

# МОЛОДЕЖНЫЕ ГРАНТЫ КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ НАУКИ: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ<sup>1</sup>

В.В. Клочков, С.М. Рождественская

Проведен анализ влияния финансовой поддержки в виде молодежных грантов на эффективность отбора более способных ученых. Оценено влияние финансовой обеспеченности ученого на время, которое он может посвящать науке, его результативность в период грантовой поддержки и, в конечном итоге, на качество отбора ученых по итогам их ранжирования. Определены требования к уровню грантовой поддержки. Оценено влияние на качество отбора длительности периода поддержки и наблюдения за результативностью ученых. Определены желательные временные и стоимостные параметры грантовой поддержки молодых ученых.

**Ключевые слова:** управление развитием, гранты, молодые ученые, жизненный цикл, продуктивность, ранжирование, эффективность, ошибки первого и второго рода.

## ВВЕДЕНИЕ

Традиционно принято оказывать особую поддержку молодым научным работникам. Считается крайне важным привлечь молодых специалистов в науку, чтобы обеспечить воспроизводство кадров и преемственность поколений в этой сфере, что особенно актуально ввиду тяжелых кадровых потерь отечественной науки с начала постсоветского периода. Однако такой мотив «поддержки молодежи» не уникален для науки и актуален для многих видов деятельности, особенно для высокотехнологичной промышленности. Предположим, что нынешние кадровые проблемы «переходного периода» будут преодолены. Нужно ли будет и далее «поддерживать молодых ученых»?

Нередко, особенно при сокращении ресурсных возможностей для финансирования научной сферы, возникает вопрос: нужны ли вообще механизмы финансовой поддержки научной молодежи и, в частности, особые гранты для молодых ученых, какова реальная польза таких механизмов финансирования для развития российской науки в целом (а не только для их получателей)? В ряде работ, например, [1–3], проводится, скорее, качественный анализ достоинств и недостатков грантовой системы финансирования научных исследований, иногда — статистический анализ апостериорной

результативности работы грантовых фондов. В настоящей работе, в отличие от предыдущих, проводится экономико-математическое моделирование возможного механизма влияния молодежных грантов на развитие науки, а также анализ возможностей системы молодежных грантов как инструмента управления развитием науки.

## 1. ОСНОВНАЯ ГИПОТЕЗА ИССЛЕДОВАНИЯ: ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА УЧЕНЫХ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИХ ОТБОРА

Молодые исследователи способны вносить ценный вклад в науку, в том числе выдвигая смелые и нестандартные идеи, и необходимо обеспечить им возможности для этого. Но в данной работе в центре внимания — иные аспекты материальной поддержки молодых ученых. Если различные формы базовой поддержки молодых исследователей призваны обеспечить устойчивое воспроизводство кадров, то гранты служат формой конкурсного финансирования. И хотя отдельный конкурс для молодежи призван создать ей более благоприятные условия, однако и в таком конкурсе будут победители и проигравшие. Поэтому молодежные гранты — это уже попытка отобрать в общем потоке молодых специалистов, приходящих в науку, более перспективных, по тем или иным критериям.

Как правило, конкуренция среди ученых весьма жесткая. И на протяжении жизненного цикла претенденты на право заниматься наукой постепенно отсеиваются, уходя в другие виды деятельности.

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-32-00025).

Механизмы финансирования научных исследований в значительной степени также конкурентные (это касается не только грантового финансирования — ведь и базовое финансирование выделяется на те научные позиции, которые сами по себе являются предметом конкуренции). Современная организация профессиональной науки предполагает ранжирование ученых, выделение более квалифицированных или заслуженных и отсева проигравших в этой конкуренции. В работах авторов и других исследователей [4–6] ставится под сомнение целесообразность ужесточения конкуренции в научной сфере. Так или иначе, внешняя оценка квалификации ученого и его заслуг неизбежна, но нужно учитывать возможность ошибок при таком оценивании и определять их влияние на эффективность науки в целом, на перспективы ее развития. Авторы работы [5] предложили простую модель ранжирования ученых по некоторым формальным признакам. Ранжирование проводится с целью отделения «лидеров», «активно работающих и талантливых ученых», от «научного балласта» для того, чтобы в дальнейшем именно первой категории ученых оказывать поддержку, а второй предложить уйти из профессии. По мнению апологетов конкурентной организации науки, это позволит повысить ее эффективность, измеряемую как соотношение затрат на ученых и их продуктивности. В свою очередь, результативность научной деятельности может измеряться какими-либо формальными показателями — например, числом публикаций (в том числе в определенных изданиях), их цитируемостью и т. п. В предложенной простейшей модели ученые делятся на два класса — высокопродуктивные в описанном смысле и низкопродуктивные (лидеры и аутсайдеры). Учитываются возможности ошибок двух видов при ранжировании (используется терминология, традиционная для статистических методов проверки гипотез):

- ошибки первого рода (отсеять истинно высокопродуктивного ученого), вероятность которой обозначим  $(1 - p)$ ;
- ошибки второго рода (признать высокопродуктивным посредственного исследователя), вероятность которой обозначим  $q$ .

Предполагается, что средняя производительность лидера в  $x$  раз выше по сравнению с аутсайдерами. Тогда, если истинная доля лидеров в научном сообществе составляет  $\alpha$ , средняя произво-

#### Характеристики формальных критериев ранжирования ученых (пример)

№ варианта	1	2	3
$p$	0,8	0,6	0,9
$q$	0,4	0,2	0,1

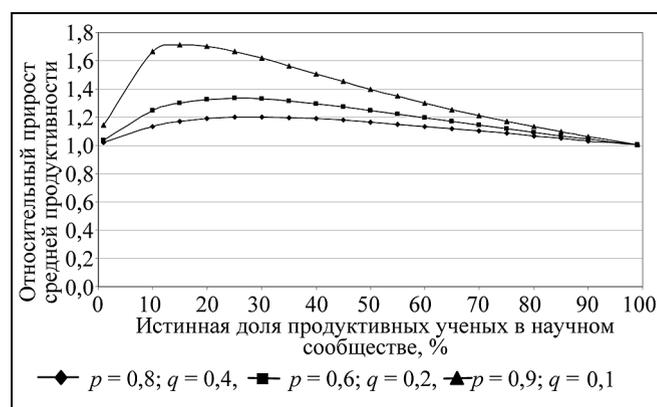


Рис. 1. Зависимость относительного изменения средней производительности ученых вследствие их отбора по формальным критериям ( $x = 3$ )

дительность ученых, отобранных по критериям с указанными выше характеристиками (вероятностями ошибок первого и второго рода) возрастет в

$$\frac{\bar{u}'}{\bar{u}} = \frac{p_{\text{апост}}^1 x + (1 - p_{\text{апост}}^1)}{\alpha x + (1 - \alpha)} \quad (1)$$

раз, где  $p_{\text{апост}}^1$  — апостериорная вероятность того, что отобранный ученый в самом деле оказался лидером. Эта вероятность определяется с помощью формулы Байеса:

$$p_{\text{апост}}^1 = \frac{p\alpha}{p\alpha + q(1 - \alpha)}. \quad (2)$$

В таблице рассмотрено три варианта формальных критериев классификации ученых. Первый — «мягкий» критерий ( $p = 0,8$ ;  $q = 0,4$ ) — достаточно хорошо выделяет сильных ученых, но не очень хорошо отсеивает слабых. Второй — «жесткий» критерий ( $p = 0,6$ ;  $q = 0,2$ ) — наоборот, достаточно часто ошибается при выделении сильных ученых, но лучше отсеивает слабых. Третий критерий ( $p = 0,9$ ;  $q = 0,1$ ) гораздо более точен и надежен, чем первые два, в обоих отношениях — вероятности ошибок первого и второго рода одинаковы и составляют лишь 10 %.

На рис. 1 и 2 изображены полученные по вышеприведенным аналитическим формулам (1) и (2) графики зависимости относительного изменения средней производительности ученых (измеряемой в условных «результатах» за период — публикациях, ссылках на них и т. п.) в результате отбора по формальным критериям № 1–3 (см. таблицу), от фактической доли высокопродуктивных ученых в научном сообществе  $\alpha$ . При этом считается, что средняя производительность лидера, измеренная в описанных условных результатах в год, в  $x = 3$  и в  $x = 10$  раз выше, чем производительность «посредственного» ученого. Графики имеют максимум

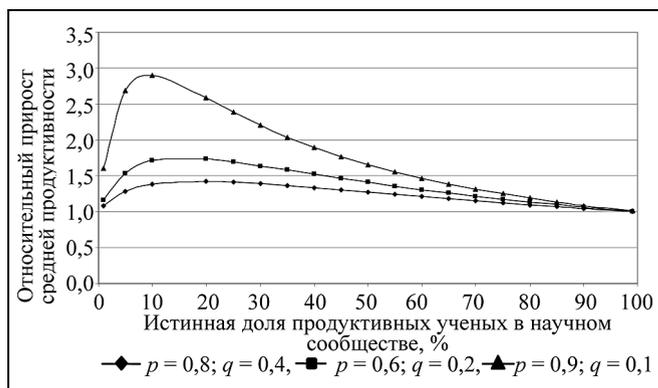


Рис. 2. Зависимость относительного изменения средней производительности ученых вследствие их отбора по формальным критериям ( $x = 10$ )

при некоторых значениях фактической доли высокопродуктивных ученых в научном сообществе  $\alpha$ . Таким образом, вне зависимости от этой доли — в реальности, ненаблюдаемой — можно оценить сверху максимально достижимую эффективность ранжирования ученых. При трехкратном превосходстве лидеров над «посредственными» учеными (см. рис. 1) максимальный прирост средней эффективности научной работы после отбора ученых по формальным показателям составит лишь 20—37 % соответственно. И даже относительно точный критерий № 3 при трехкратном превосходстве лидеров обеспечит прирост средней производительности труда, самое большее, лишь на 73 %. Несколько выше эффективность ранжирования ученых, если преимущество лидеров над «посредственными» коллегами будет десятикратным (рис. 2). Однако даже тогда прирост средней производительности ученых составит для грубых критериев, самое большее, 40—80 %, а для наиболее точного критерия будет менее чем трехкратным (тогда как, напомним, выделяемые по этому критерию лидеры превосходят своих коллег в истинной производительности в 10 раз).

Таким образом, как показано в работе [5], при достижимых в реальности показателях достоверности библиометрических критериев ранжирования (при вероятностях ошибок первого и второго рода порядка 0,1 и более) ожидаемый прирост средней эффективности ученых после такого ранжирования будет невелик. Подчеркнем, что сама по себе средняя продуктивность ученых — чрезвычайно примитивный критерий эффективности управления наукой. Но в статье [5] авторы приняли именно его, чтобы проверить — достигают ли апологеты формальных библиометрических критериев хотя бы заявляемых ими целей «повышения средней отдачи от науки на вложенный рубль», даже если отдачу понимать именно как поток пуб-

ликаций (безотносительно к их истинной значимости) или их цитируемости. При этом игнорируется более сложный, в реальности, коллективный характер научной работы и самого научного знания, как подчеркивалось в заключении статьи [5].

В настоящей работе используется тот же критерий эффективности науки, поскольку рассматривается механизм влияния на него молодежных грантов, применяемых в сложившейся «конкурентной» системе управления и финансирования науки. Что влияет на достоверность измерения результативности ученых, на вероятности ошибок ранжирования? Молодые исследователи, только начинающие свой путь в науке, как правило, не могут полностью обеспечивать себя за счет научной работы (особенно в странах, испытывающих дефицит средств на финансирование науки) и вынуждены подрабатывать более или менее далекими от области своих научных интересов способами. Причем это касается даже ведущих экономически развитых стран мира, где молодые исследователи вынуждены преподавать в университетах значительную часть своего времени, проводя семинарские занятия и ассистируя своему научному руководителю. Вопреки стереотипу, далеко не всегда такая преподавательская деятельность напрямую связана с тематикой научной работы аспиранта или постдока. В работе авторов [7] предложена простая экономико-математическая модель результативности ученого в зависимости, прежде всего, от его индивидуальной производительности (продуктивности), а также от уровня финансирования научной работы (она, в свою очередь, опирается на общие идеи в области моделирования индивидуального предложения труда, изложенные в работах [8, 9]). Учитываются такие факторы, как:

- индивидуальная потребность в средствах (которая как раз у молодых работников любой профессии выше, поскольку они должны создавать семью, растить детей и в то же время обзаводиться жильем, тогда как у более зрелых работников основная доля «инвестиционных расходов», как правило, уже позади);

- ставка оплаты «подработки», которая у более зрелых ученых, как правило, выше, чем у молодых, поскольку их статус и репутация позволяют получать и более выгодные предложения дополнительного заработка.

Качественные выводы из анализа построенной модели таковы. Молодые ученые, особенно в условиях, когда базовый уровень финансирования науки низок, вынуждены посвящать собственно научным исследованиям лишь очень малую часть своего рабочего времени. Потому их результативность лишь в малой степени отражает их реальные способности, их истинную научную продуктивность и, тем более, потенциал роста.



Таким образом, измеримая результативность работы ученых может сильно отличаться от их реальной продуктивности, особенно для молодых ученых, вынужденных тратить значительное время на подработку. Потому необходимо исследовать влияние этих факторов на точность и достоверность «оценки со стороны» продуктивности молодых исследователей. Описанные особенности ранних стадий жизненного цикла ученых таковы, что истинная продуктивность молодого ученого, его потенциал, выявляются лишь в малой степени. Гораздо большее влияние на измеримые показатели результативности ученого оказывают иные факторы — доступные возможности подработки, личные обстоятельства, повышающие индивидуальные потребности в средствах, и др. Причем они индивидуальны не в меньшей степени, чем собственно способности к науке (в том числе и по причине разницы в происхождении, финансовых возможностях семьи и др.). В итоге весьма вероятно, что истинно высокопродуктивный, способный ученый на ранних стадиях покажет относительно низкую результативность, тогда как менее способный — более высокую; т. е. «молодежные», точнее — «стартовые» эффекты резко повышают вероятности ошибок первого и второго рода при ранжировании ученых, что в дальнейшем снижает эффективность науки в целом. Если истинные способности молодых ученых выявляются недостоверно, с одной стороны, отсеиваются и уходят из науки более способные к ней, а с другой стороны — получают поддержку и далее остаются в профессии менее способные. Поэтому молодежные гранты (а также прочие формы материальной поддержки), будучи некоторым авансом молодым исследователям, избавляют их — в большей или меньшей степени — от необходимости подработки, позволяют сосредоточиться на научной работе, продемонстрировать свою истинную продуктивность. Далее возрастают точность оценивания продуктивности ученых, достоверность их ранжирования и отсева менее способных и, в конечном итоге — средняя продуктивность тех исследователей, которые смогут остаться в профессии и продолжить научную карьеру. В данной работе эти качественные предположения проверяются путем математического моделирования. Затем на основе анализа построенных моделей будут выработаны некоторые рекомендации по совершенствованию механизмов материальной поддержки молодых ученых.

## 2. МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКИ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ РАБОТЫ УЧЕНЫХ

Количественную оценку эффективности описанных выше механизмов финансовой поддержки

ученых можно получить следующим образом. Рассмотрим период наблюдения над результативностью ученого длительностью  $t$  лет (по итогам этого периода и будет приниматься решение о его дальнейшей профессиональной судьбе). За этот период ученый может получить некоторое случайное количество обобщенных «результатов» (публикаций в определенных изданиях, ссылок на эти публикации и т. п.). Они и служат мерилем продуктивности ученого. И хотя их количество случайно, но интенсивность их появления прямо пропорциональна, прежде всего, уровню индивидуальной продуктивности ученого, отражающей его способности, а также времени, которое ученый может уделять собственно науке, а не подработке. За  $t$  лет это время составит  $t\delta_{\text{НИР}}$ , где  $\delta_{\text{НИР}}$  — доля календарного фонда рабочего времени, которую ученый может посвятить именно научной работе. Согласно модели, предложенной авторами в работе [7], эта доля выражается формулой:

$$\delta_{\text{НИР}}(k_0) = 1 - k_{\text{пут}}(1 - k_0), \quad (3)$$

где  $k_0 = z_0/z_{\text{min}}$  — коэффициент достаточности базового финансирования (в свою очередь,  $z_0$ , ден. ед./год — уровень базового финансирования научной работы, при полной занятости;  $z_{\text{min}}$  — минимально необходимый данному ученому уровень

годового дохода),  $k_{\text{пут}} = \frac{z_{\text{min}}}{w \cdot 2912}$  — отношение минимально необходимого дохода к оплате подработки (здесь ставка оплаты подработки обозначена  $w$ , ден. ед./ч, а 2912 ч — календарный годовой фонд рабочего времени при полной занятости).

Разумеется, должно выполняться неравенство  $z_0 \leq z_{\text{min}} \leq z_0 + 2912w$ , гарантирующее, что доля времени на НИР лежит в пределах от 0 до 1.

Именно описанную долю рабочего времени  $\delta_{\text{НИР}}$  и помогает повысить финансовая поддержка ученого, приближая  $z_0$  к  $z_{\text{min}}$ .

Пусть продуктивность «посредственного» ученого, т. е. интенсивность появления результатов в течение года при 100%-й занятости научной работой, составляет  $y$  результатов, а для лидеров — в  $x$  раз больше, т. е.  $xy$ . Пусть закон распределения потока «результатов» является простейшим, или пуассоновским. Тогда вероятности того, что за период  $t$  ученые — лидеры и аутсайдеры — получат ровно  $y$  результатов, определяются формулами вида:

$$p_{\text{аутсайдер}}(y, t) = \frac{e^{-\bar{y}(t)} [\bar{y}(t)]^y}{y!}; \quad (4)$$

$$p_{\text{лидер}}(y, t) = \frac{e^{-x\bar{y}(t)} [x\bar{y}(t)]^y}{y!}; \quad (5)$$

где

$$\bar{y}(t) = ut\delta_{\text{НИР}} \quad (6)$$

— среднее число результатов аутсайдера за период наблюдения  $t$ .

Далее на основании измеренного случайного числа результатов ученый по итогам ранжирования будет отнесен к высокопродуктивным (и, соответственно, получит постоянную позицию, сможет остаться в науке и далее повышать свой статус и квалификацию) или к низкопродуктивным (и будет вынужден уйти из профессии). Проводящие ранжирование (органы государственного управления, фонды, финансирующие научные исследования и др.) сами устанавливают порог  $y_{\text{порог}}$ , отделяющий избранных ученых от прочих. При этом они не могут оптимизировать его по интегральным критериям повышения средней производительности выделенных ученых, поскольку:

— не знают истинной доли высокопродуктивных ученых в общей массе<sup>1</sup>  $\alpha$ ;

— тем более, не знают индивидуальных факторов, определяющих возможности конкретного ученого заниматься собственно наукой (т. е., в терминах предлагаемых моделей, не знают доступной данному ученому ставки оплаты подработки  $w$ , а также минимально необходимого ему дохода  $z_{\text{мин}}$ ).

Рассмотрим последствия установления порога на некотором произвольном уровне  $y_{\text{порог}}$ . Вероятности того, что такой порог преодолет высокопродуктивный, т. е. способный ученый, а также ученый с низкой продуктивностью, можно выразить через интегральные функции распределения Пуассона (они равны вероятностям того, что результативность обеих категорий ученых за период наблюдения не превысит установленного порога):

$$P_{\text{аутсайдер}}(y_{\text{порог}}, t) = \sum_{i=0}^{i=y_{\text{порог}}} p_{\text{аутсайдер}}(i, t); \quad (7)$$

$$P_{\text{лидер}}(y_{\text{порог}}, t) = \sum_{i=0}^{i=y_{\text{порог}}} p_{\text{лидер}}(i, t). \quad (8)$$

Фактически, эти функции и определяют вероятности ошибок первого и второго рода в модели ранжирования ученых:

$(1 - p) = P_{\text{лидер}}(y_{\text{порог}}, t)$  — вероятность ошибки первого рода, т. е. отсева высокопродуктивного ученого;

<sup>1</sup> Согласно выводам, полученным в работе [5], от этой доли зависит относительный прирост средней продуктивности ученых по итогам их ранжирования и отбора, а также оптимальная политика проводящих ранжирование и отбор ученых. Это наглядно показывают и графики на рис. 1 и 2.

$q = 1 - P_{\text{аутсайдер}}(y_{\text{порог}}, t)$  — вероятность ошибки второго рода, т. е. отбора низкопродуктивного ученого.

Итак, пользуясь формулами (4)–(8), можно оценить в рамках принятых здесь предпосылок вероятности преодоления порогов отбора учеными-лидерами и учеными-аутсайдерами в зависимости от управляющих переменных — от доли времени, посвящаемой науке (она растет благодаря грантовой поддержке), от жесткости самого порога и от длительности периода наблюдения (и, опять же, грантовой поддержки молодых исследователей):

$$p = 1 - P_{\text{лидер}} = p(y_{\text{порог}}, t, \delta_{\text{НИР}});$$

$$q = 1 - P_{\text{аутсайдер}} = q(y_{\text{порог}}, t, \delta_{\text{НИР}}).$$

Далее, в принципе, получившиеся выражения для вероятностей ошибок первого и второго рода можно подставить в формулы (1), (2) и оценить относительный прирост средней производительности ученых после их отбора и ранжирования:  $\bar{u}'/\bar{u} = f(y_{\text{порог}}, t, \delta_{\text{НИР}})$ . В свою очередь, уровень грантовой поддержки  $\Delta z$  можно подставить в формулу (3), строго выразив обеспечиваемую этим уровнем долю времени, посвящаемую науке:

$$\delta_{\text{НИР}}(\Delta z) = 1 - \frac{z_{\text{мин}}}{w \cdot 2912} \left( 1 - \frac{z_0 + \Delta z}{z_{\text{мин}}} \right).$$

Далее остается учесть, что ограниченный бюджет  $M$ , выделяемый на грантовую поддержку совокупности из  $N$  молодых ученых, может расходоваться по-разному: можно повышать размер грантов  $\Delta z$  или длительность периода грантовой поддержки  $t$ :

$$\bar{u}'/\bar{u} \rightarrow \max_{y_{\text{порог}}, t, \Delta z} |\Delta z t N = M,$$

т. е. можно полностью формализовать задачу управления развитием науки в рамках описанного здесь механизма. Также можно разнообразить критерии оптимальности — прежде всего, пользуясь моделями [5], оценить сокращение численности ученых при таком отборе и снижения общей продуктивности научной сферы, неизбежного при отсеивании части ученых. Но в этой работе такой формальный анализ до конца проводить нецелесообразно. Достаточно качественно оценить вероятности преодоления установленных порогов учеными-лидерами и учеными-аутсайдерами в зависимости от доли времени, посвящаемой науке, при грантовой поддержке, от ее длительности и жесткости порогов отбора. Полученные при этом количественные оценки уже позволят обосновать качественные выводы и рекомендации.



### 3. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДОЛИ ВРЕМЕНИ, ПОСВЯЩАЕМОЙ НАУКЕ, И ЖЕСТКОСТИ ПОРОГА РАНЖИРОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ОТБОРА УЧЕНЫХ

При низком уровне ресурсной обеспеченности научной деятельности (и, соответственно, при малой доле времени, которую ученые смогут тратить на занятие наукой), интенсивности обоих потоков результатов будут относительно низкими, поскольку ученые вынуждены тратить большую часть времени на подработку. Как это отразится на вероятностях ошибок при ранжировании и отборе ученых?

Предположим, что при ранжировании в качестве порога выбрано:

а) ожидаемое число результатов, которое должен получить высокопродуктивный ученый за период наблюдения, т. е.  $y_{\text{порог}} = xui\delta_{\text{НИР}}$ ;

б) 70 % ожидаемой результативности лидера, т. е.  $y_{\text{порог}} = 0,7xui\delta_{\text{НИР}}$ ;

в) 30 % ожидаемой результативности лидера, т. е.  $y_{\text{порог}} = 0,3xui\delta_{\text{НИР}}$

(результат округляется до ближайшего целого числа, но не менее 1). Особо подчеркнем, что с ростом доли времени, уделяемой науке,  $\delta_{\text{НИР}}$ , и порог ранжирования возрастает, поскольку ожидается, что ученые могут больше времени посвящать науке, а не подработке. И наоборот, понимая, что ученые вынуждены подрабатывать, контролирующие органы или научные фонды снижают требования к результативности за период наблюдения. Такое допущение весьма оптимистично, поскольку для проведения описанной политики орган управления наукой должен знать реальные условия работы и жизни ученых — пусть даже не индивидуальные, а среднестатистические. На практике это не выполняется, в том числе и по причине преднамеренного искажения администрацией научных и образовательных учреждений сведений о доходах ученых<sup>1</sup>.

Найдем вероятности того, что установленный порог преодолели высоко- и низкопродуктивные ученые, которые в реальности посвящают научной работе произвольную долю времени  $\delta_{\text{НИР}}$  в диапазоне от 20 до 100 %. На рис. 3 изображены графики

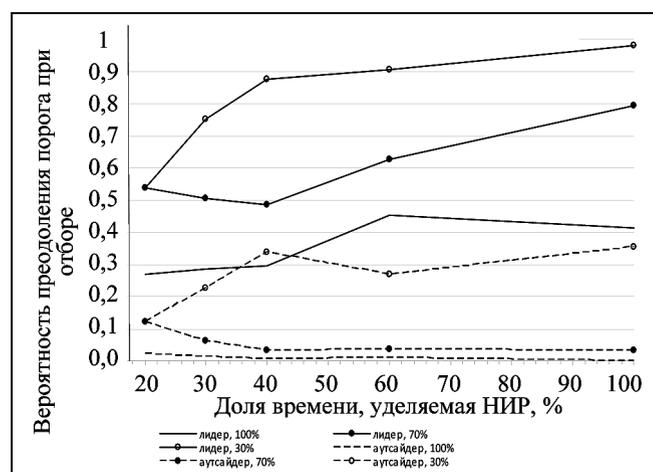


Рис. 3. Зависимость вероятности прохождения отбора учеными различной продуктивности от доли времени, посвящаемой научной работе ( $t = 3$  года)

зависимости вероятностей преодоления описанных порогов ранжирования (варианты А — В) для высоко- и низкопроизводительных ученых от доли времени, посвящаемой науке,  $\delta_{\text{НИР}}$ . Эти графики получены аналитическим расчетом по вышеприведенным формулам (7) и (8) вероятностей преодоления установленных порогов, в которые, в свою очередь, подставлены вероятности получения за период наблюдения ровно  $u$  результатов из формул (4) и (5). Эти вероятности зависят от доли времени, посвящаемой научной работе, согласно формуле (6). Здесь приняты такие исходные данные:  $u = 1$  результат в год;  $x = 3$  (т. е. лидеры превосходят аутсайдеров в продуктивности втрое);  $t = 3$  года. Из этих графиков видно<sup>2</sup>, что при относительно низких долях времени, уделяемого науке,  $\delta_{\text{НИР}} = 20\text{—}30\%$ , вероятность преодолеть любые пороги ранжирования (даже относительно мягкий, 30%-й, соответствующий варианту В) для аутсайдеров низка, т. е. отсева низкопродуктивных ученых будет весьма достоверным. В то же время, и высокопродуктивные ученые преодолеют 50%-й порог (вариант Б) с вероятностью около 0,5, а 30%-й (вариант В) — с вероятностью лишь око-

<sup>1</sup> Стремясь формально выполнить требования так называемых «майских» (2012 г.) указов Президента РФ, в частности, требование обеспечения средней зарплаты научных работников и преподавателей вузов на уровне не ниже 1,5—2 средних зарплат по региону, администрации переводят работников на все меньшие дробные части ставок (при том, что реальный объем работы не сокращается), обеспечивая рост зарплат в расчете на ставку. Такая политика неизбежна, поскольку выполнение «майских» указов не было обеспечено ростом финансирования и фонда зарплат в вузах и научных организациях.

<sup>2</sup> Следует пояснить немонокотность графиков и наличие на них участков убывания — хотя, на первый взгляд, чем выше доля времени, посвящаемая НИР, тем выше вероятность преодоления порогов отсева. Но с ростом доли времени, посвящаемой НИР, в данной модели возрастают и нормативы продуктивности. Т. е. финансирующие науку и контролирующие органы ожидают, что, посвящая науке больше времени, ученые должны получать больше результатов — и соответственно повышают планку отбора (что весьма близко к реальности). Кроме того, эта планка определяется в данной модели дискретным образом, и если ожидаемое количество результатов лидера за период будет дробным, норматив получается округлением этой дроби до ближайшего целого числа.

ло 0,7. Что касается варианта А, т. е. попытки потребовать от высокопродуктивных ученых показать результативность на уровне ее математического ожидания за период наблюдения, такой порог ученые-лидеры преодолеют с вероятностью лишь около 0,3. Отсев будет настолько жестким, что потери кадрового потенциала науки окажутся существенно более весомыми, чем повышение ее средней эффективности (согласно модели [5], оно составит, в лучшем случае, лишь 20—30 %). Таким образом, в этом случае целесообразно принять относительно мягкий, 30%-й порог ранжирования ученых, что обеспечит вероятности ошибок первого рода не более 0,25—0,45, и второго рода — не более 0,12—0,22. Однако при этом возможный прирост средней продуктивности ученых по итогам их отбора не превысит 20 %.

Если же ученые смогут уделять науке большую часть своего рабочего времени, свыше 60—70 %, тогда, как видно из графиков, вероятности ошибок первого и второго рода несколько сократятся. В данном примере высокопродуктивные ученые смогут преодолевать 30%-й порог почти гарантированно, а 70%-й — с вероятностью 0,6 и выше, т. е. вероятности ошибок первого и второго рода составят:

— для 30%-го порога (вариант В) — соответственно, не более 0,1 и 0,28 (что лучше «мягкого» критерия в таблице);

— для 70%-го порога (вариант Б) — соответственно, не более 0,37 и около 0,05 (что лучше «жесткого» критерия в таблице).

В таких условиях наибольший прирост эффективности науки (и относительно приемлемые потери количественного состава ученых) обеспечит 70%-й порог (вариант Б). Наиболее жесткий, 100%-й порог результативности, с одной стороны, обеспечивает почти гарантированный отсев аутсайдеров. С другой стороны, и отсев лидеров составит около 50 %, даже если ученые все рабочее время будут посвящать науке.

Особо подчеркнем: здесь считается, что высоко- и низкопродуктивные ученые могут уделять науке одинаковую долю времени, т. е. интенсивности потоков получаемых ими результатов отличаются во столько же раз (в пользу «лидеров»), во сколько раз «лидеры» продуктивнее «аутсайдеров». И даже при таком допущении случайные колебания числа результатов за период наблюдения приводят к тому, что достоверно отделить «лидеров» от остальных исследователей не удастся. В реальности условия, в которых проводится ранжирование ученых, будут еще более пессимистичными. Более чем возможно, что низкопродуктивный «аутсайдер», тем не менее, обладая лучшими стартовыми финансовыми возможностями, сможет уделять науке больше времени, чем «лидер», и даже по ожидаемой результативности будет превосходить

потенциального «лидера». Такие ситуации нередко встречаются в реальности. Положение усугубляется усилением имущественного неравенства, платности образования и др., ослаблением «социальных лифтов» в рыночной экономике. С учетом этих аспектов финансовая поддержка молодых ученых еще более актуальна и эффективна. Выделение молодым ученым суммы, достаточной для полноценных занятий наукой, в идеале полностью нивелирует различие в индивидуальных финансовых возможностях и потребностях, позволяя оценивать истинную продуктивность ученых.

#### 4. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПЕРИОДА НАБЛЮДЕНИЯ НА КАЧЕСТВО РАНЖИРОВАНИЯ И ОТБОРА УЧЕНЫХ

Можно заметить, что в рассмотренном выше примере общая продолжительность периода наблюдения относительно невелика, с учетом принятых значений продуктивности ученых. Наиболее вероятные численности результатов за период наблюдения будут малыми — порядка нескольких единиц, что и порождает высокие вероятности ошибок ранжирования. На рис. 4 приведены графики, аналогичные таковым на рис. 3, но полученные для еще более короткого периода наблюдения — 1 год. В этом случае, как можно видеть на графиках, ранжирование и отбор ученых вообще теряют смысл, поскольку их достоверность будет неприемлемо низкой даже при 100%-й занятости ученых исследованиями. При высокой доле времени, посвящаемой НИР (близкой к 100 %), наиболее целесообразным будет установить мягкий порог ранжирования, соответствующий 30 % ожидаемой результативности ученых-лидеров.

Однако более рациональным было бы увеличение длительности периода наблюдения. Возмож-

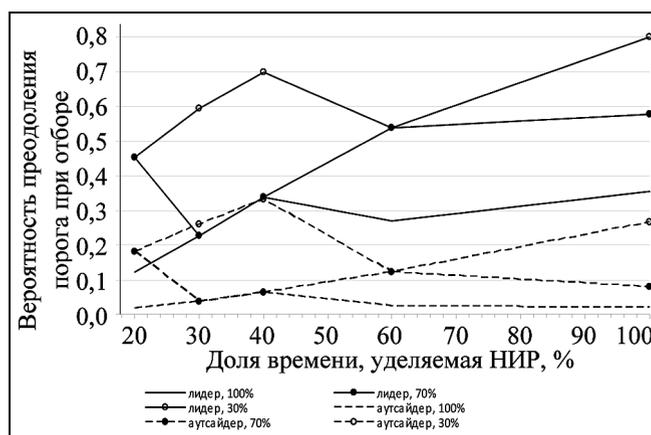


Рис. 4. Зависимость вероятности прохождения отбора учеными различной продуктивности от доли времени, посвящаемой научной работе ( $t = 1$  год)

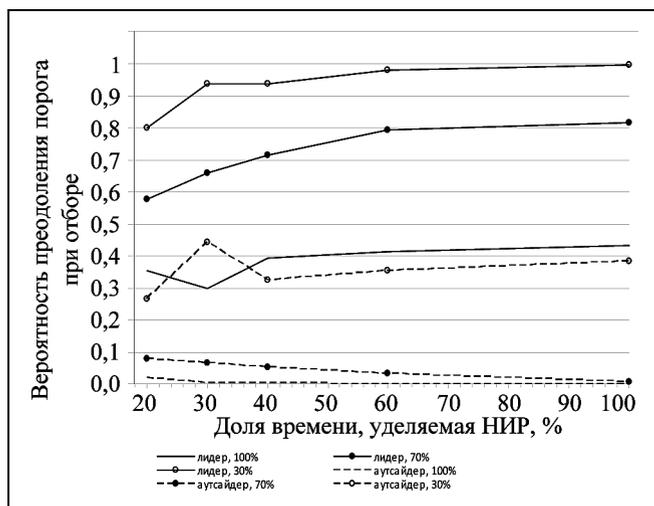


Рис. 5. Зависимость вероятности прохождения отбора учеными различной продуктивности от доли времени, посвящаемой научной работе ( $t = 5$  лет)

ный прирост затрат на финансовую поддержку ученых в течение этого периода будет оправдан более высоким качеством их ранжирования и последующего отбора. На рис. 5 изображены графики, аналогичные таковым на рис. 3 и 4, однако построенные для более длительного периода наблюдения — 5 лет. Здесь, напротив, уже появляется возможность сравнительно достоверно отделить высокопродуктивных ученых от низкопродуктивных. При высокой доле времени, посвящаемой науке, от 60 % и выше, вероятности ошибок первого и второго рода составят:

— для 30%-го порога (вариант В) — соответственно не более 0,3 и 0,35;

— для 70%-го порога (вариант Б) — соответственно не более 0,2 и 0,05.

Наиболее жесткий, 100%-й порог (вариант А), преодолевается учеными-лидерами с вероятностью не более 0,4—0,45. Таким образом, в данном случае наиболее целесообразно устанавливать порог ранжирования на уровне 70 % ожидаемой результативности ученых-лидеров.

Однако при малой доле времени, посвящаемой науке, около 20—30 %, вероятности ошибок первого и второго рода составят:

— для 30%-го порога (вариант В) — соответственно до 0,2 и 0,3—0,45;

— для 70%-го порога (вариант Б) — соответственно 0,35—0,4 и 0,07—0,08.

Следовательно, и при относительно длительном периоде наблюдения низкая обеспеченность ученых и соответственно низкая доля времени, посвящаемая науке, значительно ухудшают качество оценки продуктивности и отбора ученых.

Таким образом, важным фактором — и в предлагаемой здесь модели, и в реальном управлении развитием научного потенциала — является длительность периода материальной поддержки и соответственно длительность наблюдения за результативностью ученых, по итогам которого и будет проводиться их отбор. «Длительный» он или «короткий» — определяется характерными значениями продуктивности ученых. Фактически, необходимо, чтобы ожидаемое число результатов за период наблюдения, по крайней мере, для высокопродуктивных исследователей, существенно превышало единицу. В противном случае неизбежны высокие вероятности ошибок первого и второго рода, что обесмысливает отбор ученых на основании результативности, измеренной за период наблюдения. При установлении длительности периода наблюдения следует учитывать, что характерные значения продуктивности ученых (в том числе уровни публикационной активности) сильно варьируются в зависимости от отрасли науки и даже конкретной ее области. Это касается и характерной длительности цикла исследований.

Вопрос выбора длительности периода наблюдения можно трактовать шире — до каких пор ученых следует считать «молодыми»? В различных грантовых фондах и в статистической отчетности научных и образовательных организаций «порог молодости» для ученых варьируется. Например, в российской государственной статистике и в разнообразных нормативах для государственных вузов и научных организаций весьма распространен порог, равный 39-ти годам, в научных фондах и в положениях о грантах Президента РФ — 40—45 лет для докторов наук и 35 лет — для кандидатов. Учитывая возможность начала научной работы со старших курсов вуза, т. е. приблизительно с 20 лет, это означает, что ученый считается молодым около 15—20 лет с начала карьеры. В реальности на протяжении жизненного цикла истинная продуктивность ученых, как правило, растет благодаря накоплению опыта и росту квалификации. Поэтому за весьма длительный период, пока ученый считается молодым, его продуктивность может (и должна) возрасти многократно благодаря эффекту обучения. В некотором смысле этот эффект сглаживает последствия неправильного «отбора в ученые» — действительно, «дорогу осилит идущий», и вполне возможно, что изначально менее способный работник, оставшись в науке, многократно перерастет в квалификации своих изначально более способных, но отсеявшихся по различным причинам конкурентов. Однако в рамках простейших изложенных здесь моделей можно полагать, что, если отбирать более способных претендентов, то и дальнейшее их «обучение» принесет гораздо больший результат.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Одним из возможных объяснений положительного влияния молодежных грантов и других форм финансовой поддержки молодых ученых на развитие науки заключается в том, что такая поддержка позволяет молодым ученым тратить меньше времени на подработку и больше — собственно на исследования. Иначе подработка для молодых исследователей, еще не обладающих высокой квалификацией и статусом, практически неизбежна. При малой доле времени, уделяемой науке, оценки результативности ученых подвержены сильным случайным изменениям, а их последующее ранжирование на высоко- и низкопродуктивных недостоверно, что снижает среднюю продуктивность ученых, прошедших отбор, и среднюю эффективность науки. Наличие финансовой поддержки молодых ученых позволяет им тратить больше времени не на подработку, а собственно на занятие наукой, что повышает ожидаемую результативность их работы, достоверность выделения более и менее продуктивных ученых из общей массы и, как следствие, среднюю эффективность научного сообщества после ранжирования и отбора ученых.
- Количественные оценки показывают, что если за период наблюдения высокопродуктивный ученый может получить около 10 условных результатов при 100 %-й занятости наукой, но ученые тратят на научные исследования около 20–30 % времени, вероятности ошибок первого рода (отсева высокопродуктивных ученых) при ранжировании составят 0,25–0,5 даже при относительно мягких порогах ранжирования (на уровне 30–70 % ожидаемой результативности лидеров за период). Вероятности ошибок второго рода (т. е. успешного прохождения отбора низкопродуктивными учеными) составят 0,07–0,25. В этих условиях наиболее целесообразно устанавливать «мягкий» порог ранжирования на уровне около 30 % ожидаемой результативности лидеров за период. При этом само ранжирование позволит повысить среднюю продуктивность ученых не более чем на 20 %. Если же финансовая поддержка позволяет ученым заниматься наукой 50–60 % времени и более, более целесообразно устанавливать порог ранжирования на уровне 70 % ожидаемой результативности лидеров за период. При этом вероятности ошибок первого и второго рода сократятся, соответственно, до 0,1–0,37 и 0,05–0,28, что позволит повысить среднюю продуктивность ученых по итогам ранжирования на 30–35 %. Оценки получены в оптимистическом предположении, что финансовые возможности и потребности всех ученых одинаковы и различие интенсивности появления результатов обусловлено только различием истинной продуктивности. Реальное различие финансового положения ученых и соответственно доли

времени, которую они могут уделять науке, усугубляет проблему ошибок оценки продуктивности ученых и их последующего ранжирования.

- Увеличение периода наблюдения повышает точность оценки продуктивности ученых, достоверности их ранжирования и отбора. Так, в рассмотренных примерах при увеличении длительности периода наблюдения с 3 до 5 лет вероятности ошибок первого и второго рода сократятся, соответственно, до 0,03–0,2 и 0,05–0,35 в случае, если ученые посвящают науке 50–60 % рабочего времени. Становятся более оправданными более жесткие пороги ранжирования, приближающиеся к ожидаемой результативности лидеров за период наблюдения. В целом, продолжительность периода наблюдения за результативностью ученых (и соответственно продолжительность периода поддержки) должна обеспечивать возможность получения значительного числа условных «результатов», около 10 и более. В противном случае неизбежны высокие вероятности ошибок оценки продуктивности ученых, их ранжирования и отбора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ильина И.Е.* Новая модель грантового финансирования российской науки // Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ-2014): тр. междунар. науч.-практ. конф. 15–23 сент. 2014 г. — СПб., 2014. — С. 39–45.
2. *Ильина И.Е., Сергеева О.Л., Юревич М.А.* Механизмы повышения эффективности системы научных фондов в России (коллективная монография) // Экономика и промышленная политика: теория и инструментарий / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. — СПб.: Изд-во СПб-ГПУ, 2014. С. 32–68.
3. *Семенов Е.В.* Гранты в российской науке: достоинства, недостатки, перспективы // Наукоедение. — 2002. — № 4. — С. 9–10.
4. Игра в цифры, или как теперь оценивают труд ученого: (сб. ст. о библиометрике). — М.: МЦНМО, 2011. — 72 с. — URL: [www.mccme.ru/free-books/bibliometric.pdf](http://www.mccme.ru/free-books/bibliometric.pdf) (дата обращения: 10.03.2018).
5. *Клочков В.В., Крушина С.М.* Экономический анализ эффективности ранжирования научных работников по наукометрическим критериям // Экономический анализ: теория и практика. — 2013. — № 44 (347). — С. 14–29.
6. *Наукометрия и экспертиза в управлении наукой* // Управление большими системами. — 2013. — Вып. 44. — 568 с. (спец. вып.). — URL: [http://ubs.mtas.ru/archive/search\\_results\\_new.php?publication\\_id=19079](http://ubs.mtas.ru/archive/search_results_new.php?publication_id=19079) (дата обращения: 10.03.2018).
7. *Клочков В.В., Рождественская С.М.* Анализ влияния финансирования научно-исследовательских работ на их эффективность: временные аспекты // Экономический анализ: теория и практика. — 2014. — № 30 (381). — С. 37–50.
8. *Баркалов С.А., Новиков Д.А., Попов С.С.* Индивидуальные стратегии предложения труда: теория и практика. — М.: ИПУ РАН, 2002. — 110 с.
9. *Новиков Д.А.* Экспериментальное исследование индивидуальных стратегий предложения труда. — М.: Этвес, 2010. — 104 с.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Ф.Т. Алескеровым.

**Клочков Владислав Валерьевич** — д-р экон. наук, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, ✉ [vlad\\_klochkov@mail.ru](mailto:vlad_klochkov@mail.ru),  
**Рождественская Софья Михайловна** — нач. отдела, Институт им. Н.Е. Жуковского, г. Жуковский, ✉ [rozhdstvenskayasm@nrczh.ru](mailto:rozhdstvenskayasm@nrczh.ru).