

О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОСТРЕБОВАННОСТИ ЗНАНИЙ И КОЛИЧЕСТВЕ УЧЕНЫХ

(в порядке обсуждения)

Заднепровский Р. П.

Рассмотрены вопросы об изменении востребованности знаний и количестве ученых как основных показателей научно-технического прогресса в соответствии с циклическим временем развития общества, приведены математические выражения указанных изменений с учетом вероятностных и экспертных коэффициентов, а также времени циклов внедрения новых идей и изобретений.

Ключевые слова: востребованность знаний и количество ученых; математические модели изменения реализованных и фактических объемов знания во времени; циклы накопления и реализации знаний.

Исследования об изменении востребованности научных разработок и количества ученых, их соотношений с учетом социально-экономических и политических реалий могут иметь важное значение в стратегии развития индустриальных сообществ. Имеющиеся в этом направлении работы носят, в основном, качественный характер. Ниже рассмотрены общие соображения по этим вопросам с использованием возможных простых математических моделей, дающих возможность обосновать тенденции научного развития человеческих сообществ. При накоплении статистических данных для наиболее вероятностных значений опытных коэффициентов, характерных для любых математических моделей, можно говорить о вероятности прогноза. Развитие общества носит циклический характер с периодом циклов T , величина которого может быть переменна. Сумма циклов равна времени стратегического прогноза. Внутри каждого цикла можно говорить о закономерностях изменения критериев научно-технического прогресса (НТП).

Вопрос о продолжительности циклов требует специального рассмотрения. НТП тесно связан с социально-политическими и экономическими характеристиками развития общества. Существует заметная аналогия этого развития с закономерностями физического состояния и характеристиками изменения материальных объектов. Например: различие во взаимодействии индивидуальных и коллективных объектов, вероятностного распределения активных физических частиц

(закон Бозе-Энштейна) и биологических объектов, аналогии развития энтропии систем и др. Процессы затухающей или восходящей активности и флуктуации общественных кризисов и темпов преобразований в ряде случаев также могут быть выражены (с определенным приближением) известными из физики математическими уравнениями. Ниже дается попытка обоснования простых математических моделей количественного развития этапов НТП по характеристикам объема знаний A и числу его создателей – ученых N . Примем, что основной критерий НТП – количество востребованных знаний A в данный момент времени $t < T$. Прирост знаний соответствует изменению числа ученых и способности их создавать новые знания.

Можно полагать, что с учетом скорости изменения (приращения) знаний в виде критерия dA/dt , общее количество востребованных (или реализованных) знаний

$$A = A_p + BdA/dt. \quad (1)$$

Здесь коэффициент пропорциональности B имеет размерность времени цикла с учетом конкретных социально-экономических условий, влияющих на флуктуацию времени цикла реализации знаний. Для краевых условий: количество реализованных знаний $A_p = A_0$, где A_0 – количество востребованных знаний в начале цикла (для $t = t_0$), а при резком увеличении времени t (или снижении цикла T) количество вновь приобретенных знаний A приближается к объему реализованных A_p .

Тогда дифференциальное уравнение (1) имеет решение:

$$A_p = A_1 - (A_1 - A_0) \exp(-t/B), \quad (2)$$

где A_1 – количество знаний, полученных за данное время.

Показатель $B = c / T$, где c – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние социально-экономических и политических реалий на НТП и востребованность знаний. Рост этого коэффициента сокращает время обновления и реализации новых знаний и соответствующего НТП индустриального общества. Для некоторой идеализированной системы $c = 1$. В этом случае из уравнения (2) следует, что при $t = T$ прирост реализованных знаний в данный период возможен только в том случае, если соотношение A / A_0 не более 1,7. Снижение величины A_p означает и определенный регресс в накоплении новых знаний (часть знаний теряется, устаревают, является практически ненужной, а часть исследований может быть ложной и бесполез-

ной). Здесь следует добавить достаточно логическую гипотезу о неотвратимости «энтропии» знаний.

По аналогии с физическим смыслом термодинамического понятия энтропии как соотношения потери тепловой энергии на нагрев материального пространства с учетом неисполнимой части этой энергии, можно говорить о нивелировании знаний по отношению к сообществу, накопления невостребованных и негативных знаний, особенно в информационно-накопительных технических устройствах сверх их некоторого критического объема и знаний, подрывающих положительное развитие общества в биологическом и социальном смысле. В первом приближении эта энтропия $\mathcal{E} = b \int dA / N$ соответствует повышению энтропии при разрастании неиспользуемой части знаний.

При $t \gg T$ общая долговременная зависимость реализованного объема знаний от времени стремится к линейному характеру с небольшими средневероятностными флуктуациями. Для реального времени коэффициент

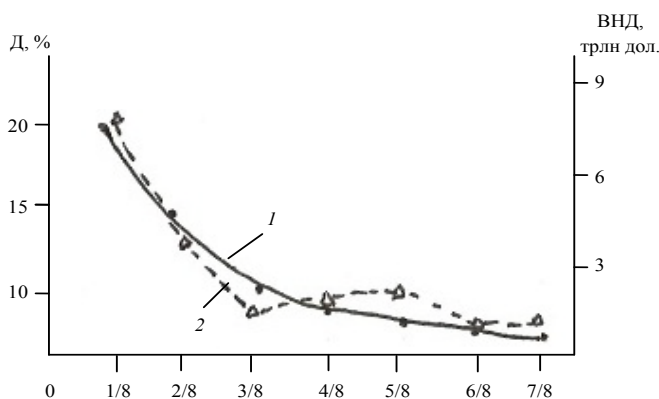


Рис. 1. График распределения долей публикаций наиболее развитых стран:

кривая 1 – зависимость Д от Кр с учетом экспертной оценки положения стран в ряду уменьшения публикаций (от 1 до 8, соответственно – США, Китай, Англия, Германия, Япония, Канада, Индия, РФ); кривая 2 – изменение индекса ВНД, 2002 г.)

флуктуаций определяется вероятностным характером параметров уравнений в изменяющейся социально-политической среде, особенно замкнутого вида.

Как показывают расчеты, количество востребованных знаний из предыдущего цикла T при показателе экспоненты более трех пренебрежимо мало (практически все вновь до-

бытые знания востребованы). В связи с этим показатель экспоненты $ct / T = B$ характеризует темп освоения новых знаний и их практическую реализацию. Безразмерный коэффициент c напрямую связан с научно-технической политикой правительства и соответствующих ведомств и интенсивностью научных разработок в наиболее значимых стратегиче-

ских направлениях науки и техники. В любом последующем цикле остается невостребованной часть полученных знаний, которая может быть реализована, главным образом, в первой половине последующего цикла. Во второй же половине цикла резко возрастет реализация новых знаний. Отметим, что здесь речь идет только об объеме именно новых знаний, могущих повлиять на НТП.

На рис. 1 дан пример графика распределения долей публикаций наиболее развитых стран – Д по убывающей оценке в баллах (в пределах от 1 до 8) в зависимости от рейтингового коэффициента K_p , вычисляемого по формуле $K_p = 1 - k_i / k_m$, где k_i – оценка данной страны в баллах, k_m – максимальная оценка, $k_m = 8$. Пунктирная кривая линия показывает валовый национальный доход стран. Указанные страны составляют устойчивые национальные объединения, влияющие на общий НТП. Пунктирная кривая при общей тенденции снижения валового дохода с экспоненциальным снижением доли публикаций имеет значительные отклонения от теоретически ожидаемого. Это показывает, что финансовый фактор далеко не всегда определяет существенный прирост знаний, и большое значение имеют национальная сплоченность и самосознание, активное проведение политики, способствующей концентрации интеллектуальных и материальных ресурсов на повышение уровня НТП. Математическая модель зависимости распределения доли публикаций Д (как основного показателя знаний) от коэффициента K_p удовлетворительно отражается экспонентой $D = D_{\max} \exp(-2,43K_p)$, где D_{\max} – максимальное значение показателя Д. Отметим, что близок к экспоненте нисходящий ряд лидеров международного рынка образовательных услуг (США, Англия, Япония, Германия, Франция, Канада, Италия, РФ).

Перейдем к вопросу о приближенной оценке необходимого количества ученых как творцов и носителей новых знаний. Количество ученых N также носит экспоненциальный характер, но вопрос об их востребованности и потенциальном росте гораздо сложнее, так как распределение ученых

по их уровню компетенции, творческой отдаче и практической реализации востребованных знаний подчиняются некоторым недостаточно выясненным вероятностным законам. Можно принять определение ученого как индивидуума с объемом знаний, превышающим средний уровень знаний члена человеческого сообщества и являющимся источником расширения знаний, существенно влияющих на социально-культурный и научно-технический прогресс. В первую очередь востребуются знания для повышения качества жизни (удовлетворения жизненных материальных потребностей и морально-эстетических запросов, повышения безопасности существования).

В первом приближении можно разделить количество ученых на три группы с характерным уровнем знаний и умений:

- У1 – нижний уровень, определяющий профессиональную пригодность к научной работе;
- У2 – уровень высокого профессионализма, позволяющий решать самостоятельно научно-прикладные проблемы;
- У3 – уровень высокой творческой активности и способности к генерации новых идей.

Примером статистики уровней могут служить данные экспертной оценки Волгоградского клуба докторов наук: из 400 ученых уровень У3 составляет 3–4 %, значения уровней У1 и У2 близки: они находятся в пределах 40–50 %. Вероятностные функции $f(Y)$ имеют различный характер. Предполагается, что наиболее целесообразно использовать так называемое гамма-распределение вероятности указанных уровней. Можно полагать, что приращение количества новых знаний $dA = d(mN) = mdN + Ndm$, где m – доля знаний определенной группы (уровня) ученых. Это соотношение отражает тот факт, что прирост знаний связан как с приростом числа ученых dN , так и с приростом их индивидуального уровня знаний dm . Кроме того следует учесть современную возможность значительно сократить количество ученых-носителей знаний за счет электронных накопителей и

хранителей знаний. Если указанные категории ученых имеют достаточно зависимый характер, общая вероятность появления суммы всех трех категорий ученых равна произведению вероятностей отдельных групп ученых $p = p_1 p_2 p_3$. В этом случае сокращение любой из категорий уровня сокращает во столько же раз количество всех ученых и наоборот (при возрастании уровня любой группы).

Рассмотрим приближенную оценку соотношения числа ученых и знаний. Логично предположить, что характеристичный показатель НТП пропорционален числу востребованных знаний с учетом времени данного цикла скорости приращения $fA_B(dt/T)/A$ и одновременно – приращению dN/N_0 , где N_0 – начальное (до данного цикла) число ученых. Тогда при равенстве этих соотношений получаем дифференциальное уравнение

$$dN/N_0 = fA_B(dt/T)/A. \quad (3)$$

Решение уравнения принимает вид:

$$N = N_0 \exp(ftA_B / TA). \quad (4)$$

Здесь величина $N_0 \leq N \leq N_m$, где N_m – максимум величины N при $t = T$. Интенсивность роста определяется статистическим коэффициентом f (за счет специальных политико-экономических мер).

Из уравнения (4) следует, что беспредельный рост общего объема накопленных знаний A приводит к сокращению числа ученых, а для роста востребованных знаний необходимо увеличение количества ученых. Поскольку востребованность связана с внедрением, то наиболее вероятен рост 2 и 3 категорий ученых для длительных циклов T . Рост длительности цикла (фазы застоя) также резко сокращает прирост ученых. Этому способствует развитие автоматизированных компьютерных систем, позволяющих резко сократить продолжительность экспериментов и их обработку. Уравнения дают общий прогнозный результат при отсутствии форс-мажорных обстоятельств (кризисные ситуации в результате войны, стихийных бедствий, непродуманных политических решений и т. п.).

Поэтому следует рассчитывать и возможный вариант с учетом форс-мажорного коэффициента, меняющего знак показателя экспоненты в уравнениях (1)–(3) на отрицательный. Крупные научные открытия и разработки дают рост (обычно временный) востребованности научных кадров.

Уравнение воспроизводства ученых достаточно корректно может быть выведено из следующих логических соображений. Появление новых ученых (как объектов) и их исчезновение за малый отрезок времени dt имеют вероятности β_1, β_2 . Тогда прирост ученых равен dN , а количество воспроизведенных и исчезнувших с учетом появившихся взамен – n . Пропорциональность количества исчезающих объектов их общему числу N и вероятности – следствие независимости поведения объектов.

С учетом изложенного, общее дифференциальное уравнение баланса ученых во времени получает вид:

$$dN [((\beta_1 - \beta_2)(1 - n)dt)/T] = NBdt, \quad (5)$$

где B – коэффициент пропорциональности, учитывающий осредненный фактор изменения количества ученых в данных условиях.

Решение уравнения (5) при начальном количестве ученых N_0 (от времени отсчета t_0 до конца цикла T) имеет вид:

$$N = N_0 \exp(Bt). \quad (6)$$

Показатель экспоненты B меняет знак на отрицательный при $\beta_1 < \beta_2(n - 1)$, и количество ученых снижается (величина n характеризует естественную убыль ученых). Вероятность определяется соотношением числа появления новых ученых на каждого действующего (обычно доктора наук), то есть, практически, количеством аспирантов и соискателей, защитивших диссертации за данный срок.

Обоснование величины коэффициента B – важная и достаточно трудная задача. Естественно предположить, что $B = (K_n - K_n) / T = V_0 / T$, где K_n и K_n – экспертные коэффициенты суммарной оценки позитивных и негативных факторов, влияющих на развитие науки

и НТП.

В наиболее удобной форме каждый из коэффициентов изменяется в пределах $0 \dots 1$.

Величина коэффициентов определяется по формуле $K_{n(n)} = \sqrt[k_1 k_2 \dots k_i]{\dots}$. Здесь частные коэффициенты k (от первого до i -го) учитывают все факторы, влияющие на конечное значение величины B . Соответственно уравнение (6) примет конечный вид:

$$N = N_0 \exp(\pm B_0 t / T) \quad (7)$$

При $T = t$ и $K_n = K_n$ величины $N_{\max} = N_0 e$ и $N_{\min} = N_0 / e$. Это характерно для естественного оптимального процесса развития НТП (без учета форс-мажорных обстоятельств и флуктуаций).

В искусственно созданной ситуации время реализации ($t = t_p$) $\geq T$ или $t_p \leq T$ (резкое изменение объема вливаемых средств, ресурсов, трудовых усилий) возможен значительный рост востребованности знаний и ученых или, наоборот, резкое снижение. Например, в период перестроечного кризиса относительное падение числа ученых соответствует экспоненте (рис. 2) в виде $N = N_0 \exp(-0,23T)$. Рейтинговая оценка распределения (в %) количества экспонатов – \mathcal{E}_k (на научно-техни-

ческих выставках, конференциях и других мероприятиях) по восьми федеральным округам России (табл. 1) также удовлетворительно отвечает экспоненциальному распределению $\mathcal{E}_k = \mathcal{E}_0 \exp(-Bk)$.

Таблица 1

Данные к распределению научно-технических экспонатов (\mathcal{E}_k) по федеральным округам РФ

Округ	\mathcal{E}_k , %	Балл	k
Дальневосточный	4	1	7/8
Уральский	5,5	2	6/8
Южный	7	3	5/8
Северо-Западный	7,5	4	4/8
Приволжский	12	5	3/8
Санкт-Петербург	23	6	2/8
Москва	33	7	1/8
Центральный	40	8	0

Логично предположить, что характеристика прироста сложности управления процессами, влияющими на НТП – dy пропорциональна росту числа объектов управления x (например, числу инновационных НИР и предприятий). Тогда имеем уравнение $dy = Cx dx$. После интегрирования получаем $y = Cx^2$, где C – коэффициент пропорциональности. Аналогично можно получить зависимость *эффективности приращения* новых

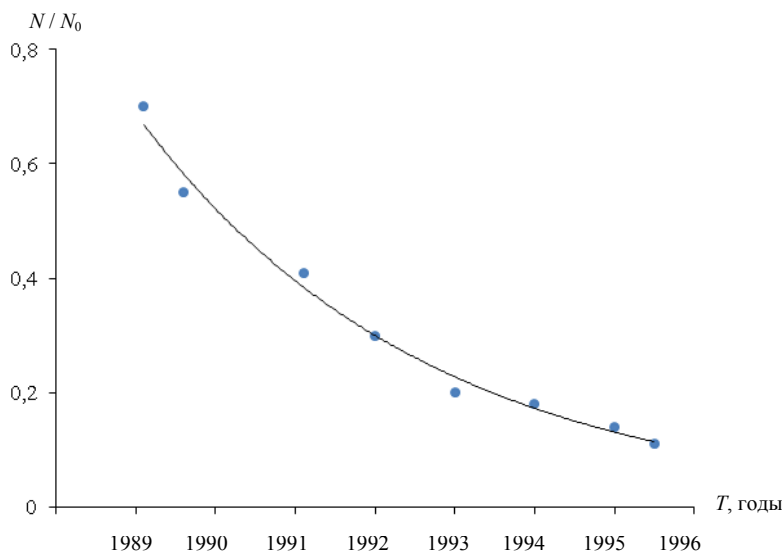


Рис. 2. Относительное снижение числа ученых РФ в кризисный период 1988–1996 гг. (по данным статистики)

идей, разработок от числа ученых, их ценных публикаций (*накопленных знаний* Π) в виде $\mathcal{E}\Phi = C\sqrt{\Pi} = C_0\sqrt{N}$, т. е. непропорциональ-

ную зависимость. По аналогии с соответствующими экономическими законами: уменьшение спроса на специалистов с широким

кругозором знаний, с крупными современными лабораториями и специализированными производствами приводит к мелкотемью, росту ученых более низкого уровня, а при падении востребованности ученых их число 1 и 2 уровня снижается. На рис. 2 дан график относительного снижения числа ученых для кризисного периода 1988–1996 гг., когда величина $K_n < K_n$.

Частные коэффициенты, определяющие показатель экспонент, определяются на основании экспертных оценок (баллов) или по отношению к соответствующим показателям системы объектов (отдельному региону, стране) со сбалансированным, устойчивым социально-экономическим состоянием.

Рассмотрим наиболее важные группы частных коэффициентов, нулевые значения которых, в соответствии с вышеуказанной формулой расчета суммарных коэффициентов $K_{(n)}$, приводят к резкому изменению знака развития НТП. Среди таких частных коэффициентов следует отметить коэффициенты, отражающие:

- уровень обеспечения необходимыми специалистами, лабораторным оборудованием;
- необходимое финансовое обеспечение и наличие инновационной инфраструктуры;
- побуждение к труду и заинтересованность бизнеса инновациями;
- оценочные показатели, отражающие уровень качества жизни, готовность и возможность населения к приобретению новой продукции, а также политической обстановки и компетентности властных структур в быстром реагировании в разрешении ситуаций, препятствующих развитию НТП.

Существенное значение имеют психологические особенности личности ученых – побуждение к науке, организаторские способности, настойчивость в достижении цели.

Следует подчеркнуть, что аналоги экспоненциальных зависимостей существуют в реальной оценке качества обслуживания и рыночной деятельности [3]. Например, зависимости показателя качества от соотношения невыполненных и выполненных процедур (по их отдельным комплексам). Экспоненциаль-

ный вид статистической кривой зависимости количества дефектных показателей качества от количества процедур и количества показателей рыночной деятельности может служить приближенным аналогом выведенных уравнений для оценки количества ненужных (лишних) ученых.

Переходим к оценке длительности циклов НТП – T . Генеральный (мировой) цикл $T = \sum t_i$, где i – число фаз развития, заметно влияющих на НТП. В принципе *минициклами* можно считать почти непрерывное обновление средств производства и существования (от новых инновационных образцов до изделий с устойчивыми качественными показателями), в т. ч. мелких технических и дизайнерских усовершенствований. Поэтому новым циклом следует считать цикл с принципиальными отличиями – например, переход от тепловых двигателей внутреннего сгорания к электрическому приводу автотранспортных средств. *Отраслевые циклы* T_o должны способствовать общему росту НТП. В реальности развитие отраслевых и региональных циклов неравномерно и на отдельных этапах может быть затухающим. Для глобальных масштабов логично говорить об *эрах* НТП, объединяющих ряд циклов. Эра отражает глобальное изменение научно-технического потенциала.

Согласно исследованиям центра модернизации АН Китая, первичная модернизация (первая эра) завершилась к середине XX века, когда индекс модернизации 35 наиболее развитых стран составил 99 %. Наступившая вторая эра, состоящая из четырех фаз, активно развивается с переходом в информационное общество. При этом Россия находится в первой фазе с индексом модернизации 10–15 % за 10 лет развития (30 место из 130 наиболее развивающихся стран).

Средний расчетный период фазы составляет 15–20 лет. Подавляющее число маломасштабных инноваций – усовершенствований имеет циклы в пределах 2–4 года.

Анализ инновационных циклов (от идеи до начала массового использования) показал, что наиболее вероятный интервал этих ци-

клов составляет 10–25 лет с маловероятными отклонениями (по наиболее значимым научно-техническим достижениям) до 100 лет. Примерами могут служить: паровая машина (1756 г., Уатт) – первый пароход через 10 лет, регулярное рельсовое сообщение – 1835 г., $T = 80$ лет; гидротурбина (1750 г., Сегнер), $T = 85$ лет; автомобиль (образец Форда 1903 г.) – массовое использование через 10 лет; метод псевдооживления – разработан в 1870 г., широкое промышленное использование (технологии перемешивания, сушки, очистки и разделения газов) через 40 лет; сжижение газов (1938 г., С. Капица), промустановки – с 1950 г. ($T = 20$ лет); антибиотики (пенициллин – 1922 г., Флеминг), $T = 25$ лет; законы генетики (1911 г., Морган), $T = 30$ лет; современные самолеты (теория управляемого крыла – 1931 г., С. Чаплыгин), $T = 20$ лет; двигатель Дизеля – $T = 10$ лет; ЭВМ (1935 г., В. Нейман), T около 30 лет; рентгеновские лучи (Рентген, 1895 г.), $T = 25$ лет; атомная бомба (цепная реакция, О. Ган, 1934 г.), $T = 11$ лет (бомба в Хиросиме); открытие водорода (1785 г., Кавендиш) – аэростат 1911 г., промышленное использование, T около 100 лет. Средневероятностное время внедрения крупных изобретений в России – 15–20 лет, в США и Японии – от 3 до 10 лет.

Для проверки теоретических зависимостей (отдельные примеры даны в тексте) привлечены выборочные данные статистики научной работы вузов, некоторых научно-производственных предприятий, результатов крупных совещаний и конференций, приведенных в газете АН РФ «Поиск» и общественных журналах; экспертные оценки по отдельным вопросам развития науки, проведенные Волгоградским клубом докторов наук в 1993–2011 гг. Кроме того, привлечены количественные аналоговые материалы в области изучения экономики рыночных отношений.

Следует отметить, что экспоненциальные зависимости наиболее логично отражают естественную тенденцию экономико-социальных процессов, тесно связанных с НТП в периоды резкого затухания и возрастания темпов этого развития, стремящегося и не дости-

гающего некоторого предельного состояния. Хотя флуктуации любого развития не дают возможность рассматривать математические уравнения моделей как монотонные, но за достаточно большой период поступательное развитие НТП несомненно. Для отдельных функциональных параметров и коэффициентов распределение имеет вероятностный характер, наиболее близкий к распределению Пирсона (y -распределение). Это распределение [1] имеет два коэффициента, изменение которых дает переход к симметричному (по отношению к наиболее вероятному значению средневзвешенной (максимальной) величины параметра распределения, например, зависимости вероятностного состава групп ученых или отдельных сообществ по их одаренности) или к несимметричному распределению (например, вероятности снижения значения расчетного максимального параметра с течением времени и т. п.). Общий анализ теоретического соотношения и изменения различных уровней способностей обучаемых и ученых показывает: рост носителей знания общесреднего уровня не приводит к существенному росту носителей знания высшей категории до некоторого критического числа. В то же время, при постоянном объеме обучающихся снижение числа обучаемых средних способностей приводит к контрастному росту соотношения малоспособных к выдающимся обучаемым (преимущественно это относится к студентам). В табл. 2 приведены данные динамики численности научных работников вузов в период 1989–2001 г. ($T = 11$ лет). Эти цифры показывают значительное снижение научного потенциала и удовлетворительно отражаются экспонентой типа $N / N_0 = \exp(-0,205t)$ при отклонении показателя экспоненты не более 7 %, здесь $N_0 = 93$ тыс. чел.

Таблица 2

Динамика численности научных работников вузов

Год	1989	1990	1991	1992	1993	1994	2001
Научные работники, тыс. чел.	95	93	71,3	61	52	43	15

Одним из важнейших показателей НТП является число получаемых патентов. По

данным Роспатента в 2008–2011 гг. ежегодное падение числа российских патентов по отношению к зарубежным составляет 20 % в год (в 2008 г. – 22400 патентов). При этом число зарубежных авторов высокотехнологичных патентов составляет около 50 %. Следует отметить весьма слабую защищенность и ущемление прав российских авторов изобретений. Зависимость снижения числа российских патентов по приоритетным направлениям за период 2003–2010 гг. также близка к экспоненте (от 6550 до 1500 патентов в год).

Количество ученых в России (по НИОКР) составляет около 7–8 чел. на 1000 чел. населения, из них в сфере фундаментальных наук 3–5 %. Отметим, что в Европе на НИОКР используется до 75 % частных ассигнований, а в России – не более 30 %. Согласно Образовательному рейтингу по 60 критериям 40 стран (данные исследовательской компании Economist Intelligence Inc.), лидерами по этим показателям являются Финляндия и Корея, США – 17-е место, РФ – 20-е.

На основе данных центра социологических исследований РФ (март 2002 г., 124 эксперта из ведущих специалистов) можно отметить: по времени реализации идей после США и Японии Германия занимает 9-е, а Россия – 25 место,

при числе изобретений на 1000 человек – 250 (США) и 55 (РФ). Признали финансирование науки в РФ плохим 62 % экспертов, хорошим – 8 %, сокращение научных кадров в 1995–2001 гг. составило 13 % (из них 56 % – в технических вузах). Оценка деградации знаний: достаточный уровень знаний – 27 %, низкий – 69 %; по экспертной оценке в РФ престижные вузы составляют 3,3 %, в США – 5,7 %.

Необходимо отметить, что бурное развитие НТП – неустранимый источник социальных рисков. Хотя научно-технический и общекультурный прогресс привел к росту продолжительности жизни за последние 200–250 лет почти в 2 раза, но появилось много неизвестных ранее болезней, все больше возрастают затраты общества на развитие медицины, разработку и изготовление медицинских препаратов. Происходит неуправляемый рост потребления, производство ненужных и нередко вредных товаров и услуг. Негативные проблемы развития нанотехнологической сферы деятельности уже налицо и требуют баланса решений по ограничению отдельных направлений исследований и выработки правил развития и использования научно-технических достижений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рушимский Л. З. Элементы теории вероятности. М.: Наука, 1970. С. 60–63.
2. Кузнецов Н. Г., Богданов С. И. Вводные лекции по математическому моделированию и математической теории эксперимента. Волгоград: ВГСХА, 2008. 180 с.
3. Качество жизни – новая цивилизационная парадигма. Волгоград: филиал Моск. ун-та коммерции, 2000. С. 16–21.
4. Страны мира: справочник. М.: Олма-пресс, 2003. 607 с.
5. Карпенко О. М., Бершадская М. Д., Вознесенская Ю. А. Показатели уровня образования населения в странах мира: анализ данных международной статистики // Социология образования. 2008. № 6. С. 4–20.

Поступила в редакцию 7 мая 2014 г.

Заднепровский Рем Петрович – доктор технических наук, профессор. 470074, Волгоград, ул. Академическая, 1, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. E-mail: zadnepr@yandex.ru