

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Национальный исследовательский университет

**Б.И. Бедный, А.А. Миронос,
Ю.М. Сорокин, Е.В. Сулейманов**

**НАУКА И НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ:
ОРГАНИЗАЦИЯ, ТЕХНОЛОГИИ,
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

*Рекомендовано научно-методическим советом
Института аспирантуры и докторантуры ННГУ
в качестве учебного пособия для аспирантов*

Нижний Новгород
Издательство Нижегородского государственного университета
2013

УДК 001.8+167+930:001

ББК Ч21

Н 34

Рецензенты:

Н.Ю. Бабанов – проректор по научной работе Нижегородского технического университета им. Р.Е. Алексева, кандидат технических наук, доцент;

С.Д. Резник – директор Института экономики и менеджмента Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации

Н 34 **Бедный Б.И., Миронос А.А., Сорокин Ю.М., Сулейманов Е.В. Наука и научная деятельность: организация, технологии, информационное обеспечение** / Под ред. проф. Б.И. Бедного. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2013. – 228 с.

ISBN 978-5-91326-238-7

Книга написана на основе конспектов лекций, подготовленных авторами для факультативного аспирантского курса «Организация и управление научно-исследовательской, инновационной и преподавательской деятельностью». Рассматриваются особенности становления социально-профессионального статуса российских ученых, исторические корни национальной системы ученых степеней и аттестации научных работников. Анализируются количественные закономерности развития науки, выявленные с помощью наукометрических методов. Особое внимание уделено применению наукометрических индикаторов для изучения развития науки и оценки продуктивности научных коллективов и отдельных ученых. Обсуждаются организационные и методические аспекты процесса подготовки диссертации, приёмы работы над научными текстами, порядок представления и защиты кандидатских диссертаций. Подробно рассматриваются технологии информационного обеспечения научной деятельности.

ISBN 978-5-91326-238-7

ББК Ч21

© Бедный Б.И., Миронос А.А., Сорокин Ю.М., Сулейманов Е.В., 2013
© Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора	5
Глава 1. Социальная история науки в России	
1.1. Наука как предмет социальной истории	9
1.2. Особенности становления науки в России. Наука как инструмент и продукт российской модернизации XVIII–XIX вв.	13
1.3. Ученые в социальной структуре российского общества	17
1.3.1. Становление социoproфессионального статуса ученых	17
1.3.2. Нормативное оформление «службы по ученой части»	30
1.4. Становление и развитие системы подготовки и аттестации научных кадров	35
1.4.1. Система ученых степеней и аттестации научных кадров в России	35
1.4.2. Развитие организационных форм подготовки научных кадров	52
Список литературы к главе 1	60
Глава 2. Количественные закономерности развития науки и научной деятельности	
2.1. Наука о науке	63
2.1.1. Цель, задачи и структура науковедения	64
2.1.2. Наукометрия. Библиометрия	70
2.1.3. Терминология. Ключевые понятия.....	71
2.2. Закон экспоненциального роста индикаторов науки	76
2.3. Закон логистического роста индикаторов науки. Адаптационное торможение	82
2.4. Научный труд. Оценки результативности научной работы	91
2.4.1. Научный коллектив: проблема возраста	91
2.4.2. Научная продуктивность. Закон Лотки	94
2.4.3. Показатели цитирования. Импакт-факторы. Индекс Хирша	97
Список литературы к главе 2	109
Глава 3. Научная работа аспиранта, подготовка и защита диссертации	
3.1. Организационные аспекты выполнения диссертационного исследования	111
3.1.1. Особенности научно-квалификационной работы	111
3.1.2. План и график исследования, организация рабочего времени	115
3.1.3. Финансирование научной работы	117
3.2. Методологические аспекты диссертационного исследования	118

3.2.1. Методология научного исследования	118
3.2.2. Презентация научных результатов	124
3.2.3. Защита интеллектуальной собственности	130
3.3. Подготовка и защита кандидатской диссертации	131
3.3.1. Структура и характеристики диссертации	131
3.3.2. Написание и апробация диссертации	137
3.3.3. Процедура защиты диссертации: представление в диссертационный совет, публичная защита, подготовка аттестационного дела	140
Список литературы к главе 3	142
<i>Приложение 1</i> к главе 3. Положение о порядке присуждения ученых степеней	144
<i>Приложение 2</i> к главе 3. Положение о совете по защите дис- сертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соис- кание ученой степени доктора наук	156
Глава 4. Информационное обеспечение научной работы	
4.1. Организация информационной единицы науки. Поисковые атрибуты и рейтинги	183
4.1.1. Виды научных публикаций. Первичная фильтрация и рейтинг источника. Специфика предметных областей	183
4.1.2. Профессиональный и образовательный поиск. Поисковые атрибуты и место книги	188
4.1.3. Статья как базовая информационная единица. Условие полноты поисковых атрибутов	197
4.1.4. Авторитетные и рейтинговые базы. Относительные рей- тинги журналов и статей	201
4.2. Свойства информационных ресурсов, инвариантные к со- держанию	207
4.2.1. Печатный документ – рудимент эпохи?	207
4.2.2. Классификация сетевых ресурсов по ответственности, полноте контента, размещению и условиям доступа. Полнотек- стовые и библиографические ресурсы. Уровни доступа	208
4.2.3. Организация и функциональность сетевых ресурсов	212
4.2.4. Авторское право в сетевой сфере	213
4.3. Содержательный обзор научных и образовательных ресурсов ...	216
4.3.1. Политематические полнотекстовые ресурсы	216
4.3.2. Специализированные полнотекстовые базы	221
4.3.3. Библиографические и библиометрические базы. поиско- вые системы	224
4.3.4. Электронные библиотечные системы	227
Список литературы к главе 4	228

Глава 2. Количественные закономерности развития науки и научной деятельности

2.1. Наука о науке

Интерес к проблемам управления наукой и оптимальной организации исследовательской деятельности вызван исключительно сильным и постоянно нарастающим влиянием науки на экономическое развитие общества, социальную сферу и жизнь людей за счет совершенствования технологий, качества товаров и услуг. Особенно быстрый рост числа научных учреждений, научных работников, расходов на науку начался после Второй мировой войны. Наука превратилась в массовую профессию и стала объектом исследований. Во многих странах появились государственные органы управления наукой, и поэтому возникла потребность в разработке обоснованных рекомендаций по проведению научной политики. Именно это привело ученых к идее развития науковедения – науки о науке (Science of Science).

Основателем науковедения считается английский исследователь Джон Десмонд Бернал¹, опубликовавший в 1939 г. ставшую теперь классической книгу «Социальная функция науки» [1]. Он выделил науку как особый объект исследований – социальный институт, требующий отдельной науки для своего изучения. Науковедение определили как отрасль знаний, изучающую закономерности функционирования науки и научной деятельности, структуру и динамику науки, взаимодействие науки с другими социальными институтами.

¹ Джон Десмонд Бернал (англ. *John Desmond Bernal*; 10 мая 1901, Nenagh, Ирландия – 15 сентября 1971, Лондон) – английский физик и социолог науки, общественный деятель. Профессор Кембриджского и Лондонского университетов, член Лондонского Королевского общества. Иностраннный член АН СССР (20.06.1958). Вице-президент Всемирной федерации научных работников, президент Всемирного совета мира (1959–1965), лауреат Международной Сталинской премии «За укрепление мира между народами» (1953); автор научных работ в области физики, кристаллографии и биохимии.

После Второй мировой войны в развитых странах мира стали широко изучаться социально-психологические, экономические, организационные и иные проблемы науки, образовались исследовательские группы, появились специальные журналы, стали проводиться конференции, в том числе и международные.

Выдающийся вклад в развитие науковедения внес американский физик и историк науки Дирек Прайс, который начал активно применять количественные методы для изучения развития науки. Среди наиболее значительных работ Прайса – книга «Малая наука, большая наука» [2], заложившая основания современной наукометрии.

Важнейший инструмент для количественных исследований индикаторов науки – «Указатель научных ссылок» (Science Citation Index, SCI) – создан Юджином Гарфилдом, организовавшим в Филадельфии (США) Институт научной информации. С 1964 года этот институт регулярно издает указатель SCI, в котором систематизирована информация о цитировании научных статей по библиографической базе данных, первоначально охватывавшей около 600 научных журналов. Выросший отсюда современный информационный ресурс Web of Knowledge компании Thomson Reuters, включающий, в частности, широко известную базу Web of Science, учитывает («расписывает») более 12000 наиболее авторитетных в мире научных журналов.

2.1.1. Цель, задачи и структура науковедения

Попытки оформления науковедения как самостоятельной исследовательской области относятся к 60-м годам XX века и связаны с послевоенной «организационной революцией» науки. К этому времени в отдельных научных дисциплинах (статистика, экономика, политика, социология, психология и др.) был накоплен огромный массив эмпирического материала о науке и научной деятельности, сформулированы теоретические идеи, которые требовали осмысления в рамках общих представлений об объекте исследования. В нашей стране в это время науковедением начали активно заниматься исследовательские коллективы под руководством Г.М. Доброва в Киеве [3] и В.В. Налимова в Москве [4].

Целью науковедения является комплексное исследование и теоретическое обобщение опыта функционирования и развития социальных систем в науке для повышения эффективности научной деятельности.

Отметим, что в настоящее время комплексный подход к изучению науки и научной деятельности реализован лишь в отношении синтеза предмета науковедения, а методические средства остаются в значительной степени разобщенными. Основными направлениями науковедческих исследований являются:

- информационные процессы развития научного знания;
- статистика науки (финансы, кадры, учреждения, публикации и т.д.);
- экономика науки, финансирование исследовательской деятельности, экономическая эффективность научной деятельности;
- социальные функции науки, взаимодействие науки и общества;
- психология научной деятельности;
- проблемы организации научной деятельности, самоорганизационные процессы в науке.

В этих исследованиях применяются методы, развитые в соответствующих науковедческих дисциплинах (математическое моделирование, математическая статистика, системотехника, социология, психология, экономика, демография, история). Таким образом, можно говорить о достаточно широком спектре подходов и моделей, применяемых сегодня для изучения развития науки.

В.В. Налимовым предложена классификация логических схем и моделей, позволяющих изучать процесс развития науки и научную деятельность [4], в том числе:

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

2. *Экономическая модель.* В рамках этой модели объектом исследования являются взаимодействие науки с экономикой, экономическая эффективность научных исследований и разработок, проблемы трансфера знаний и технологий.

3. *Политическая модель.* Предметом исследования являются вопросы научно-технической политики, национальные приоритеты развития науки и технологий, оборонный потенциал государства.

4. *Социологическая модель.* Множество научных работников рассматривается как некая социальная группа, которая взаимодействует с другими социальными группами. Особый интерес представляют микросоциологические исследования – изучение микрогрупп, составленных по какому-либо признаку (возрасту, образовательному уровню,

ученой степени, занимаемой должности и др.) или по совокупности этих признаков.

5. *Демографическая модель.* Кадровый потенциал науки (страны, отрасли, ведомства, университета, лаборатории и т.д.) изучается как демографическая задача. Здесь весьма существенна проблема возраста научного коллектива.

6. *Психологическая модель.* Исследуются проблемы психологии научного творчества.

7. *Модель системотехники.* Наука рассматривается как система, подлежащая управлению: исследуются вопросы теории принятия решений, оптимальной организации и планирования исследований и разработок.

Каждая из перечисленных моделей охватывает лишь какой-либо один аспект науковедения. Естественным казалось бы считать стремление к комплексному, многоплановому изучению процесса развития науки. Однако в настоящее время такой подход признан преждевременным. Пока идет накопление знаний о разных аспектах функционирования и развития науки как системы знаний, как социального института, как специфического вида деятельности. Причем эти знания получают разными методами специалисты разного профиля – социологи, психологи, экономисты, философы, историки, специалисты в области точных наук.

Действительно, в период интенсивного развития науки трудно себе представить человека, в равной степени свободно владеющего методами точных, естественных, социальных и гуманитарных наук. По крайней мере таких специалистов-науковедов вузы сегодня не готовят. Поэтому до сих пор науковедение – это область науки, объединяющая исследования из разных научных дисциплин для решения основных науковедческих задач:

- изучения процесса производства научных знаний;
- выявления оптимальных форм организации науки;
- повышения эффективности научно-исследовательской деятельности.

Решение этих задач возможно путем сочетания качественного и количественного подходов (математические методы в науковедении находят достаточно широкое применение – см., например, [5]).

Помимо отмеченных выше общих науковедческих проблем, к наиболее актуальным задачам этой области знаний отнесены:

- построение и анализ кривых роста индикаторов науки;
- изучение структуры организации научных исследований;

- исследование проблемы подбора и подготовки научных кадров;
- прогноз и управление развитием науки.

Для оптимальной организации исследовательской деятельности и управления научной сферой, по сути, необходимо ответить на два важных вопроса:

1) сколько средств необходимо выделять на развитие научных исследований и как эти средства следует распределять между отраслями знаний (научными направлениями, программами и т.д.)?

2) как организовать систему количественного слежения за развитием отдельных научных направлений?

Эффективность развития науки во многом определяется успехами в решении именно этих задач.

О современной структуре науковедения и классификации науковедческой информации можно получить представление из приведенного в табл. 2.1 раздела рубрикатора кодов ГРНТИ¹.

Таблица 2.1

Структура науковедения по рубрикатору кодов ГРНТИ

12 – НАУКОВЕДЕНИЕ

12.01	Общие вопросы науковедения
12.09	Развитие науки
12.21	Наука и общество. Социология науки
12.31	Научный труд. Научное творчество
12.41	Организация науки. Политика в области науки
12.51	Методика и техника исследовательской работы
12.75	Экономика науки
12.79	Научные кадры
12.81	Международное сотрудничество в науке
12.91	Наука и научно-исследовательская работа в отдельных странах

¹ ГРНТИ – Государственный рубрикатор научно-технической информации – универсальная иерархическая классификация областей знания, принятая для систематизации всего потока научно-технической информации. На основе Рубрикатора построена система локальных (отраслевых, тематических, проблемных) рубрикаторов в органах научно-технической информации.

12.01 — Общие вопросы науковедения

12.01.07	Теория и методология науковедения
12.01.09	История науковедения. Персоналия
12.01.11	Современное состояние и перспективы развития науковедения
12.01.13	Организации, съезды, конгрессы, конференции, симпозиумы науковедов
12.01.17	Международное сотрудничество в области науковедения
12.01.21	Организация научно-исследовательских работ в области науковедения
12.01.29	Информационная деятельность в области науковедения
12.01.33	Терминология науковедения. Справочная литература. Учебная литература
12.01.73	Статистика науки
12.01.79	Кадры науковедов
12.01.85	Автоматизация и автоматизированные системы в области науковедения

12.09 — Развитие науки

12.09.07	Теория развития науки
12.09.09	История науки
12.09.11	Современная наука. Будущее науки

12.21 — Наука и общество. Социология науки

12.21.21	Наука как социальное явление
12.21.25	Роль науки в развитии общества
12.21.27	Современная научно-техническая революция
12.21.31	Наука, политика и идеология
12.21.35	Наука, культура и образование
12.21.41	Наука, литература и искусство
12.21.45	Наука и нравственность. Этика ученого
12.21.51	Наука и религия
12.21.55	Пропаганда и популяризация науки
12.21.61	Ученый и общество
12.21.65	Коммуникации в науке
12.21.69	Научные школы и коллективы

12.31 — Научный труд. Научное творчество

12.31.21	Труд в сфере науки
12.31.31	Научное творчество
12.31.41	Мотивация научной деятельности
12.31.51	Личность ученого

12.41 — Организация науки. Политика в области науки

12.41.01	Общие вопросы
12.41.21	Организация, управление, планирование и прогнозирование науки
12.41.25	Организация, управление, планирование и прогнозирование в отраслях науки и экономики
12.41.31	Организация, управление, планирование и прогнозирование исследований в научных учреждениях и коллективах
12.41.33	Научно-исследовательская деятельность в высшей школе
12.41.41	Кооперация в науке
12.41.45	Связь науки с практикой. Внедрение научных достижений
12.41.51	Качество и результативность научной деятельности
12.41.53	Экспертиза научной деятельности, аттестация и аккредитация научных учреждений
12.41.55	Информационное обеспечение научной деятельности
12.41.61	Деятельность научно-вспомогательных учреждений
12.41.65	Материально-техническое обеспечение науки

12.51 — Методика и техника исследовательской работы

12.51.01	Общие вопросы
12.51.51	Методика и техника индивидуальной исследовательской работы
12.51.85	Автоматизация научных исследований

12.75 — Экономика науки

12.75.01	Общие вопросы
12.75.21	Финансирование науки
12.75.31	Экономическое стимулирование в науке
12.75.41	Цена и стоимость научных исследований и разработок
12.75.51	Экономическая эффективность научных исследований и разработок

12.79 — Научные кадры

12.79.21	Структура и динамика научных кадров
12.79.25	Воспроизводство научных кадров
12.79.31	Использование научных кадров
12.79.41	Оценка деятельности научных кадров. Аттестация
12.79.51	Миграция научных кадров
12.79.61	Правовое, материальное и бытовое положение ученых
12.79.65	Поощрение научной деятельности

12.81 — Международное сотрудничество в науке

12.81.01	Общие вопросы
12.81.10	Правовые вопросы научного сотрудничества
12.81.21	Деятельность международных научных центров и организаций
12.81.31	Международные научные программы и проекты
12.81.41	Мероприятия в помощь развивающимся странам в целях развития науки
12.81.57	Научное сотрудничество в рамках международных объединений
12.81.59	Сотрудничество между отдельными странами
12.81.63	Международное сотрудничество отдельных научных учреждений
12.81.65	Международное сотрудничество в области информации
12.81.67	Международное сотрудничество в области высшего образования и подготовки кадров

2.1.2. Наукометрия.**Библиометрия**

Ниже в этой главе рассматриваются некоторые количественные закономерности развития науки, установленные с помощью наукометрических методов. Чтобы понять место наукометрии в комплексе науковедческих дисциплин, уточним содержание понятия «наукометрия», определив предмет этой дисциплины.

Термин «наукометрия» впервые ввел В.В. Налимов [4] для обозначения научного направления, использующего количественные методы для изучения процесса развития науки. Этот термин в дальнейшем получил «права гражданства», в частности, так стал называться основанный в 1978 г. международный журнал *Scientometrics*.

Наука как развивающийся во времени процесс характеризуется конкретными количественными параметрами. Этот процесс можно изучать так же, как изучают развивающиеся во времени физические, химические, биологические процессы. Одной из задач наукометрии является разработка количественных методов для изучения процесса развития науки. Нужно обосновать, как и что измерять, то есть ввести необходимые индикаторы (измерители, показатели), оценить насколько они отражают реальное состояние науки.

Наукометрия занимается исследованием *объективных* количественных закономерностей научной деятельности. Такие закономерности могут быть выявлены лишь на основе воспроизводимых

измерений (как известно, далеко не все методы, применяемые в науках о человеке, обеспечивают воспроизводимость полученных результатов) [5].

В соответствии с существующими в современной наукометрической литературе традициями к числу наукометрических принято относить следующие методы исследования: статистический (измерители – число открытий, число научных журналов, число научных организаций, число ученых, число премий, частота соавторства и др.); подсчет числа публикаций (измеритель – число научных продуктов); цитат-индекс (измеритель – число ссылок); контент-анализ (измеритель – число символов); тезаурусный метод (измеритель – число терминов) [5].

Науковедческие исследования, использующие количественные методы анализа потоков научных документов на основе библиографических данных, принято называть библиометрией. Этот термин впервые был введен в научный оборот в 1969 году английским ученым Аланом Причардом. Объектами изучения при библиометрическом анализе науки являются публикации, сгруппированные по разным признакам: авторам, журналам, тематическим рубрикам, странам и пр.

Следует отметить, что развитие библиометрии тесно связано с появлением и развитием баз данных Института научной информации в Филадельфии ISI (в настоящее время это информационный ресурс Web of Knowledge компании Thomson Reuters, включающий широко известную библиометрическую базу Web of Science).

2.1.3. Терминология.

Ключевые понятия

Научное сообщество. Научная профессия. Научным сообществом принято называть совокупность профессиональных ученых, т.е. людей со специальной подготовкой, социальной функцией которых является производство, хранение и трансляция научных знаний. Целью научного сообщества и научной профессии является увеличение массива *удостоверенного научным сообществом* научного знания. Важную роль при этом играет представление о квантовании (дискретности) массива знания, который может быть увеличен отдельными порциями – «вкладами». Такими вкладами в дисциплинарное знание считаются научные результаты, переводящие некую научную проблему в разряд решенных (либо опровергающие или корректирующие известное ранее решение этой проблемы). Научные результаты должны быть опубликованы в

рецензируемых научных журналах, т.е. удостоверены научным сообществом (редколлегиями журналов).

В научном сообществе отсутствуют характерные для систем типа «общество» механизмы власти, прямого принуждения и фиксированного членства.

Характеристики научной профессии:

- Автономность – относительная независимость в подготовке и привлечении новых членов и контроле их профессионального поведения.

- Заинтересованность внешнего социального окружения в продукте деятельности ученых – новом научном знании и специалистах, владеющих этим знанием, – гарантия существования профессии.

- Специальные формы вознаграждения «внутри» профессии, выступающие в качестве стимула научной деятельности, обеспечивающие мотивацию и социальное управление в научном сообществе. Типичные механизмы научного признания, обеспечивающие мотивацию, рост профессионального статуса научного работника и социальное управление в научном сообществе, – присуждение ученых степеней, присвоение ученых званий, присуждение почетных наград, избрание на общественные посты в профессиональных обществах и др.

- Наличие развитой инфраструктуры научной деятельности, в том числе системы коммуникаций для координации и оперативного взаимодействия профессионалов и их объединений.

Институты научного сообщества – профессиональные научные общества: ученые советы, экспертные советы, диссертационные советы, академии и др. Используя собственные информационные и организационные ресурсы, научные общества оперативно привлекают к экспертизе, анализу или развернутому исследованию любой социально значимой проблемы наиболее компетентных в данный момент специалистов, обеспечивая их профессиональную мотивацию. От качества взаимодействия между научными обществами, бизнесом и государственной властью зависит «социальное здоровье» науки и та польза, которую она приносит обществу в целом.

Научная дисциплина. Научная специальность. Научная дисциплина – это базовая форма организации профессиональной науки, объединяющая на предметно-содержательном основании области научного знания и сообщество, занятое его производством, обработкой и трансляцией. Эффективность дисциплинарной формы организации науки проявляется в том, что она оказалась инвариантной относительно социально-экономического и культурного окружения и, по-видимому, не

имеет организационных альтернатив. По дисциплинарному принципу строится организация знания и система подготовки специалистов во всех сферах профессиональной деятельности, вынужденных в процессе передачи опыта новым поколением оперировать обработкой и трансляцией больших массивов знания.

В работах по науковедению научная дисциплина используется как максимальная аналитическая единица исследования наук [6].

Научная специальность – это содержательно и организационно оформленное объединение внутри некоторой крупной научной дисциплины (например, *органическая химия* «внутри» химии или *радиофизика* «внутри» физики).

Представление (упаковка) знаний. Информация о текущем состоянии научного знания, способах его обработки и отношениях участников научного сообщества в работе со знанием представляется в форме массива дисциплинарных публикаций. Структура массива дисциплинарных публикаций дает возможность представить актуальное знание дисциплины (находящееся в данный момент в обработке), отделив его от дисциплинарного архива.

Корпус актуально действующих в данный момент времени публикаций расчленен на «эшелоны», находящиеся на различном удалении от переднего края исследований. Эти эшелоны выступают в виде следующих жанров публикации:

- статья;
- обзор;
- монография;
- учебник.

Последовательность этих жанров соответствует постепенному удалению от переднего края исследований.

В статье научный результат представлен той частью, которая претендует на вклад в развитие дисциплинарного знания. При этом ученый выставляет свой вклад на официальную экспертизу научного сообщества (рецензирование рукописи перед публикацией), однако правами эксперта в той или иной форме обладает любой коллега (чтение и оценка статьи). Статьи дают информацию о методах исследования, полученных новых научных результатах и именах исследователей.

Обзоры предназначены для систематизации знания в наиболее актуальных и интенсивно развиваемых научных направлениях.

Монографии дают представление о наиболее крупных проблемах в конкретной научной области.

Учебники обеспечивают представление об актуальном состоянии дисциплины или научной специальности в целом и отображение содержания дисциплины в ее учебных специализациях.

Конечно, некоторые фрагменты научного знания переходят из одного эшелона в другой: из статьи – в обзор, из обзора – в монографию, из монографии – в учебник – и тем самым увеличивают свой статус и срок действия, становясь научными фактами (законами, принципами, эффектами и т.д.).

Невидимый колледж. Термин, введенный Д. Берналом, был развернут Д. Прайсом в гипотезу о «невидимых колледжах» как коммуникационных объединениях, имеющих определенную устойчивую структуру, функции и объем. По сути, речь идет о стихийно образующихся группах научных работников из разных научных учреждений и стран, согласованно работающих над общей тематикой, занимающихся близкими научными проблемами (это те исследователи, которые читают статьи друг друга, общаются на конференциях, зачастую организуют совместные сетевые проекты).

Гипотеза о «невидимом колледже» была в 60-х – 70-х гг. подвергнута тщательному эмпирическому исследованию с неожиданно серьезными результатами. В ходе исследований не только подтвердилось наличие групп с совершенно определенными и достаточно устойчивыми параметрами, но и выяснились структурные, динамические закономерности развития таких групп как общей формы становления новых исследовательских направлений и научных специальностей.

Междисциплинарные исследования. Междисциплинарные исследования – тип исследовательской деятельности, предусматривающий взаимодействие в изучении одного и того же объекта представителей различных научных дисциплин. Основной проблемой является преодоление противоречия между реальностью, закономерности которой нам не всегда известны, и наукой, организованной по научным дисциплинам с характерными для каждой из них базовыми допущениями, гипотезами и расширительными интерпретациями сведений о реальности [6].

Фундаментальные и прикладные исследования. Социальные функции фундаментальных и прикладных исследований в современном науковедении определяются следующим образом. Фундаментальные исследования направлены на усиление интеллектуального потенциала общества путем получения нового знания и его использования в образовании и подготовке специалистов. Ни одна форма организации челове-

ческого опыта не может заменить в этой функции науку, выступающую как существенная составляющая культуры.

Прикладные исследования направлены на интеллектуальное обеспечение инновационного процесса как основы социально-экономического развития современной цивилизации. Знания, получаемые в прикладных исследованиях, ориентированы на непосредственное использование в других областях деятельности.

Организация деятельности и знания в фундаментальных исследованиях задается системой и механизмами научной дисциплины. Важнейшим средством при этом выступает оперативное привлечение научного сообщества к экспертизе каждого нового результата, претендующего на включение в корпус научного знания.

Механизмы, регулирующие деятельность и отношения в прикладных исследованиях, определяются их организационным окружением. Социальная функция прикладных исследований направлена на разработку общественно полезных инновационных продуктов и услуг, однако непосредственная задача любой исследовательской группы, занимающейся прикладными исследованиями, состоит в обеспечении конкурентного преимущества организации (фирмы, корпорации, отрасли, отдельного государства), в рамках которой осуществляются исследования. Эта задача определяет приоритеты в деятельности исследователей и в работе по организации знания: выбор проблематики, состав исследовательских групп (как правило, междисциплинарных), ограничение внешних коммуникаций, засекречивание промежуточных результатов и юридическая защита конечных интеллектуальных продуктов исследовательской и инженерной деятельности (патенты, лицензии и т.п.).

Ориентация прикладных исследований на внешние приоритеты и ограничение коммуникаций внутри исследовательского сообщества резко снижают эффективность внутренних информационных процессов – научной критики – как основного двигателя научного познания.

Поиск целей исследований поддерживается системой научно-технического прогнозирования, которая дает информацию о развитии рынка, формировании потребностей, а тем самым и о перспективности тех или иных инноваций.

2.2. Закон экспоненциального роста индикаторов науки

К середине XX века в результате анализа многочисленных данных о динамике основных индикаторов науки (количества статей, монографий, научных журналов, научных открытий, численности научных работников и др.) за период приблизительно 300 лет была надежно установлена следующая эмпирическая закономерность: *если найден удовлетворительный способ измерить какой-либо достаточно большой сегмент науки, то этот сегмент в нормальных условиях растет экспоненциально.*

Рассмотрим теоретическую интерпретацию закона экспоненциального развития науки на примере роста количества публикаций. В отсутствие ограничивающих факторов скорость роста научных публикаций должна определяться достигнутым уровнем развития науки. Каждая новая научная концепция должна вызывать некоторое количество новых научных работ, развивающих, углубляющих или опровергающих ее. Таким образом, темп роста должен быть прямо пропорционален текущему значению измеряемой величины.

С математической точки зрения такой механизм роста числа публикаций (y) должен задаваться следующим дифференциальным уравнением

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

где k – константа, характеризующая ежегодный относительный прирост числа публикаций (коэффициент k можно интерпретировать как ежегодный относительный прирост числа публикаций $k = \frac{1}{y} \frac{dy}{dt}$ или как обратное время увеличения числа публикаций в e раз).

Решая дифференциальное уравнение (1), получаем уравнение экспоненты

$$y = ae^{kt}. \quad (2)$$

Следует иметь в виду два важных условия применимости модели экспоненциального роста науки [4, 5]:

1. Существует идеальная связь между всеми исследованиями и элементами научной информации.

2. Реально обеспечено использование всех возможностей, обусловленных этой связью.

Отметим некоторые важные свойства экспоненциального роста, вытекающие из выражения (2).

1. Относительной скорости роста в 5–7% в год соответствует удвоение числа публикаций за 10–15 лет.

2. Закон экспоненциального роста выполняется только до тех пор, пока не изменятся внешние условия, в которых развивается наука (войны, кризисы и проч.).

3. Наиболее важное свойство экспоненциального роста заключается в том, что он может быть надежно зафиксирован экспериментально лишь для больших изменений изучаемого индикатора (на порядки величины). В частности, для научной деятельности он подтверждается на интервале ~ 300 лет, в течение которого основные показатели науки возросли на 4–6 порядков (в 10^4 – 10^6 раз).

Экспоненциальный рост удобно характеризовать периодом удвоения. В зависимости от того, что и как измеряется, можно утверждать, что число ученых и число научных публикаций удваивается каждые 10–15 лет. Десятилетний период получают в случае поточных размеров, если не учитывается качество научных работ и в основу определения критерия научности берут минимум требований; 15-летний период удвоения возникает при более строгом отборе, когда используют более узкие определения научности. Если строгость отбора возрастает и начинают учитывать работы только очень высокого качества (например, опубликованные только в ведущих научных журналах), то период удвоения доходит до 20 лет.

В табл. 2.2 приведен список удвоения некоторых социологических индикаторов. Видно, что темп роста науки существенно опережает темп роста населения и других социальных институтов.

Почему именно с XVII века наблюдается экспоненциальный рост индикаторов науки? Дело в том, что феодальное производство обходилось без науки, а сама наука была полностью подчинена религии. Кроме того, в то время еще не были разработаны эффективные средства и методы распространения научной информации (наборное книгопечатание в Европе стало распространяться только с XVI века).

Таблица 2.2

Индикатор	Период удвоения
Население	50
Число университетов	50
Занятость (рабочая сила)	50
Совокупный национальный продукт	20
Число выдающихся ученых	20
Точность инструментов	20
Количество важных открытий	15
Численность научных работников	15
Число членов научных обществ	15
Число реферативных журналов	15

Некоторые примеры, подтверждающие экспоненциальный рост индикаторов науки, приведены на рис. 2.1–2.4.

1. *Научные журналы, публикации.* Первые научные общества современного типа и первые периодические научные издания появились во второй половине XVII века. Ученые начинают писать статьи вместо книг, которые до этого времени были единственной формой научного продукта. К середине шестидесятых годов XX века мировой список научных журналов составил 50000, а количество публикаций в них – около 6 млн., с ростом числа статей на 500000 в год ($\approx 8\%$ в год, т.е. период удвоения ≈ 15 лет).

2. *Научные работники.* В середине XVII столетия ученых было ничтожно мало. К середине шестидесятых годов XX века только в США насчитывалось около 1 млн. человек, имеющих ученые степени. Причем в 1800 году их было 1000, в 1850 – 10000, в 1900 – 100000.

Интересным следствием экспоненциального роста науки является так называемый *принцип непосредственной данности* (см. статью Д. Прайса в книге [2]).

В литературе встречаются следующие формулировки этого принципа:

- Подавляющая часть того, что когда-либо происходило в науке, происходит именно сейчас, на памяти живущих.

- От 80 до 90% всех когда-либо живших ученых живут и здравствуют в настоящее время.

- Любой человек, профессионально занимающийся наукой всю свою жизнь, может утверждать, что около 90% научных достижений всех времен произошли при его жизни и только $\approx 10\text{--}15\%$ сделанного в науке предшествует его непосредственному опыту.

- Где-то в ближайшее десятилетие и в пределах следующего будет произведено столько же научного продукта и столько же научного персонала, сколько их производилось за весь предшествующий период развития цивилизации.

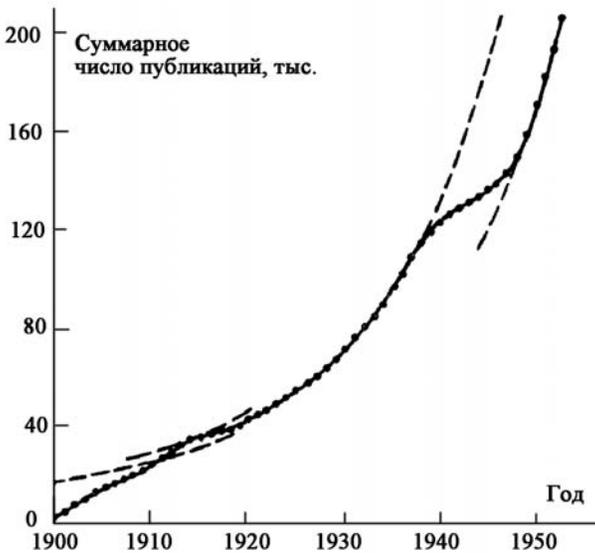


Рис. 2.1. Рост суммарного числа публикаций в реферативном журнале Physics Abstract в первой половине XX века [4, 5]. Пунктиром показаны экспоненты аппроксимации. Параллельные экспоненты демонстрируют влияние войны

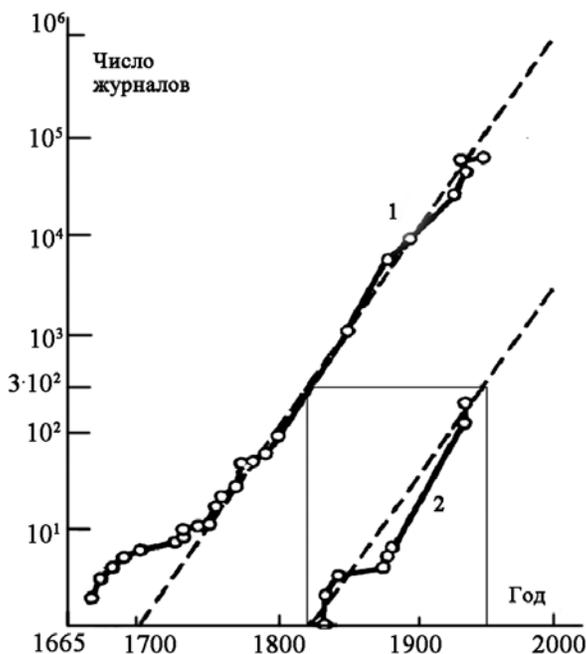


Рис. 2.2. Рост числа оригинальных журналов (1) и реферативных журналов (2) во всем мире [4, 5]. Координаты – полулогарифмические, прямая соответствует экспоненте

Интерпретация принципа непосредственной данности очень проста. Будем исходить из закона удвоения числа ученых каждые 15 лет. Пусть средняя продолжительность научной карьеры ученого – 45 лет. Тогда за первые 15 лет на каждого ученого будет приходиться 1 новый ученый, за вторые 15 лет – еще 2, и за последние 15 лет еще 4. То есть за 45 лет вместо одного «выбывающего из игры» по возрасту ученого, появляется 7 новых ученых. Это означает, что $7/8$ (или 87,5%) всех ученых, когда-либо живших на свете, живут в настоящее время! Таким образом, коэффициент непосредственной данности равен 87,5%.

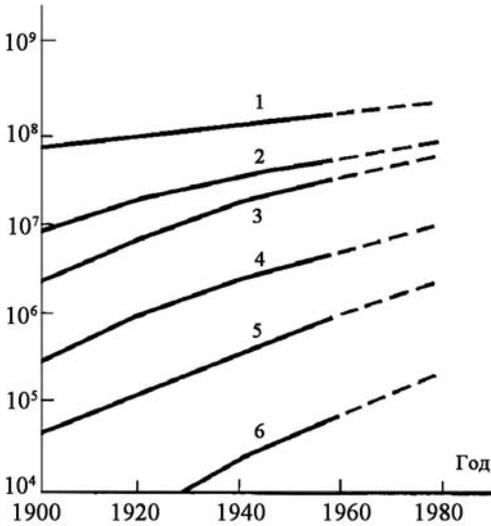


Рис. 2.3. Динамика числа научных работников и населения США [5]: 1 – население, 2 – выпускники школ, 3 – выпускники высшей школы, 4 – выпускники колледжей, 5 – ученые и инженеры, 6 – бакалавры. Координаты полулогарифмические, прямая соответствует экспоненте. Чем выше квалификация, тем выше темпы роста

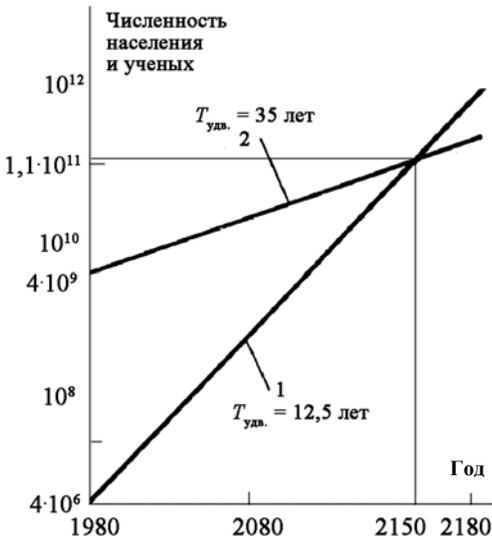


Рис. 2.4. Рост населения и числа ученых [5]: 1 – численность ученых, 2 – численность населения. Координаты полулогарифмические, прямая соответствует экспоненте

Население Земли растет по экспоненте с периодом удвоения ≈ 35 лет, а число ученых удваивается приблизительно каждые 12,5 лет. Если бы такое положение вещей сохранялось, то к 2150 году все население Земли, включая грудных младенцев, состояло из ученых. Абсурдность этого доказывает неизбежность замедления темпов роста численности ученых и перехода от экстенсивного к интенсивному развитию науки.

2.3. Закон логистического роста индикаторов науки. Адаптационное торможение

В середине XX века Дирек Прайс заметил, что экстраполяция наблюдавшихся в течение 300 лет закономерностей динамики основных индикаторов науки приводит к неизбежному выводу: экспоненциальный закон роста показателей науки не может сохраняться сколь угодно долго. Это, в частности, вытекает из абсурдности вывода, следующего из экстраполяции статистических данных: при сохранении прежних темпов роста к 2150 году все люди должны будут стать учеными, включая стариков и грудных детей.

Поскольку период удвоения науки значительно меньше, чем период удвоения численности населения, кривые сходятся (см. рис. 2.4, а также статистические данные, приведенные в работах [2–5]). К тому же экспоненциальный рост в социальных явлениях, по сути, аномален (вещи не могут расти до бесконечности) и должен приостанавливаться, не достигая абсурдных значений.

Такое поведение функции описывается логистической кривой (рис. 2.5), ограниченной снизу и сверху. Рост логистической кривой начинается по экспоненте и идет в близком к ней темпе почти до средней точки – точки перегиба. Затем темп роста падает и кривая симметрично росту приближается к «потолку».

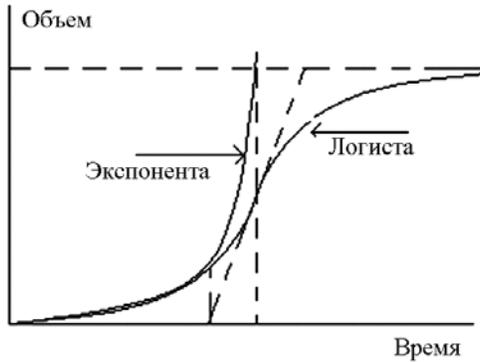


Рис. 2.5. Вид логистической кривой

Если среднюю область логистической кривой линейно аппроксимировать с помощью касательной в точке перегиба, то можно показать, что средняя область значений располагается по обе стороны центральной линии и занимает отрезки, равные примерно трем периодам удвоения экспоненциального роста (с каждой стороны от центральной точки). Таким образом, экспоненциальный рост есть лишь начало логистической кривой.

Д. Прайс в работе [2] высказал предположение, что в середине 60-х годов XX века состояние мировой науки таково, что соответствующая точка на логистической кривой переходит от экспоненциального участка в центральную область. Это означает, что для достижения средней точки понадобится 30–45 лет (это приблизительно наше время, если считать период удвоения в науке равным 10–15 годам) и еще через один период 30–45 лет кривая должна будет приблизиться к верхнему пределу.

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

$$\frac{dy}{dt} = ky(b - y) \quad (0 < y < b, \quad k > 0). \quad (3)$$

Здесь рост ограничен, так как b является максимальным значением y . Относительная скорость роста $\frac{1}{y} \frac{dy}{dt} = k(b - y)$ уже не остается постоянной, а уменьшается линейно с ростом y .

Чем выше достигнутое значение, тем меньше скорость роста. Решение уравнения (2) имеет вид логистической кривой

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

В начальные моменты времени, когда $y \ll b$, рост описывается экспонентой. При $y = b/2$ логистическая кривая имеет точку перегиба, в которой меняется знак ускорения.

В работах [2–6] приведены многочисленные эмпирические данные по временной динамике различных индикаторов науки. Значительную часть этих данных можно аппроксимировать экспонентой, как это показано на рис. 2.1–2.3. В ряде случаев заметно замедление экспоненциального роста (рис. 2.6). Подобные данные легли в основу концепции экспоненциально-логистического роста науки.

Отметим, что многие ученые указывают на то, что предположения, лежащие в основании приведенных выше дифференциальных уравнений, описывающих экспоненциальный и логистический рост индикаторов науки, не являются бесспорными. В частности, обращается внимание на то, что предположение о пропорциональности скорости роста параметров науки этим параметрам справедливо лишь:

- а) при условии существования идеальной связи между исследованиями и элементами информации;
- б) когда фактически допустимо использование всех возможностей, обусловленных этой связью.

Конечно, оба эти условия не соблюдаются. В целом же следует заключить, что количественные формулировки экспоненциально-логистического закона имеют ограниченное значение. Это имел в виду и Прайс, призывая «... не обращать внимание на математические детали и точность формулировки».

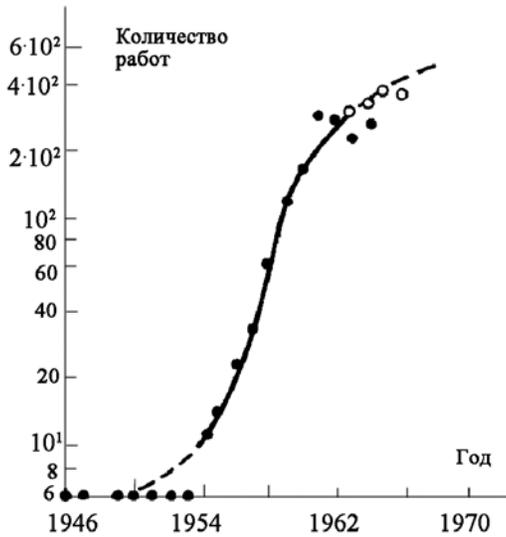


Рис. 2.6. Временная динамика числа публикаций в области магнитных свойств тонких пленок [4, 5]

Кроме того, Д. Прайс отмечает, что простая логистическая кривая в социальных процессах встречается редко. Если отклонение от экспоненциального роста становится неизбежным, то возможны разные варианты развития логистического закона, которые становятся заметными вблизи точки перегиба. Для науки это переходный период кризиса, расположенный по обе стороны от средней точки примерно на время жизни одного поколения. Исходом «сражения» у точки перегиба могут стать либо полная реорганизация, либо резкие флуктуации, либо, наконец, смерть переменной [2].

Признаки переходного периода для науки:

- Нарастание озабоченности по поводу научных кадров, литературы и расходов – все эти проблемы могут быть решены лишь реорганизацией.
- Если реорганизации успешны, они дадут толчок новой эскалации с быстрой трансформацией и ростом.
- Неэффективные реорганизации вызовут поиск – резкие флуктуации, которые со временем, возможно, будут сглаживаться.

Как мы уже отмечали выше, еще в середине 50-х годов стало ясно, что мировая наука входит в область средних значений логистической кривой. Стоимость научных работ постоянно увеличивается. Расходы на науку до середины XX века росли существенно скорее, чем число публикаций, неуклонно росла и доля ВВП, выделяемая на проведение исследований и разработок (от 0,1 до 3% ВВП). В СССР в период расцвета науки (60-е годы XX века) доля расходов на научные исследования достигла 6,4% ВВП (увеличение на порядок по сравнению с 1940 годом, когда эта доля составляла 0,64%). Рост доли ВВП означал, что удвоение научных расходов происходило за 5,5 лет, а удвоение ВВП – за 20 лет. Следовательно, при сохранении такого темпа роста к 2000 году расходы на науку в СССР и США должны были превысить ВВП. Абсурдность этой и других подобного рода экстраполяций и послужила поводом для утверждения, что закон роста науки должен измениться.

В настоящее время у ведущих стран Запада расходы на НИОКР стабилизировались вблизи 2–3% ВВП, что является одним из основных признаков логистического насыщения¹. Тенденция экспоненциального роста числа ученых также продолжалась лишь до второй половины XX века. В конце века во многих индустриально развитых странах отчетливо наблюдаются признаки выхода на насыщение. В середине века период удвоения числа ученых составлял приблизительно 15 лет. И если бы экспоненциальный рост сохранялся, то через 100 лет в США на 1 млн. жителей приходилось бы 2 млн. ученых. «Кризис» (переход на насыщение) наступил несколько десятилетий назад, и он связан не столько с истощением людских ресурсов, сколько с изменением природы самого роста науки (переход от экстенсивного к интенсивному развитию науки).

В начале XXI века темп роста числа ученых в большинстве развитых стран стабилизировался и лишь незначительно превышает темп роста численности населения (из крупных государств исключением являются Китай, Южная Корея, Тайвань и Сингапур – см. рис. 2.7 – 2.8)².

¹ В среднем расходы на науку в ведущих странах мира составляют 2–3% ВВП, в том числе у США – 2,7%, а у Японии, Швеции, Израиля достигают 3,5–4,5% ВВП. Очень высокими темпами наращивает расходы на НИОКР Китай (1,7% ВВП). Ожидается, что в следующем десятилетии КНР догонит США по объему расходов на науку. Быстро растут расходы на НИОКР и в Индии. К 2012 году они достигнут 2% ВВП. Европейский союз поставил задачу увеличить расходы на НИОКР до 3% ВВП.

² Беспрецедентные усилия Китая по наращиванию научно-технического потенциала, предпринятые в последние 15 лет, дают весьма впечатляющие результаты. Мы впервые сталкиваемся с ситуацией, когда в какой-либо стране расхо-

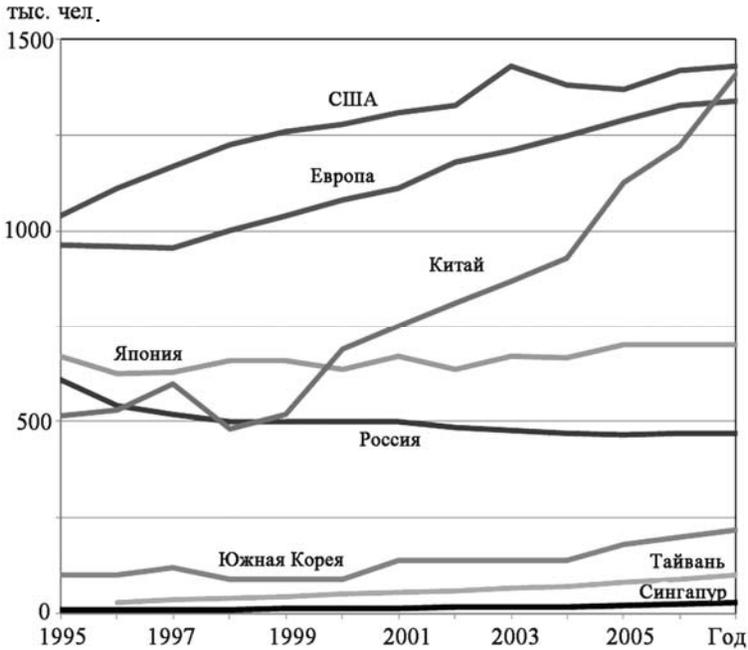


Рис. 2.7. Динамика изменения численности исследователей (тыс. человек) в разных странах мира
 Источник: *Science Engineering Indicators, 2010*

ды на науку 10 лет подряд стабильно растут более чем на 20% ежегодно. Результаты этих усилий отражаются в стремительном росте таких ключевых показателей, как доля ВВП, выделяемая на науку и образование, число выпускников высших учебных заведений и производство наукоемкой продукции. Никаких признаков замедления роста пока не наблюдается. Китай уже догнал США по количеству научных работников: в обеих странах сегодня работает почти по полтора миллиона ученых. Быстро растет число ученых также и в других восточноазиатских странах, особенно в Южной Корее, Тайване и Сингапуре. В России, напротив, наблюдается снижение числа научных работников: в 1995 году их было около 600 000, а сейчас осталось лишь около 450 000.

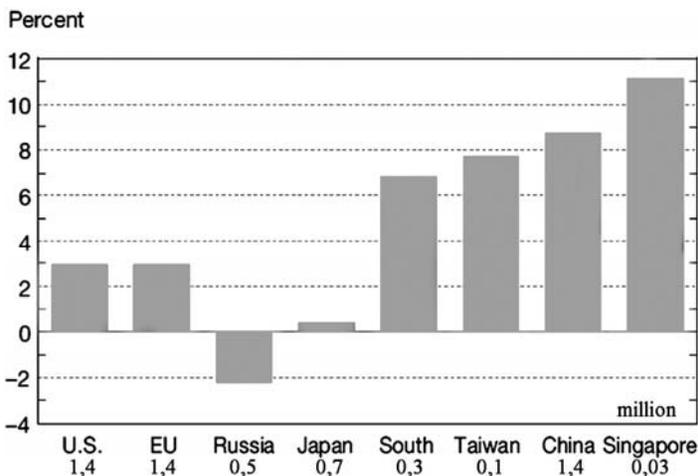


Рис. 2.8. Среднегодовой прирост числа ученых с 1995 по 2007 год
(в процентах за год)

Источник: *Science Engineering Indicators, 2010*

Выводы, вытекающие из экспоненциально-логистической концепции Прайса:

1. Наука, которая в течение трех столетий опережала по темпам своего развития другие сферы человеческой деятельности, должна резко снизить темпы роста.
2. Наука неизбежно должна перейти от экстенсивного к интенсивному развитию.
3. Следует ожидать качественных преобразований науки.

Вывод о замедлении темпов роста науки, по мнению многих ученых, не означает угасания науки. Индикаторы характеризуют лишь отдельные стороны жизни науки. Число ученых, число публикаций и другие наукометрические показатели лишь приблизительно отражают латентную переменную «развитие науки». Замедление темпов роста этих показателей может сопровождаться по-прежнему высоким темпом роста этой латентной переменной. Задачей науковедения является поиск новых индикаторов, более адекватно отражающих развитие науки.

Какие же механизмы обеспечивают замедление экстенсивного роста науки?

1. *Рост науки замедляет потоки научной информации и снижает их эффективность из-за возникновения информационной перегруженности [2].*

Как изменяется научный труд в связи с ростом и усложнением информационных потоков? Чем больше научный коллектив, тем больше времени тратится на обмен информацией. В результате получается, что приращение «результатов» научной работы оказывается пропорциональным не абсолютному, а относительному приращению числа научных работников. В дифференциальной форме механизм адаптационного торможения можно записать так [2]:

$$dy = \frac{dn}{n} \text{const},$$

где n – число научных работников, y – некоторая мера, характеризующая результаты научной работы. Интегрируя, получим

$$y = k \lg n + C,$$

т.е. логарифмический закон роста научных результатов от количества научных работников.

Рассмотрим предложенную в [2] трактовку замедления эффективности научной деятельности с ростом размеров научного коллектива. Авторы отмечают, что многие руководители крупных научных разработок замечали, что вначале коллектив растет и все идет хорошо (на начальном участке логарифмическая кривая хорошо аппроксимируется прямой, имеющей большой наклон), а затем отчетливо наблюдается самоторможение. Руководителю коллектива приходится тратить время на то, чтобы обмениваться информацией с каждым членом коллектива, он должен терпеливо выслушивать и затем обстоятельно обсуждать предложения всех членов коллектива, нужно читать и исправлять все их работы, помогать в подготовке диссертаций. Наконец, ни одна работа не выйдет в печать прежде, чем будут сняты все, часто многочисленные и не очень серьезные по существу возражения, замечания и придирки. Тот же эффект проявляется и при анализе всей массы коллективов, обеспечивающих развитие науки в широком плане. Усилия будут тормозиться необходимостью прочитать все относящиеся к делу работы, а для их отыскания надо провести поиск по всему масштабу публикаций, растущему по экспоненте.

Далее, если результаты вашей работы оказались успешными, вам придется прочитать множество однотипных докладов в различных научных учреждениях, беседовать со множеством людей, которые будут пытаться как-то развить (далеко не всегда успешно) или применять новые идеи. Таким образом, адаптационное торможение – это торможение, обусловленное информационной перегруженностью¹.

2. *Рост науки замедляет прохождение научной идеей своего пути из-за затрудненности поиска адресатов.*

В наши дни это проявляется как функциональный кризис науки – темп нарастания новых научных знаний существенно превышает темп их превращения в товары и услуги. Это приводит в действие механизмы торможения обществом развития фундаментальных исследований и стимулирует инновационную деятельность, направленную на коммерциализацию результатов исследований и разработок.

Уменьшение скорости роста ассигнований на науку приводит к уменьшению скорости роста числа научных работников, а следовательно, и числа научных публикаций. Не приводит ли это к затуханию скорости роста числа научных идей и достижений?

1. Известно, что 80–90% исследователей занято экспериментом. Современные технические достижения существенно увеличивают производительность труда экспериментаторов, что компенсирует уменьшение их числа.

2. Компьютеры заменяют часть персонала, ранее занятого рутинными вычислениями.

3. Развитие Интернета и информационно-коммуникационных связей в научном сообществе приводит к более эффективному информационному обеспечению и замедлению торможения в развитии науки.

Вместе с тем существует одна проблема, связанная с торможением, которую вряд ли можно легко преодолеть. Это проблема возраста научного коллектива и старения научных кадров.

¹ Аналогичные явления происходят и в биологических информационных системах. Закон адаптационного торможения передачи информации известен в психологии как закон Вебера–Фейхнера. Он обычно формулируется следующим образом: «Ощущение пропорционально логарифму раздражения».

2.4. Научный труд.

Оценки результативности научной работы

2.4.1. Научный коллектив: проблема возраста

Возрастная структура научных кадров – важнейший вопрос для науковедческого анализа, имеющий непосредственное отношение к проблемам организации и управления научными коллективами. Многолетний практический опыт мировой науки свидетельствует, что большинство наиболее значительных ее результатов было получено учеными в возрастном интервале 26–40 лет.

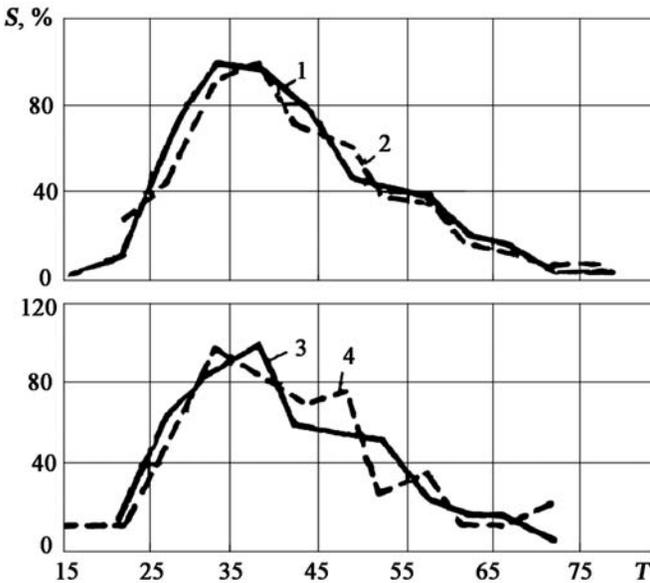


Рис. 2.9. Зависимость индивидуальной продуктивности ученых от их возраста [3]: 1 – СССР, 2 – США, 3 – Германия, 4 – Италия

На рис. 2.9 по оси абсцисс отложен возраст, а по оси ординат – среднегодовая численность выполненных научных работ (в процентах от

уровня наивысшей для каждого ученого продуктивности). Диаграммы построены на основе статистической обработки библиографических данных представительных групп ученых [3]. Видно, что в среднем интервал максимальной продуктивности – это 30–40 лет. Конечно, эти данные – типичный статистический факт, наподобие сведений о средней продолжительности жизни населения. Он не только не исключает, но и предполагает возможность любых индивидуальных отклонений.

Один из основных принципов формирования возрастной структуры научного коллектива – сочетание богатого научно-методического опыта и больших знаний старшего поколения ученых с энергией и смелостью в поисках принципиально новых путей и подходов в науке, присущими молодому поколению. На наш взгляд, вполне правомерно сравнивать оптимальную возрастную структуру научного коллектива с приведенными данными о возрастном распределении творческой активности.

Анализ показывает [3], что между средним возрастом коллектива (T_k), средним возрастом ежегодного пополнения состава коллектива (t_Δ) и размерами этого пополнения ($\Delta N_\%$) существует следующая зависимость:

$$T_k = \frac{100}{\Delta N_\%} + t_\Delta, \quad (4)$$

и соответственно

$$\Delta N_\% = \frac{100}{T_k - t_\Delta}. \quad (5)$$

Примем для определенности, что новые сотрудники приходят в коллектив в среднем в возрасте 25 лет ($t_\Delta = 25$ лет). Тогда расчет по формулам (4), (5) дает:

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

График, приведенный на рис. 2.10, иллюстрирует эту зависимость. Таким образом, чтобы поддерживать средний возраст коллектива в оптимальном диапазоне 35–40 лет, ежегодно необходимо обновлять приблизительно 6–10% общего кадрового состава молодыми 25-летними людьми.

Напомним, что при росте численности ученых в 7,2% в год их общее количество удваивается каждые 10 лет. Интересно, что в процессе экс-

понижения темпа роста науки сработал механизм, задавший именно такую среднюю относительную скорость роста численности научных работников (около 10% в год), при которой в большинстве лабораторий мог поддерживаться благоприятный средний возраст ~ 35 лет.

Подобный темп роста числа научных работников в современных условиях невозможен, а при существенно меньших темпах роста средний возраст научного коллектива неизбежно будет расти. Сейчас, когда темп прироста контингента научных работников в развитых странах мира существенно снизился, старение научных кадров становится серьезной проблемой. Высокий средний возраст коллектива накладывает свой отпечаток на его производительность – в таком коллективе плохо воспринимаются новые идеи, сотрудники не хотят идти на риск, предпочитая работать старыми, хорошо апробированными (а часто и устаревшими) методами. Каков выход из положения?

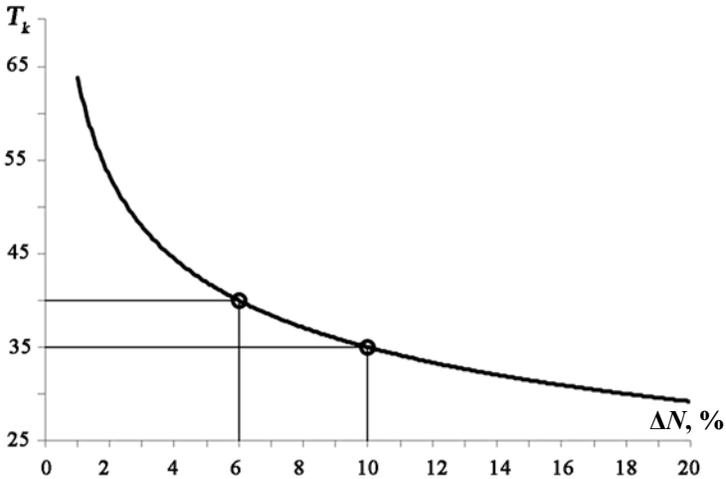


Рис. 2.10. Средний возраст коллектива (T_k) при различных размерах ежегодного пополнения состава молодыми кадрами ($\Delta N_{\%}$)

1. Одно из решений дает глобализация науки. В США, Европе, Канаде сегодня наблюдается большой спрос на аспирантов и молодых ученых из Китая, Индии, Южной Кореи (около 2/3 иностранных аспирантов США имеют азиатское происхождение). В результате «диффу-

зии» научных кадров относительно низкооплачиваемые рабочие места заполняются выходцами из экономически менее развитых стран.

2. Другое решение заключается в том, чтобы обеспечить эффективный механизм саморегуляции возраста научных коллективов путем обмена кадрами с высокотехнологичными сферами образования, производства, информации, управления, услуг и др.

2.4.2. Научная продуктивность. Закон Лотки

Известно, что, несмотря на колоссальный прогресс в развитии науки, она до сих пор не смогла найти оптимальный способ измерения значимости собственных результатов, качества научной продукции ученых, их вклада в новое научное знание. Одной из шкал для оценки научной продуктивности является число публикаций в авторитетных научных изданиях и журналах, осуществляющих содержательную экспертизу поступающих в редакцию статей (эта шкала традиционно используется руководством вузов при проведении конкурсных процедур по замещению вакантных должностей профессорско-преподавательского персонала). Вместе с тем, как писал Д. Прайс [2, с. 317], «с самого начала и с величайшей готовностью согласимся, что это плохая шкала. Кто бы осмелился уравновесить одну статью Эйнштейна по теории относительности хотя бы сотней статей бакалавра Джона Доу о константах эластичности для различных древесных пород в лесах Нижнего Базутоленда, по одной константе на статью. Кроме того, шкала плоха уже потому, что само ее существование толкает людей на публикации просто ради престижа. Но при всем том шкала дает все же исходный пункт для анализа... поскольку существует довольно строгое соотношение между элитностью ученого и его продуктивностью как автора статей». Действительно, многочисленные социологические исследования показывают, что продуктивность является одним из необходимых (но, конечно, недостаточных) критериев высокого качества научной деятельности ученого. Например, список 25 выдающихся ученых девятнадцатого столетия показывает, что все они, кроме одного, опубликовали от 61 до 307 работ (исключением был Риман, он умер в 40 лет и опубликовал 19 статей).

При изучении научной продуктивности наукометрическими методами были обнаружены устойчивые статистические закономерности рас-

предела публикации активности ученых (распределение Ципфа – Лотки), характерные, как оказалось, и для других форм продуктивной деятельности человека. Исследования показывают, что распределение ученых по количеству опубликованных ими статей подчиняется закону обратных квадратов, известному в науковедении как закон Лотки: *число научных работников, написавших n статей, пропорционально $1/n^2$* ,

$$N(n) \sim \frac{1}{n^2},$$

где n – число статей, написанных автором за выбранный для анализа промежутки времени, $N(n)$ – число авторов, написавших n статей за выбранный для анализа промежутки времени. Соответственно, для частоты $F(q)$ появления лиц, опубликовавших по крайней мере q работ, существует соотношение $q \cdot F(q) = \text{const}$.

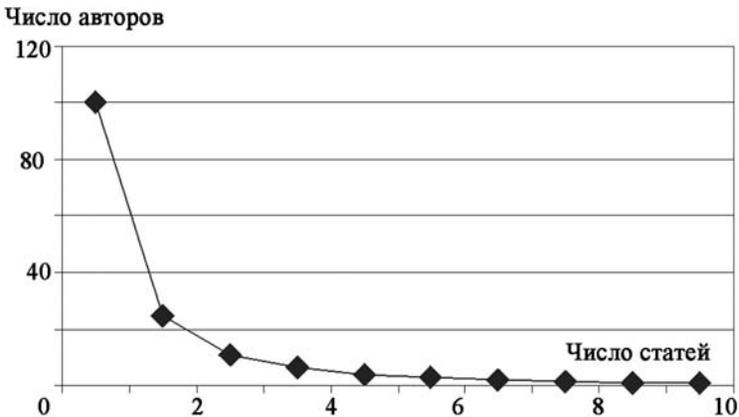


Рис. 2.11. Вид распределения Лотки

На рис. 2.11 приведен пример распределения Лотки для группы авторов численностью в 155 чел., написавших за выбранный интервал времени (например, за 3 года) 293 статьи. Легко подсчитать, что 120 чел. из этой выборки (т.е. 80% авторов!) условно можно считать малопродуктивными – 100 чел. из этой группы написали всего по одной статье и 25 по две, а в целом на эту группу приходится лишь около половины всех статей.

Группа из 30 человек (20% от общего количества) – это продуктивные авторы, они написали не менее трех работ, и на их долю также приходится около 50% общего продукта. Всего 13 продуктивных авторов, т.е. 8% от их общего количества (или $N^{1/2}$), следует считать суперпродуктивными (элитными): они написали по пять и более статей, а их вклад составил 30%!

Рассмотрим еще один пример, вытекающий из распределения Лотки. Следуя этому распределению, можно показать, что если имеется 100 авторов и самый продуктивный из них за определенный период написал 100 статей, то половина всех статей за тот же период будет написана 10 высокопродуктивными авторами, каждый из которых написал более 10 статей, а четверть статей будет написана всего двумя наиболее продуктивными авторами.

Закон Лотки позволяет предложить критерий различия высокопродуктивных и малопродуктивных авторов. Например, можно установить границу – половина статей – и утверждать, что половина работы делается теми, кто имеет более 10 статей. Отсюда вытекает и другое важное утверждение: *число высокопродуктивных авторов должно быть такого же порядка, что и квадратный корень из общего числа авторов.*

Для грубых оценок можно использовать и такое правило: *общее число ученых пропорционально квадрату числа элитных (высокопродуктивных, выдающихся) ученых.*

Как распределены научные журналы по популярности, по количеству запросов, по «читаемости»? Здесь действует тот же закон Лотки. Например, из 30000 журналов половина читателей использует только $30000^{1/2} = 170$ наиболее популярных. Оказывается, что менее 10% журналов достаточно для удовлетворения 80% читательских запросов. Таким образом, любой способ замера общего числа журналов, статей или ученых даст соответствующее число значительных (элитных) журналов, статей и ученых, равное корню квадратному из общей совокупности.

2.4.3. Показатели цитирования. Импакт-факторы. Индекс Хирша

По мере глобализации науки, стремительного роста объема научной периодики и сокращения времени обмена информацией значимость метода подсчета публикаций в научных журналах падает. Во-первых, требует уточнения самое понятие научного журнала. Попытка такого рода уточнения (филтрации) научных изданий

проведена, например, ВАК в виде условий, необходимых для их включения в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций (так называемый Перечень ВАК). Во-вторых, научный уровень рецензирования поступающих в редакцию материалов не может быть сопоставимым для разных журналов. Чем выше уровень журнала, тем более качественную экспертизу статей он проводит. В результате для любой области исследований в научном сообществе, разных его группах давно и устойчиво существует некий интуитивный рейтинг профильных журналов, не имеющий, однако, количественного выражения. Этот рейтинг влияет на практику оформления научных результатов и их использования, но за пределами самой науки (научного направления, дисциплины, специальности) не информативен.

Идея придания рейтингу научных журналов универсального количественного выражения принадлежит Ю. Гарфилду [7–9]. С 1964 года возглавляемый Ю. Гарфилдом Институт научной информации в Филадельфии стал регулярно выпускать «Индекс научных ссылок» (Science Citation Index, SCI). Выросший отсюда современный библиографический ресурс Web of Knowledge компании Thomson Reuters, включающий, в частности, базу Web of Science (WoS) с библиометрическим инструментом Journal Citation Reports (JCR), учитывает («расписывает») более 12000 наиболее авторитетных в мире научных журналов. Сегодня по широте охвата научной периодики с этим ресурсом конкурирует лишь созданный гораздо позднее европейской компанией Elsevier ресурс SCOPUS (SCP)¹.

¹ Библиографические базы WoS, SCP, а также РИНЦ имеют широкий спектр функций, главными из которых являются: информационный поиск для обслуживания индивидуальных исследователей и научных организаций; использование связей между публикациями для выявления структуры областей знания, наблюдения и прогнозирования их развития, выявления исследовательских

Идея Гарфилда заключалась в оценке значимости научного материала (статьи, журнала) по числу его упоминаний (ссылок, цитирований) в научной периодике. Мы уже отмечали, что распределение ссылок на опубликованные работы, как и распределения авторов по количеству опубликованных ими работ, а также журналов – по количеству запросов, описывается законом Лотки. Приблизительно выполняется, что из массива в 10000 статей треть цитирования приходится на $\sqrt{10000} = 100$ статей. При таком распределении значительная часть публикаций должна либо вообще теряться, либо цитироваться настолько редко, что они останутся практически неизвестными.

С позиций наукометрии, рассматривающей науку как информационный процесс, цитируемость действительно является мерой полезности публикации [4]. Упоминание в ссылках работ предшественников и коллег является нормой, обязательной для научной публикации. Поэтому подсчет количества ссылок (метод «цитат-индекс») позволяет оценить влияние публикации или группы публикаций на развитие науки как информационного процесса, выявить и оценить воздействие результата на научное сообщество, его полезность для других ученых. «При этом мы вынуждены пренебречь явными злоупотреблениями некоторых авторов, которые по преимуществу цитируют собственные публикации, либо работы своих друзей, либо работы тех, обладающих властью и авторитетом ученых, ссылка на которых придает работе особый вес» [2]. Конечно, высокая цитируемость – это еще не гарантия какого-то особого качества работы, это лишь сигнал, свидетельствующий о том, что данная работа с большой вероятностью может оказаться полезной для развития научного знания.

Подсчет цитирования публикаций не призван заменить их оценку. Он, скорее, расширяет возможности таких оценок, делая их более объективными [9]. В определенной степени «цитат-индекс» – это завуалированный метод экспертных оценок, и, естественно, он включает элемент субъективности, которая, однако, «...гасится на больших массивах публикаций в результате усреднения экспертиз разных авторов» [5]. Поэтому для проведения формальных оценок результативности научной деятельности и авторитетности ученых важно измерять не столько цитируемость отдельных работ, сколько цитируемость значительных мас-

фронтов; оценка научной продуктивности авторов, научных организаций, регионов, государств.

сиров публикаций (авторов, научных коллективов, научных журналов). Вместе с тем отметим, что в социологии науки надежно доказана высокая степень корреляции между цитируемостью публикаций и общественным признанием вкладов их авторов в развитие науки.

С точки зрения организации науки интересен результат, полученный лауреатом Нобелевской премии физиком Вильямом Шокли (изобретателем транзистора, 1948 г.), который исследовал индивидуальные отклонения в продуктивности большого числа хорошо знакомых ему лично ученых, работающих в государственной научно-исследовательской лаборатории Лос-Аламоса и в Национальном физическом центре в Брукхейвене (США) [10]. Он обнаружил в абсолютном большинстве случаев тесную взаимосвязь между статистической продуктивностью, цитируемостью авторов и их личным вкладом в развитие исследований лаборатории. Еще одно конкретное наблюдение Шокли состояло в том, что система оплаты труда ученых, основанная на принципе равномерной отдачи людей науки, находящихся на одном и том же иерархическом уровне по оплате (из нескольких возможных на данном предприятии), полностью несостоятельна:

- элитные кадры (~ 10%) явно недополучают (зарплата должна быть увеличена не менее чем вдвое);
- 25–30% работают ниже среднего уровня в данной должностной структуре (их фактическая продуктивность вдвое ниже средней для данного уровня оплаты).

В классической работе С. Коула и Дж. Коула [11] (результаты этой работы описаны также в [12]) объектами исследования выбраны 120 американских университетских физиков. Оценки, основанные на количестве и качестве (цитируемости) их публикаций, были сопоставлены с оценками степени авторитетности ученых их коллегами. Были разосланы анкеты 2036 физикам. В результате обработки данных эти 120 ученых были разбиты на 4 группы:

1. «Плодотворные» (много пишут и много цитируются).
2. «Плодовитые» (много пишут, но мало цитируются).
3. «Новаторы» (мало пишут, но много цитируются).
4. «Молчаливые» (мало пишут и мало цитируются).

Из приведенной ниже таблицы 2.3 видно, что показатели признания авторов хорошо согласуются именно с уровнем цитируемости.

Таблица 2.3

№ группы	Количество публикаций	Число ссылок	Относительная доля группы	Число награжденных из группы	Число ученых, занимающих высокое служебное положение	Хорошо известные ученые*
1	> 30	>60	33%	90%	58%	69%
2	> 30	<60	12%	64%	29%	29%
3	< 30	>60	18%	90%	77%	55%
4	< 30	<60	37%	57%	27%	5%

* Учитывались те, кого знают не менее 50% опрошенных.

Чтобы при оценке научного вклада с помощью подсчета цитируемости исключить влияние возраста ученого, предложено использовать среднюю частоту цитирования C/P , где C – полное число ссылок на работы автора, P – общее число его работ. Иногда используют параметр $(C/P)A_{\text{ср}}$, где $A_{\text{ср}}$ – среднее число соавторов данного ученого.

Различные методики подсчета цитирований научных публикаций получили в настоящее время широкое признание не потому, что полученные с их помощью оценки являются однозначными или исчерпывающими, а потому что они являются пока единственными формализованными оценками научных результатов средствами самой науки.

Система показателей, основанных на подсчете числа ссылок и цитат, библиометрическая по методам, наукометрическая по целям, продолжает развиваться. Далее мы остановимся на анализе двух наиболее распространенных сегодня показателей: «импакт-фактор» и «индекс Хирша». Эти показатели алгоритмически просты, имеют ясный и наглядный смысл и наиболее часто используются при проведении оценок результативности научной деятельности.

Импакт-факторы журналов. Среднюю цитируемость опубликованных в журнале статей (количество ссылок в расчете на одну статью) принято называть импакт-фактором этого журнала. Значение импакт-фактора характеризует важность, авторитетность научного журнала. Применяются разные алгоритмы подсчета импакт-фактора, отличающиеся процедурой усреднения. Поэтому правильнее говорить об импакт-факторе как о группе понятий, определяемых параметрами усреднения. Дадим определение импакт-фактора, обобщающее формулировку, предложенную в [13].

Пусть S – библиографическая рейтинговая база, используемая при подсчетах, $PUB_S(t)$ – число статей, опубликованных в данном журнале

в году t и включенных («расписанных») в S^1 , $CIT_S(T, t)$ – число ссылок (цитирований), сделанных в году T на все статьи из группы $PUB(t)$ во всех расписанных в S журналах. Тогда импакт-фактор данного журнала:

$$IF_n(T, S) = \frac{\sum_{\tau=\tau_0}^n CIT_S(T, T-\tau)}{\sum_{\tau=\tau_0}^n PUB_S(T-\tau)}. \quad (6)$$

Здесь τ – время запаздывания ссылок, τ_0 – параметр запаздывания (минимальное время запаздывания ссылок, принятое при подсчете конкретного импакт-фактора), n – порядок импакт-фактора (максимальное время запаздывания, выбранное при подсчете импакт-фактора; этот параметр характеризует ширину интервала усреднения – «окно цитирования»). По смыслу введенных параметров T , τ , n – целые числа, причем $\tau \geq \tau_0$, а $n \geq \tau$.

Согласно (6) импакт-фактор порядка n за год T может быть определен на библиографической рейтинговой базе данных S при условии, что эта база содержит данный журнал не только за год T , но и, по крайней мере, за n лет, предшествующих году T .

Как видно из (6):

- для одного и того же журнала можно определить множество импакт-факторов (однако лишь некоторые из них получили широкое распространение);
- любой конкретный импакт-фактор является функцией времени (года цитирования T);
- импакт-фактор может быть вычислен не только для журнала, но и для иного объекта (группы журналов, страны, корпорации), если только количество публикаций для этого объекта в «окне цитирования» не является нулевым.

«Классический» импакт-фактор (по Гарфилду) определяется из (6), если $\tau_0 = 1$, $n = 2$. Смысл его очень прост: число ссылок, полученных в году T из всех расписанных в базе журналов, на статьи, опубликованные в обследуемом журнале в течение двух предыдущих лет, де-

¹ Не любая публикация учитывается и включается в базу данных, это зависит от установленных при ее формировании правил.

лится на число этих самых статей. Таким образом, окно цитирования принимается равным двум годам, а параметр запаздывания ссылок – одному году. Под термином «импакт-фактор», если не сделано каких-либо уточнений, принято подразумевать именно этот показатель.

В связи с определением термина «импакт-фактор» отметим некоторые важные обстоятельства, не слишком известные широкой аудиторией, оперирующей этим понятием.

1. Определение импакт-фактора теряет смысл без указания на библиографическую базу S . Значение импакт-фактора журнала существенно зависит от выбора библиографической рейтинговой базы, на которой он рассчитывается. Поэтому при сравнении импакт-факторов разных журналов строится количественный рейтинг на априорно выбранной базе S .

2. Важнейшими признаками авторитетности базы являются представительность, полнота и качество расписанного в ней контента.

3. Представительная база должна быть международной и мультидисциплинарной, иначе само понятие импакт-фактора теряет отношение к науке. Сужение границ представительности по национальному или тематическому признаку приводит к искажённым (в смысле пригодности для сравнения) результатам.

4. Условие полноты означает наличие в базе достаточно глубокого архива журналов и сохранение данных о каждой публикации по всем библиографическим признакам.

5. Условие высокого качества контента означает, что рейтинговая база должна обязательно содержать «входной фильтр», обеспечивающий отбор расписываемых журналов как по формальным, так и по содержательным признакам. При нарушении регулярности выхода номеров журналов и сроков их поступления в базу теряется сопоставимость показателей (6) во времени. При нарушении требований к оформлению материалов происходит потеря или искажение данных при алгоритмической обработке. При отсутствии содержательного фильтра базе грозит быстрое «зашумление» (одним из критериев отбора журналов, принятых в базах Web of Science и SCOPUS, является превышение импакт-фактором журнала-кандидата некоего минимального (порогового) значения).

«Неклассические» импакт-факторы. Классический (двухлетний) импакт-фактор является наиболее известным алгоритмом оценки рейтинга журнала. Однако широко используются также иные показатели этой группы, отличающиеся выбором параметров усреднения. Рассмотрим особенности этих «неклассических» библиометрических показателей.

1. *Пятилетний импакт-фактор*. Согласно определению (6) пятилетний импакт-фактор – это показатель $IF_5(T, S)$, в котором окно цитирования расширено до пяти лет, а параметр запаздывания ссылок τ_0 остаётся равным единице. Ранжирование по пятилетнему импакт-фактору снижает рейтинг журналов, получающих основное число ссылок на статьи менее чем трёхлетней давности, и повышает рейтинг журналов, на статьи в которых следует более медленная реакция научного сообщества. Так, например, соотношение $IF_5(T, JCR) > IF_2(T, JCR)$ характерно для подавляющего числа мировых журналов по менеджменту [15]. Следует ожидать такого же результата и для других социальных и гуманитарных наук.

Для журналов с достаточно высоким рейтингом различия пятилетнего и классического импакт-факторов, как правило, невелики, причём отклонения могут быть в обе стороны. Заметим, что одной из причин, повышающих пятилетний импакт-фактор некоторых журналов по отношению к классическому, является большое время прохождения рукописей (причина не столько научного, сколько организационного свойства, характерная для многих российских журналов). Как видно из табл. 2.4, для обзорных журналов, получающих большое число ссылок в отечественной периодике, характерно превышение пятилетнего импакт-фактора по отношению к классическому, тогда как один из наиболее оперативных российских журналов («Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики») демонстрирует заметное превышение классического импакт-фактора над пятилетним. Таким образом, соотношение этих двух формальных показателей зависит и от качества публикаций в том или ином журнале, и от организации процесса прохождения рукописей в ссылочной периодике.

Таблица 2.4

Классические и пятилетние импакт-факторы некоторых российских журналов

Наименование	$IF_2(2010, JCR)$	$IF_5(2010, JCR)$
Успехи физических наук	2,245	2,531
Успехи химии	2,346	2,827
Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики	1,557	1,329
Журнал аналитической химии	0,650	0,647
Социологические исследования	0,147	0,135

Отметим, что преимуществом пятилетнего импакт-фактора является сглаживание выбросов от отдельных статей с аномальной цитируемостью (наибольшее известное значение классического импакт-фактора $IF_2 = 90$ явилось следствием публикации статьи, получившей тысячи ссылок в течение года). Недостатком же пятилетнего импакт-фактора можно считать слишком большое запаздывание (не менее 6 лет) при отражении в рейтинге новых журналов, какое бы признание за это время они ни завоевали.

2. *Оперативный импакт-фактор.* В последнее время быстро увеличивается число цитирований статей, вышедших в том же году. Это связано с ускорением производственного цикла многих научных издательств, а также с публикацией некоторыми издательствами предварительных версий принятых в печать статей. Показатель, отражающий столь оперативную реакцию научного сообщества с точки зрения общего определения (6), есть $IF_0(T, S)$, где параметр запаздывания ссылок τ_0 и порядок импакт-фактора n приняты равными нулю ($\tau_0 = n = 0$). По общему смыслу представляется логичным называть этот показатель оперативным импакт-фактором (альтернативные названия: immediacy index – в базе JCR, индекс оперативности [12]). Естественно, что значения оперативного импакт-фактора обычно намного меньше, чем классического (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Оперативные и классические импакт-факторы
некоторых российских журналов

Наименование	$IF_0(2010, JCR)$	$IF_2(2010, JCR)$
Успехи физических наук	0,651	2,245
Успехи химии	0,057	2,346
Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики	0,232	1,557
Письма в Астрономический журнал: астрономия и космическая астрофизика	0,286	1,091
Океанология	0,324	0,581

3. *Медианный импакт-фактор.* Ретроспектива цитирования в году T статей из определённого журнала, опубликованных в предыдущие годы, отражается специфическим для данного журнала распределением $CIT_S(T, T-\tau)$, форма которого может быть самой разной. Если опубликованные в данном журнале за период от года T до некоторого года $T-\tau_m$ статьи

получают половину общего числа ссылок на данный журнал в году T , то значение τ_m называется медианой цитирования (*median cited age*). Значение τ_m соответствует году, разделяющему все ссылки на данный журнал в году T на две равные части. Как видно из определения, τ_m характеризует время старения информации, опубликованной в данном журнале.

Ясно, что по общему алгоритму (6) на базе S можно вычислить импакт-фактор, для которого при параметре запаздывания $\tau_0 = 0$ ширина окна цитирования будет равна медиане цитирования ($n = \tau_m$):

$$IF_m(T, S) = \frac{\sum_{\tau=0}^{\tau_m} CIT_S(T, T - \tau)}{\sum_{\tau=0}^{\tau_m} PUB_S(T - \tau)}. \quad (7)$$

Этот импакт-фактор принято называть медианным. Медианный импакт-фактор имеет то преимущество, что он «подстраивает» окно цитирования под время старения информации в конкретной предметной области, к которой относится журнал (а эти времена для разных предметных областей сильно различаются), в отличие от рассмотренных выше импакт-факторов с априори заданными окнами цитирования. Это позволяет считать медианный импакт-фактор предпочтительным для наукометрических оценок в области гуманитарных и общественных наук.

4. *Относительный импакт-фактор.* Модный термин «импакт-фактор» зачастую применяют и к авторам, и к научным учреждениям (корпорациям), и к университетам (при этом ясное понимание смысла применяемого термина зачастую отсутствует). Как уже отмечалось, термин «импакт-фактор» без уточнений означает классический $IF_2(T, S)$. Разумеется, его численное значение можно подсчитывать и для автора, и для корпорации, но только по общему алгоритму (6) и с указанием библиографической базы данных. Однако для автора (или небольшой научной организации) этот показатель вполне может быть не только нулевым, но и неопределённым (если в течение двух лет подряд нет опубликованных работ). Кроме того, следует иметь в виду, что при таком применении понятия «импакт-фактор» равные значения этого показателя будут у автора, опубликовавшего за два года одну статью, получившую одну ссылку, и у автора, опубликовавшего за тот же период 10 статей, полу-

чивших 10 ссылок. Поэтому применение понятия «импакт-фактор» к авторам и корпорациям не представляется конструктивным.

Нередко под вывеской «импакт-фактор» выдаётся *среднее число ссылок в расчете на одну статью* (автора, научно-исследовательского института, университета) независимо от времени цитирования и времени публикации этих статей. Однако это совсем иной показатель, не сводящийся к (6) ни при каких значениях параметров. Он вычисляется в WoS и называется *Average Citations per Item*. Оптимальным русским эквивалентом этого названия может быть термин «*цитируемость*».

В отличие от авторов и корпораций для журналов величина знаменателя в определении (6) относительно стабильна. Поэтому вполне корректно и плодотворно применение понятия «импакт-фактор» к такому объекту, как *группа журналов, объединённых общим признаком*. Таким признаком может быть предметная область. В качестве примера можно привести систематизацию в JCR примерно 10000 журналов по 230 предметным областям. Для сформированных таким образом групп (предметных областей) можно вычислить любой из перечисленных выше показателей. В настоящее время в JCR выводятся следующие наукометрические показатели предметных областей:

- медианный импакт-фактор (*Median Impact Factor*),
- классический импакт-фактор (*Aggregate Impact Factor*),
- оперативный импакт-фактор (*Aggregate Immediacy Index*),
- медиана цитирования (*Aggregate Cited Half-Life*).

Поскольку публикационная активность ученых и традиции в цитировании публикаций предшественников и коллег имеют существенную дисциплинарную дифференциацию, сравнение наукометрического показателя конкретного журнала с соответствующим показателем предметной области позволяет более корректно оценить рейтинг журнала на мировом научном поле. Отношение импакт-фактора журнала к импакт-фактору предметной области естественно назвать относительным импакт-фактором $IF_m(T, S)$ (с сохранением указанных выше атрибутов порядка n , запаздывания τ_0 и рейтинговой базы S).

Например, относительный классический импакт-фактор журнала «Успехи физических наук» (см. табл. 2.4) в предметной области Physics, Multidisciplinary, имеющей импакт-фактор $IF_2(2010, JCR) = 2,798$, составляет $IF_{r_2}(2010, JCR) = 0,8$.

Индекс Хирша. Результаты научной деятельности авторов или организаций формально можно отражать числом публикаций (за все годы или за последние пять лет, как это принято в российской высшей шко-

ле), безотносительно к востребованности этих результатов. В той мере, в которой мы доверяем цитируемости как критерию востребованности и значимости публикаций, результаты научной деятельности можно характеризовать средним числом цитирований в расчете на одну публикацию, общим числом цитирований или цитирующих статей (с учетом или без учета самоцитирования и цитирования соавторами), а также их распределениями по годам.

В 2005 году к показателям цитирования научных публикаций добавился быстро завоевавший признание показатель, получивший в англоязычных источниках название «*h-index*», а в России более известный как «индекс Хирша» (по имени предложившего его учёного [16]). Этот показатель вычисляется на основе анализа распределения цитирований работ автора или организации.

Согласно данному Хиршем определению автор (организация) имеет индекс h , если h из его статей цитируются не менее h раз каждая, в то время как оставшиеся статьи цитируются не более чем h раз каждая.

При подсчете индекса Хирша можно воспользоваться эквивалентным, но более наглядным определением этого показателя: «индекс Хирша – это число статей, цитируемость которых не меньше их порядкового номера в ранжированном по цитированию списке публикаций». Таким образом, алгоритм вычисления индекса Хирша весьма прост: ранжируем все статьи данного автора (организации) в порядке убывания цитируемости и отбираем статьи с начала списка до тех пор, пока не подходим к статье с цитированием, меньшим порядкового номера этой статьи. Число предшествующих статей и есть индекс Хирша.

В работе [16] Хиршем дано статистическое обоснование адекватности предложенного им показателя для $h \gg 1$, основанное на анализе цитирований работ нобелевских лауреатов и членов National Academy of Sciences (США) за 20 лет, из которого вытекает высокая корреляция h -индексов с неформальными научными заслугами учёных.

Отметим ряд интересных свойств индекса Хирша [17].

1. Это неубывающий со временем показатель, поскольку появление новых статей и новых ссылок на эти статьи не может его уменьшить.

2. В отличие от импакт-факторов индекс Хирша практически не реагирует на аномально высокое цитирование отдельных работ. Упомянутый выше случай появления статьи, собравшей тысячи ссылок, либо не изменит индекс Хирша вовсе, либо увеличит его не более чем на единицу. Кроме того, он нечувствителен и к ссылкам на малоцитируемые статьи.

3. Это очень «вязкий» показатель, значение которого изменить тем труднее, чем оно выше.

4. Он «отсеивает случайных соавторов», поскольку его величина будет значительной лишь у тех авторов, которые имеют достаточно много публикаций, многие из которых часто цитируются.

Общепризнано, что индекс Хирша обеспечивает более адекватную рейтинговую оценку исследователей, имеющих значительный стаж научной деятельности, чем могут дать такие показатели, как число публикаций или число цитирований. Вместе с тем следует отметить, что вследствие инерционности процесса накопления ссылок индекс Хирша, как и другие связанные с цитированием показатели, вряд ли целесообразно использовать для оценки научной деятельности аспирантов и молодых ученых [18].

Применение индекса Хирша для оценки результативности научной деятельности и построения различного рода рейтингов требует учета следующих важных обстоятельств. Во-первых, этот индекс, как и многие другие наукометрические индикаторы, в отрыве от библиографической базы не имеет смысла. Кроме того, он привязан ко времени подсчёта. Поэтому индекс Хирша, как и группа импакт-факторов, является функцией двух параметров T и S . Для выполненных Хиршем оценок библиографической базой служил ресурс Института научной информации ISI (ныне WoS), отражавший публикации с 1955 года.

Во-вторых, индекс Хирша не может быть сопоставимым для разных областей науки. Его целесообразно применять для сравнения достижений исследователей, научных коллективов, организаций, работающих в общей предметной области. В связи с этим вряд ли следует серьезно воспринимать предпринимавшиеся попытки использования индекса Хирша для построения рейтинга ректоров российских вузов, а также ранжирования крупных многопрофильных научно-образовательных организаций.

С точки зрения практического применения важно отметить, что в области точных и естественных наук использование для расчета индекса Хирша баз данных WoS и SCP (в отличие от РИНЦ) в целом дает сравнимые результаты: $h(T, \text{WoS}) \approx h(T, \text{SCP})$. В области социогуманитарных наук вследствие слабой представительности российских журналов в международных библиографических базах для наукометрических оценок целесообразно использовать данные РИНЦ.

Применение многих наукометрических показателей, используемых для сравнения результативности научной деятельности отдельных авто-

ров, научных групп и организаций, зачастую осложняется проблемой адекватности поисковых запросов, формируемых разными операторами библиографической базы. Для российских авторов в РИНЦ это можно считать малосущественным. В англоязычных базах соответствующие ограничения для изучения результативности авторов связаны с необходимостью корректного учёта вариантов написания некоторых фамилий и очистки списка от однофамильцев по дополнительным признакам. Однако при изучении научной продуктивности организаций это может быть серьёзной проблемой. Так, один из сотрудников Нижегородского университета сообщил нам, что в его статьях, отображаемых в WoS, насчитывается 15 англоязычных вариантов наименования ННГУ.

Формирование адекватной маски корпорации, не приводящей к потере данных и надёжно отсекающей «шум», является сложной задачей. Например, при анализе результатов недавней попытки построить рейтинг вузов по данным WoS выяснилось, что применение предложенной разработчиками рейтинга (Сибирский федеральный университет) маски занижает число опубликованных от имени ННГУ и учтённых в WoS статей приблизительно в полтора раза.

В заключение отметим, что, несмотря на определенные сложности, неоднозначности и оговорки, связанные с применением показателей научного цитирования, следует признать, что в настоящее время профессор, имеющий в каждой из упомянутых выше баз данных индекс Хирша, не слишком сильно отличающийся от единицы, так же малопривлекателен для работодателя, как и журнал с импакт-фактором $IF_2 = 0,0N$ для исследователя, готовящего к публикации значимый научный результат.

Список литературы к главе 2

1. Bernal J.D. The Social Function of Science. Lnd., 1939.
2. Price D. Little Science, Big Science. New York, Columbia University, 1963 (пер. в сб.: Наука о науке, М.: Прогресс, 1966).
3. Добров Г.М. Наука о науке. Киев: Наукова Думка, 1989.
4. Налимов В.В., Мульченко З.М. Наукометрия. М.: Наука, 1969.
5. Хайтун С.Д. Наукометрия. Состояние и перспективы. М.: Наука, 1983.
6. Мирский Э.М. Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки. М.: Наука, 1980.
7. Garfield E. Citation indexes to science: a new dimension in documentation through association of ideas// Science. 1955. Vol. 122. P. 108–111.

8. Garfield E., Sher I.H. New factors in the evaluation of scientific literature through citation indexing // *American Documentation*. 1963. Vol. 14. № 3. P. 195–201.

9. Гарфилд Ю. Можно ли выявлять и оценивать научные достижения и научную продуктивность? // *Вестник АН СССР*. 1982. № 7. С. 42–50.

10. Shockley W. On the Statistics of Individual Variations of Productivity in Research Laboratories // *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*. 1957. Vol. 45. № 279. P. 1409.

11. Cole S., Cole J. 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.).

12. Пельц Д., Энрюс Ф. Ученые в организациях. Оптимальные условия для исследований и разработок. М.: Прогресс, 1973.

13. Egghe L. Mathematical relations between impact factors and average number of citations // *Information Processing and Management*. 1988. V. 24. P. 567–576.

14. Кириллова О.В. Подготовка российских журналов для зарубежной аналитической базы данных Scopus. Рекомендации и комментарии. <http://elsevierscience.ru/info/add-journal-to-scopus/>

15. Алескеров Ф.Т., Писляков В.В., Субочев А.Н., Чистяков А.Г. Построение рейтингов журналов по менеджменту с помощью методов теории коллективного выбора: препринт WP7/2011/04. Нац. иссл. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011.

16. Hirsch J.E. An index to quantify an individual's scientific research output // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005. Vol. 102. № 46. P. 16569–16572.

17. Бедный Б.И., Сорокин Ю.М. О показателях научного цитирования и их применении // *Высшее образование в России*. 2012. № 3. С. 17–28.

18. Бедный Б.И., Мирносов А.А., Серова Т.В. Продуктивность исследовательской работы аспирантов (научометрические оценки) // *Высшее образование в России*. 2006. №7. С. 20–36.