

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАК ОДНОЙ ИЗ СФЕР ПРИЛОЖЕНИЯ ТРУДА *

Дреш С., Джэнсон К.

(США)

Характеризуются две модели — простая и более сложная, в которых обобщенные результаты научных исследований зависят от способностей ведущих эти исследования людей. Анализируются возможности реализации научного потенциала общества, в котором взаимодействуют и конкурируют несколько сфер приложения труда.

Достаточно поверхностного наблюдения, чтобы убедиться в том, что люди очень различаются своими способностями, которые мы будем в дальнейшем называть талантами. Одни не просто «более талантливы», чем другие; может быть, еще большее значение имеют отличия самой природы, фундаментальных свойств их способностей. Так, у одного проявляется «научный» талант, у другого — «художественный», у третьего — действовать или управлять и т. д. Соответственно профессии или виды деятельности также различаются степенью, в которой результативность работы человека зависит от типа и масштаба его таланта, и, следовательно, степенью, в которой вознаграждение (зарплата и другие доходы, связанные с профессиональной деятельностью) определяется сочетанием талантов индивида.

Если бы люди были наделены одинаковыми способностями или же таланты распределялись по конкурирующим сферам социально-экономической деятельности случайным образом, тогда расширение или сокращение какой-либо сферы никак не сказывалось бы на распределении талантов индивидов, попадающих в эту сферу, или, *при прочих равных условиях*, на относительной эффективности труда в ней. Если же способности индивидов существенно различны и они выбирают сферу приложения труда, исходя из сравнительных преимуществ, которые обеспечивают присущие им «конфигурации талантов», то расширение любой сферы деятельности будет сопровождаться привлечением в нее тех людей, чьи способности прежде больше соответствовали другим видам деятельности. Приведет ли такое перераспределение ресурсов к снижению уровня таланта и производительности в растущей сфере или нет, будет зависеть от соотношения уровней талантов, вновь вовлекаемых, по сравнению с уже работающими в ней.

В статье [1], результаты которой характеризуются в первом разделе, изучалась эффективность научных исследований с помощью модели с одномерным распределением способностей людей (научного таланта) и двумя секторами деятельности («Наука» и «Не-наука»). Вывод состоял

* *От редакции.* Настоящая статья подготовлена для журнала «Экономика и математические методы» учеными США — профессором, деканом факультета делового и инженерного управления Мичиганского технологического университета С. П. Дрешем и сотрудником финансовой корпорации «D&N» К. Р. Джэнсоном, одновременно являющимся фермером и исследователем. Во время пребывания в СССР в качестве гостя ИЭП НТП АН СССР осенью 1988 г. проф. С. П. Дреш выступил перед сотрудниками института с несколькими научными докладами. Один из них был посвящен анализу и моделированию развития науки в ее взаимодействии с другими сферами деятельности человека. Доклад вызвал интерес аудитории нестандартностью постановки проблемы, сочетанием дескриптивных, нормативных и имитационных методов моделирования, ясностью и интерпретируемостью выводов. Статья дает возможность детально ознакомиться с методологией и результатами исследований, проведенных ее авторами.

в том, что эффективность научных исследований быстро падает с увеличением доли научного сектора в трудовых ресурсах.

Во втором разделе описывается более сложная модель, не приводящая к столь однозначным выводам относительно эффективности научных исследований. В ней талант рассматривается как многомерный (три размерности), а количество конкурирующих сфер приложения труда или секторов равно девяти. Каждый сектор имеет свое соотношение между многомерной оценкой способностей работника и его производительностью. Эти соотношения определяют индивидуальный выбор сферы деятельности, т. е. распределение по секторам. Все, что можно сказать об эффективности научных исследований на основе сложной модели, вполне согласуется с результатами более простой модели.

Хотя мы здесь предполагаем, что многомерное распределение талантов является экзогенно заданным и фиксированным, при обобщении модели необходимо учитывать их эндогенность.

1. ДВУХСЕКТОРНАЯ МОДЕЛЬ С ОДНИМ ТИПОМ ТАЛАНТА (МОДЕЛЬ «ГИГАНТЫ И ПИГМЕИ»)

Здесь в центре внимания находятся трудовые ресурсы и затраты на науку и анализируются: факторы, определяющие распределение талантов для лиц, занятых научной деятельностью; связь между индивидуальной эффективностью ее и уровнем научного таланта; научная значимость совокупного результата исследований. Определяются суммарные, средние и предельные ресурсы, затраты, соответствующие разным степеням реализации «научного потенциала» общества.

1.1. Описание модели. Предполагается, что отдельные индивиды данной популяции различаются по уровню научного таланта T , который предполагается распределенным нормально $T \sim N(\mu, \sigma^2)$, где $\mu = 100$ и $\sigma = 20$, и имеющим плотность $f(T)$. Такое распределение аналогично обычно принимаемому для так называемого коэффициента интеллектуальных способностей (IQ) и подтверждаемому тестированием. Конкретный вид распределения взят из [2, с. 52]. Это исследование опирается на результаты Л. Р. Хармона [3], полученные при квалификационном тестировании ученых, работающих в вооруженных силах США. Но используемое здесь понятие «талант» мы не отождествляем с коэффициентом IQ или его компонентами, так или иначе определяемыми и измеренными.

Вероятность того, что индивид попадает в «Науку», $p(T; M)$, задается в виде логистической функции от уровня его научного таланта

$$p(T; M) = \frac{U}{1 + e^{-\alpha(T-M)}},$$

где $U = 0,5$ и $\alpha = 0,095$.

Для данной функции параметр U — верхняя граница вероятности попасть в «Науку» (учитывается, что некоторые даже очень высокоодаренные индивиды будут выбирать альтернативные сферы деятельности, такие как музыка, искусство, шахматы, политика, менеджмент, наконец, научно-административная работа); α определяет крутизну логисты в точке перегиба (M), а M — параметр, характеризующий относительный социально-экономический спрос со стороны «Науки» по сравнению с «Не-наукой» ($T = M$ — точка перегиба, в которой вероятность попасть в «Науку» достигает 0,5 U).

Параметры логистической функции определены так, что они соответствуют оценкам модальных значений коэффициента IQ , полученным на интервале изменения доли ученых от $1/3\%$ до 3% от численности трудовых ресурсов США, которое имеет место при изменении значения M от 170 до 142 [3].

Выбрав «Науку», индивид старается внести свой вклад в развитие научного знания. Величина этого вклада $g(T)$ определяется уровнем научного таланта индивида, в модели — в соответствии с зависимостью: $g(T) = e^{(T-130):10}$.

Таким образом, вклад ученого с уровнем таланта 130 (выше среднего для популяции в целом на 1,5 среднеквадратических отклонения, т. е. аппроксимирующим моду распределения талантов ученых) будет равен единице, а вклад ученого с уровнем таланта 200 — около 1000*.

Из-за двойного счета и использования маргинальных значений агрегированием индивидуальных вкладов при помощи формулы $G = \int g(T) p(T; M) f(T) dT$ можно переоценить эффективное приращение научного знания в результате соответствующей деятельности. Введем показатель V научного значения агрегированного научного вклада, равный натуральному логарифму агрегированного вклада $G (V = \ln G)$. Тогда эластичность научного значения агрегированного вклада по его значению $(dV : dG) (G : V) = 1 : \ln G$ уменьшается с ростом этой величины**.

Численность занятых в науке (и ведущих научные исследования) S , которую будем называть для краткости ресурсом, определяется равенством $S = \int p(T; M) f(T) dT$ и показывает количество работников, ведущих научные исследования. Но, будучи грубой физической величиной, S недооценивает прогрессивно увеличивающиеся по мере роста масштабов этих исследований расходы. Мы исходили из того, что уровень затрат C возрастает в соответствии с некоторой показательной функцией от численности занятых в науке $C = S^\eta$, и принимали — для наглядности и в силу привычки, — что $\eta = 1,5$, т. е. 1% увеличения ресурсов означает повышение расходов на 1,5%.

Предполагается существование связи между ресурсами и затратами, с одной стороны, и значением вклада в науку, с другой. Модель была нормализована следующим образом: $\int f(T) dT = 100$, и численность научных кадров S оценивается в процентах от размера популяции

$$G = \frac{100 \int g(T) p(T; M) f(T) dT}{U \int g(T) f(T) dT},$$

т. е. вклад в науку измеряется в процентах от максимально возможного вклада, который имел бы место в том случае, если вероятность попасть в «Науку» достигла максимально возможного уровня для всех индивидов данной популяции;

$$V = \frac{100 \ln \left[\int g(T) p(T; M) f(T) dT \right]}{\ln \left[U \int g(T) f(T) dT \right]},$$

т. е. вклад измеряется в процентах от максимально возможной его величины. Следующие функции, использующие нормализованные значения S и V , дают достаточно точную характеристику этой зависимости на исследуемом множестве M (и, значит, S)

$$S = s(V) = ke^{\gamma V} + \beta,$$

$$\frac{dS}{dV} = k\gamma e^{\gamma V},$$

$$C = c(V) = (ke^{\gamma V} + \beta)^\eta,$$

$$\frac{dC}{dV} = \eta (ke^{\gamma V} + \beta)^{\eta-1} (k\gamma e^{\gamma V}).$$

Рассчитаны оценки параметров, соответствующие интервалу изменения M от 142 до 170: $k = 0,028$, $\gamma = 0,062$, $\beta = 0,158$. С их помощью суммарные, средние и предельные затраты и эластичности затрат могут быть

* Эта функция стандартизована в соответствии с оценкой Д. Прайса [2, с. 50—51] связи между коэффициентом IQ и количеством публикаций.

** Данная спецификация также соответствует результатам Д. Прайса [2, с. 55 и 67], основанным на [4].

Решения двухсекторной модели развития науки с одним типом таланта

Характеристики развития науки	Статус науки в обществе примерно соответствует ситуации в США в годы							
	1940			1975—1985				
	низкий			высокий				
	Значение параметра M							
	170	166	162	158	154	150	146	142
Доля численности занятых в науке, ведущих научные исследования, % от общей численности занятых, S (ресурсы)	0,33	0,47	0,66	0,91	1,25	1,69	2,26	2,98
Модальное значение уровня таланта в науке	136	136	135	134	133	132	131	129
Научный вклад G , % от максимально возможного	13,7	17,2	21,2	25,7	30,8	36,3	42,1	48,0
Значение научного вклада $V = \ln G$, % от максимально возможного	31,1	39,0	46,3	53,0	59,2	64,9	70,0	74,6
Эластичность * $(dV:dG)(G:V)$	1,16	0,89	0,75	0,65	0,58	0,53	0,49	0,46
Ресурсы **								
средние $(S:V)$ 100	1,08	1,21	1,43	1,72	2,11	2,61	3,23	4,00
предельные $(dS:dV)$ 100	1,18	1,92	3,02	4,58	6,72	9,57	13,2	17,5
Эластичность $(dS:dV)(V:S)$	1,10	1,58	2,12	2,66	3,19	3,67	4,07	4,38
Затраты **								
общие C 100	19	32	53	87	140	220	340	516
средние $(C:V)$ 100	0,62	0,83	1,16	1,64	2,36	3,39	4,86	6,91
предельные $(dC:dV)$ 100	1,04	1,97	3,63	6,51	11,3	18,7	29,8	45,4
Эластичность $(dC:dV)(V:C)$	1,68	2,36	3,14	3,96	4,78	5,52	6,13	6,57

* Эластичность определяется для нормализованных значений V и G (в % к их максимально возможным значениям).

** Суммарные (S и C) и средние ($S:V$ и $C:V$) ресурсы и затраты определены по решениям модели. Предельные ресурсы и затраты определяются по найденным значениям S и C и включенным в модель функциям.

рассчитаны для любой заданной степени реализации научного потенциала.

1.2. Результаты анализа модели «Гиганты и пигмеи». Полученные на основе данной модели результаты, когда спрос на ресурсы со стороны «Науки» изменялся от $1/3\%$ до 3% трудовых ресурсов, приведены в табл. 1.

При относительно небольшом научном секторе, сравнимом с тем, что был в США накануне второй мировой войны, когда $1/3\%$ трудовых ресурсов направлялась в науку ($M=170$), реализуется менее $1/7$ потенциально возможного вклада в научное знание ($G=13,7$). Однако этот вклад обеспечивает почти $1/3$ потенциального объема научного продукта ($V=31,1$). Поскольку научному сектору не было необходимости для того, чтобы удовлетворить потребность в кадрах, значительно увеличивать свою «квоту» в распределении талантов, затраты, обеспечивающие повышение степени реализации научного потенциала, росли не очень быстро. Превышение предельных затрат на ресурсы над средними здесь еще не столь кардинально, эластичность ресурсов также лишь немного больше единицы*, а эластичность затрат достигает почти 1,7.

Трех-, четырехкратный рост научного сектора, поднимающий удельный вес «Науки» до максимального уровня, достигнутого в США в середине 70-х годов, дает лишь удвоение (приблизительно) общего вклада G в науку и менее чем двукратный рост его научного значения V . В этом

* Отметим, что эластичность ресурсов и затрат от значения научного вклада V равна отношению предельных затрат к средним. Например, $dCV/dVC = dC/dV : C/V$, где $(dC:dV)$ — предельные, а $(C:V)$ — средние затраты.

случае предельные затраты существенно выше средних. Эластичность ресурсов по значению вклада равна примерно 3, а затраты увеличиваются даже быстрее — их эластичность находится между 4 и 5.

Возрастание научного сектора еще в 3 раза (до уровня спроса, составляющего 3% трудовых ресурсов, который в действительности не достигался) обеспечил бы реализацию почти половины потенциально возможного научного вклада и около $\frac{3}{4}$ его потенциального значения. При росте эластичности ресурсов более чем в 4 и эластичности затрат почти в 7 раз предельные ресурсы и затраты, обеспечивающие реализацию научного потенциала, будут очень высокими и быстро увеличивающимися.

Основываясь на приведенных результатах расчетов по данной модели, был сделан следующий вывод о замедлении развития научных исследований в США: «В этих условиях не вызывает удивления тот факт, что быстрый рост науки, который имел место в период между 1950 и 1970 гг. (ускорение даже по сравнению с высокими темпами в предыдущие 100 лет), внезапно остановился после 1970 г. Отток талантов из других секторов (особенно определяющих технологическое развитие) достиг исключительных размеров, в то время как чистый выигрыш науки от предельного приращения численности научных кадров стал исчезающе мал. Таким образом, „золотой век“ науки несомненно подошел к своему концу» [1, с. 338].

2. ОБОБЩЕННАЯ МНОГОСЕКТОРНАЯ МОДЕЛЬ С МНОГИМИ ТИПАМИ ТАЛАНТА

Рассмотрим более сложную многомерную модель талантов и их распределения по профессиям, учитывающую неравномерность распределения талантов между людьми и различия в требованиях, предъявляемых разными профессиями или секторами деятельности (сферами приложения труда) к тому или иному типу таланта. Покажем, что модель, несмотря на ее простоту, воспроизводит реальные черты неоднородных рынков разнокачественного труда.

2.1. Описание модели. При построении модели взаимодействующих рынков разнокачественного труда мы стремились к такой постановке, которая параллельно рассматривала бы ряд важнейших аспектов действительности. В частности, талант должен быть многомерным, при этом: уровни для разных его типов не должны быть полностью коррелированы; в секторах «конфигурации таланта» следует вознаграждать по-разному; в рамках одного сектора различные типы таланта не могут быть полностью взаимозаменяемыми. Объединяя эти требования, модель идентифицирует три типа таланта, причем между двумя из них существует положительная корреляция, а третий некоррелирован с первыми двумя. Выделено девять сфер деятельности, но две сферы идентичны во всем, кроме размеров*. Восемь секторов представляют существование разный спрос на каждый конкретный тип таланта. Доходы индивида в пределах одного сектора предполагаются логлинейными и включающими «профессиональную» и индивидуальную компоненты. Для данного индивида эти компоненты считаются детерминированными, но их значения распределяются по совокупности индивидов в соответствии с задаваемыми распределениями вероятностей. Каждый индивид попадает в сектор, обеспечивающий ему максимальный доход.

а. *Таланты индивидов.* Для простоты будем считать, что идентифицируемые в модели типы таланта это «талант действия» или «манипуляторский» (T_1), «художественный» (T_2) и «научный» (T_3). Распределение популяции в этом трехмерном пространстве предполагается нормальным

$$T = \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix} \sim N(\mu, \Sigma),$$

* Две идентичных (не считая размеров) сферы включены в модель в целях анализа в дальнейшем влияния патентных и других ограничений на возможность выбора той или иной сферы деятельности.

где

$$\mu = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \end{pmatrix}, \mu_k = 100, k = 1, 2, 3,$$

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{1,2} & 0 \\ \sigma_{2,1} & \sigma_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 400 & 200 & 0 \\ 200 & 400 & 0 \\ 0 & 0 & 400 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, маргинальное распределение по каждому из типов таланта идентично распределению единственного (научного) таланта, специфицированного в модели «Гиганты и пигмеи», со средним 100 и среднеквадратическим отклонением 20. Научный талант (T_3) считается некоррелированным с другими, а между T_1 и T_2 предполагается корреляция с коэффициентом $\rho_{1,2} = 0,5$.

Модель допускает любую степень коррелированности между двумя типами таланта при условии, что третий специфицирован как независимый от первого и второго. Это дает возможность исследовать концептуально интересную область альтернативных взаимозависимостей между разными типами таланта. Однако мы выбрали данный конкретный вариант, следуя точке зрения, согласно которой корреляции между отдельными типами таланта следует определить заранее и ввести в модель. Отметим, что при заданных конкретных функциях, определяющих доходы по профессиям, предположение о положительной корреляции между талантом действия и художественным приводит к устойчивому решению модели. Но предположение о положительной корреляции между художественным и научным талантами, некоррелированными с талантом действия, ведет к относительно неустойчивым решениям, для которых в некоторые сферы трудовые ресурсы вообще не направляются, и их распределение по сферам очень чувствительно к малым изменениям параметров функций доходов.

б. *Доходы и распределение по профессиям-сферам.* Индивид i с талантами $\langle T_{1,i}; T_{2,i}; T_{3,i} \rangle$ стоит перед альтернативными возможностями выбора сферы деятельности j , $j = 1, \dots, 9$, в каждой из которых поступает своя система определения доходов в зависимости от уровня таланта. Функции доходов имеют вид $R_{j,i} = \exp \left(\beta_{j,0} + \sum_{k=0}^3 \beta_{j,k} T_{k,i} + \beta_{j,i} p_j + \omega_j S_{j,i} + (1 - \omega_j) S_i \right)$, где p_j — доля сферы j в совокупных трудовых ресурсах; $0 \leq \omega_j \leq 1$; $S_{j,i} \sim N(0, \sigma_j^2)$ — профессиональная случайная составляющая в сфере j ; $S_i \sim N(0, \sigma_i^2)$ — индивидуальная случайная составляющая ($\sigma_i = 0,3$).

Функции доходов можно интерпретировать так, чтобы разные сферы деятельности были представлены с учетом всех аспектов, т. е. не только денежного, но и неденежного по своей природе «вознаграждения». Систематические различия между сферами должны быть зафиксированы в параметрах функций доходов (особенно в свободном члене), тогда как различия в оценках «доходности» разных профессий для отдельных индивидов — отражаться в индивидуальной случайной составляющей.

В этой общей динамической постановке индивиды последовательно приходят к выбору профессии, оценивают возможности, которые дает им тот или иной альтернативный вариант, и каждый индивид распределяется (или делает самостоятельный выбор) в ту сферу, которая обещает ему максимальные доходы. Индивидуальный выбор профессии зависит от пропорций распределения трудовых ресурсов, задаваемого вектором $p = (p_j)$. Однако выбор модифицирует это распределение. Итак, при прочих равных условиях следующий индивид, осуществляющий выбор, имеет перед собой уже чуть изменившееся множество альтернатив. Так же, как это происходит и в реальном мире, в модели представлены неравные возможности для одинаковых во всех отношениях индивидов, различия

между которыми сводятся лишь к их относительным положениям в «очереди» претендентов.

Эта существенно динамическая постановка является одной из самых принципиальных характеристик модели, позволяющей провести анализ динамического неравновесия. Но поскольку нашей задачей является обобщение результатов модели «Гиганты и пигмеи» на случай многих секторов и типов таланта, сопоставимость результатов требует статической реализации. Мы приходим к ней, кардинально уменьшая зависимость множества альтернатив от формирующейся во времени «очереди» претендентов, так что в модели всем индивидам предоставляются равные возможности, определяемые только «конфигурацией таланта» и конкретными значениями стохастических составляющих.

Относительная эластичность спроса на труд со стороны какого-либо сектора зависит от влияния удельного веса p_j этого сектора в трудовых ресурсах на предполагаемые доходы замыкающих ресурсов, характеризуемые параметром $\beta_{j,k}$ (этот параметр с большой вероятностью отрицателен), и может быть интерпретирована как «квазиэластичность» (процентное изменение планируемых доходов, соответствующее изменению на 1% удельного веса сектора в трудовых ресурсах).

Параметры $\beta_{j,k}$, $k=1, 2, 3$, увеличенные в 100 раз, также могут быть интерпретированы как «квазиэластичности», т. е. процентные изменения индивидуальных доходов, согласно изменениям уровня таланта на один пункт. Для среднего значения таланта ($\bar{T}_k=100$) изменение уровня таланта на один пункт эквивалентно изменению на 1%, отсюда следует определение величины 100 $\beta_{j,k}$ как «квазиэластичности».

Недетерминированная природа доходов отражена в двух независимых случайных членах функций доходов, один из которых ($S_{j,i}$) является «профессиональным» (с дисперсией σ_j^2), а другой — (S_i) — индивидуальным (с дисперсией σ_i^2). Разные сферы деятельности различаются индивидами по относительным весам ω_j и $(1-\omega_j)$, приписываемым соответствующим случайным членам. Для каждого индивида его индивидуальный случайный член (S_i), однажды определенный, остается одним и тем же для всех сфер деятельности. Напротив, «профессиональный» случайный член ($S_{j,i}$, $j=1, \dots, 9$) выявляется независимо для каждой сферы (сектора) и каждого индивида.

В некоторых сферах деятельности вариация доходов индивидов при прочих равных условиях может быть в значительной степени обусловлена ненаблюдаемыми различиями между индивидами (при $1-\omega_j$, близких к единице, тогда как в других сферах вариация доходов специфична для каждой сферы (при ω_j , близких к единице). В первом случае внутрисекторная вариация доходов никак не будет влиять на выбор профессии, тогда как во втором она потенциально обладает значительным воздействием на его результат.

Оценка множества альтернатив каждого индивида может быть интерпретирована как вектор ожидаемых доходов. Реальный доход, получаемый в выбранной сфере, является итогом случайного влияния, отключающего его от ожидаемого дохода. При такой интерпретации используемое правило распределения трудовых ресурсов по сферам деятельности фактически требует принятия предположения о нейтральности риска.

Для рассматриваемых сфер деятельности значения параметров конкретных функций доходов, используемых при получении базового решения модели, представлены в табл. 2. Поскольку при числе секторов n количество независимых коэффициентов p_j равно $(n-1)$, то для одного сектора («Неквалифицированные рабочие») его удельный вес в трудовых ресурсах (p_i) определен так, чтобы $\sum_i p_i = 1$ (см. табл. 3). При дан-

ных значениях параметров функции доходов для «Неквалифицированных рабочих» медиана доходов в рассматриваемом секторе (единица) может быть интерпретирована в качестве единицы масштаба, и доходы в других секторах даются в относительном измерении к величине доходов, получаемых «Неквалифицированными рабочими».

Функции доходов в сферах деятельности

$$R_{j,i} = \exp \left(\beta_{j,0} + \sum_{k=1}^3 \beta_{j,k} T_{k,i} + \beta_{j,4} p_j + \omega_j s_{j,i} + (1 - \omega_j) S_i \right)$$

Сфера деятельности (сектор), j	Параметры **							
	$\beta_{j,0}$	$\beta_{j,1}$	$\beta_{1,2}$	$\beta_{j,3}$	$\beta_{j,4}$	σ_j	ω_j	$\sigma_{j,i}$
1. Неквалифицированные рабочие	0	0	0	0	0	0,2	1,0	200
2. Квалифицированные рабочие	-1849	1	10	10	-1	0,3	0,5	212
3. Менеджмент	-1754	5	0	15	-3	0,4	0,5	250
4. Финансы и сбыт	-5536	50	0	2	-5	0,5	0,8	404
5. Бюрократия	-5352	50	0	0	-4	0,1	0,8	100
6. Технократия	-3062	0	0	30	-3	0,3	0,5	212
7. Литературные профессии I *	-6062	20	20	20	-9	0,4	0,5	250
8. Наука	-8750	5	25	50	-9	0,4	0,5	250
9. Литературные профессии II *	-6062	20	20	20	-13,8	0,4	0,5	250

* Варианты сферы «Литературные профессии» отличаются только параметром $\beta_{j,4}$ ($\beta_{7,4} \neq \beta_{9,4}$) и эквивалентны одному сектору «Литературные профессии» при $\beta_{(7+9),4} = -5,238$.

** Значения параметров $\beta_{j,0}$, $\beta_{j,1}$, $\beta_{j,2}$, $\beta_{j,3}$ и $\sigma_{j,i}$ приведены после умножения на 10^3 . Условные дисперсии $\sigma_{j,i}^2 = \omega_j^2 \sigma_j^2 + (1 - \omega_j)^2 \sigma_i^2$ суммы профессиональной $S_{j,i}$ и индивидуальной S_i случайных составляющих функций доходов определялись при $\sigma_i = 0,3$.

Объединяя независимые профессиональную и индивидуальную случайные составляющие, можно рассчитать условную дисперсию доходов индивида в секторе j : $\sigma_{j,i}^2 = \omega_j^2 \sigma_j^2 + (1 - \omega_j)^2 \sigma_i^2$. Величины $\sigma_{j,i}$ также приведены в табл. 2.

Такое объединение профессиональной и индивидуальной дисперсий имеет большое значение для определения условных ожиданий доходов. Поскольку нормально распределенные случайные члены ассоциируются с логарифмами доходов, то условное распределение доходов при заданных значениях всех остальных характеризующих доходы переменных (T_1, T_2, T_3, p_j) будет логарифмически-нормальным с математическим ожиданием (средним), равным

$$\begin{aligned} \hat{R}_j(T_1, T_2, T_3, p_j) &\equiv E[R_j(T_1, T_2, T_3, p_j)] = \\ &= \exp \left(\beta_{j,0} + \sum_k \beta_{j,k} T_k + \beta_{j,4} p_j + 0,5 \sigma_{j,i}^2 \right). \end{aligned}$$

Если исключить последний член этого выражения ($0,5 \sigma_{j,i}^2$), установим условное ожидание медианы, а не среднее значение доходов (см. [5, с. 8]).

2.2. Статическая реализация многосекторной модели с многими типами таланта. Чтобы получить базовое решение модели, доходы и распределение ресурсов по секторам моделировались при суммарном объеме распределяемого по сферам прироста численности занятых в количестве 10 тыс. индивидов. Для каждого из них уровни талантов и значения «профессиональной» и индивидуальной случайных составляющих определялись на основе соответствующих нормальных распределений. Поскольку здесь нас интересует статическое решение, сложившееся распределение трудовых ресурсов по секторам, на котором основывается выбор сферы деятельности каждого вновь поступающего на работу, задавалось экзогенно и было одним и тем же для всех. При выбранной спецификации свободных членов ($\beta_{j,0}$) и параметров при удельных весах секторов в суммарных трудовых ресурсах ($\beta_{j,4}$) результирующее распре-

Результаты статического моделирования распределения по сферам деятельности прироста занятых (10 тыс. чел.). Базовый вариант.

Сфера деятельности (сектор), j	Доли $10^3 p_j$	Средний доход \bar{R}_j	Характеристики распределений для типов таланта			
			сред- нее	среднеквадра- тическое отклонение	асимметрия	эксцесс
1. Неквалифицированные рабочие	301	1,12				
T_1			90	15,1	-0,44	2,92
T_2			91	17,5	-0,11	2,80
T_3			88	16,3	-0,25	2,87
2. Квалифицированные рабочие	202	1,32				
T_1			95	13,6	-0,59	3,19
T_2			107	14,6	-0,06	2,96
T_3			98	14,5	-0,28	2,74
3. Менеджмент	108	1,36				
T_1			96	13,7	-0,39	2,90
T_2			90	14,8	-0,21	2,95
T_3			107	12,8	-0,23	3,11
4. Финансы и сбыт	91	2,69				
T_1			123	11,5	0,54	3,56
T_2			107	17,1	0,00	2,98
T_3			95	17,7	-0,13	3,08
5. Бюрократия	83	2,50				
T_1			128	10,4	0,86	4,15
T_2			109	16,0	-0,02	3,03
T_3			90	17,0	0,02	2,91
6. Технократия	94	1,76				
T_1			87	16,7	-0,11	2,61
T_2			85	15,7	-0,23	2,87
T_3			125	11,1	0,13	2,92
7. Литературные профес- сии I	47	2,37				
T_1			117	10,9	0,27	3,32
T_2			123	13,6	0,12	2,66
T_3			111	13,0	-0,17	2,89
8. Наука	41	3,63				
T_1			105	15,3	-0,09	3,00
T_2			117	14,5	0,30	3,18
T_3			134	10,8	0,25	3,36
9. Литературные профес- сии II	33	2,38				
T_1			117	10,9	-0,05	2,90
T_2			124	14,5	-0,11	3,09
T_3			110	12,6	-0,36	3,09

деление моделируемых (вновь вовлекаемых) трудовых ресурсов в количестве 10 тыс. чел. соответствует экзогенно задаваемому распределению трудовых ресурсов.

Статическое решение модели представлено в табл. 3, где приведены: распределение трудовых ресурсов p_j по сферам деятельности, для вновь вовлекаемых в каждый сектор работников — средние доходы \bar{R}_j , а также оценки средних значений, среднеквадратических отклонений, коэффициентов асимметрии и эксцесса для переменных (T_1 , T_2 , T_3), характеризующих уровень таланта. Сравнивая распределения талантов новых работников, напомним, что для популяции в целом каждый тип таланта имеет нормальное распределение со средним 100 и среднеквадратическим отклонением 20, асимметрией 0 и эксцессом 3.

Результаты моделирования в целом понятны и весьма правдоподобны. Функции доходов были выбраны такими, чтобы обеспечить попадание примерно половины трудовых ресурсов в сферы деятельности «Неквалифицированные рабочие» и «Квалифицированные рабочие», а внимание можно было бы сконцентрировать на остальных семи секторах, четыре из которых («Менеджмент», «Финансы и сбыт», «Бюрократия»

и «Технократия») примерно одинаковы по численности, а «Литературные профессии» (оба сектора) и «Наука» образуют меньшие группы. Средние доходы варьируются по сферам следующим образом: 3,63 («Наука»)*, 2,37—2,69 («Финансы и сбыт», «Бюрократия», «Литературные профессии»); 1,76 («Технократия»), 1,32—1,35 («Менеджмент», «Квалифицированные рабочие») и, наконец, 1,12 («Неквалифицированные рабочие»).

Влияние внутрисекторной дисперсии (когда ω_j близки к единице) на результат распределения по секторам легко проследить на примере среднего дохода «Неквалифицированных рабочих». Если бы все индивиды рассматриваемой популяции направились в сектор «Неквалифицированные рабочие» ($p_1 = 1$), то средний доход в этой сфере был бы лишь 1,02, тогда как в нашем решении он равен 1,12. Ясно, что большинство индивидов, для которых «профессиональный» случайный член в секторе «Неквалифицированные рабочие» отрицателен, распределяются в другие сферы, а многие из тех, кто мог надеяться попасть в другие сферы, попадают в «Неквалифицированные рабочие» в результате того, что их «профессиональные» случайные члены положительны в этом секторе и (или) отрицательны в остальных, возможно, более подходящих в других отношениях. Все вместе эти факторы поднимают среднее значение дохода «Неквалифицированных рабочих» почти на 10%.

Средние значения талантов заметно варьируют по сферам деятельности, отражая различия между профессиями в предельных доходах по разным типам таланта. Уровень таланта T_1 очень высок (средние значения превышают 120) в секторах «Финансы и сбыт» и «Бюрократия», высок (117) в «Литературных профессиях» и более общего среднего в «Науке» (105 по сравнению с 100). Во всех остальных секторах среднее значение T_1 ниже общего среднего, а его минимум наблюдается у «Технократии» — 87. Уровень художественного таланта T_2 наиболее высок у «Литературных профессий» (средние — 123 и 124) и высок для «Науки» (117). Вследствие положительной корреляции между манипуляторским и художественным талантами уровень художественного таланта высок (107) и в секторе «Финансы и сбыт», где художественный талант не приносит дохода, но манипуляторский обеспечивает большой доход, и в секторе «Квалифицированные рабочие», где художественный талант особенно ценится, а манипуляторский ничего не дает. Ниже всего уровень художественного таланта (85) наблюдается у «Технократии». Уровень научного таланта (T_3) выше всего у «Науки» (134) и «Технократии» (125) и достаточно высок (110 и 111) у «Литературных профессий». Сравнивая сферу «Финансы и сбыт», где научный талант обеспечивает незначительный доход, с «Бюрократией», где он вообще не приносит дохода, видим, что средний его уровень в первом из этих двух секторов выше (соответственно 95 и 90), а самый низкий (88) — у профессии «Неквалифицированные рабочие».

Во всех случаях внутрисекторные среднеквадратические отклонения распределения талантов меньше, а часто существенно меньше, чем для всей популяции. Самые низкие среднеквадратические отклонения наблюдаются в секторах, которые отличаются высокой оплатой какого-либо типа таланта.

Для «Неквалифицированных рабочих», «Квалифицированных рабочих» и «Менеджмента» распределения манипуляторского и научного талантов характеризуются явно выраженной отрицательной асимметрией. Художественный талант имеет отрицательную асимметрию в секторах «Менеджмент» и «Технократия». Значительная положительная асимметрия манипуляторского таланта наблюдается в «Финансах и сбыте» и «Бюрократии». Наконец, «Наука» имеет положительную асимметрию как в распределении художественного, так и научного таланта. Положительная асимметрия отражает устойчиво высокий уровень оплаты

* Ясно, что любая «реалистичная» интерпретация высоких доходов в сфере «Наука» предполагает, что в этих доходах каким-то образом учитываются преимущества и привилегии, непосредственно не выраженные в денежной форме.

этого типа таланта в данной сфере, а отрицательная, как правило, относительно низкий его уровень по сравнению с «ближайшими конкурентами» среди сфер. Существенное отклонение характеристик эксцесса от соответствующего нормальному распределению значения, равного 3, наблюдается только для манипуляторского таланта в сферах «Финансы и сбыт» и «Бюрократия». Здесь высокие показатели эксцесса являются признаками того, что распределение сосредоточено в основном в своей правой части (учитывая положительную асимметрию), отражая очень большую относительную оплату данного типа таланта в этих секторах.

2.3. Секторное разбиение пространства талантов. В результате распределения индивидов по сферам деятельности так, чтобы каждому из них обеспечивался $\max_j R_{j,i}$, пространство талантов $\langle T_1, T_2, T_3 \rangle$ оказывается поделенным между сферами в соответствии с условиями общего экономического равновесия. Наличие профессиональных случайных составляющих приводит к «размытости» этого разбиения, поскольку стохастические различия в доходах могут служить причиной того, что индивиды с идентичными «конфигурациями таланта» распределяются в разные сферы. Однако каждая сфера будет стремиться контролировать определенную область пространства талантов.

Ожидания доходов можно использовать для получения неразмытого, детерминированного и, таким образом, более просто определяемого разбиения пространства талантов. Это можно было бы наблюдать, если бы распределение по секторам проводилось на основе ожиданий (с нейтральным риском), а не с известными профессиональными и индивидуальными случайными составляющими. На рис. 1—8 на плоскости талантов $\langle T_3, T_2 \rangle$ (при постоянном T_1) изображены сечения областей доминирования для сфер деятельности и для каждой такой области указан номер сферы j , для которой достигается

$$\max_j E [R_j (T_1, T_2, T_3, p_j)].$$

Границы между областями пространства, принадлежащими разным сферам, определяются равенством ожидаемых доходов в смежных секторах, т. е. уравнением

$$E [R_{j^*} (T_1, T_2, T_3, p_{j^*})] = E [R_{j^{**}} (T_1, T_2, T_3, p_{j^{**}})]$$

для смежных секторов j^* и j^{**} . Поскольку логарифм дохода есть линейная функция от уровней типов таланта, ожидаемые границы между секторами будут прямыми с коэффициентами наклона

$$-(\beta_{j^{**},3} - \beta_{j^*,3}) : (\beta_{j^{**},2} - \beta_{j^*,2}).$$

Заметим, что в этой квазидетерминированной постановке два варианта «Литературных профессий» (им присвоены номера 7 и 9) обязательно займут одну и ту же область доминирования, совпадающую с той, которую занял бы эквивалентный им единый сектор «Литературные профессии». На рисунке она обозначена номером 7.

При низком уровне манипуляторского таланта ($T_1=80$, см. рис. 1) только четыре сферы представлены в области, ограниченной рассматриваемыми значениями художественного и научного талантов. Индивиды с низким уровнем научного и художественного талантов попадают в «Неквалифицированные рабочие» ($j=1$), со средним художественным и небольшим научным — в «Квалифицированные рабочие» ($j=2$), с большим научным, но незначительным художественным — в «Технократию» ($j=6$), а с высоким уровнем и научного, и художественного талантов — в «Науку» ($j=8$).

На рис. 2, построенном для среднего значения манипуляторского таланта, появляется «Менеджмент» ($j=3$), «вырастая» первоначально из области высокого уровня научного таланта у «Неквалифицированных рабочих» и низкого у «Технократии» и посягая, хотя и слабо, на небольшой художественный и большой научный таланты у «Квалифицированных рабочих». «Наука» завоевывает некоторое пространство у «Техно-

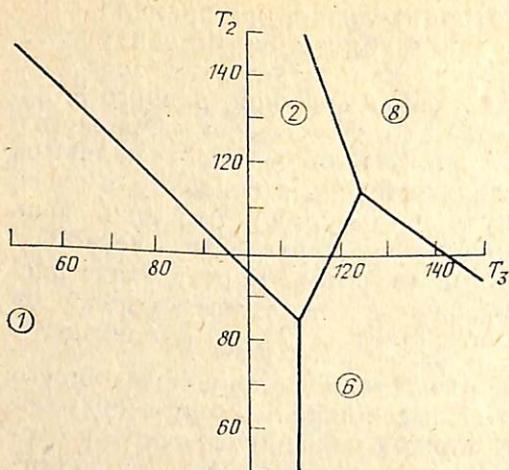


Рис. 1. Сечение областей доминирования для сфер деятельности в пространстве талантов (при $T_1=80$)

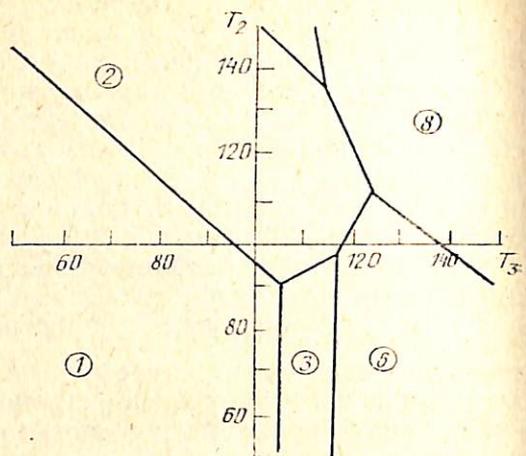


Рис. 2. Сечение областей доминирования для сфер деятельности в пространстве талантов (при $T_1=100$)

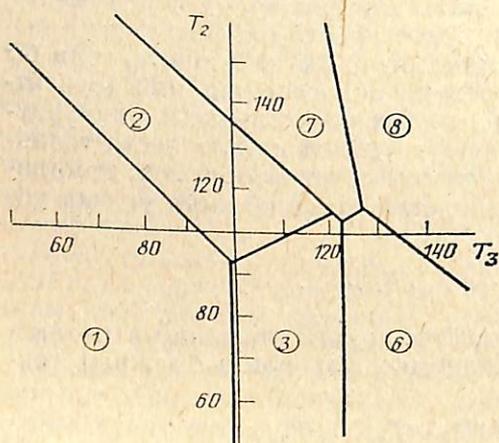


Рис. 3. Сечение областей доминирования для сфер деятельности в пространстве талантов (при $T_1=114$)

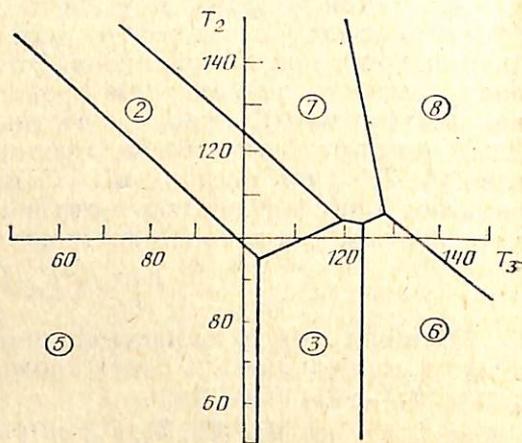


Рис. 4. Сечение областей доминирования для сфер деятельности в пространстве талантов (при $T_1=115$)

кратии» и «Квалифицированных рабочих», но между этими сферами при высоком уровне художественного таланта вклиниваются «Литературные профессии» ($j=7$).

При значении манипуляторского таланта, равном 114 (рис. 3), «Литературные профессии» существенно потеснили как «Квалифицированных рабочих», так и «Науку», а последняя, хотя и не сильно, — «Технократию»; «Менеджмент» отвоевал часть пространства у «Неквалифицированных рабочих». Однако при росте уровня манипуляторского таланта до 115 (рис. 4) «Бюрократия» ($j=5$), где высоко оплачивается манипуляторский талант, но не ценится ни художественный, ни научный, быстро вытесняет «Неквалифицированных рабочих» и претендует на часть территории, ранее принадлежащей «Квалифицированным рабочим» и «Менеджменту».

При уровне манипуляторского таланта, превышающем среднее значение на одно среднеквадратическое отклонение, т. е. равном 120 (рис. 5), «Бюрократия» и «Литературные профессии» полностью занимают территорию, на которой прежде были «Квалифицированные рабочие»; «Бюрократия» потеснила «Менеджмент», причем последний еще больше места уступил появившейся только сейчас сфере «Финансы и сбыт» ($j=4$). При уровне манипуляторского таланта, равном 130 (рис. 6), «Финансы и сбыт» совершенно вытесняют «Менеджмент» и оттесняют «Технокра-

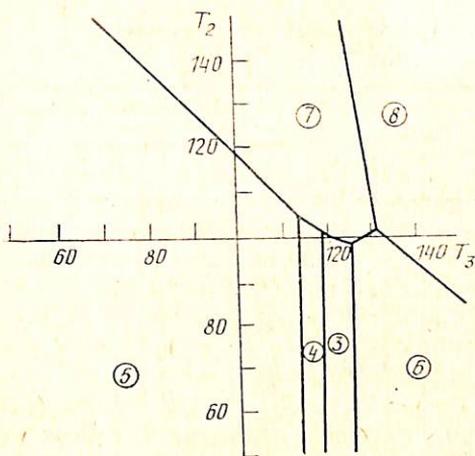


Рис. 5. Сечение областей доминирования для сфер деятельности в пространстве талантов (при $T_1=120$)

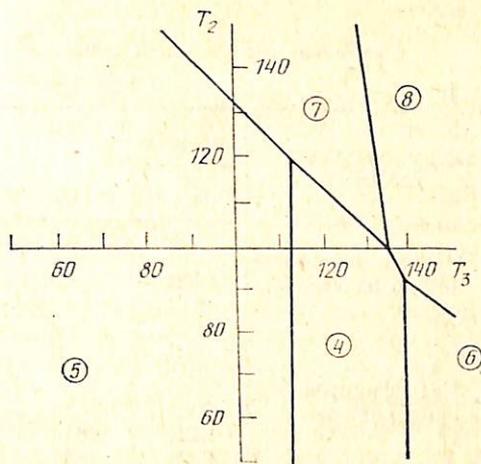


Рис. 6. Сечение областей доминирования для сфер деятельности в пространстве талантов (при $T_1=130$)

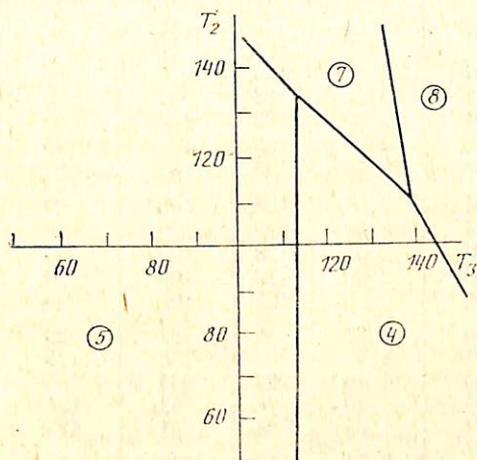


Рис. 7. Сечение областей доминирования для сфер деятельности в пространстве талантов (при $T_1=140$)

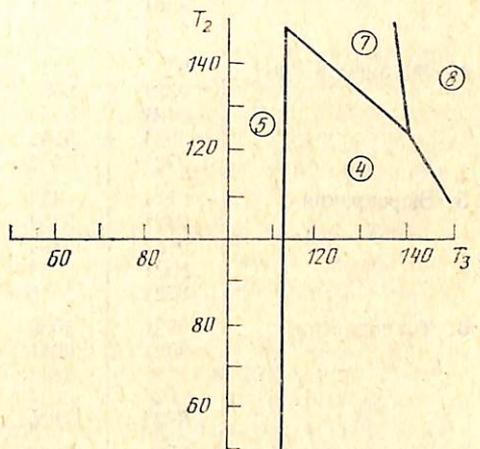


Рис. 8. Сечение областей доминирования для сфер деятельности в пространстве талантов (при $T_1=150$)

тию», «Науку» и «Литературные профессии»; последняя сфера претендует на территорию «Научной элиты», соответствующую низким уровням манипуляторского таланта, и утрачивает часть собственной территории, отошедшей к «Бюрократии».

По мере роста уровня манипуляторского таланта до 140 и 150 (рис. 7 и 8) «Финансы и сбыт» полностью вытесняют «Технократию» и в значительной степени «Науку». В то же время «Финансы и сбыт», «Бюрократия» вторгаются на территорию «Литературных профессий».

Ясно, что индивиды, у которых «конфигурации таланта» близки к тем, что соответствуют линиям секторного разбиения пространства талантов, имеют большую «свободу» выбора профессии, чем индивиды, комбинации талантов которых соответствуют точкам внутри области некоторого сектора. В общем случае количество эффективных возможностей выбора профессии максимально для индивидов с относительно высоким уровнем научного таланта. Это отражает тот факт, что научный талант сравнительно высоко оплачивается в большинстве секторов*.

* Квазиэластичность доходов относительно научного таланта достигает единицы и выше в пяти из восьми секторов (считая «Литературные профессии» единым сектором), тогда как квазиэластичности относительно манипуляторского и художественного талантов не меньше единицы только в трех из восьми секторов.

Сравниваемые варианты решения многосекторной модели развития науки
со многими типами таланта *

Сфера деятельности (сектор), j	Коэффициенты **		Доли $10^3 p_j$	Средний доход \bar{R}_j	Средние уровни таланта (по типам)		
	$\beta_{8,0}^p$	$\beta_{j,0}$			\bar{T}_1	\bar{T}_2	\bar{T}_3
1. Неквалифицирован- ные рабочие	9521	0	301	1,12	90	91	88
	9321	0	301	1,12	90	91	88
	9121	0	301	1,12	90	91	88
	8921	0	300	1,12	89	91	87
	8721	0	299	1,12	89	91	87
2. Квалифицирован- ные рабочие	9521	1844	207	1,33	95	107	99
	9321	1845	206	1,32	95	107	99
	9121	1849	202	1,32	95	107	98
	8921	1856	195	1,30	95	107	98
	8721	1866	185	1,29	95	106	97
3. Менеджмент	9521	1746	110	1,37	96	90	108
	9321	1747	110	1,37	96	90	107
	9121	1754	108	1,36	96	90	107
	8921	1761	105	1,35	96	89	107
	8721	1775	101	1,33	95	89	106
4. Финансы и сбыт	9521	5534	91	2,69	123	107	96
	9321	5535	91	2,69	123	107	95
	9121	5536	91	2,69	123	107	95
	8921	5542	90	2,69	123	107	95
	8721	5552	88	2,69	123	107	94
5. Бюрократия	9521	5352	84	2,50	128	109	90
	9321	5352	84	2,50	128	109	90
	9121	5352	83	2,50	128	109	90
	8921	5353	83	2,50	128	109	90
	8721	5356	83	2,50	128	109	90
6. Технократия	9521	3030	105	1,81	88	87	126
	9321	3041	101	1,79	87	86	126
	9121	3062	94	1,76	87	85	125
	8921	3091	84	1,70	86	83	124
	8721	3130	71	1,65	84	81	123
7. Литературные про- фессии I	9521	5992	54	2,51	117	123	114
	9321	6021	51	2,48	117	123	113
	9121	6062	47	2,37	117	123	111
	8921	6122	40	2,32	117	124	109
	8721	6192	32	2,24	117	124	106
8. Наука	9521	9443	9	3,94	103	120	141
	9321	9139	20	3,78	106	119	137
	9121	8750	41	3,63	105	117	134
	8921	8265	73	3,57	105	115	131
	8721	7668	117	3,58	104	113	128
9. Литературные про- фессии II	9521	5989	39	2,47	117	124	113
	9321	6022	36	2,40	117	124	111
	9121	6022	33	2,38	117	124	110
	8921	6113	30	2,36	118	124	108
	8721	6181	25	2,35	118	124	106

* По сферам деятельности распределяется прирост занятых (10 тыс. чел.), варьируется коэффициент $\beta_{8,0}^p = \beta_{8,0} + \beta_{8,4} p_8$, т. е. спрос «Науки» на труд.

** Рассматриваются пять вариантов значений $\beta_{8,0}^p$, при которых найдены решения модели и характеризующие их показатели $p_j, \bar{R}_j, \bar{T}_{1j}, \bar{T}_{2j}, \bar{T}_{3j}$. Приведены значения ($-10^3 \beta_{8,0}^p$) и ($-10^3 \beta_{j,0}$).

2.4. Сравнительная статика: варьирование спроса на ресурсы со стороны «Науки». Рассмотрение задачи в сравнительной статике имеет целью исследование факторов, влияющих на распределение трудовых ресурсов по сферам и на внутрисекторные характеристики трудовых ресурсов при изменении относительного спроса на них со стороны какой-либо сферы. Поскольку мы интересуемся научными кадрами, то будем

варьировать относительный спрос со стороны «Науки». Тогда этот анализ станет в общем и целом сопоставимым, как мы покажем ниже, с анализом, основанном на модели «Гиганты и пигмеи».

а. *Спектр решений модели в постановке сравнительной статистики.* Набор из пяти равновесных состояний представлен в табл. 4. Эти состояния были получены варьированием соответствующего свободного члена ($\beta_{8,0}^p = \beta_{8,0} + \beta_{8,4}p_8$) в функции доходов «Наука» ($j=8$) от $-9,521$ до $-8,721$. Поскольку такие изменения параметра влекут за собой изменение равновесных долей p_j всех девяти секторов, то данный метод предполагает неявную модификацию всех истинных значений свободных членов ($\beta_{j,0}$, $j=1, \dots, 9$) при заданных параметрах при удельных весах сфер ($\beta_{j,4}$). Истинные значения свободных членов для всех остальных профессий уменьшаются, чтобы компенсировать снижение спроса на труд в данных секторах, но незначительно. У «Технократии» (на 0,1 по отношению к области равновесия) и у «Литературных профессий» (на 0,2) эти падения нетривиальны и отражают наличие конкурентного спроса со стороны «Технократии», «Литературных профессий» и «Науки» на научные таланты высокого уровня.

При прочих равных условиях каждое из последовательных приращений параметра $\beta_{8,0}$ на 0,2 приводило бы к 22%-ному росту доходов индивидов «Науки».

Однако возможности (в том числе, «конфигурации таланта» распределяемых индивидов и доли секторов) не остаются неизменными. В результате фактические средние доходы для «Науки» обычно снижаются по мере увеличения ее спроса на ресурсы. Так, 22%-ный рост доходов «Науки», который пришелся бы на каждое последовательное приращение соответствующего свободного члена, как видно из табл. 4, резко контрастирует с наблюдаемыми 4%-ными снижениями фактических средних доходов, вызываемыми двумя приращениями спроса, а также со снижением на 1,7% и ростом на 0,2% при следующих двух приращениях величины спроса.

Подобное снижение средних доходов отражает то, что приращения относительного спроса индуцируют повышение равновесной доли «Науки» в трудовых ресурсах (с 0,9 до 2; 4, 1; 7,3 и 11,7% соответственно), которое может быть получено только за счет привлечения в «Науку» менее одаренных индивидов. Действительно, средние значения уровней художественного и научного талантов индивидов в этой сфере существенно снижаются. Например, средний уровень научного таланта при доле «Научной элиты» в трудовых ресурсах 0,9% составлял 141, а при доле 11,7% — лишь 128, средний уровень художественного таланта снизился со 120 до 113. Интересно, что средние уровни научного таланта в «Науке» соответствуют оценкам [3] модальных значений показателя IQ для соискателей ученых степеней и предположениям модели «Гиганты и пигмеи», решения которой представлены в табл. 1.

Рост удельного веса «Науки» в трудовых ресурсах на 10,8% общей численности (более чем десятикратный) сопровождается привлечением в нее работников из сфер, предъявляющих спрос на те же таланты, особенно из «Технократии» (снижение доли этой сферы в трудовых ресурсах достигает 3,4%), «Литературных профессий» (в совокупности потерявших 3,6%), «Квалифицированных рабочих» (уменьшение на 2,2%) и «Менеджмента» (потерявшего 0,9%). Наоборот, небольшие потери «Бюрократии» (0,1%), «Неквалифицированных рабочих» (0,2%) и «Финансов и сбыта» (0,3%) отражают незначительность или отсутствие спроса на научный талант в этих сферах.

У «Литературных профессий» наблюдается существенное снижение среднего уровня научного таланта (со 114 до 106), а уровни манипуляторского и художественного талантов немного возрастают, когда индивиды с самым высоким уровнем научного таланта (но со средними манипуляторскими и художественными) попадают в «Науку». У «Технократии» умеренное уменьшение уровня научного таланта сопровождается более существенным снижением уровней манипуляторского и художест-

венного талантов. Этот эффект соответствует тому, что при одном и том же уровне научного таланта индивиды с высокими манипуляторским и художественным талантами скорее всего предпочтут войти в «Науку». В результате комбинированного эффекта, связанного со снижением спроса и вымыванием талантов, средние доходы снижаются во всех сферах, кроме секторов «Неквалифицированные рабочие», «Финансы и сбыт» и «Бюрократия». Однако, исключая «Технократию» и «Литературные профессии», где доходы упали почти на 10%, снижение доходов в других секторах, как правило, незначительно.

б. *Эффективность науки и затраты на науку.* Чтобы оценить влияние описанных вариаций численности занятых в «Науке» в статической постановке на эффективность науки и на затраты на нее, были использованы функции, определяющие величину научного вклада и его значение в модели «Гиганты и пигмеи».

В этой многосекторной модели все три типа таланта приносят доходы лицу, занятому в «Науке», и, таким образом, воздействуют на индивидуальный выбор именно этой профессии. В то же время по крайней мере для подмножества работников «Науки», проводящих собственно научные исследования, мы предполагаем, что хотя манипуляторский и художественный таланты приносят доходы, но только научный талант позволяет индивиду внести свой вклад в приращение научного знания. Иными словами, манипуляторский и художественный таланты, если ученый ими обладает, помогают ему производить впечатление на окружающих, льстить или же просто получать что-либо у менеджеров, бюрократов и политиков, контролирующих поток ресурсов в науку, и таким образом повышать свои доходы, но эти таланты не увеличивают его научного потенциала.

В обществе, где наука со всей очевидностью является управляемой и бюрократизированной, можно ожидать, что по мере того, как растут средства, выделяемые обществом на развитие научных исследований, часть номинальных кадров, занимающихся ими, и в первую очередь те, кто наделен манипуляторским талантом, будут использоваться как научные администраторы, академические функционеры и служащие государственных исследовательских бюро. Те, кто обладает несомненными творческими способностями, могут поэтому целиком посвятить себя научной работе. Но хотя концептуально вследствие такого «разделения труда» можно было бы надеяться на рост возможностей для творчества, на деле, однако, вполне вероятен и «зажим» творчества и инноваций.

Итак, величина научного вклада ученого i с научным талантом $T_{3,i}$ в соответствии с моделью «Гиганты и пигмеи» принимается равной

$$g_i = e^{(T_{3,i} - 100) \cdot 10},$$

а суммарное значение вклада ученых

$$G = \sum_{i \in S \subseteq SE} g_i,$$

где S — подмножество ученых, занятых в «Науке» и выполняющих научные исследования; SE — множество всех занятых в «Науке». Научное значение агрегированного вклада G , как и в модели «Гиганты и пигмеи», примем равным натуральному логарифму вклада ($V = \ln G$).

Чтобы сделать возможным прямое сопоставление обобщенной и более простой моделей, функция вклада оценена для каждого члена популяции в 10 тыс. чел., с последующим агрегированием по всему ее множеству и по той части, которая попадает в «Науку». Нормализованные вклады определялись посредством процентного отношения второго к первому. Общая величина G , полученная агрегированием индивидуальных вкладов g_i на всей популяции, оказалась равной 3241. Отметим, что нормализованная величина агрегированного вклада инвариантна относительно всех возможных значений доли собственно науки в «фактической» или «потенциальной» численности этой сферы, поскольку как числитель,

Результаты анализа развития науки, полученные с помощью многосекторной модели со многими типами таланта

Характеристики развития науки	Статус науки в обществе				
	примерно соответствует ситуации в США в годы				
	1940		1975—1985		
	низкий		высокий		
	значение коэффициента $\beta_{8,0}^p$, определяющего спрос «Науки» на труд				
	-9,521	-9,321	-9,121	-8,921	-8,721
	приблизительное значение \star параметра M				
	168	158	148	140	138
Доля численности всех занятых в науке, %, SE	0,87	2,02	4,12	7,29	11,7
Доля численности занятых в науке, ведущих научные исследования $\star\star$, S (ресурсы)	0,39	0,91	1,85	3,28	5,27
Средний уровень научного таланта $\star\star\star$, \bar{T}_3	141	137	134	131	128
Научный вклад G, % от максимально возможного	15,9	25,4	36,0	48,2	59,9
Значение научного вклада $V = \ln G$, % от максимально возможного	31,3	48,9	61,9	72,8	80,9
Эластичность $(dV:dG)(G:V)$	1,19	0,76	0,60	0,51	0,46
Ресурсы					
средние (S:V) 100	1,25	1,86	3,00	4,51	6,51
предельные $(dS:dV)$ 100	1,72	4,71	9,91	18,49	29,33
Эластичность $\star\star\star\star$ $(dS:dV)(V:S)$	1,38	2,54	3,31	4,10	4,50
Затраты $\star\star\star\star$					
общие C100	24	87	252	594	1208
средние (C:V)100	0,78	1,77	4,08	8,16	14,94
предельные $(dC:dV)$ 100	1,42	6,42	19,57	49,87	99,64
Эластичность $(dC:dV)(V:C)$	1,81	3,62	4,80	6,11	6,67

\star Приведено значение параметра M модели «Гиганты и пигмеи», при котором совпадают значения долей S для двух рассматриваемых моделей.

$\star\star$ Предполагается, что научные исследования ведут 45% занятых в «Науке» ($S = 0,45 SE$).

$\star\star\star$ Приведенные значения среднего уровня научного таланта (\bar{T}_3) непосредственно несопоставимы с модальным значением уровня таланта, рассматривавшемся в модели «Гиганты и пигмеи» (см. табл. 1).

$\star\star\star\star$ См. примечание \star к табл. 1.

так и знаменатель будут умножаться на один и тот же коэффициент. Рассчитанные нормализованные вклады для всех смоделированных статических состояний приведены в табл. 5. В ней SE — доля всех работающих в «Науке» в общей численности занятых (доля множества SE); S — аналогичная доля множества S ученых, ведущих научные исследования.

Дальнейшая нормализация была основана на наблюдении, согласно которому в обобщенной модели при параметре спроса на ресурсы со стороны «Науки», равном $-9,321$, и при распределении в «Науку» 2,02% численности популяции, относительный научный вклад на уровне 25,4% соответствует примерно 25,7%-ному относительному вкладу в более простой модели «Гиганты и пигмеи», когда показатель спроса M составляет 158 и в «Науку» направляется 0,91% популяции (что приблизительно отражает реальную ситуацию в США в 1975—1985 гг.).

Исходя из этого, мы установили, что собственно научными исследованиями занято 45% ($\cong 100 \cdot 0,91/2,02$) численности работающих в сфере «Наука», что позволило нормализовать данные V агрегированного научного вклада. Результаты этой процедуры также представлены в табл. 5.

Имея нормализованные значения научного вклада и численности научных кадров (в процентах к численности популяции), можно оценить неявное соотношение между ресурсами S и значением вклада V . Используя функцию

$$S = s(V) = ke^{TV} + \beta,$$

для которой определяемые значения параметров (для множества решений модели в статической постановке, показанных в табл. 5) равны $k=0,050$, $\gamma=0,057$, $\beta=0,090$, можно рассчитать для любой заданной степени реализации научного потенциала суммарные, средние и предельные затраты и их эластичности. Расходы S определяются в предположении, что их эластичность относительно ресурсов равна 1,5.

Сравнение полученных данных (см. табл. 1 и 5) подтверждает принципиальную сопоставимость результатов анализа двух рассмотренных моделей. Единственное существенное, хотя вряд ли принципиальное расхождение, наблюдается для эластичностей значения научного вклада относительно величины этого вклада, а также необходимых ресурсов и затрат на него.

При любой доле науки в общей численности популяции эластичность значения научного вклада относительно его величины всегда выше в более общей модели. Например, если 0,9% трудовых ресурсов направляется в науку, эта эластичность равна 0,76 в более общей модели и лишь 0,65 в простой. Различия сравниваемых относительных показателей наблюдаются на всем анализируемом множестве решений.

Более высокой эластичности значения вклада от его величины соответствуют более низкие эластичности и ресурсов и затрат относительно его значения в общей многосекторной модели с многими типами таланта по сравнению с простой. Так, снова сопоставляя решения, в которых доля науки в общей численности популяции равна 0,9%, мы видим, что общая модель дает эластичность затрат 3,62, а простая — 3,96. Точно так же, если в простой модели эластичность затрат равна 6,1 при распределении в «Науку» 2,3% численности популяции, то в общей такая эластичность отвечает существенно более высокой доле науки — 3,3% численности популяции.

Тот факт, что многосекторная модель неявно предполагает большую эластичность научного вклада относительно доли научных кадров в трудовых ресурсах и меньшую эластичность затрат при любой заданной степени реализации научного потенциала, очень правдоподобен. В более сложной модели многие индивиды с высоким уровнем научного таланта выбирают ненаучную карьеру либо потому, что обладают и другими талантами, либо в результате действия случайных факторов. С ростом относительной величины спроса на ресурсы со стороны науки эти наделенные большим научным талантом индивиды переходят в науку из других секторов. Таким образом, объем «научной продукции» оказывается более эластичным по отношению к росту численности (доли) научных кадров, чем это было бы в том случае, если бы только масштаб научного таланта определял вероятность попасть в науку, когда с ростом масштаба научных исследований высокие уровни в распределении научного таланта исчерпываются очень быстро.

Тем не менее общий вывод, согласно которому затраты, обеспечивающие последовательное возрастание степени реализации научного потенциала, растут очень быстро, остается справедливым независимо от того, какая из моделей применяется. Оценки ресурсов и затрат в каждом случае показывают, что с ростом масштаба научных исследований их научный результат увеличивается с прогрессивно снижающимся темпом. Этот все более медленно растущий результат достигается ценою все более усиливающегося вымывания талантов из других секторов.

* * *

Сопоставление простой двухсекторной модели с одним типом таланта и более сложной многосекторной с многими его типами, в которой индивидуальные таланты стохастичны, а сферы деятельности предъявляют на них существенно разный спрос, приводят к близким выводам. Весьма экономная в своих средствах более общая модель тем не менее дает интересную и наглядную картину реальности, усиливая доверие к выводам, сделанным относительно развития сферы науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Dresch S. P., Janson K. R.* Giants, Pygmies and the Social Costs of Fundamental Research, or, Price Revisited//*Technol. Forecasting and Social Change*. 1987. V. 32. № 4.
2. *Price D. J. de S.* Little Science, Big Science. N. Y., 1963.
3. *Harmon L. R.* The High School Backgrounds of Science Doctorates//*Science*. 1963. V. 133.
4. *Merton R. K.* Singletons and Multiples in Scientific Discovery//*Proc. Amer. Philos. Soc.* 1961. V. 105. № 470.
5. *Aitchison J., Brown J. A. C.* The Lognormal Distribution. L., 1957.

Поступила в редакцию
4 VIII 1989