы часто развивают концепцию, сложившуюся у них при работе над этой проблемой совместно с тем «незримым коллективом» исследователей, который группируется сейчас около Семинара по наукометрии в Институте истории естествознания и техники АН СССР. Большое внимание в книге уделяется изложению результатов исследований, полученных этим коллективом.

ГЛАВА I

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ НАУКИ

Наука есть некоторый процесс, развивающийся во времени, и этот процесс, естественно, можно подвергнуть количественному исследованию точно таким же методом, каким изучаются развивающиеся во времени процессы в биологии, химии или физике.

Количественные методы исследования можно успешно применять тогда, когда хорошо поставлена задача. Надо предложить модель изучаемого явления с тем, чтобы четко определить подход к проблеме. При этом не нужно забывать, что всякая модель всегда уже изучаемого явления — она охватывает лишь какой-нибудь из его аспектов.

Феноменологически науку можно рассматривать как процесс получения существенно новой информации. Этот процесс носит последовательный и коллективный характер: всякая научная работа базируется на некотором множестве ранее высказанных идей. Новые научные работы появляются в результате дальнейшего развития или переосмысливания ранее выполненных работ. Наука — это самоорганизующаяся система, развитие которой управляется ее информационными потоками. Внешние условия — ассигнования, отпускаемые на развитие науки, организационные формы, сложившиеся в той или иной стране, идеологическое давление, секретность — все это лишь элементы той среды, в которой развивается наука. Среда может быть благоприятной или неблагоприятной для развития науки, но она не в силах заставить науку развиваться в каком-либо органически чуждом ей направлении. Здесь уместно сравнение

с биологией. Развитие организма определяется наследственными информационными потоками; внешняя среда может лишь способствовать или тормозить развитие организма, но она не может направить его развитие по каким-то особым, чуждым этому организму, путям.

Будем называть *наукометрией* количественные методы изучения развития науки как информационного процесса. Это *кибернетический* подход. Известно, что изучение сложных систем можно проводить путем исследования тех информационных потоков, которыми они управляются. Один из таких примеров — изучение наследственности путем расшифровки кода ДНК.

Рассматриваемая нами модель позволяет четко очертить круг изучаемых явлений. Мы сразу же можем исключить из рассмотрения все, что относится к так называемой «закрытой» науке, поскольку развитие «закрытых» работ не оказывает влияния на информационные потоки в науке. Поясним нашу мысль следующим примером. Пусть ученый *А* делает доклад и сообщает аудитории устаревшую и теперь уже неверную концепцию. Допустим, что в той же аудитории сидит ученый *Б*, который знает новое решение задачи, но не может его сообщить, так как этот результат был получен в закрытой работе. Кто из этих двух ученых оказывает влияние на развитие науки? Только ученый *А*, хотя он в этом частном случае «двигает науку назад». Ученый *Б* окажет влияние на развитие науки лишь тогда, когда он сможет в какой-либо, хотя бы завуалированной, форме сообщить о своих результатах, сделать так, чтобы они влились в общий информационный поток.

Принятая нами модель позволяет также исключить из рассмотрения все, связанное с внедрением науки в технику. Техника относится к сфере материальной деятельности человека, которая хотя и опирается на информационные потоки, идущие из науки, но не задается целиком ими. Цель техники — создание материальных ценностей, а не идей, и этот процесс, естественно, нельзя рассматривать в рамках сформулированной выше информационной модели. Здесь действует иной механизм и нужна другая модель для его описания. Развитие техники можно рассматривать как развитие системы, являющейся дочерней по отношению к науке. Взаимодействие этих систем — предмет особого исследования,

выходящий за пределы рассматриваемой нами задачи. Здесь интересно отметить, что между наукой и техникой существует информационный барьер — информационные потоки науки, как правило, мало доступны инженеру. На границе этого барьера существуют специальные трансформаторы, превращающие информационные потоки науки в формы, доступные для инженеров. Первым таким трансформатором является высшее учебное заведение, готовящее инженера на уровне современного развития науки. (Заметьте — ученый, работающий в области техники, скажем, металлург, работает все же не на заводе, а в вузе.) Второй трансформатор — разного рода специализированные курсы, служащие для ознакомления инженера с новыми научными идеями. Третий трансформатор — издание такой литературы, в которой новые идеи, скажем, идеи математики, трактуются с позиций их возможного применения в технике. Фронт технических разработок, вероятно, задается не столько фронтом научных исследований, сколько состоянием и организацией систем преобразования информации. Специализированные и хорошо механизированные информационные центры должны были бы стать новой формой таких трансформаторов, но пока еще мы ими не располагаем.

С позиций принятого нами определения, за пределами наших интересов оказываются такие вопросы, как гносеология, методология научных исследований, логика развития науки, психология научного творчества и многие социологические и экономические аспекты развития науки. Не следует думать, что мы отрицаем важность этих вопросов. Дело здесь просто в том, что сейчас, на первых этапах исследования, трудно предложить единую модель, которая охватила бы процесс развития науки во всем его многообразии. Выбором модели процесса, естественно, определяется постановка задачи и решается основная для всякой точной науки методологическая проблема. Сразу становится ясным, что и как надо измерять и с каких позиций интерпретировать результаты измерений.

Если мы рассматриваем науку как информационный процесс, то естественно прежде всего проследить во времени за ростом числа научных публикаций, считая их носителями информации. Очень интересные результаты

в этом направлении были получены Диреком Прайсом; они изложены в его книге «Little Science, Big Science» «Малая наука, большая наука» [12]. Здесь, кстати, отметим, что у нас и у Прайса очень сходное отношение к науке как к объекту исследования. Его формулировки, правда, несколько парадоксальны: «... главной конечной целью работы ученого является статья, которую он публикует», «... ученый нуждается в том, чтобы писать, а не читать; инженер — в том, чтобы читать, а не писать», «... было бы наивно рассматривать технику как прикладную науку...» [13]. Из работ Дирека Прайса следует, что в наши дни наука вступила в новую фазу развития (малая наука перешла в большую науку), связанную с некоторым кризисом роста. Он объяснил механизм этого кризиса (адаптационное торможение развития науки) и заметил возникновение новых форм организации науки, направленных на его преодоление. Все эти вопросы будут обстоятельно рассмотрены в следующей главе.

В некоторых разделах знаний при исследовании информационных потоков можно изучать не только рост публикаций — носителей информации, но и рост *отдельных показателей*, характеризующих непосредственные результаты тех или иных исследований, и даже производить *формальный статистический анализ содержания публикаций*. Так, например, можно изучать рост энергии элементарных частиц, достигаемой в ускорителях, рост быстродействия и объема памяти электронных вычислительных машин и пр. Этот подход к проблеме будет рассмотрен в гл. III. При таком подходе, конечно, удастся получить лишь некоторые частные результаты, имеющие значения только для тех или иных отдельных областей знания. Эти данные окажутся полезными при управлении процессом развития науки, например, при выборе наиболее перспективных, наиболее плодотворно развивающихся направлений исследования.

Можно предложить еще один подход — изучение научных журналов как каналов связи. Это направление последнее время интенсивно развивается московской группой исследователей. При таком подходе удастся получить некоторые представления о внутренней (логической) структуре фронта научных исследований; можно оценить усилия, затрачиваемые отдельными странами на развитие науки и, что особенно интересно, — эффек-

тивность усилий, затраченных отдельными странами на развитие мировых информационных потоков.

Особый интерес представляет статистическое изучение языка научных публикаций. По мере своего обособления и углубления каждая область знаний вырабатывает свой особый язык — своеобразный научный «сленг», делающий ее мало доступной для специалистов в других областях. Этот процесс представляется вполне естественным, поскольку в каждой, даже узкой области знаний возникают понятия, имеющие свой особый и очень глубокий смысл — с их помощью кодируются целые научные концепции. Такая система кодирования научных концепций облегчает обмен информацией в пределах отдельных научных направлений, но затрудняет общение со смежными дисциплинами. Толковые словари здесь не приносят пользы — они не могут заменить собой руководства, разъясняющие научные концепции. Нам представляется интересным проследить при помощи статистического анализа за историей развития специфических языков в отдельных областях знаний и оценить их роль в развитии системы научной информации. Таким способом можно, по-видимому, решать и отдельные частные задачи. Одна из подобных задач — изучение проникновения каких-либо методов исследования (и мышления) в смежные области. Например, можно количественно определить степень проникновения методов математической статистики в различные области знаний, оценивая частоту появления специфических терминов данной дисциплины в публикациях, посвященных другим разделам науки. Такой анализ позволяет оценить не только широту, но и глубину проникновения новых идей и методов. Последняя будет задаваться частотой появления слов, которыми кодируются сложные концепции. Этим способом, видимо, удастся следить и за развитием отдельных идей или научных школ в пределах одной области знаний. Пользуясь им, можно было бы, вероятно, чисто формально, на основании частотного анализа, проследить, скажем, за проникновением байесовского подхода в различные разделы математической статистики. На важность такого лингвистико-статистического анализа научных публикаций нам не раз указывали при обсуждении наших докладов (семинары в ВИНТИ, симпозиум «Исследование операций и анализ развития науки»,

проходивший под руководством А. А. Ляпунова в Москве в 1967 г.). Здесь, правда, возникают очень большие трудности как технического характера, например, потребность в специализированных ЭВМ, так и принципиального — в некоторых областях знания используются термины смежных «модных» областей без достаточного понимания их содержания. В нашей книге, к сожалению, еще нет главы, посвященной такому анализу. Работа в этом направлении только начинается. Некоторые, чрезвычайно скромные результаты, полученные кустарным способом, будут изложены в гл. III (стр. 71) при обсуждении вопроса о проникновении методов математической статистики в аналитическую химию.

И, наконец, последнее, если принять информационную модель процесса развития науки, то естественно обратить особое внимание на анализ специфического кодового языка научных ссылок в информационных потоках науки. Мы предлагаем рассматривать систему библиографических ссылок в научных публикациях как особый, специфический язык научной информации. За рубежом наибольший вклад в изучение системы библиографических ссылок, или цитат¹⁾, внес Ю. Гарфилд. Одна из его статей называется так: «Индекс научных ссылок — новая размерность в документалистике» [14].

Почему же мы рассматриваем систему научных ссылок как особый язык? Выше говорилось, что каждая публикация базируется на некотором множестве ранее высказанных идей. Эти идеи могут быть достаточно новыми и мало известными читателю. Тем не менее, автор публикации обычно не останавливается сколько-нибудь подробно на их изложении — он ограничивается ссылками на ранее появившиеся публикации, в которых эти идеи были впервые высказаны. Система научных цитат оказывается тем кодовым языком, который позволяет писать статьи в компактной форме, без повторений. Идеи, на которые опирается автор в своей публикации, передаются этим языком. Вслед за Кесслером [15] мы можем утверждать, что библиографические ссылки *отражают ту интеллектуальную атмосферу*, в которой про-

¹⁾ Здесь надо внести некоторую ясность в терминологию. В этой работе под словом цитата мы будем понимать библиографическую ссылку в публикации, а не какие-либо дословно приводимые слова.

исходило создание публикации. Многие ученые настолько хорошо понимают и используют этот кодовый язык, что могут получить некоторое представление о работе, не читая ее. Допустим, например, что вы просматриваете какой-либо математический журнал и встречаетесь с большой и трудной по содержанию статьей; допустим, далее, что краткое содержание (summary) написано крайне непонятно. Тогда естественно обратить внимание на систему ссылок — если среди них вы найдете знакомые имена и известные вам публикации, то вы легко получите представление о том круге вопросов, который здесь может рассматриваться. Сотрудникам ВИНТИ постоянно приходится сталкиваться с аналогичной задачей — как понять, хотя бы в общих чертах, о чем идет речь в статье, написанной на одном из «экзотических» языков, таких, как венгерский или японский. Анализ системы ссылок немедленно дает ответ на этот вопрос.

Если систему информационных ссылок рассматривать как особый язык научной информации, то возникает две задачи: 1) изучить структуру этого языка и 2) научиться пользоваться им для того, чтобы следить за развитием науки.

В настоящей главе мы рассмотрим только первую задачу. Хочется прежде всего провести сопоставление языка научных ссылок с обычным языком человека и с искусственными дескрипторными языками, применяемыми в документалистике. Хорошо известен тот большой вклад, который внесла английская лингвистическая философская школа в изучение естественного языка. Здесь нам нужно обратить внимание на два самоочевидных тезиса лингвистической философии, возникновение которой связано с именем Людвига Видгенштейна в последний период его творчества¹⁾.

1) «Язык полиморфен». Это значит, что понятия не имеют четко очерченных граней — в разных контекстах они могут приобретать различный смысл. Тот же тезис можно сформулировать и по-иному: «понятия не есть имена сущности» — между понятиями и сущностями не существует однозначной связи.

¹⁾ Некоторое представление об идеях английской философской лингвистической школы можно получить из книги Геллнера [16]

2) «Естественный язык совершенен»; нет необходимости изобретать какой-либо специальный лучший язык.

Вряд ли кто-нибудь будет спорить с приведенными выше утверждениями — здесь мы связываем их с английской лингвистической философской школой лишь потому, что там они были изяшно сформулированы. Из них следует, в частности, что искусственные дескрипторные языки с четко очерченными гранями для понятий принципиально не могут быть хорошими. Мы полагаем, что в этом могли убедиться все, кто хоть немного имел дело с такими языками. Содержание публикации, богатой новыми идеями, трудно передать с помощью наперед заданного множества дескрипторов с четкими смысловыми гранями. Это множество оказывается недостаточным для выражения новых идей. Все трудности немедленно снимаются, если обратиться к естественному языку с его нечетко очерченными понятиями. В естественном языке вы легко можете придавать старым словам совсем иной смысл.

Язык научных ссылок обладает еще большей полиморфностью, чем обычный язык. В нем нет понятий, он ассоциативен. Ссылка в публикации — это знак, отсылающий читателя к некоторой ранее опубликованной работе, богатой интересными идеями. Множество идей ассоциируется с одним знаком — библиографической ссылкой¹⁾.

Содержание научных публикаций закодировано в библиографических ссылках. Кодирование производит сам

¹⁾ Здесь интересно обратить внимание на известную аналогию в способе приписывания смысла знакам в обычном языке и в языке ссылок. Современная лингвистика обращает внимание на различные свойства слов [17]. Можно говорить о концепции отнесения (referent). Слово относится к определенному объекту или нескольким объектам. Это свойство слова определяется более или менее четко. Соотношение отнесения создает лишь бедный язык — люди идут дальше и приписывают словам особый смысл (meaning). Утверждается, что смысл слова черпается изнутри сознания человека. Слово есть некий «черпак», единый для всех, но у разных людей содержимое этого черпака далеко не одинаково. В языке научных ссылок библиографическая ссылка служит для отнесения к другой публикации. Чтобы придать смысл ссылке как знаку, надо «зачерпнуть» идеи из этой публикации. Языком ссылок может пользоваться только хорошо подготовленный читатель. Точно так же приписывать глубокий смысл словам обычного языка может только высокообразованный человек.

автор в процессе написания статьи. Это кодирование в каком-то смысле полнее отражает насыщенность публикации идеями, чем кодирование дескрипторами. Ю. Гарфилд в одной из своих работ приводит следующий пример [18]: он взял хорошо известную, богатую идеями статью Силея по общему адаптационному синдрому. При просмотре всех номеров одного медицинского журнала за пять лет было отобрано 23 публикации, в которых содержались ссылки на статью Силея. Темы выделенных статей сильно варьируют, но во всех чувствуется влияние работы Силея, хотя в некоторых случаях она в тексте самой публикации даже не упоминается. Примечательным оказалось то, что в хорошо известном справочнике «Quarterly Cumulative Index Medicus» ни одна из этих 23 статей не попала в раздел «Адаптация», куда была отнесена исходная статья Силея. Поиск публикаций по общности идей трудно производить по дескрипторной индексации, которая охватывает формальное, а не идейное содержание публикации.

Итак, мы предлагаем рассматривать систему библиографических ссылок как особый информационный язык. Его статистический анализ оказывается одним из средств для изучения развития информационных потоков в науке. Пользуясь этим методом, можно проследить за развитием отдельных научных направлений и за проникновением новых методов исследования в смежные области, оценить эффективность труда ученых, исходя из влияния их работ на развитие информационных потоков и т. д. Все эти вопросы изложены в гл. VI.

ГЛАВА II

РОСТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ

§ 1. Экспоненциальный характер роста

В естественных науках исследователь, желающий получить математическую модель изучаемого явления, поступает обычно следующим образом: он выдвигает одну или несколько конкурирующих гипотез на основании логически осмысленных априорных сведений, полученных из предыдущего опыта. Эти гипотезы формулируют на математическом языке и сопоставляют с экспериментальными данными. Исследование заканчивается выбором одной из конкурирующих гипотез, которая корректируется в соответствии с новыми экспериментальными данными. Иногда при выдвижении начальных гипотез исходят из аналогии с известными и ранее уже хорошо изученными явлениями природы.

Таким же образом можно поступить и при исследовании роста информационных потоков в науке. В отсутствие ограничивающих факторов скорость роста публикаций, которые мы считаем носителями научной информации, должна определяться достигнутым уровнем развития науки. Каждая новая серьезная научная концепция должна вызывать некоторое количество новых научных работ, развивающих и углубляющих или опровергающих ее. Отсюда следует, что механизм роста числа публикаций y должен задаваться следующим дифференциальным уравнением [19, 20]:

$$\frac{dy}{dt} = ky \quad (k > 0), \quad (1)$$

где k — константа, характеризующая (в среднем) отклик на публикации в той или иной области знания.

Написав это уравнение, мы тем самым утверждаем, что скорость роста $\frac{dy}{dt}$ пропорциональна достигнутому уровню y или, иначе, относительная скорость роста $\frac{1}{y} \frac{dy}{dt}$ остается постоянной величиной. Решая дифференциальное уравнение (1), получаем уравнение экспоненты

$$y = ae^{kt} \quad (k > 0).$$

Кривые роста, заданные экспонентой, удобно охарактеризовать отрезком времени t , в течение которого интересующая нас величина y удваивается. Легко подметить, что относительной скорости роста в 5—7% в год соответствует удвоение за 10—15 лет. Конечно, закон экспоненциального роста может сохраняться только до тех пор, пока резко не изменятся те внешние условия, в которых развивается наука. Такие изменения, как, скажем, война, неизбежно приводят к нарушению экспоненциального роста, который, правда, затем быстро восстанавливается.

Разумеется механизм роста, заданный уравнением (1), не может сохраняться сколь угодно долго. Постепенно должны начать сказываться сдерживающие факторы, например, нехватка материальных или человеческих ресурсов. В этой ситуации механизм роста естественно представить уже следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dy}{dt} = ky(b - y) \quad (0 < y < b, k > 0). \quad (2)$$

Здесь рост ограничен, так как b является максимальным значением величины y . Относительная скорость роста

$$\frac{1}{y} \frac{dy}{dt} = k(b - y)$$

уже не остается постоянной — она оказывается линейной функцией y . Чем выше становится достигнутый уровень интересующего нас показателя, тем ниже оказывается скорость роста. Решение дифференциального уравнения (2) имеет вид уравнения логистической кривой

$$y = \frac{b}{1 + a \exp(-kbt)} \quad (k > 0).$$

В начальные моменты времени, когда $y \ll b$, логистическая кривая практически совпадает с экспонентой (рис. 2.1). Прямые $y=b$ и $y=0$ являются асимптотами для логистической кривой. При значении $y=b/2$ логистическая кривая имеет точку перегиба, в которой меняется знак ускорения. Логистическая кривая широко используется в математической статистике для описания роста

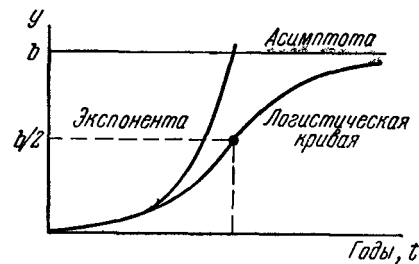


Рис. 2.1. Переход экспоненты в логистическую кривую при наличии факторов, сдерживающих рост [21].

какой-либо совокупности — клеток, людей, телефонных вызовов и т. д.

Посмотрим теперь, как рассмотренные нами математические модели согласуются с результатами наблюдений. В 1956 г. Дирек Прайс построил кривую роста для суммарного числа (накопленной суммы) рефератов

в реферативном журнале «Physics Abstracts», начиная с 1900 г. [21]. Эта кривая приведена на рис. 2.2. Наблюденные значения здесь хорошо аппроксимируются экспонентой (с точностью до 1%). Нарушение экспоненциального хода кривой наблюдается только во время первой и второй мировых войн, после окончания которых рост публикаций снова аппроксимируется экспонентой, несколько смещенной относительно первоначальной.

Тщательное наблюдение за ростом числа публикаций по химии ведет редакция реферативного журнала «Chemical Abstracts» [22, 23]. На рис. 2.3 приведены кривые роста числа статей, реферируемых в этом журнале. Остановимся на анализе первой кривой (см. рис. 2.3а). Здесь мы опять видим два провала, связанных с мировыми войнами. Кривую роста здесь лишь очень грубо можно аппроксимировать одной экспонентой, даже если учесть поправки на нарушения во время войн. Значительно лучшее приближение мы получим, разбив временную шкалу на несколько интервалов и представив результаты последовательностью экспонент с разными значениями параметра k (см. рис. 2.3б).

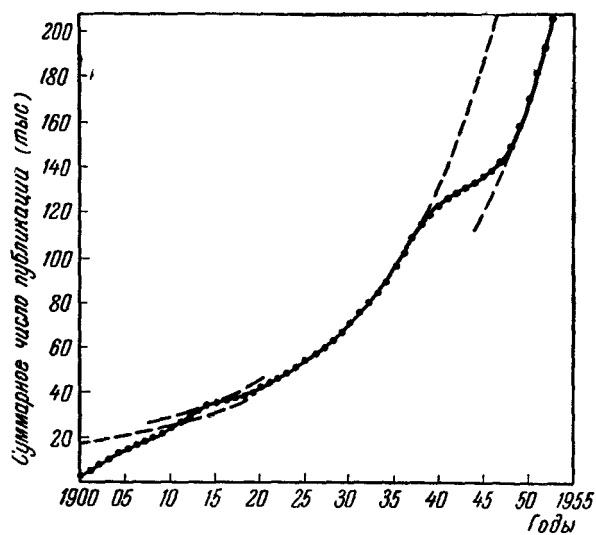


Рис. 2.2. Рост суммарного числа публикаций в реферативном журнале «Physics Abstracts», начиная с 1900 г. [21].

По оси ординат отложены накопленные суммы

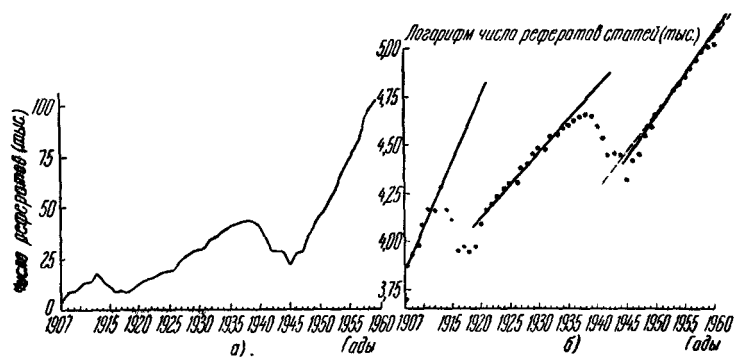


Рис. 2.3. Рост числа рефератов, опубликованных в журнале «Chemical Abstracts» с 1907 по 1960 гг.

а — линейный масштаб; *б* — полулогарифмический масштаб; прямые указывают на возможность аппроксимации экспонентами; тангенсы углов наклона двух последних прямых мало различаются. Пунктиром показана прямая с усредненным тангенсом угла наклона (по двум последним прямым) — ею можно пользоваться для прогноза.

В журнале «Chemical Abstracts» публикуются рефераты не только статей, но и патентов (кривые роста для патентов мы не приводим). Если скорость роста вычислять по всему массиву данных — по всем рефератам, включая и рефераты патентов, то окажется, что удвоение происходит за 12 лет. За 59 лет (с момента своего основания в 1907 г. и по 1965 г.) журнал опубликовал 3 402 406 рефератов, из них 754 699 рефератов патентов (в 1965 г. на патенты падало 15% рефератов). Если сохранится существующая скорость роста, то к 1977 г. суммарное число рефератов достигнет уже 7 миллионов.

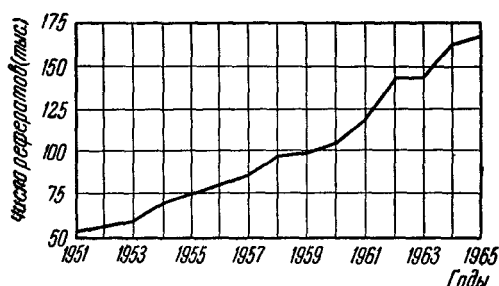


Рис. 2.4. Рост числа рефератов статей в реферативном журнале «Chemical Abstracts» с 1951 по 1965 гг. [23].

Особый интерес представляет тщательный анализ кривой роста за 1951—1965 гг. (рис. 2.4). Прежде всего надо сказать, что нарушение плавного хода кривой, выраженное особенно резко в последние пять лет, объясняется рядом организационных мероприятий; одно из них — изменение в скорости издания рефератов. Если в 1960 г. на выполнение реферата и его печатание в среднем уходило семь месяцев (интервал времени между опубликованием статьи в оригинальном журнале и появлением реферата в реферативном), то в 1965 г. на эти операции уходило уже лишь немного больше трех месяцев. В результате, естественно, увеличилось и число рефератов, опубликованных за последние пять лет и особенно за 1961 и 1962 гг. Некоторое балансирующее действие оказало решение не печатать рефератов переводов, стандартов и неопубликованных работ, представленных на совещаниях. Здесь нужно заметить, что к ана-

лизу кривых роста, построенных по реферативным журналам, надо всегда подходить с особой осторожностью, учитывая изменения в политике, проводимой редакцией журнала. Чтобы проиллюстрировать эту мысль, приведем кривую роста числа рефератов в отечественном реферативном журнале РЖ «Химия» (рис. 2.5). Здесь уже трудно говорить об экспоненциальном характере роста. Нарушение экспоненциального его характера надо объяснить не действительным изменением законов роста публикаций (это противоречило бы приведенным выше

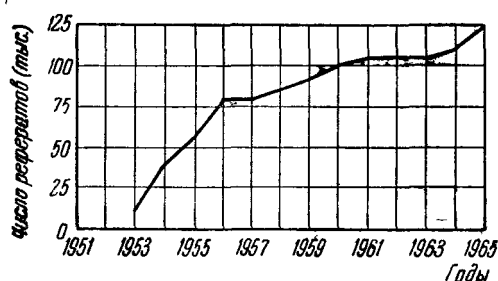


Рис. 2.5. Рост числа рефератов в реферативном журнале РЖ «Химия».

кривым, построенным для «Chemical Abstracts»), а рядом организационных мер, обусловленных в значительной степени ограничениями, накладываемыми финансирующими органами.

Вернемся теперь к анализу кривой роста. Скорость роста для химической и инженерно-химической литературы, вычисленная за 1960—1965 гг., обещает удвоение за 7,5 года. Аналогичные вычисления, сделанные для 1960 г., показали удвоение лишь за 9,3 года. Общее число рефератов в 1965 г. (включая патенты) растет так, что это соответствует удвоению за 8,2 года, а в 1960 г. — удвоению за 8,3 года. Реферативный журнал «Chemical Abstracts» прореферировал в 1965 г. статьи из 10 850 различных оригинальных журналов и серийных изданий. Ежегодно к ним добавляются 600—700 журналов, публикующих статьи по химии, из них 200 — вновь возникших журналов; остальные — старые журналы, впервые начавшие публиковать статьи по химии. Интересно

обратить внимание на рассеяние реферируемых статей по журналам [23].

Процент реферируемых статей	15	25	34	62	75	85	100
Число журналов, в которых опубликованы эти статьи	18	50	100	500	1000	2000	10000

Как мы видим, первые 15% рефератов, помещенных в «Chemical Abstracts», падают на 18 наиболее важных журналов, последние 15% — на 8000 наименее важных.

Приведенные выше данные могут рассматриваться как проявление частного случая закона рассеяния информации, открытого Брэдфордом более 20 лет назад. Закон Брэдфорда по форме напоминает хорошо известный в лингвистике закон Ципфа о распределении частоты появления слов в тексте [98]. Смысл последнего заключается в том, что если слова данного текста упорядочить по убыванию частот их появления в этом тексте, то частота r -го слова будет пропорциональна $1/r^\alpha$, где $\alpha \approx 1$. Закон Брэдфорда — Ципфа можно интерпретировать как закон нарастающей трудности в достижении полной информированности. Известно, что начинающие изучать иностранный язык сначала делают большие успехи. При чтении текста создается иллюзия хорошего понимания, даже когда изучающий знает мало слов и словосочетаний, поскольку он овладевает сначала наиболее часто употребляющимися словами. Дальше становится все труднее и труднее — приходится запоминать слова и словосочетания, встречающиеся все реже и реже. Так же обстоит дело и при стремлении к полной информированности в науке. Из приведенных выше результатов следует, что в области химии на получение последних 15% статей нужно затратить почти в 500 раз больше усилий, чем на получение первых 15%.

На рис. 2.6 показано распределение статей, реферируемых в «Chemical Abstracts», по странам, в которых работали их авторы. В табл. 2.1 часть этого материала для небольшого отрезка времени представлена с большей детализацией. Из полученных данных следует прежде всего, что суммарная кривая роста литературы по химии складывается из неравномерно распределенных во времени усилий, затрачиваемых отдельными странами на развитие науки. Позднее, в конце

§ 3 настоящей главы, мы еще вернемся к анализу этого интересного явления. Сейчас обратим внимание только на то, как в 1960 г. упал вклад, вносимый США, и возрос вклад Советского Союза.

Согласно Бэкеру [22] — редактору журнала «Chemical Abstracts» — соотношение скоростей роста числа советских и американских работ в 1960 г. таково, что в 1965 г. вклады, вносимые каждой страной, должны сравняться. Этого не произошло. В последующей работе [23] говорится о специальной проверке, которая показала, что нарушение предсказания не было вызвано плохой информацией о советских работах. Утверждается далее, что скорость роста числа советских работ по химии снизилась в 1964 и еще больше — в 1965 г. Теперь кривые роста для советских и американских работ идут параллельно, но с постоянным смещением в 7%. Интересно обратить внимание на характер роста числа японских работ. С 1910 по 1950 гг. наблюдался резкий рост вклада японских ученых. После 1956 г. он прекратился, и число работ стало падать. Может быть, в этой стране кривая роста для химической литературы стала приобретать логистический характер. Аналогичное предположение уместно высказать и о таких странах, как Франция, Италия, Швейцария, Нидерланды и Британское содружество наций. Экспоненциальный рост продолжает сохраняться для СССР, США и ФРГ. В ряде стран Восточной Европы в

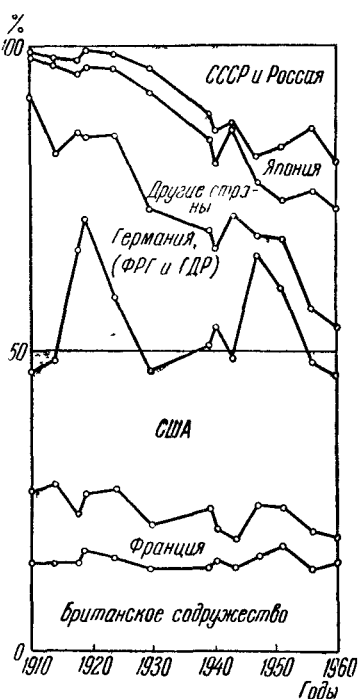


Рис. 2.6. Изменение во времени распределения статей, прореферированных в «Chemical Abstracts», по странам, в которых работают их авторы [12].

Разность ординат точек на кривых дает долю рефераторов (в %), приходящуюся на страну, название которой приведено между кривыми

после 1956 г. он прекратился, и число работ стало падать. Может быть, в этой стране кривая роста для химической литературы стала приобретать логистический характер. Аналогичное предположение уместно высказать и о таких странах, как Франция, Италия, Швейцария, Нидерланды и Британское содружество наций. Экспоненциальный рост продолжает сохраняться для СССР, США и ФРГ. В ряде стран Восточной Европы в

Таблица 2.1

Распределение статей, прореферированных в журнале «Chemical Abstracts», по странам, в которых работают их авторы [23]

Страны	Вклады (в %) за годы				
	1947	1951	1956	1960	1965
США	41,8	36,6	28,4	27,0	28,5
СССР	8,2	6,3	13,5	19,1	20,7
Британское содружество наций *)	15,6	17,4	13,6	13,8	12,5
ГДР и ФРГ	3,1	7,9	8,4	7,8	8,5 **)
Япония	4,4	9,1	10,4	7,8	7,3
Франция	8,4	6,2	6,0	5,0	4,5
ПНР	—	—	—	—	2,9
Италия	3,8	3,3	4,1	3,2	2,7
ЧССР	—	—	1,6	2,0	1,6
Швейцария	2,8	1,9	1,9	1,3	1,0
ВНР	—	—	—	—	1,0
РНР	—	—	—	—	0,9
Швеция	—	—	—	—	0,9
Нидерланды	1,7	1,7	1,3	0,9	0,8
Все другие страны	12,0	8,3	11,1	11,9	6,2

*) Помимо Великобритании, большой вклад в литературу Британского содружества наций вносят Индия, Канада, Австралия, ЮАР и Новая Зеландия.
**) В 1965 г. ГДР — 2,2%, ФРГ — 6,3%.

настоящее время, по-видимому, наблюдается самая большая скорость роста. К сожалению, нам не удалось найти столь же подробных исследований для биологической литературы. В работе М. Конрада [24] приводится кривая роста числа биологических журналов (сюда не входят журналы по медицине и сельскому хозяйству) за последние 200 лет (рис. 2.7). По оценке автора удвоение здесь происходит каждые 18 лет. В более поздней работе Гласса [25] оценки несколько изменились — по его мнению, удвоение журналов по биологии происходит каждые 15 лет. По оценкам Гласса в середине 50-х годов нашего века издавалось 20 000 журналов, в которых публикова-

лось хотя бы несколько статей по биологическим исследованиям. По крайней мере 6000 журналов имело перво-степенное значение. Если существующая скорость роста сохранится, то к 2000 г. надо ожидать появления 120 000 биологических журналов, из которых перво-степенное значение будут иметь 40 000 с общим числом статей около двух миллионов. В настоящее время реферативный журнал «Biological Abstracts» реферировал ежегодно около 100 000 статей, советский журнал РЖ «Биология» — около 130 000 статей.

До сих пор мы рассматривали рост науки в макромасштабе, на уровне таких дисциплин, как физика, химия и биология. Можно спуститься ниже и рассмотреть кривые роста в микромасштабе — на уровне отдельных научных направлений.

В этом случае можно строить кривые роста по хорошо составленным библиографиям. Наш опыт показывает, что построенные таким способом кривые роста, как правило, хорошо аппроксимируются экспонентами. Нарушение экспоненциального хода обычно наблюдается во время войн, а в конце кривой библиографии почти всегда оказываются недостаточно полными для последних 2—3 лет. В качестве примера на рис. 2.8 приведена кривая роста публикаций по демографии в Австралии и Новой Зеландии, составленная по библиографии, приведенной в статье Ланкастера (см. Н. О. Lancaster, Bibliography of Vital Statistics, The Australian J. of Statistics 6, № 2 (1964)).

Интересно отметить, что константы роста, вычисленные для отдельных научных направлений, варьируют в очень широких пределах. Наш коллектив изучил кривые роста для следующих трех направлений математической статистики [26]: 1) планирования экстремальных экспериментов, 2) планирования отсеивающих

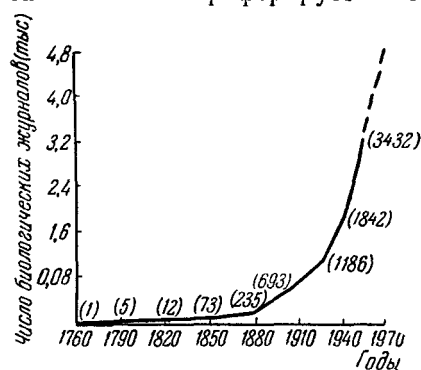


Рис. 2.7. Рост числа журналов по биологии, издаваемых во всем мире [24].

экспериментов в биологии (рис. 2.9) — это направление развивается в связи с задачами растениеводства и животноводства, исследования фармацевтических препаратов, гербицидов и пр., 3) факторного анализа в том смысле, как он понимается в исследованиях по психологии. Оказалось, что по этим трем направлениям число

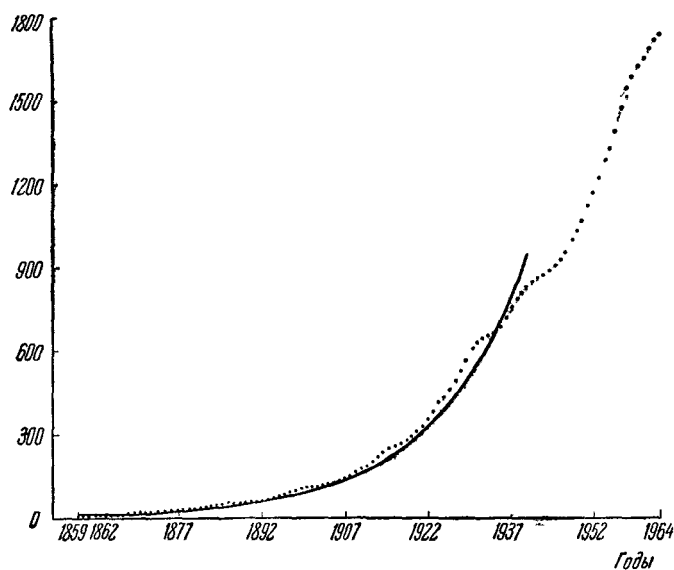


Рис. 2.8. Рост числа публикаций по демографии в Австралии и Новой Зеландии.
По оси ординат — число публикаций.

работ удваивается соответственно за 1,6; 5,4 и 3,0 лет. Мы видим, что различные научные направления могут развиваться с разной степенью интенсивности, если даже они относятся к одной области знаний. Скорость роста числа публикаций по отдельным научным направлениям может служить *мерой их актуальности*. Если потенциальные возможности прогресса в той или иной узкой области начинают исчерпываться, то экспоненциальный рост может перейти в линейный. Дифференциальное уравнение (1) вырождается в соотношение $\frac{dy}{dt} = \text{const}$,

т. е. постоянной величиной становится не относительная, а абсолютная скорость роста. На рис. 2.10 в качестве примера приведены кривые роста числа публикаций по теории определителей и матриц. Первая работа в этой области появилась около 1750 г. Начиная с 1800 г., когда общее число опубликованных работ равнялось 10, стал выполняться экспоненциальный закон роста; он сохранялся до 1880 г., а затем сменился линейным законом.

Можно изучать скорость роста информационных потоков и в сверхбольших масштабах — для всей науки в целом. На рис. 2.11 показан рост числа оригинальных научных журналов и реферативных журналов по всем странам и по всем разделам науки [21]. Здесь также наблюдается экспоненциальный характер роста (по оси ординат — логарифмический масштаб) с удвоением примерно за 15 лет.

С экспоненциальными кривыми можно сделать мысленный опыт, экстраполируя их. Экстраполяция в историческое прошлое приводит к разумным результатам. Оказывается, что ординаты почти всех кривых достигают значения, равного единице, в 1700 г., т. е. в эпоху, связанную с деятельностью И. Ньютона. Например, экстраполяция кривой роста числа научных журналов приводит к значению, равному единице, в 1700 г.; и действительно, первые журналы начали выходить в 1665 г. В первые годы своего существования они образовали небольшую группу, выпадающую из общей закономерности. Эпоха Ньютона может рассматриваться как начало того исторического периода крупных открытий, который продолжается и до настоящего времени.

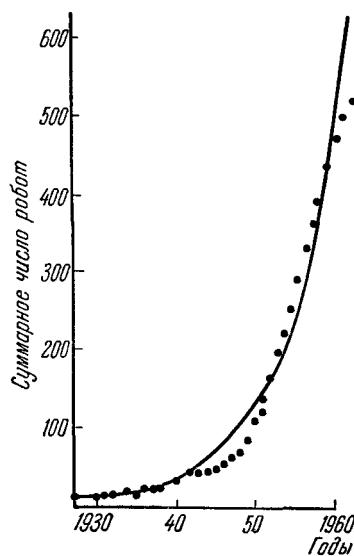


Рис. 2.9. Рост числа публикаций по планированию отсеивающих экспериментов в биологии [26].

Подведем теперь некоторые итоги. Экспоненциальный механизм, задаваемый дифференциальным уравнением (1), достаточно хорошо объясняет процесс роста на микроуровне при изучении развития отдельных узких научных направлений и, как правило, за небольшой промежуток времени. Если перейти к изучению роста на

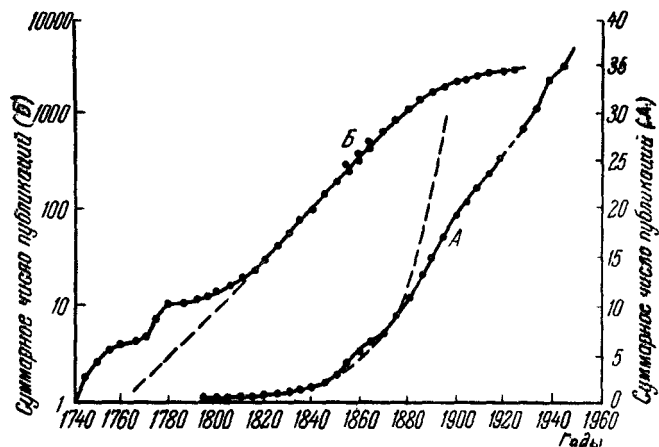


Рис. 2.10. Рост числа публикаций по теории определителей и матриц [21].

А — суммарное число публикаций (в сотнях); Б — то же в логарифмическом масштабе.

макроуровне и рассматривать развитие крупных научных дисциплин за длительное время, используя статистические данные, собираемые по реферативным журналам, то тогда естественно записать процесс роста суммой экспонент

$$y_N = \sum_{i=0}^N a_i \exp[k_i(t - t_i)] \quad (t - t_i > 0),$$

где разность $t - t_i$ задает смещение начала отсчета (экспоненциальный рост в разных странах и в разных узких отраслях начинается в различные моменты времени). С ростом t увеличивается число N , так как начи

нают вступать в игру новые экспоненты. Для некоторого фиксированного значения N написанное выше уравнение можно переписать следующим образом:

$$\sum_{i=1}^N a_i \exp[k_i(t-t_i)] = e^{\bar{k}t} \sum_{i=1}^N a'_i \exp[\varepsilon_i(t-t_i)],$$

где

$$k_i = \bar{k} + \varepsilon_i, \quad \bar{k} = \sum_{i=1}^N k_i / N, \quad a'_i = a_i \exp(-\bar{k}t_i)$$

(ε_i — малы, если мы рассматриваем кривую роста для одной области знаний). Ограничимся рассмотрением

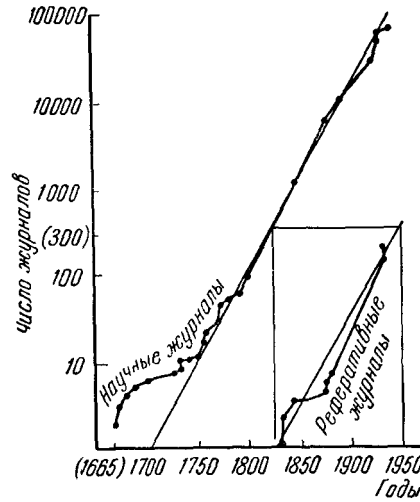


Рис. 2.11. Рост числа оригинальных журналов и реферативных журналов во всем мире [21].

функции y_N в некотором J -м интервале $t=t_0 \pm \tau$. Разлагая сумму в ряд Тейлора вокруг точки t_0 (центр интервала) и ограничиваясь первым членом, получим

$$y_N = \sum_{i=1}^N a_i \exp[k_i(t-t_i)] \approx e^{\bar{k}Jt} \left\{ \sum_{i=1}^N a'_i \exp[\varepsilon_i(t_0-t_i)] [1 + \varepsilon_i(t-t_0)] \right\}.$$

Опыт показывает, что величина \bar{k}_J , как правило, лежит в интервале 0,05—0,10; следовательно, можно ожидать, что ε_i равно по порядку величины 0,01, и мы вправе выбрать τ порядка 10 лет; тогда $\varepsilon_i\tau$ будет порядка 0,1 и второй член в последних квадратных скобках можно отбросить. Результаты наблюдений достаточно хорошо аппроксимируются одной экспонентой $A_J \exp(\bar{k}_J t)$ с некоторым усредненным параметром \bar{k}_J . Параметру \bar{k}_J мы приписали индекс интервала J . При переходе от одного интервала к другому среднее значение параметра будет меняться, так как в каждом интервале при вычислении \bar{k}_J суммируются только те k_i , для которых начался экспоненциальный рост (разность $t - t_i > 0$). Итак, если мы хотим достаточно тщательно описать кривую роста на макроуровне, то нам придется представлять результаты последовательностью экспонент с меняющимся значением параметра k . Так, в частности, было сделано выше при изучении кривой роста литературы по химии, найденной по данным реферативных журналов. В самом деле, на рис. 2.3, б мы получили хорошее приближение экспонентами при τ порядка 10 лет.

Исходя из изложенных выше соображений, легко также объяснить результаты, полученные К. Мейем [26а] при изучении кривых роста для публикаций по математике. Он показал, что если обрабатывать данные начиная с 1868 г., то скорость роста будет равна всего лишь 2,5%, что соответствует удвоению за 28 лет. Если же обработку материала начинать с 1900 г. или с 1920 г., то скорость роста окажется равной 3,5% и 4,6%, что уже соответствует удвоению за 20 и 15 лет. Здесь мы еще раз убеждаемся в том, что формальному статистическому анализу должен предшествовать логический анализ изучаемого явления. Результаты исследования вполне разумно представить последовательностью экспонент с разными параметрами, если принять развитую выше гипотезу о том, что рост задается суммой экспонент. Вопреки утверждениям Мея, мы полагаем, что здесь нет каких-либо серьезных противоречий с результатами, полученными Диреком Прайсом — речь идет просто о том, что сейчас возможен более широкий подход. Количественному анализу развития математики посвящена также обстоятельная работа Л. Нового и Я. Фольта [26б].

В этой работе, в частности, приводятся очень интересные данные, показывающие, что доля математических журналов (вычисленная в процентах об общего числа научных журналов) непрерывно падает. Так, если в 1871 г. на математические журналы приходилось 3,4%, то в 1900 г. эта доля уменьшилась до 1,68%, а в 1960 г. — до 1,057%.

Если описывать кривую роста за большой интервал времени (в несколько десятилетий), пользуясь одной экспонентой, то приходится идти на очень грубое приближение¹⁾. Естественно, что скорость роста будет задаваться выбранным нами временным интервалом. Приведенные выше примеры с ростом объема мировой литературы по физике, химии и биологии показывают, что такая грубая аппроксимация все же оказывается разумной — она дает достаточно четкое представление о характере роста. Особенно хорошие результаты получаются с экспоненциальной аппроксимацией роста работ по физике. Сейчас, по-видимому, можно утверждать, что на протяжении последних 250—300 лет происходил экспоненциальный рост числа публикаций. Скорость роста (по крайней мере за последние 50 лет) такова, что удвоение числа публикаций происходит за 10—15 лет.

Сейчас появились некоторые признаки того, что в части стран намечается тенденция к переходу экспоненциального роста в логистический. Это предположение нуждается еще в очень тщательной проверке. В следующем параграфе мы с несколько более общих позиций рассмотрим проблему затухания кривых роста.

§ 2. Проблема затухания

В неоднократно упоминавшейся выше книге Дирека Прайса [12] высказывается очень важная и интересная мысль о том, что в наши дни происходит изменение

¹⁾ Представлять кривые роста суммой экспонент, не прибегая к кусочной аппроксимации, практически не имеет смысла, хотя это легко сделать с помощью ЭВМ. Здесь возникает ряд трудностей. Прежде всего, априори нельзя сказать, на какое число экспонент надо разлагать кривую, и не ясно, как выбирать начало отсчета для этих экспонент. Если такие вычисления все же произвести, то параметры экспонент окажутся очень сильно коррелированными. И наконец, последнее, — результаты трудно интерпретировать — мы не знаем, как идентифицировать каждую экспоненту.

характера роста некоторых показателей развития науки — экспонента переходит в логистическую кривую: вместо механизма, описываемого дифференциальным уравнением (1), начинает действовать механизм, описываемый уравнением (2). С позиций естествоиспытателя представляется совершенно очевидным, что в замкнутой системе с ограниченными ресурсами развитие любого организма или колонии организмов должно сопровождаться переходом экспоненциального роста в логистический. Земной шар представляет собой некую замкнутую систему, в которой человечество с его экономикой и производительными силами является питательной средой для развития науки. Развитие науки опережает рост народонаселения земного шара, которое примерно удваивается лишь каждые 45 лет. Естественно, что уже в силу этого фактора, хотя бы для некоторых показателей развития науки (в первую очередь для роста числа научных работников, а следовательно, и для роста числа публикаций), надо ожидать перехода экспоненты в логистическую кривую.

Есть ли у нас уже сейчас какие-либо основания утверждать, что хотя бы по некоторым показателям экспоненциальный рост начинает переходить в логистический? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно было бы поступить следующим образом: построить кривые роста по множеству наблюдаемых данных, а затем, пользуясь обычными статистическими критериями, произвести выбор между двумя конкурирующими гипотезами. При таком подходе мы сможем надежно обнаружить переход экспоненциального роста в логистический, лишь попав в область, критическую для первой гипотезы. Эта область располагается за точкой перегиба (для логистической кривой точка перегиба находится при $y = b/2$), где меняется знак второй производной и начинается непрерывное замедление скорости роста. До достижения этой области всегда можно представить отрезок логистической кривой последовательностью нескольких экспонент со скачкообразно уменьшающимися скоростями роста и объяснить скачки в ее изменении различного рода частными факторами. Вряд ли стоит ожидать того момента, когда мы перейдем за точку перегиба и сможем вполне надежно по большому статистическому материалу установить переход одного закона роста в другой.

Надо возможно раньше заметить изменение в законах роста с тем, чтобы успеть принять какие-то меры. Приходится прибегать к прогнозированию кривых роста — к экстраполяции по некоторым показателям роста. Дирек Прайс заметил, что после второй мировой войны стоимость научных работ стала быстро расти. Как видно из

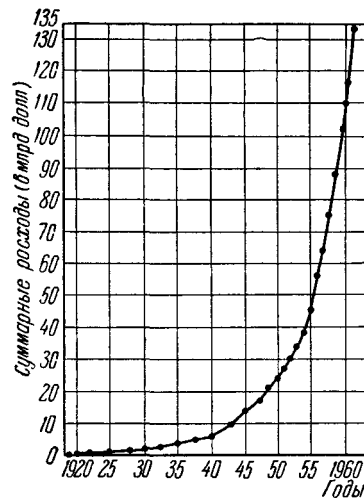


Рис. 2.12. Рост суммарных расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в США [27].

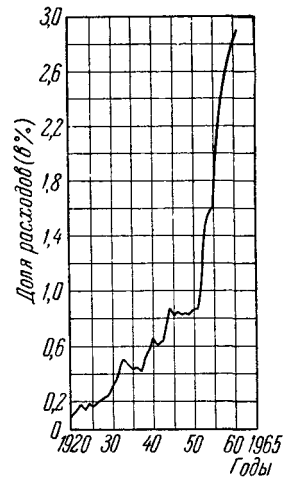


Рис. 2.13. Рост доли расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отношению к стоимости валового национального продукта США [27].

рис. 2.12, заимствованного нами из книги А. И. Михайлова, А. И. Черного и Р. С. Гиляревского [27], в США ассигнования на исследовательские работы теперь удваиваются каждые 5,5 года, тогда как валовый национальный продукт увеличивается каждый год на 3,5% и, следовательно, удваивается только за 20 лет. Рост доли расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отношению к стоимости валового национального продукта США показан на рис. 2.13. В 1963 г. доля расходов на научные работы и разработки в США составляли 2—3% от стоимости валового

национального продукта. Если этот закон роста сохранится, то в 1973 г. они достигнут 10%, а к 2000 г. увеличатся в 81 раз и превысят стоимость валового национального продукта. Ясно, что такой характер роста ассигнований должен измениться, а следовательно, должен измениться и характер роста числа научных работников, числа публикаций и других связанных с этим показателей.

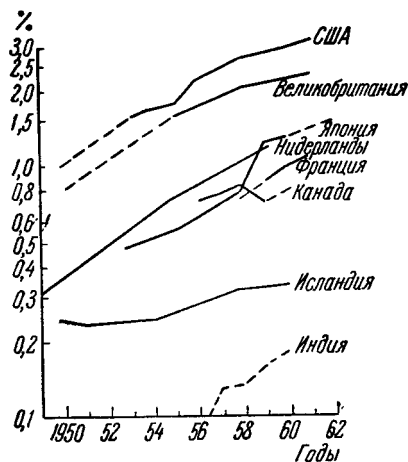


Рис. 2.14. Рост доли расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отношению к стоимости валового национального продукта для ряда стран [28].

По оси ординат — логарифмический масштаб. Пунктиром показаны неофициальные оценки.

На рис. 2.14 произведено сопоставление роста доли расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы для ряда стран. За последние годы наблюдается замедление роста доли этих расходов для Великобритании — страны, ранее других вступившей на путь научного развития. Вопрос о необходимости уменьшения ассигнований на науку обсуждается даже в официальных материалах [96]. На рис. 2.15 представлена зависимость доли расходов на науку от стоимости валового национального продукта на душу

населения. Очевидно, что такая закономерность роста доли расходов не может продолжаться сколь угодно долго.

В СССР расходы на науку растут значительно быстрее, чем в США. Учитывая особенности нашей экономической системы, их нужно сопоставлять с общими расходами по государственному бюджету, которые также растут быстрее стоимости валового национального продукта в США (табл. 2.2). За 28 лет, прошедших с 1940 по 1968 годы, доля расходов на науку в нашей стране увеличилась в 10 раз — с 0,64 до 6,4%. В США

за время с 1940 по 1965 годы доля расходов на науку (вычисленная по отношению к стоимости национального продукта) увеличилась с 0,6 до 2,8%. Если же мы возьмем лишь десятилетие с 1950 г. по 1960 г., то в США доля расходов на науку увеличилась немногим больше, чем в три раза — с 0,8 до 2,8%, а у нас несколько меньше — с 1,269 до 3,165%. Видимо, есть какие-то общие, до конца еще не понятые закономерности в росте удельного

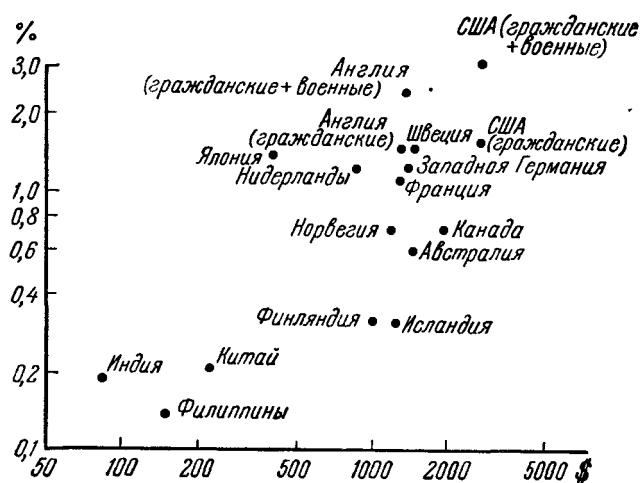


Рис. 2.15. Связь между долей расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы и стоимостью валового национального продукта (в американских долларах) на душу населения [28].

По обеим осям — логарифмический масштаб.

веса расходов на науку, действующие одинаковым или почти одинаковым образом в столь разных по своей политической и социальной структуре странах, как СССР и США. Общая тенденция роста сохраняется одинаковой, несмотря на то, что в этих странах различным образом исчисляются расходы на науку и несколько различный смысл вкладывается в понятие науки. При соответствующей экстраполяции мы получим такие же результаты, как и по США, только все будет несколько смещено. Во всяком случае, ясно, что в ближайшие 30 лет относительная доля расходов на науку у нас не

может вырасти в 10 раз, как это было в предыдущие 30 лет — удельный вес ассигнований в общем бюджете оказался бы невероятно большим (близким к 60%).

Таблица 2.2

**Рост расходов по государственному бюджету СССР
и рост ассигнований на науку [27] *)**

	1940 г.	1950 г.	1958 г.	1960 г.	1964 г.	1965 г.	1968 г.
Расходы по государственному бюджету, млрд. руб.	17,4	41,3	64,3	73,1	92,2	101,6	123,5
Ассигнования на науку, млн. руб. .	113	524	1673	2314	3950	4265	7900
Расходы на науку в процентах от общих расходов по государственному бюджету	0,643	1,269	2,602	3,165	4,293	4,197	6,4

*) Последняя колонка таблицы заполнена по материалам, приведенным в докладе В. Ф. Гарбузова («Известия», № 240, 1967 г.) Там указаны затраты на науку из бюджета и ресурсов самих предприятий. Все данные приводятся в современных денежных единицах.

По-видимому, в наши дни действительно ожидается изменение закона роста по некоторым показателям — переход экспоненты в логистическую кривую. Это утверждение очень важно. Должен измениться закон, по которому развивалась наука в течение последних 250 лет. С этим законом развития науки связан рост всех остальных показателей нашей жизни — благосостояния народа, здравоохранения, общего культурного уровня.

Если высказанное выше утверждение правильно, то надо — в рамках рассматриваемой нами модели — суметь ответить по крайней мере на следующие три вопроса:

- 1) каким механизмом задается торможение?
- 2) какие новые организационные формы примет теперь развитие науки?

3) к каким последствиям может привести изменение законов роста некоторых показателей развития науки — будет ли при этом действительно тормозиться развитие науки как процесса познания?

Ниже мы попытаемся ответить на них.

§ 3. Механизм адапционного торможения

Стоимость научной работы с годами увеличивается — ассигнования на научные исследования растут быстрее числа публикаций. Как это объяснить? Мы не располагаем сейчас материалами, позволяющими всесторонне осветить данный вопрос, да это и не входит в нашу задачу¹⁾. Мы рассматриваем информационную модель науки и поэтому остановимся лишь на анализе адапционного механизма торможения, который возникает в процессе приспособления ученых к новым условиям, созданным ростом и усложнением информационных потоков. Впервые на адапционное торможение обратил внимание Дирек Прайс [12]. Один из авторов настоящей книги попытался развить эту мысль в статье, опубликованной в журнале «Вопросы философии» [31]. В ней отмечается, в частности, что чем больше становится

¹⁾ В редакционной статье журнала «Science» [30] приведено интересное сообщение об исследованиях, выполненных Э. Джонсоном и Э. Милтоном — сотрудниками Лаборатории исследования операций Университета Джона Гопкинса. Авторы исходили из концепции технического сотрудника. Под этим термином понимается профессиональный ученый или инженер совместно с техническим, административным и обслуживающим персоналом, а также с оборудованием и приборами. Обследовалось 17 лабораторий различного профиля. Результаты исследования показали, что за 10 лет, прошедших после 1950 г., расходы на научные исследования и разработки увеличились в 4,5 раза, тогда как исследовательская активность увеличилась лишь немного более чем вдвое. Рост расходов в основном складывается из роста расходов по заработной плате и роста накладных расходов. Расходы по заработной плате увеличивались в год на 7%. Накладные расходы росли немного быстрее, а стоимость оборудования и материалов росла не столь быстро. Из этих скудных сообщений трудно получить представление о механизме удорожания научных работ. У нас в Советском Союзе с 1950 по 1960 гг. расходы на науку увеличились в 4,4 раза, а число научных работников увеличилось примерно лишь в 2,2 раза [27]. В США удвоение числа научных работников происходит примерно за 10 лет (см. рис. 2.17), т. е. примерно в два раза медленнее, чем удвоение расходов на науку. Все эти данные бесспорно свидетельствуют, что происходит процесс удорожания научной работы.

научный коллектив, тем больше времени тратится на обмен информацией. В дифференциальной форме механизм адаптационного торможения можно записать соотношением

$$dy = \frac{dn}{n} \text{const}, \quad (3)$$

где n — число научных работников, y — некоторая мера, характеризующая результаты научной работы (а не просто публикация). Интегрируя, получим

$$y = k \lg n + C, \quad (4)$$

т. е. логарифмический закон роста. Смысл адаптационного механизма торможения состоит в том, что приращение «результатов» научной работы пропорционально приращению числа научных сотрудников и обратно пропорционально общему числу научных сотрудников, занятых решением данной проблемы. Если вы создаете вокруг себя большой коллектив, то вам приходится тратить время на то, чтобы обмениваться информацией с каждым его членом, вы должны терпеливо выслушивать и затем обстоятельно обсуждать предложения всех членов коллектива, вам нужно читать и исправлять все их работы, помогать им в подготовке диссертаций; наконец, ни одна, даже интересная работа, выполненная одним из членов большого коллектива, не выйдет в печать, пока не будут сняты все, часто многочисленные, но не очень серьезные по существу возражения и даже просто придирки. Многие руководители крупных разработок уже давно замечали, что вначале коллектив растет и все идет хорошо (на начальном участке логарифмическая кривая хорошо аппроксимируется прямой, имеющей большой наклон), а затем отчетливо проявляется самоторможение.

Если от рассмотрения отдельных коллективов, занимающихся разработкой узких научных областей, перейти к рассмотрению всей массы коллективов, обеспечивающих развитие науки в широком плане, то мы столкнемся с тем же эффектом адаптационного самоторможения. Если вы хотите выполнить какую-либо работу, то ваши усилия будут тормозиться необходимостью прочитать все относящиеся сюда работы, а для их отыскания надо провести поиск по всему массиву публикаций, растущему по экспоненте.

Если результаты ваших работ оказались интересными, то вам придется прочитать множество однотипных докладов в различных научных учреждениях, а затем беседовать со множеством людей, которые будут пытаться как-то развивать (далеко не всегда успешно) или применять новые идеи. Совещания и конференции — необходимое средство для обмена научными идеями — грозят превратиться в бедствие из-за своей многолюдности. На наших глазах произошла интересная эволюция с совещаниями по одному из разделов физики — спектроскопии. Если в 30-х годах в нашей стране на такие совещания собиралось около 100 человек, то на Всесоюзном совещании по спектроскопии 1965 г. присутствовало уже 2000 человек (табл. 2.3). При таком числе участников вряд ли можно серьезно говорить о плодотворном обмене идеями. Пришлось прибегнуть к дроблению совещания на части (ведь не собирать же участников совещания во Дворце спорта!). Сначала разделили участников совещания на спектроскопистов-теоретиков и работников прикладной спектроскопии, что само по себе уже плохо. Затем совещания прикладной спектроскопии стали проводить регионально — по отдельным районам страны. Это уже совсем плохо — наука все же развивается по каким-то направлениям, отличным от географического районирования страны. Обмен идеями путем личных контактов практически почти прекратился. В других разделах науки пытаются дробить совещания по узким тематическим направлениям — это, конечно, также ведет к ухудшению обмена идеями и, следовательно, к торможению развития науки.

Т а б л и ц а 2.3

Рост численности участников всесоюзных совещаний по спектроскопии и рост числа докладов на этих совещаниях

№ совещания	Год проведения совещания	Число участников	Число докладов	№ совещания	Год проведения совещания	Число участников	Число докладов
1	1936	71	4	13	1960	1200	270
2	1939	150	40	15	1963	1300	430
7	1950	350	86	16	1965	2000	225

Выше мы уже отмечали, что науку можно считать самоорганизующейся системой, управляемой научными информационными потоками. Как мы видим, переход «малой» науки в «большую» характеризуется тем, что наука, рассматриваемая как информационная система, оказывается перегруженной информационными потоками. Адаптационное торможение — это торможение, вызванное приспособлением к новым условиям. Аналогичные явления происходят и в биологических информационных системах. Закон адаптационного торможения передачи информации (4) известен в психологии как закон Вебера — Фейхнера. Он обычно формулируется следующим образом: ощущение пропорционально логарифму раздражения. Этот закон легче интерпретировать, записав его в дифференциальной форме (3). Здесь опять приращение ощущения пропорционально приращению раздражения и обратно пропорционально общему раздражению. Удивительной световой адаптационной способностью обладает глаз человека: после того как человек выйдет из темной комнаты в светлое помещение, чувствительность его глаза к свету падает в 100 тысяч раз.

Естественно, что рассмотренная здесь математическая модель есть лишь некоторое приближение и притом весьма грубое. Но ведь в естественных науках мы всегда поступаем именно так — сначала предлагаем совсем простую модель, позволяющую хоть как-то понять механизм явления, а затем по мере накопления наших знаний усложняем ее.

Выше (см. рис. 2.6 и табл. 2.1) мы уже обращали внимание на то, что за последние 50 лет произошло существенное перераспределение вкладов, вносимых отдельными странами в информационные потоки по химии. Аналогичные явления, видимо, характерны и для других разделов знаний — химия как наука не могла развиваться изолированно, по каким-то особым законам. Это перераспределение информационных потоков легко объяснить в рамках модели адаптационного торможения. Разобьем все страны на две группы. В первую включим такие страны, как Великобритания, Германия, США и Франция, в которых в начале XX века наука находилась уже на относительно высоком уровне развития. Ко второй группе отнесем страны, где наука тогда находилась на низком уровне, это Россия, Япония и ряд других

«малых» в научном отношении стран. Из рассмотрения рис. 2.6 следует, что к 1960 г. по сравнению с 1910 г. вклад, вносимый первой группой, уменьшился примерно с 92% до 53%, а вклад, вносимый второй группой, увеличился примерно с 8% до 47%. Чем объяснить, что наука в странах каждой из групп развивалась по примерно одинаковому закону, несмотря на кардинальные различия в политических, экономических и социальных условиях? Почему удельный вес стран второй группы столь резко увеличился за последние 50 лет? Здесь кажется весьма разумным объяснение Дирека Прайса — в первые годы XX века развитие науки в странах второй группы началось почти с нулевого уровня — в них отсутствовало адаптационное торможение, которое на протяжении 50 лет уже стало проявляться в странах первой группы. К 1960 г. вторая группа стран, видимо, уже начала терять свое преимущество — уровни развития науки в обеих группах примерно сравнялись. Из табл. 2.1 мы видим, что страны второй группы стали вести себя после 1960 г. так же, как страны первой группы, а в одной из них, Японии, резкое ухудшение показателей началось уже с 1956 г.

К проблеме самоторможения науки можно подойти и с чисто кибернетических позиций. Если мы рассматриваем науку как самоорганизующуюся систему, то можно поставить вопрос об изучении того механизма, которым обеспечивается устойчивость этой системы в процессе ее развития. Естественно, что количество вновь возникающих идей (плодотворных и ошибочных) должно по какому-то закону расти с ростом числа научных работников. При этом система будет терять свою устойчивость — ее будет все сильнее и сильнее бросать из стороны в сторону, если рост числа научных работников не будет сопровождаться возникновением какой-то совокупности факторов, тормозящей чрезмерно частое появление множества новых идей и обеспечивающей более или менее устойчивое развитие системы. Написанное выше уравнение (3) можно рассматривать как одну из моделей неселективно действующего фильтра. Наука в каком-то смысле консервативна [31a] — она сохраняет свою устойчивость, сопротивляясь новым идеям. Норберт Винер в своей книге «Я — математик» (изд. «Наука», 1964) утверждает, что, вероятно, 95% оригинальных

работ сделано менее, чем 5% ученых, но большая их часть не была бы написана, если бы остальные 95% не содействовали созданию высокого критического уровня науки. Адаптационное торможение состоит в том, что тормозящее поле каким-то образом растет с ростом науки, обеспечивая ее устойчивость. В развитии науки, по-видимому, заложены противоположные тенденции — стремление к новому и сопротивление новому, что в конце концов обеспечивает устойчивость развития системы.

Механизм сохранения устойчивости, вероятно, заложен в самом процессе роста. Продуктивность научного работника определяется, с одной стороны, его талантливостью — отклонением от средней нормы, с другой стороны, возможностью создавать одинаковым образом настроенные, работающие в резонанс коллективы (в недрах которых часто возникают блестящие плеяды ученых), не окруженные чрезмерно большим тормозящим полем. Рассмотрим следующую статистическую модель образования таких коллективов. Пусть имеется некоторая многомерная таблица, построенная в пространстве параметров, характеризующих способности и склонности научных работников. Ячейки этой таблицы будут задаваться набором чисел, характеризующих свойство научного работника. Допустим теперь, что научные работники распределяются по этой таблице чисто случайным образом так, что выполняется закон Пуассона¹⁾, для которого дисперсия $\sigma^2\{n\}$ равна математическому ожиданию $M\{n\}$. При малом числе научных работников n наша таблица будет заполнена очень неравномерно — обстановка оказывается благоприятной для возникновения отдельных, настроенных в резонанс коллективов, не окруженных «серым» полем. С ростом числа n будет наблюдаться сглаживание — заполнение ячеек будет происходить более равномерно; отдельным микрогруппам,

¹⁾ Мантелл [316] на основании статистического анализа авторских индексов журналов показал, что распределение научных работников по числу их публикаций подчиняется закону Пуассона. В его статье число ученых, не опубликовавших ни одной работы, находилось путем экстраполяции. Расчеты показали, что в течение года 74,1% научных работников не пишет ни одной статьи. Если учесть это обстоятельство, то окажется, что на одну публикацию приходится 3,32 научного работника.

созданным из ученых одной настроенности (одной ячейки), станет труднее пробиваться сквозь общее «серое» поле. Начнут возникать большие, крайне неоднородные по своему составу научные коллективы. Развитие оригинальных идей в таком коллективе тормозится разнородностью суждений, продуктивность талантливого ученого падает. Здесь любопытно отметить, что Дирек Прайс в своей не раз уже цитировавшейся монографии [12] утверждает, что число высокопроизводительных ученых растет как корень квадратный из общего их числа. По оценкам Дирека Прайса общее число ученых удваивается за 10 лет, а численность научной элиты — лишь за 20 лет. Первая оценка не вызывает сомнений — она подтверждается большим статистическим материалом (подробнее см. в § 5 настоящей главы). Что же касается роста численности научной элиты, то здесь нам не удалось найти достаточно убедительных данных, подтверждающих оценки Дирека Прайса, хотя, по-видимому, этот рост действительно происходит значительно медленнее роста числа всех научных работников¹⁾. Здесь нам хочется обратить внимание на то, что из рассмотренной выше статистической модели можно вывести закон квадратного корня. Естественно полагать, что приращение числа высокопроизводительных ученых N должно быть пропорционально коэффициенту вариации $v = \sigma\{n\}/M\{n\} = 1/\sqrt{\bar{n}}$, которым задается рассеяние всех n ученых по рассмотренной выше многомерной таблице признаков, характеризующих способности и склонности ученых. Можно написать $dN = (dn/\sqrt{\bar{n}}) \text{const}$. Интегрируя, получим $N \propto \sqrt{\bar{n}}$. Вряд ли сейчас эти результаты можно принимать слишком серьезно — здесь нужны дальнейшие более обстоятельные исследования.

В настоящем параграфе мы рассмотрели две очень простые модели адаптационного торможения. Они, конечно, не описывают сколько-нибудь исчерпывающим образом сложный процесс развития науки. Нам представляется, что даже и такой, нарочито упрощенный,

¹⁾ Любопытно отметить, что, по данным Л. Нового и Я. Фолта [266], за последние 80 лет число активных математиков, статьи которых реферируются реферативным журналом, удваивалось за 25 лет, т. е. увеличивалось примерно с той же скоростью, что и численность научной элиты.

подход все же приближает нас к пониманию изучаемого явления. Может быть, сейчас здесь важнее четкая постановка задачи, чем попытка ее решения.

Нам представляется, что по крайней мере при современном уровне знаний нельзя предложить никакой универсальной математической модели, описывающей развитие науки или какой-либо другой социальной системы во всем ее многообразии. Можно говорить только о частных моделях, описывающих отдельные тенденции развития в каких-то идеализированных условиях. Математическим моделям нельзя придавать такой же безусловный характер, как, скажем, законам физики. Кибернетика, занимаясь описанием сложных систем, ослабила требования, предъявляемые к математическому описанию. Закон физики, сформулированный на математическом языке, претендует на строго адекватное описание явлений природы; математические модели, понимаемые в кибернетическом смысле, могут претендовать лишь на то, чтобы повысить в какой-то степени уровень понимания изучаемого явления. Если в физике закон необходимо строго проверять, то при кибернетическом моделировании мы удовлетворяемся тем, что математическая модель, часто весьма искусственно построенная, позволяет лишь получить поведение, похожее на поведение реальной системы.

§ 4. Незримые коллективы — новая форма организации научной работы

Незримые коллективы возникли стихийно, как некоторая попытка преодолеть информационный кризис в науке. Исторически они происходят от той группы английских ученых, которая объединилась в середине XVII века, а позднее породила Лондонское Королевское общество. Вначале эта группа существовала как официально не оформленная организация, которая обменивалась письмами о результатах новых исследований в целях сохранения приоритета в открытиях и т. д. Сейчас смысл самого названия «незримый коллектив» широко варьирует в работах разных социологов. Видимо, в настоящее время имеется несколько типов организаций, объединяемых одним гермином — «незримый коллектив». Для таких коллективов характерно следующее:

это официально не оформленные организации, часто носящие международный характер и созданные для преодоления информационного кризиса. Систематическое изучение незримых коллективов начато зарубежными социологами совсем недавно и пока в нашем распоряжении имеются лишь отрывочные сведения (недавно появился препринт, написанный Диреком Прайсом совместно с Дианой Крэн [32], в котором дается список социологов, занимающихся этим вопросом).

Одно из приемлемых и очень широких определений можно сформулировать так: незримый коллектив — это непрерывно действующий международный заочный конгресс, работающий с помощью почты. Дирек Прайс и Д. Бивер [33] провели изучение одной такой информационной группы (Information Exchange Group No. 1 (IEG I) on Oxidative Phosphorylation and Terminal Electron Transport). Она была создана в феврале 1961 г. и состояла тогда из 39 человек. В июне 1965 г. число ее членов достигло уже 592 человек. Каждый серьезный исследователь, работающий в данной области, может просить о приеме в группу или может быть рекомендован другими членами. Члены группы получают фотокопии изданий типа препринтов, называемых «memos». Издания выпускаются без вмешательства редактора, так что обмен идеями осуществляется за две недели вместо нескольких месяцев при обычных методах публикации. Около 90% препринтов затем публикуется в виде обычных статей; перед публикацией в журналах в текст статей иногда вносятся изменения и исправления. Каждый член группы ежегодно платит за эту службу менее 100 долларов; единичная копия стоит около 0,5 доллара.

Увеличение численности группы происходит экспоненциально; она удваивается каждые 13 месяцев. Число выпускаемых препринтов удваивается каждые 7 месяцев, так что к моменту проведения исследования в среднем ежедневно выпускается один препринт.

Группа носит международный характер, но в ней явно преобладают американские ученые. Из общего числа членов на долю США приходится 62%, на Великобританию 9%, на Японию 5%, на Австралию и Швецию по 3%, на Канаду, Францию, ФРГ вместе с ГДР падает по 2%, на СССР также 2%, и наконец, на остальные 19 стран — 10%.

Авторами препринтов могут быть как члены информационной группы, так и посторонние лица, которые, видимо, являются сотрудниками членов группы. Значительная часть членов этого незримого коллектива (286 человек) вообще не участвовала в составлении препринтов. Среди авторов легко удалось выделить две крайние группы. Небольшая, но очень высокопроизводительная группа состоит из 30 человек. Каждый из них был автором или соавтором более чем шести работ — на их долю падает 25% от общего авторского списка, составленного по всем препринтам. Вторая — большая группа (56%) — это авторы-эфемериды, имя каждого появлялось лишь в одной публикации.

Самый интересный результат проведенного исследования заключается в том, что внутри этой большой информационной группы удалось выделить пять малых подгрупп, которые также представляют собой своеобразные незримые коллективы, но уже иначе организованные. Эти подгруппы выявляются как коллективы, связанные системой соавторства. Каждая такая подгруппа состоит из небольшого ядра — очень активных ученых и большой массы, принимающей лишь малое участие в публикациях. Самая большая подгруппа насчитывает 77 человек; они совместно опубликовали 117 препринтов. Этот коллектив группируется вокруг крупнейшего научно-исследовательского института, им руководит организатор, являющийся также редактором важного журнала в этой области знаний. Другая подгруппа базируется в нескольких японских институтах и университетах.

Незримые коллективы могут возникать не только как некоторые специализированные системы для обмена научной информацией, но и как организации, пытающиеся создать своеобразный коллективный разум. Это уже значительно более сложная форма организации совместной деятельности. Возможно, что те подгруппы большой информационной системы, о которых шла речь выше, представляют собой незримые коллективы именно такого типа.

Почему сейчас возникает необходимость в появлении коллективного разума? Создание селективной системы для циркуляции информации с помощью препринтов существенно облегчает работу ученого — не роясь в массе

журналов, он может получить без задержки новые сведения. Но в этой системе приемником по-прежнему остается один ученый, который зачастую уже не способен охватить и переосмыслить все поступающие к нему новые идеи. Появляется потребность в создании коллективных усилий не только для обмена идеями, но и для их восприятия, переосмысливания и дальнейшего развития. Нам кажется, что в исследованиях по документалистике часто слишком много внимания обращают на проблему поиска научной информации. Эта проблема теперь уже носит чисто инженерный или, если угодно, инженерно-экономический характер. Нужно уметь подсчитать, что выгоднее — иметь поисковую систему, позволяющую находить нужную справку с вероятностью 0,99... , или менее совершенную систему и тогда кое-что переоткрывать.

Во многих разделах знаний все серьезнее становится задача переосмысливания содержания новых публикаций. Возникает необходимость в создании научного работника совсем особого профиля — специалиста, который изучает не явления природы, а... публикации. Его задача — разобраться в потоке информации, как-то оценить новые направления, установить связь между новыми идеями, найти возможные области их практического применения. Результатом деятельности научных работников такого типа должны служить *обзоры*, которым следует придавать больший вес, чем оригинальным научным работам в старом понимании этого слова. Проблема «ученый — передающий механизм» не раз обсуждалась с разных позиций в литературе (см., например, [34, 35]).

Прототипом незримого коллектива второго типа являются научные школы, которые существуют столь же давно, сколь давно существует наука. Сейчас научные школы стали приобретать существенно новые организационные формы, в их распоряжении оказались новые технические средства. Если раньше научные школы были вполне «зримыми» — они локализовались в границах какого-либо одного научного центра, — то теперь незримые коллективы выходят за его пределы и часто приобретают даже международный характер. Легко обнаружить публикации, соавторами которых являются ученые, живущие в разных странах. Внутри такого

коллектива создается постоянная циркуляция: ученые ездят в длительные командировки, происходит обмен не только идеями, но и методами работы, возник даже новый термин — Visiting Professor (профессор-«визитер»).

Очень большое значение приобретают сейчас препринты. С помощью этой системы среди сравнительно узкого круга ученых распространяются отчеты, часто даже по еще незаконченным работам. (Некоторые препринты снабжены надписью: «В таком виде не предназначается для публикации».) Это особенно важно, так как участники такого коллектива могут включаться в разработку нового направления на раннем этапе, когда новые идеи еще окончательно не выкристаллизовались. Дирек Прайс утверждает, что обычная система информации (публикация в привычных нам многотиражных журналах) начинает терять смысл; она остается лишь как дань традициям прошлого. По его образному выражению, статьи, попавшие в журналы, оказываются «выжатыми» — из них рукой редактора убраны все спорные высказывания и все недостаточно четко выкристаллизовавшиеся идеи. Если знакомиться с новыми идеями, ограничиваясь только чтением журнальных публикаций, то мы оказываемся вне той творческой атмосферы, где эти идеи создаются.

Недавно появился совсем новый способ преодоления пространственной разобщенности — пересылка наговоренных магнитофонных лент. Непрерывный обмен идеями оказывается возможным без переписки — наговорить ленту значительно проще, чем написать письмо. Все происходит так же естественно, как в обычном разговоре — не нужно специально заботиться о стиле и орфографических ошибках, можно не бояться выражений, не принятых в письменной речи.

У одного из авторов настоящей книги есть личный опыт создания в наших условиях незримого коллектива второго типа. На такой путь мы встали примерно восемь лет назад, когда начали заниматься разработкой и внедрением некоторых идей математической теории эксперимента. В этой сравнительно новой области знаний поток идей оказался столь обширным и сложным по содержанию, что для его восприятия потребовались коллективные усилия. Организовался коллектив для анализа, переосмысливания и дальнейшего развития новых

идей. Одновременно возникла и еще одна задача — внедрение новых, сложных, но весьма эффективных методов исследования в практику работы экспериментаторов — химиков, металлургов, физиков, иногда биологов и, конечно, технологов различного профиля. Средний уровень их математической подготовки оказался недостаточным для восприятия новых идей. Мы столкнулись с одним из тех барьеров, который разделяет различные разделы знаний и отделяет технику от науки. Были созданы специальные трехмесячные курсы с программой математики в 500 часов [36]. Эти курсы существуют уже пять лет. Сейчас у нас в стране имеется много десятков групп, занимающихся вместе с нами одним кругом вопросов и образующих как бы один официально не оформленный коллектив. На рис. 2.16 приведен граф соавторов, составленный по статьям, опубликованным в математическом отделе журнала «Заводская лаборатория». Он показывает, как организован выход информационных потоков из этого незримого коллектива. При его создании определенную роль сыграли и такие традиционные средства обмена информацией, как постоянно действующий семинар и общесоюзные совещания. В настоящее время делаются попытки установить связи с тем зарубежным коллективом, который раньше нас стал заниматься разработкой этих вопросов. Второй незримый коллектив сейчас создается по вопросам наукометрии — он группируется вокруг общегородского семинара, проводимого в Институте истории естествознания и техники АН СССР. Работа ведется большими самоорганизующимися группами — так, одна из публикаций написана 12 авторами. Любопытно отметить, что все члены этого коллектива занимаются наукометрией вне плана работ их учреждений, а в дополнение к своей основной научной работе. Такое положение можно считать естественным лишь в том случае, когда новое научное направление только начинает выкристаллизовываться.

Хочется обратить внимание на трудности, с которыми нам пришлось столкнуться при создании незримого коллектива. Прежде всего, мы встретились с трудностями технического характера — в нашем распоряжении не было современных средств связи. У нас и у наших коллег нет системы препринтов — мы не можем обмениваться обзорами и отчетами, написанными на

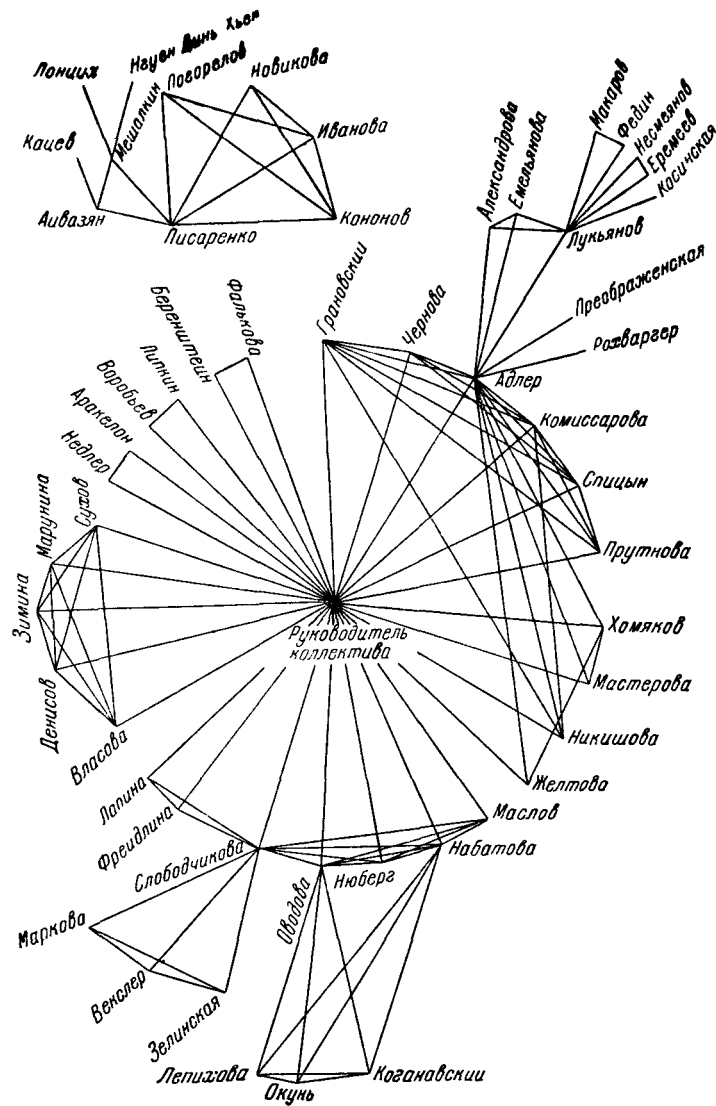


Рис. 2.16. Граф соавторов, составленный по статьям, опубликованным в математическом отделе журнала «Заводская лаборатория» [37]. Прямые между фамилиями авторов указывают на наличие совместных публикаций. В центре — граф для коллектива, работающего в области планирования экстремальных экспериментов.

промежуточных этапах работы. Много неприятностей доставляет телефонная связь: перегруженность телефонной сети, наличие промежуточных, часто плохо работающих коммутаторов, отсутствие персональных телефонов — все это отнимает необычайно много времени, нервирует людей и резко снижает производительность труда. Далее следует указать на трудности организационного характера: большие затруднения возникают с длительными командировками — практически у нас нет системы стажеров. Очень непросто обстоит дело и с организацией упомянутых выше курсов по усовершенствованию. По существующему положению мы не имеем права создавать курсы на срок, превышающий три месяца, хотя это явно необходимо; слушатели курсов не получают командировочных и т. д. Руководство многих научно-исследовательских институтов крайне неодобрительно относится к возникновению незримых коллективов. Нередко можно слышать такие высказывания: «Незачем вам работать на весь Советский Союз; вы получаете деньги в нашем институте и работайте только для него». Иногда изобретаются специальные меры, препятствующие проведению совместных работ или даже посещению общегородских семинаров, а на тех, кто не подчиняется, накладываются взыскания.

Следует отметить, что в наших условиях создание незримого коллектива не служит достаточно эффективным средством преодоления торможения в развитии науки. Рост популярности коллектива приводит к росту числа консультаций. По существующему у нас в стране неписанному закону к вам может обращаться за консультацией кто угодно и по какому угодно (даже совсем пустяковому) вопросу, который возник просто потому, что кому-то не захотелось разбираться в существующих и хорошо известных руководствах и учебниках. Рост консультаций может превратиться в бич для незримого коллектива. Разумеется, консультации приносят и большую пользу. Но если они подавляют творческую активность незримого коллектива, то рано или поздно новое научное направление зачахнет. За рубежом часто практикуются платные консультации (телефонный разговор с ученым — счет к оплате). Если бы мы могли ввести систему платных консультаций, то это, с одной стороны, отсеяло бы тех, кто обращается по несерьезным

вопросам, а с другой, — позволило бы создать на вырученные средства консультационный центр, который автоматически расширился бы за счет своей популярности. У нас в стране нет системы консультационных центров как некоторого узаконенного института. Из-за отсутствия таких центров резко снижается производительность труда научных работников, затрудняется проникновение новых методов исследования в смежные области.

Незримые коллективы — это замкнутые системы, быстро реагирующие на изменяющиеся условия. Они возникли как попытка преодолеть информационный кризис в развитии науки. Эти коллективы создают локальные каналы связи, с помощью которых очень быстро передается информация, представляющая особый интерес для узкого круга научных работников. Делается попытка обойти традиционные каналы связи — научные журналы, ставшие слишком громоздкими¹⁾. В незримых коллективах второго типа коллективные усилия направлены не только на передачу новых идей, но и на их переосмысливание и дальнейшее развитие. Возникает новая форма самоорганизации и самокоординации науки — форма, видимо, более эффективная, чем всякие административно насаждаемые координационные советы.

Можно дать еще одно толкование роли незримых коллективов в развитии современной науки. Выше уже говорилось (см. статистическую модель роста коллективов на стр. 46) о том, что рост числа научных работников приводит к появлению разнородных по своему составу, равномерно «серых» коллективов. Возникновение незримых коллективов можно считать проявлением противоположной тенденции. Научные работники одинако-

¹⁾ В последнее время делается попытка определить, сколько эффективно используются материалы, печатаемые в научных журналах. Согласно оценке [38] каждая статья в среднем читается сотней или несколькими сотнями научных работников. Вот пример расчета. Ежегодно печатается от 50 000 до 100 000 статей по онкологии. Число научных работников в этой области оценивается в пределах от 5000 до 10 000. Если предположить, что каждый научный работник еженедельно читает шесть статей, то в среднем каждая статья будет прочтена 30 или 60 научными работниками. Нужно, конечно, учитывать, что функции распределения здесь должны быть очень асимметричными. По оценке Гарвея и Гриффиса [39], половину статей в журналах по психологии читает менее 200 научных работников.

вой направленности, вкрапленные в силу своего служебного положения в разнородные коллективы, пытаются объединиться, создавая настроенные в резонанс незримые коллективы. Такие коллективы можно рассматривать и как селективные фильтры, которые оценивают и отсеивают работы, исходя из определенной настроенности, свойственной данному коллективу.

Можно указать на ряд неприятных черт, присущих незримым коллективам. Прежде всего, они, конечно, явно недемократичны. Руководство такого коллектива может принять или не принять в свою среду того или иного научного работника или даже целую группу работников по мотивам, в которых оно ни перед кем не отчитывается. В зарубежной литературе не раз высказывалось очень серьезное беспокойство в связи с быстрым ростом информационных систем, основанных на препринтах. Это все же частная, а не общественная система информации. С позиций молодых ученых, еще не получивших известности, такие коллективы могут оказаться очень неудобными. Молодые ученые могут долгое время оставаться вне этих систем. В статье М. Моравчика [40] предлагается создать специальные библиотеки препринтов, регулярно выпускать списки препринтов и т. д., но вряд ли подобные мероприятия принесут существенную пользу. Новые информационные системы возникли в противовес старым, громоздким, но очень демократичным, и представляется сомнительной возможность объединения этих столь различных систем.

Возникновение новых информационных систем поставило в очень трудное положение ученых Советского Союза. При старой системе научной информации научные работники всех стран мира находились в одинаковых условиях. Все мы одинаковым образом печатали свои работы и читали работы других ученых. Никто не имел особых преимуществ. Сейчас обмен идеями начинает сосредотачиваться в незримых коллективах, носящих международный характер. Наши ученые, как правило, не входят в эти коллективы. Мы о новых идеях узнаем через старые каналы связи — традиционные журналы, что приводит к большому опозданию в знакомстве с новыми идеями, а нередко и к необходимости декодировать слишком тщательно отредактированные статьи. Если у нас и создаются свои незримые коллективы, то они

всегда значительно меньше зарубежных, часто объединяющих ученых Англии, Индии, Канады, США, Японии... В главе IV мы еще вернемся к вопросу о том, какой ущерб все это наносит нашей науке и ее престижу.

Можно говорить и о других неприятных сторонах деятельности незримого коллектива. Здесь часто возникают трудности этического характера. Таким коллективом нелегко управлять — руководство коллектива не имеет официальной власти. Незримый коллектив построен по типу средневековых коммун — в нем все основано на взаимном согласии.

Сколько бы мы ни говорили об отрицательных сторонах незримых коллективов, все же, видимо, нужно всячески поддерживать эту новую, стихийно складывающуюся форму организации научной работы. Необходимо создать условия, благоприятствующие созданию незримых коллективов в нашей стране, облегчить и упростить международные связи.

Может быть, здесь нужно сказать несколько слов и о появлении совсем новой тенденции — официальной организации международных исследований. Так, например, по официальным данным [40а], в Великобритании в 1966—1967 гг. 23% ассигнований, отпущенных на развитие науки, предназначалось для этих целей, тогда как в предыдущий год было выделено лишь 18%. Пока трудно что-либо сказать о влиянии этих новых форм организации на развитие науки.

§ 5. Последствия торможения. Проблема возраста научного коллектива

Деятельность незримых коллективов вряд ли может полностью преодолеть адаптационное торможение; единственное, что они могут сделать, — это ослабить скорость его развития. Ясно, во всяком случае, одно — скорость роста ассигнований в ближайшее время должна начать затухать, что приведет к уменьшению скорости роста числа научных работников, а следовательно, и числа научных публикаций. Приведет ли все это к затуханию скорости роста числа научных идей и научных достижений? Ответить на такой вопрос достаточно трудно. Нам кажется, что за последнее время в развитии

науки появилось по крайней мере два фактора, позволяющих смотреть на эту проблему оптимистически.

Первый из них относится к деятельности экспериментаторов. Заметим здесь, прежде всего, что 80, а может быть, 90% исследователей занято экспериментом. До последнего времени сам эксперимент не подвергался изучению. Считалось, что изучать можно все, что угодно, кроме самого процесса исследования; молчаливо предполагалось, что он задается интуицией и построение какой-либо теории здесь невозможно или неуместно. На протяжении столетий улучшалась техника эксперимента, но не создавались теории эксперимента. Лишь совсем недавно стала возникать новая научная дисциплина — математическая теория эксперимента. Эксперимент сам стал объектом исследования. Появилась возможность говорить об оптимальных методах управления экспериментом. Некоторое представление о математической теории эксперимента можно получить из книги В. В. Налимова и Н. А. Черновой [41], а также из сборника «Новые идеи в планировании эксперимента» [42]. При широком внедрении методов, основанных на этой теории, можно будет говорить о росте производительности труда экспериментаторов, который в какой-то степени компенсирует уменьшение скорости роста числа научных работников.

Второй фактор — появление электронной вычислительной техники. По некоторым подсчетам сейчас ученые вряд ли используют более 10% тех возможностей, которые уже теперь имеются. Во всяком случае ясно, что ЭВМ будут постепенно заменять хотя бы часть научного персонала, занятого на выполнении рутинных операций. (Здесь надо вспомнить высказывания Дирека Прайса о том, что общее число научных работников сейчас растет как квадрат числа высокопроизводительных ученых.) С помощью ЭВМ, по-видимому, удастся как-то улучшить научные информационные системы, что приведет к понижению информационной перегруженности науки и замедлит торможение в ее развитии.

Но в то же время есть по крайней мере одна трудность, связанная с торможением, которую вряд ли можно легко преодолеть. Если установившаяся сейчас относительная скорость роста числа научных работников начнет падать, то это неизбежно поведет

к увеличению среднего возраста научного коллектива. Проблема возраста научного работника относится к демографической модели развития науки и выходит за рамки

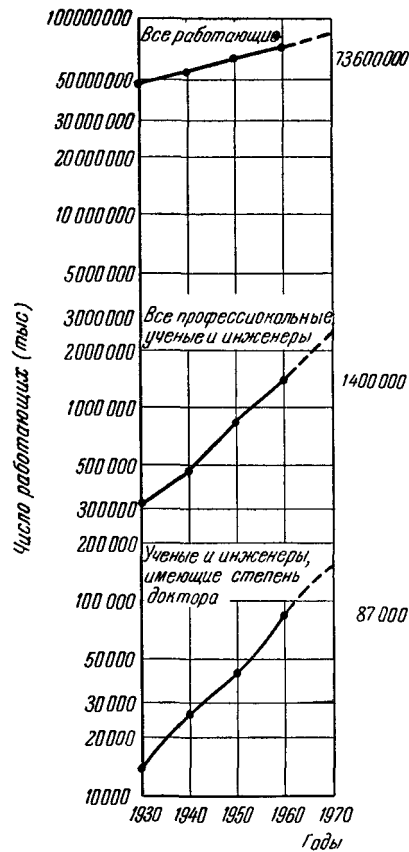


Рис. 2.17. Рост числа работников различных категорий в США [43].

Пунктиром показан прогноз, сделанный еще в 1960 г. По оси ординат — логарифмический масштаб.

нашей книги. Мы коснемся ее здесь лишь совсем коротко — в той степени, в какой она относится к проблеме торможения. Естественно, что средний возраст научного коллектива задается прежде всего скоростью роста числа научных работников. У нас нет четких данных об этой скорости в зарубежных странах. Здесь трудно даже предложить критерий, с помощью которого можно было бы отличить научных работников от инженеров. Поэтому часто приходится прибегать к косвенным измерениям. В упоминавшейся выше книге А. И. Михайлова, А. И. Черного и Р. С. Гиляревского [27] приводится кривая роста числа статей в последовательных изданиях справочника «Американские научные работники» («American Map of Science»), вышедших за последние 50 лет. Авторы книги делают

вполне разумное предположение о том, что число таких статей в справочнике увеличивалось в прямой зависимости от увеличения числа американских ученых. Если принять их гипотезу, то мы увидим, что число изве-

стных американских ученых росло по экспоненте и удваивалось примерно каждые 12 лет. Число рядовых ученых растет с большей скоростью (рис. 2.17). Мы видим, что число научных работников и инженеров, имеющих ученую степень доктора, удваивается примерно за 10 лет. Почти с такой же скоростью происходит удвоение числа профессиональных научных работников и инженеров. Значительно медленнее растет число всех работающих в США (скорость роста 1,4% в год). Итак, затухание роста числа научных работников неизбежно не только по экономическим, но также по демографическим причинам.

Для Советского Союза кривую роста можно построить по данным справочников «Народное хозяйство в СССР» (рис. 2.18). К анализу полученных данных надо относиться с известной осторожностью.

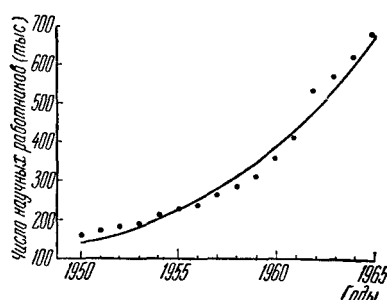


Рис. 2.18. Рост числа научных работников в Советском Союзе.

Не всегда можно объяснить и наблюдающиеся изменения плавного хода кривой — иногда они могут вызываться разного рода реорганизациями, при которых изменяется контингент лиц, попадающих под принятое в ЦСУ определение научного работника ¹⁾. Кривую, по-видимому, имеет смысл аппроксимировать одной экспонентой в интервале 1950—1965 гг. Тогда мы получим относительную скорость роста в 10%, что соответствует удвоению числа советских ученых примерно через каждые семь лет.

Посмотрим теперь, с какой скоростью должен происходить приток свежих сил для того, чтобы обеспечить сохранение постоянства среднего возраста научного коллектива. Примем чрезвычайно упрощенную модель: коллектив (научная школа) создается за 10—15 лет. Новые сотрудники поступают в среднем в возрасте 25 лет.

¹⁾ Его можно подвергнуть серьезной критике. В эту категорию попадает слишком много лиц, не опубликовавших за всю свою жизнь ни одной научной работы.

Тогда легко подсчитать, что **средний возраст коллектива** сохранится постоянным, если сам коллектив будет расти следующим образом:

Средний возраст научного коллектива, лет	30	35	40	45	50	55
Скорость роста, %	20	10	6	5	4	3

Если, например, мы хотим сохранить **средний возраст коллектива** в 35 лет, надо, чтобы скорость роста составляла 10% в год.

Предложенную выше модель роста можно принять лишь при рассмотрении процесса развития малых научных коллективов, создающихся на небольшой отрезок

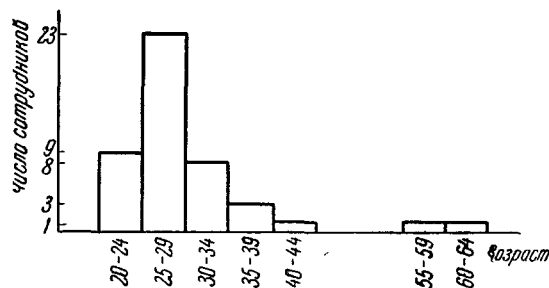


Рис. 2.19. Распределение по возрасту научных работников лаборатории статистических методов МГУ.

времени. Гораздо труднее предложить модель для изучения изменения возрастного состава больших коллективов — целых научно-исследовательских институтов. Совсем трудно предложить модель для описания этого явления в целом по стране за длительное время. Надо учесть не только естественную убыль (уход на пенсию, смерть), но и приток немолодых сотрудников из промышленности и учебных заведений. Следует учитывать также неравномерность роста отдельных лабораторий в пределах института и неравномерность роста различных институтов в пределах страны. Все это подлежит дальнейшему более обстоятельному изучению. Мы здесь ограничимся рассмотрением лишь нескольких примеров. На рис. 2.19 показано распределение по возрасту научных сотрудников недавно организованной в МГУ лаборатории статистических методов. Средний их возраст —

29 лет. Нам представляется, что средний возрастной состав этой лаборатории надо считать весьма благоприятным. Чтобы лаборатория не старела, в среднем она должна расти со скоростью 20% в год.

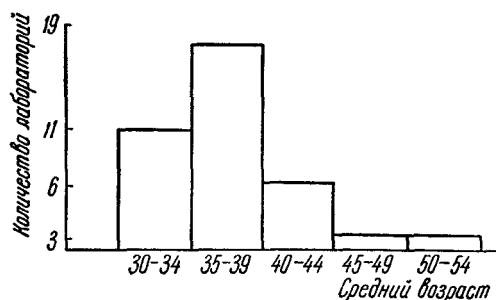


Рис. 2.20. Распределение лабораторий по среднему возрасту научных работников. Институт № 1, общее число научных работников равно 738.

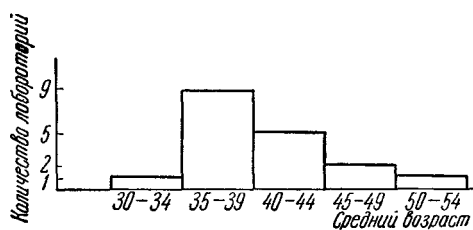


Рис. 2.21. Распределение лаборатории по среднему возрасту научных работников. Институт № 2, общее число научных работников равно 340.

На рис. 2.20 и 2.21 показано распределение лабораторий по возрасту их сотрудников для двух металлургических институтов, один из которых является крупнейшим в нашей стране. Здесь прежде всего бросается в глаза то обстоятельство, что средний возраст сотрудников лабораторий колеблется в широком диапазоне. Институт № 1 значительно «моложе» института № 2, но и в нем есть достаточно «старые» по среднему возрасту лаборатории. На рис. 2.22 показано распределение сотрудников по возрастам в двух таких

лабораториях. Интересно сопоставить возрастные составы этих двух лабораторий и совсем «молодой» лаборатории (см. рис. 2.19). В таких «старых» лабораториях небольшие группы молодых сотрудников не могут сохранять высокий уровень увлеченности — он подавляется уравновешенностью преобладающей группы сотрудников среднего и старшего возраста.

Оба обследованных нами института были организованы еще до второй мировой войны. Первый рос с большей скоростью, чем второй — отсюда разница в среднем

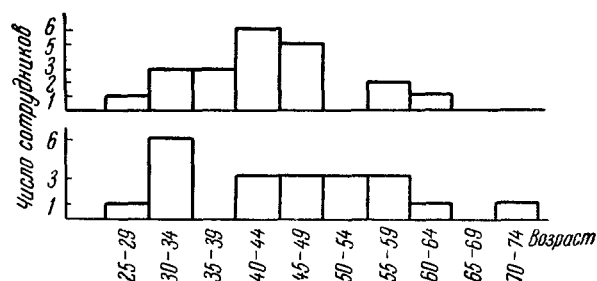


Рис. 2.22 Распределение по возрастам научных сотрудников двух лабораторий для института № 1.

возрасте сотрудников. В пределах каждого института рост отдельных лабораторий происходил крайне неравномерно. Постоянно возникали новые лаборатории, которые в течение некоторого отрезка времени быстро развивались, тогда как давно созданные лаборатории росли медленно и потому «старели». Институты оказались очень неоднородными по возрастному составу персонала своих лабораторий. Естественно, что последние не могут развиваться в одном темпе, не могут одинаково быстро воспринимать новые идеи. Читатель на личном опыте мог убедиться, что высокий средний возраст сотрудников накладывает свой отпечаток на весь коллектив — в таком коллективе плохо воспринимаются новые идеи; его сотрудники не хотят идти на риск, предпочитая работать прежними, хорошо известными, часто устаревшими методами.

Развитием науки в масштабах всего мира никто не управлял. В процессе ее роста каким-то непонятным образом сработал механизм, задавший такую среднюю

относительную скорость роста численности научных работников (около 10% в год), при которой в большинстве лабораторий может поддерживаться благоприятный средний возраст персонала, не превосходящий 40 лет. Такая скорость роста числа научных работников, по-видимому, имела место в течение последних 200—300 лет. Сейчас она должна начать замедляться, что неизбежно поведет к увеличению среднего возраста научных коллективов. Нам представляется, что в этом состоит сейчас самая большая опасность замедления процесса развития науки.

О влиянии возраста на продуктивность научной работы уже многое известно. Этот вопрос довольно подробно рассмотрен в цитированной выше монографии Г. М. Доброва (см. [5], стр. 103—104). Мы здесь совсем коротко остановимся лишь на одном аспекте проблемы — на эмоциональной основе научной деятельности. В литературе неоднократно отмечалось, что результативность научного исследования определяется прежде всего эмоциональной настроенностью научного работника¹⁾. Способность долгое время находиться в повышенной эмоциональной состоянии свойственна в большей степени молодым людям, чем людям среднего и пожилого возраста. Лишь отдельные выдающиеся ученые сохраняют высокий уровень увлеченности в течение всей своей жизни. Обычно научные школы и незримые научные коллективы создаются так: вокруг крупного, как правило, немолодого ученого, умеющего на высоком эмоциональном уровне преподнести свои идеи, возникает коллектив молодых людей, способных с увлечением воспринимать эти идеи. Увлеченность в работе коллектива будет сохраняться лишь в том случае, если он не будет стареть.

По-видимому, уже сейчас надо думать о возможных путях решения проблемы старения научных коллективов. Здесь интересно обратить внимание на то, что эта проблема автоматически решалась в университетах, когда научная работа сосредоточивалась на кафедрах. Вокруг талантливого профессора всегда группировались

¹⁾ Один из авторов настоящей книги уже изложил свои соображения по этому вопросу в статье «Молодой ученый и коллектив» [44].

молодые энтузиасты. Как только они «вырастали», им приходилось уходить в другие организации, так как на кафедрах не было высоких ставок. После появления в университетах лабораторий с высокооплачиваемым персоналом все изменилось — стали создаваться устойчивые, а следовательно, и стареющие коллективы. Отдельные активные ученые иногда совершают, казалось бы, чрезвычайно странные поступки — покидают хорошо организованный, сработавшийся коллектив и начинают создавать все заново где-то в другом месте. Это один из стихийно возникших способов сохранить молодое окружение — вряд ли его, конечно, можно рекомендовать. Иногда можно слышать такие рекомендации — следует увольнять из лаборатории сотрудников, достигших, скажем, 40 или 50 лет, если они потеряли увлеченность, оказались недостаточно талантливыми. Так можно решить проблему в пределах какой-либо одной лаборатории, но не в пределах страны в целом. Ведь не может же профессиональный научный работник в возрасте 40 или тем более 50 лет изменить свою специальность.

Проблема возраста научного коллектива — очень серьезная социологическая проблема. Ее можно сформулировать и несколько иначе. Известный демограф Б. Ц. Урланис сообщил на Сухумском симпозиуме по количественным методам в социологии, что если население Москвы будет расти таким же образом, как это происходит сейчас, то в 2000 г. каждый третий москвич будет пенсионером. Как в этих условиях будет развиваться наука? Мы не знаем сейчас ответа на возникающие вопросы, но думаем, что их удастся найти. Наука как большая самоорганизующаяся система приспособится к новым условиям развития. Важно уже сейчас обратить внимание на эти проблемы и сделать их предметом широкого обсуждения.

ГЛАВА III

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ

Выше мы проводили статистический анализ роста числа публикаций, рассматривая их как носителей информации. Такому же формальному статистическому анализу можно подвергнуть рост количественных показателей, содержащихся в публикациях. Естественно, что такой анализ возможен лишь для отдельных узких областей знаний, связанных с количественными измерениями. Его результаты позволят выявить основные тенденции развития отдельных областей знания. В этом направлении выполнено лишь очень немного работ. Мы попробуем рассмотреть их здесь.

Два очень интересных примера приводятся в уже известной читателю книге Дирека Прайса [12]. Первый пример относится к росту числа открытых химических элементов. На рис. 3.1 по оси абсцисс отложены годы, по оси ординат — число известных в эти годы химических элементов. Кривую роста можно хорошо аппроксимировать последовательностью логистических кривых. Механизм роста здесь легко объяснить. В некоторый момент времени появляются новые экспериментальные возможности и новые идеи — происходит быстрый рост числа новых элементов, затем возможности метода исчерпываются — происходит затухание роста, продолжающееся до тех пор, пока не созреет новое направление, задающее новую кривую роста.

Вторая кривая Дирека Прайса относится к росту энергии элементарных частиц, достигаемой в ускорителях (рис. 3.2). Для отдельных типов ускорителей найденные кривые тоже часто имеют S-образную форму.

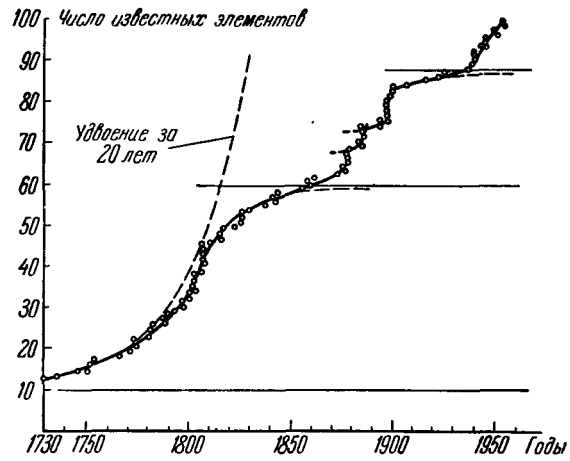


Рис. 3.1. Рост числа известных химических элементов [12].

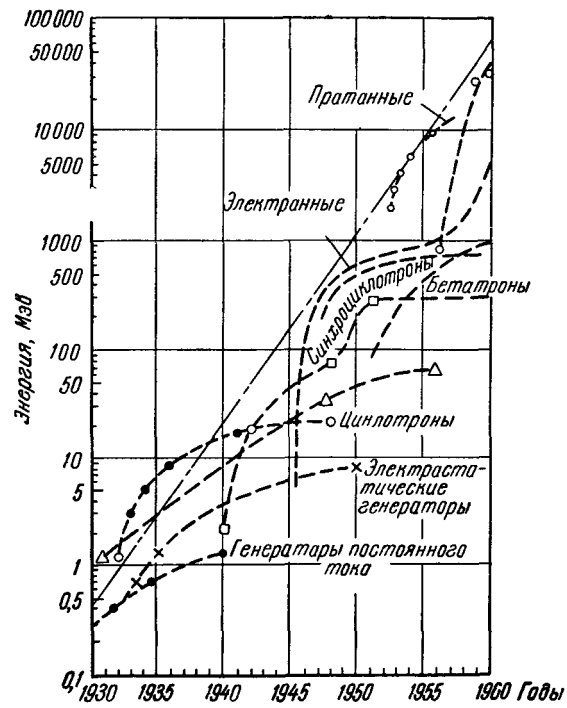


Рис. 3.2. Рост энергии элементарных частиц, достигаемой в ускорителях [12].

Их огибающая представляет собой прямую (в полулогарифмическом масштабе) с большим углом наклона. В целом рост энергии элементарных частиц, достигаемой в ускорителях, происходит по экспоненте с удвоением примерно за два года. Это необычайно большая скорость роста, характеризующая очень интенсивное развитие новых экспериментальных средств.

Весьма интересна в методологическом отношении работа С. С. Бацанова и Ф. А. Брусенцова [45], в которой проводится статистический анализ методики кристаллоструктурных исследований, основанный на данных,

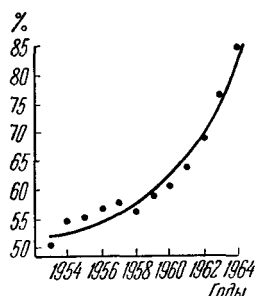


Рис. 3.3. Доля структурных расшифровок, выполненных по трехмерным данным [45].

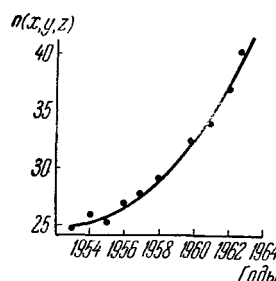


Рис. 3.4. Среднее число координатных параметров $n(x, y, z)$, характеризующее рост сложности расшифрованных кристаллографических структур по годам [45].

приведенных в статьях, которые были опубликованы в журнале Международного союза кристаллографов «Acta Crystallographica» за последние 12 лет. Мы воспроизведем здесь ту часть результатов, которую может понять неспециалист в области кристаллографии.

В развитии структурных исследований авторы упомянутой выше работы отмечают прежде всего три связанные между собой тенденции. 1. Непрерывный рост числа структурных расшифровок, выполненных по трехмерным данным (рис. 3.3). 2. Усложнение исследуемых объектов, т. е. увеличение числа координатных параметров (рис. 3.4). На обоих графиках результаты наблюдений аппроксимированы параболами. 3. Возраставание точности эксперимента и, следовательно, точности конечных результатов. Это, в частности, приводит к

тому, что в последние годы все чаще стали локализовать легкие атомы, особенно атомы водорода (рис. 3.5). Наконец, на рис. 3.6 показан рост доли структурных работ (в %), при которых использовался метод наименьших квадратов.

Авторы [45] проанализировали также все структурные работы, опубликованные в отечественных журналах

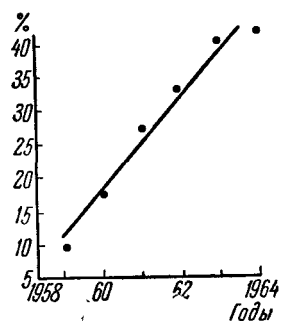


Рис. 3.5. Доля расшифрованных кристаллических структур, в которых определялось положение атомов водорода [45].

Общее число расшифрованных за год структур, содержащих атомы водорода, принято за 100%

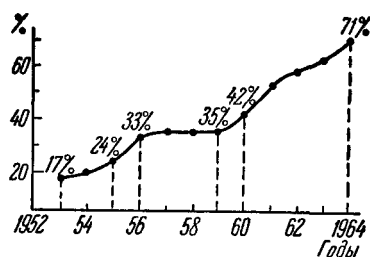


Рис. 3.6. Доля структурных работ, при выполнении которых использовался метод наименьших квадратов [45].

«ДАН СССР», «Кристаллография» и «Журнал структурной химии». Часть этих результатов приведена ниже.

Характеристика структурных работ	1962 г.	1963 г.	1964 г.
Доля структурных расшифровок, выполненных по трехмерным данным, %	57	56	60
Среднее число координатных параметров в расшифрованных структурах	38	36	39
Доля структурных работ, при выполнении которых использовался метод наименьших квадратов, %	6	24	64

Они были сопоставлены с результатами статистического анализа публикаций в международном журнале, отражающих современный уровень исследования кристаллов. Такое сопоставление позволило высоко оценить уровень отечественных работ. Работа этих авторов слу-

жит отличным примером того, как можно проводить статистический анализ содержания информационных потоков по отдельным узким областям знаний.

Нас особенно интересовал вопрос о скорости проникновения статистических методов исследования в химию и смежные с ней области. Исследование этого вопроса еще не закончено. Здесь мы ограничимся лишь тем, что приведем данные, любезно предоставленные нам И. М. Ориент, о статистическом анализе информационных потоков, идущих через отдел аналитической химии журнала «Заводская лаборатория». В этом журнале в конце 1961 г. был создан новый отдел «Математические методы исследований», в котором публикуются главным образом методологические работы по математической статистике. В 1960 г. вышла книга, специально посвященная применению статистических методов в аналитической химии (В. В. Налимов, Применение математической статистики при анализе вещества, Физматгиз, 1960). Все это не могло не оказать некоторого влияния на химиков-аналитиков. Ниже показано, как за последние шесть лет росло число экспериментальных работ по аналитической химии, использующих более или менее сложные статистические методы обработки результатов наблюдений.

Годы	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Доля работ (%), выполненных с применением методов математической статистики . .	0	0,7	1,5	5,2	9,7	30,4	25,6

В 1961 г. 55% экспериментальных работ по аналитической химии было выполнено вообще без применения каких бы то ни было, даже простейших статистических методов. В 1967 г. число таких работ снизилось до 12,8%. Здесь следует обратить внимание на то, что приведенные выше данные были получены на основании анализа языка статей — выявлялись термины математической статистики, используемые в публикациях по аналитической химии.

Результаты статистического анализа содержания информационных потоков не всегда бывают столь благоприятными, как это было показано выше. Совместно с сотрудником ГИРЕДМЕТА М. П. Бурмистровым мы

провели исследование роста чувствительности эмиссионного спектрального анализа при определении содержания редких элементов и цветных металлов. Рост чувствительности исследовался за последние 20—25 лет по материалам отечественных и зарубежных публикаций¹⁾. Для каждого химического элемента были построены поля рассеяния в координатах годы — чувствительность определения. Из рассмотрения этих полей следовало, что результаты наблюдений имеет смысл аппроксимировать лишь линейной функцией. На основании этого были вычислены коэффициенты корреляции (табл. 3.1); они

Таблица 3.1

Коэффициенты корреляции чувствительность — время для эмиссионного спектрального анализа элементов¹⁾

Определяемый элемент	Число наблюдений	Коэффициент корреляции	Определяемый элемент	Число наблюдений	Коэффициент корреляции
Бор	40	-0,4585 **)	Мышьяк . .	5	0,196
Бериллий . .	15	-0,508 *)	Никель . .	26	-0,523 ***)
Ванадий . .	28	-0,309	Ниобий . .	9	-0,317
Висмут . .	28	-0,266	Олово . .	24	-0,293
Вольфрам . .	3	0,720	Свинец . .	36	-0,458 **)
Галлий . .	16	-0,084	Серебро . .	11	-0,534
Гафний . .	9	0,219	Сурьма . .	14	-0,223
Германий . .	28	-0,266	Скандий . .	4	0,601
Индий . .	17	0,194	Таллий . .	17	-0,224
Кадмий . .	13	-0,205	Тантал . .	5	-0,3246
Кобальт . .	14	-0,330	Титан . .	22	-0,341
Лантан . .	4	0,601	Хром . .	20	-0,02
Марганец . .	17	-0,420	Церий . .	8	0,744 *)
Медь . .	32	-0,395 **)	Цирконий .	6	-0,476
Молибден .	17	-0,505 *)			

¹⁾ Значимая отрицательная корреляция указывает на рост чувствительности во времени, положительная — на ее падение. Данные о коэффициентах корреляции без звездочек — не значимы; *) — значимо для 5-процентного уровня, **) — значимо для 2-процентного уровня, ***) — значимо для 1-процентного уровня.

¹⁾ При выполнении этой работы мы имели возможность воспользоваться библиографией, составленной С. М. Солодовник и М. А. Ноткиной. Считаю своей приятной обязанностью выразить им свою благодарность.

показывают связь между чувствительностью оптического эмиссионного спектрального анализа редких элементов и цветных металлов и временем опубликования статей, в которых приводятся данные о чувствительности анализа. Мы видим, что только в 21% случаев наблюдается статистически значимый рост чувствительности во времени. В одном случае (церий) наблюдается даже значимое падение чувствительности во времени. Один из типичных графиков, показывающих слабое изменение чувствительности анализа таллия во времени, приведен на рис. 3.7.

Как можно объяснить, что за последние 25 лет не повысилась чувствительность оптического эмиссионного спектрального анализа для большинства элементов? За эти годы, несомненно, улучшилась оптическая аппаратура, усовершенствовались источники возбуждения и, конечно, были разработаны новые, более совершенные методы анализа. Но вместе с тем повысилась и осторож-

ность в оценке чувствительности анализа. Беда была в том, что до самого последнего времени в аналитической химии не было общепринятого критерия для оценки граничной чувствительности. Химики-аналитики, в том числе и спектроскописты, еще совсем недавно, как правило, относились с некоторым пренебрежением к метрологическим аспектам измерительных процессов, полагая, что надо обращать внимание только на механизм изучаемых явлений. В результате произошел любопытный процесс: рост чувствительности, который, несомненно, имел место, но был, по-видимому, не очень большим, скомпенсировался ростом осторожности при субъективных

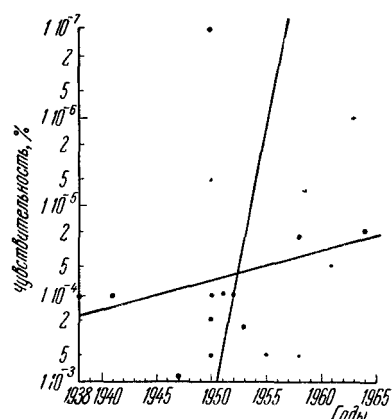


Рис. 3.7. Изменение во времени чувствительности эмиссионного спектрального анализа таллия.

Две прямые соответствуют двум эмпирически найденным уравнениям: $\log y = -1,507x + 46,036$ и $x = 0,033 \log y - 2,487$. Величина угла между этими двумя линиями регрессии служит мерой жесткости линейной связи — чем меньше угол, тем жестче связь

и нестандартных оценках чувствительности аналитического метода. Можно думать, что возможности повышения чувствительности эмиссионного спектрального анализа сейчас практически уже исчерпаны. Это, видимо, понимают и сами спектроскописты — за последние шесть лет явно наметилось замедление скорости роста числа таких публикаций.

Приведенные здесь немногочисленные примеры показывают, что статистический анализ содержания информационных потоков позволяет следить за развитием отдельных узких областей знаний. В последнем примере показано, как при помощи такого анализа можно выявить методологическую ошибку, допускаемую химиками-аналитиками всех стран мира.

ГЛАВА IV

УКАЗАТЕЛИ НАУЧНЫХ ССЫЛОК

§ 1. История возникновения указателей

Появление библиографических справочников нового типа впервые позволило использовать язык библиографических ссылок в научных публикациях для статистического анализа научных информационных потоков.

В справочниках такого рода некоторым определенным образом упорядочиваются библиографические ссылки, имеющиеся в заранее выбранном множестве журналов. При составлении подобных справочников обычно происходит своеобразное обращение материала, изложенного в публикациях. В журнале сначала идет собственно статья, а после нее библиографические ссылки. В справочнике научных ссылок сначала приводятся расположенные в определенном (обычно алфавитном) порядке библиографические ссылки, а затем уже после каждой библиографической ссылки указываются выходные данные статей, содержащих эти ссылки.

Исторически, видимо, первым справочником такого типа была «Парижская библиография» [46], изданная еще в 1771—1772 гг. В ней приводится библиография рецензий, опубликованных в 2 журналах, на книги, которые были изданы в Париже в 1770 г. Отличительной особенностью этого справочника является то, что в нем материал упорядочен не по рецензиям, а по книгам, на которые написаны рецензии.

Далее следует отметить своеобразный справочник «Shepard's Citation» («Указатель ссылок Федерального законодательства» Шепарда), первый том которого был издан в США в 1873 г. [47]. В судопроизводстве США

большую роль играют прецеденты. Поэтому юристы при применении закона должны каждый раз учитывать, в каких именно процессах и каким образом был применен тот или иной закон. В «Указателе» Шепарда описаны судебные процессы в 48 штатах, а также судебные случаи Федерального суда. После каждого описания следует список публикаций, в которых имеются ссылки на данный судебный процесс. Приводится также описание других судебных решений, которые были приняты под влиянием процессов, происходивших ранее. «Указатель» Шепарда — это список индивидуальных судебных процессов, снабженных подробной историей. Здесь опять-таки важно обратить внимание на то, что материал в этом указателе расположен по судебным процессам, а не по публикациям, в которых они описываются.

В методологическом отношении большой интерес представляет указатель к журналу «The Annals of Mathematical Statistics» — ниже этот журнал мы будем называть просто «Annals» (с 1937 г. он стал органом Общества математической статистики в США). В 1949 г. вышел указатель, охватывающий первые 20 томов журнала «Annals», в 1960 г. опубликован указатель, охватывающий уже 31 том журнала (за 1930—1960 гг.). Это издание финансируется Национальным научным фондом США.

Указатель к «Annals» состоит из шести отдельных частей. Наибольший интерес представляет первая его часть — указатель авторов и ссылок. В нем в алфавитном порядке (по фамилии первого автора) перечислены все статьи, опубликованные в «Annals» за 30 лет. Для каждой статьи указывается 1) место опубликования ее реферата, 2) выходные данные статей, опубликованных в самом «Annals», где цитируется данная статья, 3) выходные данные статей, опубликованных в 17 ведущих журналах по математической статистике, где цитируется данная статья. На рис. 4.1 показан фрагмент 8-й страницы этого указателя. Обратим здесь внимание на автора Anderson, Theodore W.

Под фамилией в скобках указаны соавторы его работ, в том числе и той работы, где он является вторым автором. Далее следуют выходные данные его статьи: том 14, страницы 426—435 и полное ее название. Следующая строка читается так: в журнале «Mathematical

Reviews», том 5, год 1944, на странице 208 опубликован реферат на статью Андерсона, подписанный инициалами А. С. Следующая строка означает, что в журнале «Annals» (его название опущено), том 16, стр. 272 на статью Андерсона была ссылка в публикации Капланского и Риордана. Далее указывается, что в журнале «Journal of the Royal Statistical Society, Ser. B», том 20, год 1958, стр. 73 в работе Бартона имеется ссылка на статью Андерсона и т. д.

<p><u>ANDERSON, THEODORE W.</u> [See also Anderson R L & Anderson, T W, Anderson & Darling, Anderson & Girschick; Anderson & Goodman, Anderson & Rubin, Villars & Anderson] 14 426-435 On card matching MR 5(1944)208 A C 16 272 Kaplanaky & Riordan J Roy Statist. Soc Ser. B 20(1958)73 Barton Psychometrika 21(1956)293 Gilbert 16 402#2 The non central chi-squared distribution and its application to problems in multivariate statistics 17 409-431 The non-central chi-squared distribution and certain problems of multivariate statistics MR 8(1947)394 G E</p>	<p>ANDERSON, T W DARLING, D. A. 22 143#28 Asymptotic theory of certain goodness of fit criteria based on stochastic processes 23:193-212 Asymptotic theory of certain "goodness of fit" criteria based on stochastic processes MR 14(1953)298 R.F MTAC 7(1953)88 W.D Zbl 48(1953)113 K.I 23-315 Cochran, 24 1 Birnbaum 24 239 Darling, 624 Darling & Siebert 25 523 Malmquist, 26 1 Darling 26 189 Kac, Kiefer & Wolfowitz 26 464 Grad & Solomon, 27 1006 Wegner 28 823 Darling, 29 307 Marshall 29 655 Chapman, 1001 Schmid 30 420 Kiefer, 31 703 Bell Ann Inst Statist Math (Tokyo) 12(1960)143 Walsh</p>
---	---

Рис. 4.1. Фрагмент 8-й страницы указателя к журналу «Annals». Объяснение см. в тексте.

Вторая часть указателя — более или менее обычный предметный индекс.

Третья часть посвящена систематизации статистических таблиц, опубликованных в «Annals».

Четвертая часть — это уже типичный обращенный индекс ссылок. Здесь приводятся расположенные в алфавитном порядке авторов выходные данные статей (из других журналов), цитированных в «Annals» (как правило, включены лишь статьи, на которые ссылаются не менее двух раз). На рис. 4.2 показан фрагмент 578-й страницы указателя. Здесь мы видим где, когда и кем цитировалась в «Annals» та или иная статья.

опубликованная нашим ученым Б. В. Гнеденко. Система обозначений здесь не требует специальных пояснений — она остается такой же, как и в первой части указателя.

Пятая часть — список журналов, цитированных в «Annals» с указанием фамилии цитирующих авторов.

В шестой части систематизированы сообщения о совещаниях, приведены сведения о рецензиях на книги, некрологах и пр.

<u>GNEDENKO, B. V.</u>	<u>GNEDENKO, B. V.</u>
[See also. Gnedenko & Korolyuk; Gnedenko & Mihalavič; Gnedenko & Rvačeva; Gnedenko & Studnev]	<u>MIHALAVIČ, V. S.</u>
1929 Izv. Akad. Nauk SSSR Ser. Mat. 18:165 Cramer (1939):181 21:321 Loève	1952 Dokl. Akad. Nauk SSSR 82:841 28:823 Darling
1939 Izv. Akad. Nauk SSSR Ser. Mat. 21:321 Loève (1939):643	1952 Dokl. Akad. Nauk SSSR 85:25 27:513 Blackman 28:823 Darling 29:188 Dwass
1941 Z. Eksp. Teor. Fiz. 11:101 18:255 Malmquist 20:464#4 Blyth	<u>GNEDENKO, B. V.</u> <u>RVAČEVA, E. L.</u>
1948 Izv. Akad. Nauk SSSR Ser. Mat. 12:97 25:3 Lukacs & King 27:187, 28:126 Laha	1952 Dokl. Akad. Nauk SSSR 82:513 27:513 Blackman 28:823 Darling 30:448 Kemperman
1952 Dokl. Akad. Nauk SSSR 62:661 28:823 Darling 30:448 Kemperman	<u>GNEDENKO, B. V.</u> <u>STUDNEV, Yu. P.</u>
1952 Dopovidy Akad. Nauk Ukrain. RSR 28:823 Darling (1952):101	1952 Dopovidy Akad. Nauk Ukrain. RSR (1952):359 28:823 Darling

Рис. 4.2. Фрагмент 578-й страницы указателя к журналу «Annals».

Объяснение см. в тексте.

Мы видим, что с помощью такого, единственного в своем роде указателя материал, опубликованный на протяжении 30 лет в журнале «Annals», становится легко доступным читателю нашего времени. К сожалению, этот указатель охватывает лишь один журнал, а не всю область знаний. С его помощью все же нельзя производить убедительные исторические исследования, поскольку вряд ли какое-либо, даже самое узкое научное направление может публиковаться лишь в одном журнале. Ниже, в гл. VI, мы расскажем о разработанном извест-

ным американским статистиком Тьюки проекте создания информационной системы по всем разделам математической статистики, основанной на использовании системы библиографических ссылок.

Здесь интересно отметить, что специалисты по математической статистике, привыкшие в силу своей профессии к систематизации материала, оказались первыми учеными, обратившими внимание на необходимость создания указателей научных ссылок.

§ 2. Индекс Гарфилда

В 1963 г. Институт научной информации в Филадельфии, директором которого является Ю. Гарфилд, выпустил экспериментальный вариант «Индекса научных ссылок» («Science Citation Index», SCI). С 1964 г. Институт стал издавать его регулярно.

При составлении SCI за 1965 г. просматривалось 1147 наиболее важных научных журналов, выходящих в 30 странах мира. Следует заметить, что в нем сканируются только журналы, публикующие статьи по точным, естественным и техническим наукам¹⁾. SCI за 1965 г. содержал сведения примерно о 3 млн. ссылок, приведенных в 235,8 тыс. научных публикаций и 60,5 тыс. патентных описаний США. В третьем квартале 1966 г. число названий просматриваемых журналов превысило 1500. Для сравнения в табл. 4.1 приводится ряд основных количественных показателей SCI за три года — 1964, 1965, 1966. Интересно отметить, что по некоторым оценкам в мире имеется около 2 млн. ученых. Мы видим, что работы одной трети ученых включены в SCI. Здесь следует также отметить, что при составлении SCI 1965 г. сканировалось 2—3% от общего числа журналов в мире по естественным, точным и техническим наукам. Возникает вопрос — сколь представительна такая выборка? Можно дать положительный ответ на этот вопрос. Для сканирования выбирались наиболее цитируемые журналы. Дж. Мартин провел специальный эксперимент, чтобы оценить, насколько хорош такой отбор.

¹⁾ Здесь и далее имеются в виду физико-математические, химические, биологические, геолого-географические, медицинские, сельскохозяйственные и технические науки.

Таблица 4.1

Рост основных показателей Индекса научных ссылок (SCI)
с 1964 по 1966 г.

Показатели	Годы			Рост, %		
	1964	1965	1966	1965—1964	1966—1965	1966—1964
1 Число журналов-источников сканируемых при составлении SCI	700	1 146	1 573	64	30	125
2 Число отдельных выпусков журналов-источников	5 497	9 432	12 444	72	32	126
3 Число публикаций в журналах-источниках	151 639	235 801	273 870	55	16	80
4 Число анонимных публикаций в журналах-источниках	9 500	14 500	13 161	53	(9)	38
5 Общее число авторов, публиковавшихся в журналах-источниках	381 195	576 392	576 000	51	—	51
6 Число ссылок на журнальные публикации	1 424 947	2 144 103	2 383 084	51	11	67
7 Число ссылок на нежурнальные публикации (не включая патенты)	353 231	572 597	680 096	62	19	93
8 Общее число ссылок	1 778 178	2 716 700	3 060 180	53	13	72
9 Общее число ссылок в сканируемых журналах	1 789 753	2 924 940	3 074 006	63	5	72
Неанонимные публикации	1 742 896	2 663 806	3 014 737	53	13	73
Анонимные публикации (не включая патенты)	35 282	52 894	48 443	50	(9)	37

Продолжение

Показатели	Годы			Рост, %		
	1964	1965	1966	1965 — 1964	1966 — 1965	1966 — 1964
10 Единичное цитирование неанонимных публикаций *)	1 092 384	1 616 987	1 820 877	48	13	67
11 Средняя цитируемость одной неанонимной публикации	1,60	1,65	1,65	3	0	3
12 Число цитируемых авторов	323 889	438 915	473 658	36	8	46
13 Среднее число цитирований на одного цитируемого автора	5,40	6,08	6,36	13	5	18
14 Стоимость SCI (в долларах):						
льготная (для учебных заведений, публичных библиотек, медицинских учреждений)	125 000					
обычная	195 000					

*) Если данная статья цитируется несколько раз, то ссылки на нее учитываются только один раз

Мартин составил библиографию по теме «полупроводниковые свойства галлия» [57]. Эта тема хорошо вписывается в рубрику реферативных журналов. Он показал, что с помощью SCI удалось выявить около 50% всех публикаций (сравнение проводилось с хорошей библиографией, составленной традиционными методами) и отметил, что, пользуясь обычными реферативными журналами, претендующими на полноту охвата материала, можно в среднем выявить лишь около 65% публикаций на эту тему. Эксперимент показал, что SCI, построенный по результатам сканирования всего лишь 2—3% от общего числа журналов во всем мире,

позволяет найти около 50% нужной литературы, тогда как на остальные 97—98% журналов падают оставшиеся 50% публикаций. Можно предположить, что журналы,

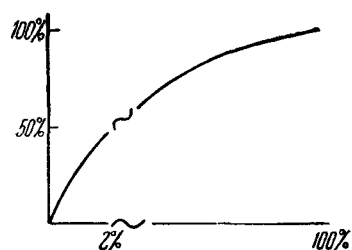


Рис. 4.3. Связь между сканируемыми в Индексе Гарфилда журналами и результатами библиографического поиска по этому Индексу.

По оси абсцисс отложено число сканируемых журналов (в % от общего числа журналов, издаваемых во всем мире), по оси ординат — число работ, найденных по Индексу Гарфилда (в % от полной библиографии, составленной традиционным способом)

выбранные для сканирования при составлении Индекса научных ссылок Гарфилда, действительно лежат на столбовой дороге науки. Это иллюстрируется кривой, приведенной на рис. 4.3.

SCI — это специальная библиографическая сводка на данный календарный год.

Индекс научных ссылок выходит ежеквартально и кумулируется за год в восьми томах. Он содержит четыре отдельных указателя¹⁾:

1. Citation Index — индекс ссылок.

2. Patent Citation Index — индекс патентов.

3. Corporate Index — индекс организаций, в которых

работают авторы (в дальнейшем мы будем называть его просто индексом организаций).

4. Source Index — индекс источников²⁾.

Индекс ссылок — это справочник по ссылкам (или, что то же самое, цитированным документам³⁾), каждая из которых снабжена перечнем цитирующих документов-источников. Фрагмент страницы этого индекса показан на рис. 4.4. Здесь материал располагается в алфавитном порядке фамилий первых авторов цитированных документов, т. е. ссылок; под каждой фамилией приводятся (также в алфавитном порядке) фамилии

¹⁾ С 1968 г. начал выходить еще пермутационный индекс (перестановка слов заглавия). Число томов выросло до 14 в год.

²⁾ Источником называется здесь публикация, подвергнутая обработке, из которой получены библиографические ссылки.

³⁾ Термин «цитированный документ», принят нами для обозначения документа (статьи, книги, отчета и т. п.), на который в тексте другого документа имеется библиографическая ссылка.

первых авторов тех публикаций, в которых содержится данная ссылка. Мы будем называть их «документами-источниками», или просто источниками. Сведения о работах одних и тех же авторов располагаются в хронологическом порядке. Остальные особенности условной

1	2	3	4	5	6	7
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
NORFLEET CM	•59	•d	URQL		81	737
JOSHI DP	•64	•	NY ST J MCD	65	65	2021
NORFLEET RG	•64	•	ARCH INT MED		113	412
TANAKA Y	•64	•	N ENG J MED	L 65	273	879
NORFORD BS	•64	•	GEOLOGICAL HISTORY	2 ^d		CH 4
WEBB JB	•50	•	SEW IND WASTES	65	16	11
NORGAARD	•50	•	3180824 US	P 65	22	1024
COREY RC	•56	•	P IRE		44	1718
NORGAARD DE	•56	•	P IRE		44	1718
GLORIOSO RM	•56	•	IEEE C TECH	65 CO13		109
LINDSEY WC	•56	•	IEEE C TECH	65 CO13		183
LINDSEY WC	•56	•	P IRE		44	1735
NORGAARD E	•48	•	FLORA FAUNA KJOBENIA	54		1
	•51	•	DIKOS		3	1
	•56	•	DIKOS		7	159
KASTON BJ	•63	•	AM MIDL NAT	65	73	335
NORGAARD F	•63	•	UGESK LAEGER		125	1312
NORGAARD F	•65	•	RADIOLOGY	65	85	325
NORGAARD F	•65	•	RADIOLOGY		85	325
	•60	•	J AM MED A	A 65	193	136
NORGAARD ML	•60	•	DATA PROCESSING		2	29
BUGBY DS	•55	•	J IND ENG	65	16	328
NORGAARD O	•55	•	ACTA PATH MICROBIOL		36	71
MORSE JH	•56	•	J IMMUNOL	65	95	722
JUHLIN I	•56	•	ACTA DERMVENEREOL ST	36		150
KROOK G	•56	•	ACT DER-VEN	65	45	142
MAGNUSSO.B	•56	•	ACT DER-VEN	65	45	242
	•57	•	BR J VEN DI	65	41	127
SCHOEEL B	•57	•	ACTA PATH MICROBIOL		40	445
SCHOEEL B	•57	•	SCHW MED WO	65	95	1301
NORGAN HR	•52	•	ASTRON PAPERS AM E	3 ^d	13	
BLAAUW A	•47	•	ANN R ASTRO	R 64	2	213
NORGARD F	•47	•	TEMPOROMANIBULAR JO			
CAMPBELL W	•64	•	BR J RADIOL	65	38	401
NORGENSTERN N	•64	•	PURE APPL GEOPHYS		58	123
WHITE FE	•64	•	J ACOUST SO	R 65	37	546
NORGREN CT	•64	•	TO BE PUBLISHED			

Рис. 4.4. Фрагмент страницы индекса ссылок.

1 — автор цитируемого документа; 2 — автор цитирующего документа (документа-источника); 3 — последние две цифры года опубликования цитируемого документа (звездочки указывают на самую раннюю из цитируемых работ данного автора); 4 — сокращенное название журнала; 5 — последние две цифры года опубликования документа-источника; 6 — номер тома; 7 — номер первой страницы. Кроме того, в индексе ссылок приняты следующие сокращения: А — реферат; В — рецензия; С — исправление; D — дискуссия; E — редакционная статья; I — биография, некролог; L — письмо в редакцию; P — патентное описание; Q — библиография; R — обзор; квадратик — нежурнальная публикация. Если специальных обозначений нет, то публикация представляет собой обычную статью, доклад и т. п.

записи обозначений в индексе ссылок приведены в подписи к рис. 4.4. Отметим здесь только, что сложные и составные фамилии записываются подряд как одно слово. Дефис, апостроф и другие знаки в фамилии опускаются. При любом числе авторов указывается лишь

имя первого автора. Документы, изданные без указания автора, помещены в специальный раздел «анонимов» («Anonymous»).

Индекс источников является указателем авторов статей, опубликованных в журналах-источниках (т. е. в журналах сканируемых SCI), а также патентов США.

В индексе источников можно найти любую статью из журнала-источника данного года независимо от того, ссылался ли кто-нибудь на эту статью и содержит ли она библиографические ссылки. Кроме того, порядок авторов здесь не играет роли. Нужная публикация отыскивается по любому из соавторов.

В отличие от индекса ссылок, где всегда указывается только фамилия первого автора, здесь приводятся фамилии всех соавторов (если их не более десяти). Характерной чертой этого индекса является наличие в каждом описании полного заглавия статьи. В описание включается также сокращенное название журнала, в котором опубликована статья, номер тома и страницы, год издания журнала, тип источника, число ссылок в документе, номер выпуска или части журнала. Напомним, что развернутые библиографические данные приводятся только для сканируемых журналов. Фрагмент страницы индекса источников показан на рис. 4.5.

В индексе организаций все публикации, имеющиеся в индексе источников, систематизированы по тем организациям, где выполнялась работа. Эта часть индекса появилась в 1965 г. и носит еще экспериментальный характер. При обозначении организаций широко используется специальная, часто малопонятная система сокращений. Например, место работы, обозначенное в исходной публикации как the Department of Pharmacology, Washington University School of Medicine, ST Louis, Missouri, будет обозначено в Индексе так: WASH U SCH MED DEP PHARM STLOUIS. Эту часть SCI можно использовать для статистических исследований, связанных с географией научных центров. С ее помощью можно выяснить, в каких странах и каких организациях преимущественно развиваются те или иные научные направления.

При подготовке SCI применяется ЭВМ. Это позволяет выпускать его в очень сжатые сроки. После проверки каждого номера журнала-источника составляются

отдельные перфокарты для каждой библиографической ссылки в статье-источнике. Так обрабатываются все ссылки и, если это возможно, ссылки извлекаются из текста. Для каждой статьи-источника также готовится набор перфокарт, где указаны фамилии авторов, полное название источника и т. д. После тщательной

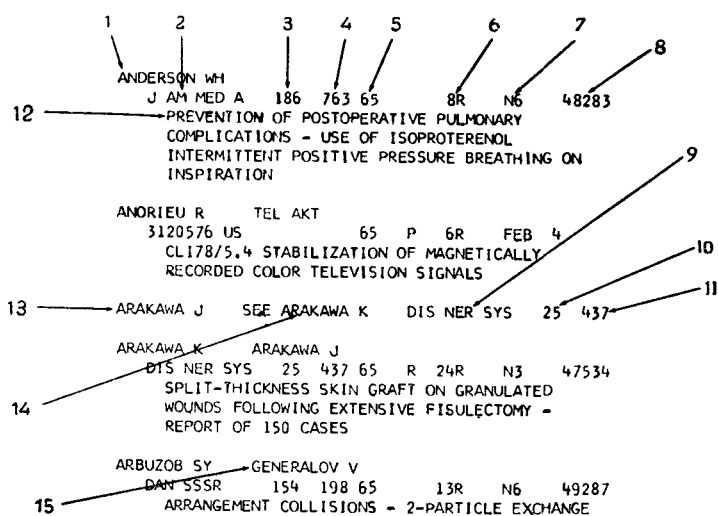


Рис. 4.5. Фрагмент страницы индекса источников.

1 — автор; 2 — сокращенное название журнала-источника; 3 — его том; 4 — номер первой страницы; 5 — последние две цифры года опубликования; 6 — число ссылок; 7 — выпуск, часть; 8 — инвентарный номер; 9, 10, 11 — сокращенное название журнала, его том и номер первой страницы в перекрестной ссылке; 12 — заглавие статьи, 13 — второй автор ссылки; 14 — первый ее автор (он указывается для тех случаев, когда поиск ведется по второму автору — перед фамилией здесь стоит see — смотри); 15 — второй автор статьи. Остальные сокращения в индексе источников такие же, как и в индексе ссылок.

проверки данные с перфокарт переносятся на магнитную ленту. Машина обрабатывает полученную информацию. Происходит унификация выходных данных, исправляющая ошибки в сканируемых журналах. Поскольку иногда трудно распознать различные способы ссылки на одну и ту же статью, то одна и та же статья может попасть в список ссылок больше одного раза. Окончательные данные располагают стандартным образом и печатают. Текст расклеивается, готовятся заголовки и готовые указатели производятся методом

фотоофсетной печати. Во всех этих операциях применяется комплекс из трех ЭВМ (ЭВМ 1401, 7044 и 360) [48]. Объем содержащейся в SCI информации настолько велик, что обработка ее вручную просто невозможна. Для каждого типа сведений отводится строго фиксированное число знаков. Например, для фамилии и инициалов автора цитированного документа — не более 18 знаков, а для тех же сведений об авторе документа-источника — всего 11 знаков. Такой объем описания считается наиболее целесообразным для данного размера SCI.

Научные публикации образуют сеть взаимных ссылок, по которым можно проследить, откуда данная работа берет свое начало, т. е. образуют граф в математическом смысле. SCI построен таким образом, что из него можно получить почти бесконечное число таких графов. Он позволяет установить «последующую историю» научной публикации. Индекс научных ссылок данного года показывает, какой материал появился вслед за статьей, опубликованной в прошлом году, так как в нем приведены все новые статьи, цитирующие предыдущую работу. Таким образом, SCI служит библиографическим инструментом, который позволяет идти вперед во времени, что отличает его от обычного библиографического поиска, допускающего только углубление в прошлое [52]. SCI можно определить как индекс, построенный на ассоциации идей.

Если считать, что книги — это макроединица мысли, а статьи в научных журналах — микроединица мысли, то SCI, по мнению Ю. Гарфилда, следует считать единицей мысли на молекулярном уровне [18].

В последние годы вопросы применения SCI и его значения для науки широко обсуждаются в литературе. Ю. Гарфилд приводит 49 названий таких статей [48]; наиболее интересные статьи включены в нашу библиографию (см. [14, 18, 46—58]). В нашей стране к исследованию SCI приступили совсем недавно и по этому вопросу имеется пока только одна публикация [58].

С помощью SCI можно получить ответы на следующие вопросы:

1. Цитировалась ли данная статья?
2. Кто еще публикует работы по данной теме?
3. Применялась ли данная концепция?
4. Подтвердилась ли данная теория?

5. Какие статьи являются историческими предшественниками данной работы?

6. Не было ли осуществлено ранее данное исследование?

7. Каковы все публикации данного автора?

8. Каково распределение цитированных документов (ссылок) по годам, по журналам и т. д.?

Индекс научных ссылок является принципиально новым средством библиографического поиска. Некоторые ученые предполагают даже, что он может обеспечить всеобщий библиографический контроль за естественной, точной и технической литературой [55]. В силу своего особого построения Индекс сводит вместе материал, который никогда не подвергся бы сопоставлению при обычном предметном или тематическом индексировании. Такое построение дает возможность преодолеть проблемы «рассеяния», в результате которых статьи по данной теме часто обнаруживаются в литературе, посвященной другим темам. Индекс научных ссылок не предназначен для замены традиционных библиографических указателей. Его также можно назвать тематическим, но построен он на совершенно новом и уникальном принципе. В традиционных библиографических указателях при поиске документов по их содержанию исходным служит специальный поисковый образ — классификационный индекс, предметный заголовок, набор дескрипторов и т. д. В SCI библиографические ссылки заменяют эти часто двусмысленные термины или понятия. Здесь тема или предмет поиска символизируется исходной ссылкой, а не словесной или тематической формулировкой. Допустим, что нас интересуют работы в области планирования эксперимента. Достаточно знать имя известного американского статистика Бокса, чтобы под его фамилией найти в SCI сведения почти обо всех нужных нам работах.

Когда автор ссылается на работу другого автора, он тем самым дает концепциальное тематическое соотношение между своей и цитированной работами, он как бы кодирует свою работу, основываясь на идеях предшественника. Существующая до сих пор традиционная система индексирования, как бы она ни была хорошо отработана, не может решить проблемы анализа содержания публикации. Здесь надо учитывать многоаспектность

анализа, а также старение и изменение во времени терминологии. Этот недостаток в некоторой степени преодолевается с помощью языка ссылок. Ссылки, не являясь строго формализованным языком, позволяют устанавливать внутренние связи между публикациями по очень тонким аспектам мысли. Пересечение по множеству ссылок может отображать идейную родственность статей в большей степени, чем пересечение по дескрипторам.

Известный английский ученый и общественный деятель Дж. Бернал изучал цитируемость своих работ по SCI. Приблизительно на 40% всех его работ, опубликованных с 1924 г., имелись ссылки в SCI. Дж. Бернал считает, что такой широкий охват публикаций можно приписать многодисциплинности индекса, ибо он был бы невозможен при поиске ссылок на его работы в какой-нибудь одной отрасли. И далее автор заключает: «... публикации, которые были цитированы, соответствуют моему представлению об их важности» [54].

Поиск необходимой информации с помощью SCI производится следующим образом (рис. 4.6) Предполагается, что потребителю известна исходная статья на интересующую его тему. Используя ее для вхождения в SCI, можно обнаружить в среднем две ссылки, причем вариации здесь очень широки — от 0 до 30 и большего числа ссылок. Под фамилией автора исходного документа в индексе ссылок отыскиваются сведения о других связанных с ним документах. Если на исходный документ никто не ссылался и его нет в индексе ссылок, то для поиска можно использовать любую из ссылок в библиографическом списке этого документа. Для расшифровки названия цитирующей статьи и определения ее полезности приходится обращаться к индексу источников, где дается полное описание документа-источника. Если полученной информации недостаточно, любая найденная статья-источник, как и любая из ее собственных ссылок, также может стать исходным документом для поиска. Этот процесс известен под названием *циклирования*. Он продолжается до тех пор, пока не будут выявлены все необходимые ученому документы или пока поиск не перестанет давать новые сведения.

Индекс научных ссылок, как мы говорили выше, служит хорошим инструментом для библиографического

поиска; но все же основная его ценность заключается в том, что его можно использовать в наукометрических исследованиях как инструмент для статистического анализа мировых научных информационных потоков.

Многие авторы критикуют Индекс Гарфилда за недостаточный охват журналов. Широта охвата журналов зависит от экономических соображений и от важности

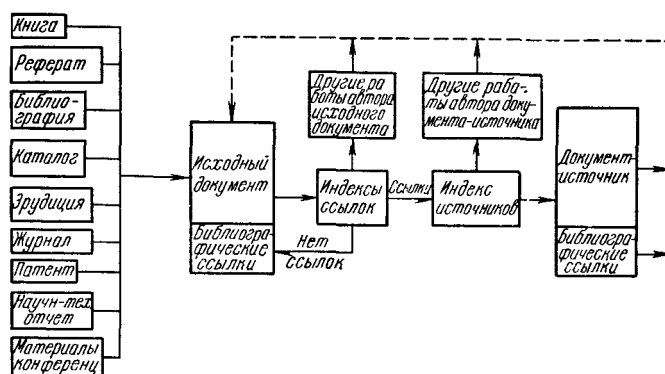


Рис. 4.6. Схема поиска публикаций по SCI.

Пусть известен исходный документ, снабженный списком библиографических ссылок (если он неизвестен, то его находят по одному из источников информации, перечисленных в левой части рисунка). Тогда ищут ссылки на него по индексу ссылок и идентифицируют обнаруженные публикации по индексу источников. Эти публикации сами становятся документами-источниками, и цикл начинается сначала, что показано пунктирной стрелкой. Если на исходный документ ссылок нет, то следует обратиться к библиографии в нем, считая ее исходным документом. Параллельно ищут ссылки на другие работы автора исходного документа по индексу ссылок, а также названия других текущих работ по индексу источников, так как ссылки на них могли еще не появиться в Индексе данного года. Вся система поиска хорошо поддается алгоритмизации и, следовательно, сам поиск можно вести при помощи ЭВМ.

журналов. Последняя определяется частотой их цитирования другими периодическими изданиями. Число сканируемых SCI журналов с каждым годом растет. Например, число журналов, охваченных SCI, увеличилось в 1966 г. по сравнению с 1964 г. более, чем вдвое (на 125%). В табл. 4.2 приводятся данные о распределении журналов-источников, сканируемых SCI, по странам, в табл. 4.3 — по отдельным отраслям знания для всех стран в целом, в табл. 4.4 — список отечественных журналов, сканированных при составлении SCI 1966 г. При первом знакомстве с данными, приведенными в табл. 4.2, бросается в глаза крайне неравномерное

распределение по странам. Однако, если мы сопоставим эти данные с материалами, приведенными в главе VII, то убедимся в том, что распределение сканируемых журналов по странам (по крайней мере для ведущих стран) довольно хорошо соответствует уровню цитируемости научных публикаций этих стран в мировых информационных потоках.

Таблица 4.2

Распределение по странам журналов, сканированных SCI 1966 г. *)

Страна или язык		Число сканированных журналов	Доля от общего числа, %	Страна или язык		Число сканированных журналов	Доля от общего числа, %
1	Австралия	18	1,193	22	Немецкий язык	136	9,013
2	Австрия	9	0,596	23	Нидерланды	52	3,446
3	Аргентина	3	0,199	24	Новая Зеландия	6	0,398
4	Бельгия	10	0,662	25	Норвегия	5	0,331
5	Бразилия	1	0,066	26	ОАР	1	0,066
6	Великобритания	141	9,334	27	Перу	1	0,066
7	ВНР	17	1,127	28	ПНР	17	1,127
8	Венесуэла	1	0,066	29	Португалия	1	0,066
9	Дания	22	1,458	30	РНР	4	0,265
10	Израиль	9	0,596	31	СССР	35	2,319
11	Индия	21	1,392	32	США	635	42,081
12	Иран	1	0,066	33	Уругвай	1	0,066
13	Испания	5	0,331	34	Финляндия	4	0,265
14	Италия	35	2,319	35	Франция	82	5,434
15	Канада	31	2,054	36	ЧССР	17	1,127
16	Китайский язык	5	0,331	37	Чили	1	0,066
17	Колумбия	1	0,066	38	Швейцария	81	5,368
18	Коста-Рика	1	0,066	39	Швеция	33	2,187
19	Люксембург	1	0,066	40	Югославия	2	0,133
20	Мексика	3	0,199	41	Южная Африка	2	0,133
21	Монако	1	0,066	42	Япония	57	3,777

*) В этом списке приведены только точно идентифицированные журналы, тогда как в табл. 4.1 указаны все сканированные журналы, и их число оказалось больше на 64.

Расширение числа журналов, включенных в SCI, может привести к удорожанию этого издания и оно станет недоступным для научно-исследовательских институтов и учреждений.

Таблица 4.3

Распределение по дисциплинам и объектам исследования журналов, сканированных SCI за 1966 г. (классификация Ю. Гарфилда)

1	Агротехника	48	41	Кристаллография	3
2	Акустика	12	42	Ларингология	4
3	Аллергия	7	43	Лесоводство	6
4	Анатомия и морфология	12	44	Математика	103
5	Анестезия и анальгезия	6	45	Материаловедение	51
6	Астронавтика	3	46	Медицина	115
7	Астрономия	22	47	Медицина лабораторная	44
8	Астрофизика	5	48	Медицина экспериментальная	32
9	Атомная энергия	33	49	Металлургия	39
10	Аэронавтика	7	50	Метеорология	12
11	Аэросфера	23	51	Механика	17
12	Бактериология	6	52	Микология	3
13	Библиотечное дело	3	53	Микробиология	52
14	Биология	89	54	Микроскопия	9
15	Биофизика	11	55	Минералогия; горное дело	4
16	Биохимия	40	56	Наука о Земле	44
17	Ботаника	71	57	Наука о поведении	10
18	Бумага	6	58	Науки, охватывающие многие области знаний	56
19	Ветеринария	22	59	Неврология	48
20	Вирусология	4	60	Образование	10
21	Витамины	3	61	Океанография и биология моря	18
22	Вычислительные машины, кибернетика	39	62	Оптика	19
23	Гастроэнтерология	8	63	Ориентология	7
24	Гематология	9	64	Офтальмология	11
25	Генетика; наследственность	30	65	Паразитология	6
26	География	4	66	Патология	16
27	Геология	12	67	Педиатрия	16
28	Геофизика	11	68	Питание и диета	16
29	Гериатрия	11	69	Полимеры	6
30	Геронтология	5	70	Почвоведение	3
31	Гигиена; общественное здравоохранение	30	71	Приборы	32
32	Гинекология и акушерство	9	72	Психиатрия	12
33	Дерматология	15	73	Психология	78
34	Документалистика, лингвистика, передача информации	31	74	Радиология	17
35	Дыхательные системы	19	75	Рак	16
36	Зоология	55	76	Ревматизм	4
37	Иммунология	20	77	Рыбоводство	6
38	Инженерная механика	24	78	Садоводство	4
39	Инженерное строительство	9	79	Системы циркуляции	25
40	Керамика	4	80	Социология	5
			81	Статистика	14
			82	Стоматология	12

Продолжение

83	Техническая электро- техника и электроника	51	94	Химия физическая . . .	35
84	Технические науки . . .	22	95	Хирургия	43
85	Топливо	3	96	Цитология, гистология	13
86	Тропическая медицина	6	97	Экология	6
87	Фармакология	40	98	Электричество; элек- троника	58
88	Физика	131	99	Эмбриология	3
89	Физиология	53	100	Эндокринология	9
90	Химия	89	101	Энзимология	3
91	Химия аналитическая . .	17	102	Энтомология	17
92	Химия органическая . .	24	103	Ядерная энергия	29
93	Химия техническая . . .	38			

Примечание. Некоторые журналы вошли одновременно в несколько рубрик. Так, например, журнал «Spectrochimica Acta» отнесен одновременно к рубрикам «физика» и «оптика».

Алфавитное расположение авторов в Индексе создает небольшие, но явные осложнения. Имя цитированного автора может транслитерироваться неодинаково в различных журналах. Это еще усложняется тем, что в научной литературе используются многие языки, алфавиты и системы транслитерирования. Например, фамилию русского автора Semenov очень трудно найти, особенно иностранцу, если упустить из виду другие варианты ее написания — Semyonov, Semionov, Semjonov, Semenoff и т. д.

Нам приходится вручную вести поиск по SCI. Это кропотливая работа, требующая больших усилий. Поэтому для нас большое значение имеет удобство пользования SCI как инструментом библиографического поиска. Укажем на некоторые трудности, с которыми мы столкнулись при работе с ним.

1. Деление SCI на индекс ссылок и индекс источников. Для расшифровки названия публикаций, в которых есть ссылки на данную, приходится обращаться к индексу источников. Естественно, что при машинном поиске это не создает никаких затруднений. Однако при работе с печатным индексом вручную лучше иметь эти названия в его основной части, т. е. в индексе ссылок.

Т а б л и ц а 4.4

**Отечественные журналы, сканированные при составлении
Индекса Гарфилда за 1966 г.**

1	Автоматика и телемеханика
2	Автоматическая сварка
3	Акустический журнал
4	Астрономический журнал
5	Биохимия
6	Бюллетень экспериментальной биологии и медицины
7	Геохимия
8	Доклады АН СССР
9	Доклады Московской ордена Ленина Академии сельскохозяйственных наук им. К. А. Тимирязева
10	Журнал невропатологии и психиатрии им. С. С. Корсакова
11	Журнал общей химии
12	Журнал физической химии
13	Журнал экспериментальной и теоретической физики (ЖЭТФ)
14	ЖЭТФ, Письма в редакцию
15	Заводская лаборатория
16	Известия АН СССР, серия математическая
17	Известия АН СССР, Техническая кибернетика
18	Измерительная техника
19	Инженерно-физический журнал
20	Инженерный журнал
21	Кокс и химия
22	Коллоидный журнал
23	Кристаллография
24	Металлургическая и горная промышленность
25	Научно-техническая информация
26	Оптика и спектроскопия
27	Почвоведение
28	Приборы и техника эксперимента
29	Радиотехника и электроника
30	Теплофизика высоких температур
31	Теория вероятностей и ее применение
32	Успехи физических наук
33	Физика твердого тела
34	Электросвязь. Радиотехника *)
35	Ядерная физика

*) Эти два отдельных журнала переводятся на английский язык и выпускаются как один журнал.

2. Чрезмерная сокращенность библиографических данных о цитируемых работах. Даже при наличии списка работ автора не всегда удастся определить, на какую из них ссылаются.

3. Учет фамилии только первого из соавторов. Этого достаточно для узкой задачи информационного поиска при отыскании только ссылки на данную статью. Но для решения более широкой задачи, когда имя какого-либо автора отождествляется с определенной тематикой исследования, а также при определении распространения идей данного ученого, желательно, чтобы указывались все соавторы. Правда, это поведет к увеличению объема Индекса примерно в два раза. Частным решением проблемы соавторства явилось составление отдельного указателя — индекса статей-источников. Последний имеет самостоятельное значение как годовой авторский указатель к массиву всех сканируемых журналов.

4. Отсутствие инициалов авторов. Вместо двух инициалов часто дается лишь один. Типична инверсия инициалов. Характер этих ошибок показывает, что все они происходят от ошибок библиографического описания документов-источников.

5. Многозначность в написании русских фамилий, ведущая к потере части информации. Например, в русских фамилиях очень часто русское «с» транслитерируется латинской буквой «с» вместо «s» и т. д. Ниже мы приводим различные варианты написания русских букв, с которыми нам пришлось встретиться в процессе работы с SCI [67].

Русские буквы	Эквиваленты			Русские буквы	Эквиваленты		
	английские	французские	немецкие		английские	французские	немецкие
в	v	v	w	с	s	s, ss	s
г	g	gu	g	у	u	ou	u
е	e, ye, ie	e, ie	e, je	ц	ts	ts	tz, z, c
ё	e, yo, io	e, io	e, jo	ч	ch	tch	tsch
ж	zh	j	zh	ш	sh	ch	sch
з	z	z, s	z	щ	shch	chtch	schtsch
й	y, i	i	j				

Все подобные отклонения и ошибки очень затрудняют поиск по Индексу.

Одним из возможных решений задачи может стать, как предлагает Ю. Гарфилд, появление во всех журналах «Contents Pages» — специальных списков-оглавлений, содержащих стандартное написание фамилий авторов [14].

Несмотря на отдельные недостатки, видимо, совершенно неизбежные в изданиях такого типа, надо считать, что SCI — это новое и очень мощное средство для исследования информационных потоков в науке. В следующей главе мы изложим имеющийся в настоящее время опыт работы с Индексом Гарфилда.

Важно отметить, что при его составлении сканируется лишь небольшое число советских журналов и журналов стран народной демократии. Из числа советских журналов, регулярно переводящихся на английский язык и издаваемых в США и Великобритании, в Индекс входят 35 журналов, тогда как журналов США в нем 635, Великобритании — 141, Японии — 57.

Для сравнения укажем, что в СССР издается 1745 научно-технических журналов, в США — 6200, в Великобритании — 2200, в Японии — 2800.

Естественно, что по SCI нельзя изучать структуру исследовательского фронта советской науки. Однако для ученых СССР особый интерес может представлять изучение национально-замкнутых информационных потоков, в силу языкового барьера мало выходящих за пределы нашей страны (подробнее об этом см. ниже). Поэтому мы считаем целесообразным поднять вопрос о создании отечественного Указателя научных ссылок по советским журналам.

На первом этапе можно ограничиться 100—120 советскими журналами. Это составило бы 5—6% нашей научной периодики (в СССР издается 582 журнала по естественным наукам и 1163 — по технике [67]). Вначале эти журналы можно было бы выбрать по рекомендации авторитетных ученых, а в дальнейшем — по частоте их упоминания в ссылках. Сейчас обсуждается вопрос о создании в ВИНТИ АН СССР специальной информационной группы для работы с Индексом научных ссылок.

Помимо SCI, носящего межотраслевой характер, в США большое распространение получили указатели, составленные по отдельным отраслям науки. Укажем здесь следующие материалы.

1) Индекс по генетике («Genetics Citation Index», GCI), издаваемый с 1963 г. Институтом научной информации в Филадельфии.

2) Индекс по статистике, подготовленный Дж. Тьюки и в настоящее время доступный только в виде магнитных лент (его описание см. в гл. VI).

3) Индекс по математической статистике к журналу «Journal of the American Statistical Association», в котором просканированы тома 35—50)

4) Индекс к изданию «Transaction IRE, Professional Group on Information Theory», 1958.

5) Индекс по документалистике «Automation and Scientific Communication» к двум томам трудов 26-й конференции Американского института документации.

6) Индекс по мирному применению атомной энергии. В открытую продажу не поступил.

7) Индекс по непараметрической статистике к библиографии «Bibliography of non-parametric Statistics» I. R. Sawage, Harvard University.

§ 3. Статистические закономерности организации публикаций

Создание указателей ссылок поставило перед специалистами по документалистике новую задачу — изучить структуру публикаций. Журнальная публикация обычно состоит из следующих частей:

1. Перечень авторов.
2. Указание на место работы авторов и источники финансирования исследований.
3. Заглавие, претендующее на максимально краткое отображение содержания статьи.
4. Аннотация или резюме.
5. Собственно статья.
6. Благодарности.
7. Библиография.

Здесь возникают такие вопросы.

1. Каково среднее число авторов на статью?

2. В каком порядке располагаются авторы — по алфавиту или по их значимости?

3. Каков средний размер заглавия. Насколько хорошо оно отражает содержание статьи? Как часто встречаются вычурные заглавия, совсем не отражающие содержания статьи и лишь интригующие читателя?

4. Каков средний объем статьи?

5. Как расположен материал в статье? Выделены ли методологическая часть, эксперимент, теория, заключение; везде ли есть благодарности коллегам, руководителю и т. д.?

6. Каково среднее число ссылок в статье? Какой процент ссылок падает на самоцитирование авторов, на цитирование статей из того журнала, в котором опубликована исходная статья (самоцитирование журналов)?

7. Как распределяются ссылки по смысловому характеру? Здесь может быть цитирование по ассоциации идей или по исторической приемственности.

Далее можно интересоваться числом ссылок, относящихся к экспериментальным, теоретическим работам, к применениям и пр. Было бы интересно проследить, как эти показатели меняются во времени, от отрасли к отрасли, от страны к стране. К сожалению, все перечисленные выше вопросы изучены лишь в малой степени, и поэтому изложенный здесь материал носит чисто фрагментарный характер.

Прежде всего интересно обратить внимание на среднее число соавторов в одной публикации. Анализ материалов, приведенных в SCI за 1964—1965 гг., показывает, что среднее число авторов на одну статью лежит где-то в границах 2,0—2,1. Дирек Прайс [60], анализируя публикации в журнале «Chemical Abstracts» показал, что наблюдается отчетливый рост среднего числа соавторов (рис. 4.7). Вместе с тем, Б. Кларк [61] утверждает, что в биомедицинских публикациях за 1946—1963 гг. не установлено увеличение среднего числа соавторов; оно остается постоянным и равняется примерно 2,3. По-видимому, этот вопрос нуждается в дальнейшем изучении. У нас сложилось впечатление, что в публикациях советских ученых намечается тенденция к росту числа соавторов, но это пока не удалось подтвердить количественно.

Теперь рассмотрим вопрос о распределении публикаций по числу библиографических ссылок. Используя данные SCI, можно показать, что в среднем на одну публикацию приходится 15 библиографических ссылок. Из них около 12 относится к не книжным публикациям, таким как журнальные статьи, диссертации и неопубликованные работы. Распределение публикаций по числу

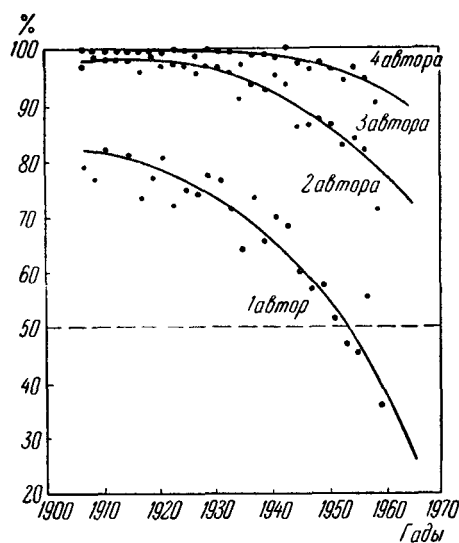


Рис. 4.7. Рост числа соавторов публикаций, реферируемых «Chemical Abstracts» [12].

По оси абсцисс отложены годы, по оси ординат — число работ для различного числа соавторов (в % от общего числа публикаций за год).

ссылок графически представлено на рис. 4.8. Мы видим, что 10% всех научных публикаций вообще не содержат ссылок. Далее по 5% публикаций приходится на статьи с 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ссылками. Затем процент статей с большим числом ссылок начинает резко падать.

Остановимся коротко на частоте цитирования публикаций. По данным Дирека Прайса [60], около 35% всех существующих научных статей не цитируются вообще, а 49% цитируется только по одному разу в течение года. Около 9% всех опубликованных работ цитируются по 2 раза, 3% — цитируется по 3 раза, 2% — по 4 раза, 1%

работ цитируется по 5 раз и еще 1% оставшихся работ цитируется по 6 (и более) раз в течение года. Можно утверждать, что 4% всех публикуемых работ оказываются «классическими» и цитируются не менее 4 раз в течение года.

Лотка еще в начале нашего века занимался изучением распределения авторов по их продуктивности, используя авторские указатели к журналам за ряд лет. Так называемый закон Лотка можно сформулировать

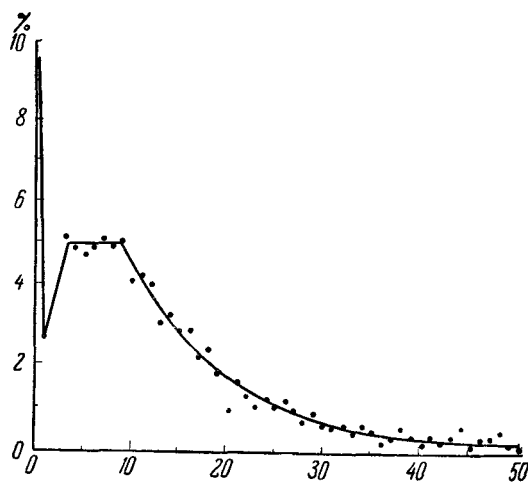


Рис. 4.8. Распределение публикаций по числу ссылок в них [60].

По оси абсцисс отложено число ссылок, по оси ординат — доля статей (в %) с данным числом ссылок.

следующим образом: число научных работников, написавших n статей, пропорционально $1/n^2$. Позднее Дирек Прайс [12] обстоятельно занимался изучением этого вопроса. Он показал, что закон Лотка есть довольно грубое приближение, нуждающееся в существенном уточнении для высокопроизводительной группы ученых. Выше (см. стр. 46) мы уже говорили, что распределение научных работников по их продуктивности аппроксимируется и законом Пуассона; при этом путем экстраполяции учитывается и число научных работников, не опубликовавших ни одной статьи за заданный промежуток времени.

Особый интерес представляет чисто социологический вопрос о числе статей, написанных автором в течение всей его жизни. По оценкам Дирека Прайса [60а], среднее число научных статей, приходящихся на одного автора в течение его жизни, оставалось, начиная с XVII века, постоянным и составляло 3—4. Только сейчас, видимо, это число изменяется в связи с увеличением среднего числа соавторов на одну публикацию. Далее Прайс в той же работе утверждает, что 75% авторов написали в течение своей жизни не более одной научной работы, в то время как 10% создали около половины всей мировой научной литературы.

Заканчивая настоящий параграф, нам хотелось бы обратить внимание читателя на то, что все эти вопросы (зачастую носящие уже чисто социологический характер) нуждаются в дальнейшем обстоятельном изучении. Интересно изучить изменение рассмотренных выше показателей во времени, варьирование их при переходе от дисциплины к дисциплине, а также от страны к стране с учетом социальных и экономических особенностей этих стран.

ГЛАВА V

ИЗУЧЕНИЕ ВНУТРЕННИХ СВЯЗЕЙ В НАУКЕ ПО ЯЗЫКУ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

§ 1. Изучение развития научных направлений. Исторический анализ

Систематический статистический анализ языка библиографических ссылок, по-видимому, позволяет проследить развитие во времени отдельных научных направлений. Практически такая возможность появилась лишь совсем недавно, после того как начал выходить Индекс научных ссылок. Нам кажется уместным провести здесь такое сравнение — с появлением SCI началась документированная история науки, точно так же как с появлением летописей началась документированная история общества. До появления SCI история науки находилась на архаическом уровне — исследования по истории развития науки носили фрагментарный, а не систематический характер.

Естественно считать, что отклики на научную работу можно представить кривой, показывающей, как изменяется во времени число ссылок на данную публикацию. Вслед за Нольтингом [62] и Аврамеску [63] рассмотрим пять таких типичных, в принципе возможных кривых, представленных на рис. 5.1. Кривая 1 характеризует отклик на обычную, среднюю по своему качеству работу — ее цитируемость постепенно затухает во времени. Кривая 2 описывает цитируемость работы, все значение которой раскрывалось лишь постепенно, кривая 3 — цитируемость работы, прокладывающей новые пути в науке и опережающей свое время. Кривая 4 задает цитируемость работы, обсуждавшейся вначале, но затем, неожиданно, признанной ошибочной. И, наконец, кри-

вая 5 дает цитируемость гениальной работы. В работе Аврамеску [63] делается попытка проанализировать механизм динамики цитирования, описывая его суммой двух экспонент. Мы не хотим здесь останавливаться подробнее на рассмотрении данного вопроса, поскольку пока все это еще не подтверждено наблюдениями. В нашем распоряжении еще нет статистического материала, показывающего изменение цитируемости во времени для работ разного типа. Здесь ведутся лишь подготовительные работы. По имеющимся у нас Индексам Гарфилда найдены лишь две ординаты кривых — для 1965 и 1966 гг.

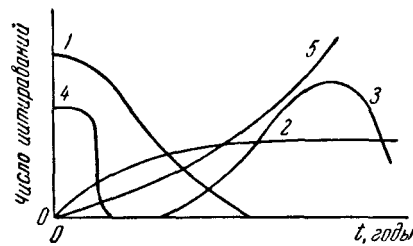


Рис. 5.1. Изменение во времени числа ссылок на научную работу [62, 63]

Нам представляется, что надо следить за изменением во времени не цитируемости отдельных работ, а цитируемости публикаций для целых научных направлений. По-видимому, и в этом случае мы будем иметь дело с кривыми, аналогичными приведенным на рис. 5.1. Такое прослеживание позволит нам понять динамику развития отдельных научных направлений — мы сможем оценивать скорость роста, поведение кривой в окрестности максимума (если он имеется), скорость спада и т. д. Разумная экстраполяция кривых цитируемости позволит делать краткосрочные прогнозы. Эти кривые можно будет использовать при планировании научных разработок и при распределении средств, выделяемых на развитие той или иной области знаний. Вместе с тем их анализ позволит выявить влияние национальных и других барьеров на распространение научных идей; правда, тогда кривые цитируемости нужно строить отдельно для каждой страны.

Но все это — дело будущего; пока приходится терпеливо накапливать материал.

В одной из своих работ Гарфилд [64] показал, пользуясь языком библиографических ссылок, как в некоторых случаях можно проводить исторический анализ развития отдельных областей знаний, имея в своем распоряжении SCI только за один год. Объектом исследования служила история развития работ по расшифровке генетического кода.

Раньше этот вопрос изучался А. Азимовым обычными методами. Развитие таких работ удалось проследить на протяжении 140 лет. А. Азимов (I. Asimov, *The Genetic Code*, N. Y., New American Library, 1963) выделил 65 узловых работ. Они были написаны 89 авторами, из которых 48 он отнес к числу выдающихся. Гарфилд показал, что в SCI за 1961 г. основные авторы цитировались в среднем 112 раз, а соавторы — всего лишь 41,6 раза. Он установил также, что основные авторы раньше вступили в науку — разница во времени между появлением узловой работы и первой цитируемой работы для основных авторов составляла в среднем 12,4 года, для соавторов — 6,8 года. Для сопоставления интересно привести следующие данные: лауреаты Нобелевской премии 1962—1963 гг. цитировались в 1961 г. в среднем 169 раз, а средняя цитируемость по всем авторам, включенным в SCI за тот же 1961 г., оказалась равной всего лишь 5,5 раза.

Была построена диаграмма, показывающая, как часто цитировались (в SCI за 1961 г.) все авторы узловых работ другими авторами тоже узловых работ. Первый резкий всплеск на ней относится к 1953 г. Он свидетельствует о том, что в этом году произошло важное событие — появилась публикация, которая внесла большой вклад в теорию строения ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислот!).

По всем работам, выделенным Азимовым, был построен индекс внутренней цитируемости. Были выявлены и изучены работы, наиболее часто цитируемые во всем множестве работ. В результате была дополнительно обнаружена одна очень важная работа, которую следовало классифицировать как узловую.

Приведенные ниже данные позволяют сравнить число исторических связей, выделенных обычными методами (А. Азимов) и методами анализа цитируемости:

Исторические связи, установленные Азимовым	Установлено	29
	Предполагается	14
	Всего	43
Связи по цитируемости, совпадающие с исторически установленными связями	Прямые	15
	Косвенные сильные	7
	Косвенные слабые	6
	Всего	28
Связи по цитируемости, не совпадающие с исторически установленными	Прямые	10
	Косвенные сильные	16
	Косвенные слабые	5
	Всего	31

Как мы видим, в 65% случаев наблюдается совпадение связей, выявленных историческим методом и методом анализа ссылок. Последний метод выявил 31 связь, незамеченную при историческом анализе. 11 публикаций оказалось не связанными цитатами с более ранними работами, причем семь из них были признаны исходными работами. Весь этот материал Гарфилду удалось очень наглядно представить с помощью трехцветных графов.

Насколько мы знаем, это пока еще единственный, но, как нам кажется, очень интересный пример применения языка научных ссылок для исторического анализа. Проведенное исследование все же носит фрагментарный характер. Существенную помощь Ю. Гарфилду оказала ранее написанная работа А. Азимова. Здесь еще раз хочется подчеркнуть, что систематические исследования такого рода легко будет проводить, когда мы будем иметь SCI за много лет.

§ 2. Установление обратной связи между автором и творчески активным читателем

Пользуясь SCI, можно каждому ученому давать справку о том, где, кем и когда цитировалась его работа и тогда он будет знать, как и кто развивает его идеи. Это и есть система обратной связи между автором и творчески активным читателем — автором последующей публикации. Возможность следить за распространением и использованием своих идей должна обеспечить устранение некритического цитирования неверных, необоснованных, неполных или устаревших данных. В одной из своих работ [18] инициатор создания SCI Ю. Гарфилд пишет: «Если бы даже не было другого ис-

пользования Индекса научных ссылок, кроме сведения к минимуму цитирования неправильных данных, он все равно стоил бы усилий, затрачиваемых на его составление». Ясно, сколь большое значение такая служба обратной связи может иметь как для развития отдельных научных направлений, так и для работы целых коллективов. Из-за растущего объема публикаций сейчас стало невозможно устанавливать обратную связь путем непосредственного просмотра периодики; особенно трудно это делать тем коллективам, которые работают на стыке нескольких научных направлений. В лаборатории статистических методов МГУ были составлены списки, иллюстрирующие обратную связь для отечественных специалистов по математической статистике по данным SCI за 1965 и 1966 гг. Ниже в качестве примера приводится фрагмент из этого списка, показывающий часть материала, относящегося к цитируемости работ акад. Ю. В. Линника в 1965 г.

ЛИННИК Ю. В.

- | | |
|---|--|
| <p>1. Линник Ю. В., Линейные формы и статистические критерии, Украинский математический журнал, 1953, 5, 207–243.</p> | <p>1. Зингер А. А., Об одной задаче Б. В. Гнеденко, ДАН СССР, 1965, 162, 6, 1238.</p> |
| <p>4. Линник Ю. В., Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений, 1958, 333 стр.</p> | <p>2. Lana R. G., Lukacs E., On a linear form whose distribution is identical with that of a monomial, Pacific Journal of Mathematics, 1965, 15, 27.</p> |
| <p>9. Linnik Y. V., etc. Fiducial probability, Bull. I. S. I., 1963, 40, 833.</p> | <p>1. Суворов В., Кровоснабжение головного мозга в условиях краниocereбральной гипотермии, Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1964, 57, № 2, 41.</p> <p>2. Dror I., Smoothing of tracking data of space trajectories, Israel Journal of Technology, 1965, 3, 88.</p> |
| <p></p> | <p>1. Bartlett M. S., Fischer R. A. and the last fifty terms of statistical methodology, Journal of the American Statistical Association, 1965, 60, 395.</p> |

Сейчас каждый научный работник упомянутой выше группы может узнать, какой отклик получили его идеи в мировой науке в последние годы.

§ 3. Прослеживание за проникновением новых методов исследования в смежные области

Взаимное проникновение наук, стирание граней между ними — одна из наиболее примечательных черт развития науки в наши дни. Важно иметь хорошо организованную систему слежения за развитием этого процесса. Нас особенно интересовал вопрос о проникновении некоторых математических методов исследования в другие научные дисциплины — химию, техническую физику, металлургию, биологию. Следить за развитием этого процесса по реферативным журналам практически невозможно. Трудность здесь заключается не столько в громоздкости работы — она требует просмотра слишком большого числа разнородных реферативных журналов, сколько в малой ее эффективности. Референты — специалисты по химии, физике, биологии — обращают внимание главным образом на результаты, полученные в реферируемой работе, а не на те новые и часто мало понятные им математические методы исследования, с помощью которых они были найдены. Если о математических методах исследования и говорится что-либо в рефератах, то делается это в маловразумительной форме. Индекс научных ссылок оказался единственным библиографическим инструментом, позволяющим легко проследить за проникновением математических методов исследования в другие области.

В лаборатории статистических методов МГУ было проведено такое исследование по SCI за 1965 г. для следующих математических методов исследования: 1) планирование экстремальных экспериментов; 2) дисперсионный анализ; 3) теория случайных функций; 4) динамическое программирование; 5) метод максимума. Были выявлены все публикации в области химии, физики, металлургии, биологии, содержащие ссылки на какого-либо ученого, задающего развитие одного из указанных выше направлений (такими учеными могут быть авторы, предложившие новые методы, или авторы, развивающие и разъясняющие эти методы во вторичных публика-

циях — обзорах и монографиях). По каждому направлению были составлены полные библиографические списки. Анализ приведенных в них работ позволяет нам понять, где, когда, как и для каких задач применяются эти методы. В ряде случаев удается также оценить степень корректности применения новых методов и эффективность их использования. Можно также получить представление о тех трудностях, с которыми приходится сталкиваться при практическом применении новых методов, и с этих позиций оценить их недостатки.

Остановимся сейчас несколько подробнее на описании проведенного нами эксперимента по изучению проникновения математических методов исследования в другие области (результаты такого эксперимента были уже изложены в [58]). Первый наш эксперимент, как уже сказано выше, относился к составлению (с помощью SCI) библиографии по работам, описывающим опыт применения в химии и металлургии методов планирования экстремальных экспериментов. Наибольший вклад в разработку этих методов внес американский статистик Бокс и связанный с ним незримый коллектив. Для сопоставления была взята — в качестве эталона — библиография, составленная как обычным методом (просмотр специалистами наиболее важных журналов), так и, частично, новым методом — механическим, бездумным просмотром библиографических ссылок по 30 основным химическим и металлургическим журналам. Последняя система поиска отличалась от системы поиска SCI только количественно — работая вручную, приходится ограничиваться сканированием небольшого числа журналов. Сопоставление двух библиографий дало следующие результаты: в библиографии, составленной по SCI, содержалось 73 публикации, из которых 29 отсутствовали в эталонной, и в ней не оказалось только семи работ, имеющих в эталонной, причем три из них были опубликованы в советских изданиях, не сканируемых при составлении Индекса.

Была сделана также попытка выявить публикации по биологии и медицине, в которых используются статистические методы исследования. По SCI отыскивались работы, содержащие библиографические ссылки на Финни и Бейли — зарубежных статистиков, авторов руководств, широко используемых биологами и медиками.

По ссылкам на Финни было выявлено за 1965 г. 198 биологических и медицинских работ, по ссылкам на Бейли — 23 работы. Этот поиск не охватывает всех биологических и медицинских работ, использующих методы математической статистики, поскольку он велся всего лишь по авторам двух руководств.

Было проведено также исследование проникновения методов теории случайных функций в другие области. Были найдены работы, в которых используются эти методы. Результаты оказались следующими:

Техника (включая вопросы связи, автоматики и телемеханики)	36	публикаций
Геофизика	22	»
Физика	19	»
Биология	7	»
Химия	2	»

Здесь обращает на себя внимание очень малое использование идей и методов теории случайных функций в химии.

Нас интересовали также те прикладные работы, в которых использовался метод максимума, предложенный акад. Л. С. Понтрягиным, и метод динамического программирования, предложенный Р. Беллманом и успешно развиваемый Р. Арисом в применении к задачам химии (оптимальное программирование химических реакторов в задачах, где известна математическая модель процесса). Оказалось, что в 1965 г. монография, в которой излагается метод максимума, цитируется 103 раза: 25 раз в отечественных журналах и 78 раз в иностранных (главным образом в работах прикладного характера). Результаты изучения цитируемости работ Р. Ариса и Р. Беллмана приведены в табл. 5.1. Здесь

Таблица 5.1
Цитируемость работ Р. Беллмана и Р. Ариса [53]

Область науки, к которой относится цитируемая работа	Число ссылок на работы	
	Р. Беллмана	Р. Ариса
Математика и теория автоматического управления	190	8
Химия	15	73
Физика	26	4
Биология	3	—
Метеорология	2	1

Здесь

обращает на себя внимание очень большое число работ по химии, использующих метод динамического программирования. При этом интересно отметить, что лишь в семи работах одновременно цитируются оба автора. Неожиданным для нас было довольно большое число ссылок на работы Р. Беллмана в физических журналах. И уж совсем неожиданным оказалось цитирование этого автора в биологических и метеорологических журналах.

Все полученные данные подлежат дальнейшему смысловому анализу. Нужно было бы организовать систематический (ежегодный) выпуск обзоров, в которых подвергались бы критическому анализу работы, использующие новые, сложные математические методы исследования. Хотелось бы знать, сколь грамотно эти методы применяются, сколь они эффективны, как можно прогнозировать дальнейшее развитие работ в этом направлении, в какой степени успешный опыт применения в одной области научных или технических исследований можно переносить в другую. Естественно, что такие специализированные библиографии надо издавать. В 1967 г. лабораторией статистических методов МГУ была издана в виде препринта библиография, составленная Ю. П. Адлером и Ю. В. Грановским по прикладным работам, использующим методы планирования экстремальных экспериментов. Библиография содержит более 800 статей. Сейчас может идти речь об организации нового направления информационной службы, основанной на использовании SCI, для прослеживания за проникновением новых методов исследования в смежные области.

§ 4. Изучение внутренней структуры фронта научных исследований

Рассматривая науку как информационный процесс, мы можем характеризовать структуру фронта научных исследований двумя показателями: 1) степенью взаимной связанности публикаций, 2) скоростью обновления фронта научных исследований. Оба эти показателя можно оценить, пользуясь системой библиографических ссылок.

Кесслер [65, 66] предложил следующий прием для оценки взаимной связанности публикаций; будем считать,

что некоторое число статей образует связанную группу G_A , если каждая из них имеет хотя бы одну общую библиографическую ссылку с некоторой тестовой статьей P_0 . Силу связи между P_0 и любой из статей в группе G_A можно измерить числом общих библиографических ссылок n .

Т а б л и ц а 5.2

Число групп G_A , содержащих N статей [65]

Число статей N в группе	Число групп, содержащих N статей		Число статей N в группе	Число групп, содержащих N статей	
	общее	доля в %		общее	доля в %
0	50	(18,87)	13	5	(1,89)
1	25	(9,43)	14	3	(1,13)
2	34	(12,83)	15	4	(1,51)
3	35	(13,21)	16	1	(0,38)
4	22	(8,30)	17	1	(0,38)
5	15	(5,66)	18	1	(0,38)
6	16	(6,04)	19	1	(0,38)
7	13	(4,90)	20	2	(0,75)
8	8	(3,02)	22	2	(0,75)
9	2	(0,75)	25	1	(0,38)
10	7	(2,64)	26	2	(0,75)
11	8	(3,02)	27	1	(0,38)
12	3	(1,13)			

В статье Кесслера [65] приводятся результаты обследования 97-го тома журнала «Physical Review», содержащего 265 статей. Каждая статья поочередно служила тестовой статьей P_0 , с которой сопоставлялись остальные 264 публикации. Всего было образовано 265 групп G_A . Результаты анализа приведены в табл. 5.2. Как мы видим, число статей в каждой из групп G_A варьирует от нуля (тестовая статья P_0 не связана ни с одной из остальных статей) до 27. Ниже приводятся данные о силе связи n между публикациями — здесь максимальная сила связи равна 11 — две пары статей оказались связаны 11 общими библиографическими ссылками (табл. 5.3).

Позднее Кесслер [15] провел сравнительное изучение двух классификационных систем (материалом служили 334 статьи 112-го тома журнала «Physical Review»): системы взаимной связи, установленной по библиографи-

Таблица 5.3

Сила связи между публикациями [65]

Сила связи n	Число пар статей, связанных n общими ссылками	Сила связи n	Число пар статей, связанных n общими ссылками
$n = 1$	450 (1,29%)	$n = 6$	4 ($11 \cdot 10^{-3}$ %)
$n = 2$	84 ($240 \cdot 10^{-3}$ %)	$n = 7$	4 ($11 \cdot 10^{-3}$ %)
$n = 3$	38 ($109 \cdot 10^{-3}$ %)	$n = 8$	1 ($3 \cdot 10^{-3}$ %)
$n = 4$	20 ($57 \cdot 10^{-3}$ %)	$n = 9$	3 ($8 \cdot 10^{-3}$ %)
$n = 5$	15 ($43 \cdot 10^{-3}$ %)	$n = 11$	2 ($6 \cdot 10^{-3}$ %)

ческим ссылкам, и предметного индекса, содержащего 73 раздела. Ниже мы приводим результаты этого исследования.

Сила связи n , установленная по ссылкам $n \geq 5$	$n = 4$ и 3	$n = 2$	$n = 1$	$n = 0$	
Процент пар статей, связанных по предметному индексу	86	71	67	55	0

Они показывают хорошую корреляцию обеих классификационных систем. В самом деле, изучая множество, состоящее из пар статей с $n \geq 5$, мы видим, что 86% этих пар связано по предметному индексу. Контролем служила выборка в 100 случайно отобранных пар из всего множества пар с $n = 0$. Итак, сила связи между публикациями, установленная по числу общих библиографических ссылок, может служить мерой родственности статей выявленной по предметному указателю.

Все эти исследования показывают, что совокупность библиографических связей статей мы имеем право рассматривать как систему логических связей. Сила этих связей способна служить одной из характеристик фронта научных исследований. Степень логической связанности публикаций можно выявить также и в тех областях знаний, где еще нет хорошо разработанных предметных индексов. Мы считаем даже, что систему логических связей лучше устанавливать по системе библиографических ссылок, чем по предметному индексу. Результаты

такого анализа не будут зависеть от недостатков, присутствующих предметным индексам, и от тех субъективных решений, к которым приходится прибегать при отнесении статей к тем или иным его рубрикам.

Вместе со связанным с нами коллективом [67] мы пытались выяснить степень взаимной связанности публикаций для двух других разделов знаний — математической статистики и философии. Мы сознательно выбрали области знаний, столь отличные как друг от друга, так и от той области, которую исследовал Кесслер. Нам хотелось выяснить, сколь широко может изменяться структура фронта научных исследований, измеряемая показателями Кесслера?

Таблица 5.4
Распределение групп G_A по числу статей в них для трех научных дисциплин *)

Число статей N в группе G_A	Процент групп G_A , содержащих N статей		
	физика	математическая статистика	философия
0	19	50	81
1	9	17	10
2, 3, 4	34	21	9
5	48	12	0

*) Источником данных для физики служил журнал «Physical Review», для математической статистики — журналы «Technometrics», «Biometrika», «Biometrics» и «Journal of the Royal Statistical Society, ser. B», для философии — журнал «Вопросы философии».

В табл. 5.4 показано распределение групп G_A по числу содержащихся в них статей для трех научных дисциплин: физики (частично снова повторены данные Кесслера по «Physical Review»), математической статистики (наши данные по журналам «Technometrics», «Biometrika», «Biometrics», «Journal of the Royal Statistical Society, ser. B.»; эти журналы мы объединили, так как они не имеют четко разграниченной тематики) и философии (журнал «Вопросы философии»). В табл. 5.5 показана сила связи для статей из тех же журналов. Чтобы сделать данные сопоставимыми, они выражены в процентах.

Из этих двух таблиц следует, что структура фронта научных исследований в различных областях знаний существенно различна. В разделах физики, создающих информационные потоки, идущие через журнал «Physical Review», эти потоки распадаются на отдельные микропотоки, сильно связанные друг с другом общностью

идей, на которые они опираются. Естественно, что в методологических работах по математической статистике наблюдается бóльшая распыленность — в основном информационном потоке слабее выделяются отдельные микропотоки. В философских работах практически почти не наблюдается внутренних связей между публикациями. Фронт исследования очень распылен — здесь трудно проследить за какими-либо последовательно развиваемыми идеями. Видимо, многие публикации обрываются, не вызывая отклика.

Таблица 5.5

Сила связей n между парами статей для трех научных дисциплин

Сила связи	Процент пар публикаций, связанных общими ссылками			Сила связи	Процент пар публикаций, связанных общими ссылками		
	физика	математическая статистика	философия		физика	математическая статистика	философия
$n = 1$	1,290	0,600	0,200	$n = 7$	0,011	нет	нет
$n = 2$	0,240	0,090	0,001	$n = 8$	0,003	»	»
$n = 3$	0,109	0,018	0,001	$n = 9$	0,008	»	»
$n = 4$	0,057	0,020	нет	$n = 10$	нет	»	»
$n = 5$	0,043	0,004	»	$n = 11$	0,006	»	»
$n = 6$	0,011	0,007	»				

Интересно обратить внимание на то, что язык библиографических ссылок в философских публикациях играет значительно меньшую роль, чем в точных, естественных и технических науках. В журнале «Вопросы философии» (за 1966 г.) оказалось довольно много ссылок: в среднем 11 ссылок на статью, но из них на периодическую падает всего лишь три ссылки; 23% просмотренных статей вообще не имеет ссылок на периодику¹⁾. Среднее число ссылок в статье на иностранную периодику составляет 0,6; здесь уже 73% (!) публикаций не имеет ссылок. Зато среднее число ссылок на книги составляет 82% от общего их числа. Отечественные

¹⁾ В ссылки на периодику были включены также ссылки на публикации в разного рода сборниках. У нас в стране издается лишь один журнал по философским наукам, и поэтому многие публикации типа журнальных статей печатаются в сборниках.

публикации по философии опираются скорее на книги, чем на периодику. Смысловый анализ библиографических ссылок в журнале «Вопросы философии» подтверждает наши наблюдения о большой распыленности тем в этой области знаний. В журнале есть, например, ссылки на такие, казалось бы, далекие от философии журналы как «Рыбное хозяйство», «Лесное хозяйство» и т. д. Дополнительный анализ позволил нам выделить лишь немногих ученых, на работы которых опирается несколько публикаций: Н. А. Бернштейн, А. Н. Колмогоров, Б. М. Кедров, В. А. Фок.

Итак, анализ информационных потоков показывает, что логико-структурные связи в исследованиях по философии совершенно отличны от связей в точных, естественных и технических науках. Здесь в значительной степени нарушен основной принцип развития информационных потоков в науке — последовательная преемственность идей через журнальные публикации. Все это указывает на специфичность предмета философии, где научная мысль больше опирается на фундаментальные монографии, чем на периодику.

Итак, мы видим, что с помощью критерия Кесслера можно выявлять те структурные особенности фронта научных исследований в отдельных областях знаний, которые ранее оставались незамеченными.

Второй характеристикой фронта научных исследований может служить скорость старения тех публикаций, на которые опираются новые исследования. Рассмотрим множество библиографических ссылок для всех статей, опубликованных за год в каком-либо одном журнале. Построим график, откладывая по оси абсцисс год выхода в свет цитируемой работы, а по оси ординат — накопленные суммы цитируемых работ. Естественно, что мы получим затухающие кривые, которые можно аппроксимировать экспонентой или суммой экспонент (в случае нескольких потоков публикаций, затухающих с разной скоростью). По аналогии с терминологией, принятой при исследовании радиоактивного распада атомов, уместно говорить о периоде полустарения публикаций. Будем называть периодом полустарения время, в течение которого была опубликована половина цитируемой литературы. В табл. 5.6 приводятся данные о периоде полустарения публикаций в различных обла-

стях знаний. Они заимствованы из работы Бартона и Кеблера [68], которые утверждают, что наблюдаемый материал хорошо аппроксимируется суммой двух экспонент

$$y = 1 - \left(\frac{a}{e^t} + \frac{b}{e^{2t}} \right),$$

где $a + b = 1$, y — накопленная сумма. Эти две экспоненты, по-видимому, соответствуют двум потокам литературы — эфемеридам, т. е. быстро стареющим публикациям и классическим работам, затухающим в два раза медленнее.

Таблица 5.6

Периоды полустарения публикаций по разным отраслям науки

Отрасль науки	Время, годы	Отрасль науки	Время, годы
Техническая химия . . .	4,8	Химия	8,1
Инженерная механика	5,2	Геология	11,8
Металлургия	3,9	Физиология	7,2
Математика	10,5	Ботаника	10,0
Физика	4,6		

Из рассмотрения табл. 5.6 следует, что период полустарения публикаций варьирует в широких пределах. Очень быстро происходит старение в технических науках, значительно медленнее стареют публикации в области математики и описательных наук, таких как геология и ботаника. Видимо, период полустарения можно считать одной из констант, характеризующих структуру научных информационных потоков. Было бы интересно оценить эту константу для значительно более узких дисциплин. В частности, нам представляется неразумным рассматривать всю физику в целом — ее естественно разбить хотя бы на такие разделы как теоретическая, техническая и экспериментальная физика. Очень интересно было бы проследить за тем, как период полустарения меняется во времени — вряд ли, скажем, 50 или 100 лет назад старение публикаций происходило с такой же скоростью, как и сейчас. Может быть, такой исторический анализ позволит сделать некоторые интересные прогнозы.

§ 5. Оценка эффективности труда ученого и научного коллектива

Оценка эффективности труда научного работника — это острая и до сих пор еще не решенная задача. Сейчас, по молчаливому согласию ученых, критерием для такой оценки является суммарное число публикаций. Мы обязательно указываем число публикаций, когда нам нужно оценить относительную эффективность какого-нибудь научного коллектива, или написать характеристику того или иного научного работника. Хорошо известно, что талантливые и долго жившие ученые, как правило, публиковали много работ. Но отсюда не следует обратное: что большое число публикаций есть показатель талантливости. Еще 27 лет назад Дж. Бернал [4] отмечал, что оценка деятельности ученых по суммарному числу публикаций приносит большой вред науке. Ученые всеми силами стараются напечатать как можно больше работ. Научные журналы оказываются засоренными посредственными, часто незрелыми публикациями.

Мы рассматриваем науку как информационный процесс и это, естественно, заставляет нас отказаться от признания суммарного числа публикаций критерием эффективности труда ученого. Нам надо научиться выделять полезные сигналы на том шумовом поле, которое создается посредственными публикациями. Мерой полезности публикации является ее цитируемость. Если работа цитируется, то это значит, что она оказывает влияние на развитие науки как информационного процесса. При таком подходе появляется возможность производить сравнительную оценку работ, выполненных в разных областях знаний. Вероятно, лучше оценивать не значимость какой-либо одной работы, а эффективность труда ученого в целом, или, точнее, эффективность созданного им научного направления. Мы знаем, что некоторые работы, содержащие очень ценные идеи, но изложенные в труднодоступной форме, получают меньший отклик, чем вторичные публикации, в которых те же идеи представлялись позднее в форме, доступной для понимания. Поэтому важно оценивать не столько цитируемость отдельной работы, сколько цитируемость всех публикаций, связанных с данным направлением.

Против критерия цитируемости обычно выдвигают следующие два возражения.

Первое — трудность учета отрицательных цитирований. Нам кажется, что такой трудности на самом деле не существует. В науках, не имеющих острой политической направленности, не нужно проводить разграничения между положительным и отрицательным цитированием. Если работа цитируется, значит, высказанные в ней идеи послужили толчком для развития новых работ. И с этой точки зрения неважно, продолжают ли исходные идеи развиваться или они радикально переосмысливаются. Плохо, когда работа не цитируется вовсе — это значит, что она не оказала никакого влияния на дальнейшее развитие информационных потоков в науке. Ее не нужно было публиковать — она лишь увеличила шумовое поле в информационном потоке. Кстати, известно, что в точных и естественных науках всякого рода нелепые и абсурдные работы не цитируются — ученые слишком заняты, чтобы тратить время на обсуждение нелепых теорий, даже если с позиций широкой публики они иногда и кажутся сенсационными [69].

Второе возражение относится к тому, что нередко новые идеи понимаются далеко не сразу, а с опозданием. Здесь обычно в качестве примера приводят всем известный случай с работами Гиббса. Рассмотрим следующий умозрительный пример: допустим, что ученый А сделал крупное открытие, но так и не удосужился сообщить о нем в той или иной форме. Оказало ли его открытие какое-либо влияние на развитие науки? Конечно, нет. Точно так же и работы Гиббса не влияли на развитие науки, пока на них не обратил внимание Максвелл и голландская школа физиков. Если есть запаздывание в понимании новых идей, то рассматриваемый нами критерий не отметит их ценности, — и это вполне естественно и правомерно; наш критерий реагирует на современное состояние информационных потоков в науке, а не на потенциально возможные, но не раскрытые еще сегодня идеи. Ю. Гарфилд показал, что с помощью SCI можно выявить те работы крупных ученых, которые почему-либо мало цитируются. Можно специально изучить причину их малой цитируемости и принять какие-то меры к тому, чтобы высказанные в них идеи (если они действительно интересны) стали доступными. Но это

относится только к работам крупных ученых. Остается неясным, как можно выявить интересные работы невыдающихся ученых, если их работы не поняты, скажем, из-за дефектов изложения.

Итак, если принять информационную модель процесса развития науки, то цитируемость будет, по определению, критерием эффективности труда ученого. Интересно сопоставить оценки, сделанные с помощью этого критерия и с помощью другого возможного критерия, основанного на признании ученого его коллегами. Такое сопоставление проведено американскими социологами С. Коул и Дж. Коул [70]. Объектом исследования оказались 120 университетских физиков. Оценки, основанные на количестве публикаций и их качестве (уровне цитируемости¹⁾), сопоставлялись с оценками, сделанными по степени признания авторитета ученого его коллегами. Мерой признания авторитета служили 1) степень известности выбранных 120 ученых среди всех американских физиков; для этого были разосланы анкеты 2036 физикам, сотрудничающим в учреждениях, давших за последние 5 лет не менее двух докторов; число полученных ответов равнялось 1281; 2) награждения (рассматривались лишь существенные награды), 3) служебное положение в каком-либо из ведущих физических колледжей или институтов.

Все 120 физиков были разбиты на четыре группы (табл. 5.7). Группа I, объединяющая 33% обследованных ученых, образована «плодотворно работающими физиками»; это ученые, которые много печатаются и часто цитируются. Противоположна ей группа IV (37% от общего числа), в которую попадают «молчаливые физики»; они мало печатаются и редко цитируются. Группа II состоит из «плодовитых физиков» (12% от общего числа), которые много пишут, но редко цитируются. Наконец, в группу III входят «физики-новаторы»; они сравнительно мало печатаются, но каждая из их работ получает широкий отклик.

¹⁾ Оценка уровня цитируемости производилась несколько своеобразным образом: для каждого ученого вычислялось среднее число цитирований за те три года, когда на его работы ссылались больше всего. Чтобы элиминировать влияние времени выхода работы, вводились весовые коэффициенты, которыми определяется старение публикаций.

Таблица 5.7

Связь между количеством и качеством публикаций
и авторитетностью их авторов

Группы физиков	Количество публикаций	Качество опубликованных работ (число ссылок на них)	Число физиков	Число награжденных*)	Число занимающих высокое служебное положение	Число известных ученых**)
I	≥ 30	≥ 60	40 (33%)	36 (90%)	23 (58%)	28 (69%)
II	≥ 30	≤ 59	14 (12%)	9 (64%)	4 (29%)	4 (29%)
III	≤ 29	≥ 60	22 (18%)	20 (90%)	17 (77%)	12 (55%)
IV	≤ 29	≤ 59	44 (37%)	25 (57%)	12 (27%)	2 (5%)

*) Здесь учтены только лица, награжденные хотя бы один раз.

**) Здесь учтены только ученые, работы которых хотя бы частично известны не менее 50% опрошенных физиков.

В этой же таблице приведены данные, позволяющие сопоставить количество и качество публикаций с показателями признания их авторов. Мы видим, что эти показатели хорошо согласуются с уровнем цитируемости. У физиков группы II (много работ, но мало ссылок на них) все показатели хуже, чем у «физиков-новаторов» (группа III), мало печатающих, но часто цитируемых. Здесь мы видим, что большое число напечатанных работ само по себе не означает значительности труда ученого.

В лаборатории статистических методов МГУ по материалам SCI были построены гистограммы, показывающие распределение авторов (действительных членов АН СССР) по цитируемости их работ¹⁾ в 1965 г. (рис. 5.2). Здесь прежде всего следует отметить, что функции распределения носят скорее логнормальный, чем нормальный характер. Во многих случаях, по-видимому, имеет место смешанное логнормальное распределение. Это указывает на то, что обследуемые коллективы состоят из нескольких существенно различных групп. Интересно отметить очень высокий уровень

¹⁾ Здесь надо еще раз напомнить, что в SCI цитируемость дается только по первому автору публикации. При построении гистограмм учитывалось суммарное цитирование — журнальных публикаций и книг. Самоцитирование не исключалось.

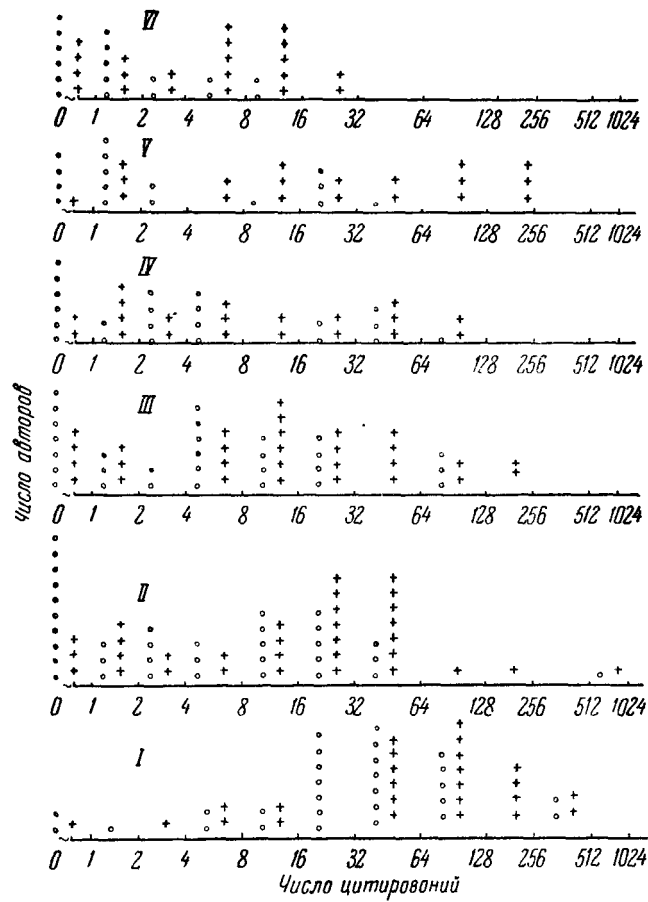


Рис. 5.2. Распределение авторов (действительных членов Академии наук СССР) по цитируемости их работ в SCI за 1965 г.

Кружки — цитируемость только в иностранных журналах; крестики — цитируемость во всех журналах, сканируемых SCI (в том числе в 2I отечественном журнале). I — химия; II — физика; III — математика и механика; IV — биология и медицина; V — геология и география; VI — техника.

цитируемости химиков. Он близок к уровню цитируемости лауреатов Нобелевских премий (в 1961 г. в среднем 169 раз) и авторов узловых работ одного из важнейших направлений в биологии — расшифровки генетического кода (средняя цитируемость 112 раз). Очень много ссылок и на работы некоторых физиков. Довольно высока цитируемость ряда математиков¹⁾). Значительно ниже этот показатель у биологов и совсем низок он для ученых, занимающихся техническими науками.

Данные по цитируемости естественно подвергать смысловому анализу. Среди математиков на первое место по цитируемости вышел акад. Л. С. Понтрягин. Известно, что он ранее работал в области топологии, а в последние годы стал заниматься также некоторыми вопросами, относящимися к проблеме вариационного анализа. Совместно с рядом авторов Л. С. Понтрягин предложил новый метод решения экстремальных задач, получивший название метода максимума. Этот метод представляет интерес для математиков, занимающихся прикладными задачами. Как упоминалось выше, монография, в которой излагается метод максимума, цитируется 103 раза: 25 раз в отечественных журналах и 78 раз в иностранных, причем, в основном, в работах прикладного характера.

Такой дополнительный смысловой анализ показывает, что Л. С. Понтрягин занял первое место по цитируемости среди математиков потому, что он предложил новый метод, получивший широкий отклик в прикладных работах.

Дополнительному анализу, видимо, надо подвергнуть некоторые странные и непонятные на первый взгляд явления. Мы, например, обратили внимание на то, что один из академиков, работающих в области физики, цитировался 120 раз в отечественной литературе и лишь 17 раз в иностранной.

Смысловому анализу в ряде случаев должно предшествовать построение гистограмм, показывающих распределение цитируемости работ по годам их опублико-

¹⁾ Здесь хочется отметить, что изучением цитируемости отечественных математиков уже много лет занимается профессор МГУ А. Г. Курош. Им получены очень интересные результаты, но, к сожалению, они до сих пор остаются неопубликованными.

вания. На рис. 5.3 приведены четыре такие гистограммы— первая построена для одного из наших математиков

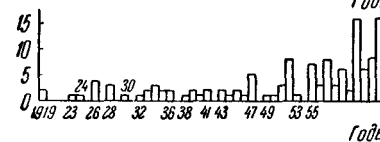
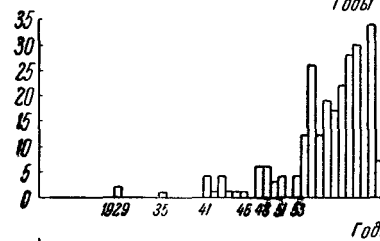
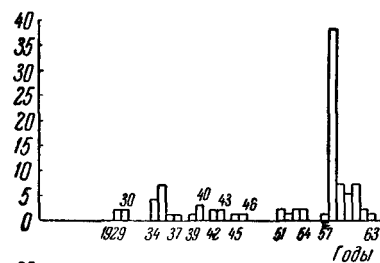
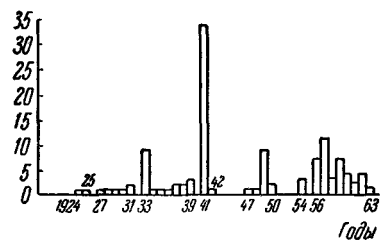


Рис. 5.3. Гистограммы, показывающие распределение работ, цитированных в SCI за 1965 г., по годам их опубликования.

принимались во внимание следующие факторы: цитируе-

с мировым именем, три других — для действительных членов Академии наук СССР — химиков¹⁾. Гистограммы существенно различны — на одной из них резкий всплеск создает одна работа, на другой четко выражено увеличение числа цитируемых работ после 1953 г. У некоторых академиков продолжают цитироваться работы 30-х и даже 20-х годов. Все это свидетельствует о ценности идей — высказанные тогда идеи продолжают оказывать влияние на развитие науки и в наши дни.

Известно несколько зарубежных работ, в которых показатель цитируемости используется для сравнительной оценки значимости деятельности лабораторий, отдельных научных коллективов и даже журналов. В работе Вестбрука [71] сделана интересная попытка оценить вклад, вносимый разными лабораториями мира, в исследования по физике и химии керамических материалов. При проведении этой работы

¹⁾ Здесь нам хочется поблагодарить Ю. В. Грановского и А. Страхова, любезно предоставивших нам три последние гистограммы.

мость работ, накопленных в той или иной лаборатории; число работ, опубликованных сотрудниками лаборатории за один год; частота многократного цитирования работ. На рис. 5.4 приведена диаграмма в координатах публикуемость — цитируемость, показывающая рассеяние ла-

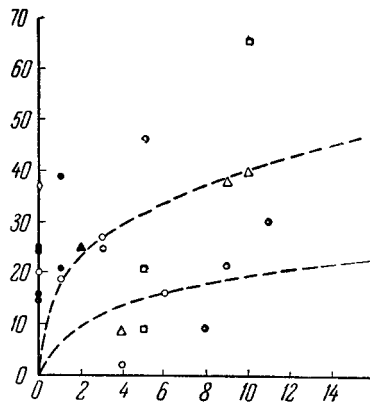


Рис. 5.4. Диаграмма рассеяния лабораторий в координатах публикуемость — цитируемость [71].

По оси абсцисс отложено число статей, опубликованных сотрудниками лабораторий за 1958 г. По оси ординат — цитируемость, оцененная по публикациям в ряде ведущих журналов. Светлые кружки — университетские лаборатории США, темные — то же других стран; светлые треугольники — промышленные лаборатории США, темные — то же других стран; квадратик — государственные лаборатории; ромбик — другие лаборатории. При оценке цитируемости исключалось самоцитирование и цитирование публикаций, выполненных в той же лаборатории, где работает (или раньше работал) автор цитирующей статьи. Была сделана попытка аппроксимировать связь между обоими показателями кривой $C_n = kP_n^{1/m}$, где C_n — число цитирований, P_n — число опубликованных статей, k и m — константы. Здесь приведены кривые с произвольным выбором параметров k и m . Оказалось, что в область, ограниченную этими кривыми, попадает большая часть лабораторий США, если положить $m=1/3$ и незначительно изменить величину k .

бораторий по этим показателям¹⁾. Мы видим, что эти два показателя слабо коррелированы — значимость

¹⁾ При изучении цитируемости действительных членов АН СССР мы также пытались установить степень связи между цитируемостью и числом публикаций (оба показателя были взяты за один год). Связь оказалась слабой — мы нашли следующие значения коэффициентов корреляции: математика и механика 0,152; химия 0,552; физика 0,490; биология и медицина 0,565; техника 0,499. Было бы, конечно, интересно найти связь между суммарным числом публикаций и цитируемостью с учетом поправок на старение работ так, как делалось в работе [70], но нам не удалось этого сделать по чисто техническим причинам.

работ лаборатории нельзя оценивать только по ее производительности, представленной числом публикаций. По результатам работы [71] был оценен вклад, вносимый отдельными лабораториями, и сопоставлена деятельность университетских, промышленных и государственных лабораторий США в области изучения керамических материалов.

Интересные социологические исследования, основанные на оценке цитируемости, были выполнены для физико-химиков, работающих в Институте химической физики АН СССР, Р. Ф. Васильевым [72]. Он вводит понятие средней частоты цитирования C/P (C — полное число ссылок на работы ученого, P — полное число его работ) и показывает, что эта величина не определяется возра-

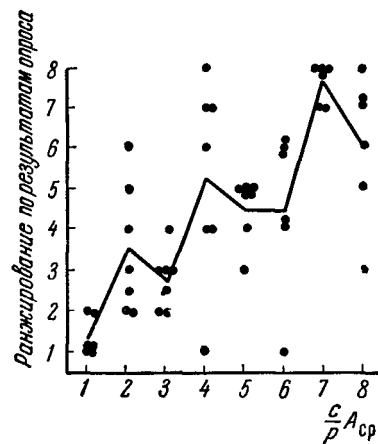


Рис. 5.5. Корреляция между местом в порядке возрастания величины $\frac{C}{P} A_{ср}$ (по оси абсцисс) и местом по результатам опроса (по оси ординат).

Ломаная линия соединяет средние значения ординат.

легами (рис. 5.5). Несмотря на разброс данных, имеется все же определенная корреляция между величиной $(C/P)A_{ср}$ и субъективными оценками качества работы ученого. Несколько неожиданным в работе Р. Ф. Ва-

стом и известностью автора. Для ряда молодых ученых C/P оказалась довольно большой. Двое или трое из них, как это признано теперь, внесли весьма ощутимый вклад в науку и, хотя их первые работы вышли за подписью совершенно не известных в то время людей, они сразу же были замечены и стали широко цитироваться. Для восьми ученых — крупных организаторов науки, — было проведено сопоставление величин $(C/P)A_{ср}$ ($A_{ср}$ — среднее число соавторов данного ученого) с результатами субъективного ранжирования, т. е. субъективной оценки качества работ каждого из выбранной группы ученых их кол-

силева оказалось наблюдение, показывающее, что частота цитирования резко уменьшается с увеличением числа соавторов работы (рис. 5.6). Одна из причин этого может состоять в следующем: с ростом научного коллектива появляется масса дел, отрывающих руководителя от собственно научной работы, и он уже не способен уделять должное внимание своим сотрудникам, что резко снижает качество научной продукции. Здесь мы опять сталкиваемся с явлением, которое, видимо, следует истолковать как одно из проявлений самоторможения науки. Другой причиной может служить то обстоятельство, что работы одного автора (если он крупный ученый) встречаются с большим интересом, чем работы нескольких авторов, поскольку в первом случае работы чаще носят обобщающий характер. Было бы, конечно, очень интересно продолжить исследования такого рода на большом материале.

В литературе не раз высказывалось предостережение против вульгарного применения показателя цитируемости для оценки эффективности труда отдельных ученых. Здесь еще раз хочется подчеркнуть, что количественные оценки должны всегда подвергаться дополнительному смысловому анализу. Ю. Гарфилд [73] пишет, что было бы совершенно нелепо считать, что наиболее часто цитируемые ученые достойны Нобелевской премии. Хотя мы все знаем, что ссылки нельзя «организовывать» самому [72] и что многие ученые сейчас ревностно следят за цитируемостью собственных работ и работ своих коллег и на основании этих данных делают для себя важные выводы, все же, безусловно, будет катастрофически плохо, если плановые отделы или отделы кадров наших учреждений начнут делать вульгарные оценки по уровню цитируемости.

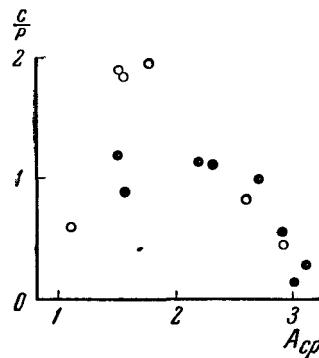


Рис. 5.6. Средняя частота цитирования работ $\frac{C}{P}$ как функция числа авторов A_{cp} [72].

Черными кружками обозначены крупные организаторы науки, светлыми — высококвалифицированные молодые ученые.

Важно здесь еще раз обратить внимание на то, что при оценках цитируемости отдельных ученых поиск по SCI надо стремиться вести по всем соавторам, учитывая, что они стоят первыми хотя бы в части публикаций.

Хочется также обратить внимание на то, что к сбору материала для оценки уровня цитируемости надо подходить очень продуманно; это предупреждение, впрочем, относится к любому исследованию, базирующемуся на анализе статистического материала.

Укажем, например, что еще в 1927 г. П. Гросс и Е. Гросс [74] сделали попытку проранжировать химические журналы по уровню их цитируемости. Позднее Рейзиг [75] обратил внимание на методологические ошибки, допущенные ими при сборе материала, и ввел некоторые улучшения. Одно из них — необходимость исключать из рассмотрения обзоры, рецензии на книги и чисто биографические материалы, второе — необходимость вводить отношение числа цитирований к числу публикаций, так как иначе журналы, содержащие много статей, выйдут на «первое место», и т. д. В результате изменения системы сбора и обработки материала, естественно, несколько изменились результаты ранжирования журналов.

§ 6. Этика цитирования и другие социологические проблемы

Библиографические ссылки отражают ту интеллектуальную атмосферу, в которой происходит создание публикации. Здесь возникает вопрос — какими правилами и традициями пользуются при этом ученые? Можно ли формализовать их приемы и если да, то в какой степени? Кто и как учит молодых людей пользоваться языком научных ссылок? Нужно ли редактировать систему библиографических ссылок так же тщательно, как редактируются сами публикации? Можно ли составить строгую инструкцию для построения системы библиографических ссылок при написании статьи? Не погубит ли такая инструкция информационный язык, лишив его той прелести, которая возникла благодаря его стихийному развитию?

Как объяснить некоторые странные статистические закономерности в языке ссылок? Каплан [76] обращает

внимание на следующее обстоятельство: в публикациях двух близких по своему характеру химических журналов — «Journal of the American Chemical Society» и «Journal of the Chemical Society of London» содержится в среднем по 18,7 ссылок на статью, тогда как работы в двух медицинских журналах — «Lancet» и «British Medical Journal» содержат в среднем лишь по 4,5 и 4,3 ссылки. Нужно ли считать, что журналы в различных областях знаний имеют различные «нормы» цитирования¹⁾. Если они действительно различны, то чем это объясняется?

При статистическом анализе языка ссылок до сих пор ограничивались оценками макрохарактеристик, аналогично тому, как это делается в термодинамике. Возможен ли микроанализ? Можно ли, читая язык ссылок, получить некоторое представление о науке как о социальной системе [76]? Как используется язык ссылок для установления приоритета в науке? Используется ли он для повышения научной респектабельности работы? Как можно сформулировать и разрешить этические проблемы, связанные с публикацией работ и их цитированием [77]? Кто может быть автором публикации — все научные работники, принимавшие в ней участие, или только те, кто несет ответственность за идейное содержание публикации? Не слишком ли часто авторские списки в разного рода указателях оказываются засоренными случайными авторами? В каком случае соавторами могут быть лаборанты?

В каком порядке располагаются авторы публикаций — по алфавиту, по вкладу, внесенному в публикуемую работу, или по некоему научному рангу? В различных областях знаний, а также, видимо, и в разных странах, существуют различные традиции. Все эти вопросы подлежат дальнейшему тщательному изучению.

¹⁾ Напомним здесь, что в среднем каждая научная статья имеет 15 ссылок, причем 12 из них падает на не книжные публикации.

ГЛАВА VI

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ЯЗЫКЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

По-видимому, язык научных ссылок можно очень широко использовать в организации службы информации. Пока здесь еще нет достаточного опыта, так как основное техническое орудие — Индекс научных ссылок — стал регулярно издаваться лишь с 1964 г.

Можно говорить о двух различных постановках задачи — об организации службы библиографического поиска и об организации службы для прослеживания за развитием науки.

Рассмотрим сначала первую задачу. Интересно сообщение Кесслера [78] об опытной эксплуатации технической информационной системы MIT¹⁾. Автору нужно было прежде всего выбрать некоторое базовое семейство журналов в области физики с тем, чтобы разумно ограничить объем материала, в котором в дальнейшем будет вестись информационный поиск. Естественно, что такой выбор производился на основании статистического анализа степени взаимной связанности журналов библиографическими ссылками. Система библиографических ссылок широко используется также в системе библиографического поиска. Одна из простейших поисковых

¹⁾ Система работает на базе электронно-вычислительной машины ЭВМ 7094 с устройством для дистанционного обращения к машине и время-распределительной системой (time-sharing system). Имеется 100 каналов связи. Время-распределительная система позволяет пользоваться машиной 400 абонентам, причем 30 из них могут использовать машину одновременно. Имеются два языка: один — для работы машины и другой — для обращения абонента к машине без какого-либо посредника. Абонент устанавливает связь с машиной через дистанционное устройство и если линия связи свободна, он может поручить машине выполнить одну из заранее запрограммированных типовых операций.

задач формулируется так: найти все публикации, имеющие ссылку на некоторую заданную статью. Возможна и более сложная формулировка задачи: сначала найти все публикации какого-либо автора или публикации, заглавие которых содержит определенное ключевое слово, а затем отобрать все работы, имеющие хотя бы одну общую ссылку с исходной. Здесь для поиска используется система библиографических связей. В свободное ночное время информационная система пишет «ночные письма» (night letters) — если во вновь поступивших журналах окажется библиографическая ссылка на одного из абонентов системы, то он утром получает об этом письменное извещение, составленное самой машиной. В качестве «побочного продукта» такой системы получают всякого рода списки о распределении цитирований по разным журналам, годам и пр.

Известный американский специалист по математической статистике Дж. Тьюки [79] считает, что информационные системы, базирующиеся на Индексе научных ссылок, должны носить узкий, а не общенаучный характер. Он обсуждает вопрос о возможности создания библиографического справочника нового типа. На страницах этого справочника предлагается помещать следующую информацию: 1) заглавие статьи, перечень ее авторов и автореферат, 2) список библиографических ссылок, содержащихся в статье, 3) копии соответствующих обзоров и рефератов статьи, появившейся в других источниках, 4) список публикаций, содержащих библиографические ссылки на данную статью. Можно надеяться, что регулярное издание справочников такого типа позволит существенно улучшить систему взаимодействия между учеными и творчески активными читателями. По образному выражению Дж. Тьюки, ученый чаще нуждается в «пощипывании» публикаций, чем в обстоятельном их изучении. Просматривая регулярно издаваемый справочник нового типа, он редко будет требовать копии полного текста статей.

Описанная выше информационная система — это программа-максимум, которую, видимо, в ближайшее время не удастся реализовать. Сейчас, тоже под руководством Тьюки [80], разрабатывается более скромная по своему замыслу информационная система, относящаяся лишь к одному разделу знаний — математической статистике

и теории вероятностей. Статьи, посвященные этой области знаний, разбросаны по очень большому числу изданий, поэтому необходимость в особой информационной системе здесь ощущается особенно остро.

Такая информационная система должна представлять собой библиографический справочник совсем особого типа, позволяющий производить следующие четыре операции:

- 1) находить «вход» в систему — читателю нужно дать возможность легко найти то место в информационной системе, откуда он будет вести дальнейший поиск;
- 2) производить «восхождение» — двигаться от исходной публикации к тем, которые в ней цитируются;
- 3) производить «спуск» — двигаться от исходной публикации к тем, в которых она цитируется;
- 4) производить «остановку» — принимать решение о том, что нет необходимости искать дальнейшие связи с некой заранее выбранной публикацией (или публикациями).

В существующей сейчас практике первую из поставленных выше задач научный работник решает одним из следующих способов: 1) ведет поиск с помощью того или иного библиографического указателя, 2) обращается к своей памяти, 3) обращается к какому-либо из более информированных коллег. Естественно стремление к облегчению этой процедуры. Вторая стадия — «восхождение» — в настоящее время осуществляется легче трех других операций: публикации обычно снабжены библиографическими ссылками. Правда, при цитировании часто применяются сокращения, трудно поддающиеся расшифровке, и, как утверждает Тьюки, ошибки в цитировании встречаются значительно чаще, чем предполагается. Третья стадия уже требует использования специальных указателей научных ссылок типа SCI. Наконец, последний этап — принятие решения об остановке поиска, требует чтения или просмотра последней из найденных публикаций. Здесь, правда, можно ограничиться чтением реферата на публикацию или даже на худой конец — ограничиться знакомством с фамилиями авторов, названием статьи и местом ее опубликования.

Система, разрабатываемая Тьюки, построена так, чтобы облегчить работу на всех четырех этапах.

Система состоит из следующих частей:

PIMA — пермутативный индекс¹⁾ с минимальным сокращением названий для серийных выпусков и других сложных изданий.

PIST — пермутативный индекс для заглавий публикаций, цитируемость которых изучается.

SIBL — индекс научных ссылок, который, в отличие от Индекса Гарфилда, упорядочен по содержательным словам, входящим в заглавие публикаций, а не по авторам публикаций.

С помощью этой системы можно осуществить все те упомянутые выше операции, к которым прибегает научный работник при взаимодействии с литературой. Первоначальный поиск ведется по пермутативному индексу. Восхождение делается по индексу ссылок. Решение о прекращении поиска принимается после знакомства с фамилиями авторов, названием статьи и местом ее опубликования.

Индекс по математической статистике и теории вероятностей составляется на основании следующих уже имеющихся в наличии материалов:

а) примерно 200 000 связей (имеется в виду связь между некоторой цитируемой и цитирующей публикациями);

б) около 15 000 исходных публикаций;

в) около 4000 различных серийных и других сложных изданий.

Разработана специальная компактная система обозначений²⁾ для названий журналов и пр., удобная

¹⁾ При составлении пермутативных индексов слова в заглавиях публикаций переставляют так, чтобы каждое содержательное слово заглавия могло оказаться первым. Затем составляют списки, в которых публикации упорядочиваются по алфавиту содержательных слов. Если название статьи имеет несколько содержательных слов, то она соответственно несколько раз появится в списке. При создании пермутативных индексов заранее составляют списки «несодержательных» слов. Такими элементами являются служебные слова — артикли, союзы и пр., а также слова типа «метод», «анализ», «применение» и т. д. Все слова, не вошедшие в список, считаются содержательными.

²⁾ В отличие от кодирования, при котором обычно стремятся к крайней компактности, часто неудобной для использования ее человеком, автор для обозначения своей системы сокращения пользуется словом *tagging*, что можно перевести как наклеивание ярлыка или этикетки.

прежде всего для использования ее человеком; ею можно также пользоваться при работе с перфокартами и ЭВМ.

Работа по составлению информационной системы выполняется незримым коллективом, специалистами различной квалификации при централизованном редактировании. Обращается внимание на исправление ошибок цитирования. По частным сообщениям, система должна быть закончена в течение ближайших лет.

Нам представляется, что эта система имеет ряд бесспорных преимуществ по сравнению с различного рода дескрипторными информационными системами. Первое преимущество — отсутствие жесткой, заранее разработанной системы дескрипторов, в рамки которой трудно втиснуть новые научные понятия. В системе Тьюки (как и в хорошо известной пермутативной системе «Chemical Titles») новые понятия вводятся сразу же после их появления в заглавии статей. Второе преимущество — самокодирование публикаций в процессе их прохождения через информационные потоки. Используются две системы такого самокодирования. Первая система — кодирование статьи по обсуждаемому в ней вопросу. Оно осуществляется путем использования содержательных слов заглавия (при составлении пермутативных индексов постулируется, что заглавие — это самый краткий реферат статьи, достаточно хорошо определяющий ее содержание). Вторая система — кодирование по ассоциации идей; оно осуществляется по системе библиографических ссылок. Некоторым недостатком системы является ее ограниченность — она охватывает только литературу, непосредственно относящуюся к математической статистике и теории вероятностей. Нам представляется, что нужно иметь возможность следить за влиянием идей и методов математической статистики буквально на все отрасли знаний. Для решения этой задачи надо все же дополнительно обращаться к Индексу Гарфилда. Мы уже говорили выше (см. стр. 106) о нашем опыте использования SCI при библиографическом поиске публикаций, в которых математические методы исследований применялись к задачам химии, металлургии, биологии, технической физики. На вопрос о том, придется ли наряду с системой Дж. Тьюки иметь еще и дескрипторную информационную систему, можно будет дать ответ только после накопления опыта работы с новой

системой. Много будет зависеть от того, насколько справедлив выдвинутый выше постулат о том, что заглавие публикации достаточно хорошо отражает ее содержание.

Весьма оперативная система библиографического поиска организована Ю. Гарфилдом в его Институте научной информации. Система ASCAIII (Automatic Subject Citation Alerx) позволяет производить информационный поиск по признакам: 1) заданный автор; 2) организация, в которой выполнена работа; 3) периодическое издание, где могла быть опубликована интересующая подписчика статья; 4) ссылки на заданного автора; 5) ссылки на статью, книгу и т. д.; 6) слова или их сочетание в заглавии. Подписчик получает справки еженедельно¹⁾.

Совсем особое значение имеет вторая задача — организация информационной системы для слежения за развитием науки. Нам представляется, что материалы, приведенные в настоящей книге, дают нам достаточно оснований для постановки вопроса о создании у нас в стране специального Информационного центра для непрерывного изучения развития науки на основании статистического анализа информационных потоков. Такой центр, располагающий ЭВМ, мог бы выполнять следующие функции: 1) следить за вкладом, вносимым отдельными странами в мировую науку, 2) следить за развитием отдельных научных направлений и оценивать эффективность усилий, затрачиваемых на это, 3) следить за проникновением новых методов исследования в другие области, 4) устанавливать обратную связь между учеными и творчески активными читателями. Вряд ли можно всерьез говорить о разработке оптимальных форм управления процессом развития науки в той или иной стране, не имея данных подобного рода. Нужно, видимо, стремиться к международному сотрудничеству при организации такой системы слежения за развитием науки.

¹⁾ Хочется обратить внимание на новую тенденцию в документалистике — переход от мало оправдавших себя искусственных поисковых систем (дескрипторы, рубрикаторы) к естественным, основанным на содержащихся в самой публикации признаках (фамилии авторов, слова заглавия, ссылки, место работы, благодарность)

Возможность упорядочения публикаций по этим признакам появилась лишь после создания информационных ЭВМ

ГЛАВА VII

ИЗУЧЕНИЕ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ КАК КАНАЛОВ СВЯЗИ. ОЦЕНКА ВКЛАДА, ВНОСИМОГО ОТДЕЛЬНЫМИ СТРАНАМИ В МИРОВОЙ НАУЧНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОТОК

§ 1. Оценка усилий, затрачиваемых отдельными странами на развитие науки

Если науку рассматривать как информационный процесс, то естественно попытаться оценивать вклад, вносимый отдельными странами в мировую науку, путем анализа информационных потоков, идущих через научные журналы. Мы можем оценивать *усилия*, затрачиваемые той или иной страной на развитие мировой науки, подсчитывая число журналов (каналов, по которым передается информация) или число публикаций (носителей информации). Здесь, правда, надо вводить какую-то систему фильтров, чтобы отфильтровать заведомо шумовую составляющую. Можно пойти дальше и оценивать *эффективность* этих усилий, определяя уровень цитируемости публикаций каждой страны в отдельности. При таком подходе естественно ожидать, что будут выявлены национально замкнутые научные направления и установлены барьеры, препятствующие распространению научных идей.

Как это ни странно, до сих пор не было выполнено ни одного обстоятельного исследования, охватывающего всю сформулированную выше проблему в целом. Нам известны только отдельные работы, освещающие в той или иной степени лишь первую задачу.

В работе Готшалка и Десмонда [81] было проведено тщательное исследование распределения научной пери-

Таблица 71

Распределение научной периодики, издаваемой во всем мире
(1961 г.), по странам [81] *)

Австралия	450	Нидерланды	650
Австрия	500	Новая Зеландия	150
Африка (континент)	650	Норвегия	250
Бельгия	1250	Пакистан	100
Венгерская Народная Республика	250	Польская Народная Республика	750
Великобритания	2200	Португалия	250
ГДР и ФРГ	3050	Румынская Народная Республика	150
Греция	50	Социалистическая Федеративная Республика Югославия	400
Дания	400	СССР	2200
Индия	650	США	6200
Индонезия	100	Тайвань	200
Ирландия	50	Тайланд	50
Испания	300	Турция	100
Италия	1500	Финляндия	300
Канада	550	Франция	2800
Китайская Народная Республика	650	Чехословацкая Социалистическая Республика	400
Корейская Народная Демократическая Республика	50	Швейцария	800
Корея (южная)	100	Швеция	700
Латинская Америка	2650	Япония	2800
Народная Республика Болгария	150	Другие страны	400
Всего 35 200			
*) Данные округлены до 50. Страны, которые публикуют менее 50 журналов, отнесены к разделу «другие страны». Ошибка в оценке численности журналов принимается равной $\pm 10\%$.			

одики по странам. Результаты этого исследования, представленные в табл. 71, охватывают лишь естественные, точные и технические науки¹⁾ Эти данные представляются несколько неожиданными. Лишь 55% всей научной периодики падает на ведущие страны: СССР (6,2%), США (17,6%), Великобританию (6,2%), ГДР и

¹⁾ Здесь не включены журналы рекламного характера, технические отчеты и труды международных конгрессов. Оценка для суммарного числа журналов, данная Готшалком и Десмондом, существенно отличается от оценки Д. Прайса [82] (см. рис. 211). Расхождение, видимо, объясняется различием в определении того, что есть научный или технический журнал.

ФРГ (8,5%), Францию (7,9%), Японию (7,9%). Значительная доля журналов приходится на другие страны и особенно на малоразвитые страны. Например, в странах Латинской Америки издавалось (в 1961 г.) больше журналов, чем в СССР. На рис. 7.1 показано, как для

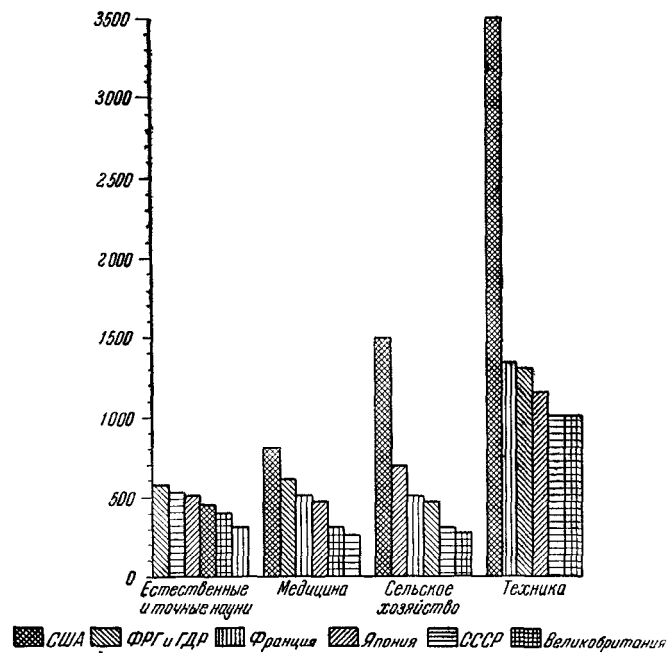


Рис. 7.1. Распределение журналов по отраслям знания для шести ведущих стран [81].

шести ведущих стран научные журналы распределялись по отдельным отраслям знаний. Резкое расхождение наблюдается лишь при сопоставлении СССР с США. На долю естественных и физических журналов в СССР падает почти 25%, а в США — менее 10% журналов.

У Дирека Прайса в одном из предварительных отчетов, любезно присланных нам в виде препринта [82], содержатся интересные данные о распределении по странам статей, прореферированных в журнале «Physics Abstracts» за 1961 г.; там же для сравнения приведены

данные по «Chemical Abstracts» за 1960 г. (табл. 7.2). Анализируя их, можно прийти к заключению о существовании какого-то механизма саморегулирования, с помощью которого различным странам удается затрачивать усилия, обеспечивающие одинаковое (в смысле числа публикаций) развитие как физики, так и химии. Реферативные журналы служат определенной системой фильтров, выделяющей из шумового поля публикации, представляющие какой-то интерес для развития науки. После такой фильтрации происходит резкое перераспределение вкладов, вносимых отдельными странами в мировую науку. Вклад, вносимый США, почти удваивается; для Великобритании он более чем удваивается, для СССР — утраивается, для Японии, Франции и ГДР и ФРГ остается почти без изменения, а для остальных стран (взятых вместе) он падает в 2,4 раза.

Нам представляется, что распределение по странам публикаций, прошедших через фильтр реферативных журналов, можно использовать для оценки усилий, вносимых отдельными странами в развитие мировой науки.

Можно пойти дальше — посмотреть, как усилия, затрачиваемые каждой страной на развитие науки, распределяются по отдельным узким областям знаний. Первое исследование подобного рода было выполнено Диреком Прайсом [82]; оно, по-видимому, не закончено, поскольку в конце препринта сказано, что это предварительное сообщение не предназначается для публикации в такой форме. Учитывая пожелание автора, мы ограничимся лишь совсем беглым изложением его результатов. Изучение проводилось по материалам рефе-

Таблица 7.2
Распределение по странам статей, прореферированных в двух реферативных журналах [82]

Страна	Доля статей, %	
	«Physics Abstracts» (1961 г.)	«Chemical Abstracts» (1960 г.)
США . .	31,1	27,1
СССР . .	16,4	19,1
Великобритания . .	13,5	13,8
Япония . .	7,7	7,8
Франция . .	6,3	5,0
ГДР и ФРГ . .	6,1	7,8
Другие страны . .	13,9	19,4
Всего	100,0	100,0

ративного журнала «Physics Abstracts» за 1961 г. Исследовалось распределение рефератов по 19 подрубрикам (разделам физики) для 14 стран. Наблюдаемые данные сопоставлялись с теми ожидаемыми значениями, которые должны были бы получаться, если бы в пределах каждой страны распределение рефератов строго соответствовало распределению для всего реферативного журнала в целом за год. Расхождение между наблюдаемым и ожидаемым значением характеризуется сравнительно небольшой квадратичной ошибкой, равной 24 публикациям. Функция распределения довольно хорошо аппроксимируется нормальным распределением, на крыльях которого имеются отдельные всплески (резкие отклонения). Была составлена таблица для резких отклонений. Часть из них объясняется совсем тривиальными фактами: 1) трудностями, создаваемыми опубликованием работ в международных журналах — работы приписывались тем странам, в которых издается данный журнал; 2) ошибками — статьи из двух советских журналов, как выяснилось позднее, были ошибочно прореферированы дважды. Интересными оказались следующие наблюдения: в области астрофизики Великобритания имеет повышенное число публикаций (на 100 работ больше ожидаемого значения), а СССР — пониженное (—83 публикации); в работах, написанных на немецком языке, имеется превышение в оптике (+58) и акустике (+57), в Японии — превышение в физике твердого тела (+73) и магнитных свойствах твердых тел (+114), в США — по биофизике (+81) и акустике (+56); несколько неожиданным оказался «избыток» советских работ в области электричества и магнетизма (+98) и «недостача» таких работ в этой области в Японии (—81). Интересно также обратить внимание на то, что в атомной и молекулярной физике в США есть «избыток» работ (+175), а в СССР — недостаток (—103). Вряд ли сейчас имеет смысл обсуждать эти данные детально. Мы привели их здесь лишь для того, чтобы показать, сколь интересным может быть такое исследование, если его выполнить за ряд лет и по многим отраслям знаний. Вслед за Диреком Прайсом мы можем поставить такой вопрос: чем вызвано «избыточное» количество работ в ряде стран по некоторым областям знаний? Это может быть результатом плохого планиро-

вания (или саморегулирования) при распределении ассигнований на науку в пределах отдельной страны. Если такое предположение справедливо, то подобные ошибки дорого обходятся. Возможно и иное объяснение — в некоторых странах ученые, может быть, вполне сознательно, стремятся сохранить свое превосходство в какой-то одной области знаний. Нужно понять эти тенденции и уметь их объяснить. Но прежде всего необходимо располагать обстоятельным статистическим материалом, собранным за ряд лет, с тем чтобы можно было изучать интересующие нас явления и процессы в их динамике.

Обратим здесь внимание на то, что равномерное распределение усилий, измеряемых числом публикаций, еще не означает, конечно, равномерного распределения затрат на развитие соответствующих областей знаний. Результаты в различных областях требуют различных материальных затрат. Не останавливаясь на этом вопросе подробно, мы приведем здесь лишь следующие данные о распределении государственных средств в Великобритании [40а] на развитие различных разделов науки за 1966—1967 гг.: ядерная физика — 43%, космические исследования и радио — 20%, физика твердого тела и другие разделы физики — 7%, инженерные исследования — 6%, математика и вычислительная техника — 5%, химия — 7%, биология — 4%, астрономия — 5%, неидентифицируемые расходы — 3%.

§ 2. Оценка эффективности вклада, вносимого отдельными странами в мировой научный информационный поток

Эффективность вклада отдельных стран в мировой информационный поток естественно оценивать по числу библиографических ссылок на авторов этих стран. Мы опять постулируем здесь, что наличие ссылок на работы авторов данной страны означает их влияние на развитие мировых информационных потоков.

В упомянутой уже выше работе [67] была сделана попытка произвести сравнительную оценку эффективности вклада, вносимого советскими работами в мировые информационные потоки. Здесь мы воспроизводим

результаты этой работы с небольшими изменениями и дополнениями.

Для исследования были взяты журналы разных стран по следующим разделам знаний: физическая химия, молекулярная спектроскопия, металловедение, аналитическая химия, математическая статистика, а также философия; позднее дополнительно было обследовано три раздела биологии¹⁾. Выбор разделов знаний был в значительной степени произвольным — он определялся тем кругом специалистов, который включился в эту работу.

Исследование, как правило, проводилось с комплектом журналов за 1965 г. Мы стремились к тому, чтобы объем обследованных библиографических ссылок был в среднем 1000. Элементарный подсчет показывает, что, оценивая частоту цитирования какой-либо страны по выборкам в 500 и 1000 единиц, мы получаем следующие 95-процентные границы для частот в 5, 10, 20%:

	5%	10%	20%
500	3,1–6,9%	7,4–12,6%	16,5–23,5%
1000	3,6–6,4%	8,1–11,9%	17,5–22,5%

Если годовой комплект журнала оказывался слишком большим, то из него бралась выборка, если же он оказывался слишком малым, то обследовались комплекты журнала за несколько лет. Статистическому анализу подвергались только библиографические ссылки на основные публикации научной периодики, причем из обследования исключались ссылки на краткие сообщения, обзоры, письма в редакцию и рецензии на книги.

Методология исследования отрабатывалась в процессе выполнения самой работы; поэтому в способах обработки и представления материала по разным разделам имеются небольшие различия. Самоцитирование, как правило, не исключалось, что не вносит заметных смещений в оценки. Для оценки усилий, вносимых отдельными странами в развитие науки, применялись реферативные журналы и специальные справочники.

Вначале предполагалось, что для каждой библиографической ссылки будет установлена страна, в которой выполнена цитируемая работа. В дальнейшем ока-

¹⁾ По данным И. Б. Голованова и Д. А. Маркович — сотрудников Института биофизики АН СССР.

залось, что такая идентификация чересчур трудоемка и нам пришлось в ряде случаев объединять страны по лингвистическому признаку.

Результаты статистического анализа представлены в табл. 7.3—7.9.

Таблица 7.3

Распределение по странам статей по физической химии и библиографических ссылок [67]

Страна или язык	Процент статей в «Chem. Abstr.»	Процент ссылок в журналах			
		СССР	ФРГ	США	Франция
СССР	28,0	44,0	3,6	2,7	4,8
ГДР и ФРГ	5,0	11,0	29,0	5,6	7,6
Английский язык	38,0	38,0	58,0	88,0	64,0
Франция	4,3	2,3	2,3	0,3	13,0
Япония	3,9	1,5	1,2	0,8	4,1
Голландия	0,9	0,9	1,5	1,1	1,1
Скандинавские страны . .	1,0	0,5	1,4	0,7	1,5
Число включенных в статистику статей или ссылок	933	1542	841	1521	727
Среднее число ссылок на статью		13	16,4	21	

При составлении этой таблицы самоцитирование исключалось. Данные о ссылках получены путем просмотра следующих журналов: «Журнал физической химии» (СССР), «Zeitschrift für physikalische Chemie» (ФРГ), «Journal of the Physical Chemistry» (США), «Journal de Chimie physique» (Франция).

Все они составлены примерно одинаковым способом. Данные в столбцах указывают, как распределяются по странам библиографические ссылки в журнале той или иной страны, какой вклад вносит каждая страна в библиографический аппарат рассматриваемых нами журналов. Диагональные элементы квадратной подматрицы показывают, как цитируются в журналах авторы своей страны (или своего языка). В первом столбце каждой таблицы (кроме табл. 7.8) приведены данные о распределении публикаций по странам. Таблица 7.8 из-за своей громоздкости разбита на две части — в одной

Таблица 7.4

Распределение по странам статей по молекулярной спектроскопии и библиографических ссылок [67]

Страна или язык	Процент статей в «Chem. Abstr.»	Процент статей в РЖ «Химия»	Процент ссылок в журналах			
			СССР	США и Канада	ФРГ	Франция
СССР	21,6	18,5	51,0	4,2	2,6	4,7
Английский язык	50,0	59,0	30,0	68,0	54,0	45,0
ГДР и ФРГ	7,5	7,0	7,0	7,2	38,0	20,0
Франция	8,0	5,8	7,5	5,5	1,7	23,0
Япония	4,9	5,0	3,1	5,3	1,7	3,0
Италия	1,2	2,5	0,9	0,7	0,9	2,5
Число включенных в статистику статей или ссылок	1538	1286	1300	850	680	730
Среднее число ссылок на статью			13	14	16	17

Данные о ссылках получены путем просмотра следующих журналов: «Оптика и спектроскопия» (СССР), «Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie» (ФРГ), «Journal of Molecular Spectroscopy» (США), «Canadian Spectroscopy» (Канада), «Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences» (Франция), «Bulletin de la Société chimique de France» (Франция).

Таблица 7.5

Распределение по странам библиографических ссылок на публикации в международном журнале «Spectrochimica Acta» [67]

Страна или язык	Процент ссылок в журналах					
	СССР	Велико-британия и США	ГДР и ФРГ	Франция	Япония	Италия
СССР	0	2,8	4,5	5,4	0,5	3,0
Английский язык	0	79,0	47,0	67,0	54,0	45,0
ГДР и ФРГ	0	6,6	44,0	4,3	10,0	8,0
Французский язык	0	3,6	2,0	16,0	3,5	2,5
Япония	0	4,2	0,8	0,6	23,0	7,0
Италия	0	3,0	1,2	2,0	1,5	30,0
Число включенных в статистику ссылок		1524	265	185	202	135
Среднее число ссылок в статье		15	14	17	18	21

Таблица 7.6

Распределение по странам статей по аналитической химии
и библиографических ссылок [67]

Страны	Процент статей по данным Фишера [83]	Процент ссылок в журналах	
		СССР	США
СССР	21,5	42,0	3,8
США	20,5	18,0	61,4
ГДР и ФРГ	10,0	10,0	5,9
Япония	6,8	2,5	2,7
Польша	5,1	0,3	0,8
Великобритания	4,3	6,6	9,7
Франция	4,2	3,1	2,9
Чехословакия	3,6	5,5	1,3
Число включенных в статистику ссылок		500	1536
Среднее число ссылок на статью		16	13

Данные о ссылках получены путем просмотра следующих журналов: «Журнал аналитической химии» (СССР), «Analytical Chemistry» (США).

Таблица 7.7

Распределение по странам статей по металлосведению
и библиографических ссылок [67]

Страны	Процент статей по справочнику NASA	Процент ссылок в журналах				
		СССР	ФРГ	США	Великобритания	Франция
СССР	29,0	65,0	4,7	3,1	3,0	4,2
ГДР и ФРГ	5,2	8,9	46,0	7,2	11,0	17,0
США	48,0	16,5	34,6	72,0	42,0	28,5
Великобритания	7,5	8,5	11,0	14,0	37,0	13,0
Франция	3,9	0,8	0,4	1,0	4,0	35,0
Число включенных в статистику ссылок		595	867	526	638	270
Среднее число ссылок на статью		9,6	18,9			9,8

Данные о ссылках получены путем просмотра следующих журналов: «Металлы» (СССР), «Zeitschrift für Metallkunde» (ФРГ), «Transactions of the AIME» (США), «Journal of the Institute of Metals» (Англия), «Revue de Métallurgie» (Франция).

Таблица 7.8а

Распределение в РЖ «Математика» за 1965 г. публикаций, посвященных разным дисциплинам, по странам [67] *)

Страна	Распределение (в %) по дисциплинам		
	теория вероятностей	математическая статистика	применение теоретико-вероятностных и статистических методов
США	44	47)	60
Великобритания	6	20)	
СССР	20	11	23
ГДР и ФРГ	9	0	10
Франция	8	0	5
Индия	6	0	0
Япония	0	7	0
Скандинавские страны	0	7	0
Общее число публикаций	583	627	433

*) В реферативном журнале «Mathematical Review» за 1966 г. наблюдалось следующее распределение публикаций, посвященных математической статистике, по странам (%): США—39,0, Индия—17,0, СССР—7,4, Япония—6,0, Великобритания—5,7, немецкий язык—5,3, Австралия—3,5, ПНР—2,5, Скандинавские страны—2,3, Италия—1,8, Франция—1,6, РНР—1,6, общее число статей за этот год—564.

Таблица 7.8б

Распределение по странам авторов ссылок на публикации по математической статистике [67]

Страны	Процент ссылок в журналах					
	США	Франция	Индия	Япония	Великобритания	
					(1)	(2)
США	79,0	53,0	53,0	70,0	44,0	46,0
Франция	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Индия	2,5	0,0	31,0	7,7	0,0	3,0
Япония	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,7
Великобритания	12,0	6,0	5,0	5,2	33,5	38,5
СССР	0,0	1,2	0,0	2,0	0,0	0,6
Австралия	1,7	0,0	2,0	0,0	4,4	4,0
Среднее число ссылок на статью	5,4	4,0	5,8	8,4	5,0	6,7
Число включенных в статистику ссылок	277	82	81	285	167	512

Просматривались следующие журналы: «Technometrics» (США), «Revue de Statistique appliquée» (Франция), «Calcuta Statistical Association Bulletin» (Индия), «Annals of the Institute of Statistical Mathematics» (Япония), «Journal of the Royal Statistical Society» (1), «Biometrika» (2) (Великобритания).

Таблица 7.9

Распределение по странам публикаций и ссылок по трем разделам биологии

Страны	Процент статей в РЖ «Биология» (1966 г.) по молекулярной биологии и квантовой биофизике	Процент статей в «Chemical Abstracts» (1966 г.) по ферментам	Процент ссылок в журналах				
			СССР	США, Великобритания, Канада	Франция	ФРГ, ГДР	Япония
СССР	13,5	7,5	37,6	0,9	0,4	0,6	0,3
США, Великобритания и Канада . .	48,2	45,8	47	87,6	65,4	58,2	75,6
Франция	4,9	3,8	4,7	2,8	24,2	2,6	3,0
ФРГ и ГДР	4,8	6,1	5,5	4,5	8,0	35,6	6,0
Япония	4,9	10,9	2,8	2,7	2,3	0,6	12,5

Данные о ссылках получены путем просмотра следующих журналов: (1) «Молекулярная биология» (1967 г.), (2) «Биофизика» (1966 г.) (СССР); (3) «Journal of Molecular Biology» (1967 г.), (4) «Biophysical Journal» (1966 г.), (5) «Biochemistry» (1966 г.) (США); (6) «Biophysik», (7) «Biochemische Zeitschrift» (ФРГ).

Для Франции и Японии анализировались статьи, опубликованные авторами этих стран в журналах (3), (6) и в журнале «Biochimica and Biophysica Acta» (Нидерланды).

Журналы

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Среднее число ссылок на статью .	18,5	15,0	23,4	19,2	28,8	20,5	22,2
Число ссылок, включенных в статистику	961	1062	843	1170	1324	802	1087

указано распределение по странам, в которых публикуется сама статья, в другой — распределение по странам, в которых опубликованы библиографические ссылки.

Сформулируем выводы, которые можно сделать, анализируя эти таблицы.

1) Усилия, затрачиваемые ведущими странами мира на развитие мировых научных потоков, характеризуются следующими цифрами:

около 20% (не считая биологии) — СССР;
25–60% (чаще около 50%) — США и Великобритания;
5–10% — ГДР и ФРГ;
около 5% — Франция.

2) Процент библиографических ссылок в журналах на авторов своих стран колеблется в следующих границах:

США и Великобритания —	68–88%;
СССР —	37–65%;
ФРГ —	29–46%;
Франция —	6–35%.

Мы видим, что США и Великобритания, с одной стороны, и СССР, с другой, — создают два мало пересекающихся информационных потока, опирающихся преимущественно на предшествующие публикации авторов своих стран. На первый поток падает около 55% публикаций, на второй — около 20%. Журналы других стран не образуют столь национально замкнутых информационных потоков.

3) Цитируемость авторов СССР в журналах других стран колеблется около 3–4% и никогда не превосходит 5,5%. Выше уже говорилось, что усилия, затрачиваемые нашей страной на развитие информационных потоков, оцениваются в 20%. Здесь имеется резко выраженное несоответствие между затраченными усилиями и достигнутой эффективностью.

4) Цитируемость авторов стран английского языка в журналах большинства других стран колеблется около 55%. Здесь эффективность соответствует уровню публикуемости. Исключение составляют лишь журналы СССР — в них вклад англо-американских работ иногда падает до 25–30%.

5) Цитируемость работ, написанных на немецком языке, варьирует в пределах 5—10%, что опять-таки довольно хорошо соответствует уровню публикуемости этих работ. Исключением служит лишь один раздел знаний — математическая статистика, где совершенно особое положение занимает англо-американская школа. Статистические работы немецкой школы оказались вне русла этого направления, которое сейчас получило признание во всем мире.

6) Цитируемость работ, написанных на французском языке, менее 5%; здесь эффективность почти всегда ниже уровня публикуемости, но разрыв между ними значительно меньше, чем для статей, опубликованных на русском языке.

7) Совсем особое положение занимают три обследованных раздела биологии. Здесь уровень публикуемости отечественных работ значительно ниже, чем в других разделах знаний, и уже совсем низок уровень цитируемости. Усилия других стран, затраченные на развитие этих разделов биологии, распределяются пропорционально усилиям, затраченным на развитие физики и химии. Интересно отметить, что резко выраженное несоответствие в усилиях, затрачиваемых на развитие отдельных узких областей знаний, наблюдается только в нашей стране. Так, например, у нас для таких разделов, как физическая химия и металлургия, усилия соответствуют 28%, тогда как в обследованных разделах биологии они в 2—4 раза меньше.

Полученные данные не подтверждают широко распространенной у нас точки зрения о преимущественно прагматической направленности научных исследований в США. Особенно отчетливо эта точка зрения сформулирована в монографии Ю. М. Шейнина [86] (см., например, заключение, стр. 578—579). Таблицы 7.3—7.9 показывают, что усилия, затрачиваемые учеными США на развитие мировых информационных потоков, весьма равномерно распределяются по отдельным областям знаний. Вряд ли, например, можно утверждать, что работы по теории вероятностей или молекулярной биологии и квантовой биофизике можно считать прагматическими. Обсуждения этой проблемы с рядом ученых США также не подтвердили гипотезы о преобладании прагматической направленности. В частности, наше

внимание обратили на то, что в области математической статистики в США преобладает так называемое «престижное» направление — в университетах выполняются работы в чисто абстрактном плане без какой-либо связи с практическими задачами. Цель таких работ — поддержать престиж ученого как творчески работающего математика. Быть может, особенно важно то обстоятельство, что в некоторых научных кругах США математические работы прикладного характера котируются довольно низко. Те ученые США, с которыми нам приходилось беседовать, видят в этом большую слабость американской науки, подчеркивая, что совсем иначе обстоит дело в Великобритании, где теоретические разработки в области математической статистики гораздо теснее связаны с прикладными задачами. Аналогичное положение наблюдается и в теории автоматического регулирования. Естественно, что вопрос о соотношении практических и теоретических исследований в научных работах разных стран подлежит дальнейшему исследованию.

Итак, в обследованных нами разделах науки можно говорить о двух основных, мало пересекающихся информационных потоках — один из них на английском языке, другой — на русском. На первый поток падает около 50% публикаций, на второй — около 20%. В первом уровень цитируемости в журналах других стран, как правило, совпадает с уровнем публикуемости, во втором он в несколько раз меньше (на него падает лишь 3—4% цитирования). Здесь необходимо отметить, что по данным Шлегеля [84] можно также сделать заключение о низком уровне цитируемости советских работ в области геологии.

§ 3. Изменение во времени вклада, вносимого отдельными странами

Представляется интересным посмотреть, как меняется во времени цитируемость авторов разных стран. Нашему незримому коллективу [67] удалось провести такое исследование лишь для одного журнала «Journal of the American Chemical Society», в котором публикуются работы по основным разделам химии, включая органическую и физическую химию. Исследование охва-

тывает период в 65 лет. Статистическому анализу подвергались комплекты журналов с интервалом в десять лет. Комплекты журналов за ранние годы исследовались полностью. В последующие годы бралась такая выборка, чтобы число обследованных ссылок было около 1000. Результаты исследования представлены в табл. 7.10.

Т а б л и ц а 7.10

Распределение по годам и странам ссылок в журнале
«The Journal of the American Chemical Society» [67]

Страна или язык	Процент ссылок за годы						
	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1965
США	27,5	26,8	45,4	41,0	48,1	56,2	66,6
Немецкий язык	59,7	42,7	32,0	36,4	26,0	18,3	7,1
Великобритания	3,5	7,7	13,1	11,5	12,4	12,9	13,3
Франция	9,5	8,5	7,3	3,8	5,0	3,6	2,1
Русский язык	0,2	1,5	0,8	1,5	2,0	1,2	1,9
Италия	0,0	0,0	0,2	2,0	0,9	0,8	1,0
Япония	0,0	0,0	0,0	0,3	1,4	1,0	1,9
Голландия	0,0	1,0	0,4	1,2	1,2	1,1	0,0
Швейцария	0,0	0,2	0,1	1,0	1,0	1,2	0,5
Бельгия	0,2	0,1	0,1	0,7	0,7	0,6	0,0
Число включенных в статистику ссылок	454	826	904	1030	1016	1602	730
Среднее число ссылок на статью	5,1	19	10	7	12,4	9	18

Здесь интересно отметить следующее

1 Цитируемость американских работ заметно расгет во времени, а вклад работ, написанных на немецком и французском языках, резко падает

2 Цитируемость английских работ остается удивительным образом постоянной, начиная с 1920 г

3 Для русских и советских работ уровень цитируемости сохраняется постоянным, начиная с 1910 г

4 За последнее время намечается рост вклада, вносимого японскими работами

Данные, приведенные в табл. 7.10, убедительно показывают, как происходит перераспределение вкладов, вносимых отдельными странами в информационные

потоки, идущие через один из хорошо известных химических журналов. Здесь хотелось бы обратить внимание на одно интересное обстоятельство: перераспределение цитируемости химических работ не соответствует перераспределению публикуемости работ, прореферированных в «Chemical Abstracts» (см. рис. 2.6 и табл. 2.2). Цитируемость американских работ в 1965 г. достигла 66,6%, тогда как вклад их публикаций составляет всего лишь 28,5%. Цитируемость французских работ и работ, написанных на немецком языке, падает несколько быстрее их публикуемости. Цитируемость работ, написанных на немецком языке, продолжает падать даже на протяжении последних 15 лет, когда их публикуемость установилась почти на постоянном уровне. Удивительное постоянство публикуемости и цитируемости наблюдается за последние десятилетия лишь для Великобритании. Для «малых» в научном отношении стран рост цитируемости не следует росту публикуемости. За последние 65 лет передовой фронт химических исследований в значительной степени переместился из Западной Европы в Америку, что выразилось в большей степени в цитируемости, чем в публикуемости. «Малые» в научном отношении страны за это время развернули широкий фронт исследований, резко повысили публикуемость своих работ, но она по-прежнему остается значительно выше уровня их цитируемости. Видимо, разрозненным коллективам ученых малых стран трудно соревноваться с большими научными коллективами крупных высокоразвитых стран.

Совсем особое положение занимают работы, выполненные в Советском Союзе — к обсуждению этого вопроса мы вернемся позднее, в § 7 настоящей главы.

§ 4. Детальное исследование цитируемости отечественных работ по аналитической химии

Чтобы понять причину относительно низкой цитируемости отечественных работ, нужно было провести ряд дополнительных исследований. Одно из таких исследований — детальное изучение цитируемости в отдельных, сравнительно узких областях знаний. Оно было проведено лишь по одной области — аналитической химии [67а].

Была отобрана группа продуктивных авторов — специалистов по аналитической химии, которые за последние три года опубликовали не менее двух работ в «Журнале аналитической химии» или в отделе аналитической химии журнала «Заводская лаборатория». Цитируемость этих авторов исследовали по SCI за 1965 г. Было установлено, что из 129 авторов в 1965 г. цитировалось 90 человек, общее число ссылок в отечественной периодике равнялось 508, в зарубежной — 590, общая средняя цитируемости одного автора — 12,2, средняя цитируемость в зарубежной печати — 5,6; в отечественных журналах — 6,6. Эти данные свидетельствуют о сравнительно высокой цитируемости отобранной группы авторов — специалистов по аналитической химии, особенно если учесть, что средняя цитируемость автора в SCI составляет, по данным Ю. Гарфилда, всего лишь 5,5.

Таблица 7.11

Цитирование работ ведущих советских ученых в области аналитической химии (по SCI 1965 г.) [67а]

№№ п/п	Число ссылок			№№ п/п	Число ссылок		
	общее	в иностранной печати	в отечественной печати		общее	в иностранной печати	в отечественной печати
1	74	51 (69%)	23	8	31	15 (46%)	16
2	110	60 (55%)	50	9	39	33 (85%)	6
3	45	27 (60%)	18	10	35	15 (43%)	20
4	33	18 (54%)	15	11	26	11 (42%)	15
5	28	20 (71%)	8	12	27	14 (52%)	13
6	46	22 (47%)	24	13	75	48 (64%)	27
7	40	25 (62%)	15				

Из группы продуктивных авторов была выделена подгруппа ведущих ученых, которые цитировались в SCI за 1965 г. более 25 раз и для которых уровень цитируемости в зарубежной печати превысил 40%. Эта группа оказалась довольно многочисленной — в нее входят 13 ученых. Уровень цитируемости здесь очень высок — для трех ученых общее число ссылок достигает 74 и для одного оно даже равно 110, причем на цитирование в зарубежной периодике падает более 50%. Данные, приведенные в табл. 7.11, приобретут особую

убедительность, если напомнить [64], что лауреаты Нобелевских премий 1962—1963 гг. цитировались в SCI за 1961 г. в среднем 169 раз, ведущие авторы узловых работ в такой важной и новой области знаний, как расшифровка генетического кода, цитировались за тот же 1961 г. лишь 112 раз, а соавторы этих работ — в среднем только 48 раз.

Следующим этапом исследования была оценка по SCI 1965 г. удельной цитируемости работ¹⁾ в журналах — «Журнал аналитической химии» и «Заводская лаборатория» для отдельных узких направлений аналитической химии. Найденные результаты приведены в табл. 7.12.

Таблица 7.12

Сопоставление числа публикаций и числа ссылок для разных направлений аналитической химии [67]

Направление	Число публикаций за год	Общее число ссылок	Удельная цитируемость	
			общая	в иностранной печати
Органические реагенты . .	86	223	2,6	1,4
Полярография	67	197	3,0	0,8
Кулонометрия, потенциометрия, неводное титрование	49	46	1,0	0,4
Технический анализ . . .	46	110	2,4	0,2
Экстракция	38	87	2,2	1,4
Газовая хроматография	33	58	1,6	1,0
Анализ веществ особой чистоты	30	102	3,4	2,4
Амперометрия	21	66	3,1	1,2
Флуоресцентные методы	14	30	2,2	0,8
Кинетические методы . .	9	43	4,9	2,3

Здесь мы видим, что удельная цитируемость наших работ в зарубежной печати варьирует более чем в 10 раз. Мало цитируются работы в таких разделах ана-

¹⁾ Здесь удельная цитируемость — это число ссылок, приходящихся на одну работу, опубликованную в исследованных нами журналах.

литической химии, как кулонометрия, технический анализ, флуоресцентные методы, потенциометрия и неводное титрование, что можно объяснить недостаточно высоким качеством исследований вследствие плохого их обеспечения современной аппаратурой.

Работы здесь, как правило, выполняются на кустарно изготовленных приборах, и поэтому, естественно, им не придают достаточного значения ученые зарубежных стран. Такие разделы аналитической химии, как разработка новых органических реагентов, кинетические методы не требуют особенно сложной аппаратуры и вместе с тем имеют важное значение для развития аналитической химии. Это подтверждается высоким уровнем цитирования работ данных направлений. Методы анализа веществ особой чистоты, в основном, обеспечены аппаратурой и выполняются на высоком уровне. Здесь мировая научная пресса быстро реагирует на каждую новую идею.

Итак, если в §§ 2 и 3 настоящей главы было показано, что в среднем отечественные работы цитируются очень редко, то здесь, наоборот, многие ученые цитируются весьма часто. Далее примечательным оказывается резкое колебание цитируемости в отдельных, совсем узких областях знаний. Подробное истолкование всех этих явлений мы дадим позже, после того как рассмотрим еще некоторые аспекты проблемы.

§ 5. Запаздывание информационных потоков, идущих через отечественные журналы

Мы обратили внимание на то обстоятельство, что запаздывание в прохождении информационных потоков существенно различно для разных стран. Этот вопрос был подвергнут тщательному рассмотрению.

В первую очередь мы занялись определением времени задержки в сроках публикации статей. На рис. 7.2, 7.3 и 7.4 приведены гистограммы, показывающие распределение статей по срокам пребывания их в редакциях журналов, публикующих статьи по молекулярной спектроскопии, физической химии и металловедению. Мы видим, что журналы нашей страны везде занимают «рекордное» положение по длительности пребывания статей в портфелях редакций. Грубо говоря, наши

публикации находятся в редакциях вдвое дольше зарубежных. Выходя в свет, они оказываются примерно на год «старше» одновременно появившихся зарубежных работ. Приведенные выше данные о сроке пребывания

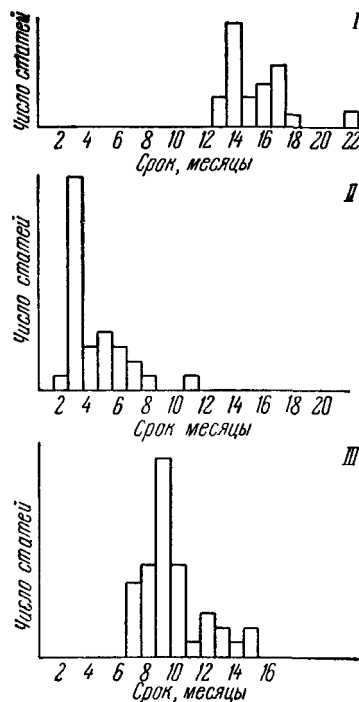


Рис. 7.2. Задержка в сроках опубликования статей по молекулярной спектроскопии в ряде журналов [67].

I — «Оптика и спектроскопия» (СССР); II — «Journal of Molecular Spectroscopy» (США), III — «Spectrochimica Acta» (международный журнал, издающийся в Англии)

статей в портфелях редакций наших журналов еще не являются худшими.

В обследованном нами журнале «Журнал аналитической химии» средний срок «вылеживания» статьи в редакции — 13 месяцев, минимальный —

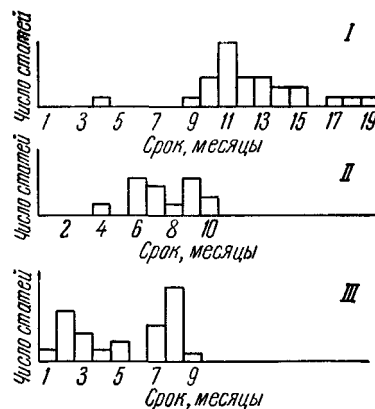


Рис. 7.3. Задержка в сроках опубликования статей по металловедению в ряде журналов:

I — «Металлы» (СССР), II — «Transactions AIME» (США), III — «Zeitschrift für Metallkunde» (ФРГ).

6 месяцев, а максимальный — 34 месяца! Совсем поразительные данные о задержке публикаций в биологических журналах приводит Л. Л. Балашев [85]. Так, для журнала «Известия АН СССР, серия биологическая», максимальный срок задержки публикации составляет

64 месяца, для «Ботанического журнала» — 54,2 месяца, для «Почвоведения» — 40 месяцев, тогда как в аналогичных зарубежных журналах он обычно колеблется от 10 до 20 месяцев и лишь для одного, обследованного Л. Л. Балашевым журнала достигает 23 месяцев. Остается неясным — какой смысл публиковать работу, если она пролежала в редакции 5 или 6 лет?

Вторая характеристика временного сдвига информационных потоков — запаздывание в цитировании. На рис. 7.5 приведена гистограмма, показывающая распределение по годам опубликования числа работ, цитированных в журнале «Технометрика» за 1966 г. Ее можно аппроксимировать логнормальным законом распределения. Сдвиг моды или медианы относительно начала отсчета¹⁾ может служить мерой запаздывания в цитировании. В табл. 7.13 приведены значения мод и медиан для ряда журналов. Мы видим, что в таких отечественных журналах как «Металлы», «Оптика и спектроскопия» и «Журнал аналитической химии» зарубежная литература цитируется с опозданием на несколько лет.

Ранее такое же явление наблюдал Г. М. Добров [87] в литературе по электротехнике (анализ ссылок в журнале «Электричество» за 1966 г.). Видимо, это

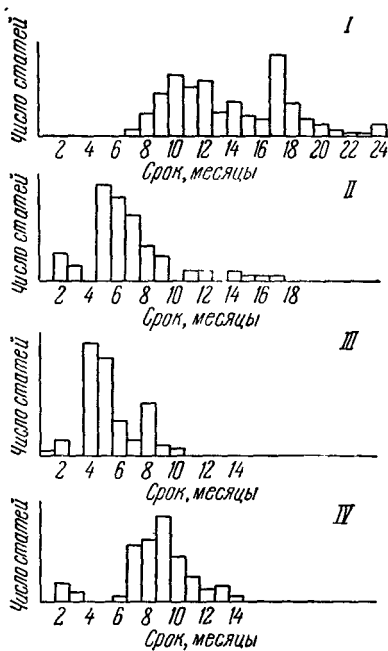


Рис. 7.4. Задержка в сроках опубликования статей по физической химии в ряде журналов:

I — «Журнал физической химии» (СССР); II — «Journal of the physical Chemistry» (США), III — «Zeitschrift für physikalische Chemie» (ФРГ), IV — «Bulletin of the Chemical Society of Japan» (Япония).

¹⁾ Началом отсчета считали середину того года, в котором был опубликован комплект журналов, взятых для исследования.

запаздывание связано с недостаточным знанием иностранных языков и необходимостью пользоваться реферативными журналами и другими промежуточными источниками информации.

Т а б л и ц а 7.13

Значения мод и медиан для гистограмм, показывающих распределение работ по годам их цитирования [67]

Название журнала	Медиана, годы		Мода	
	ссылки на отечественные работы	ссылки на иностранные работы	ссылки на отечественные работы	ссылки на иностранные работы
«Металлы» (1965)	$4,7 \pm 0,3$	$8,3 + 0,7$ $- 0,6$	$2,6 + 0,3$ $- 0,2$	$5,0 + 0,6$ $- 0,5$
«Оптика и спектроскопия» (1965)	$4,8 \pm 0,6$	$8,9 \pm 0,3$	$3,3 \pm 0,3$	$7,8 \pm 0,3$
«Журнал физической химии» (1966)	$6,8 \pm 0,4$	$8,7 \pm 0,6$	$3,7 + 0,4$ $- 0,3$	$4,2 \pm 0,5$
«Журнал аналитической химии» (1965)	$6,3 + 0,6$ $- 0,5$	$7,6 \pm 0,6$	$3,2 \pm 0,4$	$3,5 + 0,5$ $- 0,4$
«Вопросы философии» (1966)	$4,3 \pm 0,6$	$6,6 + 1,4$ $- 1,2$	$1,4 + 0,4$ $- 0,3$	$2,8 + 1,0$ $- 0,8$

В некоторых случаях представляет интерес изучение аномальности гистограммы. На рис. 7.6 показано распределение по годам опубликования работ на немецком языке, цитированных в двух номерах журнала «Journal of the Physical Chemistry». Здесь мы видим провал, соответствующий упадку немецкой науки в годы нацизма. Эта гистограмма отражает трагические события в жизни народа.

На рис. 7.7 показано распределение по годам опубликования отечественных работ, цитированных в журнале «Вопросы философии» за 1966 г. Здесь ясно видно два потока работ. Один поток — быстро стареющие работы — эфемериды, отражающие злободневные вопросы; второй поток — медленно стареющие классические работы.

Обсуждение затронутых здесь проблем можно провести в других терминах. Для оценки скорости старения тех работ, на которые опираются информационные по-

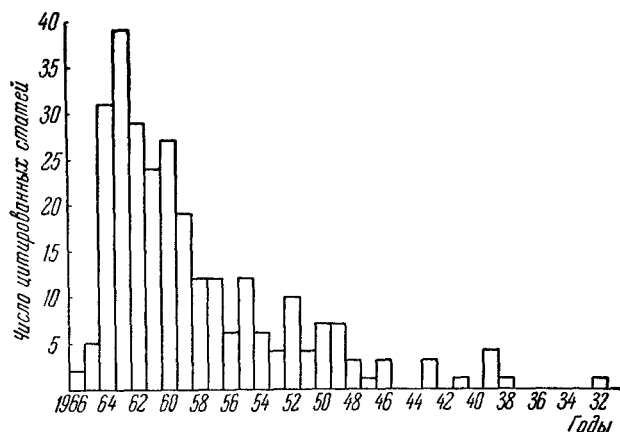


Рис. 7.5. Гистограмма распределения по годам опубликования статей, цитированных в журнале «Technometrics» за 1966 г. [67].

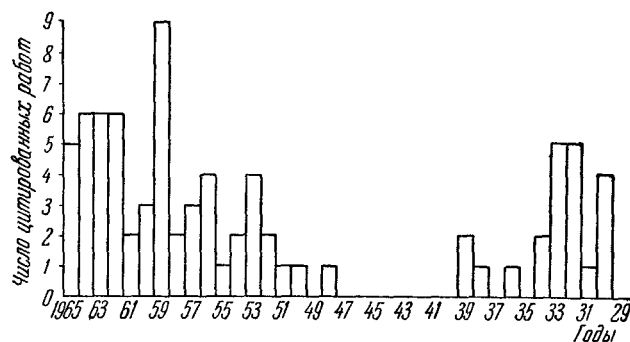


Рис. 7.6. Гистограмма распределения по годам опубликования работ на немецком языке, цитированных в №№ 8 и 11 журнала «Journal of the Physical Chemistry» за 1965 г. [67].

токи, было предложено, как уже говорилось выше, ввести понятие периода полустарения. Построим кривые для интегральных функций распределения, откладывая по оси абсцисс время опубликования цитируемых работ,

а по оси ординат — суммарное их число. Такие кривые можно аппроксимировать одной экспонентой или суммой двух экспонент (рис. 7.8). Зная аппроксимирующую функцию, легко вычислить время полустарения (время, в течение которого была опубликована половина цитированных работ). Время полустарения разумным образом меняется при переходе от одного раздела знаний к другому — этот вопрос уже обсуждался выше (см. стр. 114). В пределах одной области знаний интересно оценить раздельно периоды полустарения отечественных и зарубежных

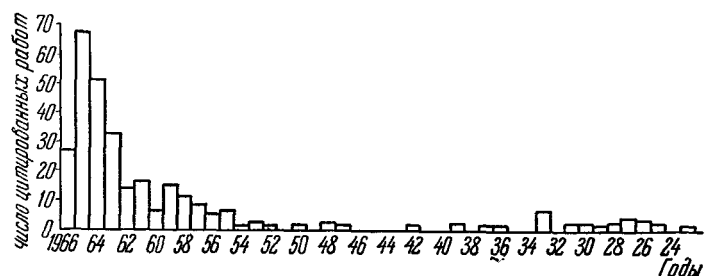


Рис. 7.7. Гистограмма распределения по годам опубликования отечественных работ, цитированных в журнале «Вопросы философии» за 1966 г. [67].

ных работ. Результаты наблюдений (табл. 7.14) аппроксимировались одной экспонентой $N_t = N_0 \exp(-\lambda t)$. Степень аппроксимации оценивалась по величине отношения χ^2/f , где f — число степеней свободы. Период полустарения определяется по формуле $T = \ln 2/\lambda$. Мы видим, что зарубежные работы, как правило, стареют медленнее отечественных. Для объяснения можно предложить две гипотезы. Первая гипотеза — действие языкового барьера. Наши научные работники, как правило, знакомятся с иностранными работами позднее, чем с отечественными, и поэтому зарубежные публикации медленнее стареют. Вторая гипотеза — зарубежные ученые касаются более важных тем и выполнены на более высоком уровне. Первая гипотеза хорошо согласуется с приведенными выше данными о сдвигах по моде и медиане для отечественных и зарубежных публикаций. Здесь следует отметить, что оценки сдвига по медианам и по периодам

полустарения — это два различных способа оценки одной и той же величины. Для принятия второй гипотезы у нас нет никаких оснований.

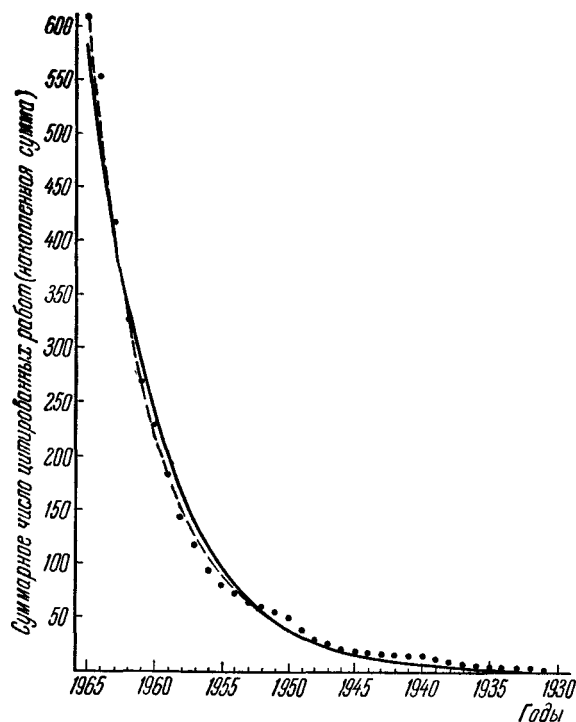


Рис. 7.8. Интегральная кривая распределения по годам опубликования отечественных работ, цитированных в журнале «Металлы» [67].

Началом отсчета служит 1965 г. Точки — наблюдаемые значения; сплошная кривая — аппроксимация одной экспонентой ($\chi^2/\bar{f} = 1,80$); пунктирная кривая — аппроксимация двумя экспонентами ($\chi^2/\bar{f} < 1$).

Итак, материалы, приведенные в настоящем параграфе, свидетельствуют о том, что у нас в стране имеется легко обнаруживаемое запаздывание в движении информационных потоков. Оно обусловлено, с одной стороны, задержкой публикаций в редакциях журналов, с другой стороны, задержкой в ознакомлении с зарубежными работами.

Таблица 7.14

Период полустарения публикаций

	Название журнала	λ	$\sigma \{\lambda\}$	χ^2/f	T
1	«Металлы» (1965 г.)				
	Ссылки на отечественные работы	0,181	0,003	1,806	3,829
	Ссылки на иностранные работы	0,113	0,003	3,943	6,133
2	«Журнал физической химии» (1966 г.)				
	Ссылки на отечественные работы	0,122	0,002	< 1	5,680
	Ссылки на иностранные работы	0,082	0,001	1,437	8,451
3	«Оптика и спектроскопия» (1966 г.)				
	Ссылки на отечественные работы	0,244	0,009	< 1	3,094
	Ссылки на иностранные работы	0,007	0,004	< 1	6,477
4	«Журнал аналитической химии» (1965 г.)				
	Ссылки на отечественные работы	0,143	0,002	4,366	4,846
	Ссылки на иностранные работы	0,113	0,002	4,208	6,133

При вычислении параметров вводились веса, обратно пропорциональные корню квадратному из числа наблюдений. (Постулируется, что закон распределения близок к пуассоновскому.) Аппроксимация результатов наблюдения одной экспонентой оказалась плохой для данных, полученных для журналов 1 и 4. Приближение двумя экспонентами в некоторых случаях дает заметное улучшение, что, однако, мало сказывается на изменении величины периода полустарения.

§ 6. Объем статьи

Средний размер статьи в журнале определяет обстоятельность изложения материала. По личному опыту многие из нас знают, что нередко приходится так сильно сокращать статьи, что они практически теряют свой

смысл, превращаясь из научной публикации в краткое сообщение о том, что сделано. Идейное содержание статьи крайне обедняется, а иногда и вовсе теряется. Известно, что многие редакции наших журналов, сокращая размеры статей, пытались уменьшить время задержки публикаций. Так, например, в журнале «Заводская лаборатория» за последние годы объем статьи уменьшился более чем вдвое, но, несмотря на это, время задержки осталось очень большим.

Интересно сравнить средний объем советской научной публикации со средним объемом публикации в других странах. Результаты такого анализа, основанного на подсчете числа печатных знаков, приведены в табл. 7.15, где средний объем статьи в советских журналах принят равным единице. Мы видим, что этот объем всегда существенно меньше объема зарубежных.

Т а б л и ц а 7.15

Средний объем статьи [67]

Научное направление	США	Велико-британия	ФРГ
Молекулярная спектроскопия	1,6	1,3	—
Физическая химия . . .	1,8	—	1,4
Металловедение . . .	2,6	1,7	2,1
Аналитическая химия	1,7	—	—

Малые объемы статей нередко затрудняют понимание изложенного в них материала. Так, нам постоянно приходится слышать жалобы на то, что статьи, публикуемые в математическом отделе журнала «Заводская лаборатория», мало доступны широкому кругу читателей из-за своей чрезмерной краткости.

§ 7. Причины низкой цитируемости отечественных работ

Теперь перейдем к обсуждению основного вопроса, возникшего при проведении настоящей работы: чем обусловлено малое влияние отечественных работ на мировые информационные потоки? Вряд ли можно принять гипотезу о том, что уровень наших работ ниже

мирового научного уровня. Если об этом и можно говорить, то лишь в отдельных частных случаях, например, в отношении некоторых разделов аналитической химии, где эксперимент не обеспечен современной аппаратурой. Второй случай — металловедение. При статистическом анализе металловедческих журналов мы обратили внимание на следующее обстоятельство: в часто цитируемых работах, написанных на немецком языке, есть много библиографических ссылок на статьи в журналах, в которых металловедческие вопросы рассматриваются с точки зрения физики металлов и физики твердого тела («Acta metallurgica», «Journal of the Applied Physics», «British Journal of the Applied Physics», «Philosophical Magazine», «Physical Review» и т. д.). В мало цитируемых французских работах совсем нет ссылок на эти журналы — металловедческие работы во Франции носят старомодный, «классический» характер; в них нет даже ссылок на физические журналы своей страны. В металловедческих работах, написанных на русском языке (журнал «Металлы»), есть ссылки только на статьи в отечественных физических журналах, что, конечно, сужает теоретическую базу работы и снижает ценность публикации.

Оба рассмотренных выше примера — это лишь два частных случая, никоим образом не характеризующих положение нашей науки в целом. Ранее уже говорилось (см. гл. V, § 5), что действительные члены Академии наук СССР, занимающиеся химией, физикой и математикой, как правило, цитируются столь же часто, как и лауреаты Нобелевских премий и ведущие ученые в такой важной и новой области, как расшифровка генетического кода. Выше мы видели, как высок уровень цитируемости для большой группы ученых, работающих в области аналитической химии. Все это указывает на то, что наши ведущие ученые пользуются высоким признанием за рубежом. Почему же тогда средняя цитируемость советских работ оказывается столь низкой?

Нам кажется, что на этот вопрос можно дать совсем простой ответ. Видимо, все дело в том, что в нашей стране плохо организована служба научной информации — *недопустимо велика задержка в движении новых идей по каналам связи*. Грубо ориентировочный подсчет показывает, что она может доходить до пяти лет и даже

превышать этот срок. Если наши новые идеи попадают в мировой научный поток со столь большим опозданием, то естественно, они уже в значительной степени обесценены. Только исключительно крупные по своему значению работы будут продолжать вызывать отклик после столь большого запоздания. Напомним здесь, что период полустарения публикаций по многим областям знаний составляет 5—8 лет.

Рассмотрим внимательнее барьеры, создающие задержки в движении идей.

Первый такой барьер — отсутствие прямых, регулярных связей с зарубежными учеными. Хорошо известно, что информационный кризис привел к новым формам научной организации — незримым коллективам, о которых мы уже подробно говорили в § 4 гл. II. Ученые разных стран стали создавать официально не оформленные коллективы с тем, чтобы регулярно обмениваться информацией путем частых личных встреч, участия в малых международных семинарах, постоянного обмена стажерами и профессорами, а также путем личной переписки и широкого обмена препринтами, издаваемыми обычно без всякого редактирования и рецензирования. Наши научные работники, как правило, не входят в эти международные незримые коллективы. Зарубежный ученый, входящий в такой коллектив, знакомится с новыми идеями в процессе их возникновения, задолго до того, как они будут опубликованы. На этом он выигрывает, по сравнению с нашими учеными, не менее, чем год времени. Некоторые публикации оказываются мало понятными для нас из-за того, что мы не знаем всех тех длительных дискуссий, которые им предшествовали. Иногда приходится создавать специальные группы для декодирования малопонятных публикаций. Такие статьи нужно понять, изложить в виде доступного нашему читателю обзора и опубликовать. Все это может потребовать нескольких лет. Наконец, зарубежные ученые не знают лично многих наших научных работников, и это нередко приводит к тому, что они не следят достаточно внимательно за нашими публикациями, не реагируют на них своевременно.

Нередко в частных беседах можно слышать обвинения в недобросовестности, высказываемые в адрес некоторых иностранных ученых, не цитирующих наши

статьи, появившиеся ранее зарубежных работ, написанных на ту же тему. Нам кажется, что здесь чаще всего все объясняется не столько недобросовестностью, сколько неинформированностью. Мы уже говорили выше, что цитируемость отражает ту интеллектуальную атмосферу, в которой происходит творческий процесс создания новой работы. Эта атмосфера формируется под влиянием еще неопубликованных идей, передаваемых по «личным» каналам связи, в которых наши ученые, как правило, не участвуют. Если наше утверждение справедливо, то, естественно, цитироваться будут чаще зарубежные, а не наши публикации, даже если формально в широкой и общедоступной печати советские работы появились раньше аналогичных зарубежных статей.

Второй барьер — задержка с получением иностранных журналов. Они приходят в наши библиотеки с некоторым опозданием. Особенно плохо то, что многие и, к сожалению, наиболее важные журналы поступают в репродуцированном виде — на это тратится не менее 6 месяцев. Еще хуже обстоит дело с разного рода сборниками, трудами конференций. Наш опыт показывает, что в некоторых областях знаний более 10% публикаций, указанных в зарубежной библиографии, вообще нельзя достать в пределах нашей страны.

Третий барьер — недостаточно хорошее знание иностранных языков нашими учеными. Для разных групп ученых этот барьер имеет разную величину — в отдельных случаях он может падать до нуля. Но, как правило, наши ученые все же знакомятся с зарубежными публикациями позднее, чем с отечественными, — об этом свидетельствуют показанные выше смещения мод, медиан и периодов полустарения для отечественных и зарубежных публикаций, достигающие иногда нескольких лет. Нередко недостаточное знание языков оказывается селективным. Например, в металловедческих работах достаточно широко цитируются зарубежные работы по традиционному металловедению, но когда дело доходит до новой и трудной для металловеда области знаний — физики твердого тела, то здесь цитируются только отечественные работы.

Проиллюстрируем действие языкового барьера некоторыми статистическими данными. Из материалов, приведенных в табл. 7.16, следует, что советские химики-

Таблица 7.16

**Распределение источников информации по их значимости
для советских химиков [90]**

Источники информации	Процент использования	
	химики-экспериментаторы	химики, занятые опытно-конструкторской и производственной деятельностью
Реферативные журналы	15,3	0
Научно-производственные журналы . .	15,2	9,8
Иностранная периодика	11,1	0
Патенты	7,4	0
Справочники	6,9	12,2
Библиографические указатели литературы	5,3	0
Промышленные каталоги	0	5,2
Стандарты	0	5,8
Рекомендации коллег	0	7,6
Учебники	0	9,8
Отчеты о научно-исследовательской работе	0	9,8
Прочие источники информации (24 вида)	40	40

экспериментаторы в очень малой степени пользуются иностранной периодикой, а химики-инженеры совсем не пользуются ею. У нас очень большую роль играет информация, получаемая из вторичных источников. Вместе с тем из табл. 7.17 следует, что химики США очень широко используют первоисточники, опубликованные в общей научной периодике, которые из-за языкового барьера остаются малодоступными для широкого круга наших исследователей. Попутно здесь интересно обратить внимание на очень большую роль личных контактов среди химиков США — это является показателем деятельности незримых коллективов.

Четвертый барьер — подготовка статьи к печати. Какое-то, нередко значительное время тратится на подготовку сопроводительных бумаг. В области технических наук надо еще доказывать, что материал непригоден для патентования. Затем статья очень долго лежит в

редакции. Здесь совсем обычными стали задержки в 1—1,5 года. В некоторых случаях они могут достигать пяти лет, тогда как за рубежом на все процессы, как правило, тратится менее года — иногда даже 6 месяцев.

Т а б л и ц а 7.17

Распределение источников информации по их значимости для химиков — научных работников США [91]

Источники информации	Процент использования
Первоисточники, опубликованные в общей научной периодике	49
Первоисточники с ограниченным распространением	8
Вторичная литература	1
Библиотеки и информационные службы	0
Личные контакты	41
Сообщения на небольших научных конференциях	1
Сообщения на конгрессах	0

Пятый барьер — незнание русского языка иностранными учеными. Наши журналы доставляются в Англию и США и уже там переводятся на английский язык. На это тратится полгода. Мы, в отличие, скажем, от Японии и ряда других стран, не заботимся о переводе наших работ на язык, наиболее доступный большинству ученых мира, хотя это можно было бы делать достаточно оперативно. Мы практически не принимаем участия в международных журналах. Напомним, кстати, что одно время в Советском Союзе издавались журналы на иностранных языках, но потом почему-то эта практика была прекращена. Сейчас можно заметить интересное явление: стремясь ускорить движение идей по каналам связи, некоторые авторы стран неанглийского языка пишут статьи на английском языке. Так, например, в реферативном журнале «Chemical Abstracts» за 1965 г. 52% прореферированных статей было написано на английском языке, что на 11% превосходит число публикаций авторов стран английского языка (США — 28,5%, Британское содружество наций — 12,5%).

Шестой барьер — недостаточно хорошая организация научных библиотек. Здесь хотелось бы обратить внимание на отсутствие у нас в стране центральной справочной библиотеки по естественным, точным и техническим наукам, в которой можно было бы получить любое издание или хотя бы узнать, где оно находится. Наши библиотеки недостаточно хорошо укомплектованы иностранной литературой.

Здесь можно поставить вопрос, насколько полно должны быть укомплектованы научно-технические библиотеки? Как можно преодолеть закон нарастающей трудности Брэдфорда—Ципфа в достижении полной информированности? В обыденной жизни неполное знание языка (иностранного или научного сленга) мы компенсируем, хотя бы частично, избыточностью информации — смысловую нагрузку в тексте несут не только слова, которых часто больше, чем нужно для адекватного понимания текста, но и грамматические конструкции. За счет информационной избыточности можно преодолеть эту трудность и инженеру, занимающемуся разработкой новых технических систем. Из данных, приведенных на стр. 26, следует, что инженеру, работающему в области химии, по-видимому, достаточно иметь в своем распоряжении 500 журналов, т. е. лишь 5% от общего числа периодических изданий, печатающих статьи по химии — из них он извлечет более половины всех статей, имеющих отношение к химии. При этом, видимо, достаточно велика будет вероятность того, что он не пропустит те идеи, которые уже нашли отражение в множестве публикаций. Здесь сработает избыточность — об одном и том же говорится в большем, чем это нужно, числе статей. Вряд ли инженера могут интересовать уже совсем новые идеи, которые еще недостаточно осмыслены и не получили широкого признания. Иное требование к уровню информированности должен предъявлять научный работник, занимающийся не инженерной работой. Ему должен быть открыт доступ ко всем потенциально интересным публикациям и он должен иметь возможность знакомиться с самыми новыми идеями. Иначе он будет неизбежно отставать во времени от своих более информированных коллег. Трудности, вытекающие из закона Брэдфорда — Ципфа, — это прежде

всего трудности, сказывающиеся на научном работнике — исследователе.

Наши библиотеки комплектуются так, что они способны удовлетворить инженера, работающего в научно-исследовательском учреждении или конструкторском бюро, а не научного работника в узком смысле этого слова.

Теперь вернемся к положению дел в наших библиотеках. В 1966 г. крупнейшие библиотеки нашей страны получили 44 164 названия иностранных книг, из них 22 628 — по точным, естественным и техническим наукам и 21 536 — по гуманитарным наукам. По оценке А. И. Михайлова и Р. С. Гиляревского [92], это, вероятно, около половины всех научных книг, поступающих за рубежом в продажу. Аналогичное положение наблюдается и с периодикой [92].

По данным Всесоюзной государственной библиотеки иностранной литературы в 1966 г. советские библиотеки выписывали 9500 названий зарубежных периодических изданий, относящихся к точным, естественным и техническим наукам, по данным Государственной публичной научно-технической библиотеки — 12 000, а по данным ВИНТИ АН СССР — 15 000. Напомним здесь, что по самым скромным подсчетам сейчас в мире выходит не менее 35 000 журналов по точным, естественным и техническим наукам, а реферативный журнал «Chemical Abstracts» в 1965 г. прореферировал статьи из 10 850 различных оригинальных журналов и серийных изданий. Для сравнения укажем, что по данным Эрхарта [93] Национальная научно-техническая библиотека Великобритании получает 30 000 наименований периодических изданий, из которых около 27 000 посвящено полностью или частично различным областям естественных наук и техники, и около 3000 — преимущественно общественным наукам. Наши наблюдения показывают, что особенно плохо в наших библиотеках обстоит дело с получением научных трудов различных зарубежных совещаний и конференций; правда, здесь трудно сделать какие-либо количественные оценки. Ни одна библиотека, насколько нам известно, не занимается сбором препринтов и зарубежных технических отчетов. Между тем упомянутая выше Национальная научно-техническая библиотека Великобритании имеет довольно значитель-

ное собрание научно-технических отчетов США. Вряд ли здесь нужно говорить о том, что многие наши крупные библиотеки не справляются с растущим потоком читателей. Так, например, читальные залы Библиотеки им. В. И. Ленина, рассчитанные на 5 тыс. человек, посещают сейчас около 10 тысяч человек. Механизация практически не коснулась наших библиотек — все идет так же медленно, как и раньше (или даже еще медленнее из-за растущих запросов). Укажем здесь для сравнения [94], что Библиотека конгресса США еще в 1961 г. приступила к выработке плана частичной автоматизации основных процессов. Реализация первого этапа этой программы намечена к 1972 г. Основой всей системы является комплекс ЭВМ, который можно охарактеризовать как автоматический каталог. Некоторые европейские библиотеки используют менее сложную технику, позволившую, например, в системе «библифон» (Нидерланды) в 10 раз сократить время от момента подачи требования до выдачи книги. Интересное описание опыта совершенствования деятельности научных библиотек приведено в статье А. И. Черного [94].

Седьмой барьер — отсутствие узко специализированных информационных центров, работающих с помощью ЭВМ, что также является одной из причин задержки в движении идей¹⁾.

Подчеркнем здесь еще раз, что все перечисленные нами барьеры имеют разную величину для научных работников разного ранга.

Итак, выдвигается следующая гипотеза — отклик на наши научные работы значительно ниже нашего научного потенциала вследствие запаздывания в движении идей по каналам связи.

¹⁾ Обстоятельное, хорошо систематизированное описание специализированных информационных центров в США, использующих нетрадиционную технику, см. в [95].

ГЛАВА VIII

ПРИМЕР ВСЕСТОРОННЕГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОДНОГО ИЗ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Один из авторов настоящей книги принимал участие в детальном статистическом изучении развития одного из новых направлений математической статистики — планирования экстремальных экспериментов. Результаты этого исследования обстоятельно изложены в [88], а здесь мы коротко сообщим лишь о том, что может представлять интерес для широкого круга читателей.

Планирование экстремальных экспериментов как самостоятельное научное направление стало развиваться с начала 50-х годов нашего века. Сейчас известно около 1000 публикаций, в которых излагаются или новые теоретические и методологические разработки или результаты практического применения новых методов планирования эксперимента в различных областях знаний. Число публикаций растет по экспоненте, удваиваясь каждые 2,4 года. Такая скорость роста необычайно велика. По отдельным локальным разделам этой области знаний удвоение происходит даже за 1,7 года. Но здесь нужно отметить, что на одну теоретическую работу приходится лишь две-три прикладных. Такое малое практическое использование нового, быстро развивающегося направления нас удивило. По-видимому, существует много барьеров, препятствующих широкому внедрению новых эффективных методов исследования. Один из таких барьеров — трудность понимания новых сложных идей. Второй — специфический барьер западного блока — конкуренция между фирмами, препятствующая публикации работ с интересными и поучительными примерами применения. У нас в СССР только с

1960 г. началось изучение этих методов и их популяризация.

Лишь совсем недавно начали появляться наши первые теоретические работы в этом направлении. Несмотря на такое опоздание, сейчас примерно одна четверть прикладных работ падает на нашу страну. Внедрение новых методов у нас пошло быстрее, чем в США. Правда, здесь надо отметить одно обстоятельство — в СССР планирование эксперимента применяется преимущественно на уровне лабораторных технологических разработок. По сравнению с США у нас совсем мало примеров применения этих методов непосредственно на действующих производствах. Здесь сказываются уже те специфические трудности, с которыми сталкиваются наши исследователи непосредственно на производстве. Было бы, конечно, очень интересно изучить вопрос о соотношении прикладных и теоретических работ в других аналогичных областях, например, в области теории автоматического регулирования.

Детально изучалась специально подобранная библиография теоретических работ по планированию эксперимента. Оказалось, что авторы 118 работ, приведенных в этой библиографии, представляют 40 организаций, а именно: 18 университетов, 13 фирм и девять государственных научно-исследовательских центров. Из общего числа университетов три английских, один японский, один австралийский, остальные — американские. Бросается в глаза высокая взаимосвязанность организаций. Соавторами работ оказываются не только сотрудники американских и английских университетов, но также сотрудники фирм и государственных центров. Здесь мы опять встречаемся с незримыми коллективами.

Изучение распределения теоретических работ по языкам и странам дало следующие результаты: английский язык занимает первое место — на нем написано 85% публикаций, далее следует русский, японский, немецкий и французский языки. Из общего числа статей, написанных на английском языке, в США выполнено около 80% работ, оставшиеся 5% падают на Англию, Индию, Японию, Канаду.

Для 100 работ, взятых из указанного выше массива, изучались источники финансирования. В 30 работах

сведения о финансировании отсутствовали. По остальным 70 публикациям они распределялись следующим образом:

Военные организации США	полностью — 29	
	частично — 5	
Фирмы	полностью — 12	
	частично — 4	
Государственные центры		11
Университеты	полностью — 3	
	частично — 2	
Национальный научный фонд США		4

Итак, мы видим, что около 80% теоретических работ по планированию эксперимента финансируются государством и только 20% — частными фирмами. В США теоретические работы финансируются преимущественно военными организациями — флотом, военно-воздушными силами и армией; затраты среди них распределяются приблизительно равномерно.

На развитие работ по планированию эксперимента в последнее время наибольшее влияние оказал американский ученый Бокс, по происхождению англичанин. Его подход можно назвать эмпирико-интуитивным. Обладая прекрасной интуицией, он хорошо ставит задачи и умеет их формализовать. Предложенные им методы планирования эксперимента дали отличные результаты. Однако его подход не был связан с развитием основных идей теории математической статистики. Постепенно эмпирико-интуитивный подход начал приводить к логическим трудностям — стало трудно дальше развивать это направление без достаточно глубокого общетеоретического обоснования. Одновременно с Боксом идеями планирования эксперимента занялся другой американский ученый — Д. Кифер. Он стал развивать это направление в чисто абстрактном плане в соответствии с общими теоретическими концепциями современной математической статистики, совершенно не заботясь о возможности практического применения своих идей.

Было проведено чисто формальное изучение обоих направлений по языку библиографических ссылок. Для этой цели был составлен внутренний индекс научных ссылок, нанесенный на перфокарты. Ранее мы уже го-

ворили об очень широком фронте научных исследований по математической статистике в целом. В отличие от этого, рассматриваемые нами направления отличаются большой внутренней связанностью. Исследования, проведенные по методу Кесслера, показали, что здесь чаще всего встречаются группы G_A , состоящие из 8, 10 и 18 статей, причем нашлось даже две группы G_A , состоящие из 51 статьи. Оказалось, что в рассматриваемой нами области чаще всего цитируется Бокс (213 раз), за ним следует Кифер (52 раза). Публикации этих двух ученых, опирающихся в своих работах на идеи одних и тех же шести исходных авторов, образуют два почти не пересекающихся научных потока. Всего в нашем внутреннем индексе оказались работы 46 авторов, из них 19 цитируют Бокса и 7 — Кифера, причем только один автор ссылается на обоих. Картина резко изменилась после того как мы обратились к изучению цитируемости этих авторов в журналах по математической статистике. Оказалось, что в журналах с четкой методологической направленностью по-прежнему чаще других цитируется Бокс, а Кифер уходит уже совсем на дальний план — он часто цитируется лишь в журналах с ярко выраженной теоретической (чисто математической) направленностью. Сравнение цитируемости этих авторов по SCI (за 1965 г.) показало, что Бокс цитируется в 73 прикладных работах, а Кифер не цитируется ни в одной прикладной работе. Совсем отличную картину мы видим в недавно подготовленном к печати сборнике «Новые идеи в планировании эксперимента» [42]. Здесь в статьях приводятся ссылки как на работы Бокса, так и на работы самого Кифера или на обзор, в котором они рассматриваются. Коллектив сотрудников, связанных с лабораторией статистических методов МГУ, смог с общетеоретических позиций, развиваемых Кифером, рассмотреть все многообразие задач по планированию экстремальных экспериментов и, что особенно важно, построить, используя ЭВМ, практически важные планы эксперимента, опирающиеся непосредственно на сложные математические концепции Кифера. Получилась любопытная ситуация: работы этого автора, развиваемые в США в чисто теоретическом плане, удалось переосмыслить с практических позиций в Советском Союзе.

Изучался также вопрос о старении публикаций по прикладным разделам математической статистики. Выяснилось, что чем резче выражена практическая направленность журнала, тем быстрее происходит старение публикаций. Напомним здесь (см. табл. 5.6), что для математики период полустарения равен 10,5 года, тогда как для публикаций в таком журнале, как «Technometrics» он составляет уже всего 4,7 года. Для рассматриваемой нами библиографии по теории и методологии планирования эксперимента эта величина равна 4,5 года. Здесь мы имеем дело с таким же периодом полустарения, как и в технических дисциплинах.

Отсюда можно сделать следующие практические выводы: при преподавании прикладных разделов математической статистики надо знакомить студентов с новыми идеями быстрее, чем при преподавании чистой математики. Служба обзоров также должна работать оперативнее.

В заключение хочется еще раз обратить внимание на то, что приведенные в настоящей главе материалы никак не согласуются с широко распространенным в нашей стране мнением о преимущественно прагматической направленности американской науки, вызванной недооценкой фундаментальных исследований [86]. Еще более категоричное высказывание имеется в работе М. М. Карпова, который пишет: «Развитие науки в капиталистических странах тормозится, во-первых, тем, что там отпускаются мизерные средства на научные исследования, не связанные с гонкой вооружений» [20]. Как с этих позиций можно объяснить то, что практически все или почти все теоретические и общеметодологические работы по планированию эксперимента развивались в США и там же в основном за счет военных организаций развивалось совершенно абстрактное направление работ Кифера, практическое применение которому было найдено только в нашей стране? Здесь же надо обратить внимание на необходимость крайней осторожности при интерпретации официальных данных о распределении средств между работами по заданию военного ведомства и научными работами общего характера. Мы видим, что какая-то доля средств, формально предназначенных для первых, фактически тратится на развитие фундаментальных научных направлений. Все это говорит пока лишь

о том, что трудно делать какие-либо выводы и обобщения, основываясь лишь на официальных данных о финансировании. Значительно более интересные результаты, по-видимому, можно получить, изучая статистические информационные потоки, хотя бы способом, кратко описанным в настоящей главе. Видимо, интересно было бы организовать систематическое изучение вкладов, вносимых отдельными странами в развитие фундаментальных исследований, и влияния этих исследований на развитие прикладных направлений. Очевидно, здесь можно было бы обнаружить много интересных явлений, которые пока остаются незамеченными.

ГЛАВА IX

ЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

В последнее время много говорится о проблеме прогнозирования развития науки. При этом в науковедении слишком часто к ней подходят без того критицизма, который проявляют представители точных наук при решении аналогичных задач. Это нередко приводит к дискредитации науковедения как научной дисциплины.

В настоящей главе мы попытаемся провести строгий логический анализ проблемы прогнозирования. Надо прежде всего ответить на два вопроса: что можно прогнозировать в развитии науки и на какой срок можно делать прогнозы?

Вряд ли кто-либо будет спорить с тем, что развитие науки задается прежде всего открытиями. Из чисто логических соображений ясно, что открытия прогнозировать нельзя. Прогнозированное открытие просто по определению уже не будет открытием. Утверждение, что можно прогнозировать открытия, эквивалентно утверждению, что открытий вообще не бывает. Часто говорят о логике научных открытий — если она и существует, то ее можно установить только ретроспективно. Иначе все открытия в науке делались бы философами — специалистами по логике развития науки, чего на самом деле нет. Выше (см. стр. 45) мы уже говорили о том, что наука — в каком-то смысле консервативная система: ученые, с одной стороны, создают новые идеи, с другой стороны, сопротивляются им. Так создается устойчивость развития науки. Сделать открытие — это не только высказать новую идею, но и добиться того, чтобы она пробилась сквозь тормозящее поле ранее существо-

вавших концепций. Как можно что-либо прогнозировать, находясь под влиянием того поля идей, которое должно препятствовать появлению принципиально новых идей?

С позиций математика прогнозирование равнозначно экстраполяции. С задачами такого рода ученым приходится сталкиваться, например, при задании функции таблицей, при неточном задании параметров функции, при рассмотрении случайных процессов (два процесса, один из которых ненаблюдаем; случайный процесс, на фоне которого нужно выделить полиномиальную или гармоническую составляющую и т. д.). Вряд ли можно понимать задачу прогнозирования в каком-либо ином смысле, если оставаться в рамках тех концепций, которыми пользуются представители естественных наук.

Оставаясь на этих позициях, в науковедении можно прогнозировать кривые роста по таким количественно измеряемым показателям, как число научных журналов, число публикаций, число научных работников, объем ассигнований на научную работу и т. д. Можно также производить статистический анализ содержания публикаций в отдельных узких областях знаний и строить кривые роста для отдельных показателей, например, для роста энергии элементарных частиц в ускорителях или роста быстродействия ЭВМ и т. д.

При этом всегда возникает вопрос — сколь далеко можно прогнозировать? Такой вопрос постоянно возникает и в точных науках. С позиций математика прогноз (экстраполяцию) можно делать на любой сколь угодно большой срок, если есть уверенность в сохранении того механизма, который задает течение изучаемого процесса. Математик может достаточно хорошо рассчитать, насколько ухудшится точность такого долгосрочного прогноза по мере удаления от той области, в которой производились наблюдения. В качестве примера на рис. 9.1 приведена прямая, построенная по экспериментально наблюдаемым точкам. Доверительные границы для прямой задаются парой сопряженных гипербол. Чем дальше мы удаляемся от той области, где производились наблюдения, тем шире становится область неопределенных значений.

А как поступать, если нет уверенности в сохранении существующего в настоящее время механизма?

С подобной ситуацией приходится сталкиваться и в точных науках. Ответа на поставленный таким образом вопрос нет. Математик здесь просто ничего не может сделать. Обычно в подобных, кстати, чаще всего встречающихся случаях ограничиваются краткосрочным прогнозом (экстраполяция на небольшой интервал), полагая, что за короткий интервал времени вряд ли могут произойти резкие изменения. Здесь просто постулируется, что если новый механизм и начнет действовать, то результаты этого проявятся не сразу. Для такого утверждения, правда, также надо иметь какие-то основания.

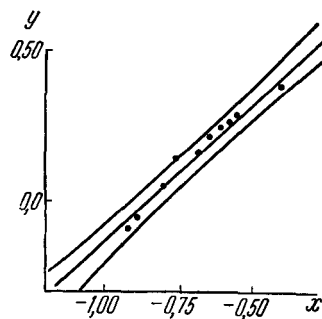


Рис. 9.1. 95-процентные доверительные границы для прямой, построенной по экспериментально наблюдаемым точкам.

да, также надо иметь какие-то основания.

Есть по крайней мере одна социологическая дисциплина — демография, в которой, по-видимому, можно делать долгосрочные прогнозы. Рост народонаселения хорошо изучен и здесь можно говорить о длительной устойчивости механизма роста, хотя, как известно, и здесь было сделано много ошибок.

Гораздо хуже обстоит дело в науковедении. Принципиально непрогнозируемые открытия могут совершенно неожиданно внести столь сильные изменения, что экстраполяция кривых, построенных по ранее наблюдаемым данным, потеряет всякий смысл. Эти изменения могут коснуться не только развития отдельных областей знания, но и форм организации науки в целом.

В науковедении есть, по-видимому, только один логически безупречный метод долгосрочного прогноза — экстраполяция кривых роста до абсурда. Подобный прием позволяет показать, что действующий сейчас механизм развития должен измениться. На такой путь встал Дирек Прайс, прогнозируя кривые роста расходов на науку. Этот вопрос мы уже подробно обсуждали в § 2 гл. II. Напомним здесь, что у нас в стране расходы на науку, выраженные в процентах от расходов по всему государственному бюджету, выросли за последние

30 лет примерно в 10 раз (см. табл. 2.2), несмотря на то, что на этот период времени падают тяжелые годы войны и послевоенного восстановления народного хозяйства. Можно ли предположить, что за последующие 30 лет произойдет примерно такой же рост, и к 2000 г. расходы на науку достигнут примерно 60% от общего расхода по всему бюджету? Вряд ли такое предположение разумно. По-видимому, нужно ожидать изменения существующих сейчас форм организации науки. К аналогичному результату можно прийти и на основании демографического анализа, сопоставляя рост числа научных работников с общим ростом народонаселения в той или иной стране.

Возможность доведения кривых роста до абсурдных значений совершенно ясно говорит нам, что существующий механизм развития науки должен измениться. Эти логически совершенно четкие высказывания Дирека Прайса часто остаются непонятными. Их нередко почему-то интерпретируют как апокалипсические пророчества о гибели науки и человечества. Если экспоненциальный закон роста сейчас фигурирует уже во многих наших науковедческих публикациях, то этого нельзя сказать о логистических кривых роста. Они по непонятной причине продолжают вызывать какой-то страх. Между тем, из экстраполяции кривых роста до абсурда следует лишь одно — неизбежность изменения существующего сейчас механизма роста. Совершенно не понятно, почему такой логически безупречный метод прогнозирования изменения механизма явлений должен вызывать столь острую и недоброжелательную реакцию?

Конечно, изменение механизма роста науки — очень серьезное явление. И уже сейчас имеет смысл пытаться анализировать возможные последствия этого изменения. Выше мы уже останавливались на проблеме возраста научных коллективов. Существовавшая до сих пор скорость роста числа научных работников обеспечивала возможность сохранения среднего возраста научных коллективов на некотором не очень высоком уровне. Ожидаемое в ближайшее время уменьшение скорости роста числа научных работников неизменно поведет к резкому увеличению среднего возраста наших научных коллективов. Здесь, естественно, возникает ряд очень важных вопросов. Как отразится такое увеличение

среднего возраста научных коллективов на развитии науки? Можно ли предложить какие-либо специальные социальные мероприятия для предотвращения такого старения?

Естественно, что долгосрочный прогноз рассмотренного выше типа носит только негативный характер. Экстраполируя кривые роста до абсурдных значений, мы можем лишь сказать, что механизм роста должен измениться, но ничего не можем сказать о направлении такого изменения. Дополнительный статистический анализ позволяет иногда получить некоторую информацию о намечающихся изменениях. Как неоднократно указывалось выше, наука есть самоорганизующаяся система. Трудности развития стимулируют появление новых организационных форм научной деятельности. Кропотливый статистический анализ позволяет выявить эти новые формы развития науки, когда они находятся еще в эмбриональном состоянии. Так, например, уже сейчас можно изучать развитие незримых коллективов как одной из новых форм организации науки.

Нередко говорят, что в науке возможен так называемый качественный прогноз, т. е. прогноз, основанный на суждении отдельных ученых, обладающих большим опытом и хорошо развитой интуицией. Иногда даже предлагают применять анкетный опрос ученых и затем как-то усреднять их суждения. Такой подход, конечно, очень интересен — любопытно узнать, что думают научные работники, особенно крупные ученые о будущем науки. Беда здесь только в том, что трудно или, точнее, просто невозможно оценить надежность подобных суждений. Анкеты можно обработать статистически и установить степень согласованности суждений. Но высокая степень согласованности не служит еще доказательством того, что такой прогноз действительно осуществится. Более того, можно утверждать, что его принципиально нельзя проверить, так как принципиально непрогнозируемые научные открытия могут сколь угодно сильно изменить обстановку. Прогноз, основанный на интуитивных суждениях о далеком будущем, в методологическом отношении напоминает религиозные наития, а не научно обоснованные выводы. Трудность положения здесь заключается в том, что на основании таких принципиально непроверяемых суждений придется, вероят-

но, принимать какие-то практические решения, ибо непонятно, каким иным способом можно планировать развитие науки на долгие годы. Здесь важно хотя бы сохранить достаточную долю здравого скептицизма. Один из авторов настоящей книги уже давно начал применять статистические методы для формализации апрорных суждений ученых и инженерно-технических работников при разработке новых технологических процессов (см. [41], гл. VIII, § 4). Широко пропагандируя эти приемы, мы, вместе с тем, рекомендуем пользоваться ими с большой осторожностью, никоим образом не рассматривая их как средство, с помощью которого можно делать новые открытия или хотя бы прогнозировать их. В американской науковедческой литературе сейчас широко обсуждается метод прогноза, называемый методом дельфи [97]. Этот метод получил свое название от дельфийских оракулов, выражающих, согласно преданиям, независимые точки зрения. Здесь опять-таки используется анкетный метод опроса специалистов-экспертов. Утверждается, что, в отличие от обычных процедур — совещаний, дискуссий и пр., — здесь не сказывается влияние крупных авторитетов. Это утверждение нам представляется неверным. Ведь все опрашиваемые находятся под влиянием одних и тех же идей, признаваемых в данное время бесспорными. Если бы мы, например, лет 10 назад захотели узнать мнение ведущих химиков о перспективах развития планирования эксперимента в химии, то, бесспорно, получили бы в большинстве анкет отрицательный ответ. Если такой опрос провести сейчас, после того как в течение 10 лет затрачивались большие усилия на развитие и внедрение этих методов в химию и смежные дисциплины, то ответ оказался бы уже совсем иным.

Если оставаться в рамках строго научных методов, то следует считать, что в основе количественно обоснованного прогноза должен лежать статистический анализ правильно отобранных показателей, поддающихся измерению.

Можно, пожалуй, сформулировать следующее утверждение: строго научной частью процесса прогнозирования может быть лишь подготовительный этап, когда формулируются гипотезы и в соответствии с ними собираются и статистически обрабатываются различные

данные. Собственно прогнозирование, опирающееся в какой-то степени на результаты наукометрического исследования, все же остается только искусством. Здесь нельзя предложить какие-либо строго формализованные правила, которые давали бы результаты прогноза с разумно обоснованными доверительными границами.

В заключение нужно совсем коротко остановиться на психологической стороне проблемы прогнозирования. Каждый крупный организатор, в какой бы области он ни работал, всегда неизбежно сталкивается с задачей прогнозирования тех или иных явлений общественной жизни. Человеку, как правило, свойственно мыслить линейно, тогда как большинство явлений развивается скорее экспоненциально, чем линейно. Только с этих позиций, видимо, и можно объяснить те просчеты, с которыми мы так часто сталкиваемся.

ГЛАВА X

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИДЕЙ И МЕТОДОВ НАУКОМЕТРИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ РАЗВИТИЯ НАУКИ

У читателя может возникнуть некоторое разочарование — почти все приводимые нами статистические данные носят отрывочный, фрагментарный характер. Действительно, до сих пор никто и нигде не занимался систематическим и последовательным изучением развития науки как информационного процесса. Все исследования, как бы интересны некоторые из них ни были, все же носят частный характер. Мы попытались обобщить и систематизировать эти разрозненные материалы с тем, чтобы показать широкому кругу читателей, сколь важными и интересными могут оказаться данные наукометрического анализа. Нам кажется, что сейчас уже есть достаточно оснований для того, чтобы поднимать вопрос о создании специального информационного центра для статистического изучения развития науки. Естественно, что при организации такого центра надо стремиться к самому широкому международному сотрудничеству. Вряд ли можно будет произвести статистический анализ материала, не зная в деталях условий развития науки в разных странах. Такой центр, конечно, сможет хорошо работать только в том случае, если он будет оснащен современной вычислительной техникой.

Нам представляется, что управление процессом развития науки должно основываться на широком использовании наукометрических данных. Много лет назад у нас в стране велись споры о том, можно ли вообще управлять наукой. Затем споры прекратились — всем стало ясно, что наукой управлять можно и должно. Для

управления наукой был создан специальный Комитет, название которого много раз изменялось. Но никто не сформулировал алгоритмы для управления наукой. Они не были сформулированы даже после того, как стала развиваться системотехника — дисциплина, претендующая на научный подход к управлению большими системами. Более того, до сих пор широко распространена точка зрения, согласно которой для управления процессом развития науки статистические данные о развитии науки вообще не нужны. В системе Академии наук СССР есть комиссии и научные советы по отдельным проблемам науки. На них возложена задача анализа развития отдельных областей знания и координации научной работы. Однако деятельность этих организаций не основывается на сборе и анализе статистических данных о развитии науки.

Мы рассматриваем науку как самоорганизующуюся систему, управляемую своими информационными потоками. Незримые коллективы — это одна из форм самоорганизации науки, которая представляется нам значительно эффективнее искусственно насаждаемых координационных советов.

Самоорганизация науки, естественно, возможна лишь в рамках ассигнований, отпускаемых на ее развитие. Здесь возникает ряд вопросов. Какие средства страна может выделять на развитие науки? Как эти средства распределять между теоретическими и прикладными исследованиями? Какая часть средств, отпускаемых на науку, должна выделяться на образование и на службу информации? Должны ли в каждой стране теоретические исследования развиваться равномерно в соответствии с тем, как они развиваются во всем мире, или некоторым странам нужно стремиться занимать ведущее место в какой-либо одной области, хотя бы в той, где в силу исторически сложившихся условий данная страна имеет наибольший научный престиж? Это — вопросы стратегии развития науки¹⁾ или, если хотите, вопросы

¹⁾ Здесь интересно обратить внимание читателя на то, как задачи научной политики формулируются в докладе, представленном парламенту Великобритании государственным секретарем по вопросам образования и науки [96]: научная политика, как там утверждается, не задает развития науки, но она может поощрять или направлять внедрение научных исследований. Задачи научной поли-

научной политики. Естественно, что они должны решаться на государственном уровне. В этом, на наш взгляд, и заключается задача централизованного управления наукой. После того как определена стратегия развития науки (распределение средств), начинается управление наукой на уровне самоорганизации. Здесь, видимо, меньше всего нужно централизованное вмешательство.

Вероятно, один из самых важных и интересных вопросов кибернетики можно сформулировать так: каким должно быть соотношение между самоорганизацией и централизованным управлением в большой системе для того, чтобы она была жизнеспособна. С этих позиций было бы интересно проанализировать существующие сейчас большие системы — технические, биологические, социальные. Перерегулированные системы вряд ли жизнеспособны.

Наукометрические данные можно использовать на обоих уровнях управления. На уровне самоорганизации они позволяют незримым коллективам лучше ориентироваться в выборе микронаправлений в своей работе. Например, у нашего незримого коллектива, занимающегося вопросами планирования эксперимента, уже есть известный опыт использования наукометрических данных при выборе направлений своей работы. Мы имели возможность наблюдать, как многие активно работающие лаборатории несколько раз изменяли направления своих исследований на протяжении последних 10—15 лет. До сих пор такие резкие изменения основывались только на интуиции руководителя — теперь они могут базироваться и на анализе наукометрических данных. Вряд ли, скажем, окажется целесообразным продолжать развивать какое-либо направление, если оно по ряду показателей вышло на логистическую кривую. Не слишком ли часто это остается незамеченным и маститый ученый предлагает аспиранту тему в той области знаний, развитие которой теперь уже идет по верхней части кривой? Из двух возможных конкурирующих направлений естественно выбрать то, где скорость роста

тики формулируются так: создание условий, способствующих открытиям, выделение достаточной доли национальных ресурсов, обеспечение сбалансированного развития отдельных областей знаний, создание условий для взаимного оплодотворения различных областей знаний и различных национальных научных программ.

больше¹⁾). Правда, здесь нельзя предложить какого-либо единого правила для принятия решений. Если какое-либо направление работ не получает отклика, то отсюда еще не следует, что нужно их прекратить, может быть, наоборот, нужно поднять работы на более высокий уровень, оснастить лабораторию новым, современным оборудованием. Ясно только одно — если то или иное направление не имеет отклика, то это немедленно должно вызвать тревогу и подвергнуться изучению и обсуждению.

Централизованное управление наукой до сих пор остается своего рода искусством. Этим искусством владеют те ученые, которые стали администраторами в науке. Так, видимо, обстоит дело и в других странах, в том числе в США [89]. И если этот процесс нельзя формализовать, то он все же должен опираться на широкое обсуждение, включающее всесторонний анализ статистических данных о развитии науки. Очень важно также, чтобы научная общественность была информирована о том, как и почему выбрана та или иная стратегия развития науки. Естественно, что для обоснования принятых решений также надо иметь развернутый статистический материал. Здесь хочется еще раз обратить внимание на то, что ошибка в выборе стратегии развития науки может иметь очень серьезные последствия. В этой работе мы, в частности, пытались показать, к каким неприятным последствиям привела задержка в движении идей по каналам информации в нашей стране. Информационный центр, созданный для слежения за развитием науки, даст возможность быстро оценивать последствия тех или иных проектов решений, предложенных при разработке стратегии развития науки.

Во всяком случае, несомненно, что наукометрия стала самостоятельным разделом знания. Она позволяет выдвигать интересные гипотезы о развитии науки и может использоваться при управлении развитием общества, его культуры и производительных сил.

¹⁾ Часто новые быстро растущие направления долго остаются незамеченными, так как они тонут в массе работ старого, но теперь уже медленно растущего направления. Кривые роста легко позволяют выявить потенциально интересные направления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. С. Микулинский, Н. И. Родный. Наука как предмет специального исследования, Вопросы философии, № 5, 25—39 (1966).
2. Р. С. Микулинский, Г. Волков, Самопознание науки, «Правда», 13 февраля, 1967.
3. Р. С. Микулинский, Наука изучает себя, «Известия», 29 июня, 1967.
4. J. D. Bergal, The Social Function of Science, Lnd., 1939.
5. Г. М. Добров, Наука о науке, изд. «Наукова думка», Киев, 1966, 270 стр.
6. Б. М. Кедров, Классификация наук, изд. Высшей парт. школы и Академии обществ. наук., т. I, 1961; т. II, 1965.
7. Don Karlos Price, Scientific Estate, The Belknap Press of Harvard Univ. Press, 1965, Cambridge, Massachusetts, 323 pp.
8. Дж. Морено, Социометрия. Экспериментальный метод и наука об обществе, ИЛ, 1958.
9. — «Исследования по психологии научного творчества в США. Обзор литературы и рефераты» (ред. М. Г. Ярошевский). Информ. бюлл. Ин-та истории естествознания и техники АН СССР, вып. XI, 1966.
10. M. N. Halbert, R. J. Ackoff, An Operations Research Study of the Dissemination of Scientific Information, Preprints of Papers for the Intern. Conf on Sci. Information, Washington, Nov. 16—21, 1958, Area I, p. 87—120.
11. М. Л. Колчинский, О критериях оценки научно-информационной деятельности, Научно-техн. информация № 12, 3—11 (1963).
- 11а. P. H. Abelson, Coping with Information Explosion, Science 154, № 3745, 75 (1966).
12. Derek J. Price, Little Science, Big Science, Columbia Univ. Press, N. Y., Lnd. 1963, 119 pp. (Перевод этой книги помещен в сборнике «Наука о науке», изд. «Прогресс», 1966, 422 стр. См. также более раннюю книгу того же автора: Science since Babylon, Yale Univ. Press, New Haven, Lnd, 1961, 149 pp.
13. Derek J. Price, Is Technology Historically Independent of Science? A Study in Statistical Historiography, Technology a. Culture 6, № 4, 553 (1965).
14. E. Garfield, Science Citation Index — a New Dimension in Indexing, Science 144, 649—654 (1964).

- 15 M M Kessler, Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing, *Amer. Documentation* **16**, № 3, 223—233 (1965)
- 16 Э Геллнер, Слова и вещи, М., ИЛ, 1962, 343 стр
- 17 C Lavid, Thinking about Language, Holf, Reinhart a Winston, N Y, 1961, 75 pp
- 18 E Garfield, Citation Indexes for Science A New Dimension in Documentation through Association of Ideas, *Science* **122**, 108 (1955)
- 19 Г Э Влэдущ, В В Налимов, Н И Стяжкин, Научная и техническая информация как одна из задач кибернетики, УФН **69**, № 1, 13—56 (1959)
- 20 М М Карпов, Закон ускоренного развития естественных наук, *Вопросы философии* № 4, 106—111 (1963)
- 21 Derek J Price, The Exponential Curve of Science, *Discovery* **17**, № 6, 240—243 (1956)
- 22 D B Baker, Growth of Chemical Literature Past, Present and Future, *Chem a Eng News* **39**, № 29, 78—81 (1961)
- 23 —Chemical Literature Expands, *Chem a Eng News* **44**, 84—88 (1966)
- 24 M G Conrad, Growth of Biological Literature and the Future of «Biological Abstracts», *Feder Proc* **16**, № 3, 711—712 (1957)
- 25 B Class, Information Crisis in Biology, *Bull Atomic Scientists* **18**, № 8, 6—12 (1962)
- 26 В В Налимов Ю П Адлер, Ю В Грановский Информационная система по математической теории эксперимента, в сб «Кибернетика и документалистика», изд «Наука», 1966, 138—149
- 26a К О Мау, Quantitative Growth of the Mathematical Literature, *Science* **154**, № 3757, 1672—1673 (1966)
- 26b Л Новый, Я Фольта О применении количественных методов в исследованиях по истории математики в сб «Анализ тенденций и прогнозирование научно технического прогресса», изд «Наукова думка» Киев, 1967
- 27 А И Мнхайлов, А И Черный Р С Гиляревский, Основы информатики, изд «Наука», 1968, 756 стр
- 28 —Basic Research and National Goals A Report to the Committee on Science and Astronautics, U S House of Representatives, Nat Acad Sci Committee Print, March, 1965, 336 pp
- 29 —Народное хозяйство СССР в 1965 г, Статистический ежегодник изд «Статистика», 1966
- 30 —How much Research for a Dollar? *Science* **132**, № 3426, 19 (1960)
- 31 В В Налимов, Количественные методы исследования процесса развития науки, *Вопросы философии* № 12, 38—47 (1966)
- 31a B Barber, Resistance by Scientists to Scientific Discovery, *Science* **134**, 596—602 (1961)
- 31b L H Mantell, On Laws of Special Abilities and the Production of Scientific Literature, *Amer Documentation* **17**, № 1, 8—16 (1966)
- 32 D Crane, Derek J Price, Notes on the Invisible Colleges of Scientists Studing Invisible Colleges, Препринт
33. Derek J Price, D B Beaver, Collaboration in an Invisible College, *Amer Phychologist* **21**, 1011—1018 (1966).

- 34 B Dudley, Communicating the Significance of Scientific Research, IRE Trans on Engineering Writing and Speech, EWS-5, № 2, 65—71 (1962)
- 35 I Hersey, The Scientist as Communicator, IRE Trans on Engineering Writing and Speech, EWS 5, № 2, 71—74 (1962)
- 36 В В Налимов, Поднимать математическую культуру исследователей, Вестник высшей школы № 8, 73 (1965)
- 37 Е В Маркова, Ю П Адлер, Г Б Преображенская, Развитие планирования эксперимента в СССР, Заводская лаборатория 33, № 10, 1300—1304 (1967)
- 38 D R Swanson On Improving Communication among Scientists, Bull Atomic Scientists 22, № 2, 8—11 (1966)
- 39 W D Garvey, B C Griffith, Scientific Information Exchange in Psychology, Science 146, № 3652, 1655—1659 (1964)
- 40 M J Moravcsik, Private and Public Communications in Physics, Phys Today № 3 23—26 (1965)
- 40a — Science Research Council, Report of the Council for the Year 1966—1967, Lnd, Her Majesty's Stationary Office, 1967
- 41 В В Налимов, Н А Чернова, Статистические методы планирования экстремальных экспериментов, изд «Наука», - 1965
- 42 — Сборник «Новые идеи в планировании эксперимента», изд «Наука» (в печати)
- 43 — Investing in Scientific Progress 1961—1970, Concepts, Goals and Projections National Science Foundation, Washington, 1961, 30 pp
- 44 В В Налимов, Молодой ученый и коллектив, Вестник Высшей школы № 1 51 (1966)
- 45 С С Бацанов Ф А Брусенцов, Опыт статистического анализа кристаллоструктурных работ, «Кристаллография» 11, № 3 393—397 (1966)
- 46 — Bibliographie Parisienne, Paris Desnos, 1771—1772
- 47 — Shepard's Citation, Chicago, 1873
- 48 — Science Citation Index 1965, Guide and Journal Lists, Inst for Sci Inform Philadelphia, 1966
- 49 E Garfield, Patent Citation Indexing and the Notions of Novelty, Similarity and Relevance, J Chem Documentation 6, № 2, 63—65 (1966)
- 50 W C Adair, Citation Indexes for Scientific Literature? Amer Documentation 6, 31 (1955)
- 51 H B Steinbach, The Quest for Certainty Science Citation Index, Science 145, 142—143, (1964)
- 52 E Garfield, I H Sher, New Factors in the Evaluation of Scientific Literature through Citation Indexing, Amer Documentation 14, № 3, 195—201 (1963)
- 53 E Garfield, Citation Indexing A Natural Science Literature Retrieval System for the Social Sciences, Amer Behavioral Scientist 7, № 10, 58—61 (1964)
- 54 J D Bernal, Science Citation Index, Sci Progr 53, № 211, 455—459 (1965)
- 55 E M Keen, Citation Indexes, ASLIB Proc 16, № 8, 246—251 (1964)
- 56 J M Hammersley, Guides to Statistical Literature, Nature 202, № 4930, 330 (1961)

57. J. Martyn, An Examination of Citation Indexes, ASLIB Proc. 17, № 6, 189—196 (1965).
58. Р. С. Гиляревский, З. М. Мильченко, А. Т. Терехин, А. И. Черный, Опыт изучения «Science Citation Index», в сб. «Прикладная документалистика», изд. «Наука», 1967, 32—53.
59. Derek J. Price, Science of Science, Bull. Atomic Scientists 21, № 10, 3—7 (1965).
60. Derek J. Price, Networks of Scientific Papers, The Pattern of Bibliographic References Indicates the Nature of the Scientific Research Front, Science 149, № 3683, 510—515 (1965). (Перевод см. в УФН 90, № 2, 349—359 (1966)).
- 60a. Derek J. Price, A Calculation of Science, Sci. a. Techn. № 15, 37—43 (1963).
61. B. L. Clarke, Multiple Authorship Trends in Scientific Papers, Science 143, 822—824 (1964).
62. B. E. Noltingk, The Art of Research, Elsevier Publ. Co., Amsterdam, N. Y., Lnd., 1965, p. 94.
63. A. Avramescu, Möglichkeiten Einer Wertzuordnung an wissenschaftliche Veröffentlichungen, XI Intern. Wissensch. Koll. 17—21 October, 1966, Technische Hochschule Limenau 1—12 (см. также реферат № 14 в сб. «Теория и практика научной информации» ВИНТИ АН СССР № 4, 1—13 (1967)).
64. E. Garfield, I. H. Sher, R. J. Torpie, The Use of Citation Data in Writing the History of Science, Inst. for Sci. Information, Inc., Philadelphia, USA, 1964.
65. M. M. Kessler, Bibliographic Coupling Between Scientific Papers, Amer. Documentation 14, № 1, 10—21 (1963).
66. M. M. Kessler, An Experimental Study of Bibliographic Coupling Between Technical Papers, IEEE Trans. on Information Theory, January, 50—51 (1963).
67. З. Б. Барина, Р. Ф. Васильев, Ю. В. Грановский, З. М. Мильченко, В. В. Налимов, Е. В. Напасников, И. М. Ориент, Г. Б. Преображенская, А. Т. Страхов, А. Т. Терехин, Т. Л. Фарберова, Ю. А. Щербakov, Изучение научных журналов как каналов связи. Оценка вклада, вносимого отдельными странами в мировой научный информационный поток, Научно-техн. информация, сер. 2, № 12, 1—11 (1967).
- 67a. И. М. Ориент, Статистическое изучение цитируемости работ по аналитической химии, Заводская лаборатория 33, № 11, 1383—1386 (1967).
68. R. E. Burton, R. W. Kebler, The «Half-Life» of Some Scientific and Technical Literatures, Amer. Documentation 11, 18—22 (1960).
69. M. Gardner, In the Name of Science, в сб. «Science: Method and Meaning», ed. Samuel Rapport, Helen Wright, N. Y. Univ. Press, 1963, 31—41.
70. S. Cole, J. Cole, Scientific Output and Recognition: A Study in the Operation of the Reward System in Science. Preprint (текст доклада, представленного 61-му ежегодному собранию Американской социологической ассоциации 31 августа 1966 г.).
71. J. H. Westbrook, Identifying Significant Research, Science 132, 1229—1234 (1960).

72. Р. Ф. Васильев, О количестве публикаций и частоте их цитирования как наукометрических показателях, в сб. Материалы к симпозиуму «Исследование операций и анализ развития науки» ч. I. «Методы анализа развития науки», изд. «Наука», 1967, стр. 60—70.
73. E. Garfield, Citation Indexes in Sociological and Historical Research, Amer. Documentation 14, № 3, 289—291 (1963).
74. P. L. K. Gross, E. M. Gross, College Libraries and Chemical Education, Science 66, № 1713, 385—389 (1927).
75. L. M. Raisig, Mathematical Evaluation of the Scientific Serial, Science 131, 1417—1419, (1960).
76. N. Kaplan, The Norms of Citation Behavior: Prolegomena to the Footnote, Amer. Documentation 16, № 3, 179—183 (1965).
77. Derek J. Price, Ethics of Scientific Publication, Science 144, № 3619, 655—657 (1964).
78. M. M. Kessler, The MIT Technical Information Project, Phys. Today, March, 28—36 (1965).
79. J. W. Tukey, Keeping Research in Contact with the Literature: Citation Indexes and Beyond, IRE Trans. Engineering Writing and Speech EWS-5, № 2, 78—82 (1962).
80. J. W. Tukey, A Tagging System for Journal, Articles and other Citable Items: A Status Rep., Ann. Rep. for 1963, Nat. Sci. Found. Grant NSF-GH-297. Statistical Techniques Research Group, Princeton Univ.
81. Ch. M. Gottschalk, W. F. Desmond, Worldwide Census of Scientific and Technical Serials, Amer. Documentation 14, № 3, 188—194 (1963).
82. Derek J. Price, The Distribution of Scientific Papers by Country and Subject — a Science Policy Analysis, Препринт.
83. R. B. Fisher, Trends in Analytical Chemistry, Anal. Chem. 37, № 13, 27a—34a (1965).
84. E. Schlegel, Die Automatisierung der Wissensproduktion — ein Wesenszug der wissenschaftlich-technischen Revolution in der Geologie, Z. angew. Geologie 11, № 8, 397—405 (1965).
85. Л. Л. Балашев, Вопросы научной информации в области биологии, Научно-техн. информация, сер. 2, № 2, 9—11 (1967).
86. Ю. М. Шейнин, Наука и милитаризм в США, изд. АН СССР, 1963 г., 589 стр.
87. Г. М. Добров, Информационная основа истории научно-технического развития, в сб. «Прикладная документалистика», изд. «Наука», 1968.
88. Ю. П. Адлер, Ю. В. Грановский, З. М. Мульченко, Статистический анализ публикаций по планированию эксперимента, в сб. «Новые идеи в планировании эксперимента»; изд. «Наука» (в печати).
89. Derek J. Price, The Scientific Foundations of Science Policy, Nature 206, № 4981, 233—238 (1965).
90. С. А. Дубинская, Исследование потребностей в информации специалистов, работающих в области химии, Научно-техн. информация сер. 2, № 4, 3—6 (1967).
91. А. Высочкий, Основные источники научной информации в свете анализа нужд потребителей, в сб. «Материалы к Польско-Советскому симпозиуму по проблеме комплексного изучения

- развития науки», изд. Ин-та истории естествознания и техники АН СССР, 1967, стр. 170—183.
92. А. И. Михайлов, Р. С. Гиляревский, Нерешенные проблемы научных библиотек, Вестник АН СССР № 9, 23—29 (1967).
 93. Д. Эрхарт, Некоторые соображения по поводу создания и деятельности национальной научно-технической библиотеки, Научно-техн. информации, сер. 1, № 10, 27—30 (1967).
 94. А. И. Черный, Из зарубежного опыта совершенствования деятельности научных библиотек, Вестник АН СССР, № 9, 30—34 (1967).
 95. — Nonconventional Scientific and Technical System in Current Use, № 4, Nat. Sci Found. December, 1966, 558 pp.
 96. — Council for Scientific Policy. Report on Science Policy Presented to Parliament by the Secretary of State for Education & Science by Command of Her Majesty, May 1966, Lnd., Her Majesty's Stationary Office, 1967.
 97. Г. М. Добров, Типология прогнозов и анализ метода делфи, в сб. «Анализ тенденций и прогнозирование научно-технического прогресса», изд. «Наукова думка», Киев, 1967.
 98. Ю. А. Шрейдер, Некоторые проблемы теории научной информации, Научная и техническая информация, № 6, 17—22 (1966).