

## К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

### Г.М. ДОБРОВА

9 марта этого года исполнилось 85 лет со дня рождения члена-корреспондента НАН Украины Геннадия Михайловича Доброва (1929–1989) – основоположника отечественного науковедения и организатора Центра исследований научно-технического потенциала и истории науки (ЦИПИН) НАН Украины, ныне носящего его имя.

В честь этого юбилея ЦИПИН им. Г.М.Доброва НАН Украины провел очередные Добровские чтения, а редакция журнала "Наука и науковедение" почтила память замечательного ученого переизданием его статьи "О предвидении развития науки".

Публикуемая статья примечательна во многих отношениях. Впервые изданная 50 лет назад (1964) в журнале "Вопросы философии", она стала первой работой Г.М.Доброва, специально посвященной проблемам научно-технического прогнозирования. Именно она во многом определила последующие исследования в этой области как самого Г.М. Доброва, так и всей Киевской школы науковедения.

Еще несколько статей по прогнозированию Г.М. Добров опубликовал в 1965–1966 гг., а уже в 1967 г. их вышло более 10. В последующие годы этот поток нарастал лавинообразно. Ряд работ Г.М. Добров опубликовал в соавторстве с В.М. Глушковым и другими выдающимися учеными.

Параллельно Г.М. Добров вел большую организационную работу по развитию прогностического направления. В 1966 г. в Киеве состоялся 1 Всесоюзный симпозиум "Анализ тенденций и прогнозирование научно-технического прогресса: применение математических методов и ЭВМ в исследованиях по истории науки и техники". Он положил начало проходящим до сих пор Киевским симпозиумам по науковедению и научно-техническому прогнозированию, в которых проблемы прогнозирования относились к важнейшим, что подчеркнуто в самом их наименовании.

Благодаря этим исследованиям и организационной деятельности Киевская школа науковедения стала ведущей в области научно-технического прогнозирования. Особого внимания заслуживают работы, выполненные в период плановой экономики, поскольку вопросы планирования и прогнозирования развития народного хозяйства, включая науку, были практически неотделимы.

Статья Г.М. Доброва посвящена общим закономерностям развития науки и связанным с ними общим вопросам прогностики, прежде всего, проблеме самой возможности предвидения развития науки.

Как и ранее, ныне эта проблема чрезвычайно актуальна. Она крайне усложнилась с переходом отечественной экономики от плановой к рыночной. В частности, в рыночных условиях значительно более выраженным является игровой компонент, а, как известно из теории игр, только в самых простых системах результат предопределен начальными условиями.

Пересмотра классических подходов к прогностике требуют также другие достижения точных наук, прежде всего математической логики (особенно ограничительные теоремы) и современной физики, доказавших, что сколько-нибудь надежное прогнозирование развития сложных систем возможно только в неких весьма неопределенных рамках «горизонтов предвидения».

Эти результаты точных наук придали проблеме предвидения развития науки сложную структуру, анализ элементов которой требует специальных подходов. Особо важными представляются исследования, направленные на познание достоверности прогнозов разных типов, поскольку неизбежные ошибки прогнозирования при неадекватном отношении к прогнозам могут иметь крайне нежелательные последствия.

В связи с этим очень важно отношение Г.М. Доброва к прогнозу как к *гипотезе*, сформулированное в его классической книге "Наука о науке".

Разработка этих вопросов существенно осложняется тем обстоятельством, что, помимо научного значения, проблемы прогнозирования были и остаются предметом идеологической борьбы. В частности, они относятся к тем проблемам, по которым проходит водораздел между идеологиями либерализма и государственного управления экономикой. Приверженцы крайних точек зрения обычно не слышат аргументов друг друга, а без этого выработка строго научного отношения к данному вопросу невозможна.

Надеемся, что переиздание статьи Г.М.Доброва даст новый импульс размышлениям и конкретным исследованиям в области научно-технического прогнозирования и познания его научных основ.



Г.М. Добров

## О предвидении развития науки

Методы и приемы прогнозирования, разрабатываемые применительно к различным конкретным областям знания, имеют ряд общих характерных черт и методологических особенностей. Вместе с тем существует тесная органическая связь методов прогнозирования науки не только с законами конкретных естественных и технических наук, но и в значительной степени с социально-экономическими и общественно-политическими закономерностями.

В данной статье предпринимается попытка охарактеризовать некоторые методологические вопросы прогнозирования в области естественных и технических наук. При этом особое внимание уделяется использованию математических методов в целях обобщения исторического опыта развития науки и прогнозирования ее будущего.

### **Общий характер развития науки**

Исследователями неоднократно отмечались такие черты, присущие развитию естествознания в целом, как диф-

ференциация и специализация наук, их взаимодействие и интеграция, особенно бурное развитие «стыковых» научных дисциплин, ускоренный рост технической вооруженности труда ученого, все более высокий уровень взаимодействия и взаимозависимости между наукой и производительными силами. Общим результирующим выражением этих важнейших тенденций развития естествознания является все ускоряющийся (экспоненциальный) характер развития науки.

Известен ряд попыток изучить общий характер развития конкретных отраслей наук с помощью количественных методов. На основе многолетних статистических данных о численности выполненных научных работ, количестве важнейших результатов науки и научных публикаций, численности ученых, размерах затрат на науку и ее практической эффективности были построены графики «роста науки», оказавшиеся довольно близкими между собою по своему харак-

теру. Все они с известной степенью приближения могут быть выражены зависимостью, при которой удвоение всех «размеров науки» достигается для разных случаев в периоде от 7 до 15 лет (см D. Price. *Science since Babylon New Haven, 1962*, П. Оже. Современные тенденции в научных исследованиях. Вып. ЮНЕСКО, издано в СССР, 1963).

Каждый из названных выше показателей характеризует собой лишь одну из сторон развития того сложного исторического явления, которое называется наукой. Однако все они, вместе взятые, характеризуют развитие науки с количественной стороны. На основе обобщения этих данных считают, что наука в целом развивается темпами, при которых в среднем каждые 15 лет удваиваются размеры характеризующих ее показателей.

Первым ученым, подметившим и сформулировавшим закон ускоренного развития науки, по праву может считаться Фридрих Энгельс {1}. В работе «Наброски к критике политической экономии» (1843—1844 гг.), доказывая необоснованность мальтузианских теорий о невозможности прокормить на Земле население, возрастающее в геометрической прогрессии, Ф. Энгельс писал: «... Наука движется вперед пропорционально массе знаний, унаследованных ею от предшествующего поколения» (К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 1, стр. 568).

Математический аппарат для описания экспоненциального закона развития науки предложен в работах советских ученых Г. Влэдуца, В. Налимова и Н. Стяжкина (см. журнал «Успехи физических наук», 1959, т. 69, вып. 1), а также в работе М. Карпова «Основные закономерности развития естествознания» (изд-во Ростовского университета, 1963).

Впоследствии Ф. Энгельс не раз обращался к этому закону движения науки, уточнив, в частности (в 1875 году), что он присущ не науке вообще, а науке эпохи освобождения естествознания от пут теологии и средневековой схоластики. Наступление этой эпохи Ф. Энгельс датирует концом XVI — началом XVII веков, то есть периодом, наступившим в науке после знаменитых открытий Коперника (см. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 347).

Важно отметить, что это предвидение Ф. Энгельса подтверждено современными

исследованиями. Руководитель Института истории науки и техники Йельского университета (США) проф. Дерек Прайс, получивший в последние годы ряд интересных результатов применения методов математической статистики к анализу исторического развития науки, констатирует, что ускоренное развитие науки наблюдается на протяжении последних 300 лет со времени революционных изменений в условиях ее развития (см. D. Price. *Little Science, Big Science*. N. Y., 1963).

Подсчитано, что половина нынешних достижений и результатов науки получена за последние 15 лет. Это обстоятельство необходимо учитывать не только историкам науки, но и людям, ведущим преподавание наук. С точки зрения прогнозов развития науки особенно важно отметить, что за ближайшие 15—16 лет ей предстоит сделать больше, чем было сделано за все предшествующие годы ее развития.

#### Существует ли предел развития науки?

Большинство ученых, отечественных и зарубежных, пытавшихся прогнозировать развитие науки и техники, высказывают мнение о том, что установившиеся для нашего времени закономерности развития науки будут иметь место и в будущие несколько десятилетий. Однако, переходя к более отдаленным прогнозам, исследователи сталкиваются с вопросом о так называемом «общем пределе развития науки». Здесь мнения существенно расходятся и даже встречаются высказывания весьма пессимистического характера.

Если не рассматривать такую альтернативу, как глобальная атомно-водородная война, то в поисках ответа на поставленный вопрос следует обратиться к рассмотрению влияния на будущие судьбы научного прогресса трех основных групп факторов:

а) социальных условий развития и характера использования результатов науки;

б) вопроса о пределах развития определенных отраслей науки и техники, накладываемых природой (ресурсы, требования, возможности);

в) внутренних противоречий развития науки.

Социальные условия в капиталистических странах оказывают, несомненно,

отрицательное влияние на темпы и характер развития науки. Это проявление обостряющихся противоречий между производительными силами и производственными отношениями все более усугубляется по мере превращения науки в непосредственную производительную силу. Вопросы эти рассматриваются в ряде работ советских исследователей (см., например, Ю.М. Шейнин. Наука и милитаризм в США. Изд-во АН СССР, 1963). И поэтому, не останавливаясь на них подробно, мы считаем нужным отметить, что капитализм, тормозя развитие науки, не в силах все-таки остановить ее поступательного развития.

Что касается вопроса о пределах развития тех или иных отраслей науки, накладываемых природой, то здесь уместно отметить следующее.

Известны пределы, накладываемые природой (закономерностями климата и круговорота веществ в биосфере), например, на масштабы использования термоядерных реакций в энергетических целях (см. Н.Н. Семенов. Гуманизм науки. В сб. «Наука и человечество». Изд-во «Знание», 1962). Это противоречие только подтолкнет решение и без того остро назревшей задачи углубленного и комплексного изучения законов климата и биосферы, приведет к интенсивному использованию иных источников энергии, безболезненно «вписывающихся» в земной круговорот веществ.

Не исключено, что в процессе взаимодействия науки, техники и природы и произойдет со временем затухание темпов развития отдельных отраслей наук. Но в научно-техническом прогрессе в целом этот процесс будет сопровождаться бурным развитием других, в том числе вновь возникающих многочисленных отраслей наук. Проблема диалектического взаимодействия и взаимозависимости научно-технического прогресса, с одной стороны, и природы — с другой, заслуживает ныне весьма пристального внимания естествоиспытателей и философов-марксистов.

Теперь остановимся на вопросе о внутренних противоречиях развития науки, способных, по мнению ряда зарубежных теоретиков, привести к затормаживанию и даже «самоудушению» научного прогресса. Такого рода взгляды

отражает, например, так называемая «теория сатурации», то есть «теория насыщения наук» по мере их развития.

Экстраполируя в будущее экспоненциальные кривые современного развития науки, упомянутый выше американский ученый Д. Прайс полагает, что экспоненциальный закон роста будет действителен в течение 30 лет. Затем еще через два периода удвоения (в общем случае тоже 30 лет) кривые, характеризующие действительное развитие науки, будут все более заметно отставать от идеальной кривой «чистого экспоненциального роста», асимптотически приближаясь к определенному «пределу сатурации».

Эти изменения в характере развития науки связываются сторонниками подобного взгляда исключительно с так называемыми «внутренними репрессивными воздействиями», среди которых как главные отмечаются следующие.

1. Чудовищно быстрый рост научной информации, уже сейчас превышающий во многих случаях возможности восприятия человека. Неизбежность появления в будущем рефератов на рефераты, а может быть, и «рефератов в кубе».

2. Отрицательный эффект все более узкой специализации ученых: «Дело идет к тому, что они в будущем будут знать все ни о чем».

3. Необходимость непомерного удлинения сроков учебы людей, готовящихся занять место на переднем крае науки: «Чем способнее человек, тем он дольше учится».

4. Достижение пределов способности человеческого мозга к обобщениям.

5. «Исчерпание» возможностей самой науки как таковой по мере раскрытия ею тайн природы.

Исходя из этих соображений, авторы работ подобного направления высказывают весьма сдержанные взгляды на будущее научного прогресса. Д. Прайс, например, закончил свою статью по этому вопросу, опубликованную в 1962 году, следующими словами: «Даже незавершенная теория, изложенная выше в общих чертах, достаточна, чтобы показать, что мы находимся сейчас очень близко от кризиса, который мы должны так или иначе предвидеть, пока еще не слишком поздно» (Сб. «Sociology of Science», Glencoe, 1962, p.524).

Мы убеждены, что свершения, осуществляемые в современной науке, в особенности связанные с бурным развитием кибернетики, позволяют признать «теорию сатурации» полностью несостоятельной, хотя в некоторых из ее аргументов и отражены реально существующие трудности и проблемы. Рассмотрим их в указанном выше порядке.

Во-первых, вопросы автоматизации ряда функций научного труда уже выходят из стадии экспериментов. Задача в перспективе будет решаться таким образом, чтобы в ответ на поставленный машине вопрос получать не только библиографическую справку, но и конкретные рефераты с изложением нового научно-технического материала. На повестке дня стоит также вопрос об информационно-логических системах, призванных помогать ученому перерабатывать обширный объем информации в направлении классификации сведений, определения их новизны, достоверности, существенной важности и т. п.

Во-вторых, бурно происходящее ныне развитие наук, находящихся на грани зачастую весьма далеких друг от друга и специализированных дисциплин, вселяет уверенность в том, что отнюдь не «узковедомственная» специализация явится столбовой дорогой современной науки. По мере раскрытия тайн природы (в особенности живой), по мере все более тесного взаимопереплетения самых различных наук, ликвидации перегородок, граней, белых пятен между ними все большее распространение будут получать специалисты невиданного ранее широкого профиля.

Узкую специализацию можно считать типичной бедой прошедшего (а также пока еще и настоящего) этапа развития науки, когда объем задач, стоящих перед исследователем, непомерно велик в сравнении с физиологическими возможностями технически недостаточно вооруженного мозга. В наши дни в связи с общеизвестными успехами кибернетики, электронно-вычислительной, измерительной и других видов техники намечается тенденция особенно ускоренного роста технической вооруженности умственного труда.

Естественно, что реализация этих прогрессивных тенденций настоятельно выдвигает требование значительного со-

вершенствования научной организации труда в современной науке.

В-третьих, мы уже сейчас встали на путь принципиальных изменений в методах обучения, направленных на повышение его качества и сокращение длительности. Некоторые существенные черты этой перестройки обучения можно представить следующим образом:

а) приближение обучения к запросам практики (в широком понимании этого слова, включающем как непосредственно прикладные задачи, так и серьезные научно-теоретические проблемы);

б) широкое практическое использование кибернетических обучающих машин, позволяющих максимально индивидуализировать и повысить эффективность процесса обучения;

в) коренной пересмотр содержания излагаемых студентам учебных курсов, приведение ряда их к форме обобщенного справочного материала;

г) становление и внедрение в практику обучения специфических научных дисциплин, целенаправленно формирующих у будущих специалистов правильное понимание процесса развития науки и техники, творческое уяснение ими противоречий, движущих факторов и закономерностей научно-технического прогресса в целом;

д) все более широкое применение на всех этапах обучения методов, предусматривающих привитие навыков к самостоятельному получению новых знаний, то есть обучение алгоритмам научных обобщений, а не информации на ее низшем уровне.

Успешное осуществление подобного рода коренной перестройки всей системы обучения требует согласованных и целенаправленных усилий многих отраслей естественных, технических и общественных наук и, что особенно важно, такого развития педагогической науки, которое опережало бы практику обучения.

В-четвертых, потребность усиления интеллектуальных возможностей человека новейшими техническими средствами ясно осознается современной наукой. На решение этой проблемы направлены многие успешно ведущиеся работы.

За последние 15 лет скорость выполнения операций электронно-вычислительными машинами возросла многократно.

На повестке дня создание машин со скоростями в сотни тысяч и миллионы вычислений в секунду. Считают, что и миллиард операций в секунду не будет пределом для автоматических систем будущего {2}. Наряду с быстродействием будут возрастать и логические возможности машин. Ныне теоретически, а в ряде случаев и экспериментально показана возможность выполнения электронно-вычислительной машиной таких видов интеллектуального труда ученого, как доказательство сложных теорем, вывод формул, построение обобщающих теорий и т. п.

Сами конструктивные элементы ЭВМ будущего также будут коренным образом отличаться от применяемых ныне. Отнюдь не лишеной смысла фантазией выглядит перспектива создания в будущем совершенных ЭВМ индивидуального назначения размером не более транзистора {3}.

Дело, однако, не только в малых размерах и высокой надежности будущих средств «интеллектроники». Известно, что у человека процессы ввода информации совершаются в несколько раз медленнее, а процессы вывода данных и команд еще в десять раз медленнее, чем логические процессы переработки информации, протекающие в мозгу человека. Создать для человека устройства, убабляющие вводные и, что особо важно, выводные процессы мыслительной и нервно-психической деятельности, — задача исторической важности. По пути расшивки этого «узкого» места в человеческой системе уже идет наука, создавая устройства, управляемые биотоками. В будущем такого типа устройства получат, возможно, столь же широкое практическое применение, как ныне имеют, скажем, очки, или, точнее, бинокли, позволяющие во много крат увеличивать недостающую силу зрения.

Говоря о неограниченных, по сути, возможностях развития технических средств умственного труда, вместе с тем не следует забывать и о наличии огромных ресурсов для совершенствования работы самого мозга человека. Некоторое представление об этих резервах могут дать такие данные. Ныне из 10—14 миллиардов нейронов человек практически использует только 4 процента их. Если привести в действие и остальные нейроны, то

колоссальная ныне мощь человеческого мозга возрастет еще в 25 раз («Proceeding of I.R.E.», N. Y., 1962, vol. 50, № 5, p. 626). Во всяком случае, совместная работа совершенных кибернетических устройств и управляющего ими хорошо подготовленного человека даст уже в ближайшем будущем колоссальный скачок в росте интеллектуальных сил человечества.

И, наконец, пятый из доводов «теории сатурации» — так называемое «исчерпание проблем для науки». Природа познаваема, бесконечна и неисчерпаема — такова марксистская философская истина, подтверждаемая всем историческим опытом человеческого знания. «Мы никогда не должны забывать (история наук это доказывает), — писал выдающийся французский ученый Луи де Бройль, — что каждый успех нашего познания ставит больше проблем, чем решает, и что в этой области каждая новая открытая земля позволяет предполагать о существовании еще неизвестных нам необъятных континентов» («По тропам науки». ИЛ, 1962, стр. 317).

Конечно, по мере научно-технического прогресса в целом отдельные отрасли наук в своем развитии будут отходить от идеальных кривых роста. В будущем, как это бывало неоднократно и в прошлом, некоторые научные дисциплины могут переживать периоды замедленного развития. Возможно и выполаживание (в основном временное) кривых развития отдельных отраслей науки.

Что означает подобное явление и чем оно может завершиться? На наш взгляд, это явление в ходе развития конкретной отрасли науки свидетельствует по крайней мере об одном из следующих двух обстоятельств: или в данной области знания остро назрела потребность перехода к использованию качественно новых методов и научных идей, или потребности практики в дальнейшем ускоренном развитии этого направления науки заметно пошли на спад.

В первом случае можно со всей определенностью утверждать, что раньше или позже необходимые для данной науки новые методы и научно-технические средства будут изысканы; появятся и новые плодотворные научные идеи.

Авторами таких идей, как правило, оказываются смелые теоретические

умы, способные преодолеть традиционные методы и взгляды, господствующие в данной отрасли науки. Главным и определяющим для выработки таких кардинальных научных идей и методов, чем дальше, тем больше, будет являться объединенный и творческий труд коллективов, гармонически сочетающих и использующих разнообразные индивидуальные способности, знания и взгляды многих исследователей.

Во втором случае произойдет естественное сокращение масштабов соответствующих отраслей науки впрямь до возникновения новых жизненных потребностей (как практических, так и теоретических), способных заново возродить, и, как правило, на новой научно-методической основе, относительно «устаревшую» научную дисциплину. В этом закономерном процессе и ныне, и в особенности в будущем все большую «оплодотворяющую» роль будут играть науки, обоснованно называемые фундаментальными: математика, кибернетика, физика, химия, биология.

Наука развивается не по какой-то идеальной восходящей прямой, а по восходящей кривой линии, где имеют место и периоды бурного подъема и некоторого спада. И в прошлом для ряда отраслей знания была характерна такого вида неравномерность в развитии, связанная, очевидно, с диалектическим процессом перехода от количественного накопления знаний, опыта, методов и т. п. к качественным изменениям в содержании самой науки. Примером такого рода развития может служить химия. Если в качестве условного показателя общего характера ее развития взять темпы открытия новых химических элементов, то диаграмма развития химической науки за 1730—1952 годы будет выглядеть следующим образом (см. журнал «International Science and Technology», 1963, № 15, p. 37).

В диаграмме следует обратить внимание на период 70-х годов XIX столетия, когда замедлившиеся ранее темпы развития химии получили новый подъем. Это была эпоха открытия периоди-

Темпы открытия новых химических элементов

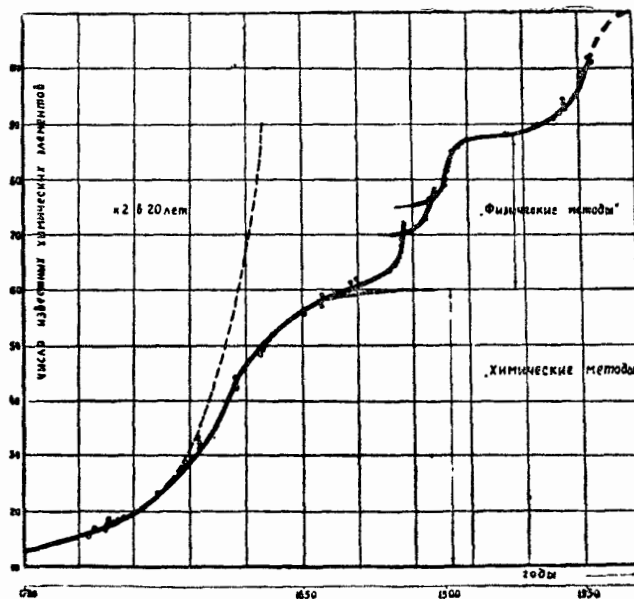


Рис. 1.

ческой системы химических элементов (1863 г.), годы работы целой плеяды всемирно известных химиков и, наконец, время, когда в науку пришли принципиально новые методы исследования. Другой такой переломный период можно отметить в 40-е годы XX столетия, когда новые представления о строении вещества и мощнейшие технические средства его изучения обеспечили новый подъем в развитии данной отрасли знания.

Следует подчеркнуть необходимость и перспективность дальнейшей разработки вопроса об общем характере развития науки в целом и ее отдельных отраслей совместными усилиями историков естествознания и техники, специалистами по общей истории, социологами и философами {4}. Перед историками естествознания стоит задача проанализировать совместно с математиками, философами и экономистами также вопрос об «измерителях» развития науки. Во избежание методологических ошибок надо четко различать, с одной стороны, параметры, которым по самой их природе присущ предел роста (например, относительная численность людей, занятых наукой) — они имеют тенденцию развиваться по выположивающейся, так называемой «логарифмической» кривой, — и, с другой стороны, параметры, не имеющие наперед заданного предела развития (например, число проблем для науки и количество научного знания). Построение «кривых сатурации» для последнего рода явлений следует признать ошибочным.

#### Продуктивность труда ученых

При анализе исторического развития науки статистическими методами изолированное рассмотрение данных является, на наш взгляд, совершенно недостаточным. Более плодотворным и многообещающим нам представляется метод совместного рассмотрения статистических данных о развитии конкретных и тесно связанных между собой объектов внутри классической триады «Р — Т — S» («производство — техника — наука»).

Сравнивая характер изменения темпов развития данного вида производства (например, добычи угля), его технической оснащенности (количество и мощность угледобывающих машин) и науки (число научных работ по теории разрушения угля, по горным машинам

и механизации), мы можем делать определенные заключения об уровне и состоянии научно-технического прогресса в данной конкретной области.

Например, соотношение

$$\frac{dT}{dt} > \frac{dP}{dt} > \frac{dS}{dt}$$

имеющее, кстати сказать, место в угольной промышленности, свидетельствует об отставании развития данной отрасли науки от потребностей практики, из-за чего во многом быстрый количественный рост техники не сопровождается столь же быстрым улучшением качественных показателей производства (себестоимость, производительность и т. д.).

Наиболее оптимальным соотношением для современного периода создания материально-технической базы коммунизма следует, вероятно, считать соотношение

$$\frac{dS}{dt} > \frac{dT}{dt} > \frac{dP}{dt}$$

Оно означает, что широко известным высоким темпам развития нашего производства соответствуют еще более высокие темпы развития техники, а их, в свою очередь, опережают темпы развития науки.

Именно эту особенность развития науки имел в виду президент АН СССР академик М. В. Келдыш, когда на первом Всесоюзном совещании научных работников в Кремле говорил о необходимости обеспечить советской технике более высокие темпы развития, чем тяжелой промышленности, а естествознание развивать темпами, в свою очередь, опережающими темпы развития техники и технических наук.

В связи с тем, что перед историками естествознания и техники стоит задача получения широкопредставительного набора данных о соотношениях «Р — Т — S», уместно обсудить вопрос о существующих приемах статистического подсчета производительности, или «продуктивности», труда людей науки.

Необходимость серьезной разработки подобного вопроса мы можем рассматривать как своего рода прямое завещание Фридриха Энгельса. Более его лет назад, остро критикуя типичный для буржуазного экономиста подход к



науке, Ф. Энгельс писал: «Ему нет дела до науки. Хотя наука и преподнесла ему подарки через Бертолле, Дэви, Либиха, Уатта, Картрайта и т.д., подарки, поднявшие его самого и его производство на невиданную высоту, — что ему до этого? Таких вещей он не может учитывать, успехи науки выходят за пределы его подсчетов. Но при разумном строе, стоящем выше дробления интересов, как оно имеет место у экономистов, духовный элемент, конечно, будет принадлежать к числу элементов производства и найдет свое место среди издержек производства и в политической экономии. И тут, конечно, мы с чувством удовлетворения узнаём, что работа в области науки окупается также и материально, узнаём, что только один такой плод науки, как паровая машина Джемса Уатта, принес миру за первые пятьдесят лет своего существования больше, чем мир с самого начала затратил на развитие науки» (К. Маркс и Ф. Энгельс Соч. , т. I, стр. 554—555) {5}.

Современные зарубежные исследователи, как правило, используют в качестве показателя «продуктивности» работы ученого такой универсальный измеритель, как количество опубликованных

печатных работ. Широко пользуются им и в нашей обыденной практике. Между тем количество печатных работ само по себе, на наш взгляд, еще не является адекватным измерителем вклада в науку. Очевидно, что для этого необходимо отталкиваться прежде всего от результативности (прикладной и теоретической) исследования ученого.

Самое большее, на что указанный измеритель может претендовать, — это служить формальным, внешним показателем творческой активности ученого. Имея это в виду, мы считаем, что построенные на основе статистики печатных работ графики все же представляют некоторый интерес и являются определенным шагом вперед в решении сложной проблемы измерения «продуктивности» труда ученого.

На графике (рис. 2), построенном сотрудниками Института истории науки и техники Йельского университета (США), отражены в логарифмических координатах данные, взятые из реферативных журналов по химии и физике. График иллюстрирует распределение печатной научной продукции среди различных групп научных сотрудников.

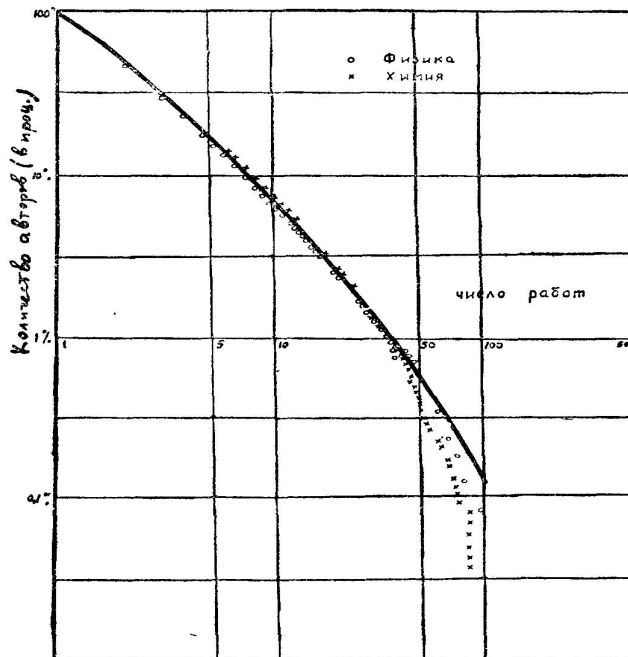
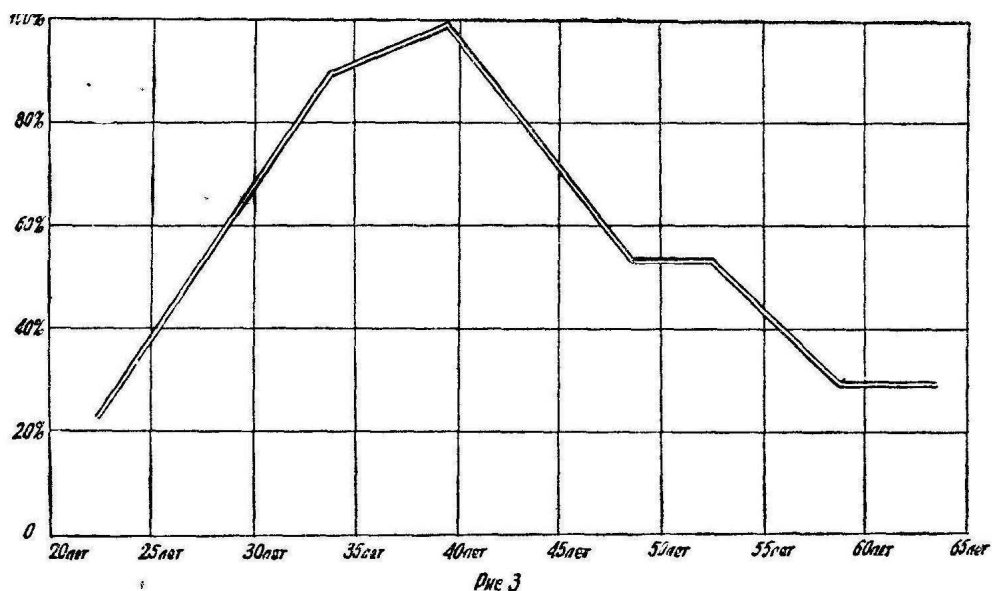


Рис. 2.



Статистические данные свидетельствуют о том, что 75 процентов авторов, публикуя каждый за свою жизнь 1—2 работы, в сумме дают лишь 1/4 часть всей печатной продукции.

На рис. 3 приведен график изменения индивидуальной «производительности» ученых в зависимости от возраста, составленный по биографическим данным большой группы ученых-естественников из одиннадцати стран (см. Н.С. Lehman. Scientific Monthly. Lancaster, 1954, vol. 78, № 5, p. 321—326).

Следует отметить определенное противоречие между данными Г. Лехмана и результатами, полученными учеными ГДР, изучавшими аналогичный вопрос (см. журнал «Наука и жизнь», 1964, № 2, стр. 20). Из 158 включенных в сферу анализа немецких ученых 96 начали печататься только в возрасте 25 лет и старше, в возрасте 30—39 лет они публиковали в среднем по 20 работ ежегодно, в возрасте 40—59 лет эта цифра составила 22—24, между 60 и 70 годами она снижалась до 18, а в 80 лет и позже — до 13. На наш взгляд, расхождение в этих данных объясняется прежде всего тем, что в первом случае учитывались данные тысяч различных ученых, во втором — данные 158 известных деятелей науки.

Было бы интересно проследить на статистически сопоставимых группах

ученых изменение возрастного распределения активности для двух следующих случаев: ученых, родившихся в середине XIX столетия, и ученых, родившихся в начале XX столетия. Можно предвидеть характерное для нашего века смещение «кривой активности» вправо. Оно в решающей степени должно быть отнесено за счет колоссально возросшего объема научной информации, необходимой современному ученому. Подсчитано, что сейчас для того, чтобы ученому самостоятельно подготовить и опубликовать за 45 лет творческой деятельности 100 оригинальных научных работ, ему нужно ознакомиться не менее чем с миллионом чужих работ, что составляет примерно по 60 работ в день. Условие практически невыполнимое.

Одним из радикальных выходов из подобной ситуации является объединение усилий ученых при решении научных проблем. Характерные данные о развитии за последние 50 лет коллективности в научной работе представлены на следующей диаграмме (см. рис. 4), которая составлена нами по статистическим данным, имеющимся в цитированной выше работе Д. Прайса.

Если в начале века 82 процента всех печатных работ принадлежало «соло-авторам», то в наши годы удельный вес та-

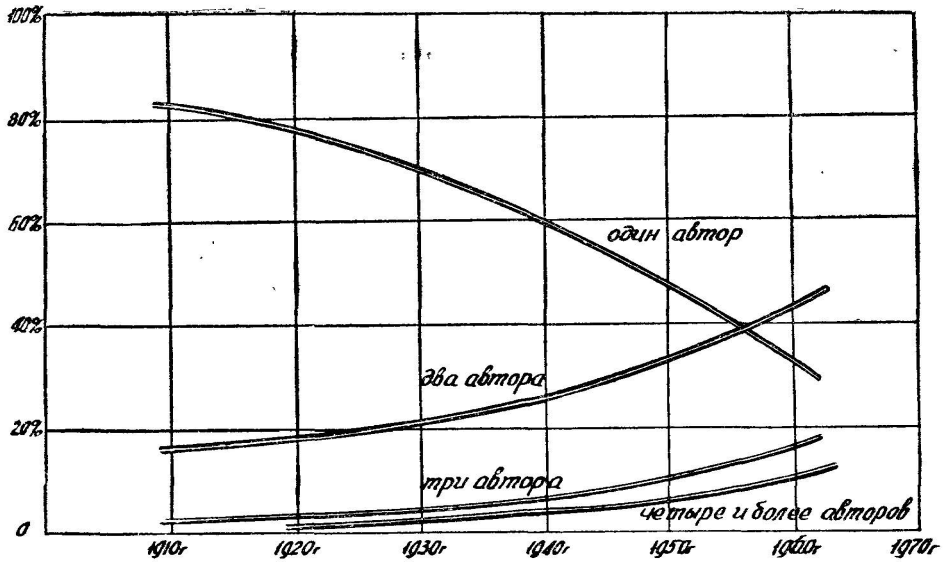


Рис 4

кого рода индивидуальных работ упал до 33 процентов. За полвека соответственно поднялась доля работ, написанных двумя авторами, с 16 процентов до 43 процентов, и тремя авторами — с 2 процентов до 15 процентов. Где-то в двадцатых годах появились первые печатные научные работы, подготовленные коллективами, состоящими из четырех и более авторов. В настоящее время удельный вес такого рода работ составляет 9 процентов всей печатной научной продукции и имеет тенденцию к быстрому росту.

Столь симптоматические изменения в авторстве научных работ являются прямым отражением объективной закономерности развития науки — перехода от индивидуальных методов исследования к коллективным.

В наше время случайные научные открытия, такие, например, как открытие, сделанное в свое время Беккерелем, если и не стали, может быть, более редкими по абсолютному количеству (из-за возросшего числа наблюдателей — ученых), то, во всяком случае, можно с уверенностью утверждать, что их удельный вес в общем процессе развития научного знания становится все меньшим. Наука переходит к раскрытию все более сокровенных, глубоких тайн природы. Для выполнения своих задач в современных условиях наука должна объединять знания и уси-

лия ученых многих (зачастую отдаленных) специальностей, использовать все более мощное и сложное научное оборудование, перерабатывать колоссальный массив разноотраслевой и разноязычной научной информации. Все это под силу только хорошо организованному, целесообразно укомплектованному и вооруженному современной научной техникой коллективам ученых, ведущим целеустремленную, настойчивую работу.

Можно с уверенностью утверждать, что в предвидимом будущем процесс возрастания роли коллективности в науке будет продолжаться. Одновременно с этим будет возрастать и видоизменяться роль ученого — организатора работы научных коллективов. Важно подчеркнуть, что коллективный характер современной науки находится в полном гармоническом соответствии с социально-экономическими особенностями и морально-этическими нормами нашего общественного строя.

Особый интерес представляют, на наш взгляд, прогнозирующие выводы, вытекающие из анализа относительных уровней научной активности в различных странах. Исследователями истории научного прогресса неоднократно отмечались изменения в уровнях развития науки в разных странах (см., например,

Дж. Бернал. Наука в истории общества. ИЛ, 1956, стр. 694—695, табл. 8) {6}.

Эти относительные изменения закономерно связаны с экономическим и социально-политическим развитием разных стран.

Японский ученый М. Юаса предпринял попытку количественно исследовать это явление. За показатель относительного уровня развития науки в той или другой стране он брал ту часть важнейших для своего времени научных результатов, которая приходится на долю деятелей науки данной страны. Если в какой-либо исторический отрезок времени этот вклад ученых превышал четверть всех приходящихся на те годы в мире достижений науки, Юаса характеризовал этот факт как перемещение в данную страну «центра научной активности» (M. Juas a. Center of Scientific Activity. «Japanese Journal of the History of Science», 1962, № 1, p. 57—75) {7}.

Юаса доводит свой анализ до конца нынешнего столетия. Он отмечает, что лидирующее положение в прогрессе науки, занятое США в 20-х годах, начиная с 50-х годов все более заметно уменьшается. Это происходит прежде всего из-за исключительно быстрого научного прогресса «в других странах мира, в том числе в СССР». В какую же страну (или страны) перемещается сейчас центр научного прогресса? Юаса осторожно пишет по этому поводу: «Мы не можем обсуждать будущее США без учета будущего СССР» (стр. 70). Приводимые же им, равно как и многими другими исследователями, фак-

тические данные определенно свидетельствуют о том, что сейчас центр научной активности перемещается в Советский Союз и другие социалистические страны.

В свете сказанного исторический процесс перемещения центров научной активности может быть проиллюстрирован следующей диаграммой (рис. 5) {8}.

Все в большей и большей степени надежды человечества на дальнейший быстрый научно-технический прогресс связываются с успехами нашей советской науки, безраздельно служащей людям. В этом состоит всемирно-исторический, глубоко интернациональный характер задачи, поставленной XXII съездом КПСС перед советской наукой: «Дело чести советских ученых — закрепить за советской наукой завоеванные передовые позиции в важнейших отраслях знания и занять ведущее положение в мировой науке по всем основным направлениям» («Материалы XXII съезда КПСС». Госполитиздат, 1961, стр. 418).

Как известно, одной из важных для нашего государства задач является обеспечение непрерывного и действенного анализа эффективности функционирования советской науки по всем ее направлениям. При этом особую актуальность приобретает разработка количественных методов анализа исторического опыта развития науки, выработка научной методики прогнозирования путей науки. Творческое содружество историков естествознания и техники с представителями естественных и гуманитарных наук окажется здесь весьма плодотворным {4}.

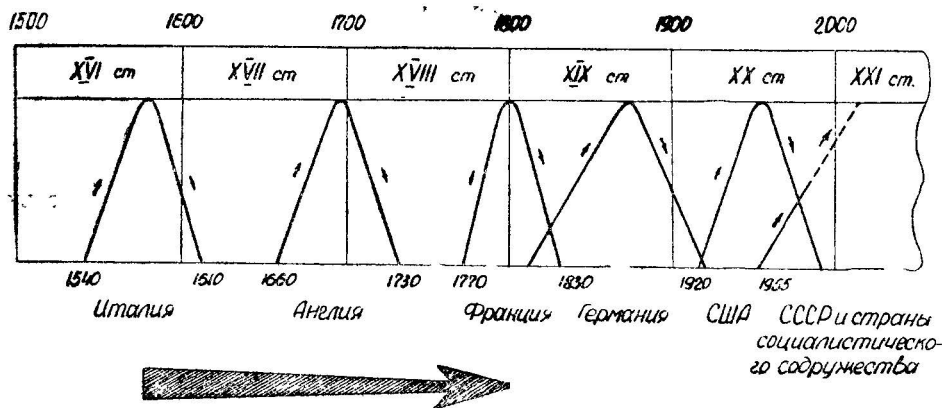


Рис 5.

Статья Г.М. ДОброва "О предвидении развития науки" впервые издана в журнале: Вопросы философии. — 1964. — № 10. — С. 71—82. Публикуется по названному изданию с воспроизведением авторских рисунков. Ссылки на комментарии даются в тексте в фигурных скобках.

1. В 1966 г. в книге "Наука о науке" (с. 7—8) Г.М. ДОбров отметил, что истоки закона ускоренного развития науки восходят к труду Р. Декарта "Рассуждение о методе".

2. Мечта о миллиарде операций в секунду уже превзойдена в тысячи и миллионы раз. Мощнейшим вычислительным комплексом Украины ныне является СКИТ-4 с общей пиковой производительностью свыше 33 терафлопс (триллионов операций в секунду). Производительность японского суперкомпьютера К, включающего около 90 тыс. процессоров, превышает 11 петафлопс (квадриллионов операций в секунду), и там уже разрабатывается значительно более мощный суперкомпьютер.

3. В эпоху, когда идея персонального компьютера размером с "транзистор" (так часто называли транзисторные приемники) уже воплощена в ноутбуках, "не лишенной смысла фантазией" стало построение микроскопических наноконьютеров; уже начата разработка нанотранзисторов как основы нанопроцессоров.

4. Сформулированная здесь идея комплексного подхода к познанию общих закономерностей развития науки легла в основу разработки основ науковедения и впоследствии привела к созданию Центра исследований научно-технического потенциала и истории науки НАН Украины.

5. Невостребованность науки со стороны бизнеса и государства стала проблемой, особо острой для постсоветских стран. Это — актуальнейшая проблема современного науковедения, которой был посвящен, в частности, Международный симпозиум "Отношение общества и государства к науке в условиях современных экономических кризисов: тенденции, модели, поиск путей улучшения взаимодействия", прошедший в Киеве 2—5 июня 2013 г.

6. Поднятая здесь проблема перемещения центров научной активности является глубоко актуальной и ныне. В частности, 19—23 октября 2011 г. в Киеве состоялся Международный симпозиум "Перемещение центров научно-технологической активности на европейском пространстве и межстрановая мобильность ученых и специалистов: современные тенденции".

7. В мировой научной литературе констатированные Мицутото Юасой закономерности получили название "Феномен Юасы". В Советском Союзе его работа, как и концепция перемещения центров научной активности, стала широко известной именно благодаря Г.М. ДОброву.

8. Эта диаграмма привлекла внимание ряда философов и организаторов науки того времени, воспроизводилась в работах Б.М. Кедрова (Наука о науке // Техника — молодежи. — 1968. — № 9. — С. 1—2), Ю.М. Шейнина (Sheinin Y. Science policy: Problems and Trends. M.: Progress, 1978. — 330 p.) и др.

*Подготовка текста, вступительная статья и комментарии выполнены  
А.П. Пилипенко, научным сотрудником Центра им. Г.М. ДОброва НАН Украины,  
редактором журнала "Наука и науковедение"*