

<https://doi.org/10.3176/hum.soc.sci.1970.1.08>

С. СОЛДАТОВ

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

### 1. Введение

Человеческая культура в своем развитии прошла долгий и сложный путь. Исследователь развития культуры сталкивается с бесконечно большим количеством фактов, событий и явлений, которые находятся в причудливых и многочисленных причинных связях друг с другом, по мере развития все более усложняющихся.

Знание закономерностей и тенденций развития культуры исключительно важно, ибо последняя в широком смысле слова определяет характер существования и судьбу человеческого общества. При исследовании их возникает необходимость упорядочить и осмыслить хаотическую на первый взгляд массу фактов, построить логическую модель развития.

До последнего времени изучением развития культуры занимались две науки: философия, устанавливающая ее наиболее общие закономерности, и история конкретных видов культуры: экономики, науки, техники, искусства и т. д., определяющая их исторические закономерности. Эти две науки пользуются логико-описательным методом, который, позволяя глубоко и всесторонне осветить качественные стороны развития культуры и тонко оттенить ее самые малозаметные подробности, не лишен, однако, и известных недостатков. Он громоздок, сложен и не нагляден. Пользование им или понимание его требует больших интеллектуальных усилий, солидной специальной подготовки и огромных затрат времени. В этих условиях подчас очень трудно выделить господствующую тенденцию развития на обширном историческом материале.

В последние годы при изучении исторических явлений все чаще используется логико-математический метод. Применение математических средств и понятий в историческом исследовании позволяет придавать историческим явлениям и процессам стройные символические числовые и пространственные, графические и аналитические формы. При умелом использовании метода можно получить ясную, точную и наглядную картину развития культуры.

Особый интерес проявляется к математическому исследованию развития ведущей отрасли современной культуры — науки. Аналитическое исследование развития современной науки в настоящее время оформилось в молодую, самостоятельную научную дисциплину. Еще в 1936 г. польские ученые М. и С. Оссовские вслед за академиком Г. Котарбинским предложили назвать будущую новую отрасль исследования «наукой о науке» [1]; выдвинуты и другие варианты названия: «сайнология», «наукознание», «эпистемология» [1], «логетика» [2]. В СССР наиболее широкое распространение получил предложенный Г. Добровым термин «науковедение» [1].

### 2. Современное состояние науковедения

Из данных зарубежной и отечественной литературы последних лет, а также из материалов проведенного в 1966 г. в Киеве Первого Всесоюзного симпозиума по науковедению [3] и Второго симпозиума, состоявшегося там же в декабре 1967 г. [2],

видно, что в науковедении и в области применения математических методов в истории четко определились основные направления исследования и достигнуты первые успехи. Эти основные направления с их некоторыми характерными достижениями перечислены ниже.

1. Поиск научной информации. Киевский историк М. Брайчевский вместе с Э. Скороходько составили библиографический обзор по археологии Украины на ЭЦВМ «Урал-1» [3]; Г. Добров и Л. Смирнов (сектор истории техники и естествознания Института истории АН УССР) решили задачу поиска историко-технических материалов на ЭЦВМ «Урал-1» [3]; Ю. Кахк и Х. Палли (Институт истории АН ЭССР) широко используют перфокарты с краевой перфорацией для поиска исторических материалов. Большой научный интерес представляют также применение корреляционного анализа при изучении данных переписи населения М. Кюрти и О. Р. Холсти (США, Стэнфордский университет), нанесение на перфокарты и обработка 92 тысяч данных голосования в палате общин 1841—1847 гг. У. О. Эйдлотом (Англия), исследование 80 тысяч личных карточек рабочих завода С. Шамон при помощи электронно-вычислительной машины (Франция, Лионский университет), обработка шведскими историками материалов истории сельского хозяйства XVII в. на электронно-вычислительной машине [4].

2. Логический анализ научной информации. Г. Добров вместе с Э. Скороходько и Е. Левиным установили на электронно-вычислительной машине степени подобия ряда различных научно-технических решений [3]; сотрудники ЦНИИПИ И. Иванов, Б. Тардов и другие выработали на основе тенденций изобретений прогнозирующие суждения по облику техники через 10—15 лет [3]. Т. Гордон и О. Хольмер, работающие в фирме «Рэнд Корпорейшен» (США), в 1963—1964 гг. на основе разработанного ими метода Делфи дали долгосрочные прогнозы развития науки до 2040 г. [3].

3. Количественный анализ развития науки. Отечественными учеными выполнен ряд статистических исследований с различными измерителями развития и с оформлением результатов в виде графиков. Среди них — изменение числа новых докторов и кандидатов наук в 1937—1964 гг. [1], то же по отраслям наук в 1943—1964 гг. [1], объемов диссертаций по отраслям наук в 1945—1964 гг. [1], авторов научных публикаций по химии в 1910—1965 гг. и по биологии в 1934—1962 гг. [1], изменение затрат на научно-исследовательские работы по разным странам в 1957—1961 гг. [1] и т. д. Новосибирским историком В. Устиновым расшифрованы на ЭВМ древние письма маяя.

Чехословацкие ученые Я. Фолта и Л. Новый исследовали исторические тенденции в развитии мировой математической науки за 200 лет. Ими получены, например, графики изменения численности математических публикаций в 1870—1960 гг. (то же по отраслям математики), математиков, впервые опубликовавших работы в 1600—1930 гг., их среднего возраста и т. д. [3].

В Институте истории наук при Йельском университете (США) Д. Прайсом получены графики изменения количества научных журналов в 1665—1950 гг., количества публикаций по отраслям наук 1900—1960 гг., то же по физике, научным кадрам в США в 1900—1965 гг., соавторов по химии в 1910—1960 гг., числа университетов в Европе 1100—1950 гг., числа известных химических элементов в 1730—1950 гг. [5].

Профессор Чикагского университета Роберт У. Фогель заложил основы новой эконометрической школы, считающей математико-статистический метод универсальным средством исследования. Этот метод называют то «клиометрией», то «эконометрической историей» [6]. Интересный историко-научный анализ сравнительной точности астрономических данных Птолемея, Коперника и современных ученых проведен О. Гингерич в Гарвардском университете (США) [3].

4. Моделирование исторического развития — наиболее сложная и важная задача. Здесь достижения еще скромны. Советские ученые Г. Влэдуч, В. Нахимов и Н. Стяжкин [1] считают, что все параметры современного развития науки, и в частности рост числа ученых, подчиняются зависимости  $N_t = \frac{B}{1 + N_0 \cdot e^{-\kappa \alpha t}}$ , кото-

рая представляет собой решение дифференциального уравнения  $\frac{\partial N}{\partial t} = K \cdot N \cdot (B - N)$ ,

где  $N$  — численность людей науки,

$K$  — коэффициент пропорциональности данной науки,  $K > 0$ ,

$B$  — максимальное значение  $N$ ,

$t$  — время.

Иными словами, предложена чисто «экспоненциальная» модель развития.

Упомянутый выше Д. Прайс выдвигает, однако, «логистическую» модель развития науки. Он считает, что развитие науки вначале имеет экспоненциальный, затем принимает пропорционально-стабильный вид и, наконец, приобретает затухающий характер, приближаясь асимптотически к определенному пределу насыщения (явление сатурации).

### 3. Необходимость нового подхода к науковедению

Прежде всего, по мнению автора, не следует ограничиваться одним лишь науковедением и подвергать подробному анализу только науку, какую бы важную роль последняя не играла. В целях выявления полной картины духовного развития человечества необходимо такой же анализ распространить на технику, экономику, искусство и т. д. В будущем должна возникнуть новая обобщенная историческая наука, которая могла бы называться, например, «культуроведение».

С другой стороны, в самом культуроведении необходимо особо выделить наиболее важную область исследования — количественный анализ развития. Предлагаемое название для этой дисциплины — «квантанализ» (от нем. *Quantum* — количество < лат. *quantum* — сколько). Исследование науки при помощи измерителей, указанных выше, представляет определенную ценность и не лишено исторического интереса.

Но может ли общее число научных кадров или количество диссертаций само по себе глубоко характеризовать данную науку? Ведь каждая наука вращается вокруг оси, которую составляют творцы и открыватели нового и самобытного. В связи с этим Д. Прайс считает, что погоня за большим количеством ученых за счет увеличения приманок и возможностей ведет к росту средних способностей в науке и понижает общий средний стандарт науки [7, стр. 373]. Н. У. Пири полагает, что с ростом науки ее «научность» становится все более разбавленной и сравнивает ее с зеленым листом, где большой объемный рост сопровождается лишь небольшим увеличением числа клеточных ядер [7, стр. 189].

По данным Дж. Бернала [7, стр. 251], около 70% ученых работают в промышленности и дают только 2% научных статей; он же сообщает, что в 1954 г. из 2 млн. научных работников во всем мире активно занимались научной деятельностью 400 тыс. человек, т. е. 20% [8, стр. 389]. Но и активная научная деятельность — еще не научное творчество! Так, по данным Британского Королевского общества за 1800—1900 гг., в мире было около 10% ученых, имеющих более 50 работ, но лишь 50% из них упомянуты в Британской энциклопедии [7, стр. 318], т. е. лишь 5% из общего числа ученых. Отсюда следует, что число научных работ еще не показатель творчества. Например, Г. Риман (1826—1866 гг.), основавший топологию, совершивший переворот в геометрии и в других отраслях математики, опубликовал за свою жизнь лишь 19 научных статей.

Ниже кратко излагаются некоторые результаты исследования автора, посвященного развитию творческого ядра науки, деятельности тех немногочисленных гигантов, на плечах которых стоит вся современная наука.

### 4. Выбор критерия

В качестве критерия для оценки развития науки в первом приближении избран творец науки. Под «творцом науки» понимается ученый, обладающий в творческом отношении тремя свойствами:

а) самобытность, т. е. выдвижение идеи или совершение открытия, являющегося следствием 1) либо оригинального новаторства, 2) либо коренной переработки уже известного;

б) первенство, т. е. идея или открытие не должно иметь равноценного предшественника в прошлом;

в) общепризнанность, т. е. научная значимость идеи или открытия должна быть признана не только отдельной нацией и государством, но большинством или всеми ведущими в научном отношении народами и странами.

Отбор творцов науки производился методом сравнительной селекции. Первоначальными источниками служили четыре энциклопедии различных народов [9, 10, 11, 12], из которых поименно и в алфавитном порядке выбирались все упомянутые в них ученые для рассматриваемой группы наук. Полученные четыре параллельных алфавитных списка сравнивались между собой. Если имя ученого встречалось в списках три раза, то он принимался как всемирно-известный и отмечался звездочкой, если два раза, то мировая признанность считалась спорной и фамилия отмечалась двумя звездочками, в случае одного раза мировая известность считалась недоказанной.

Спорный случай решался двояко: если имя ученого встречалось одновременно в МСЭ и энциклопедии Брокгауза, то он относился в разряд всемирно-известных; при другой комбинации повторяемости для выяснения истинной мировой роли ученого привлекалась специальная литература [8, 13, 14, 15, 16 и др.] и дополнительные энциклопедические издания, всегда неотечественного происхождения по отношению к верифицируемому ученому.

Применим указанный метод, например, для ученых группы физических наук, фамилии которых начинаются со слога Бо- (см. таблицу).

Малая советская энциклопедия	Энциклопедия Брокгауза	Энциклопедия Хатчинсона	Эстонская энциклопедия
Богданович	* Боде	* Боде	Бовли
Боголюбов	* Бозе Ш.	* Бозе Ш.	* Боде
Богуславский	* Бойль	Бозе С.	* Бойль
Бодлендер	* Больцано	* Бойль	Болтвуд
* Бозе Ш.	* Больцман	* Больцано	* Больцано
* Бойль	** Больяи	* Больцман	* Больцман
Бокий Б.	Бонхёфер	* Бор Н.	Бонздорф
Бокий Г.	* Бор Н.	* Борн	* Бор Н.
Болдырев	* Бор Х.		* Бор Х.
* Больцано	* Борн		** Борда
* Больцман	** Борткевич		** Борель
** Больяи	Борш		** Борткевич
Бонч-Бруевич	** Бошковиц		Босс
* Бор Н.			** Борелли
* Бор Х.			
Боргман			
** Борда			
** Борелли			
** Борель			
Боресков			
Борисяк			
* Борн			
Борщев			
Боуэн			
Бочвар			
** Бошковиц			
Бозф			

Учитывая, что выдающаяся роль Д. Борелли подтверждена в специальной литературе [15], Э. Борель и Ж. Борда встречаются в [17] и [18], а для В. Борткевич такое

подтверждение отсутствует, получаем в итоге следующий верифицированный список ученых — творцов науки:

Боде	Больяи	Борелли
Бозе Ш.	Бор Н.	Борель
Бойль	Бор Х.	Борн
Больцано	Борда	Бошкович
Больцман		

Проведение подобного же исследования на уровне «больших» энциклопедий дает лишь ~ 10%-ное приращение числа имен ученых, подлежащих верификации, и поэтому не изменяет существенно графических результатов исследования. (Число ученых с фамилией, начинающейся со слога «БО-», у БСЭ и МСЭ соответственно 30 и 27).

Как видно, принятые правила отбора достаточно строги. Из названного Г. М. Добровым на Втором Всесоюзном симпозиуме (Киев, декабрь 1966 г.) числа ученых во всем мире — 2,7 млн. — в настоящее исследование включено лишь около тысячи [4]. Так, по данным Ф. Гальтона, на 1 млн. населения приходится 5—10 известных ученых [5], а по данным справочника Дж. Кэттла, в 1938 г. приходилось 12,4 на 1 млн. [5].

Если общее количество ученых образует, так сказать, ширину фронта науки, то отобранное ниже творческое меньшинство составляет его глубину. Численность творцов науки — это показатель творческого развития лишь в первом приближении, ибо каждый творец может быть источником многих открытий и идей в разных областях, имеющих в свою очередь различное значение для науки. Но последние составляют уже предмет дальнейшего анализа.

## 5. Период исследования и единица времени

Для воссоздания исторической панорамы избран период с начала античной культуры в VI в. до н. э. до начала XX в. Таким образом, рассматривается интервал времени в 2600 лет.

За единицу исторического времени принят один век. В пределах каждого векового цикла подсчитывалось число творцов науки, определялся творческий фонд века. Если деятельность ученого протекала на рубеже двух веков, то он включался в творческий фонд того века, на который падает дата первого открытия. Например, Мария Склодовская-Кюри (1867—1937), открывшая полоний и радий в 1898 г., отнесена к XIX в. Если дата первого открытия неизвестна, ученый причислялся к веку, внутри которого протекала его жизнь после 30 лет. Например, Ж. Кювье (1769—1832) отнесен к XIX в.

## 6. Культурно-творческие группы

Из народов, населяющих мир, выделены народы, внесшие в науку наиболее существенный вклад. Национально-исторические единицы повышенной творческой активности сведены в культурно-творческие группы (3, 4, 5, 6). Творчески менее активные народы объединены в такие же группы по признаку культурной (1, 8), континентальной (2) или племенной (7) общности. Итого получено восемь культурно-творческих групп однородной или неоднородной структуры:

А. Родоначальники европейской культуры

1. Античный мир (Древняя Греция, Древний Рим). Творчество учитывается с VI в. до н. э. до VI века н. э.

Б. Преемники античной и истоки европейской культуры

2. Восток (Аравия, Индия, Китай). Учитывается с VII в. до XI в.

В. Страны западно-европейской культуры

3. Англия, 4. Германия, 5. Франция, 6. Италия. Учитываются с XII в. до XX в.

Г. Страны молодой европейской культуры  
7. Славянский мир (западные, восточные и южные славяне), 8. США и остальные страны. Учитываются с XVII в. до XX в.

## 7. График творческой мощности

(рис. 1, 2)

Под творческой мощностью понимается число творцов науки на один век. Она выражает собой темп роста науки. Творческая мощность века подсчитывалась отдельно для каждой культурно-творческой группы по линии двух основных отраслей науки:

о живой природе (группа биологических наук), о неживой природе (группа физических наук). Первая, например, включает в себя: биохимию, микробиологию, медицину, цитологию, эмбриологию, генетику, теорию эволюции, экологию, психологию и т. д.; вторая — ядерную физику, математическую физику, математику, электронику, теорию структуры материи, астрономию и т. д.

По полученным данным в системе координат творческая мощность — время построены кривые творческой мощности, т. е. получена в общем случае зависимость вида:

$$P = \frac{\partial E}{\partial \tau} = f(\tau) \left[ \left( \frac{\text{творцов}}{\text{на 1 век}} \right) \right]$$

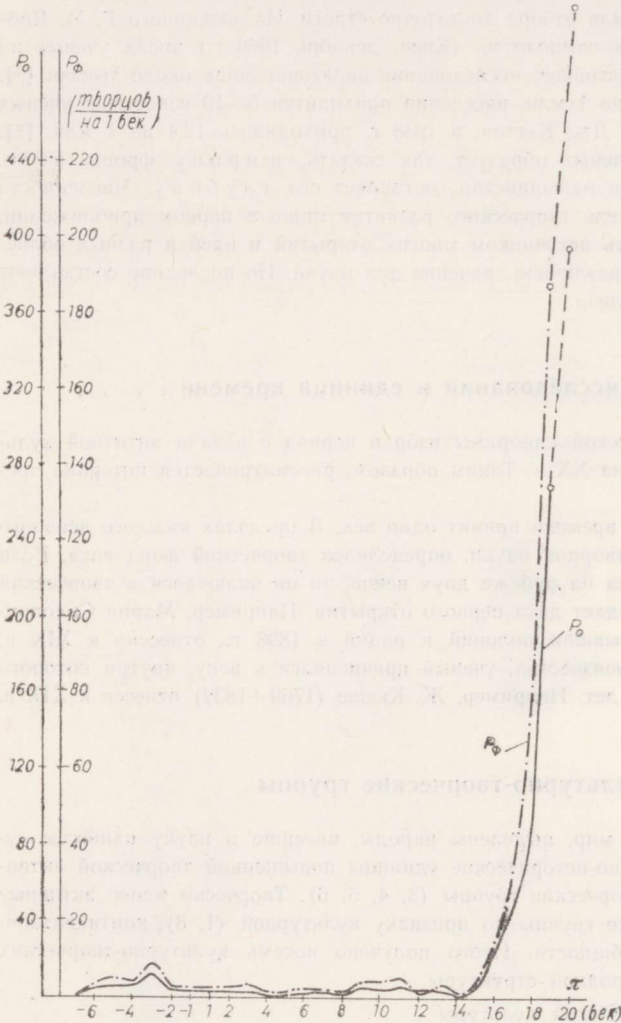


Рис. 1.

Общая кривая творческой мощности науки получилась сложением ординат соответственно по биологическим и физическим наукам. Обозначения творческой мощности соответственно: для биологических и физических наук —  $P_{\phi}$  и  $P_{\delta}$ , для всей науки в целом —  $P_0$ . Во избежание затемнения чертежа кривые творческой мощности для отдельных культурно-творческих групп не нанесены на график.

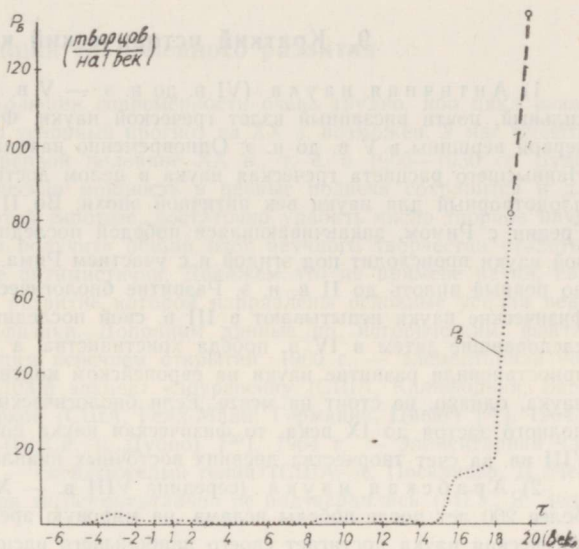
Рис. 2.

### 8. График творческой энергии

(рис. 3)

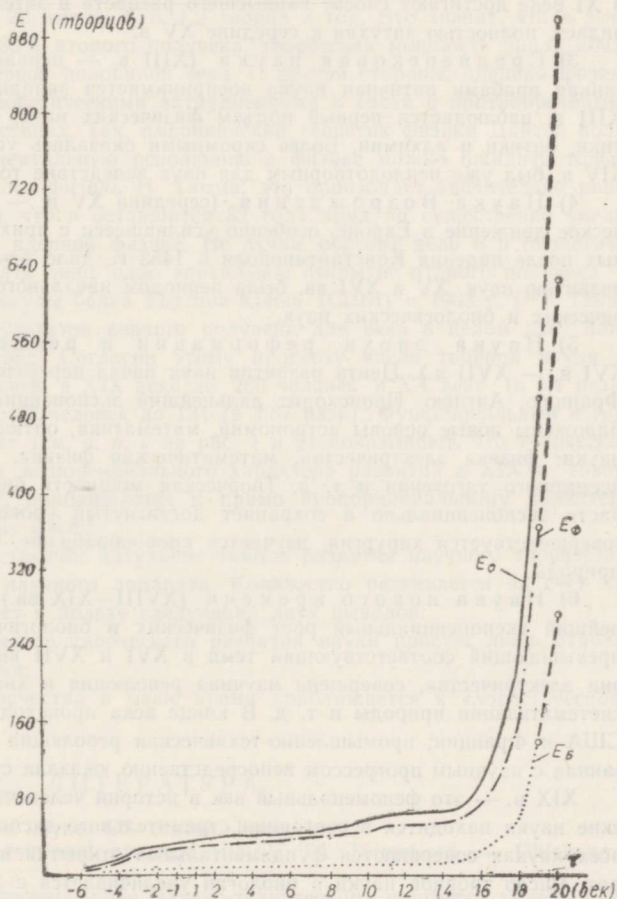
Под творческой энергией науки понимается число всех творцов науки к данному веку включительно. Иначе говоря, это — величина абсолютного роста науки. Данные для построения кривой творческой энергии получаются из предыдущего графика путем интегрирования. По ним строятся кривые зависимости вида:

$$E = \int_{-\infty}^{\tau} f(\tau) d(\tau) = \int P d\tau \text{ (творцов).}$$



Общую творческую энергию науки дает сложение соответствующих ординат творческой энергии физических и биологических наук. Приняты обозначения: для биологических и физических наук —  $E_b$  и  $E_{\Phi}$  и для науки в целом —  $E_o$ .

Рис. 3.



## 9. Краткий исторический комментарий

1) Античная наука (VI в. до н. э. — V в. н. э.). С VI в. до н. э. начинается сильный, почти внезапный взлет греческой науки. Физические науки достигают своей первой вершины в V в. до н. э. Одновременно начинается подъем биологических наук. Навысшего расцвета греческая наука в целом достигает в III в. до н. э. Это самый плодотворный для науки век античной эпохи. Во II веке до н. э. начинается борьба Греции с Римом, заканчивающаяся победой последнего. Дальнейшее развитие античной науки происходит под эгидой и с участием Рима. Темп развития науки умеренный, но ровный вплоть до II в. н. э. Развитие биологических наук со II в. идет на убыль, физические науки испытывают в III в. свой последний в античной эпохе подъем. Последовавшие затем в IV в. победа христианства, а в V в. распад Римской империи приостановили развитие науки на европейском континенте вплоть до XIII в. Мировая наука, однако, не стоит на месте. Если биологические науки и оказались в состоянии полного застоя до IX века, то физическая наука получает некоторое развитие в V—VIII вв. за счет творчества древних восточных цивилизаций — Китая и Индии.

2) Арабская наука (середина VIII в. — XI в.). С середины VIII в., спустя более 200 лет после победы ислама, на мировую арену выходит арабская наука. Биологическая наука достигает своего наибольшего расцвета в IX в., развитие ее прекращается в X в. и затем возобновляется в умеренной степени до XIII в., когда опять затухает. Физические науки в ровном, но высоком темпе развиваются до X века и в XI веке достигают своего наивысшего расцвета и затем темп их развития неуклонно падает, полностью затухая к середине XV в.

3) Средневековая наука (XIII в. — первая половина XV в.). Переработанная арабами античная наука воспринимается западно-европейскими странами и в XIII в. наблюдается первый подъем физических наук, особенно астрономии, математики, оптики и алхимии. Более скромными оказались успехи в биологических науках. XIV в. был уже неплодотворным для наук вследствие тормозящего влияния церкви.

4) Наука Возрождения (середина XV в. — середина XVI в.). Гуманистическое движение в Европе, особенно усилившееся с приходом в Италию греческих ученых после падения Константинополя в 1453 г., дало почти внезапный толчок бурному развитию наук. XV и XVI вв. были периодом начального экспоненциального роста физических и биологических наук.

5) Наука эпохи реформации и религиозных войн (середина XVI в. — XVII в.). Центр развития наук начал перемещаться из Италии в Германию, Францию, Англию. Происходит дальнейший экспоненциальный рост физических наук. Заложены новые основы астрономии, математики, оптики, химии, основывались новые науки: физика электричества, математическая физика, гидравлика, механика, теория всемирного тяготения и т. д. Творческая мощь биологических наук прекращает расти экспоненциально и сохраняет достигнутый уровень. Основана микробиология, совершенствуется хирургия, изучается кровообращение, создана классификация живой природы.

6) Наука нового времени (XVIII—XIX вв.). В XVIII в. происходит дальнейший экспоненциальный рост физических и биологических наук, в темпе намного превышающий соответствующий темп в XVI и XVII вв. Происходит углубление теории электричества, совершена научная революция в химии, создается более широкая систематизация природы и т. д. В конце века происходят общественные революции в США и Франции, промышленно-техническая революция в Англии. Последняя, не связанная с научным прогрессом непосредственно, оказала существенное влияние на науку.

XIX в. — это феноменальный век в истории человечества. Физические и биологические науки находятся в состоянии стремительного экспоненциального роста. Почти во всех науках совершаются фундаментальные открытия и происходит коренной переворот. Число творцов науки в биологии увеличивается с 17 человек в XVIII в. до 82 в XIX в., т. е. в 4,8 раза; в физике соответственно с 70 человек до 187, т. е. происходит рост в 2,7 раза.



## 10. Тенденции современного развития

Создать картину научной эволюции современности очень трудно, ибо цикл развития XX столетия не закончен. Но условный прогноз на XX в. возможен. У нас имеются данные о научном развитии в первой половине XX в., т. е. в 1900—1950 гг. Будем исходить из гипотезы, что творческая мощьность в первые полвека сохранится и для второй его половины. Согласно этой гипотезе, достаточно удвоить число творцов науки во второй половине века, чтобы получить общий итог научного творчества столетия. Такая гипотеза, однако, излишне оптимистична. Докажем это на примере науки, наиболее бурно развивающейся, на развитие которой направлены основные усилия ведущих держав мира — ядерной физики. Дополним данные по историческим фактам ядерной физики [9, г. 10] следующим перечнем открытий: 1960 г. — элементарная частица «резонанс» [19], 1961 г. — 103-й элемент «лоуренсий» (США, Калифорния, Беркли) [14, 20], 1963 г. — теория кварков (США, Гелл-Манн; Германия, Цвейг) [16], 1964 г. — 104-й элемент «курчатовий» (СССР, г. Дубно) [20], 1964 г. — элементарная частица «омега минус» [19], 1966 г. — сверхтяжелый гелий (США, А. Посканцер, Д. Черны) [20], 1968 г. — теория кварков экспериментально не подтвердилась (МГУ, Я. Зельдович, В. Брагинский) [21].

Считая, что каждое анонимное, групповое или коллективное открытие имеет своих одного или двух ведущих творцов, получаем следующие данные. В период 1900—1950 гг. в ядерной физике появилось 69 новых имен творцов, т. е. 1,4 творца в год, а в период 1951—1968 гг. соответственно 22 имени, т. е. 1,2 творца в год. Это значит, что в течение времени, составляющего 36% второго полувека, творческая мощьность упала почти в 1,2 раза по сравнению с первой половиной века. С другой стороны, ядерная физика оказалась перед большими теоретическими затруднениями в связи с противоречивыми данными об элементарных частицах. Так, американский теоретик физики Дайсон полагает, что следующую фундаментальную революцию в физике можно ожидать только в XXI в. По мнению советского физика И. Тамма, это произойдет значительно раньше [19, 22]. Все говорит о том, что в оставшиеся 32 года вряд ли существенно увеличится творческая мощьность в ядерной физике. Не лучше обстоит дело и в биологических науках, где можно назвать лишь одно эпохальное открытие второго полувека — спиральная модель ДНК молекулы белка Уотсона-Крика (США) в 1953 г. [23]. Таким образом метод удвоения результатов первого полувека для века в целом дает явно оптимистический прогноз. Согласно этому прогнозу число творцов науки в физике увеличится со 187 человек в XIX веке до 260 человек в XX веке (в 1,4 раза) и в биологии соответственно с 82 человек до 134 (в 1,64 раза). Функциональный и графический анализы этих данных (см. а, в, с на рис. 1 и 2) показывают, что творческая мощьность и энергия науки от экспоненциального характера развития в XIX в., совершившегося по закону  $y=C^kt$ , приближается к прямо пропорциональному характеру развития в XX в. — по закону  $y=Kt$ .

В наше время идет существенное затухание темпов развития научного творчества, несмотря на огромный рост научного аппарата. Количество развивается за счет качества. Все это свидетельствует в пользу следующих двух выводов:

- 1) экспоненциальный характер творческого развития науки присущ лишь отдельным частным периодам истории;
- 2) развитие научного творчества в наше время приближается к «логистической» модели.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. М. Добров, Наука о науке. Сб. статей. Киев, 1966.
2. H. Palli, Uue teaduse esimesed sammud. ENSV TA Toimetised — Uhiskeelne teadused 1968, nr. 2.
3. Анализ тенденции и прогнозирование научно-технического прогресса. Киев, 1967.
4. Х. Палли, Новая техника и математические методы в исторической науке. Вопросы истории, 1967, № 1.

5. D. Price, Little Science, Big Science. New York, 1963.
6. И. З. Романов, Ключ в новой роли. Вопросы истории, 1967, № 8.
7. Наука о науке. Сб. статей. Перевод с англ. М., 1966.
8. Дж. Бернал, Наука в истории общества. М., 1956.
9. Малая Советская Энциклопедия. В 10 томах. М., 1958.
10. Der Grosse Brockhaus. In 12 Bänden. Wiesbaden, 1953.
11. Hutchinson's New 20th Century Encyclopedia. London, 1964.
12. Eesti entsüklopeedia. 8 köites. Tartu, 1932—1937.
13. История естествознания в России. В 3-х т. М., 1957.
14. А. А. Зворыкин, История техники. М., 1962.
15. Ф. Розенбергер, История физики. Пер. с нем. М.-Л., 1934.
16. Г. М. Добров, В. Г. Голян-Никольский, Век великих надежд. Киев, 1964.
17. Meyers Neue Lexikon. 8 Bd. Leipzig, 1961.
18. Encyclopedia Britannica. Vol. 3. London, 1946.
19. И. Тамм, На пороге новой теории. Наука и жизнь, 1967, № 1.
20. Г. Сиборг, Упорные шаги за уран. Наука и жизнь, 1966, № 9.
21. Я. Смородинский, Что знают об элементарных частицах. Наука и жизнь, 1968, № 4—6.
22. И. Тамм, Теоретическая физика. Наука и жизнь, 1967, № 10.
23. Дж. Уотсон, Двойная спираль. Наука и жизнь, 1968, № 11.

*Таллинский политехнический институт*

Поступила в редакцию  
6/II 1969

## S. SOLDATOV

### TEADUSE AJALOO KVANTITATIIVNE ANALÜÜS

#### Resüme

Seoses teaduse tormilise arenemisega ning tema osatähtsuse tohutu tõusuga ühiskonnas XX sajandil on üha laiemalt hakatud uurima teaduse arengu probleeme. See uurimis-suund on kujunenud uueks teadusharuks, mille levinuma nimetusena kasutatakse «teaduslugu».

Ka Nõukogude Liidus on see noor teadus viimastel aastatel teinud märkimisväärseid edusamme, tänu eriti Ukraina NSV TA Ajaloo Instituudi tehnika ja loodusteaduste ajaloo sektori kollektiivi viljakale tööle.

Siiani on teaduse arengut uuritud peamiselt n.ö. «väliste» kriteeriumide, näiteks teaduslike tööde ja väljaannete arvu, nende mahu, teadusliku kaadri arvu, kulutatud summade suuruse jne. alusel. Et need kriteeriumid igakord piisavad ei ole, näitab kasvõi see, et G. Riemann, maailma suurimaid matemaatikuid, avaldas kõigest 19 teaduslikku artiklit. Teisi näitajaid aga on võimalik kindlaks teha ainult viimaste sajandite ulatuses.

Artikli autor seadis oma eesmärgiks esimese ligikaudsusega uurida loominguliste jõude kui teaduse põhiväärtuse arenemise dünaamikat. Arengu kriteeriumiks valiti teaduselooja (kujundaja, avastaja), kes peab vastama kolmele põhiolemusele: 1) tema looming peab olema omapärane (novaatorlus); 2) esmakordne (prioriteet); 3) tal peab olema ülemaailmne tunnustus (autoriteet).

Allikatena kasutati inglise, saksa, eesti ja nõukogude entsüklopeedilisi väljaandeid. Teadlase nime 2- või 3-kordne esinemine neljas entsüklopeedias loeti ülemaailmse tunnustatuse tundemärgiks, kusjuures teaduse arengut jälgiti alates VI sajandist e. m. a. kuni XX sajandini. Ajaühikuks valiti üks sajand. Iga sajandi kohta tehti kindlaks teadusloojate arv, mida nimetati sajandi loominguliseks võimsuseks. Teadusloojate üldarvu vaadeldava sajandi lõpuks nimetati sajandi loominguliseks energiaks.

Vaatluse all olid bioloogiliste ja füüsikaliste teaduste esindajad.

Saadud andmete põhjal koostati vaadeldava 2600-aastase ajavahemiku kohta loomingulise võimsuse ja energia üldgraafikud (joon. 1, 2, 3). Rahvuslike kultuuriloominguliste rühmade graafikuid ei ole ruumpiudusel esitatud.

Püüti prognoosida teaduste arenemist XX sajandil. Kuna sajand ei ole veel lõpul ning paljud avastused ja teadlaste nimed ei kajastu veel teaduslikus kirjanduses, siis kujuneb selle ülesande lahendamine küllaltki raskeks. Prognoosimise aluseks võeti kõik XX sajandi esimese poole kuuluvad teadusloojad, kelle nimed esinevad entsüklopeediates või teaduslikes ajakirjades. Oletati, et sajandi esimese poole loominguline võimsus on omane ka sajandi teisele poolele. Sel teel saavutati XX sajandi kohta optimistlik

arenemispilt, kuigi tegelikult saajandi teisel poolel loomunguline võimsus tõenäoliselt lan-  
geb (ajavahemikul 1950—1968—1,2-kordselt). Sel teel saadud teaduse arenemispildist on  
näha, et füüsikaliste teaduste alal tõuseb teaduseloajate arv 187 inimeselt XIX sajandil  
260 inimesele XX sajandil. Bioloogilistes teadustes tõuseb nende arv 82-lt kuni 134-le.  
Nende arvude alusel on võimalik väita, et 1) teaduse arenemise eksponentsiaalne seadus-  
pärasmus on iseloomulik ainult teatud ajalooajaloodele; 2) käesoleva sajandi teadusliku  
arenemise tempo hakkab langema ning siirdub eksponentsiaalselt kõveralt sirgjoonele.

Tehakse ettepanek eristada maailma kultuuri üldajalooliste probleemide arvulist, kvan-  
titatiivset uurimismeetodit ning nimetada seda «k v a n t a n a l ü ü s i k s».

Tallinna Polütehniline Instituut

Saabus toimetusse

6. II 1969

S. SOLDATOV

## DIE QUANTITATIVE ANALYSE DER GESCHICHTE DER WISSENSCHAFT

### Zusammenfassung

In dem vorliegenden Artikel wird einer der wichtigsten Bestandteile der menschlichen  
Kultur, die geschichtliche Entwicklung der Wissenschaft, betrachtet.

Entsprechend der stürmischen Entwicklung der Wissenschaft, wie auch der unvergleich-  
baren Zunahme ihrer Bedeutung in der Gesellschaft des 20. Jh., hat sich in der ganzen  
Welt eine weitreichende Erforschung der Entwicklungsprobleme der Wissenschaften ent-  
faltet. Aus der bereits erwähnten Forschungsrichtung hat sich eine neue Wissenschaft  
gebildet, die am häufigsten als «Wissenschaftslehre» bezeichnet wird.

Während der letzten Jahre hat die neue Wissenschaft auch in der Sowjetunion ihre  
ersten bemerkenswerten Fortschritte gemacht. Dieses geschah insbesondere als Resultat der  
schöpferischen Arbeit des Kollektivs der Abteilung für Geschichte der Technik und  
der Naturwissenschaften am Institut für Geschichte der Akademie der Wissenschaften  
der Ukrainischen SSR.

Bisher hat man die Entwicklung der Wissenschaften auf Grund der sogenannten  
«äußeren» Merkmale geforscht, was natürlich auch einen gewissen Wert hat. Zu diesen  
Merkmalen gehören zum Beispiel die Menge der wissenschaftlichen Arbeiten, ihr Umfang,  
die Gesamtzahl der wissenschaftlichen Kader, der Aufwand an Geld für die Förderung  
der Wissenschaften usw.

Daß diese Kriterien nicht immer genügen, zeigt zum Beispiel die Tatsache, daß einer  
der größten Mathematiker der Welt, G. Riemann, während seines Lebens nur 19 wissen-  
schaftliche Arbeiten veröffentlicht hat. Die übrigen Kennzeichen sind nur im Rahmen  
der letzten Jahrhunderte zu erkunden.

Der Verfasser des gegenwärtigen Artikels hat sich das Ziel gesetzt, mit der ersten  
Annäherung den Grundwert der Wissenschaften, die Entwicklungsdynamik ihrer schöpfe-  
rischen Kräfte zu erforschen.

Als Kriterium des Entwicklungsprozesses gilt der Schöpfer (der Darsteller, der Ent-  
decker) der Wissenschaften, der folgenden drei Anforderungen entsprechen soll: 1. sein  
Werk muß neuartig sein (der Anspruch auf eine Neuerung), 2. es muß erstmalig sein  
(der Anspruch auf die Priorität), 3. ihm muß allgemeine Weltanerkennung zuteil werden  
(der Anspruch auf die wissenschaftliche Autorität).

Als Quellenmaterialien dienen englische, deutsche, estnische und russische Enzyklo-  
pädien. Das 2- oder 3malige Auftreten des Namens des Wissenschaftlers in 4 Enzyklo-  
pädien galt als Kennzeichen der Weltanerkennung. Die Entwicklung der Wissenschaft ist  
in der Periode vom 6. Jh. v. u. Z. bis zum 20. Jh. u. Z. erforscht worden. Zur Zeiteinheit  
hat man die Periode eines Jahrhunderts gewählt. Für jedes Jahrhundert wurde die Zahl  
der sog. Schöpfer der Wissenschaft festgestellt. Diese Zahl nannte man «die schöpferische  
Leistung» des analysierten Jahrhunderts. Die Gesamtzahl der Schöpfer der Wissenschaften  
am Ende des analysierten Jahrhunderts benannte man «die schöpferische Energie» des  
Jahrhunderts.

Der Betrachtung oblagen die Vertreter der biologischen und physikalischen Wissen-  
schaften.

Auf Grund der erhaltenen Angaben hat man die schöpferische Leistungskapazität und  
-energie graphisch dargestellt (Abb. 1, 2, 3). Auf die graphische Darstellung entsprechender  
Angaben der nationalen kulturschöpferischen Gruppen hat man wegen des Raummangels  
verzichten müssen.

In dem Artikel hat man auch den Versuch gemacht, eine Prognose der wissenschaft-  
lichen Entwicklung des 20. Jh. zu stellen. Die Lösung dieser Aufgabe erweist sich aber als  
schwierig, weil das Jahrhundert noch nicht zu Ende ist und viele Namen der Wissen-  
schaftler, sowie ihre Erfindungen, in wissenschaftlichen Nachschlagewerken noch nicht

veröffentlicht worden sind. Den Ausgangspunkt der Prognose bildeten alle Schöpfer der Wissenschaft der ersten Hälfte des 20. Jh., deren Namen in Enzyklopädien oder wissenschaftlichen Zeitschriften verzeichnet worden waren. Man hat angenommen, daß die schöpferische Leistung der zweiten Hälfte des 20. Jh. derjenigen der ersten Hälfte entsprechen wird. Auf diesem Weg erreichte man für das 20. Jh. ein optimistisches Entwicklungsbild, obwohl die schöpferische Leistung in der 2. Hälfte des Jh. aller Wahrscheinlichkeit nach fallenden Charakter tragen wird (in den Jahren 1950—1968—1,2mal). Aus dem so erhaltenen Entwicklungsbild der Wissenschaften geht hervor, daß die Zahl der Schöpfer der physikalischen Wissenschaften im 20. Jh. von der Personenzahl 187 des 19. Jh. auf 260 Personen steigen wird. Auf dem Gebiet der biologischen Wissenschaften werden diese Daten bzw. 82 und 134 sein.

Aus diesen Angaben geht hervor:

1. Das Exponentialgesetz der Entwicklung der Wissenschaft kennzeichnet nur bestimmte geschichtliche Zeitperioden.
2. Das Entwicklungstempo des gegenwärtigen Jahrhunderts wird nachlassen und von der Exponentenkurve zur geraden Linie übergehen.

Es wird der Vorschlag gemacht, die quantitative Untersuchungsmethodik der all-gemeineschichtlichen Problematik der Weltkultur gesondert hinzustellen und sie als «Quantanalyse» zu bezeichnen.

Tallinner Polytechnisches Institut

Eingegangen  
am 6. Febr. 1969