

Прогнозирование показателей научной деятельности



Ф. Ф. Глисин,
к. э. н, зав. отделом,
ffglisin@yandex.ru



В. В. Калюжный,
к. ф.-м. н., ведущий научный сотрудник
vlad-kaluzh@yandex.ru

**Центр исследований и статистики науки ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ
Министерства образования и науки РФ**

Предложены эволюционные модели и для различных прогнозных сценариев социально-экономического развития России проведены расчеты численности персонала исследовательских организаций и количества патентов до 2017 г. Также проведены оценки экономических показателей научной деятельности.

На основании анализа статистической информации показано, что для обеспечения эффективной научной деятельности внутренние затраты на науку в пересчете на одного исследователя в год должны быть больше \$100 тыс., а оптимальное значение доли бизнеса во внутренних затратах при этом ≈60–70%.

Результаты расчетов показали, что различия в условиях базового и умеренно-оптимистичного сценариев, определенных Министерством экономического развития РФ, не приводят к заметному ускорению научной деятельности. Экономическая эффективность научной деятельности даже в случае умеренно-оптимистичного сценария в 2017 г. ожидается примерно равной 2%.

Ключевые слова: показатели науки, прогнозирование.

Наука является одной из основных составляющих инновационной экономики — ключевого фактора ускорения социально-экономического развития страны. В связи с этим большое значение приобретает совершенствование методов прогнозирования показателей науки, определяющих развитие самой науки и характеризующих ее результативность и эффективность. Одним из классов таких методов являются методы, основанные на использовании различных эволюционных моделей [1]. В настоящей работе предлагаются эволюционные модели, позволяющие прогнозировать численность различных категорий персонала, занятых исследованиями и разработками, а также динамику изменения количества выданных патентов, являющихся показателем результативности научной деятельности. Кроме этого, проведены оценки динамики экономической эффективности научной деятельности.

Верификация результатов, получаемых с использованием предлагаемых эволюционных моделей, проводилась путем сравнения получающихся результатов расчетов с имеющимися статистическими отечествен-

ными и зарубежными данными [2, 3]. При проведении прогнозных расчетов использовались условия социально-экономического развития страны, определенные в Прогнозе Министерства экономического развития РФ для базового и умеренно-оптимистичного сценариев [4]. Прогноз осуществлялся до 2017 г.

Численность персонала организаций, занятых исследованиями и разработками. Одним из основных показателей, характеризующих развитие науки, является численность исследователей. Уравнение для ее изменения можно записать в виде [1]:

$$\frac{dN_r}{dt} = R_{jr} - R_{br} = K_{jr} N_r \sum_i n_{ri} - K_{br} N_r. \quad (1)$$

Первый член в уравнении (1) описывает увеличение численности исследователей в результате соответствующей подготовки действующими исследователями студентов, аспирантов, выпускников высших учебных заведений и аспирантуры, численность которых равна $n_{r1}, n_{r2}, n_{r3}, n_{r4}$, соответственно. Второй член в уравнении (1) описывает уменьшение численности исследователей.

Для решения уравнения (1) необходимо определить вид K_{fr} и K_{br} , которые определяют эффективность процесса подготовки новых исследователей и вероятность ухода исследователей из науки соответственно. В настоящей работе считалось, что на величину K_{fr} и K_{br} основное влияние оказывает состояние ресурсной базы науки. В свою очередь предполагалось, что состояние ресурсной базы характеризуется величиной внутренних затрат приходящихся на одного исследователя, т. е. величиной

$$v_r = V/N_r \quad (2)$$

В выражении (2) V — величина внутренних затрат на науку в год.

Для коэффициентов K_{fr} и K_{br} были использованы следующие выражения:

$$K_{fr} = \alpha_{fr} (1 - \exp(-\beta_r v_r / v_{\min})), \quad (3)$$

$$K_{br} = \alpha_{br} \exp(-\beta_r v_r / v_{\min}). \quad (4)$$

Здесь v_{\min} — минимальное значение внутренних затрат, приходящихся на одного исследователя, достаточное для эффективной научной деятельности. Очевидно, что при $v > v_{\min}$ можно ожидать, что научная деятельность будет материально привлекательной для исследователей, т. е. их численность начнет возрастать. Таким образом, в качестве v_{\min} можно взять значение v , начиная с которого происходит увеличение численности исследователей.

На рис. 1 представлены зависимости доли численности исследователей в численности экономически занятого населения в различных странах от величины v , полученные с использованием статистических данных, представленных в работе [3] для периода 1981–2010 гг.

Видно, что во всех странах, представленных на рис. 1, рост доли численности исследователей в численности экономически занятого населения начинается при $v = v_{\min} \approx \$100$ тыс. С учетом этого в настоящей работе использовалось значение $v_{\min} = 3$ (млн руб.) / (исследователь год). Из рис. 3 видно, что значения v в России уже сравнительно близко приблизились к величине v_{\min} . Нужно отметить, что, как показано в работе [5], именно с таких значений v_{\min} начинается также экономически эффективная научная деятельность.

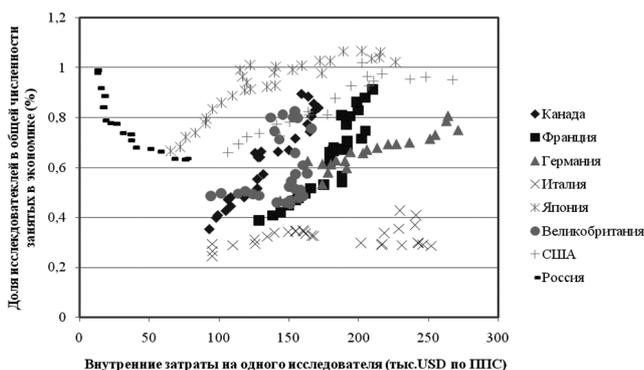


Рис. 1. Зависимость доли исследователей в численности экономически занятого населения от величины v

Зависимости (3) и (4) в предельных случаях $v_r \rightarrow 0$ и $v_r \rightarrow \infty$ обеспечивают экономически оправданное поведение коэффициентов K_{fr} и K_{br} . Действительно, при $v_r \rightarrow \infty$ значение K_{fr} стремится к своему максимальному значению, равному 1, а $K_{br} \rightarrow 0$. Это означает, что ресурсная база науки становится достаточной для полного удовлетворения запросов исследователей, численность которых начинает в этом случае зависеть не от нее, а от других факторов. К таким факторам, в частности, могут относиться качество подготовки студентов и аспирантов, состояния рынка труда и др.

При $v_r \rightarrow 0$ происходит экспоненциальное уменьшение численности исследователей, связанное с недостаточным количеством ресурсов, а новые исследователи не приходят вообще ($K_{fr} \rightarrow 0$).

Для определения численности техников и вспомогательного персонала так же, как при определении численности исследователей, были использованы балансные уравнения вида:

$$\frac{dN_t}{dt} = K_{ft} \sum_i n_{ti} - K_{bt} N_t, \quad (5)$$

$$\frac{dN_s}{dt} = K_{fs} \sum_i n_{si} - K_{bs} N_s. \quad (6)$$

В уравнениях (5) и (6) N_t и N_s — численность технического и вспомогательного персонала соответственно, n_{ti} и n_{si} — численности тех категорий специалистов, из числа которых может увеличиваться технический и вспомогательный персонал организаций, выполняющих исследования и разработки. В настоящей работе предполагалось, что пополнение технического и вспомогательного персонала происходит за счет выпускников высших учебных заведений и выпускников учреждений среднего профессионального образования. Кроме того, считалось, что численность вспомогательного персонала может увеличиваться за счет выпускников учреждений начального профессионального образования, а также за счет лиц, получивших полное среднее образование.

Вид уравнений (5) и (6) отличается от вида уравнения (1) (первый член уравнений (5) и (6)) потому, что в подготовке технического и вспомогательного персонала исследователи не принимают непосредственного участия. Изменение численности этих категорий персонала исследовательских организаций на практике, в основном связано другими факторами (материальными, состоянием на рынке труда и т. д.).

Значения коэффициентов K_{fv} , K_{bv} , K_{fs} , K_{bs} в уравнениях (5), (6) определялись так же, как и K_{fr} и K_{br} по формулам вида (3) и (4). Отличие заключалось только в том, что вместо v_r использовались $v_t = V/N_t$ и $v_s = V/N_s$. Кроме того, использовались другие значения эмпирических постоянных α_{fs} , α_{bs} , α_{fv} , α_{bv} , β_s , β_v .

Таблица 1
Значения констант для вычисления K_{fr} , K_{br} , K_{fv} , K_{bv} , K_{fs} , K_{bs}

	i		
	r	t	s
α_{fr}	1.4E-12	1.4E-12	1.4E-12
α_{bi}	1.9E-02	1.9E-02	2.6E-2
β_i	2.0	5.0E-02	5.0E-02

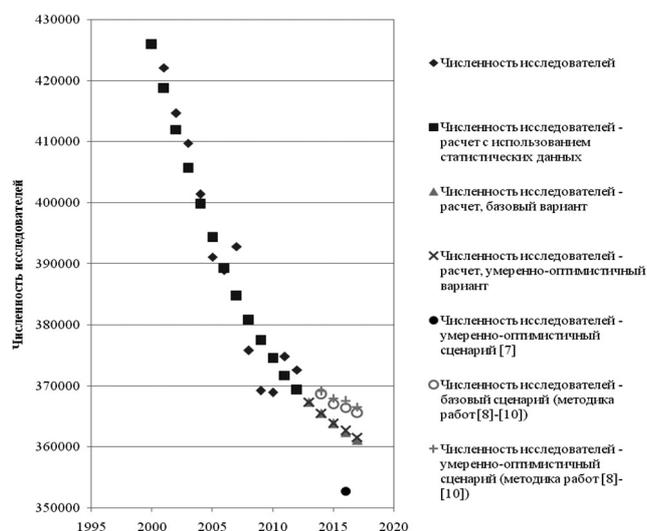


Рис. 2. Зависимость от времени численности исследователей

входящих в уравнения для вспомогательного и технического персонала соответственно. Значения всех необходимых для проведения расчетов по уравнениям (1), (5), (6) эмпирических констант были получены с использованием статистических данных работы [2] и представлены в табл. 1.

Для осуществления прогнозных расчетов с использованием уравнений (1), (5), (6) необходимо в общем случае дополнить их соотношениями, позволяющими прогнозировать численность учащихся и выпускников учебных организаций различного уровня. В настоящей работе задача такого прогнозирования не ставилась. Для замыкания системы (1), (5), (6) необходимые данные о численности учащихся и выпускников учебных организаций различного уровня брались из работы [6].

Для определения значений внутренних затрат, необходимых для расчета K_{fr} , K_{br} , K_{fv} , K_{bv} , K_{fs} , K_{bs} использовались данные работы [2] для 2000–2012 гг. и данные работы [4] для проведения прогнозных расчетов по базовому и умеренно-оптимистичному сценарию социально-экономического развития.

Для проверки справедливости предложенной эволюционной модели были проведены расчеты изменения численности исследователей, техников и вспомогательного персонала в 2000–2012 гг., результаты которых сравнивались с имеющимися статистическими данными работы [2]. Как видно на рис. 2–4

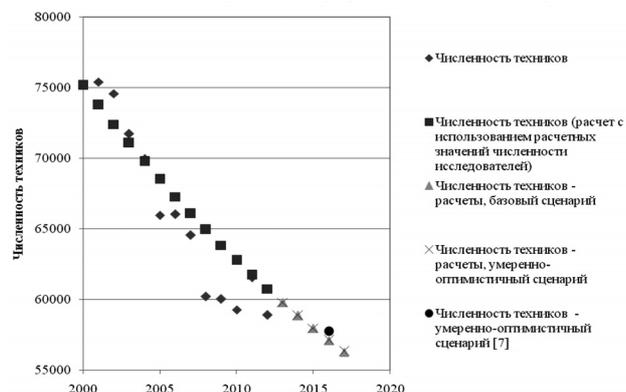


Рис. 3. Зависимость от времени численности техников

значения численности различных категорий персонала организаций, занимающихся исследованиями и разработками удовлетворительно согласуются с имеющимися статистическими данными во всем исследованном интервале времени (максимальное относительное отклонение результатов расчетов от статистических данных не превосходит 5%). Это подтверждает возможность использования предложенной эволюционной модели для проведения анализа динамики численности персонала исследовательских организаций.

Для 2014–2017 гг. были проведены прогнозных расчеты изменения численности исследователей, техников и вспомогательного персонала, результаты которых также представлены на рис. 2–4. Там же приводятся результаты сравнения с результатами, полученными по регрессионным методикам работ [7–10].

Результаты, представленные на рис. 2–4, показывают, что прогнозы, получаемые по модели настоящей работы и регрессионными методами работ [7–10], с точностью 3–4% согласуются между собой. Причем при значениях горизонтов прогноза 2–3 года все рассмотренные методики дают примерно одни и те же результаты как для базового, так и для умеренно-оптимистичного вариантов сценариев социально-экономического развития [4].

Таким образом, вплоть до 2017 г. трудно ожидать значительных изменений тенденций динамики численности персонала исследовательских организаций, которые наблюдались до 2013 г. Уменьшение численности всех категорий персонала продолжится, хотя темп этого уменьшения несколько замедлится. Так в 2014 г. численность исследователей относительно 2013 г. уменьшилась на 0,5%. В 2017 г. при реализации базового сценария это уменьшение по отношению к предыдущему году сократится до 0,36%, при реализации умеренно-оптимистичного сценария — до 0,29%. Такое замедление темпов падения численности исследователей обусловлено возрастанием величины v . В 2012 г. значение этой величины было равно 1,89 (млн руб.)/(исследователь год). При реализации базового сценария в 2017 г. $v=2,74$ (млн руб.)/(исследователь год), а при умеренно-оптимистичном сценарии $v=3,37$ (млн руб.)/(исследователь год). В соответствии с данными, представленными на рис. 1 примерно с таких значений v в большинстве стран начинается увеличение численности исследователей.

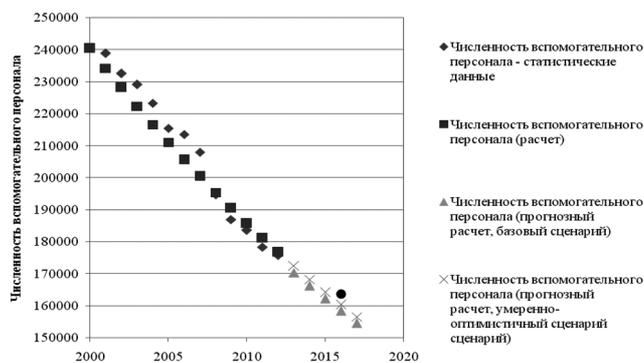


Рис. 4. Зависимость от времени численности вспомогательного персонала

Что касается технического и вспомогательного персонала, то здесь сценарные условия еще меньше сказываются на темпах уменьшения его численности. Так ежегодные темпы уменьшения численности технического персонала в 2014–2017 гг. будут находиться на уровне 1,5% (уменьшение темпов падения составит за весь период лишь 0,09%). Ежегодные темпы падения численности вспомогательного персонала составят в 2014–2017 гг. около 2,4% (уменьшение темпов падения за весь период составит около 0,06%). В принципе, такое соотношение темпов уменьшения численности различных категорий персонала представляется вполне естественным и связано с различием степени заинтересованности в научной деятельности этих категорий персонала.

Различие в темпах уменьшения различных категорий персонала говорит о том, что в ближайшем будущем в исследовательских организациях численность исследователей будет больше численности техников, что не представляется оптимальным.

Несмотря на удовлетворительное согласие результатов расчетов по регрессионным и эволюционным моделям, показанное на рис. 2–4, следует отметить, что при увеличении величины горизонта прогноза использование регрессионных моделей, как и в случае любых экстраполяционных методов, могут возникнуть определенные сложности. Эти сложности могут быть особенно заметными при прогнозировании различных экстремумов. Кроме того, использование регрессионных методов в отличие от эволюционных моделей требует наличия достаточно большого объема исходной информации.

Результативность научной деятельности

Кроме численности исследователей важным показателем научной деятельности является ее результативность. Одним из ее показателей является количество патентов на изобретения, полученных заявителями каждой конкретной страны, в том числе, и России.

Основное предположение, которое используется для построения модели, предназначенной для прогноза динамики изменения количества патентов, заключается в том, что основное количество патентов приходится на долю исследователей.

Пусть имеется M отраслей знаний. Численность исследователей, занятых в каждой из этих отраслей, равна N_{rm} ($1 \leq m \leq M$). Очевидно, что суммарная численность исследователей N равна

$$N_r = \sum_{m=1}^M N_{rm}. \quad (7)$$

Если не учитывать взаимодействие между различными отраслями знаний, то динамические уравнения для изменения количества патентов C_m создаваемых в m -й отрасли знаний запишем следующим образом:

$$\frac{dC_m}{dt} = k_{rm} N_{rm}. \quad (8)$$

В уравнении (8) коэффициент k_{rm} характеризует результативность исследователей в отрасли m .

Величина k_{rm} зависит от профессионально-личностных качеств исследователей, а также от набора инфраструктурных параметров. В случае k_{rm} такими параметрами могут быть наличие и квалификация технического персонала, наличие и качество оборудования и т. д. Можно предположить, что перечисленные показатели сравнительно слабо зависят от отрасли знания.

Уравнение для общего числа патентов, создаваемых во всех отраслях знаний, получается из уравнения (8) суммированием по всем отраслям знаний, т. е.

$$\frac{dC_o}{dt} = \sum_{m=1}^M k_{rm} N_{rm}. \quad (9)$$

Если предположить, что в каждой стране распределение исследователей по профессионально-личностным качествам и инфраструктурные параметры одинаковы для всех отраслей знаний, то тогда все значения k_{rm} одинаковы для всех m и равны k_r . Тогда уравнение (9) с учетом (7) переписывается в виде

$$\frac{dC_o}{dt} = k_r N_r. \quad (10)$$

Для определения k_r предполагалось, что важным фактором, определяющим результативность работы исследователей является стабильность временных тенденций изменения внутренних затрат на науку. С учетом этого выражение для определения k_r можно представлялось в виде:

$$k_r = \begin{cases} k_o \frac{\Delta V}{V} & \text{при } \Delta V \neq 0 \\ k_o & \text{при } \Delta V \cong 0. \end{cases} \quad (11)$$

В выражении (11) ΔV — изменение на заданном интервале времени внутренних затрат¹, а k_o — эмпирическая константа, определяемая на основании статистических данных.

Нужно отметить, что при оценке результативности научной деятельности в России следует различать патентование в России и получение международных патентов (система РСТ, патентные триады). Международное патентование в десятки, а порой даже в сотни раз стоит больше, чем патентование в России. При этом явных экономических выгод от зарубежного патентования российский заявитель часто не получает. Это и определяет низкий уровень зарубежного патентования при достаточно высоком уровне отечественного патентования.

Сказанное иллюстрируется на рис. 5, где показана зависимость количества патентов, приходящихся на одного исследователя, от величины v . Статистические данные для стран, представленных на рис. 5, брались из работы [3].

На рис. 5 показано, что во всех представленных странах заметное увеличение количества патентов, приходящихся на одного исследователя, начинается при $v > v_{\min}$ \$100 тыс./исследователь год). В России такие значения v пока не достигнуты. Поэтому результативность российских исследователей, измеряемая по

¹ В настоящей работе в качестве временного интервала использовался 1 год. Это определялось интервалом предоставления информации Росстатом.

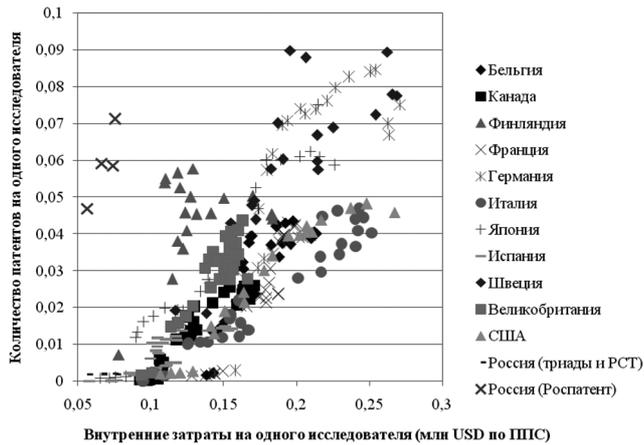


Рис. 5. Зависимость количества числа патентов на одного исследователя от величины внутренних затрат на одного исследователя в год

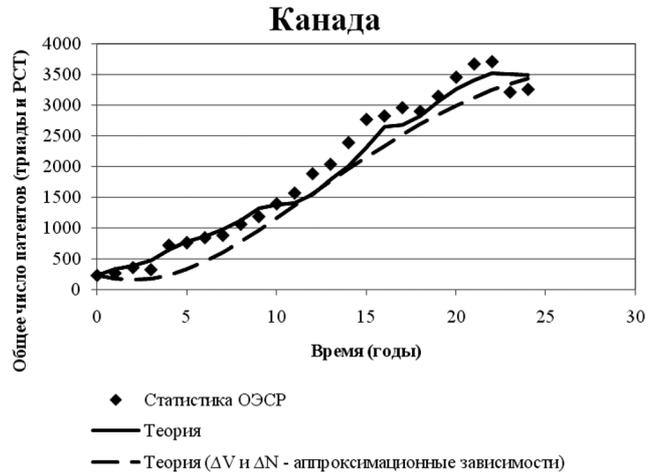


Рис. 6. Сравнение расчетных и статистических значений количества патентов для Канады

количеству зарубежных патентов, приходящихся на одного исследователя, низка. Однако тот же показатель, измеряемый на основании российских патентов находится на уровне лучших стран мира – Германии, Финляндии, Швеции и т. д.

Для проверки справедливости модели, описываемой уравнениями (10), (11) были проведены расчеты изменения числа патентов в различных зарубежных странах в 1981–2011 гг. Результаты расчетов представлены на рис. 6–12. Там же для сравнения представлены статистические данные работы [3]. Поскольку для некоторых стран статистические данные в указанной работе имеют пропуски, то расчеты проводились как непосредственно с использованием статистических значений внутренних затрат и численности исследователей на тех временных интервалах, где пропуски отсутствуют, так и с использованием аппроксимаций этих показателей.

Видно, что во всех представленных на рис. 6–12 получено удовлетворительное качественное согласие с имеющимися статистическими данными. Количественное отличие не превышает 25–30%. Это различие может быть обусловлено тем, что в каждой стране патентная активность обусловлена не только

исследователями, но и другими категориями населения. Кроме того, расхождение может быть связано с тем, что в работе [3] отсутствует выделение числа патентов, полученных заявителями именно тех стран, для которых проводились расчеты. Тем не менее, полученные результаты сравнения расчетных и статистических данных говорят о том, что с точностью не хуже указанной выше описываемая уравнениями (10) и (11) эволюционная модель может быть использована для прогнозирования одной из важных характеристик научной деятельности – количества патентов.

На рис. 13 представлены результаты расчетов числа патентов для России (российские патенты).

Значение константы в уравнении (11) при расчетах было равно $k_0=0,01$.

Видно, что во всем интервале времени, где имеются статистические значения количества патентов (2000–2012 гг.) [2] с точностью $\pm 10\%$ расчетные значения совпадают с имеющимися статистическими данными. Это еще раз подтверждает справедливость предложенной эволюционной модели.

Прогнозные значения числа патентов были получены вплоть до 2017 г. Необходимые значения

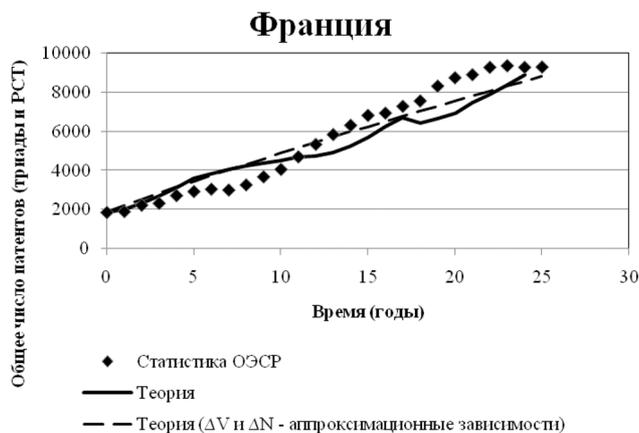


Рис. 7. Сравнение расчетных и статистических значений количества патентов для Франции

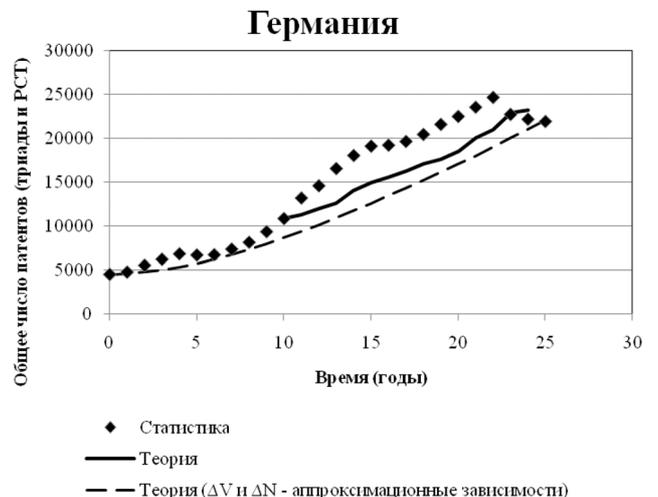


Рис. 8. Сравнение расчетных и статистических значений количества патентов для Германии

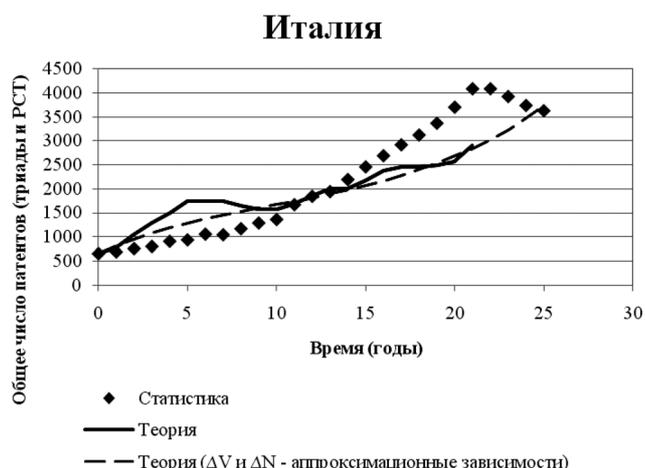


Рис. 9. Сравнение расчетных и статистических значений количества патентов для Италии

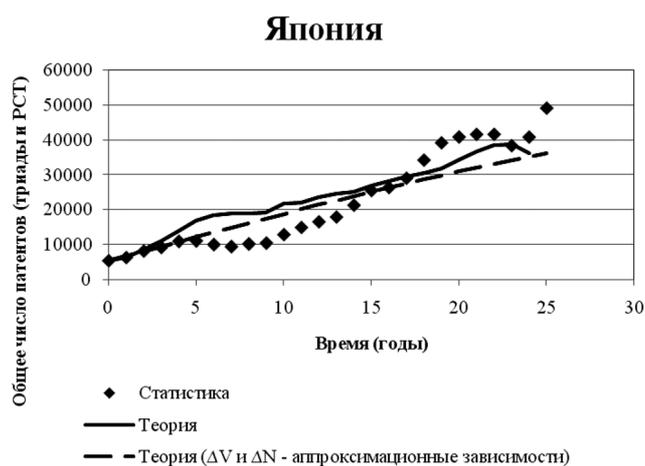


Рис. 10. Сравнение расчетных и статистических значений количества патентов для Японии

внутренних затрат брались в соответствии с базовым и умеренно-оптимистичными сценариями социально-экономического развития страны работы [4]. Значения численности исследователей получались с использованием описанной выше эволюционной модели.

Полученные результаты, как и при расчете численности различных категорий персонала, говорят о том, что различия условий, соответствующих базовому и умеренно-оптимистичному сценариям, мало влияют на результативность патентной активности. В 2017 г. численность патентов при реализации базового и умеренно-оптимистичного сценария будут различаться на 3,4%. Увеличение числа патентов в 2017 г. по сравнению с 2013 г. произойдет примерно на 8%.

Экономические показатели научной деятельности

Оценка экономических показателей научной деятельности основана на результатах работы [5]. В этой работе на основе анализа статистической информации для стран G7 [3] было показано, что заметное увеличение величины дохода, получаемой, в конечном счете, от научной деятельности и приходящейся на одного исследователя $r = R/N_r$ (R — общая величина дохода

от научной деятельности), начинается со значений $v_{\min} \approx \$100-150$ тыс./исследователь год. Причем при $v > v_{\min}$: $r = A \exp(\gamma v/v_{\min})$.

В настоящей работе были проанализированы статистические данные работы [3] для других стран мира. Оказалось, что полученные в работе [5] выводы справедливы для подавляющего большинства стран мира. На рис. 14 представлены результаты проведенного анализа для ряда стран, которые сгруппированы таким образом, что экспоненциальные зависимости для каждой группы стран различаются только множителем A . Несколько выпадает из общей тенденции только Великобритания, которая представлена на рис. 14 в силу своей принадлежности к G7.

Для каждой из представленных на рис. 14 групп стран значения A представлены в табл. 2. Для всех стран $v_{\min} = \$100$ тыс./исследователь год, $\gamma = 2,0$.

Прогнозное значение величины r определялось с использованием результатов расчетов по описанной эволюционной модели и внутренних затрат, приведенных в макроэкономическом прогнозе работы [4]. Все расчеты были проведены для базового и умеренно-оптимистичного сценариев.

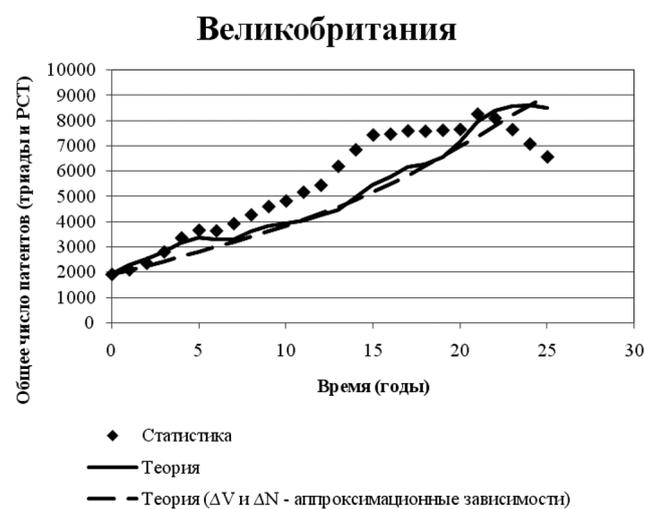


Рис. 11. Сравнение расчетных и статистических значений количества патентов для Великобритании

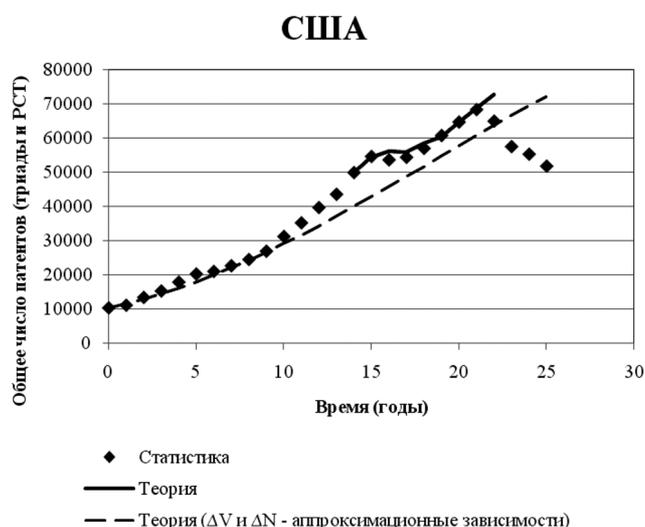


Рис. 12. Сравнение расчетных и статистических значений количества патентов для США

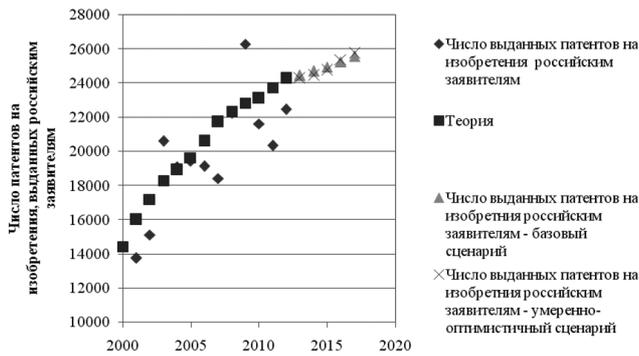


Рис. 13. Динамика изменения патентной активности в России (сравнение со статистическими данными и прогноз)

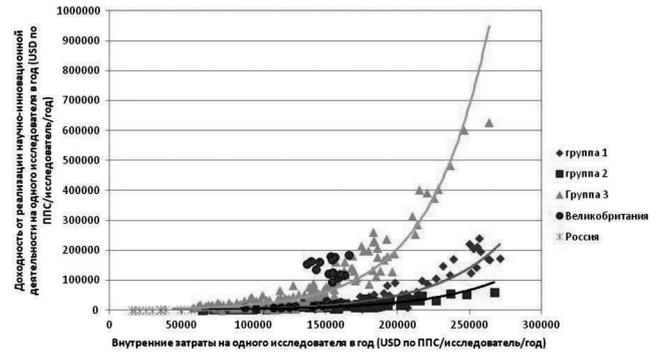


Рис. 14. Зависимость $r_i = r_i(v_i)$ для различных стран мира
Группа 1: Канада, Германия, Австрия; группа 2: Франция, Япония, США, Корея, Австралия; группа 3: Бельгия, Греция, Чехия, Дания, Финляндия, Нидерланды, Португалия, Испания

Экономическая эффективность научной деятельности η определяется по соотношению

$$\eta = rN_r/V. \quad (12)$$

Выбор группы стран, к которой принадлежит Россия, а, следовательно, выбор значений коэффициентов в экспоненциальной зависимости делался на основании результатов анализа работы [5]. Согласно этим результатам структура организации науки в России похожа на соответствующие структуры США и Франции. Эта структура, в частности, характеризуется сравнительно высокой децентрализацией распределения финансовых ресурсов и сравнительно низким (по сравнению с Германией и Великобританией) участием ученых в распределении этих ресурсов.

В работе [5] было показано, что достаточно высокая степень централизации финансовых ресурсов, идущих на науку, существует в Германии и Великобритании. Еще более высокая централизация финансовых ресурсов по данным работы [11] наблюдается в Нидерландах, относящейся к группе 3 с наилучшими значениями r . Достаточно сказать, что стране в 2006 г. бюджетные ресурсы на науку, сконцентрированные в Министерстве образования, культуры и науки этой страны, более, чем в 5 раз, превосходил второй по величине бюджет Министерства экономики этой страны. Анализ, проведенный в работе [5], показал, что в России Министерство науки и образования по величине бюджетных ресурсов на науку занимает лишь 3-е место с заметным отрывом от Министерства промышленности и торговли и Федерального космического агентства.

Поэтому в будущем наиболее вероятным сценарием изменения величины r в настоящей работе брался сценарий, соответствующий странам, принадлежащим к группе 2.

Результаты прогнозной оценки экономических показателей научной деятельности, полученные по

Таблица 2

Значения A для различных групп стран

	A
Группа стран 1	347,8
Группа стран 2	296,5
Группа стран 3	1080,2

формуле (12) и по экспоненциальному выражению для r , представлены в табл. 3.

Представленные в табл. 3 результаты показывают, что в 2017 г. из-за различий условий базового и умеренно-оптимистичного сценариев доход от научной деятельности, приходящегося на одного исследователя, может измениться на 45,3%. При этом изменение эффективности научной деятельности возрастет примерно на 20%.

Однако нужно отметить, что экономическая эффективность научной деятельности в развитых странах еще в 2010–2011 гг. была существенно выше. Так в США — она была равна 24%, в Германии — 64%, в Японии — 20%, в Италии — 40,5%. В Великобритании доход от научной деятельности вообще превосходил внутренние затраты на науку на 19%.

Однако даже для достижения показателей, представленных в табл. 3 и определенных по значениям r для стран, относящихся к группе 2, необходимо предпринять ряд организационных мер и создать соответствующие механизмы, чтобы увеличить долю затрат бизнеса на науку.

На рис. 15 и 16 представлены полученные на основании статистических данных работы [3] зависимости r от доли бизнеса во внутренних затратах на науку.

Видно, что во всех исследованных странах, кроме Нидерландов, резкое увеличение r происходит при доле бизнеса во внутренних затратах $\approx 60-70\%$.

Таблица 3

Прогнозная оценка экономических показателей научной деятельности

	2014	2015	2016	2017
Доход от научной деятельности на одного исследователя в год – базовый сценарий (руб.)	35733	38991	43819	50416
Доход от научной деятельности на одного исследователя в год – умеренно-оптимистичный сценарий (руб.)	36016	45369	52821	73273
Эффективность научной деятельности – базовый сценарий (%)	1,66	1,70	1,75	1,84
Эффективность научной деятельности – умеренно-оптимистичный сценарий (%)	1,66	1,77	1,88	2,17

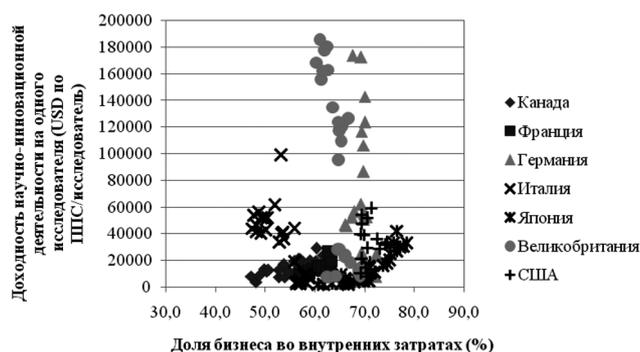


Рис. 15. Изменение r_i в зависимости от доли бизнеса во внутренних затратах на науку для стран G7

Наличие такой оптимальной доли затрат бизнеса во внутренних затратах на науку обусловлено двойственным влиянием бизнеса на науку. С одной стороны, увеличение доли бизнеса в финансировании науки показывает его заинтересованность в получении практических результатов. Тем самым бизнес является инструментом, повышающим эффективность внедрения результатов исследований в промышленность. Внедренные результаты, естественно, являются источником увеличения доходности научных исследований. Однако, с другой стороны, чрезмерное увеличение доли бизнеса во внутренних затратах ведет к сокращению долгосрочных научных проектов, в которых бизнес не очень заинтересован. Тем самым в перспективе снижается появление принципиально новых технологий, способных приводить к резкому возрастанию величины доходности научно-инновационной деятельности.

Отражение этой двойственности и находит свое отражение на рис. 15 и 16. Так на рис. 15 хорошо видно, что у Японии, где, как отмечалось в работе [5], доля затрат бизнеса на науку одна из самых высоких среди исследованных стран, значения r сравнительно невелики. И наоборот, в Германии и в Великобритании, где выстроена весьма эффективная структура взаимодействия государства и бизнеса в сфере финансирования науки и внедрения результатов научной деятельности, доля бизнеса во внутренних затратах, по-видимому, близка к оптимальной.

Таким образом, полученные в настоящей работе результаты позволяют сделать следующие основные выводы. Для обеспечения эффективной научной деятельности представленные статистические данные и проведенные расчеты подтверждают выводы работы [5] о том, что основой эффективной научной деятельности является непрерывное выполнение условие равенства величины внутренних затрат, приходящихся на одного исследователя около \$100 тыс./ (исследователь год). Именно с этого значения начинается не только резкое увеличение экономических показателей науки, но и численности исследователей, а также количества международных патентов. При этом доля затрат бизнеса во внутренних затратах на науку должна быть около 60–70%. Как при более высоких, так и при более низких значениях этой величины значения доходности

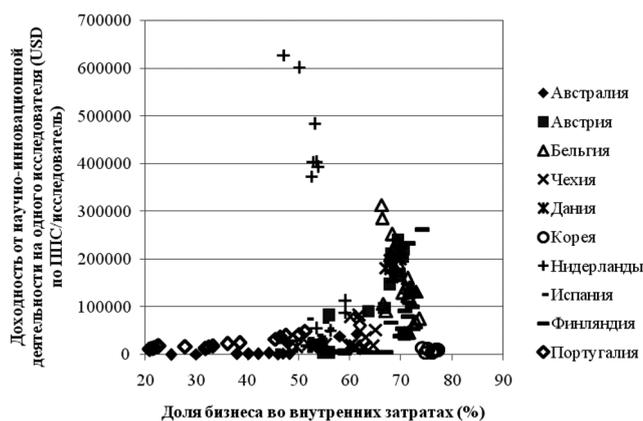


Рис. 16. Изменение r_i в зависимости от доли бизнеса во внутренних затратах на науку для стран для европейских стран и Кореи

от научной деятельности, приходящейся на одного исследователя, начинают уменьшаться.

Результаты расчетов также показывают, что условия, предусмотренные базовым и умеренно-оптимистичным сценариями социально-экономического развития страны Министерства экономического развития РФ оказываются недостаточными для резкого ускорения развития науки.

Список использованных источников

1. E. Bruckner, W. Ebeling, A. Scharnhorst. The application of evolution models in scientometrics // *Scientometrics*, vol. 18, 1-2, 1990.
2. Российский статистический ежегодник. М.: Федеральная служба государственной статистики (Росстат).
3. Main science and technology indicators. OECD, 2012.
4. Министерство экономического развития РФ. www.economy.gov.ru.
5. Ф. Ф. Глисин, В. В. Калужный, К. В. Лебедев. Анализ использования инструментов финансирования научной и инновационной деятельности // *Инновации*, № 9, 2013.
6. Ф. Э. Шереги, Л. Л. Рыбаковский, А. Л. Арефьев, В. И. Савинков. Численность учащихся и персонала образовательных учреждений Российской Федерации (Прогноз до 2020 г. и оценка тенденций до 2030 г.). М.: Центр социального прогнозирования и маркетинга, 2013.
7. К. В. Лебедев, М. А. Мотова, Т. И. Чинаева, Е. В. Березина, Е. В. Дроздова. Прогноз развития инновационной сферы и сферы исследований и разработок Российской Федерации на 2014 г. и на период до 2016 г. ФГБНУ «НИИ РИНКЦЭ». М.: 2013.
8. В. И. Антипов, И. Б. Колмаков, Ф. Ф. Пашенко. Состояние инновационной и научной системы в России и предложения по ее развитию // *Вестник*, 2 (32), 2010. М.: РЭА им. Г. В. Плеханова.
9. А. В. Кольцов, И. Б. Колмаков. Иммитационные модели прогноза развития научной системы России // *Модернизация России: наука, образование, высокие технологии*, II Всероссийская конференция по науковедению МГПУ, 15-17 ноября 2010.
10. И. Б. Колмаков, А. В. Кольцов, А. В. Ганжа. Распределенные эконометрические модели прогноза развития научной системы России // *Труды Вольного экономического общества*, Т. 164, 2011.
11. R. Wintjes. Monitoring and analysis of policies and public financing instruments conducive to higher levels of R&D investments. Netherlands, United Nations University, Universiteit Maastricht, 2007.

Forecasting of scientific activity

F. F. Glisin, PhD in Economics, Head of the Department.

V. V. Kaluzhny, PhD in Physics and Mathematical Sciences, Leading Researcher.

Evolutionary models were proposed and for different forecast scenarios of socio-economic development of Russia headcount in research organizations and the number of patents until 2017 were calculated. Evaluation of the economic indexes of scientific activity were conducted.

The analysis of statistical information shows that for effective research activities gross expenditure on R&D (GERD), per one researcher per year should be more than 100 thousand USD, and the optimal value of the share of business in GERD is $\approx 60-70\%$.

Results showed that the difference in conditions for basic and moderately optimistic scenarios, defined by the Ministry of Economic Development, does not lead to a marked acceleration of scientific activity. The economic efficiency of scientific activity, even in the case of a moderately optimistic scenario in 2017 is expected to be nearly 2%.

Keywords: indicators of science, prediction.