

# Эволюция науки и проблемы профессиональной этики ученых

И. В. Мелихов

ИГОРЬ ВИТАЛЬЕВИЧ МЕЛИХОВ — доктор химических наук, член-корреспондент РАН, профессор, заведующий лабораторией гетерогенных процессов Химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов: кинетика фазовых превращений, топохимические реакции, радиохимия.

119899 Москва, Ленинские горы, МГУ, Химический факультет, тел. (095)939-34-49,  
E-mail melikhov@radio.chem.msu.ru

Тема профессиональной этики ученых постоянно обсуждается в печати и устно. В периоды, когда науке отводили роль избавителя от всех зол, ученых представляли подчеркнута высоко-нравственными в соответствии с особой ролью науки [1]. Позднее, когда наука стала считаться источником всех бед, бытовало общественное мнение о «безнравственном» поведении ученых, поскольку, непосредственно не создавая материальных ценностей, они потребляют немалую часть производимой обществом продукции [2].

В данной статье сделана попытка рассмотреть во взаимосвязи вопросы развития науки и этики ученых в рамках крайне упрощенной модели. В рассматриваемой модели под профессиональной этикой подразумевается совокупность общечеловеческих этических норм, конкретизированных применительно к деятельности ученых. Этические нормы в научной деятельности, по нашему мнению, должны удовлетворять двум основным требованиям, а именно, не противоречить общим принципам нравственности и способствовать развитию науки. Это определение предполагает рассмотрение проблем этики в тесной связи с эволюцией науки.

## Модель функционирования науки

Наука как сфера деятельности, вырабатывающая знания о реальном мире, представляет собой совокупность исследовательских лабораторий, накапливающих новую информацию о явлениях природы и создающих способы использования этой информации для решения проблем общества. Лаборатории ведут экспериментальные и теоретические работы, занимаются распространением новой информации, регулируют взаимоотношения друг с другом и с обществом.

Научная информация как основной итог в деятельности ученых — это доведенные до потребителя результаты измерения или расчета

параметров состояния исследуемых объектов. Новой информацией является та, которую нельзя получить расчетным путем с помощью общедоступных алгоритмов или извлечь из публикаций. Преобладающая часть новой информации циркулирует между лабораториями, стимулируя постановку и решение новых научно-исследовательских задач, а небольшая ее доля попадает в систему образования и СМИ.

Циркуляция информации между лабораториями осуществляется по двум информационным циклам (рис. 1). По пути «лаборатория—общедоступная публикация—лаборатория» циркулирует меньше половины новой информации, а по циклу «лаборатория—заказчик—лаборатория» передается остальная ее часть. Общедоступная публикация новой информации приводит к многократному ее «размножению». Публикация дает возможность сопоставлять новую информацию с известной, а сопоставление каждого нового факта с известным явлением равносильно получению новой информации об их взаимном влиянии. Циркуляция информации по первому циклу приводит к установлению общих закономерностей, что недоступно в рамках деятельности изолированной лаборатории.

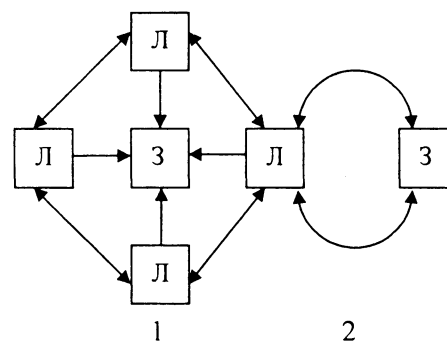


Рис. 1. Схема циркуляции научной информации.  
Л — лаборатория, З — заказчик

Во второй цикл попадает технологически важная информация, составляющая «коммерческую тайну» для всех, кроме узкого круга лабораторий, связанных с заказчиком. Со временем эта информация перестает быть секретной и перетекает в первый информационный цикл, но уже как общепринятые, «устаревшие» сведения.

Научные лаборатории резко различаются по тематике, методикам исследования и формам организации работ. Однако, если состояние каждой из них характеризовать организационно-деловыми параметрами  $\{X_i\}$  (численный состав лаборатории  $N$ , материальная обеспеченность работ  $M$ , интеллектуальный уровень  $m$ , деловая активность персонала  $a$  и т.д.), то все лаборатории выступают как равноправные члены одного множества. В каждый момент времени  $t$  это множество характеризуется функцией распределения лабораторий по  $\{X_i\}$ :

$$\varphi(X_i, t) = \frac{\partial q_t^n}{\partial X_1 \dots \partial X_n} \quad (1)$$

где  $q_t$  — число лабораторий, параметры состояния которых в момент времени  $t$  не превышают  $\{X_i\}$ ;  $n$  — число параметров состояния, вовлеченных в рассмотрение.

Учитывая соотношение (1), две основные характеристики научной деятельности — интенсивность накопления новой информации  $I(t)$  и качество этой информации  $K(t)$  можно представить в виде

$$I(t) = \int_0^\infty dX_1 \dots \int_0^\infty P \varphi(X_i, t) dX_n$$

$$K(t) = \int_0^\infty dX_1 \dots \int_0^\infty K \varphi(X_i, t) dX_n / q(t) \quad (2)$$

где  $P$  и  $K$  — соответственно темп накопления новой информации и параметр ее качества в отдельной лаборатории;

$q(t) = \int_0^\infty dX_1 \dots \int_0^\infty \varphi(X_i, t) dX_n$  — число лабораторий в момент времени  $t$ .

Можно предположить, что

$$P = P_1 n_i N (1 + \alpha) \text{ и } K = K_0 [y / y_\infty + U / U_\infty] \quad (3)$$

где  $P_1$  — информационный выход одной рабочей операции сотрудника лаборатории;  $n_i$  — среднее число операций, реализуемых сотрудником в единицу времени;  $\alpha$  — коэффициент размножения новой информации за счет ее взаимодействия со старой информацией;  $K_0$  — стандартный показатель качества информации;  $y$  — число элементарных процессов, учтенных при постановке исследования;  $U$  — доля результатов измерений, получившая теоретическое толкование;

$y_\infty$  и  $U_\infty$  — предельные значения  $y$  и  $U$  в области науки, к которой относится лаборатория.

Так как размножение информации происходит при сопоставлении новых фактов с установленными ранее, то

$$\alpha = \alpha_1 \Pi / \Pi_0, \quad \Pi = \int_0^t I(t_1) dt_1 \quad (4)$$

где  $\alpha_1$  и  $\Pi_0$  — нормирующие параметры, параметр  $\alpha_1$  определяется зрелостью теории, так что  $\alpha_1 = \alpha_0 (U / U_\infty)^\beta$ ;  $\Pi$  — полный объем информации, накопленной наукой.

Продолжая трактовку выражения (3), отметим, что величина  $y$  зависит от уровня знаний в исследуемой области, а следовательно, от объема информации  $\Pi$ , а также от технического оснащения лабораторий, т.е. от параметра  $M$ . Величина  $U$  увеличивается по мере роста  $\Pi$ , поэтому в линейном приближении можно записать

$$y = y_\infty M \Pi / M_0 \Pi_0, \quad U = U_\infty \Pi / \Pi_0$$

Приняв, что

$$P_1 = P_0 M / M_0, \quad m = [(y / y_\infty) + (U / U_\infty)] \quad (5a)$$

$$a = n_i / n_0$$

получим

$$P = P_0 n_0 \frac{M}{M_0} a N [1 + \alpha_0 (\Pi / \Pi_0)^{1+\beta}], \quad K = K_0 m \quad (5b)$$

где  $P_0$ ,  $n_0$ ,  $\alpha_0$  — стандартные характеристические параметры состояния лабораторий;  $\beta$  — показатель темпа развития теории.

Из соотношений (2) и (5) следует, что

$$\frac{d\Pi}{dt} = P_0 \bar{n} (\bar{M} / M_0) N_{06} [1 + \bar{\alpha}_0 (\Pi / \Pi_0)^{1+\beta}] \quad (6)$$

где  $N_{06}$  — общее число научных работников; чертой отмечены средние значения соответствующих характеристик.

С помощью уравнения (6), приняв, что  $\bar{\alpha}_0 \Pi / \Pi_0 \gg 1$  и  $\beta = 0$ , а объем информации  $\Pi$  пропорциональным числу публикаций  $B$  [3–5], т.е.  $(d\Pi / dt) / \Pi = (dB / dt) / B$ , можно оценить значение фактора  $W$ , характеризующего «физическое состояние» науки в целом или отдельных ее отраслей:

$$W = P_0 \bar{n} (\bar{M} / M_0) N_{06} \bar{\alpha}_0 / \Pi_0$$

На рис. 2 приведены результаты расчета фактора  $W$  для химии. В этих расчетах за величину  $B$  принимали число рефератов в журнале «Chemical Abstracts», в который попадало более 90% всех публикаций по химии [6]. Как оказалось, в период 1940–1970 гг. для химии  $\beta = 0$  и

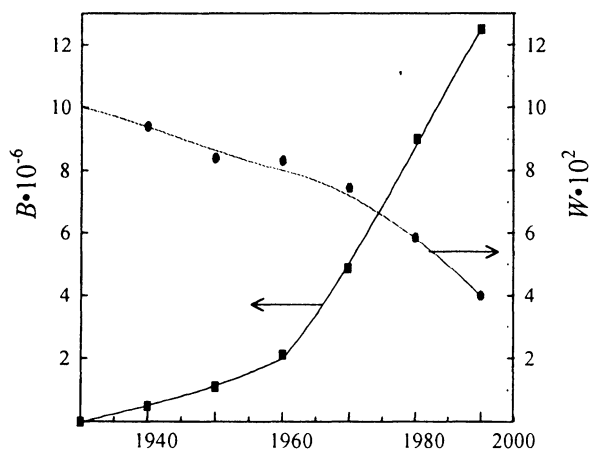


Рис. 2. Число публикаций  $V$  и фактор состояния науки  $W$  для химии в период 1930—1990 гг.

$W = 0,08 \pm 0,01$ , так что величина  $\Pi$  нарастала почти экспоненциально. После 1970 года, как показывают расчеты, фактор  $W$  уменьшился, хотя в этот период химические лаборатории оснащались дорогостоящим оборудованием, т.е. величина  $\bar{M}$  увеличивалась. По-видимому, падение  $W$  связано с оттоком исследователей из химии и снижением информативности работы химика-исследователя (уменьшение произведения  $P_0 \bar{n} N_{06}$ ).

#### Развитие личности исследователя

Творческие качества научного работника можно характеризовать параметрами эрудированности  $P_j$ , деловой активности  $a_j$  и талантливости  $l_j$ . Можно предположить, что по мере развития науки эти параметры менялись следующим образом.

Параметр  $P_j$  постоянно увеличивался: задачи исследований все время усложнялись и решать их были способны только люди с возрастающим запасом знаний. Параметр деловой активности работника  $a_j = n_j / n_0$  (где  $n_j$  — число деловых операций, обычно производимых сотрудником за стандартное время), по-видимому, изменялся двояко. Одна часть сотрудников (энтузиасты) с точки зрения деловой активности уже на ранней стадии развития науки характеризовались значениями  $a_j > 1$ . Для другой части (рядовые сотрудники) этот параметр оставался в интервале  $a_j = 0,5 \div 1,0$ . У энтузиастов параметр  $a_j$  со временем не менялся, а у рядовых работников, возможно, несколько возрастал.

Талантливость исследователей, проявляющаяся в способности к правильным интуитивным решениям, можно оценить отношением  $l_j = n_{j1} / n_{j0}$ , где  $n_{j1}$  — число задач, решенных на основе интуитивного выбора правильного пути поиска;  $n_{j0}$  — общее число задач, решенных работником. Так как интуиция развивается по мере

накопления знаний, то в науке поначалу имела место тенденция к возрастанию  $l_j$ . Этому способствовало то обстоятельство, что на ранних этапах развития науки задачи были относительно просты, контингент исследователей был малочисленным и вбирал в себя повышенное число энтузиастов. Однако позднее, когда увлеченность наукой приобрела массовый характер и увеличилось число рядовых сотрудников, а исследовательские задачи усложнились, стала доминировать тенденция к снижению параметра талантливости  $l_j$ .

#### Развитие системы лабораторий

Представим процесс эволюции науки в плане развития сети исследовательских лабораторий. Для детализации данной модели рассмотрим изменение во времени совокупности организационно-деловых параметров состояния лаборатории, т.е. изменение функции  $\varphi(X_i, t)$ , учитывая, что лаборатории пополняются новыми сотрудниками и теряют их, оснащаются новым оборудованием при износе старой аппаратуры, совершенствуются интеллектуально при неизбежном старении персонала.

Состояние лаборатории изменяется скачками, но наложение скачков при длительном наблюдении за процессом воспринимается как непрерывное направленное изменение  $\{X_i\}$ , осложненное флуктуациями. При этом каждая лаборатория

имеет конечную вероятность  $\omega(X_i, X_j, \Delta t)$  перехода из любого состояния  $\dot{X}_i$  в любое состояние  $X_j$  за интервал времени  $\Delta t$  под влиянием случайных обстоятельств в рамках некоторого разрешенного интервала  $(a_i, b_i)$ . Если достигаются границы интервала  $\{a_i\}$  или  $\{b_i\}$ , то финансирование лаборатории прекращается или она перепрофилируется. При этом действует закон сохранения числа состояний [6, 7], согласно которому лаборатория может перейти в данное состояние только из предыдущего состояния

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = - \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ G_i \varphi - \sum_{j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_j} (D_{ij} \varphi - \dots) \right] + W$$

при

$$G_i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \int_{a_i}^{b_i} d\dot{X}_1 \dots \int_{a_n}^{b_n} (X_i - \dot{X}_i) \frac{\omega}{\Delta t} d\dot{X}_n \quad (7)$$

$$D_{ij} = \frac{1}{2} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \int_{a_i}^{b_i} d\dot{X}_1 \dots \int_{a_n}^{b_n} (X_i - \dot{X}_i)(X_j - \dot{X}_j) \frac{\omega}{\Delta t} d\dot{X}_n$$

$$\varphi(a_i, t) = \varphi(b_i, t) = 0, \quad \varphi(X_i, 0) = \varphi_0(X_i)$$

где  $W$  — частота появления лабораторий в состоянии  $\{X_i\}$  в результате создания новых коллективов или перепрофилирования старых.

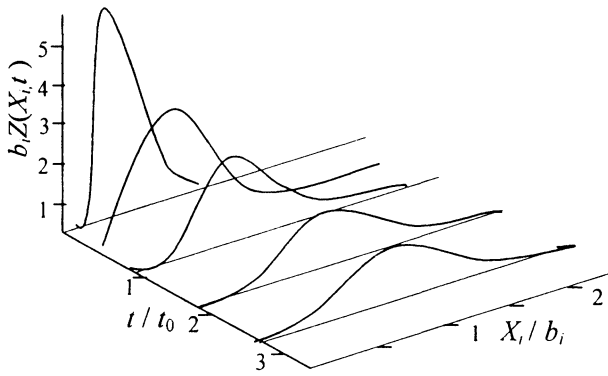


Рис. 3. Функция  $Z(X_i, t)$ .

$$D_{ii}/(G_0 b_i) = 5 \cdot 10^{-2}, G_i = G_0(1 - \bar{X}_i/b_i), t_0 = b_i/G_0, a_i = 0$$

Система уравнений (7) сильно упрощается, если рассматривать не всю науку в целом, а группу лабораторий  $q_0$ , которые изначально ( $t = t_0$ ) находились в одинаковом состоянии  $\{\dot{X}_i\}$ , а затем длительно функционировали при условиях, когда каждый из параметров  $\{\dot{X}_i\}$  мог меняться независимо от других параметров.

Тогда

$$\begin{aligned} \varphi(X_i, t) &= q_0 Z(X_i, t) \dots Z(X_n, t) \\ \varphi_0(X_i) &= q_0 \delta(X_i - \dot{X}_i) \\ \frac{\partial Z}{\partial t} &= -\frac{\partial}{\partial X_i} \left[ G_i Z - \frac{\partial}{\partial X_i} (D_{ii} Z) \right] \\ G_i &= \frac{\Delta X_{i1} - \Delta X_{i2}}{\tau_0}, D_{ii} = \frac{1}{2} \frac{(\Delta X_{i1} - \Delta X_{i2})^2}{\tau_0} \end{aligned} \quad (8)$$

где  $Z(X_i, t) = \partial q_x / \partial X_i$ ,  $q_x$  — доля лабораторий, у которых один из параметров меньше  $X_i$  при произвольных значениях других параметров;  $\Delta X_{i1}$  и  $\Delta X_{i2}$  — средние положительные и отрицательные сдвиги параметра  $X_i$  за характерное время  $\tau_0 \ll t$ .

Дадим оценку величин  $G_i$  и  $D_{ii}$  для каждого в отдельности параметра состояния лаборатории. Применительно к численности лаборатории ( $X_1 = N$ ) эти величины определяются следующими обстоятельствами. Наука вбирает в себя людей с повышенной склонностью к исследованиям. Численный состав работающих в науке пропорционален населению Земли  $N_0$ . Однако приток в науку возможен только при соответствующем ее финансировании. Обычно если по логике исследований требуется финансирование в объеме  $\Phi_v$ , то реальное ее финансирование  $\Phi$  оказывается меньшим [8]. Разница же  $\Delta\Phi = \Phi_v - \Phi$  является побудительной причиной ухода людей из науки.

Поэтому

$$\begin{aligned} \Delta X_{11} = \Delta N_1 &= \gamma_{11} N_0 \Phi / \Phi_0, \Delta X_{12} = \Delta N_2 = \\ &= \gamma_{12} N(1 + \beta_1 \Delta\Phi / \Phi_0) \end{aligned} \quad (9)$$

где  $\gamma_{11}$  и  $\gamma_{12}$  — соответственно вероятность прихода человека в науку и ухода из нее за время  $\tau_0$  при стандартном финансировании  $\Phi_0$ ;  $\beta_1$  — параметр, который можно назвать коэффициентом меркантильности ученых.

$$\text{При этом } \Phi = \rho_0 P \quad (10)$$

где  $\rho_0$  — стандартные затраты на производство единичной новой информации в данной лаборатории;  $P$  — темп накопления новой информации.

Соотношения (9) подразумевают, что при  $\Delta\Phi = 0$  уход из науки вызван только случайными обстоятельствами и старением персонала. При  $\Delta\Phi \rightarrow \Phi_0$  отток обусловлен также низкой зарплатой научных работников.

Применительно к материальной обеспеченности работ ( $X_2 = M$ ) имеем

$$\begin{aligned} \Delta X_{21} = \Delta M_1 &= \gamma_{21} (\Phi / \Phi_0) \tau_0 \\ \Delta X_{22} = \Delta M_2 &= \gamma_{22} (M / M_0) \tau_0 \end{aligned} \quad (11)$$

где  $\gamma_{21}$  — интенсивность обеспечения лаборатории средствами для работы при стандартном финансировании  $\Phi_0$ ;  $\gamma_{22}$  — интенсивность морального и физического износа оборудования при  $M = M_0$ .

Изменение интеллектуального уровня работ, согласно определению (5), характеризуется приращениями

$$\Delta X_{31} = \Delta m_1 = \frac{\Delta M_1 \Pi}{M_0 \Pi_0} + \tau_0 W \left[ 1 / \bar{\alpha}_0 + (\Pi / \Pi_0)^{1+\beta} \right] \quad (12)$$

$$\Delta X_{32} = \Delta m_2 = \Delta M_2 \Pi / (M_0 \Pi_0)$$

При этом, если деловая активность персонала лаборатории поддерживается на оптимальном уровне  $a \rightarrow 1$ , то

$$\Delta X_{41} = \Delta a_1 = \Delta X_{42} = \Delta a_2 = 0$$

Некоторые результаты расчетов функции  $Z(X_i, t)$ , представляющей упрощенную модель эволюции науки как череду переходных состояний некоторой совокупности лабораторий, приведены на рис. 3.

### Эволюция науки как целого

Модель (1)–(12) и статистические данные, приведенные в работах [4, 5, 8–11], позволяют представить следующую модель эволюции науки.

Наука в целом устойчиво развивалась по мере эволюции нашей цивилизации. Производительность науки  $I(t)$  и ее качество  $K(t)$  непрерывно возрастали. Это возрастание было нелинейным при сильной положительной обратной связи между  $I(t)$  и объемом получаемой информации  $L$ , что учитывают соотношения (2), (5) и (6). Во все времена развитие науки происходило через кооперативное взаимодействие лабораторий, которое реализовалось в виде «размножения» информации при сопоставлении результатов работы разных коллективов. В соотношении (6) кооперативное взаимодействие учитывается через параметры  $\bar{\alpha}_0$  и  $\beta$  (коэффициент размножения новой информации и показатель темпа развития теории).

Для некоторых отраслей науки в отдельные периоды их развития отмечался лавинообразный рост  $I(t)$ , по-видимому, при  $\beta > 1$ . Однако даже при  $\beta = 0$ , как это имеет место в химии (см. рис. 2), ускоренный рост был подобен скачку, растянутому на несколько десятилетий. В течение двадцатого века численность научных работников  $N$  и затраты на науку  $\Phi$  монотонно возрастали при незначительных флуктуациях  $N$  и  $\Phi$ . Но это не значит, что не было колебаний и периодов спада в развитии отдельных отраслей науки, просто эти колебания осреднялись без существенного нарушения монотонности развития науки как целого.

Монотонность повышения качества науки демонстрирует рис. 4. Не прибегая к расчету показателя качества новой научной информации  $K$  по формуле (3), о качестве науки можно судить по частоте  $\omega$  появления выдающихся изобретений, используемых человечеством в течение века и более, т.е.

$$K = K_0 \omega / \omega_0 \quad (13)$$

где  $K_0$  и  $\omega_0$  — нормирующие параметры.

Расчеты показывают, что данные, приведенные на рис. 4, можно описать формулой

$$\omega = \omega_0 \exp [3(t/t_0 - 1)] \quad (14)$$

где  $\omega_0 = 1 \text{ год}^{-1}$ ,  $t > t_0 = 700 \text{ лет н.э.}$

Судя по формулам (13) и (14), зачатки высококачественной науки появились уже в VII веке, после чего качество науки неуклонно возрастало (параметр  $K$  экспоненциально увеличивался).

Для любого периода развития науки было свойственно широкое распределение лабораторий по состояниям, причем функция распределения параметров состояния лабораторий  $\varphi(X_i, t)$  направленно смещалась в сторону больших значений характеристик  $X_i$  при одновременном ее расширении (см. рис. 3). Направленное смещение функции  $\varphi(X_i, t)$  определялось величинами  $\{G_i\}$ , а расширение — величинами  $\{D_{ij}\}$

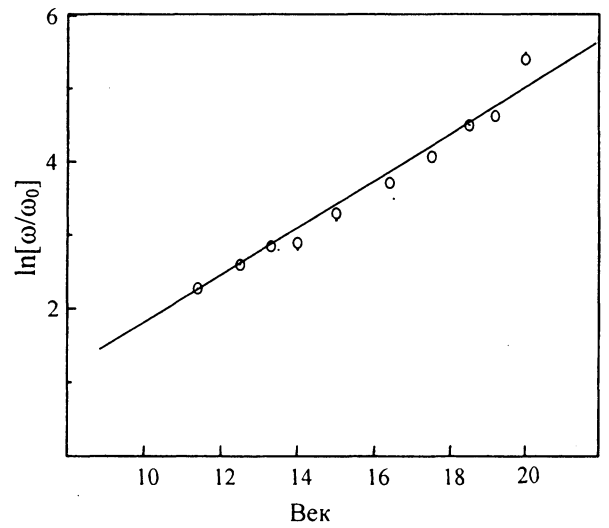


Рис. 4. Частота появления выдающихся изобретений. Данные работы [9]

(уравнения 7 и 8). Величины  $\{G_i\}$  и  $\{D_{ij}\}$  непрерывно возрастали во времени в связи с увеличением  $N_0$ ,  $\Phi$  и  $L$  и соответствующим преобладанием  $\Delta X_{i1}$  над  $\Delta X_{i2}$  (формулы 9—12). Это не означает, что условие  $G_i > 0$  выполнялось во всех отраслях науки. Но снижение  $\{G_i\}$  в пределах лабораторий отдельных отраслей компенсировалось ускоренным ростом  $\{G_i\}$  в других отраслях науки.

Смещение функции  $\varphi(X_i, t)$  в сторону больших значений  $\{X_i\}$  отражало процесс совершенствования науки. В реализации совершенствования науки одно из основных мест принадлежало конкуренции лабораторий за финансирование. Как уже отмечалось выше, запросы лаборатории  $\Phi_v$  в любой отрасли науки всегда были выше реального финансирования  $\Phi$ . Величина  $\Phi_v$  определялась тем, сколь полно сформулированы ближние и дальние задачи исследования, так что по мере развития науки запросы финансирования  $\Phi_v$  увеличивались. Величина же реального финансирования  $\Phi$  поддерживалась на уровне, обеспечивающем решение только ближайших задач, что давало  $\Delta\Phi > 0$ . В среднем финансирование удовлетворяло условию (10). Иногда с помощью рекламы удавалось повысить  $\Phi$ , но это действовало лишь кратковременно (в данной модели «рекламное завышение» учитывает коэффициент  $\rho_0$ ).

Из соотношения (10) следует, что если какая-либо лаборатория повышала производительность  $P$  сверх среднего уровня  $\bar{P}$ , то возрастало ее финансирование  $\Phi$ , снижалась разница  $\Delta\Phi$ , увеличивались приток сотрудников  $\Delta N_1$  и материальная обеспеченность работ  $\Delta M_1$ , т.е. в пределах этой лаборатории наука развивалась. Лаборатории же, которые работали в условиях  $\Phi_v \gg \Phi$  и  $\Delta N_2 \gg \Delta N_1$ , со временем исчезали, а их финансирование поступало в распоряжение

более совершенных лабораторий. Среди лабораторий, снабжающих новой информацией первый информационный цикл (см. рис. 1), отбор коллектива происходил быстрее, чем в случае деятельности в режиме второго цикла.

### Этические проблемы взаимоотношений научных работников и общества

Согласно модели (1)—(12) деятельность научных работников является единственным источником достоверных новых знаний, т.е. ученые представляют интеллектуальную элиту человечества. Это неминуемо приводит к тому, что ученые начинают относиться к остальному обществу с некоторой долей превосходства.

По мере развития науки чувство превосходства угасает, так как становится все более ясным, что каждая решенная задача рождает цепь нерешенных проблем. Это отражает уравнение (6). Если принять, что осредненное мнение ученых о своих возможностях снижается по мере увеличения объема новой информации  $P$ , то можно прийти к выводу (с помощью уравнения 6), что наука далеко ушла от высокомерия Лапласа, но еще не приблизилась к сократовскому пределу. По-видимому, самомнение каждого исследователя зависит от производительности его труда  $P$  (формула 5) и, следовательно, оно выше у рядовых работников, чем у энтузиастов. Число же рядовых работников увеличивается быстрее, чем энтузиастов, в результате чего осредненное мнение ученых об элитарности науки остается достаточно высоким.

Как демонстрируют соотношения (9)—(11), представление об элитарности науки находится в противоречии с порядком ее финансирования. Существование науки определяется фактором  $\Phi$ , а ее развитие — фактором  $\Delta\Phi$ , т.е. наука полностью зависит от произвола финансирующих организаций. В данной модели не детализируется механизм финансирования, как это делается, например, в работах [1—11]. Здесь только отметим, что финансирование  $\Phi$  большинства лабораторий колеблется во времени.

Периоды внимания, когда заказчики требуют от лаборатории новой технологии, материала или способа ведения дел, что обеспечивает высокое финансирование, сменяются периодами равнодушия, когда созданные лабораторией технологии или способы тиражируются и эксплуатируются, а финансирование снижается [12]. Для разных лабораторий такие периоды равнодушия наступают не одновременно, так что финансирование науки в целом изменяется во времени монотонно.

Сложившийся порядок финансирования науки приводит к необходимости регулировать взаимоотношения научных работников и общества с позиций «разумного эгоизма». Такая необходимость проявляется в соотношениях (6), (8)—(11).

Соотношения (6) и (10) отражают целесообразность реализации принципа максимальной пользы обществу от науки, так как реальное финансирование  $\Phi$  оказывается тем выше, чем больше приращение информации  $dP/dt$ . Возрастание же  $\Phi$ , согласно соотношениям (8), (9) и (11), обеспечивает увеличение численности сотрудников  $N_{об}$  и материальной обеспеченности  $\bar{M}$ , а следовательно, и фактора  $W$ , характеризующего состояние науки. Поэтому науке выгодно максимально удовлетворять потребности общества, а обществу — финансировать науку на уровне запросов  $\Phi_v$ . С этических позиций науке выгодно проявлять повышенное уважение к общественному мнению, а обществу — к мнению ученых.

В периоды внимания к науке общественное мнение обычно приписывает ей нереальные возможности, а в периоды равнодушия обсуждает вопросы, как ученые тратят деньги налогоплательщиков и каковы меры их ответственности за отрицательные последствия новых технологий [13, 14]. Поэтому в период внимания этичной является самокритика, а в период равнодушия — реклама деятельности ученых. При этом этические требования к ученым, работающим в режимах первого и второго информационных циклов, должны быть разными. Необходимо, чтобы в случае деятельности в режиме первого цикла стало нравственной нормой для ученых отчитываться перед обществом за идеи, которые разрабатываются, с высказыванием тех возможных опасностей, к которым приведет реализация этих идей [15].

При деятельности по второму циклу приходится считать этической нормой сохранение части результатов опытов в качестве «коммерческой тайны» в собственности заказчика. Только при такой «двойной этике» может быть достигнуто оптимальное сочетание между результативностью научных работ и их материальным обеспечением, т.е. могут быть реально получены большие значения  $\alpha_0, \rho_0, \gamma_{11}$  и приемлемые значения  $\gamma_{12}$  и  $\beta_1$  (см. уравнение 9—11), как это имеет место на практике [13—15].

### Этика межлабораторных отношений

В рамках модели (1)—(12) наука развивается в результате преодоления противоречия между характером труда ученого и способом использования результатов его работы. Согласно уравнению (3) каждая лаборатория решает свою задачу самостоятельно, т.е. ее труд носит индивидуальный характер. Согласно же уравнению (6) результаты работы лаборатории становятся значимыми только после их встраивания в общую систему знаний, т.е. здесь проявляется коллективный характер. Полученные лабораторией результаты используются в основном для «раз-

множения информации» путем сопоставления с тем, что было накоплено ранее.

Основными качествами межлабораторных отношений являются дисциплина и коллективизм. Только при строгой дисциплине проведения работ и взаимной согласованности действий лабораторий можно обеспечить большие значения  $\overline{\alpha_0, \beta}$  (см. уравнение 6) и добиться лавинообразного размножения информации.

Параметр  $P_0$  в уравнениях (5) и (6) можно представить в виде

$$P_0 = P_R - P_v - P_L$$

где  $P_R$  — полный удельный информационный выход лаборатории;  $P_v$  — доля информации, оказавшейся недостоверной;  $P_L$  — информация, которая не передается заказчику, а сохраняется в архиве лаборатории.

В работе каждой лаборатории не исключены ошибки, так что  $P_v > 0$ . Однако значения  $P_v$  понижаются при высокой дисциплине труда и коллективном опробывании методик аналогичными лабораториями. Вклад  $P_L$  также всегда ненулевой, так как часть информации лаборатория должна сохранять, обеспечивая тем самым свое развитие. Кроме того, лаборатории зачастую опасаются публиковать те данные, которые не согласуются с общепринятыми представлениями и мнениями авторитетов. Однако при коллективной работе  $P_L \rightarrow 0$ . Поэтому, если ввести параметр

$$P_c = (P_0 - P_v)/(P_R + P_v + P_L)$$

то по его значениям можно судить о степени коллективизма работы лаборатории одной отрасли или науки в целом.

У истоков науки, когда лабораторий еще мало, а стоимость научной работы невелика, необходимость научной кооперации не проявляется. В этот период достоверность результатов легко проверяется в конкурирующих лабораториях, а сохранение информации не влияет на состояние дел, так как ее размножение маловероятно.

По мере возрастания числа лабораторий  $q(t)$  и объема новой информации  $\Pi(t)$  воспроизведение результатов работ одной лаборатории в других коллективах становится нерентабельным и даже невозможным, так как это снижает интенсивность научной деятельности  $P_0$  при том же финансировании  $\Phi$ . Поэтому роль таких нравственных принципов, как профессиональная честность, дисциплинированность и коллективизм, возрастает. Только при соответствующем развитии этих качеств может быть выполнено условие  $P_c \rightarrow 1$ , характеризующее высоконравственное состояние научного сообщества. Однако для приближения к условию  $P_c \rightarrow 1$  следует ввести в науку ряд этических норм, в частности, требования не публиковать результаты без доказательств

их достоверности и без ссылок на более ранние публикации, участвовать в общих семинарах и конференциях, обмениваться научными услугами и т.д. [16].

Из уравнений (7)—(12) следует, что развитию кооперации лабораторий противодействует неизбежная их конкуренция за финансирование: каждая решенная задача рождает каскад новых задач и увеличивает  $\Delta\Phi$ , тем самым способствуя распаду тех лабораторий, которые находятся в худшем состоянии (см. формулу 9). Поэтому, чтобы конкурентная борьба не приводила к резкому уменьшению интенсивности и качества научных работ  $I(t)$  и  $K(t)$ , нужны методы объективной оценки возможностей лабораторий и параметра затрат  $p_0$ , а также этические нормы, обязывающие лаборатории принимать результаты объективных оценок без нарушения кооперации.

На практике объективности оценок стараются достичь путем взаимной анонимной экспертизы состояния лабораторий, а соответствующей этической нормой является согласие каждой лаборатории с результатами экспертизы без подозрений в необъективности оценок. Система экспертизы статей, проектов и программ исследовательских работ, действующая сейчас [5], представляется разумной, хотя и предполагает анонимность, что не вполне отвечает требованиям высокой морали.

#### Этика внутрилабораторных отношений

Модель развития лабораторий (1)—(12) предполагает, что каждый сотрудник вносит свой вклад  $P_{oj}$  в общий информационный выход  $P_0 = \sum P_{oj}$  лаборатории и потому является незаменимым. Между тем незаменимость сотрудников чревата конфликтами между ними. Конфликты имеют место в любой период сотрудничества, но их роль нарастает по мере увеличения численности лаборатории  $N$  и финансирования  $\Phi$ .

Вместе с тем при росте  $N$  и  $\Phi$  усложняются задачи исследований, и для их решения нужна информация, недоступная одному исследователю. Возникает потребность в «коллективном разуме лаборатории» и «мозговых штурмах», чему препятствуют конфликты. Ослабить это противоречие позволяют этические нормы внутрилабораторных отношений, способствующие равноправию и персональной ответственности каждого сотрудника за результаты его работы. Если персональный вклад  $P_{oj}$  каждого сотрудника объективно оценивается, то вероятность конфликтных ситуаций уменьшается [17].

По мере эволюции науки необходимость контроля за персональным вкладом нарастает. В лабораториях, работающих в условиях первого информационного цикла, постепенно становится неэтичным ограничивать участие в публикациях второстепенных соисполнителей работ. Превращается в норму оценка  $P_{oj}$  через конкурсы, аттестации, семинары и коллоквиумы, где все более

доминирует идея равноправия тематик и авторов. Изменяется представление об этичности внутри-лабораторной семейственности. У истоков науки семейственность рассматривалась как элемент коллективной работы, а позднее стала считаться ограничением равноправия сотрудников. Вместе с тем в лабораториях, работа которых проводится в рамках второго информационного цикла, сохраняются тенденции к утаиванию информации друг от друга и присвоению результатов коллективной работы руководителями программ как бы для обеспечения коммерческой тайны.

### Заключение

К настоящему моменту наука организовалась в развитую систему научно-исследовательских лабораторий, которые материально и интеллектуально совершенствуются в конкурентной борьбе за финансирование. Эта система устойчива и развивается без скачков и колебаний, несмотря на угасание некоторых отраслей науки.

Процесс развития науки можно описать в рамках кинетической модели, основанной на представлении об эволюции функции распределения лабораторий по состояниям. Данная модель не может быть непосредственно использована для анализа ситуации в науке, так как требует недоступной пока информации об изменении состояния лабораторий на протяжении длительного периода. Однако из предлагаемой модели следует, что в любой отрасли науки функция распределения лабораторий по состояниям расширяется при неуклонном совершенствовании лабораторий.

Из модели следует также, что моральная обстановка в научном коллективе не может быть непротиворечивой вследствие особого положения науки в обществе среди других сфер человеческой деятельности. Потребляя значительные средства, наука не производит материальных ценностей и полностью зависит от произвола финансирующих организаций. Поэтому, с одной стороны, ученые стремятся руководствоваться принципами максимальной пользы обществу с учетом того, что максимальную выгоду дает коллективная работа лабораторий при свободном обмене информацией. С другой стороны, результаты научной деятельности, имеющие прикладное значение, ученые должны сохранять в виде

«коммерческой тайны», а сохранение тайны препятствует коллективной работе, стимулируя негативные проявления (подозрительность, лицемерие и т.д.). Чтобы смягчить данное противоречие, в науке реализуется система этических норм, призванных обеспечить конкуренцию лабораторий за финансирование с минимальными моральными издержками.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Bernal J.D.* The social function of science. London: Routledge and Kegan Paul. 1939.
2. *Freeman C.* The economics of hope: Essays in technical change, economic growth and the environment. New-York: Pinter. 1992.
3. *Narin F.* Evaluative bibliometrics: The use of citation analysis in the evaluation of scientific activity. New Jersey: Computer Horizons. 1988.
4. *Bozeman B., Bretschneider A.* Assessing electronic merit review at the Natural Science Foundation. New-York: Syracuse Univ. 1990.
5. Наука и государственная научная политика. Под ред. А.А. Дынкина. М.: Наука 1998.
6. *Мелихов И.В.* Теор. основы хим. технологии, 1998, т. 32, № 4, с. 341.
7. *Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А.* Теоретическая физика. Т.2. М.: Наука, 1971.
8. Scientific productivity. Ed. F.M. Andrews. London: Cambridge Univ. Press. 1979.
9. *Абдулаев Р.Ф.* Философия информационной цивилизации. М.: Владос. 1994.
10. Научно-технический прогресс в СССР. М.: Финансы и статистика. 1990.
11. Science and engineering indicator. 1996. Wash (D.C.): Gov. print off. NSB. 1996.
12. *Boskin M.J., Low L.J.* In Technology and the wealth of nations. Stanford: Univ. Press. 1992.
13. *Morbey G.K.* Research and Technology Management. 1989, № 5, p. 20.
14. *Кануца П.Л.* Эксперимент. Теория. Практика. М.: Наука. 1987.
15. *Nioche J.P., Poinsard R.* Levaluation des politiques publiques. Paris: Economica. 1984.
16. The Making of the chemist. The Social History of Chemistry. Eds D. Knidht, H. Kragh. Cambridge: Univ. Press. 1998.
17. *Фромм Б.* Десять заповедей бизнеса и как их нарушать. М.: Текст. 1995.