

	Название статьи	Страницы	Цит.
<b>НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ</b>			
<input type="checkbox"/>	<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ РОССИИ И БЕЛОРУССИИ (2000-Е ГОДЫ)</b> <i>Иванов В.Н., Овсиенко Ю.В., Тихонов А.О., Ясинский Ю.М.</i>	3-18	4
<input type="checkbox"/>	<b>ОСНОВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОНИМАНИЮ СОБСТВЕННОСТИ</b> <i>Сухинин И.В.</i>	19-40	0
<b>ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ</b>			
<input type="checkbox"/>	<b>ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ АЛМАЗОВ: СОВРЕМЕННЫЙ КОНТЕКСТ</b> <i>Фридман А.А.</i>	41-55	3
<b>МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ</b>			
<input type="checkbox"/>	<b>АСИМПТОТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОСРОЧНОЙ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ</b> <i>Акаев А.А., Соколов В.Н., Акаева Б.А., Сарыгулов А.И.</i>	56-67	4
<input type="checkbox"/>	<b>ЭФФЕКТ РЕЗОНАНСА В ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ - УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ</b> <i>Скиба А.Н., Гарькавый В.А.</i>	68-79	13
<b>СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ</b>			
<input type="checkbox"/>	<b>ОСНОВАНИЯ ТЕОРИИ ФИДУЦИАЛЬНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ: ПРИНЦИП ИНЕРТНОСТИ</b> <i>Беленький В.З., Заславский А.А.</i>	80-93	1
<b>НАУЧНЫЕ ОБСУЖДЕНИЯ</b>			
<input type="checkbox"/>	<b>РОССИЙСКАЯ КОСМОНАВТИКА НА МИРОВОМ РЫНКЕ: КОНКУРЕНЦИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ</b> <i>Макаров Ю.Н.</i>	94-103	4
<input type="checkbox"/>	<b>КОНЦЕПЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ АПК РОССИИ В ПОСТКРИЗИСНЫЙ ПЕРИОД</b> <i>Арутюнов А.Л.</i>	104-116	3
<input type="checkbox"/>	<b>ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ И ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b> <i>Клочков В.В.</i>	117-123	12
<b>ЗАМЕТКИ И ПИСЬМА</b>			
<input type="checkbox"/>	<b>ОБ ОДНОМ ПРИМЕНЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВРЕМЕННОГО РЯДА НАЛОГОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ</b> <i>Кутищева Е.Ю., Родин В.А.</i>	124-128	0
<input type="checkbox"/>	<b>ЛИВШИЦУ В.Н. - 80 ЛЕТ</b>	129	0
<input type="checkbox"/>	<b>БАГРИНОВСКОМУ К.А. - 80 ЛЕТ</b>	130-131	0
<input type="checkbox"/>	<b>ГОЛЬШТЕЙНУ Е.Г. - 80 ЛЕТ</b>	132-133	0
<input type="checkbox"/>	<b>МОВШОВИЧУ С.М. - 80 ЛЕТ</b>	134	0
<input type="checkbox"/>	<b>МЕДНИЦКОМУ В.Г. - 75 ЛЕТ</b>	135	0
<input type="checkbox"/>	<b>СМОЛЯКУ С.А. - 75 ЛЕТ</b>	136-137	0
<input type="checkbox"/>	<b>ФРЕНКЕЛЮ А.А. - 75 ЛЕТ</b>	138-139	0
<input type="checkbox"/>	<b>АКАДЕМИК ПЕТРОВ А.А.</b> <i>Евтушенко Ю.Г., Флёров Ю.А., Поспелов И.Г., Савин Г.И., Кудрявцев Н.Н., Макаров В.Л., Ивантер В.В.</i>	140-142	0

**НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ**

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ  
ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ  
РОССИИ И БЕЛОРУССИИ  
(2000-е годы)\***

© 2011 г. **В.Н. Иванов, Ю.В. Овсиенко, А.О. Тихонов, Ю.М. Ясинский**  
(Москва, Белоруссия)

Проведен анализ институциональных преобразований и экономической динамики в России и Белоруссии. Исследованы факторы экономического роста в обеих странах. Показано, что белорусская модель институциональных преобразований обеспечила значительно более динамичный и устойчивый экономический рост, в то время как российская модель оказалась неэффективной, несмотря на огромные рентные доходы в период высоких цен на нефть.

**Ключевые слова:** институциональная система; экономическая динамика; факторы экономического роста; рента; монополизм.

В работе представлены результаты исследования, посвященные сравнительному анализу институциональных изменений и социально-экономической динамики России и Белоруссии. В предыдущей статье (Иванов, Овсиенко, Тихонов, Ясинский, 2010) рассматривался период 1990-х годов. В настоящей работе в поле зрения 2000-е годы. Заметим, что и характер институциональных изменений, и, соответственно, направления и темпы социально-экономического развития стали иными.

1. ФАКТОРЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

В период с 2000 по 2007 г. в обеих странах наблюдался экономический рост. В Российской Федерации он был в основном восстановительным после значительного падения в 1992–1998 гг. Его результатом стало достижение дореформенного уровня: реальный ВВП России в 2006 г. впервые за постсоветский период сравнялся с его значением в 1991 г.<sup>1</sup> В Белоруссии восстановительный рост экономики начался уже в 1996 г. Реальный ВВП достиг уровня 1991 г. в 2002 г., а к концу рассматриваемого периода составил 162% этого уровня (в России – соответственно – 110%). В табл. 1 представлены данные динамики реального ВВП России и Белоруссии в 2000–2007 гг. Как видно из этих данных, в начале рассматриваемого периода темпы роста ВВП в России были выше, чем в Белоруссии. Это объясняется прежде всего эффектом “низкой базы”: в России

**Таблица 1.** Динамика реального ВВП Белоруссии и России в 2000–2007 гг., в % к 1999 г.

Страны	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007 в % к 1991
Белоруссия	106	111	116	124	138	151	166	181	162
Россия	110	116	121	130	139	148	160	172	110

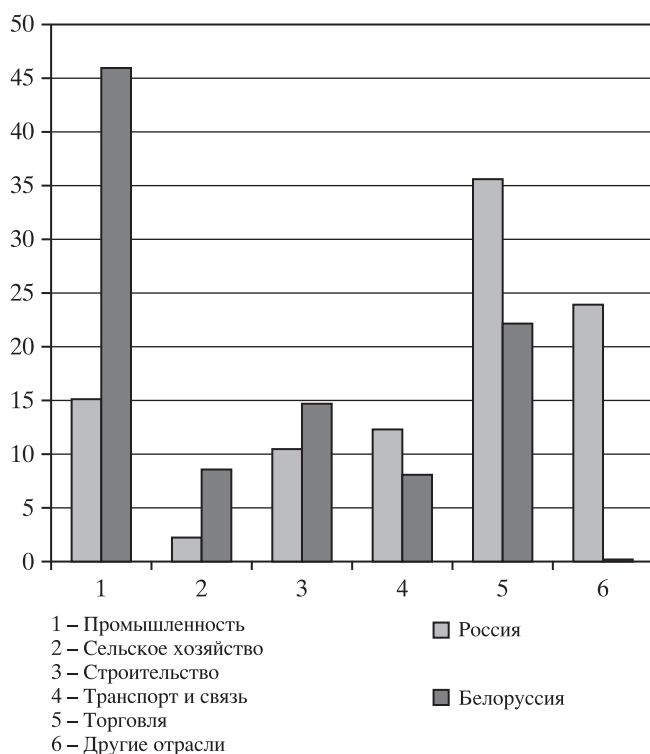
\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проекты № 08-02-90206а / Б, 09-02-00126а).

<sup>1</sup> Здесь и далее, если не указано особо, статистические показатели приводятся по официальным данным Росстата и Белстата за соответствующие годы.

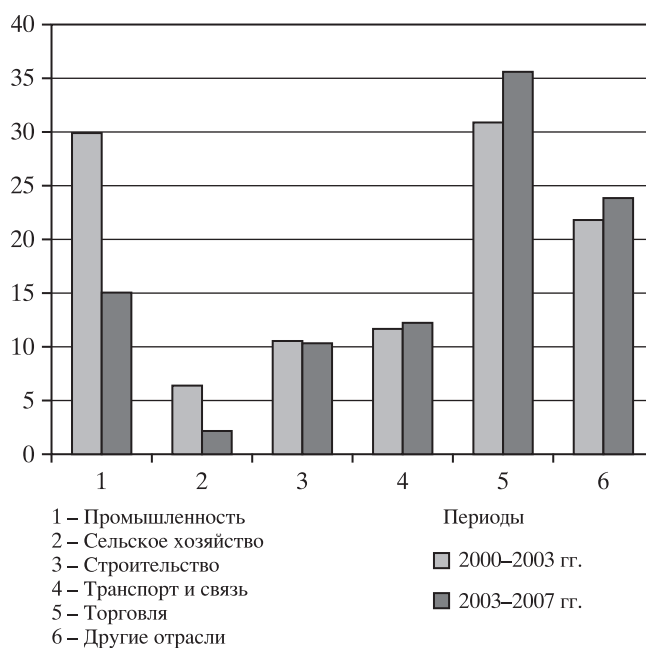
ВВП в 1999 г. составлял всего 64% уровня 1991 г., в Белоруссии – 89%. Соответственно, ресурсы роста российской экономики за счет загрузки простаивавших до этого производственных мощностей были существенно больше, чем в белорусской. Однако во второй половине рассматриваемого периода соотношение темпов роста экономики двух стран поменялось: в результате общий рост ВВП в 2000–2007 гг. в Белоруссии оказался выше, чем в России.

В рассматриваемый период существенно отличается и вклад отраслей экономики в прирост ВВП двух стран (рис. 1). В Белоруссии прирост ВВП в сопоставимых ценах обеспечивался в основном за счет опережающего роста ВДС товаропроизводящих отраслей, в первую очередь обрабатывающей промышленности. В период 2000–2007 гг. на ее долю пришлось 46% прироста ВВП. В целом же вклад производства товаров в прирост ВВП Белоруссии в рассматриваемом периоде составил около 70%. В отличие от Белоруссии в России указанная структура во второй половине рассматриваемого периода существенно изменилась по сравнению с первой половиной.

В России вклад производства товаров в прирост ВВП в 2000–2003 г. составлял 47%, а в 2004–2007 гг. он сократился до 28%. При этом вклад промышленности в прирост ВВП снизился почти в два (с 29,9 до 15,2%), а сельского хозяйства – в три раза (с 6,5 до 2,2%). Основной вклад в прирост ВВП России в 2004–2007 гг. внесла торговля и операции с недвижимым имуществом – на их долю пришлось около половины прироста (рис. 2).



**Рис. 1.** Вклад отраслей в прирост ВВП в 2000–2007 гг. в сопоставимых ценах, %



**Рис. 2.** Вклад отраслей в прирост ВВП России в сопоставимых ценах по двум периодам, %

Из вышесказанного можно сделать следующий вывод: при общей для двух стран тенденции к росту экономики модели их экономического роста были принципиально различными. Экономический рост в Белоруссии, который привел к существенному превышению ВВП по сравнению с советским периодом, обеспечивался в первую очередь за счет реального сектора. В Российской Федерации достижение дореформенного уровня ВВП произошло в основном за счет торгово-посреднической деятельности.

Быстрый рост ВДС торгово-посреднической деятельности в России в рассматриваемый период объясняется ростом как физического объема оборота оптовой и розничной торговли,

так и торговой наценки (разницы между стоимостью товаров в продажных и покупных ценах), которая по методологии системы национальных счетов представляет собой выпуск торговли. Безусловно, позитивным с точки зрения социально-экономической динамики является при этом лишь рост физического объема розничного товарооборота. Что же касается роста оборота оптовой торговли, то такая оценка вряд ли возможна, так как для российской оптовой торговли были характерны многозвенные перепродажи. По данным статистики, не менее половины сделок купли–продажи товаров в оптовом звене совершались между организациями оптовой торговли. В результате происходила спекулятивная накрутка цен и их необоснованное повышение для конечных потребителей. Это приводит к снижению конкурентоспособности ряда ключевых отраслей экономики, в первую очередь – реального сектора, а также к инфляции на потребительском рынке. Приведем простой пример. Представим себе, что некий сельскохозяйственный регион делится системой перекупщиков на несколько частей, в каждой из которых действует только один закупщик продукции. Это позволяет ему приобретать у крестьян результаты их трудовой деятельности по бросовым ценам, получая крупный навар. Второй метод обогащения в торговле – создание цепочки перекупщиков. Обозначим норму прибыли перекупщиков через  $\alpha$ . Пусть первый посредник покупает некоторую продукцию по цене  $p$  и продает ее второму, уже по цене  $p(1 + \alpha)$  который, в свою очередь, продает ее третьему по цене  $p(1 + \alpha)^2$ , и т.д. Таким образом, получается, что общая норма дохода  $A$  всей цепочки перекупщиков  $k$  равна:

$$A = (1 + \alpha)^k - 1.$$

Предположим, что  $\alpha = 0,3$ , а  $k = 5$ , получим, что вся эта цепочка принесла 270% прибыли, тогда как каждый из них получал только 30%. Но все эти посредники напоминают известного зиц-председателя Фунта, поскольку вся цепь создана хозяином торговой фирмы.

Но тогда почему компетентные органы не стремятся прекратить порочную практику и оставить одного перекупщика? Скорее всего потому, что в этом случае уменьшатся доходы членов этих компетентных органов.

Одной из главных причин роста НДС торговли был высокий уровень торгово-посреднических наценок на энергоносители, поставляемые как на экспорт, так и на внутренний рынок. Так, на конец 2007 г. средние цены приобретения нефти на внутреннем рынке и цены производителей различались в 1,5 раза, а газа – в 4,3 раза. Экспортные цены и цены производителей нефти и газа различались соответственно в 1,7 и в 13,8 раза. В результате происходил, по сути, трансферт части НДС нефте- и газодобывающей промышленности в торговлю. Об этом свидетельствует, в частности, то обстоятельство, что основным видом деятельности “Газпрома” по ОКВЭД является оптовая торговля, а не добыча или транспортировка газа. Не менее показательным является и тот факт, что Москва, которая не добывает ни нефти, ни газа, тем не менее является их крупнейшим в стране экспортером благодаря тому, что именно в Москве зарегистрированы “Газпром” и головные подразделения крупнейших нефтяных компаний.

Рост внутренних цен на энергоносители, в том числе за счет увеличения торговой наценки, объясняется в первую очередь их монопольным характером. В результате институциональных преобразований 1990-х годов в России сложились разные типы монополий: общенациональные, такие как “Газпром”; олигополии (в частности, нефтяные компании), которые при попустительстве государства осуществляют картельный сговор. Они представляют собой вертикально интегрированные компании, где одни подразделения осуществляют добычу нефти и газа, а другие, якобы приобретая у первых нефть и газ, продают их затем с большой торговой наценкой. В состав нефтяных компаний входят также нефтеперерабатывающие заводы и автозаправочные станции, что позволяет осуществлять накрутку цен на всех этапах товародвижения.

Рассматриваемый период характеризовался быстрым ростом мировых цен на энергоносители и, соответственно, цен, по которым Россия экспортировала нефть и газ (табл. 2). Приводимые в табл. 2 данные свидетельствуют также о тенденции сближения внутренних цен на энергоносители с мировыми. В этой связи следует указать на абсолютное отсутствие аргументации в пользу известного тезиса о необходимости выравнивать эти цены с мировыми – как условия ликвидации “избыточного” энергопотребления, препятствующего якобы модернизации экономики. В действительности крайне высокий, экономически необоснованный уровень торгово-посреднических наценок на энергоносители выступает ограничителем экономического роста,

**Таблица 2.** Динамика экспортных и внутренних цен на нефть и газ в 2003–2007 гг.

Показатели	2003	2007
Экспортные цены на нефть, долл./ т	174	470
Экспортные цены на природный газ, долл. / 1000 куб. м	85,7	234
Внутренние цены приобретения нефти, руб./ т	4176	10 368
Внутренние цены приобретения природного газа, руб. / 1000 куб. м	1008	1856
Внутренние цены приобретения нефти, долл./ т*	142	422
Внутренние цены приобретения природного газа, долл. / 1000 куб. м*	34,2	75,6

\* В пересчете по официальному курсу валют.

приводя к завышению цен на электроэнергию, транспортные и коммунальные услуги и препятствуя преодолению сырьевой направленности развития российской экономики, перетоку капиталов из сырьевого сектора в высокотехнологичные отрасли обрабатывающей промышленности.

Динамичный рост мировых цен на энергоносители привел к существенному повышению рентных доходов России и явился, по сути, основным фактором роста ВВП страны во второй половине рассматриваемого периода. Так, стоимость экспорта сырой нефти в 2004–2007 гг. выросла по сравнению с 2000–2003 гг. более чем в 3 раза, природного газа – в 2 раза, в первую очередь именно за счет роста экспортных цен при относительно небольшом повышении физического объема экспорта энергоносителей (табл. 3).

**Таблица 3.** Экспорт нефти и газа в 2000–2003 гг. и в 2004–2007 гг.

Показатели	2000–2003	2004–2007	2004–2007, в % к 2000–2003
Нефть сырая, млрд долл.	110,0	365,5	329
Нефть сырая, млн т	718	1017	142
Газ природный, млрд долл.	70,8	141,8	200
Газ природный, млрд куб. м	760	802	107

Следует особо отметить, что экономический рост, имевший место в России в “нулевые” годы, особенно во второй половине рассматриваемого периода, не может считаться устойчивым. Мировые цены на энергоресурсы характеризуются высокой волатильностью: за периодами динамичного роста этих цен следуют и периоды их резкого обвала. Напомним в этой связи, что возникновение сильной зависимости экономического роста СССР в 1970–1980-е годы от динамики мировых цен на нефть стало одной из причин кризиса советской экономики и в конечном итоге – развала СССР. Важно при этом подчеркнуть, что в советский период поступления природной ренты, в первую очередь – от продажи нефти, направлялись в доход государства и использовались на благо всего общества. В современной России большая часть рентных доходов присваивается “нефтяными баронами”, за бесценок приватизировавшими нефтяные компании в период “шоковой терапии” – радикальных преобразования института собственности.

Как отмечалось ранее, в России высокая наценка характерна для торговли не только энергоносителями, но и другими товарами вследствие накрутки цен в цепи многозвенных перепродаж в оптовом секторе. В результате в России, несмотря на неоднократные заявления правительства о приоритетности задачи снижения инфляции, устойчивой тенденции ее снижения пока не наблюдалось. Это касается как потребительских цен, так и особенно цен производителей промышленной продукции.

В Белоруссии, напомним, восстановительный рост экономики начался во второй половине 1990-х годов в условиях крайне высокой инфляции (Иванов и др., 2010). В 2000-е годы темпы

роста цен в Белоруссии резко замедлились, и во второй половине рассматриваемого периода они стали ниже, чем в России, особенно темпы роста цен производителей промышленной продукции (табл. 4). Следует при этом отметить, что такая динамика имела место в неблагоприятных для Белоруссии условиях: в это время Россия резко повысила цены на поставляемые в республику газ (который ранее продавали Белоруссии по внутрироссийским ценам) и нефть, введя на нее экспортную пошлину и де-факто дезавуировав тем самым межгосударственные и межправительственные соглашения о едином таможенном пространстве и создании Союзного государства России и Белоруссии.

**Таблица 4.** Индексы цен в Белоруссии и России в 2000-е годы (данные за декабрь по отношению к декабрю предыдущего года), %

Страны	2000	2004	2005	2006	2007	2007, в % к 2003
Индекс потребительских цен						
Белоруссия	207,5	114,4	108,0	106,5	112,1	147,5
Россия	120,2	111,7	110,9	109,0	111,9	151,1
Индекс цен производителей промышленной продукции						
Белоруссия	268,0	118,8	110,0	109,0	116,8	166,4
Россия	131,9	128,8	113,4	110,4	125,1	201,7

Одной из причин успехов Белоруссии в борьбе с инфляцией является участие белорусского государства – в отличие от российского – в регулировании ценообразования. В России власти “регулировали” лишь тарифы естественных монополий, реально устанавливая только ежегодные пределы их повышения, при этом существенно превышающие темпы инфляции. В Белоруссии применялись три способа регулирования ценообразования:

– на социально-значимые товары государственные органы определяли верхний предел цены;

– на значительную группу товаров государственные органы устанавливали предельный индекс изменения цен;

– на остальные товары устанавливались свободные цены, которые в обязательном порядке подлежали регистрации. При регистрации цены производитель был обязан обосновать ее размеры затратным методом – издержками и нормативной прибылью.

Для регистрации цен субъекты хозяйствования в Белоруссии предоставляют в соответствующие государственные органы уведомление об уровне сформированных отпускных цен. При этом размер отпускных цен (тарифов) должен быть подтвержден соответствующими экономическими расчетами (калькуляцией с расшифровкой статей затрат), заверенными руководителями и главными бухгалтерами субъектов хозяйствования, которые несут ответственность за правильное обоснование цен (тарифов). При этом государство регулирует и предельные размеры некоторых статей затрат. Например, затраты на рекламу не могут быть выше определенного процента себестоимости.

Важно также отметить, что в Белоруссии установлен и верхний предел торговой наценки. В цене конечного потребителя эта наценка не должна быть выше 30% отпускной цены производителя или импортера, независимо от числа посредников, участвующих в движении товаров от производителя (импортера) до конечного потребителя.

Как отмечалось выше, существенный вклад в прирост ВВП России в 2004–2007 гг. внесли, кроме торговли, также операции с недвижимым имуществом. Значительный рост ВДС этого вида деятельности объясняется в первую очередь спекулятивным ростом цен на недвижимость. Наглядным свидетельством этого является динамика цен строительства и продажи жилья (рис. 3).

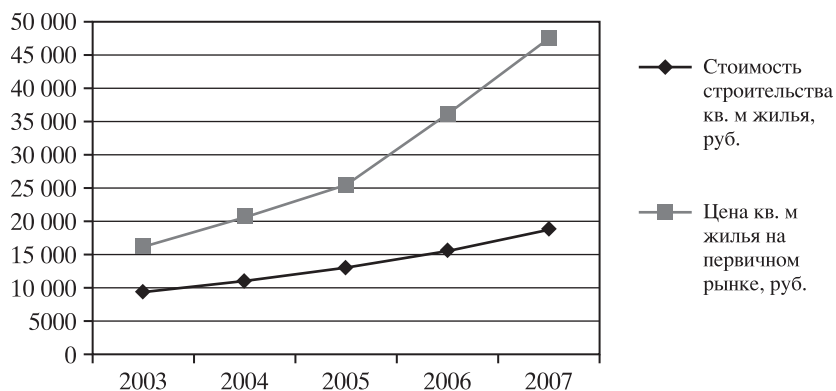


Рис. 3. Стоимость строительства и цена жилья на первичном рынке России, руб. / кв. м

Размер маржи – разницы между ценой продажи 1 кв. м жилья и стоимостью его строительства – увеличился в 2007 г. (по сравнению с 2003 г.) более чем в 4 раза. В абсолютном выражении маржа составила в 2007 г. 28,6 тыс. руб., или более 150% стоимости строительства (в 2003 г. – соответственно 6,8 тыс. руб., или 72%).

Такой огромный необоснованный рост маржи привел, с одной стороны, к росту сверхприбыли девелоперов и риелтеров: по данным бухгалтерской отчетности, прибыль по виду деятельности “операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг” за указанный период выросла более чем в 5 раз и составила в 2007 г. 936 млрд руб. С другой стороны, такой рост явился и очевидным ограничителем роста жилищного строительства в России (из-за невозможности купить жилье по столь высоким ценам для абсолютного большинства населения) и как следствие – спроса строительных организаций на продукцию других отраслей экономики и, соответственно, роста их выпуска. Как и в случае с торговыми наценками, основной причиной спекулятивного роста цен на жилье является отказ от их регулирования под лозунгом невмешательства государства в экономику и при очевидном участии государственных чиновников, выдающих разрешения на строительство жилья, в сверхдоходах от его продажи.

Суммируя вышесказанное, можно констатировать, что экономический рост в России во второй половине рассматриваемого периода был – в отличие от Белоруссии – скорее виртуальным, чем реальным. При этом темпы роста реального сектора российской экономики в 2004–2007 гг. замедлились по сравнению с 2000–2003 гг., в то время как темпы роста реального сектора белорусской экономики, напротив, ускорились. В результате объем промышленного производства в Белоруссии в 2007 г. увеличился по сравнению с 1991 г. почти в 2 раза; в России же он так и не достиг дореформенного уровня. В отличие от Белоруссии в России не удалось также восстановить и советского уровня производства продукции сельского хозяйства (табл. 5).

Таблица 5. Динамика промышленного и сельскохозяйственного производства в Белоруссии и в России в 2000–2007 гг., в сопоставимых ценах в процентах к 1999 г.

Страны	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007 в % к 1991
Промышленное производство									
Белоруссия	108	114	119	127	148	163	182	198	196
Россия	112	118	122	131	141	148	158	168	90
Продукция сельского хозяйства									
Белоруссия	109	111	112	120	134	137	147	152	111
Россия	108	116	117	119	123	125	130	134	82

## 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ И АГРАРНАЯ ПОЛИТИКА И ЕЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Впечатляющий рост белорусской промышленности обеспечивало ускоренное развитие таких отраслей, как машиностроение и металлообработка, химическая и нефтехимическая промышленность, первичная переработка нефти, промышленность строительных материалов. Наибольший вклад в прирост ВДС промышленности в неизменных ценах внесли машиностроение и металлообработка. ВДС машиностроения выросла в 2007 г. по сравнению с 2000 г. почти в 2,5 раза, производство тракторов – более чем в 2,5 раза, грузовых автомобилей – на 73%, стиральных машин – в 2 раза, экскаваторов – в 16 раз. На долю химической и нефтехимической промышленности пришлось 13%, а топливной (основу которой составляет нефтепереработка) – 12,3% прироста ВДС белорусской промышленности. Высокие темпы роста ВДС (в 2,3 раза) были характерны также для промышленности строительных материалов. Рост последней отрасли был вызван практически таким же ростом строительства. В структуре ВДС белорусской промышленности удельный вес указанных четырех отраслей обрабатывающей промышленности составил в 2007 г. около 60%.

В России в рассматриваемый период не удалось ни достичь дореформенного уровня промышленного производства, ни улучшить его структуру, которая в пореформенный период стала значительно более примитивной. Более половины ВДС российской промышленности в 2007 г. приходилось на добычу полезных ископаемых и металлургическое производство. В то же время удельный вес четырех отраслей обрабатывающей промышленности, составляющей основу белорусской индустрии, в структуре ВДС российской промышленности не превышал в 2007 г. 30%. Значительно снизился по сравнению с 1991 г. выпуск продукции машиностроения, в том числе многократно в таких ее отраслях, как авиастроение, станкостроение, сельскохозяйственное машиностроение. В автомобильной промышленности росло лишь производство иномарок методом “отверточной” сборки. Глубоким был спад производства и в легкой промышленности.

По уровню развития сельскохозяйственного производства Белоруссия опережала Российскую Федерацию и в советский период. Это касается как производства продукции в целом в расчете на душу населения, так и урожайности в растениеводстве и продуктивности животноводства. В рассматриваемом периоде этот разрыв значительно увеличился. Следует напомнить, что в обеих странах в начале постсоветского периода наблюдался существенный спад сельскохозяйственного производства, однако во второй половине 1990-х годов белорусскому государству – в отличие от российского – удалось остановить этот спад. Сельхозпроизводителям в Белоруссии предоставлялись льготные кредиты на приобретение техники, удобрений, топлива, осуществлялось и прямое субсидирование производства продукции из государственного бюджета. Такую политику применяли, как известно, во многих европейских странах, проводили ее и в рассматриваемом периоде. Достаточно указать, что расходы консолидированного бюджета Белоруссии на поддержку сельского хозяйства составили в 2007 г. 4% ВВП. Важно при этом отметить, что Белоруссия сохранила крупное товарное производство – коллективные и государственные хозяйства; при этом в рассматриваемом периоде началась приватизация части этих хозяйств.

Аграрная политика белорусского государства позволила не только восстановить, но и превысить в 2000-е годы дореформенный уровень производства сельхозпродукции, обеспечить тем самым продовольственную независимость республики. Более того, значительную часть продукции сельского хозяйства Белоруссия поставляет на экспорт – так, в 2007 г. экспорт белорусских продовольственных товаров только в Россию составил более 1 млрд долл.

В России с началом радикальных реформ аграрная политика проводилась по-прежнему под лозунгом невмешательства государства в экономику. В результате спад производства сельхозпродукции продолжался в России до конца 1990-х годов. Деграция сельского хозяйства проявилась в резком падении крупного товарного производства в результате ликвидации большей части колхозов и совхозов. Несмотря на определенный рост производства в рассматриваемом периоде, около половины продукции производилось в подсобных хозяйствах населения, т.е. в мелкотоварных и натуральных хозяйствах.

В 2000-е годы произошли определенные подвижки в аграрной политике российского государства, в частности, началась реализация национального проекта “Развитие АПК”. Вместе



с тем государственные ассигнования на поддержку аграрного сектора оставались на крайне низком уровне: в 2007 г. расходы консолидированного бюджета России на эти цели составили 0,4% ВВП, т.е. были на порядок ниже, чем в Белоруссии. Сохранялся диспаритет цен на продукцию, поставляемую сельхозпроизводителям (топливо, удобрения, сельхозтехника), и продукцию сельского хозяйства. В структуре конечной цены многих продовольственных товаров доля сельхозпроизводителей составляла всего 10–20%, а торгово-посреднического звена – более 50%. В результате даже в конце рассматриваемого периода более четверти всех сельскохозяйственных организаций России оставались убыточными, а средняя заработная плата работников сельского хозяйства составляла всего 42% среднероссийского уровня (в Белоруссии – 65% средней по экономике). Сохранилась на высоком уровне зависимость России от импорта продовольствия. В 2007 г. Россия импортировала продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье для их производства на сумму 27,6 млрд долл., или около 200 долл. в расчете на душу населения. В товарных ресурсах торговли продовольственными товарами импорт оставался на уровне более 35%.

Данные, характеризующие динамику производства в рассматриваемом периоде основных видов продукции сельского хозяйства в Белоруссии и России, представлены в табл. 6.

**Таблица 6.** Производство основных видов сельскохозяйственной продукции в Белоруссии и России в расчете на душу населения

Страны	2000	2007	2007 в % к 2000
Зерно (вес после доработки), кг			
Белоруссия	485	744	153
Россия	449	573	128
Картофель, кг			
Белоруссия	871	901	103
Россия	202	191	94
Овощи, кг			
Белоруссия	138	222	161
Россия	74	81	109
Скот и птица (убойный вес), кг			
Белоруссия	60	84	140
Россия	31	41	132
Молоко, кг			
Белоруссия	449	608	135
Россия	222	225	101
Яйца, шт.			
Белоруссия	329	331	101
Россия	234	269	115

Существенные различия в динамике экономического роста Белоруссии и России в 2000-е годы (в первую очередь – роста промышленного и аграрного производства) были вызваны принципиально разной динамикой показателя инвестиций в основной капитал в обеих странах (рис. 4).

Как отмечалось ранее, в начале рассматриваемого периода темпы роста ВВП в России были выше, чем в Белоруссии. Точно такая же динамика наблюдалась и в отношении промышленного производства (см. табл. 5). Как отмечалось ранее, это объясняется тем, что к началу рассматриваемого периода ресурсы роста российской экономики за счет загрузки простаивавших на тот момент производственных мощностей были выше, чем в белорусской экономике, которая к этому времени в отличие от России почти восстановила дореформенный уровень развития и, соответственно, достигла высокой загрузки производственных мощностей. Дальнейший же быстрый рост экономики, в первую очередь – реального сектора, был возможен лишь при условии обновлении и модернизации основных фондов, т.е. при быстром росте инвестиций в основной капитал.

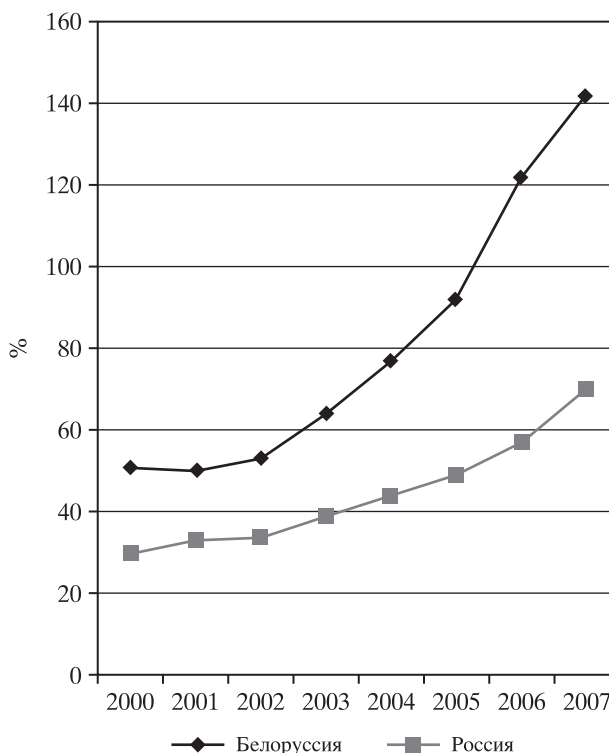


Рис. 4. Инвестиции в основной капитал, % к 1991 г.

### 3. ДИНАМИКА ИНВЕСТИЦИЙ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ

Указанную задачу смогла решить Белоруссия, но не смогла Россия. Инвестиции в основной капитал в Белоруссии в сопоставимых ценах составили в 2007 г. 142% к уровню 1991 г., в России – лишь 69%.

Как видно на рис. 3, разрыв в темпах роста инвестиций в основной капитал в двух странах существенно увеличился во второй половине рассматриваемого периода. Это объясняется в первую очередь тем, что в это время в структуре использования ВВП в Белоруссии доля валового накопления основного капитала стала не только значительно выше, но и росла быстрее, чем в России. Действительно, валовое накопление основного капитала выросло в Белоруссии с 25,3% ВВП в 2004 г. до 30,8% в 2007 г.; в России – соответственно – с 18,4 до 21,2%). Кроме того, в это же время Белоруссия опередила Россию по темпам роста ВВП (см. табл. 1), в основном за счет того, что и в предшествующий период валовое накопление основного капитала и, соответственно, обновление основных фондов в Белоруссии было выше, чем в России. В этой связи представляет интерес динамика доли инвестиций в основной капитал в ВВП по источникам их финансирования в обеих странах (табл. 7).

Представленные данные свидетельствуют о том, что инвестиции в основной капитал в Белоруссии росли быстрее по всем основным источникам финансирования. Неоправданно низким был при этом объем инвестиций в России из бюджетных средств, особенно учитывая огромный рост доходов федерального бюджета в этот период за счет поступлений экспортной пошлины на энергоресурсы, т.е. рентных доходов. Эти дополнительные доходы российское государство инвестировало, однако, не в отечественную экономику, а в иностранные ценные бумаги, создав так называемый стабилизационный фонд. Стоит отметить при этом, что именно федеральный бюджет был наиболее скупым на инвестирование российской экономики. Даже в 2007 г., при определенном росте инвестиций из консолидированного бюджета Российской Федерации (которые составили 10,5% от его доходной части), на долю инвестиций пришлось всего 7% доходов

**Таблица 7.** Инвестиции в основной капитал в Белоруссии и России в 2004–2007 гг., в процентах к валовому внутреннему продукту

Показатели по странам	2004	2005	2006	2007
Инвестиции в основной капитал, всего				
Белоруссия	21,6	23,2	25,7	26,3
Россия	16,8	16,7	17,6	20,1
В том числе по источникам финансирования:				
– бюджетные средства				
Белоруссия	5,6	6,0	6,7	7,2
Россия	3,0	3,4	3,6	4,2
– кредиты банков (без иностранных)				
Белоруссия	2,9	3,2	4,4	5,0
Россия	1,1	1,2	1,4	1,7
– собственные средства и заемные средства других организаций				
Белоруссия	9,9	10,7	11,0	11,1
Россия	8,8	8,4	8,5	9,6

федерального бюджета (и более 15% доходов субъектов РФ). В Белоруссии в 2007 г. инвестиции в основной капитал составили 14,3% доходной части консолидированного бюджета; при этом на долю республиканского бюджета пришлось более 60% их объема.

Разительно отличаются также объемы и динамика инвестиций в основной капитал за счет кредитов банков. Белорусское государство всячески поддерживает рост кредитования экономики банками. При этом для кредитования объекта государственными банками (которые обеспечивают подавляющую часть инвестиционных кредитов в Белоруссии) достаточно, чтобы он был включен в одну из государственных или региональных программ. Заметим также, что банковские кредиты в Белоруссии в рассматриваемом периоде стали более доступными, чем в России. Средняя процентная ставка по кредитам в национальной валюте снизилась в Белоруссии с 16,5% в 2004 г. до 8,6% в 2007 г. Ставка рефинансирования Национального банка Белоруссии снизилась за этот период с 21,3 до 10,5%. В России средняя ставка по кредитам в национальной валюте (нефинансовым организациям на срок более года) почти не изменилась: в 2004 г. она составляла, по данным банковской статистики, 12,7%, в 2007 г. – 11,4%. Ставка рефинансирования Центробанка России снизилась за этот период также незначительно: с 14 до 10%.

В условиях перманентного недофинансирования российской экономики со стороны государственного бюджета и банковской системой естественно было бы ожидать значительного роста инвестиций в основной капитал из собственных средств организаций, в том числе учитывая существенное улучшение их финансового положения во второй половине рассматриваемого периода. Этого, однако, также не произошло. Более того, доля прибыли российских организаций, расходуемая на инвестиции в основной капитал отечественной экономики, в 2004–2007 гг. сократилась на четверть по сравнению с 2000–2003 гг. (табл. 8).

**Таблица 8.** Инвестиции в основной капитал в России из прибыли организаций в 2000–2007 гг., млрд руб.

Показатели	2000–2003	2004–2007	2004–2007, в % к 2000–2003
Прибыль организаций	5807	18 592	320
Инвестиции в основной капитал из прибыли	1167	2789	239
Инвестиции в основной капитал из прибыли, в % к прибыли	20	15	75

#### 4. ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ

Невысокие объемы инвестиций в основной капитал из собственных средств организаций были обусловлены спецификой поведения новых крупных собственников, или, как их стало принято называть в России, олигархов, особенно проявившейся во второй половине рассматриваемого периода. Олигархи не стали вкладывать основную часть прибыли в модернизацию доставшихся им за бесценок в ходе приватизации крупнейших российских предприятий или строительство новых производственных объектов, а направили усилия на преумножение своих активов и, соответственно, личных миллиардных доходов за счет скупки других субъектов хозяйствования. Основной тенденцией рассматриваемого периода стал интенсивный процесс поглощения и слияния компаний, в том числе покупки активов за рубежом. В результате долгосрочные финансовые вложения (в первую очередь – вклады в основной капитал других организаций или прямая их покупка), которые в его начале были сопоставимы по объемам с инвестициями в основной капитал из прибыли, далее уже в разы стали превышать последние (рис. 5).

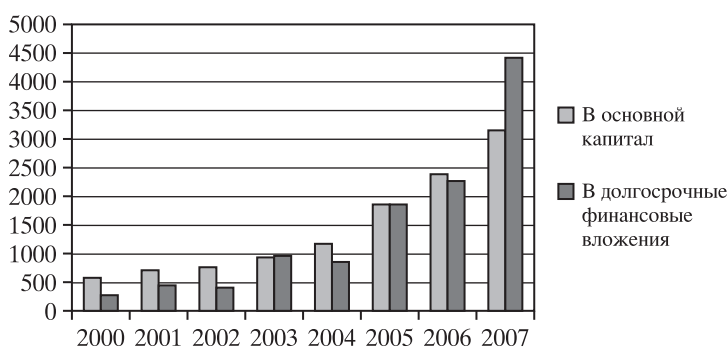


Рис. 5. Инвестиции в основной капитал и долгосрочные финансовые вложения в России (2000–2007 гг.), в млрд руб.

Следствиями такой политики, проводимой крупными российскими собственниками при попустительстве государства, помимо деградации реального сектора в результате длительного его недоинвестирования, стали:

- сверхвысокая концентрация собственности в России;
- быстрый рост ее внешнего долга;
- трансформация российских компаний в нероссийские, транснациональные корпорации.

В рассматриваемый период произошла сверхвысокая концентрации собственности в руках узкого круга олигархов. Уже в начале 2000-х годов 10 крупнейших собственников контролировали 60% российского фондового рынка, в то время как в странах Европы этот показатель не превышал 25%, а в США и Японии – 3% (Иванов, 2005). В 2007 г., по данным журнала “Форбс”, в число 100 крупнейших долларовых миллиардеров мира входили 14 российских олигархов. По этому показателю Россия уступала только США. Эти 14 собственников контролировали активы, рыночная стоимость которых равнялась 17% ВВП России. Такой сверхвысокой концентрации собственности нет ни в США (активы 38 американских миллиардеров, входящих в первую сотню миллиардеров мира, составляли 4,3% ВВП США), ни в Японии, ни в крупных европейских странах. Близкими по этому показателю к России лишь Саудовская Аравия и Кувейт (Балацкий, 2008). Результатом подобной концентрации стала как дальнейшая монополизация российской экономики, так, по-видимому, и симбиоз экономической и политической власти при декларировании невмешательства государства в экономику. Нельзя не согласиться, на наш взгляд, с Д. Трениным, считающим, что “не будет большим преувеличением сказать, что Россией управляют и владеют одни и те же люди” (Trenin, 2007). В пользу данного вывода служат и инициированные властью в интересах крупных собственников такие законодательные нормы, принятые в рассматриваемом периоде, как установление крайне низкой ставки налога на доходы физических

лиц по дивидендам и ликвидация налога на наследство. Эти нормы, как известно, полностью противоречат законодательной практике абсолютного большинства развитых стран.

Все это не только сокращает налоговую нагрузку на самых богатых людей, но и превращает их в наследственную аристократию. Ведь потомки нынешних нуворишей, подобно своим родителям, наймут честных, квалифицированных (заграничных) управляющих и смогут спокойно наслаждаться прелестями богатой и праздной жизни или занимать, как их предки, высшие посты во властных органах страны. Таким образом, Россия возвращается к социальной структуре, характерной для Средневековья.

Фанатичное стремление российских олигархов к увеличению своих капиталов привело к тому, что их финансовые вложения росли быстрее прибыли. Одновременно увеличивались размеры выплачиваемых из прибыли дивидендов. Поэтому для повышения объема финансовых вложений потребовались заемные средства, которые были получены в основном за счет кредитов иностранных банков. В результате внешний долг Российской Федерации вырос за рассматриваемый период более чем в 3 раза: со 151,1 млрд долл. США в 2000 г. до 459,6 млрд долл. в 2007 г., причем главным образом за счет многократного увеличения внешнего долга корпоративного сектора, в то время как внешний долг органов государственного управления, составлявший основу валового внешнего долга Российской Федерации в 2000 г. (127,5 млрд), снизился до 37,4 млрд в 2007 г. Более того, с созданием Стабилизационного фонда и размещением его средств за границей российское государство превратилось из должника в кредитора иностранных государств.

Сложившуюся к концу рассматриваемого периода ситуацию, на первый взгляд, нельзя не назвать парадоксальной. С одной стороны, российское государство, значительно увеличив свои доходы, инвестировало их за границу, а не в развитие отечественной экономики. С другой стороны, крупный бизнес, также недоинвестируя развитие российской экономики, накопил огромный внешний долг. При этом российские олигархи получали иностранные кредиты под залог акций принадлежащих им компаний (что является крайне рискованным в условиях известной неустойчивости фондовых рынков), а государство никак не вмешивалось в этот процесс. Возможным объяснением естественности, а не парадоксальности данной ситуации может быть то, что на самом деле Стабилизационный фонд создавался не для модернизации экономики, а как “подушка безопасности” для олигархов, которые в случае падения фондовых индексов могли бы “распилить” и приватизировать эти государственные средства. Такое объяснение можно считать еще одним аргументом в пользу вывода о сращивании экономической и политической власти в России, “приватизации” государства олигархами и высшими чиновниками, интересы которых все больше расходятся с национальными интересами страны.

Тот факт, что интересы крупного российского бизнеса все больше расходятся с национальными интересами, подтверждается и тем, что в 2000-е годы большинство крупных компаний сначала де-юре перестали быть российскими, так как их собственники были зарегистрированы в оффшорных зонах, т.е. за пределами налоговой территории Российской Федерации, а затем и де-факто стали не российскими, а транснациональными корпорациями в результате скупки в возрастающих масштабах активов за рубежом.

Перемещение центров прибыли крупных компаний в оффшорные зоны привело к недополучению больших сумм налоговых доходов российского государства, поскольку налог на дивиденды компаний стали уплачивать не в России, а по месту своей новой регистрации. Кроме того, оффшоры создавали благоприятные возможности для применения “серых” схем экспортно-импортных операций и, соответственно, выведения значительной части прибыли из-под налогообложения в России. Вот как описывает эту ситуацию веб-сайт “Lowtax.net”, представляющий рекомендации по минимизации налогообложения: “Россия, в отличие от других стран, не облагает налогом доходы оффшорных филиалов российских компаний. Если мы говорим об импорте товаров, то электронное устройство может быть куплено в Тайване за 1 доллар оффшорной компанией, зарегистрированной в Гонконге, и затем продано в Россию за 9 долларов. Российская компания продает это устройство за 10 долларов. Мы получаем, что прибыль в РФ составляет 1 доллар, прибыль в Гонконге, где налог на прибыль будет нулевым или очень незначительным, – 8 долларов”.

В рассматриваемом периоде резко возрос объем прямых инвестиций российских компаний за границу, в результате чего Россия, значительно недоинвестируя собственную экономику, стала

одним из ведущих прямых инвесторов в мире. Накопленные прямые инвестиции из России за рубежом выросли за 2000–2006 гг. в 8 раз; по показателю их объема в 2006 г. Россия опережала, например, Китай более чем в 2 раза (Nestmann, Orlova, 2008). По данным исследования ИМЭМО РАН, в 2007 г. зарубежные активы у 20 компаний – крупнейших прямых инвесторов за рубежом – составили более 17% их общих активов, в том числе у восьми входящих в эту двадцатку металлургических компаний – 28% (Кузнецов, Четверикова, 2009).

Все это свидетельствует о начавшемся процессе трансформации крупных российских компаний в транснациональные корпорации. Каковы же могут быть последствия этого процесса? Очевидно, что крупные инвестиции за рубежом существенно ограничивают возможности этих компаний инвестировать в России. Наглядным примером являются, в частности, металлургические компании. Так, покупка иностранных активов, совершенная в 2007 г. пятью российскими металлургическими компаниями, обошлась им в 10,2 млрд долл. США (Nestmann, Orlova, 2008), в то время как, по данным Росстата, инвестиции в основной капитал из собственных средств всех организаций в металлургии составили в 2007 г. 115 млрд руб., или всего 4,5 млрд долл. Очевидно также, что инвестиции за рубежом – в отличие от инвестиций в России – не приводят ни к созданию новых рабочих мест в стране, ни к росту налоговых доходов российского бюджета. И, наконец, учитывая тот факт, что центры прибыли многих компаний находятся в оффшорах, весьма сомнительно, что и остающаяся после налогообложения за рубежом прибыль будет возвращаться в Россию.

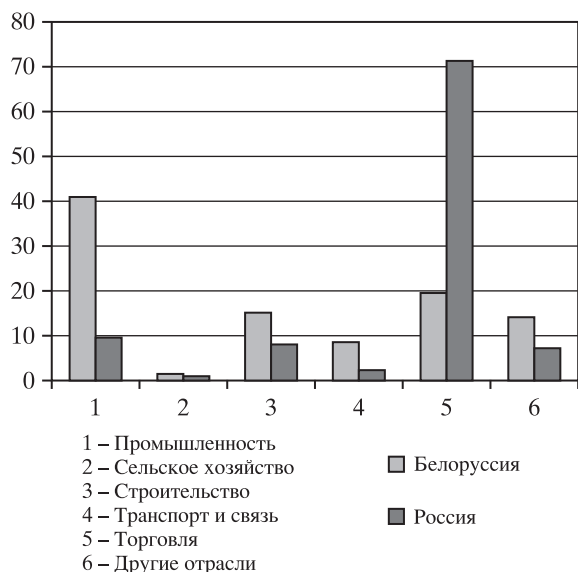
Подобные ситуации с крупными компаниями и их уход от налогового бремени в Белоруссии просто невозможны в силу особенностей ее институциональной системы.

Мы намеренно подробно показали специфику поведения новых российских крупных собственников. Представляется, что именно принципиальные различия в методах реформирования института собственности в 1990-х годы (“прихватизация”, или раздача государственными чиновниками крупных предприятий частным лицам, в России и сохранение крупных предприятий в собственности государства при постепенном развитии частного предпринимательства в Белоруссии) и обусловили рассмотренные нами выше различия в экономической динамике двух стран в 2000-е годы.

Поведение российских олигархов объясняется, вероятно, как идеологией институциональных преобразований в современной России, которая свелась, по сути, к лозунгу “обогащайся, как можешь”, так и осознанием ими того, что в глазах абсолютного большинства российского населения приватизация 1990-х была, очевидно, нелегитимной. Олигархи, вероятно, уже не связывают свою судьбу с Россией и поэтому перемещают свои капиталы и сверхдоходы за рубеж, где уже живут члены их семей, а иногда и они сами. Подобное поведение представляет, на наш взгляд, главное препятствие созданию социально справедливой институциональной системы, модернизации экономики с целью превращения России из “сырьевого придатка” Запада в экономически развитую, инновационно активную страну, проведения российским государством самостоятельной внутренней и внешней политики. Показательно в этом отношении предостережение, высказанное одним из наиболее влиятельных американских политиков З. Бжезинским: “Влиятельные российские олигархи держат на счетах в западных банках сотни миллиардов долларов, и в случае противостояния с Западом они многое потеряют, ибо Запад может на определенном этапе заморозить эти средства” (Bzhezinski, 2008).

## 5. РАЗВИТИЕ МАЛОГО БИЗНЕСА

Достаточно распространенным мнением, особенно в российских СМИ, является то, что в Белоруссии сохраняется командно-административная система, тотальное огосударствление экономики. Такое мнение не соответствует действительности. Рыночные реформы в республике проводятся, но проводятся – в отличие от России – постепенно. Это касается и разгосударствления экономики: в 2007 г. в организациях негосударственной собственности работали уже 50% общей численности занятых в экономике Белоруссии. Данные международных рейтинговых агентств свидетельствуют также о том, что условия для создания частного бизнеса в Белоруссии являются более благоприятными, чем в России. В этой связи небезынтересно сравнить показатели,



**Рис. 6.** Отраслевая структура малых предприятий России и Белоруссии в 2007 г.

характеризующие развитие малого бизнеса в обеих странах (табл. 9).

Как видно из представленных данных, численность занятых на малых предприятиях Белоруссии пока еще существенно ниже, чем в России. В то же время удельный вес ВДС малых предприятий в ВВП России лишь незначительно выше соответствующего показателя Белоруссии. Соответственно производительность труда (ВДС на одного занятого) на белорусских малых предприятиях значительно меньше, чем в России, уступает производительности труда в целом по экономике. Почти в 3 раза выше в Белоруссии удельный вес малых предприятий в общем объеме инвестиций в основной капитал, что создает более благоприятные, чем в России, возможности развития малого и среднего бизнеса в перспективном периоде.

Разительно отличается и отраслевая структура малых предприятий в двух странах (рис. 6).

**Таблица 9.** Показатели деятельности малых предприятий Белоруссии и России в 2007 г., %

Показатели	Белоруссия	Россия
Численность занятых в малых предприятиях в % к общей численности занятых в экономике	10,1	17,8
Удельный вес ВДС малых предприятий в ВВП	8,3	11,6*
ВДС в расчете на 1 работника малых предприятий в % к ВВП (в расчете на 1 занятого в экономике)	82	65*
Удельный вес малых предприятий в общем объеме инвестиций в основной капитал	10,6	3,6

\* По данным 2006 г.

## 6. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Рассмотренные выше различия в социально-экономической динамике России и Белоруссии порождены особенностями их социального устройства и вытекающей из этого спецификой их институциональных систем. В (Иванов и др., 2008) были выделены две принципиально различные формы социального устройства общества: первая – демократическая, вторая – авторитарная. В демократических обществах действуют социально справедливые институциональные системы, которые в значительной мере основаны на базовых общечеловеческих ценностях, поскольку они формируются не отдельными людьми или группами людей, а всем обществом на демократических принципах.

В авторитарных обществах институциональные системы формируются отдельными группами людей и потому отражают в первую очередь интересы этих групп, а, значит, не являются социально справедливыми.

В каждой из двух общих форм социальной организации можно, в свою очередь, выделить более конкретные формы. Так, социальную организацию российского общества можно назвать олигархически-чиновничьей, поскольку в ней именно эта каста “правит бал” и формирует социально несправедливые институты.

В Белоруссии это невозможно, поскольку социальное устройство общества здесь иное. Можно назвать его патернализмом. При этом в Белоруссии нет такого вопиющего уровня неравенства, как в России. Этого президент Белоруссии – по крайней мере нынешний – не допускает. Поэтому белорусскому обществу не подходят такие названия, как “деспотизм”, “тирания” и т.п., поскольку большинство населения поддерживает своего президента. Для этого не нужно ни подтасовывать результаты голосования, ни применять пресловутый “административный ресурс”.

Пример Белоруссии показывает, что в авторитарных обществах существуют и социально справедливые институты, обеспечивающие достойный уровень жизни всем слоям населения, но другие права, например политические свободы, остаются урезанными.

В России социально справедливые институты практически ликвидированы в результате перераспределения доходов от рядовых членов общества в пользу олигархов и чиновников. Кроме того, в России появились ранее отсутствовавшие группы населения, живущие в полной нищете.

Причиной возникновения подобной ситуации является не только экспроприация большинства населения меньшинством, но и тот факт, что это меньшинство не несет ответственности за нарушение действующих институциональных норм. Потому вся его деятельность направлена в первую очередь на собственное обогащение.

В Белоруссии такая ситуация невозможна, поскольку в республике ведется реальная, а не виртуальная – как в России – борьба с коррупцией, а президент и его администрация осуществляют контроль за деятельностью чиновников и бизнесменов всех уровней вплоть до высшего.

Все это позволило Белоруссии раньше оправиться от последствий развала СССР и квазилиберальных реформ начала 1990-х годов и обеспечить реальный экономический рост, который привел к значительному превышению дореформенного уровня экономического развития страны, причем без всяких рентных доходов, которых у нее практически нет.

Россия же, только-только догнав РСФСР по размерам ВВП, тут же свалилась в яму мирового кризиса и, по сути, растеряла огромные рентные доходы от экспорта природных ресурсов, которые так и не были использованы для модернизации экономики.

Следствием не только указанных, но и других различий в институциональной системе обеих стран, явилось эффективное экономическое развитие Белоруссии, а российская экономика, несмотря на значительные рентные доходы, получаемые от экспорта сырья, продолжает оставаться неэффективной.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балацкий Е.В.** (2008): Олигархичность российской экономики в условиях глобализации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.kapital-rus.ru/index.php/articles/article/962>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: декабрь 2010 г.).
- Иванов В.Н., Овсиенко Ю.В., Тихонов А.О., Ясинский Ю.М.** (2010): Сравнительный анализ институциональной и социально-экономической динамики России и Белоруссии (1990-е годы) // *Экономика и мат. методы*. Т. 46. № 3.
- Кузнецов А.В., Четверикова А.С.** (2009): Российские транснациональные корпорации продолжают экспансию в условиях кризиса. М.: ИМЭМО РАН.
- Bzhezinski Z.** (2008): Staring down the Russians // *Time*. Vol. 172. № 8.
- Nestman N., Orlova D.** (2008): Deutsche Dank Research. April 30. Russia's Outward Investment. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.dbresearch.com/PROD/DBR\\_Internet\\_EN\\_PROD/PROD000000000224964.pdf](http://www.dbresearch.com/PROD/DBR_Internet_EN_PROD/PROD000000000224964.pdf), свободный. Яз. англ. (дата обращения: декабрь 2010 г.).
- Trenin D.V.** (2007): *Getting Russia Right*. Washington: Carnegie Endowment for International Peace.

Поступила в редакцию  
27.08.2010 г.



## **Comparative Analysis of Institutional and Economic Dynamics in Russia and Belarussia (2000s)**

**V.N. Ivanov, Yu.V. Ovsienko, A.O. Tikhonov, Yu.M. Yasinsky**

Institutional transformations and economic dynamics in Russia and Belarussia analyzed. Factors of economic growth in both countries studied. It is shown that the Belarussian model of institutional transformations provided greater and sustainable economic growth, while the Russian model proved to be ineffective despite rent incomes during high oil prices period.

**Keywords:** institutional system, economic dynamics, economic growth factors, rent, monopolism.

---

---

**НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ**

---

---

**ОСНОВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ  
К ПОНИМАНИЮ СОБСТВЕННОСТИ\***

© 2011 г. И.В. Сухинин

(Москва)

Выделены и проанализированы основные методологические подходы к пониманию сущности собственности, составляющие базу моделирования (построения различных моделей) собственности в зависимости от различных критериев и предпосылок. Особо подчеркивается, что собственность, даже в широкой трактовке, представляет собой достаточно сложный многогранный (многоаспектный) феномен, охватывающий и определенные отношения, и исторически изменчивые формы проявления этих отношений, и институты, регулирующие эти отношения, и принципы, на которых строится ряд других институтов.

**Ключевые слова:** моделирование, собственность, методологические подходы, сравнительный классификационный анализ.

**ВВЕДЕНИЕ**

В процессе деятельности человека вырабатывается система представлений (знаний) о тех или иных свойствах окружающих объектов, явлений, процессов и их взаимосвязях. Эта система формируется в виде текстового, графического, математического и т.д. описаний или в виде макетов, механизмов, устройств. Все эти представления обобщаются в едином понятии – “модель”. Предметом изучения с помощью моделей могут быть как конкретные, так и абстрактные объекты, как существующие, так и проектируемые системы и процессы. Процесс моделирования, с одной стороны, процесс создания самой модели, с другой – исследование какого-либо объекта (явления, процесса) путем построения и изучения его модели.

Моделирование в научных исследованиях стало применяться еще в глубокой древности и постепенно захватывало новые области научных знаний: вначале – землеустройство, техническое конструирование, строительство, затем – естественные, а позднее – и общественные науки. Моделирование постепенно стали воспринимать как универсальный метод научного познания. Тем не менее важно не забывать, что моделирование – не единственный метод познания, но один из основополагающих элементов более общего процесса познания окружающего мира.

Главная особенность моделирования, как отмечает А. Гранберг, состоит в том, что это – метод опосредованного познания с помощью объектов-заместителей (Гранберг, 1988). Необходимость использования метода моделирования определяется тем, что многие объекты (или проблемы, относящиеся к этим объектам) непосредственно исследовать или совсем невозможно, или это потребует много времени и средств. Все эти рассуждения относятся к предмету нашего исследования – собственности как многогранному (многоаспектному) феномену, охватывающему и определенные отношения, и исторически изменчивые формы проявления этих отношений, и институты, регулирующие эти отношения, и ключевую категорию социального хозяйства, и принципы, на котором базируются другие институты.

На первом этапе процесса моделирования необходим сбор, обобщение и анализ некоторых знаний об объекте, явлении, процессе и выделение их сущностных свойств. Далее, на втором этапе вырабатываются методология, базовые принципы, методики моделирования и сама строящаяся модель. На следующем этапе созданная модель уже выступает самостоятельным объектом

---

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект 2010-1.1-302-018-067, госконтракт № 02.740.11.0589 по ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009–2013 гг.

исследования. Результатом этого этапа является получение знаний о модели. На завершающем этапе осуществляется перенос знаний с модели на оригинал, формирование знаний об объекте, практическая проверка (апробация) полученных с помощью модели знаний. Таким образом, моделирование – циклический процесс, при котором знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, а исходная модель постепенно совершенствуется. Данный процесс можно пояснить циклическим характером современных экономических исследований: “от экономической теории – к моделированию; от моделирования – к совершенствованию теории и более глубокому пониманию сути происходящих процессов; от понимания сути – к осуществлению целенаправленной экономической политики” (Бородич, 2001).

Данное исследование охватывает первые два перечисленных этапа процесса моделирования и, в какой-то степени, третий. Нами выделены, обобщены и проанализированы в сравнительном плане основные методологические подходы к пониманию сущности собственности, рассмотрены некоторые теоретические подходы к классификации типов и форм собственности, являющихся, как и любая теория, своеобразными моделями собственности, выделены существенные свойства и базовые принципы будущих авторских моделей собственности. Работы в рамках завершающих этапов моделирования – область дальнейших исследований автора.

Далее отметим, что любая модель, как и модель собственности, представляет собой такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает объект-оригинал таким образом, что его непосредственное изучение дает новые знания об объекте-оригинале (Гранберг, 1988). При этом построенная модель как формализованная система должна быть эквивалентна реальному объекту-оригиналу.

Выделим основные принципы построения любой модели, которые должны быть учтены и в процессе моделирования собственности. Модель – объект; модель может быть как материальной, так и мысленной; она замещает моделируемый объект и сохраняет черты моделируемого объекта (иначе это модель другого объекта) – пусть это будут только некоторые черты моделируемого объекта, однако важные для данного исследования. При этом модель утрачивает свой смысл в случае тождества с оригиналом или чрезмерного во всех существенных отношениях отличия от оригинала. Поэтому любая модель замещает оригинал лишь в строго ограниченном смысле. Отсюда следует, что для одного объекта может быть построено множество “специализированных” моделей, концентрирующих внимание на определенных сторонах исследуемого объекта или же характеризующих объект с разной степенью детализации.

По результатам классификационного анализа моделирования собственности в рамках существующих классификаций можно отметить следующее. Моделирование собственности основано в большей степени на теоретических методах и использует мысленное (идеальное, логическое, информационное (Минькович, 2001)) моделирование. Причем при построении моделей собственности, в силу определенных сложностей, пока чаще используется интуитивный, а не знаковый тип идеального моделирования. Отметим, что под интуитивным понимается моделирование, основанное на интуитивном представлении об объекте исследования, не поддающемся формализации либо не нуждающемся в ней. В этом смысле, например, жизненный опыт каждого человека может считаться его интуитивной моделью окружающего мира. Знаковым является моделирование, использующее в качестве моделей знаковые преобразования какого-либо вида (схемы, графики, чертежи, формулы, правила, по которым можно оперировать знаками и т.д.), в том числе математическое моделирование (исследование объекта осуществляется посредством модели, сформулированной на языке математики, с помощью тех или иных математических методов). Кроме этого, можно получить нормативные (при построении которых преследуется цель определения такого состояния объекта, которое является наилучшим) и дескриптивные модели (предназначенные для объяснения наблюдаемых фактов и прогноза поведения объекта) собственности.

## РАЗВИТИЕ ТЕОРИЙ СОБСТВЕННОСТИ

Научное осмысление собственности началось еще в древности. Так, еще в Древней Греции ставилась проблема взаимосвязи собственности с хозяйственными и правовыми отношениями, предпринималась попытка раскрыть ее социальную роль. При этом эволюция научных представлений о собственности в древности протекала по двум основным направлениям. Во-первых,

собственность рассматривалась в прямой связи с хозяйственными отношениями; во-вторых, она трактовалась как правовое отношение, с присущими ему принципами и законами. Логическое завершение эти идеи получили в классическом римском праве.

В нем правом собственности признавалось субъективное отношение к вещам как к своим, охраняемое законом. Содержание права собственности составляют права владения, распоряжения, пользования. Связывая с собственностью абсолютное господство свободного гражданина над вещью, юристы Древнего Рима считали, что она может быть реализована только средствами права. Последнее должно официально закрепляться в законодательном порядке, регламентирующем все имущественные отношения в обществе.

Впоследствии эти представления получили развитие в Новое время (период зарождения капитализма) в русле идей школы естественного права (Локк, Монтень, Руссо, Кант, Фихте, Шеллинг, Гегель, Фурье, Годвин и др.). Согласно данной концепции собственность – атрибут личности. Собственность не есть нечто внешнее по отношению к человеку, но свойство развивающейся личности (Булгаков, 1912). Движение к собственности есть высвобождение и определение своего “Я”. Собственность – не вещь, не имущество, не выгода. Вещь, имущество могут быть общими, собственность – исключительно персональная. Вещи можно получить, до собственности же надо дорасти (Чичерин, 1882–1883). Человек как свободное существо налагает свою волю на внешний мир. В этом заключается главное основание собственности (Энгельгард, 1987).

Одним из наиболее ярких приверженцев естественного права был Т. Гоббс, согласно которому человеческая природа естественна и неизменна, все люди равны от природы по своим физическим и умственным способностям и обладают равными естественными правами. Развитие человеческого общества проходит два этапа: естественное (первобытное) и гражданское. Первый этап характеризуется отсутствием собственности, здесь действует принцип “война всех против всех”, на втором этапе разум позволяет людям договориться между собой о принципах совместной жизнедеятельности, здесь возникает государство, которое на законном основании формирует естественное право каждого на принадлежащую ему собственность.

Дальнейшее развитие теории естественного права собственности связано с Дж. Локком, основные принципы которой: личная свобода и частная собственность, для гарантии и защиты которых люди заключают общественный договор, лежащий в основе происхождения государства. В естественном состоянии общества каждый индивид, будучи господином над самим собой и владельцем своей личности, ее действий и труда, присваивает часть предметов природы, находящихся в общем владении и пользовании. На этой основе покоятся личная свобода и имущественное равенство всех членов общества. В гражданском обществе правоотношения оформляются и закрепляются в виде юридических норм, а так как государство права не создает, а лишь его поддерживает и защищает с помощью законов и судебных учреждений, то выросшее из естественного состояния право собственности превращается в право гражданского общества.

Локк, развивая положения хартий IX–X вв., которые провозглашали принцип: собственность – “то, что я приобрел в поте лица своего, трудом своих рук” (Ковалевский, 1939), – утверждал, что в качестве изначальной основы присвоения в частной собственности лежит свободное применение творческих сил человека – труда. “Все то, что человек извлек из естественного состояния своим трудом или искусством, принадлежит ему одному, если только подобных вещей такого же качества осталось достаточно и для других” (Ковалевский, 1939).

По мнению М. Ковалевского, Локка неверно истолковывали его некоторые сторонники. Но лозунг Прудона: “Собственность есть воровство” – только укрепил мнение, бытовавшее до него. Так, Руссо отмечал: “Первый, кто огородил участок земли и осмелился сказать: “Это мое”, и нашел простаков, которые ему поверили, был истинным основателем гражданского общества. От скольких преступлений, войн, убийств, бедствий и ужасов избавил бы род человеческий тот, кто, вырвав столбы из ограды и засыпавши рвы, крикнул бы: не слушайте этого обманщика, вы погибли, если забудете, что плоды земли принадлежат всем, а земля – никому!” (Ковалевский, 1939).

Идею “трудового происхождения” собственности принимали не все ученые. Одни, продолжая идеи средневековых богословов (Ф. Аквинский) и философов (Э. Колонна, Р. Бэкон), утверждали, что собственность – божественное установление, а папа (римский) является блюстителем и распорядителем земных благ, данных человеку Богом. Другие полагали, что источниками

собственности являются захват и обмен. Например, Шторх утверждал, что “есть три средства приобретения вещи в собственность: насилие, убеждение, мена. Мена предполагает собственность. Предмет, не принадлежащий никому, не может быть предметом мены” (Шторх, 1881).

Учение Локка оказало большое влияние на развитие английской классической политической экономии. Согласно А. Смиту каждый индивидуум может свободно распоряжаться принадлежащей ему собственностью: предприниматель – капиталом, землевладелец – землей, наемный рабочий – трудом. Никто не имеет права вмешиваться в пользование ими своей собственностью (при условии, что последнее не наносит вреда обществу), если же такое вторжение имеет место, то – это посягательство на священную частную собственность, а значит, – и на законную свободу ее субъекта.

Концепция естественного права собственности нашла отражение в неоклассической экономической теории, где частная собственность рассматривается в качестве исходного принципа и важнейшего института капиталистического общества. Она наиболее полно и адекватно отвечает природе рыночной экономики, обеспечивает эффективное распределение ресурсов, конкуренцию, рыночное ценообразование, свободу предпринимательской деятельности, ускоренное накопление капитала, извлечение максимальной прибыли. Частная собственность также отображает свободное волеизъявление всех хозяйствующих субъектов и их право принимать любые решения (в отношении собственности) исключительно по своему усмотрению.

Одним из критиков естественного понимания сущности собственности выступил К. Маркс, поставивший вопрос о сущности собственности как социально-экономического феномена принципиально по-новому. Собственность не нечто вечное, естественное и неизменное, а исторически определенное, развивающееся явление. “В каждую историческую эпоху, – писал Маркс, – собственность развивалась различно и при совершенно различных общественных отношениях...”. Так как определяющими в этих отношениях являются производственные отношения, поэтому понять феномен собственности можно только анализом совокупности “отношений собственности не в их юридическом выражении как волевых отношений, а в их реальной форме, т.е. как производственных отношений” (Маркс К., Энгельс Ф., Соч., 2 изд., т. 19, с. 20).

Таким образом, Маркс отдавал предпочтение понятию собственности как экономической категории, означающей систему отношений между субъектами по поводу присвоения и отчуждения условий и результатов производства, и особенно – между собственником факторов производства и непосредственно работником. После Маркса среди марксистов и в советской школе политэкономии правовые отношения собственности воспринимались, в основном, лишь как оформление экономических отношений собственности, – иными словами, провозглашалось подчинение права экономическим отношениям.

Оппонентами теории естественного права собственности также выступали представители исторической школы права, считавшие, что собственность имеет не естественный неизменный, а исторический характер, продиктованный эволюцией социального и/или национального хозяйства, в которой заключено развитие народного духа. В этом они были близки Гегелю, и в какой-то мере Марксу, отвергая в то же время его принцип исторического материализма, так как собственность, по их мнению, – более правовая (нормативная), чем хозяйственная категория. Например, по мнению Вагнера, мы в собственности имеем дело с исторической, а не с естественно-необходимой категорией, прямо вытекающей из природы человека, а также не с чисто экономической (хозяйственной) категорией, о которой можно было бы сказать, что без нее удовлетворение и вообще народное хозяйство немислимы (Ковалевский, 1939).

К пониманию собственности историческим правом близки идеи евразийцев. Так, П. Савицкий отмечал, что, несмотря на все старания императорских университетов, римское право в России не прижилось. Его принципы были чужды духу русского правосознания, что сказалось и в сфере собственности. Как иностранцы, так и русские юристы, часто указывали на отсутствие у русского народа западной идеи собственности (Савицкий, 1997). “В России собственность всегда рассматривалась с точки зрения государства, понимаемого к тому же религиозно-этически... Понятие собственности строится не индивидуалистически, не из индивидуума, которому потом аналогизируется государство, но политически. То есть из симфонического целого, которое как единство, и утверждает всякое индивидуальное право” (Савицкий, 1997). Отношение субъекта

собственности к объекту определяется пожеланиями господства и распоряжения (точнее возможностью), признаваемыми как самим субъектом, так и окружающим его обществом.

В то же время евразийская концепция собственности продолжает ряд положений естественной школы. Например, объектом собственности выступает не любая вещь, но такая, которая в природе встречается ограниченно, т.е. связана с фактической недостаточностью, экономической скудностью. Другой определенный признак – индивидуальный характер вещей, их единственность, редкость, своеобразие. Поэтому формами установления собственности является трудовая деятельность и захват. Частная собственность является частью личности. “Вначале я сам, мои способности, мое тело и моя душа, затем – объекты, предметы, “продолжающие” мое тело (орудия, одежда и т.п.)” (Савицкий, 1997).

В 1960–1970-е годы в западной экономической мысли в рамках неоинституциональной (“транзакционной”) экономики появляется и постепенно набирает популярность экономическая теория прав собственности, в разработке и развитии которой приняли участие Р. Коуз, А. Оноре, А. Алжан, Й. Барцель, Л. де Алесси, Г. Демсец, М. Йенсен, Г. Камабреззи, У. Меклинг, Д. Норт, Р. Познер, С. Пейович, О. Уильямсон, Э. Фаму, С. Чен, Э. Фуруботн и др. Данная теория предстает “в качестве методологической и общетеоретической основы ... направлений экономического анализа: экономики права, новой экономической истории и теории экономических организаций...” (Капелюшников, 1990). Данная теория провозгласила равенство (самостоятельность) правовых и экономических отношений собственности.

Объектом собственности в экономической теории прав собственности выступает пучок прав, состоящий из одиннадцати элементов (долей), по использованию ресурса (блага). Иными словами, исключительное право собственности принято разделять на отдельные правомочия, которые в различных сочетаниях образуют конкретное содержание собственности отдельных собственников на тот или иной ресурс. Полным (т.е. исключительным) собственником признается тот, кто обладает всеми одиннадцатью элементами. Чем шире набор правомочий, закрепленных за субъектом (т.е. обладание большим числом элементов “пучка прав собственности”), тем выше его ценность ресурса. Истоки данного положения прослеживаются и в римском праве с его элементами права собственности, и в исторической школе права, и в евразийской с их относительными правами собственности.

Права собственности в данной теории охватывают нормы поведения (нормы прав собственности), которые каждый должен соблюдать или нести ответственность за несоблюдение, и механизм их реализации в системе правоотношений. Они могут санкционироваться не только государством, но и обществом – в виде обычаев, моральных установок, религиозных заповедей. Согласно имеющимся определениям права собственности охватывают как физические объекты, так и объекты нематериальные (например, результаты интеллектуальной деятельности). С точки зрения общества права собственности выступают как “правила игры”, которые упорядочивают отношения между отдельными агентами. С точки зрения индивида, они предстают как “пучки правомочий” на принятие решений по поводу того или иного ресурса. Каждый такой “пучок” может расщепляться так, что одна часть правомочий начинает принадлежать одному агенту, другая – другому и т.д. Права собственности имеют поведенческое значение: одни способы действий они поощряют, другие – подавляют (через запреты либо повышение транзакционных издержек) и в этом своем качестве влияют на экономический выбор.

По мнению неоинституционалистов, при рассмотрении феномена собственности первоочередное значение должно придаваться ее институциональной составляющей: определенной правовой форме отношений собственности (институту собственности), под которым понимается комплекс внешних норм и правил организации отношений собственности. Эти нормы поведения, являющиеся “внешними в их применении” (История, 1998), каждый член общества должен соблюдать или нести ответственность за несоблюдение. Институт собственности всегда носит исторический характер. Собственность “прежде всего, предстает особой исторической формой отношений к условиям (и результатам) общественной (хозяйственной, в том числе) трудовой деятельности, владения ими” (Грошев, 1991).

Логическим продолжением экономической теории прав собственности стала теория контрактов, так как согласно ей любой акт обмена есть не что иное, как обмен “пучками прав соб-

ственности”. Каналом, по которому они передаются, служит контракт. Контракт фиксирует, какие именно правомочия и на каких условиях подлежат передаче. Тем самым он ограничивает будущее поведение сторон, причем эти ограничения они принимают добровольно. Контракт тем сложнее, чем сложнее вовлеченные в обмен блага и чем сложнее структура связанных с ними трансакционных издержек. Теория контрактов дополняет теорию фирмы утверждением, что фирма (как явление) имеет контрактное происхождение.

По мнению О. Уильямсона, трансакции различаются по трем главным признакам – степени их специфичности, повторяемости и неопределенности (Львов, Гребенников, Ерзнкян, 1998). С точки зрения Уильямсона, чем более простой, краткосрочный и однозначный характер имеет сделка, тем больше оснований либо вообще обходиться без ее юридического оформления, либо ограничиваться составлением простейших классических контрактов. Напротив, чем более специальный и неопределенный характер она имеет, тем выше трансакционные издержки и тем сильнее у участников стимулы устанавливать между собой долговременные отношения. Особое значение О. Уильямсон придает первому из трех выделенных им факторов.

Разделение ресурсов на общие и специальные восходит к работам Г. Беккера (Беккер, 1993). Общий ресурс представляет интерес для множества пользователей, и его цена мало зависит от того, где он используется (например, бензин стандартной марки). В отличие от него специальный ресурс приспособлен к условиям конкретной сделки и вне нее не имеет большой ценности (пример – станок, произведенный по индивидуальному заказу). Согласно Уильямсону специальным может быть как физический (оборудование), так и человеческий капитал (квалификация и знания).

Теории собственности и контрактов напрямую связаны с проблемой спецификации прав, поставленной еще в древности, когда перед людьми встал вопрос, кому принадлежит готовая продукция после процесса ее производства. Ответом на него стало решение, согласно которому собственником продукции является собственник средств производства, хотя, заметим, что объективного ответа на этот вопрос не существует, так как среди претендентов на результаты производства можно выделить непосредственного работника (производителя), предпринимателя, собственника, государство и общество в целом.

В римском праве способы приобретения права собственности разделялись на первоначальные, когда право собственности приобретателя не основывалось на праве другого лица, и производные, когда это право (покупка вещи, получение вещи в наследство) основывалось на праве другого лица (продавца, наследователя) (Ефименко, 1925). К первичным способам относили: завладение вещью, не имеющей хозяина (оккупация); находку клада; приобретение плодов; переработку чужого материала (спецификация); соединение вещей (в частности – смешение); давность. Право собственности не могло быть приобретено иначе как одним из указанных способов (Ефименко, 1925). Каждый должен был доказать, что вещь приобретена одним из установленных законом способов, чтобы ему принадлежало право собственности. Но в римском праве была одна неясность. К какому способу относится приобретение в собственность вещей, изготовленных промышленным предприятием? Это ведь – не приобретение плодов (предприятие не физическая вещь), не оккупация (это вещи новые, которые еще никому не принадлежали и не имели предшествующего собственника), не спецификация (являющаяся переработкой чужого материала; однако промышленное предприятие перерабатывает материал, принадлежащий предпринимателю) и т.д.

Как считают современные институционалисты, “спецификация” прав собственности является необходимым условием эффективной работы рынка, так как чем яснее определены и надежнее защищены права собственности, тем теснее связь между действиями экономических агентов и их благосостоянием и экономическими (социальными) последствиями их решений (Тамбовцев, 1997). Тем самым точное определение набора правомочий собственника подталкивает его принимать экономически наиболее эффективные решения, так как снижается неопределенность экономической и социальной среды. В определении норм и прав собственности заинтересованы все участники хозяйственной деятельности. Чем полнее специфицированы и надежнее защищены права собственности, тем большую ценность они представляют.

## ВЫДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ПОНИМАНИЮ СУЩНОСТИ СОБСТВЕННОСТИ

Научный интерес представляют исследования, в которых авторы строят классификацию основных теорий собственности в зависимости от таких базовых критериев, как понимание сущности собственности, определение ее источников, взглядов на эволюцию отношений собственности и т.д. Остановимся коротко на некоторых отечественных разработках.

Б. Чичерин выделял две теории собственности, исходя из понимания ее происхождения: теорию овладения (развитую в римском праве) и теорию труда (Чичерин, 1882–1883).

У М. Ковалевского в анализе теорий собственности присутствуют три направления: 1) теория божественного установления (священнослужители Индии и Иудеи, ученые богословы католической церкви); 2) трудовые теории (Локк, Прудон, Руссо); 3) теория *occupatio bellica* – т.е. захвата по праву сильного, защитниками которой были военный класс и дворянство (Ковалевский, 1939). Начало собственности – только война и завоевания, так как (в соответствии с Гоббсом) в естественном состоянии собственности не существует; поэтому главная действительная роль создания собственности – у государства в лице монарха. Например, по мнению западных средневековых исследователей, русские времен Ивана Грозного считали царя единственным источником всякой собственности.

Среди наших современников достаточно стройную классификацию построил И. Исаев (Скловский, 2000), выделивший три основные научные школы собственности: естественно-правовую, легальную и евразийскую. Согласно концепциям первой школы собственность имеет естественное происхождение, ее сущность заключается в договоре, труде, первоначальном завладении субъектом. В ней, по мнению Исаева, преувеличиваются индивидуальные отношения (между лицом и вещью), а отношения собственности не имеют социального характера. Согласно легальной школе отношения собственности устанавливаются человеком в законе. В третьей (евразийской) концепции собственность базируется на традициях и особом мирозерцании. Субъект собственности здесь – не “телесная” личность и не личность работодателя “вообще”, а физический индивидуум (может быть “одночеловеческим” и “многочеловеческим” (т.е. коллективным. – И.С.)) со своей жизнью, интересами и потребностями.

Другой наш современник, А. Быстрицкий, рассматривая немецкую философию, выделяет в ней генетические основы развития двух концепций собственности: эгалитарную и эгалитарно-социальную. У истоков первой – Кант, Фихте, Штирнер. Ее основа – “конкретный человек”, личность и свобода. У истоков второй – Кант и Гегель. Главное здесь – не только личность и свобода (собственность является видом свободы), но также и наличие вещи, и влияние общества. Собственность, включающая, помимо вещей, опосредующие стороны – договор и право, является актом воли, поэтому овладение вещью требует признания этих действий законными со стороны других людей. По Гегелю, закон собственности – не в удовлетворении потребности, а в снятии голой субъективности личности (Собственность, 1990).

Представляет интерес подход К. Скловского к данной проблеме (Скловский, 2000). Он, следуя Цицерону, полагает, что в обоснование своего права на вещь, в конечном счете, можно привести либо приобретение вещи по договору от другого лица (данный способ получил обоснование в “меновых” теориях, в частности в ее интерпретации Гегелем), либо ее изготовление собственным трудом (связан с трудовой теорией, идущей от Локка), либо захват силой (обоснование Гая, Цицерона). Другие известные основания (находка, оккупация) по смыслу тяготеют к одному из указанных, оставаясь вместе с тем преимущественно случайными, поэтому они не могут дать надежной почвы для понимания сути собственности.

На основании анализа отечественных и зарубежных работ по проблематике отношений собственности автор выделяет три основных методологических подхода к пониманию сущности собственности: *эгалитарный (субъективно-правовой)*, *эгалитарно-социальный* и *социальный (объективно-правовой)*<sup>1</sup>. Первый подход находится в рамках так называемой классической модели познания (познавательной модели) экономического поведения, в основе которой лежит

<sup>1</sup> Данные названия имеют, естественно, условный характер.



принцип методологического индивидуализма. Второй подход связан с неоклассической моделью познания, в основе которой – принцип ограниченного методологического индивидуализма. Третий подход находится в рамках институциональной модели, в основе которой – принцип методологического коллективизма.

Как ранее отмечал автор (Сухинин, 2008а; Сухинин, 2008б), можно выделить два противоположных подхода к познанию и исследованию экономических явлений: *системный* и *сегментный* виды экономического анализа, в основе которых лежат разные методологические принципы – *методологического коллективизма* и *методологического индивидуализма*.

Принцип *методологического коллективизма* нашел отражение в марксизме, в различных историко-этических концепциях экономики, традиционном институционализме, советской школе политэкономии<sup>2</sup>. Согласно данному принципу социальная система есть совместная, нормируемая (с помощью определенных институтов) деятельность людей. Как отмечает В. Гребенников, в данном случае “понятие института логически предшествует фигуре неинституированного индивида” в отличие от принципа методологического индивидуализма, где “фигура естественного индивида” (находящегося в “доинституированном состоянии”) логически предшествует понятию института (Гребенников, 2001). Речь, конечно, здесь не идет о том, что социальные институты предшествуют человеческой деятельности во времени. Это – не *хронологическая*, а *логическая* последовательность.

Рассматриваемый принцип учитывает в качестве одного из главных свойств социальной системы ее *эмерджентность*, т.е. *несводимость* свойств социальной системы к свойствам ее элементов. Так как система не является простым набором независимых переменных<sup>3</sup>, то социальная жизнедеятельность представляет собой не алгебраическое сложение действий индивидуумов, а логическое единство их совместной хозяйственной деятельности. Исходя из этого, “*экономические робинзонады*” (сегментные варианты анализа) при всей их полезности должны быть дополнены “*экономическими улиссами*” (системными вариантами анализа)<sup>4</sup>.

С “моделью Робинзона” тесно связана модель “*экономического (рационального) человека*”, отражающая принцип методологического индивидуализма, генезис которого восходит еще к XVIII в. (периоду классической политэкономии). Позже он был взят на вооружение неоклассиками, неоинституционалистами, новыми институционалистами. Отметим, что “*экономический человек*” – абстракция человека западной цивилизации, и потому она имеет вполне определенные (хотя и очень широкие) границы эффективного применения (Гребнев, 1992).

К основным качествам “*экономического (рационального) человека*” принято относить: *рациональность*, *суверенность (автономность)*, *хозяйственную самостоятельность*, проявляющуюся в способности *принимать решения, делать выбор*. К этой оценке близко мнение В. Радаева в том, что исходная модель “*экономического человека*” описывается с помощью четырех предпосылок, в соответствии с которыми он выступает как человек: автономный, эгоистичный, рациональный и компетентный (Радаев, 1997). Проблематика *рационального поведения* тесно связана с проблемой (*не*)*определенности*, а следовательно, и *риска* в поведении хозяйственного субъекта вследствие (заметим, и не только) *рассеяния и асимметричности* информации о внешней среде.

Отсюда автор выделял ранее в качестве ведущих теоретических подходов к анализу экономического поведения хозяйствующего субъекта концепции *рационального поведения*, *нерационального/иррационального поведения* и *пострационального (внерационального) поведения* индивида (Пацула, Сухинин, 2005). Главными акторами, или действующими персонажами, ука-

<sup>2</sup> Сам термин “методологический коллективизм” в отличие от “методологического индивидуализма” стал употребляться широко относительно недавно (Гребенников, 2001; Ходжсон, 2008).

<sup>3</sup> Как и в теории множеств, где делается различие между элементом множества и самим множеством (даже если оно состоит из одного элемента). Это находит отражение и в самой записи:  $x \in X$ . Если  $x$  – элемент множества, то  $X$  или, что одно и то же,  $\{x\}$  – само множество. Иначе говоря, элемент  $x$  и одноэлементное множество  $\{x\}$  есть два принципиально различных понятия.

<sup>4</sup> Так, если в книге Д. Дефо “*Робинзон Крузо*” мы соприкасаемся с типичным примером сегментного анализа единичного хозяйства, то в книге Д. Джойса “*Улисс*” мы получаем возможность системно изучить общественное хозяйство.

занных концепций выступают соответственно *человек рациональный*, *человек нерациональный (спонтанный)* и *человек институциональный*<sup>5</sup>.

Согласно первой концепции человек действует в условиях *полной определенности / осведомленности*, обладая высочайшим уровнем экономических целей. Контекст второй концепции предполагает деятельность индивида в условиях разной степени *неопределенности*, демонстрирующего сравнительно низкий уровень экономических целей. Здесь не отрицается возможность ситуации, когда человек способен действовать рационально при условии обладания максимально полной информацией о внешней среде. Поэтому экономическое поведение человека в рамках указанной модели можно разделить на а) *поведение по незнанию* и б) *поведение по знанию* (здесь не исключается возможность целенаправленного нерационального поведения в силу различных причин, в том числе “рассеянного знания” Ф. фон Хайека), а также на *поведение, связанное с адаптивными ожиданиями*, и *поведение, связанное с рациональными ожиданиями*. В третьей концепции поведение человека обусловлено институциональной (внеэкономической) рациональностью<sup>6</sup>.

Впоследствии автор (Сухинин, 2008б) назвал данные концепции “познавательными моделями” экономического поведения. Термин “познавательные модели” был введен ранее А. Огурцовым в качестве приемов упорядочения и истолкования разнообразного материала сообществом ученых, в качестве набора “приемов и утверждений, которые данному ученому (ученым) настолько наглядны и очевидны, что через них принято объяснять (к ним сводить, ими моделировать) все основные факты и понятия” (Чайковский, 2006). Иными словами, познавательную модель можно сопоставить с некой “базисной метафорой”, близкой к “научной парадигме” Т. Куна. Также можно добавить, что более удачным термином, чем “познавательная модель”, на наш взгляд, является выражение Г. Клейнера – “модель знаний”.

Ю. Чайковский (Чайковский, 2006) выделяет семь познавательных моделей в истории науки, в том числе этико-эстетическую, знаковую, механическую, статистическую (балансовую), системную, диатропическую, активностную. При этом ряд моделей тяготеет к целостности восприятия (синтезу), что созвучно названному ранее нами системному виду анализа, а ряд – к расчленяющему знанию (анализу, элементности), т.е. к сегментному виду анализа. Наши классическая, неоклассическая, институциональные модели экономического поведения в какой-то степени созвучны механической, балансовой и системной моделям Чайковского.

Отметим, что рассмотренные концепции экономического поведения человека корреспондируются с дискурсивными характеристиками формальной, субстантивной, практической и теоретической рациональностей М. Вебера (Вебер, 1990), выделившего четыре “идеальных типа” субъектного поведения: *целерациональный*, *ценностно-рациональный*, *традиционный* и *аффективный*.

Указанные концепции имеют важное научно-исследовательское значение: они вносят свои краски в эпистемологическую палитру моделей знаний в целом и экономического поведения в частности и учитывают их различные атрибутивные характеристики. Заметим, что концепция “человека иррационального” является логическим следствием концепции “человека рационального”, так как в обеих применяется общий методологический принцип. Но во втором случае субъект вынужден учитывать влияние социальной среды, в том числе при экономическом (рациональном) выборе легального (законопослушного) поведения. Иными словами, здесь происходит (согласно теории общественного выбора) “рационализация” социальной нормы, и она начинает выступать результатом осознанного, рационального выбора в рамках определенной нормативной среды.

При этом важно подчеркнуть, что реальный “экономико-социологический человек” (Радаев, 1997) располагается в общем пространстве выделенных нами моделей, связанных с определен-

<sup>5</sup> Сегодня трудно сказать, кто является автором термина “человек институциональный” (*homo institutus*), но можно отметить, что в отечественной экономической науке впервые феномен “человек институциональный” всесторонне и междисциплинарно был рассмотрен в коллективной работе ведущих отечественных ученых “Homo institutus – Человек институциональный”, вышедшей под ред. О. Иншакова в Волгоградском университете в 2005 г. (“Homo institutus”, 2005).

<sup>6</sup> Словами М. Дуглас, анализирующей поведение древнего человека, – “иной рациональностью” (Дуглас, 2000).

ными видами экономических ожиданий и социальных действий. Также обратим внимание на то, что в настоящее время благодаря разным научным трактовкам категория “рациональность” обрела более широкий смысл и весомое значение. “Рациональность” рассматривается современными исследователями и как характеристика разумности, осмысленности человеческих действий, и как имманентное свойство социальных систем, проявляющееся в нормативном регулировании и направлении поведения индивидов, обеспечиваемых институтами, выступающих продуктами объективного, естественно-исторического развития общества.

Вернемся к выделяемым нами ранее методологическим подходам к пониманию собственности.

Два первых взаимосвязанных подхода возникли на базе римского права и получили дальнейшее развитие в школе естественного права, а позже – в теориях либерализма. Ее основные моменты зафиксированы в праве Нового времени и современном гражданском законодательстве. Собственность в данной концепции коренится в самой природе вещей и единичного (конкретного) человека, осознавшего себя как личность, а также различие между собой и предметами окружающей природы и, в конце концов, присвоившего их себе. “Что сделал человек перед лицом природы? Он стал господином и собственником... Из личности, сознающей свое право на вещи, возникает собственность” (Ковалевский, 1939).

Третий подход коренится в исторической школе права, в русском и древнегерманском праве, в экономико-исторических и экономико-социальных школах, в воззрениях Гегеля и Маркса. В XX в. данное направление получило развитие в идеях институционалистов и евразийцев. По мнению Гегеля, для подчинения (вступления во владение) вещи и обладания ею как собственностью “нужно двоякое: нечто всеобщее и нечто единичное”. Собственность возникает из реализации всеобщей подчиняющей воли для всех внешних вещей, а человек осуществляет себя как (единичная) личность через отношение к бытию других людей “в силу своей (всеобщей) духовной природы”. “Мне нельзя вступить во владение вещью, уже принадлежащей другому, не потому, что она вещь, а потому, что она его вещь” (История, 1998).

Следует подчеркнуть, что наша задача заключается не в распределении различных теорий собственности и различных авторов по названным методологическим подходам, что сделать крайне сложно в силу ряда причин (например, в науке наблюдается разное понимание категории “естественное право”), а в попытке найти в них “магистральные линии” развития методологических принципов социально-экономического анализа (они одновременно встречаются в различных теориях собственности). Также необходимо подчеркнуть, что и второй (близкий к неoinституционализму), и третий подходы (близкий к традиционному институционализму) выступают логическим (научным) дополнением первого, являющегося на сегодняшний день основным (господствующим) в экономической теории, в частности в неоклассической экономике. Это связано с тем, что объективно-правовой подход, как, впрочем, и в целом историческая школа права, появился не на пустом месте, а зародился в недрах теорий естественного права.

Подчеркнем, что выделение нами основных методологических подходов к понятию сущности собственности и их дальнейший сравнительный анализ является базой для объяснения и моделирования (построения различных моделей) собственности на теоретическом уровне и управления собственностью в хозяйственной практике в зависимости от различных критериев, предпосылок, интерпретаций, точек зрения<sup>7</sup>. Так, собственность может рассматриваться через призму определенных отношений, исторически изменчивых форм проявления этих отношений, определенный институт, регулирующий эти отношения, ключевую категорию социального хозяйства, принцип, на котором базируется ряд институтов (в том числе формальный правовой институт собственности), заключающийся в постепенном отделении (освобождении) человека как социальной личности от вещей (природы) и от других личностей (социума) в ходе исторического развития.

<sup>7</sup> Так, любую геометрическую фигуру можно рассматривать с позиций соотношения углов, сторон, линий (как внешних, так и внутренних) ограничений определенного пространства (в том числе расположения определенных точек) и т.д.

Модели собственности можно также строить с позиций указанных методологических подходов в экономическом анализе: методологического индивидуализма, методологического индивидуализма (при заданном наборе ограничений) и методологического коллективизма.

Также, на взгляд автора, достаточно продуктивным является подход к собственности, как и к любому отношению между какими-то объектами, как к свойствам этих объектов. Допустим, собственность – свойство вещи, ресурса; собственность – свойство личности, человека; собственность – свойство определенного пространства, места<sup>8</sup> или же организации (юридического лица). Как видно из таблицы ниже, автор предпринял попытку увязать данную идею с основными методологическими подходами к пониманию сущности собственности.

В целом же, не следует забывать, что все эти модели будут неизбежно иметь фрагментарный характер, а сама собственность представляет собой сложный многогранный (многоаспектный) феномен.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ПОНИМАНИЮ СУЩНОСТИ СОБСТВЕННОСТИ

При проведении сравнительного анализа выделенных научных концепций собственности по различным критериям были получены следующие основные результаты (кратко сведены в таблицу).

**1. По характеру правоотношений собственности.** В первом подходе применяется безусловный (абсолютный) подход к собственности, она признается неделимым монолитом, во втором и третьем – ограниченный (относительный, функциональный) подход, т.е. собственность предстает совокупностью частных правомочий. Первый подход предполагает власть собственности над вещью безграничной. Эта власть и является выражением внутренних отношений между осознающей себя личностью и вещью, которые, впрочем, должны быть признаны другими людьми, т.е. быть внешне узаконенными (легальными). Отношения собственности в этой концепции проявляются в односторонней связи прав и обязанностей.

При двух других подходах объект господства – также вещь в целом, но само вещное право складывается из частных правомочий – в зависимости от различных свойств вещей и отношений между людьми. Например, вся собственность проявляется через ряд элементов: через элементы пучка прав собственности (вторая концепция); через право залога, право сервитута и т.д. (третья концепция, нашедшая отражение в российской правовой мысли). Хотя в первой концепции, как отмечалось ранее, право собственности раскрывается через право владения, распоряжения и пользования, что по существу тоже напоминает некий “пучок прав”, состоящий из трех элементов. Отношения собственности здесь представляют собой внешнюю (легальную), двух- или многостороннюю связь между *признанными обществом* личностями, обменивающимися “пучками прав” собственности. Последнюю идею одним из первых высказывал неоклассик Бем-Баверк. Товар у него – определенная сумма не только физических характеристик, но также связанных с ним прав и юридических ограничений. Поэтому ценность товара (и его денежная цена) определяется совокупностью всех этих факторов (Капелюшников, 1981). Кстати, евразийцы отмечали, что естественно-правовые теории страдают преувеличением частного индивидуального отношения (между лицом и вещью) и не учитывают социального характера собственности. И. Ильин отмечал: “Собственность есть такое отношение между людьми, при котором праву собственника на господство и распоряжение над встречающимися в ограничении и не принадлежащими к высшим ценностям предметами соответствует универсальная обязанность других людей терпеть власть собственника и не вмешиваться в ее определенные проявления” (Собственность и право, 1992).

**2. По содержанию отношений собственности.** В первом подходе собственность имеет абстрактный характер, т.е. отношения собственности независимы и одинаковы для разных субъектов и объектов отношений. Во втором и третьем подходах – конкретный характер,

<sup>8</sup> К пониманию собственности как свойства места автора подтолкнула идея Ю. Полякова написать “роман места”, реализованная им в недавно вышедшем романе “Твербуль” (Роман-газета, 2008, № 11).

**Таблица.** Результаты сравнительного классификационного анализа основных методологических подходов к сути собственности

Параметры анализа	Классическая модель знаний	Неклассическая модель знаний	Институциональная модель знаний
	Человек рациональный	Человек нерациональный (спонтанный)	Человек институциональный
	Эгалитарная концепция собственности	Эгалитарно-социальная концепция собственности	Социальная концепция собственности
Ведущий методологический принцип	Методологический индивидуализм	Методологический индивидуализм (при заданном наборе ограничений)	Методологический коллективизм
Соотнесенность с ведущими концепциями права. <i>Ветви права по Г. Дж. Берману (Берман, 1998)</i>	Школа естественного права. <i>Философская и моральная юриспруденция</i>	Школа положительного (обычного, формального) права. <i>Политическая и аналитическая юриспруденция</i>	Историческая школа права. <i>Историческая и социоэкономическая юриспруденция</i>
Соотнесенность с ведущими экономическими школами	Физиократы. Классическая политэкономия. Маржиналистская концепция. Неоклассическая экономика (XIX в.)	Неоклассическая экономика (XX в.). Кейнсианство. Неоинституциональная экономика. Новая институциональная экономика	Марксизм. Исторические и этические школы. Советская школа политэкономии. Институциональная экономика (традиционный институционализм). Конституционная экономика. Эволюционная экономика
Приоритет режима функционирования собственности	Приоритет института частной собственности	Равнозначное отношение к режимам (с учетом субъекта и объекта собственности)	Приоритет института публичной собственности <sup>9</sup>
Сущность собственности	Суть в природе вещей.  Основа – вещь, вещное право. <i>Собственность – внутренний атрибут вещи или внешний атрибут проявления Бога или абсолютной идеи</i>	Суть в природе личности.  Основа – конкретный (индивидуальный) человек, личность. <i>Собственность – внутренний атрибут личности, благодаря которому человек налагает свою волю на внешний мир</i>	Суть в развивающейся социальной системе и ее институциональной (правовой) составляющей. Основа – человек социальный (общественный). <i>Собственность – внешний атрибут развивающейся исторически социальной личности</i>
Собственность как свойство (характеристика) объекта	Вещи	Человека (индивида)	Пространства, места

<sup>9</sup> Публично-правовые воздействия вовлекаются в субстанцию собственности (в этом проявляется идея социализации – постепенного поглощения и эксплуатации частной собственности публичным правом).

Таблица (продолжение)

	Классическая модель знаний	Неклассическая модель знаний	Институциональная модель знаний
Параметры анализа	Человек рациональный	Человек нерациональный (спонтанный)	Человек институциональный
	Эгалитарная концепция собственности	Эгалитарно-социальная концепция собственности	Социальная концепция собственности
Отношения собственности	Внутреннее отношение лица (личности) к вещи, имеющее внешнее (легальное) оформление. Собственность имеет вещный характер	Внешние (легальные) отношения между людьми (социальными личностями) по поводу вещи. Собственность имеет индивидуализированный характер	Опосредованные вещь общественные (социальные) отношения. Собственность имеет социальный характер
Источник происхождения собственности	Божественное установление. Государство, имеющее божественное происхождение. Обмен. Первоначальное завладение. Захват по праву сильного. Воровство	Божественное установление. Человеческий труд. Государство, имеющее естественное происхождение. Естественная (природная) свобода человека. Общественный договор свободных людей, где роль играют происхождение, статус, титул личности. Обмен	Божественное установление. Труд в социальном хозяйстве. Государство, имеющее историческое (эволюционное) происхождение. Общество (общественный договор), надеяющееся своих членов правами собственности и вместе с тем статусом личности и определенным титулом. Распределение
Правомочия по поводу объекта отношений собственности	Право присваивать вещь у Бога/государства, имеющего божественное происхождение	Право присваивать вещь – у человека и государства, имеющего естественное происхождение	Право присваивать вещь у общества, его членов и государства, имеющего эволюционное происхождение
	Безусловный (абсолютный) подход к собственности: собственность – неделимый монолит.	Ограниченный (относительный) подход к собственности: собственность – совокупность частных правомочий.	Ограниченный (функциональный) подход к собственности: собственность – совокупность частных правомочий.
	Происходит обмен полными правами собственности	Происходит обмен пучками прав собственности	Происходит обмен пучками властных правомочий
Правомочия по поводу субъекта отношений собственности	Абстрактное понимание собственности: отношения собственности независимы и одинаковы для разных субъектов и объектов отношений	Конкретное понимание собственности, которое может приобретать иное содержание в зависимости от различных субъектов	Конкретное понимание собственности, которое может приобретать иное содержание в зависимости от различных объектов

Таблица (окончание)

Параметры анализа	Классическая модель знаний	Неклассическая модель знаний	Институциональная модель знаний
	Человек рациональный	Человек нерациональный (спонтанный)	Человек институциональный
	Эгалитарная концепция собственности	Эгалитарно-социальная концепция собственности	Социальная концепция собственности
Титул собственности	Титул собственности: при частном режиме – экономическая (хозяйственная) власть (функция этой собственности – экономическое подчинение), при публичном – политическая власть над вещью. <i>Собственность</i> предполагает хозяйственную власть в отличие от <i>владения</i> , предполагающего политическую власть	Титул собственности: при частном режиме хозяйственная собственность, при публичном – собственность по службе.  <i>Хозяйственная собственность</i> – собственность по отношению к пользователю (полезность) в отличие от <i>собственности по службе</i>	Титул собственности: при частном режиме – хозяйственный тип власти, при публичном режиме – служебный тип власти.  <i>Хозяйственный тип власти</i> – над средством производства, <i>служебный тип власти</i> (властные отношения в государстве, обществе, семье) – над тем, что есть не только средство производства, но и цель в себе – над людьми
Отношение к правам субъектов	Собственность в состоянии покоя: главное – обладание вещью (право владения).  Собственник наделен определенными правами в обществе и несет индивидуальную (персональную) ответственность	Собственность в состоянии движения: центр тяжести – в распределении жизненных благ (право распоряжения).  Собственник наделен определенными правами в обществе и несет индивидуальную (персональную) ответственность	Собственность в состоянии движения: центр тяжести – в функционировании собственности (право пользования).  Собственник наделен не только определенными правами, но и обязанностями в обществе: он несет социальную ответственность
Соотношения правовой и хозяйственной (экономической) категорий собственности	Правовая (юридическая) категория собственности первична по отношению к экономической категории	Правовые отношения собственности есть внешнее оформление экономических (хозяйственных) отношений	Признается равнозначность экономической и юридической сторон собственности или единое понимание собственности: нет разделения на экономическую и юридическую категории
Собственность как отношения	Отношение лица к вещи	Отношения между людьми по поводу вещи	<i>Опосредованные</i> вещью социальные (внешние) отношения между группами людей (в том числе их отдельными представителями)

т.е. собственность – конкретное отношение, которое может приобретать иное содержание в зависимости от различных объектов (вторая концепция), так как уровень прав и обязанностей собственника зависит от владения, распоряжения (или только потребления) субъектом земель, домом или движимыми вещами (орудиями производства и т.д.), и от субъектов (вернее, их социального статуса и места в социальной иерархии – третья концепция), так как определенную роль играют роль статус и социально-правовое положение, степень и уровень власти и т.д. юридического, физического лица или государства.

**3. По отношению собственности к частному и публичному праву.** В первом подходе приоритет отдается частной форме собственности, во втором – признаются равноценными (оптимальное сочетание) частная и публичная (общественная) формы, в третьем – упор сделан на общественной форме собственности.

Ф.К. Савиньи в свое время (Гедеман, 1924) отмечал, что учение о собственности попало в неправильную колею. Умышленно, во имя образования особой категории понятий, вследствие абстрактного доктринерства, учение о собственности было создано и развито исключительно на основе частного права. Ю. Гедеман, проводя анализ процесса трансформации собственности, пришел к выводу, что к началу прошлого века постепенно административная власть государства выросла до бесконечности, и все экономические категории, в том числе и собственность, подвергались натиску с его (государства) стороны. Это вторжение вышло за пределы частного права, вследствие чего частная собственность фактически была поколеблена, хотя власти старались показать, будто она осталась нерушимой. Например, в частно-правовой области картели, концерны и т.д. – формы, возникшие на основе частной добровольной инициативы, обнаружили существенное ограничение власти собственника государством и союзами (Гедеман, 1924).

Таким образом, “публично-правовые воздействия вовлекаются в субстанцию собственности”. В этом состоит идея социализации – “постепенного поглощения и эксплуатации частной собственности публичным правом”, вследствие чего наряду с частным собственником привлекается могущественный фактор, представляющий собой общество. Но необходимо учитывать, что рассекать собственность на две половины (частного и публичного права) невозможно – необходимо сознание общей связи всех правовых явлений, затрагивающих собственность во всем ее объеме, независимо от того, содержались ли они в частном праве или вытекают из публичного права (Гедеман, 1924).

**4. Значение власти собственника.** По мнению Гедемана, можно выделить собственность в состоянии покоя (XVIII–XIX вв.) и движения (XX в.). В состоянии покоя главное – обладание вещью, а центр тяжести – в распределении жизненных благ. Владелец по своему усмотрению может уничтожить свои блага или использовать их самым хищническим образом, почти совсем не подчиняясь контролю со стороны закона. Но у собственности есть и другое главное значение. Это – не состояние обладания, не распределение благ, не ненарушаемое покойное владение, а справедливое установление границ возможного использования и постоянный контроль над применением. Причем использование собственности подвергается иному внешнему контролю в сравнении с простым обладанием. Здесь формально собственность – еще в руках отдельных предприятий, но их свобода хозяйственного движения ограничена тремя силами: а) своим союзом (возможно, достигшим уровня самоуправляющейся корпорации); б) участием работников (и других экономических слоев: торговцев, потребителей и др.) в управлении и распределении прибыли; в) высшим надзором государственных и общественных органов.

Но если спокойное обладание отошло на задний план, а решающее значение остается за осуществлением хозяйственных функций, содержащихся в собственности, то с юридической точки зрения совершенно безразлично, кто осуществляет право собственности. А отсюда возникает допустимое участие нескольких лиц в одной и той же собственности, возможность расчленения функций, подчинение права собственности одной высшему праву собственности другой силы, например государства или какой-то самоуправляющейся организации. В этом также кроется ядро движения социализации (Гедеман, 1924).

Итак, первый подход приспособлен к пониманию собственности как обладанию, владению, как собственности в состоянии покоя (абстрактной собственности). В соответствии со вторым и третьим подходами в отношении собственности центр тяжести переходит к использованию,



а не к обладанию, так как собственность представляет собой сумму меняющихся прав (второй подход свойствен экономической теории прав собственности, где обычно выделяют 11 элементов “пучка прав”, хотя Пейович обошелся четырьмя элементами), конгломерат функций (третий подход – например, у Ундена, выделяющего 35 функций собственности), находящуюся в движении силу. Также отметим, что во втором и третьем подходах в отличие от первого “собственность” представляет собой более широкое понятие: собственник обладает не только определенными правами, но и обязанностями – как собственник он несет социальную ответственность перед другими членами общества.

**5. Отделение владения от собственности.** В этом вопросе во всех концепциях прослеживаются близкие идеи: ряд их представителей отделяют категорию “владение” от категории “собственность”. На этой почве возникает мнение, что владение, как отмечает Д. Дождев (Скловский, 2000), есть “предвестник собственности”, так как владение – “первое нормативное признание индивидуальной принадлежности вещи в прямом смысле этого слова”. Добавим здесь, что в русском праве понятие “собственность” возникает не ранее XVIII в., до этого времени вместо него применяли понятия “владение” и “вотчина” (Собственность, 1992). Поэтому не было четкого различия между правом владения и правом собственности. Скловский (Скловский, 2000) так объясняет расхождение между “собственностью” и “владением”: первая развивалась на почве *familia*, усложняясь и углубляясь по мере признания правом автономии лица, а второе было сразу признано публичным правом. Поэтому и дальше оно существовало преимущественно в этой сфере, тем более что внешний характер владения вполне соответствовал простым и надежным инструментам публичного права.

В рамках первого подхода выдвигалось мнение, что владение предполагает политическую власть над вещью (отношения собственности носят публичный характер), а собственность – хозяйственную (у отношений собственности – частный характер). Во втором подходе можно выделить интересную интерпретацию стоимости Рошером, под которой он понимает степень годности, благодаря которой вещь становится в наших глазах добром, ценностью. Эта стоимость разделяется на два вида: стоимость по отношению к пользователю (т.е. хозяйственная стоимость), или полезность, и по службе – вещественная стоимость (т.е. публичная стоимость) (Рошер, 1860). В русской философии права, относимой нами к третьему подходу, традиционно различали два типа власти: хозяйственную и служебную. Первая осуществляется над тем, что является средством, это и есть власть собственника. Служебная власть (властные отношения в государстве, обществе, семье) – над тем, что есть не только средство, но и цель в себе, что имеет высшую ценность. Также подчеркивалось, что процесс хозяйствования и власть собственника не могут не быть определенной службой или выполнением социальной функции.

## ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ И ФОРМ СОБСТВЕННОСТИ

Представляет научный и практический интерес, особенно среди современных российских исследователей, проблема классификации типов и форм собственности в соответствии с определенными критериями. Например, Д. Львов, В. Гребенников и Е. Устюжанина отмечают, что история знает три основные формы собственности: государственную, частную, общественную (Львов, Гребенников, Устюжанина, 2001). С. Валентей выделяет три исторические формы собственности: 1) общинную и государственную, 2) частную, 3) публичную (Нерсесянц, 1998). В. Нерсесянц последнюю называет “гражданской собственностью” (Нерсесянц, 1998). По мнению Р. Нурева, собственность может быть общественной – в форме общественно-служебной собственности – и индивидуализированной, частной – в индивидуальной и коллективной формах (Нуреев, 2002). Р. Капелюшников (Капелюшников, 1990) выделяет три основных правовых режима функционирования собственности: частную собственность, принадлежащую индивидууму; государственную или коллективную собственность, отражающую коллективные интересы общества; общую (коммунальную) собственность, дающую доступ всем без исключения. Е. Устюжанина, рассматривая эволюцию отношений собственности в историческом разрезе, выделяет такие формы собствен-

ности, как публичная, квинритская, верховная, сословная, иерархическая, частная, тоталитарная, бюрократическая, корпоративная, общественная (Устюжанина, 2006)<sup>10</sup>.

Советские обществоведы рассматривали генезис постепенного поглощения (преодоления) частной собственности общественной. В противовес им В. Иноземцев утверждает, что траектория дальнейшего развития форм собственности пойдет в направлении “постепенного замещения частной собственности собственностью личной, а не формированием системы общественной собственности” (Иноземцев, 2000).

Т. Юрьева (Социальная, 1997) выделяет формационный и цивилизационный подходы к классификации форм собственности. Согласно формационному подходу типы собственности определяются исторически развивающимися качественно отличными друг от друга общественно-экономическими системами: первобытно-общинной, “азиатской”, античной, феодальной, капиталистической, посткапиталистической. Эти типы собственности проявляются в различных формах, среди которых выделяются базовые: частная, групповая и общая.

Согласно П. Лафаргу выделяются общественная и частная формы собственности. К общественной относится общественная собственность древнего происхождения (общинные, удельные имущества и т.д.) и общественная собственность современного происхождения (государственное управление в виде общественных услуг). К частной относятся: с одной стороны, личная и коллективная формы собственности, с другой – собственность на предметы личного обихода, собственность на орудия труда, собственность на капитал (Лафарг, 1928).

Согласно обзору подходов к классификации типов и форм собственности, а также исходя из ряда идей представителя евразийской правовой мысли Н. Алексеева (Алексеев, 2000), рассмотрим нашу обобщенную классификацию режимов и форм института собственности (Сухинин, 2003). Пока открытым остается вопрос, к которому автор вернется в дальнейших исследованиях, о выделении форм собственности внутри уже выделенных магистральных методологических подходов к пониманию собственности.

По *степени социализации* институт собственности может иметь *частный* и *публичный* (общественный (но не общий! – И.С.) в противоположность частному) характер. При частном характере института собственности присутствует равноправие субъектов отношений собственности. При публичном характере равноправия нет, все покоится на властных полномочиях. Частный характер функционирования института собственности покоится на частном правовом режиме, поэтому мы обозначаем его *частным правовым режимом* института (отношений) собственности. То же самое можно сказать про *публичный правовой режим* института (отношений) собственности.

Частный и публичный режимы института собственности могут взаимно сочетаться при возможном доминировании одного над другим в процессе развития социального хозяйства. В доиндустриальную эпоху публичная собственность доминировала над частной, в индустриальном обществе наблюдается противоположное явление. В постиндустриальном обществе человечество приходит к пониманию того, что необходимо найти оптимальное сочетание обоих режимов собственности, без преувеличения или принижения значения и выполняемых функций каждого. Отметим, что главная функция частной собственности – экономическое подчинение, так как титул собственности при этом режиме – экономическая (хозяйственная) власть. Главная функция публичной собственности – служебное (административное) подчинение, так как титул собственности здесь – служебная власть.

По *форме отношений субъектов собственности* можно выделить *индивидуальную* (личную или *одноличностную*, или, по Нерсесянцу (Нерсесянц, 1998), *индивидуализированную*) и *общую* формы собственности. Индивидуальная форма проявляется, например, в индивидуальном предпринимательском хозяйстве физического лица. Общая собственность может быть *коллективной* (*коллективистской*, *совокупной* или *многочлостной*) и проявляться, например, в семейном,

<sup>10</sup> Кроме этого, Е. Устюжанина, рассматривая эволюцию социально-экономических ролей субъектов хозяйственного ведения, выделяет такие виды собственности, как: собственность-владение, собственность-привилегия, собственность-предприятие, собственность-капитал, собственность-бизнес, собственность-требование, собственность-акция (Устюжанина, 2006).

общинном и кооперативном хозяйствах физических лиц, и *безличностной*, примером которой служит акционерное хозяйство, учреждаемое физическими лицами, но затем образующее отдельное лицо – юридическое. Разновидностями коллективной собственности является *групповая, классовая, государственная и надгосударственная* собственность.

*Коллективная* собственность может быть формальной, т.е. распространяться на коллективы, организованные формальным правом, или же неформальной. В последнем случае речь идет о *сособственности*, распространяющейся на коллективы, организованные неформально.

Правовые режимы и формы собственности взаимно пересекаются и создают различные конгломераты отношений собственности. Например, индивидуальная (личная) собственность появляется вначале в идеальной форме, поскольку “прежде обладания материальной собственностью дикарь... владеет своим именем” (Морган, 1935). Оно дается человеку при наступлении половой зрелости. Имя, как отмечал Морган, принадлежало роду и после смерти временного владельца возвращалось обратно в род. Таким образом, в первобытном обществе имя находилось в лично-публичной собственности.

Примером наиболее ранней публичной и одновременно общей формы собственности является азиатский тип собственности, экономически целостным образом которой была крестьянская община. Отдельный человек в ней никогда не был собственником, он сам был собственностью, рабом того, в ком олицетворялось единое начало этой общины: деспотизм, рабство, крепостничество в наибольшей мере соответствовали именно этой форме собственности. Наблюдалось полное отсутствие в ее экономической структуре частной, личной (индивидуальной) собственности и ее форм. Современные органы государственной власти и охраны внешнего и внутреннего порядка обычно также отражают собой публично-общую форму собственности. Имущество индивидуального предпринимателя принадлежит ему по праву частной личной собственности. Также современное государственное предприятие, действующее на свободном как внутреннем, так и внешнем рынке, функционирует при частном режиме института собственности, находясь при этом в общей собственности. В качестве примера частно-публичной формы собственности можно назвать собственность на социальные знания и информацию в постиндустриальном обществе.

Отметим, что попытки сравнить эффективность частной и публичной, а также индивидуальной (называемой в обиходе “частной”) и коллективной форм собственности не приведут к объективным результатам. К примеру, некорректно противопоставлять индивидуальные и коллективные формы собственности, иначе нельзя будет объяснить успехи и значение в современном мире акционерных обществ, в частности транснациональных корпораций. Ведь если индивидуальная форма эффективней, то наилучшей будет такая система, где хозяин всех благ один (например, фараон в Египте).

Подчеркнем, что *собственность* – это форма, “ключевой код” (дихотомия “лицо–вещь” в социальной институциональной среде) для широкого круга социальных отношений; многоцелевая и многофакторная функция; своего рода “клубок” нитей-взаимосвязей, соединяющих личность человека с внешним миром и с другими людьми. Воздействие всего лишь на одну из нитей (например, на представленную и не отрицаемую автором связку “собственность – отношение к труду”) без учета всего комплекса отношений собственности может не дать ожидаемого результата или даже привести к отрицательным результатам и негативным последствиям. Предлагаемый нами термин “*клубок отношений собственности*” создан по аналогии с понятием “пучка прав” собственности, но имеет более широкое значение. В него включаются элементы этого “пучка прав”, представляющие собой отношения (права) собственности в зависимости от объекта, отношения собственности – в зависимости от субъектов и их социального положения в обществе, и элементы, зависящие от сущности, способа происхождения и форм отношений, от выполняемых функций в экономике и социальной системе в целом.

В отношениях собственности можно выделить внутреннее и внешнее (институциональное) содержание, так как собственность, как и прочие социальные явления, связана с человеческими потребностями, но в отличие от других категорий основывается на всех потребностях индивида (потребностях в физическом выживании, в самосохранении, в духовном самовыражении, в общественном самоопределении, порожденных духом и волей человека, в том числе его трудо-

выми усилиями, а также процессом расширения степени включенности человека в общество) и общества. Вместе с тем собственность неизменно предполагает присвоение человеком предметов внешнего окружения, представляющее собой деятельное (активное) отношение человека к внешне-предметному миру, в котором он воспроизводит себя.

Таким образом, отношения собственности в рамках институциональной модели знаний – есть *опосредованные вещью* общественные (социальные) отношения (т.е. внешние отношения в обществе между людьми и группами людей, принадлежащих к определенным социальным общностям, группам, классам) распределения (включающие неразрывные друг от друга отношения присвоения и отчуждения) условий и результатов хозяйственной деятельности. Поэтому отношения собственности можно представить в виде цепочки: “*социальное лицо (субъект отношений собственности) – вещь (объект отношений собственности) – социальное лицо (субъект отношений собственности)*”, включая присущие каждому звену и цепочке в целом комплексы определенных институтов и посреднической среды – для передачи (обмена) прав собственности. Отметим, что “вещь” мы рассматриваем в широком значении, т.е. как объект, а не только как понимаемую в обиходе “вещь” в физическом смысле или материальные и внешние по отношению человека объекты. Например, к ней можно отнести рабочую силу, человеческий и социальный капитал, знания, информацию и т.д. Так, в индустриальном обществе (при капиталистическом способе производства, меновом или товарном типе хозяйства) в цепочке отношений собственности в качестве объекта появляется товар, в том числе и рабочая сила, поэтому эти отношения начинают приобретать не только вещный, но и товарный характер. В постиндустриальном же обществе (в так называемой “новой экономике”, “инновационной экономике”, “умной экономике” (Д. Медведев), “экономике знаний”) объектом собственности уже является информация, интеллектуальные (нематериальные) ресурсы и, возможно, человеческий, социальный, культурный формы капитала.

Выделенная нами цепочка несколько отличается от связок “отношения лица к вещи” в первом методологическом подходе к собственности и “отношения между людьми по поводу вещи” – во втором. Собственность как отношение предполагает обязательное наличие субъектов и вещи (объекта), именно в ней отражаются и концентрируются отношения между людьми в социальном хозяйстве. Поэтому мы разделяем мнение Гегеля о том, что в гражданском праве нельзя отделять обязательственные права от прав собственности. Эти отношения обладают общим хозяйственным (экономическим) потенциалом развития социального хозяйства, так как связывают воедино, в общую социальную (хозяйственную) систему, действия и интересы отдельных хозяйствующих субъектов, от решения которых зависит ресурсное обеспечение, в том числе решения об инвестировании и развитие отдельных сторон и видов хозяйственной деятельности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в проведенном нами исследовании выделены, обобщены и проанализированы основные методологические подходы к пониманию сущности собственности, рассмотрены некоторые теоретические подходы к классификации типов и форм собственности, являющихся, в свою очередь, как и любые теории собственности, своеобразными моделями собственности, выделены существенные свойства и базовые принципы будущих авторских моделей собственности. При этом в отличие от других исследователей автор стремится построить эти модели, исходя не из вторичных признаков (по мнению автора) собственности: функций, типов, форм, отдельных правомочий, – а из понимания самой сущности собственности в рамках различных познавательных моделей (моделей знаний) экономики.

В заключение отметим, что моделирование – один из важнейших инструментов научного познания, условный образ объекта исследования или управления этим объектом. В результате наблюдений и манипуляций с самой моделью можно получить новые знания о реальном объекте. Если это уже известные сведения, то модель используется для обучения, если знание получено впервые, то происходит дальнейшее познание мира. Модель позволяет также научиться правильно управлять объектом, апробируя различные варианты управления на мо-

дели этого объекта. Экспериментировать в этих целях с реальным объектом бывает неудобно, опасно или вообще невозможно в силу ряда причин (например, при экономико-социальном моделировании).

Отметим, что как экономике, так и управлению экономикой, присущи черты любой сложной динамической системы. Социум и экономика – системы непрерывно развивающиеся и самоорганизующиеся. При их моделировании необходимо учитывать комплекс взаимосвязанных аспектов (экономических, технических, психологических, информационных, правовых, социологических, организационных, структурных и т.д.). Сложность социально-экономических процессов и явлений, включая и такой феномен, как собственность, затрудняет не только построение моделей, но и проверку их адекватности, истинности, – “верификации” результатов. Если в естественных науках достаточным (но не всегда необходимым) условием истинности результатов моделирования и любых других форм познания является совпадение результатов исследования с наблюдаемыми фактами, то в экономической науке и других общественных науках данный прием чаще всего неприменим. Специфика верификации социально-экономических моделей состоит в том, что они, как правило, конкурируют с другими, уже нашедшими практическое применение моделями. При этом далеко не всегда можно поставить чистый эксперимент по верификации модели, устранив влияние других управляющих воздействий на моделируемый объект, особенно в моделях долгосрочного прогнозирования, где принятие решений происходит обычно в условиях ограниченной рациональности, продиктованной неопределенностью, неполнотой или размытостью информации, неполными и неявными знаниями и т.д.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев Н.** (2000): Русский народ и государство. М.: Аграф.
- Беккер Г.** (1993): Экономический взгляд на жизнь. Лекция лауреата Нобелевской премии в области экономических наук за 1992 г. // *Вестник С.-Петербургского университета*. Серия 5. Вып. 3.
- Берман Г.Дж.** (1998): Западная традиция права: эпоха формирования. М.: Изд-во МГУ, ИНФРА-М, Норма.
- Бородич Д.М.** (2001): Эконометрика. Минск: Новое знание.
- Булгаков С.Н.** (1912): Философия хозяйства. Часть 1. “Мир как хозяйство”. М.: Изд-во МГУ.
- Вебер М.** (1990): Избранные произведения. М.: Прогресс.
- Гедеман Ю.В.** (1924): Основные черты хозяйственного права. Трансформация понятия собственность. Харьков: Юридическое издательство НКЮ УССР.
- Гранберг А.Г.** (1988): Моделирование социалистической экономики. М.: Экономика.
- Гребенников В.Г.** (2001): Институционализм как методология экономической науки. В кн.: “*Институциональная экономика*” / Под общей ред. Д.С. Львова. М.: ИНФРА-М.
- Гребнев Л.С.** (1992): Человек в экономике: теоретико-методологический анализ. Автореф. ... дисс. На соискание степени д-ра экон. наук. М.: РАУ.
- Грошев В.А.** (1991): Государственная собственность: природа, противоречия, пути демократизации. Л.: Финансово-экономический институт.
- Дуглас М.** (2000): Чистота и опасность. М.: КАНОН-ПРЕСС-Ц.
- Ефименко Т.П.** (1925): Труд и собственность. Харьков: Юридическое изд-во НКЮ УССР.
- Иноземцев В.Л.** (2000): Собственность в постиндустриальном обществе // *Вопр. философии*. № 1.
- История философии (1998): История философии права. СПб.: Юридический институт (Санкт-Петербург), Санкт-Петербургский университет МВД России.
- Капелюшников Р.И.** (1981): Современные буржуазные концепции формирования рабочей силы. М.: Наука.
- Капелюшников Р.И.** (1990): Экономическая теория прав собственности. М.: ГПШ ИМЭМО АН СССР.
- Кобинский Н.Е.** (1978): Информационные фильтры в экономике. М.: Статистика.

- Ковалевский М.** (1939): Очерк происхождения и развития семьи и собственности. М.: ОГИЗ, Государственное социально-экономическое изд-во.
- Козуб В.М.** (1984): Иерархические системы моделей планирования. М.: Радио и связь.
- Лафарг П.** (1928): Происхождение и развитие собственности. М., Л.: Московский рабочий.
- Львов Д.С., Гребенников В.Г., Устюжанина Е.В.** (2001): Концепция национального имущества // *Вопр. экономики*. № 7.
- Львов Д.С., Гребенников В.Г., Ерзкян Б.А.** (1998): Микроэкономика формирования благоприятного инвестиционного климата (подход на основе транзакционной концепции). М.: ЦЭМИ РАН.
- Минькович Т.В.** (2001): Классификация моделей в литературе по информатике // *Информатика и образование*. № 9.
- Маркс К., Энгельс Ф.** (1961): Соч., 2 изд., т. 19. М.: Гос. изд. полит. лит-ры.
- Морган Л.Г.** (1935): Древнее общество, или Исследование линий человеческого прогресса от дикости через варварство к цивилизации. М.: Изд-во народов Севера.
- Нерсесянц В.С.** (1998): Философия права Гегеля. М.: Юристъ.
- Нуреев Р., Рунов А.** (2002): Россия: неизбежна ли деприватизация? // *Вопр. экономики*. № 6.
- Пацула А.В., Сухинин И.В.** (2005): Анализ ведущих теоретических подходов к исследованию экономического поведения // *Вестник университета (Государственный университет управления)*. Серия "Институциональная экономика". № 1 (5).
- Радаев В.В.** (1997): Экономические и социологические концепции хозяйственного поведения человека: сравнительное исследование. Автореф. ... дисс. На соискание степени д-ра экон. наук. М.: ИЭ РАН.
- Рошер В.** (1860): Начала народного хозяйства. Т. 1. Отд. 1. М.: Типография В. Грачева и комп.
- Савицкий П.Н.** (1997): Континент Евразия. М.: АГРАФ.
- Скловский К.И.** (2000): Собственность в гражданском праве. М.: Дело.
- Собственность проблемы (1990): Собственность. Проблемы развития. В сб. научн. трудов /Под ред. М.И. Леденева, А.С. Ревайкина. Владивосток: ДВО АН СССР.
- Собственность (1992): Собственность. Право и свобода /Под ред. В.Г. Графского. М.: Институт государства и права РАН.
- Социальная (1997): Социальная рыночная экономика / Под рук. Т.В. Юрьевой, В.А. Павленкова. М.: МГУЭСИИ.
- Сухинин И.В.** (2003): Узловые проблемы общей экономической теории. Часть 2. М.: ГУУ.
- Сухинин И.В.** (2008а): Концепции социального воспроизводства и собственности в контексте познавательных моделей экономического поведения. В сб.: "*Системное моделирование социально-экономических процессов: Аннотации к докладам 31-й Межд. научной школы-семинара им. акад. С.С. Шаталина*". Руза, 27–30 сентября 2007 г. Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского гос. ун-та.
- Сухинин И.В.** (2008б): Познавательные модели экономического поведения. В сб.: "*Труды III Всероссийского симпозиума по экономической теории*". Т. 1. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН.
- Сухинин И.В.** (2008в): Социально-экономические теории и модели экономического поведения // *Экономическая наука современной России*. Экспресс-выпуск. № 1 (13).
- Тамбовцев В.Л.** (1997): Государство и экономика. М.: Магистр.
- Устюжанина Е.В.** (2006): Проблемы развития отношений собственности в современной российской экономике: Монография. М.: ГУУ.
- Ходжсон Дж.** (2008): Институты и индивиды: взаимодействие и эволюция // *Вопр. экономики*. № 8.
- Чайковский Ю.В.** (2006): Наука о развитии жизни. Опыт теории эволюции. М.: Товарищество научных изданий КМК.
- Чичерин Б. Н.** (1882–1883): Собственность и государство. СПб.
- Шторх Г.** (1881): Курс политической экономии, или Изложение начал, обуславливающих народное благосостояние. Т.1. СПб.: Славянская печатня И.В. Вернадского.

Энгельгард А.Н. (1987): Из деревни: 12 писем. М.: Мысль.

“Homo institutus” (2005): Человек институциональный [монография] / Под ред. О.В. Иншакова. Волгоград: Изд-во ВолГУ.

Поступила в редакцию  
10.02.2010 г.

## **Basic Methodological Approaches to Notion of Property**

**I. V. Sukhinin**

Located and analyzed the basic methodological approaches to the concepts of essence of the property, being the base for property modeling (construction of various models) concerning the various criteria and preconditions. Emphasized that property in wide understanding represents a complex – the multidimensional phenomenon – and the certain relations, as well as historically changeable forms of these relations, and certain institutes regulating these relations. Property being the key category of social economy, and the principles, on which a number of other institutes are based.

**Keywords:** modeling, property, methodological approaches, comparative classification analysis.

**ОТРАСЛЕВЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ**

**ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПРИРОДНЫХ АЛМАЗОВ: СОВРЕМЕННЫЙ КОНТЕКСТ<sup>1</sup>**

© 2011 г. А.А. Фридман

(Москва)

Мировая добыча алмазов падает, новые месторождения не открыты, а спрос на алмазы растет, что резко обостряет вопрос их эффективного использования. Строится модель типа *Input–Output* для производства бриллиантов с уникальной системой обработки. Она позволяет вычислить весовые потери алмазов (с их высочайшей удельной стоимостью и редкостью) при производстве. Исследуются свойства модели, доказано наличие, единственность и неотрицательность ее решения. Поскольку “отходы производства” превышают 50% исходного веса алмазов, необходимы новые технологии их обработки.

**Ключевые слова:** алмаз, бриллиант, модель, решение, эффективность производства.

1. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что природные алмазы были и остаются исключительно редким минеральным ресурсом, о чем свидетельствует мировая статистика добычи. Приведем для наглядности следующие данные в таблице.

**Таблица.** Объемы мировой добычи драгметаллов и алмазов в 1980–2008 гг., т

Редкие минеральные ресурсы	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Золото	1210	2230	2550	2530	2550	2540	2420	2470	2370	2340	2280
Платина		129	160	172	178	195	194	212	217	208	189
Алмазы	8,8	22,2	24,4	25,5	28,2	31,6	33,0	36,6	34,8	33,8	31,8
Ювелирные алмазы	2,0	10,4	13,4	14,6	15,3	17,6	17,7	18,6	18,8	18,5	17,4

Источник: U.S. Geological Survey. Minerals Yearbook, 2000–2008.

Из данных таблицы видно, что ежегодный объем добычи золота (редкого драгоценного металла) на **порядок** превосходит объем ежегодной добычи платины и на два порядка – объем годовой добычи ювелирных алмазов<sup>2</sup>.

Здесь уместно отметить, что рост (и соотношение) ценовых удельных характеристик этих ресурсов соответствует увеличению соотношения объемов их добычи. Так, например, в ноябре 2010 г. цена 1 тройской унции<sup>3</sup> золота достигала 1 350 долл., а платины – 1 650 долл. Хороший алмаз весом в 1 карат (0,2 г) в это время стоил 1 500 долл., качественный бриллиант весом в

<sup>1</sup> Автор выражает благодарность Т.Д. Березневой за замечания, позволившие улучшить текст статьи.

<sup>2</sup> Природные алмазы делятся на ювелирные и технические. Ювелирные алмазы – самые качественные по структуре и самые высокие по стоимости природные алмазы. В каждом месторождении встречаются оба типа алмазов, причем на долю ювелирных обычно приходится не более 25–30% общего объема добычи. Вместе с тем цены природных ювелирных алмазов в сотни раз превосходят цены технических. Граница между этими типами алмазов несколько условна, и в последнее время между ними стали выделять некоторую прослойку, получившую естественное название – “околоювелирные алмазы”.

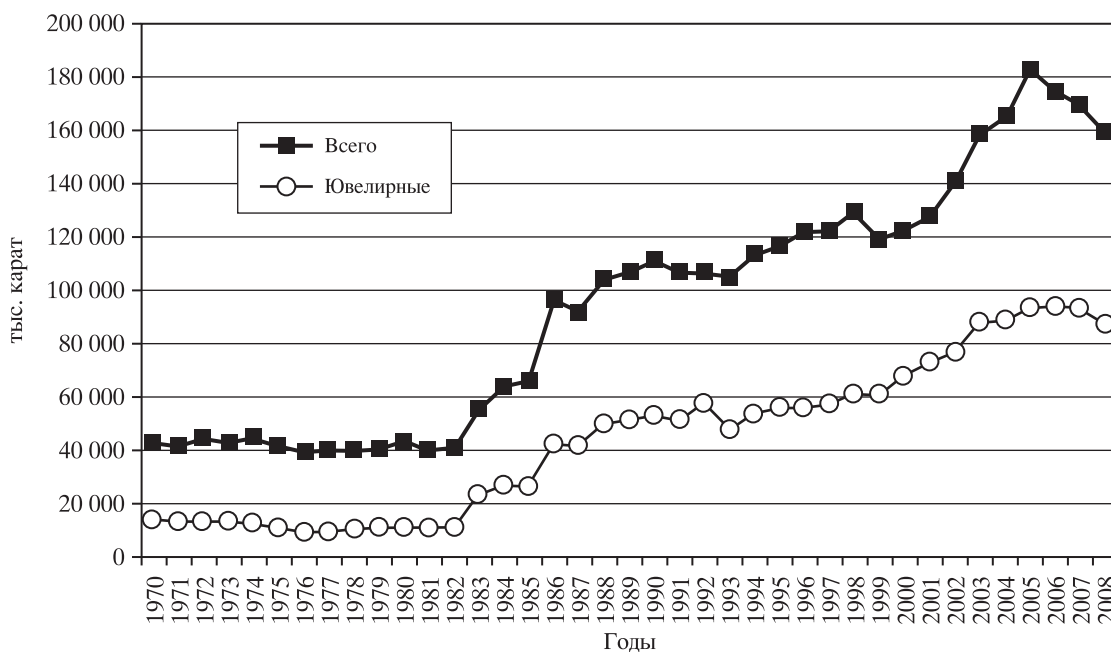
<sup>3</sup> 1 тройская унция составляет 31,1 г.



1 карат – 24 500 долл. (а весом в 2 карата – 44 000 долл.). Если привести эти данные к одной единице измерения – к 1 карату, – то мы получим, что цена 1 карата золота была 8,7 долл., а 1 карата платины – 10,6 долл.

Не может не произвести впечатления то, что в соответствии с этими данными для получения 1 млн долл. надо было иметь 23 кг золота, или ~19 кг платины, либо 667 штук хороших алмазов по 1 карату каждый (общим весом 134 г), а качественных бриллиантов по 1 карату каждый – всего 41 штуку **общим весом 8 г**, а по 2 карата – 23 штуки весом 4,5 г. Именно поэтому богатейшие люди старались “на всякий случай” иметь дорогие бриллианты, чтобы в чрезвычайных ситуациях скрыться с небольшим по весу запасом бриллиантов.

Мировая ежегодная добыча природных, и в частности ювелирных, алмазов в последние 40 лет неуклонно росла практически до последнего времени, о чем свидетельствуют графики на рис. 1.



**Рис. 1.** Динамика мировой добычи алмазов (1970–2008 гг.)  
 Источник: U.S. Geological Survey Minerals Yearbook. 1970–2008.

Эти графики показывают наличие разных периодов добычи: 1) 1970–1983 гг.; 2) 1983–2000 гг., 3) 2001–2005 гг., 4) 2006 г. – по настоящее время. В первом периоде роста добычи фактически не было, поскольку снижение добычи в Африке (из-за политических катаклизмов прекратилась добыча в Заире и Западной Африке) компенсировалось освоением и ростом добычи в Якутии и Ботсване. Рост добычи в двух следующих периодах в основном объясняется освоением новых крупных месторождений: во втором периоде это был Аргайл (в Австралии), в третьем – Экати (Канада), Нюрба (Россия) и Каток (Ангола). В последнем периоде даже освоение Снэп-Лейк и Диавик (Канада), а также наращивание добычи на руднике Мурува и в районе Маранге (Зимбабве) не смогло компенсировать выветывание или истощение старых крупных рудников.

В связи с этим важно отметить следующие два обстоятельства.

А. Статистика свидетельствует, что освоение крупного месторождения (с момента его открытия) требует, как правило, в среднем около 7–10 лет.

Б. В последнее время ученые, аналитики, руководители крупнейших алмазодобывающих компаний – Н. Похиленко (член-корреспондент РАН, директор института Геологии СО РАН), И. Зохар (крупнейший аналитик алмазной отрасли и IDEX Online), Г. Пенни (управляющий директор компании “Де Бирс”) и другие обратили внимание на то, что за последние 20–25 лет

не было открыто ни одного месторождения мирового масштаба<sup>4</sup>. А несколько новых или уже имеющихся маленьких приисков не в состоянии скомпенсировать постепенное истощение запасов крупных месторождений, близких к полной выработке ресурсов. Учитывая, что поиск новых месторождений требует времени, а денег на геологоразведку не хватает (особенно в связи с кризисом), то, даже если в ближайшее десятилетие будут обнаружены новые алмазные месторождения, может потребоваться еще не менее 10 лет, пока там начнется промышленная добыча алмазов.

Более того, ситуация обостряется и тем, что к 2025–2030 гг. ожидается окончание эксплуатации таких крупных месторождений, как Орапа и Джваненг (в Ботсване), Аргайл (Австралия), Венешиа (ЮАР), Финч (ЮАР), а также истощение таких сравнительно новых месторождений, как Катока (Ангола), Снэп-Лейк и Диавик (Канада). Кроме того, и на российских уникальных месторождениях добыча осложняется в связи с переходом от добычи в карьерах к строительству и эксплуатации дорогостоящих подземных рудников.

Таким образом, мировое производство алмазов вступает в период, когда, достигнув пикового уровня в 183 млн каратов в 2005 г., оно, скорее всего, снизится до 120–130 млн каратов в год и продержится на этом уровне вплоть до 2020 г. Затем, если не будут открыты и освоены новые месторождения или не будет продлена жизнь некоторых старых (где возможна добыча при новых технологиях, или при резком снижении издержек производства, или росте рентабельности на фоне недостатка предложения и росте цен на алмазы), мы, весьма вероятно, будем наблюдать дальнейший спад мирового производства природных алмазов.

В связи с этим уместно привести следующие слова Г. Пенни (Пенни, 2010): “За двадцать лет в отрасли не найдено ни одного нового месторождения алмазов, сопоставимого с двумя самыми большими рудниками “Де Бирс” в Африке или с лучшими российскими рудниками “АЛРОСА” – другого крупного производителя алмазов... Алмазы – природное богатство, которое должно сберегаться надлежащим образом, так как в будущем их для продажи будет меньше. Реальность состоит в том, что не удастся поддерживать высокий объем поставок, и в ближайшие 15 лет эта ситуация будет только усугубляться”.

Учитывая сказанное, естественно, возникает вопрос об эффективности использования природных алмазов, особенно – самых дорогих, т.е. ювелирных алмазов.

## 2. ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ АЛМАЗОВ И ЕЕ ИЗМЕРЕНИИ

Известно, что природные ювелирные алмазы идут на производство бриллиантов и ювелирных изделий. При этом около 85% производимых в мире бриллиантов – круглые бриллианты. Производство бриллиантов построено так, что каждый кристалл алмаза обрабатывается независимо от других. В рыночных условиях критерием эффективности использования ювелирных алмазов является получение из каждого кристалла алмаза продукции максимальной стоимости<sup>5</sup>.

Вместе с тем при осмыслении вопроса эффективного использования алмазного сырья в производстве бриллиантов нельзя абсолютно игнорировать такой традиционный показатель, как КВГ (коэффициент выхода годного) – отношение суммарного веса полученных из партии алмазов бриллиантов к весу этой партии алмазов<sup>6</sup>. Показатель КВГ можно исчислить как для одного, конкретного, кристалла алмаза, так и для произвольной партии алмазов. При этом, если рассматривать определенный период производства, можно формировать и соответствующий показатель КВГ в этом периоде. Более того, такой показатель можно исчислять и применительно к различным типам алмазов, чтобы понять, как КВГ зависит от типа алмазов, перерабатываемых в бриллианты. В условиях, когда мировая добыча алмазов истощается, проблема эффективного использования алмазного сырья приобретает особую значимость.

<sup>4</sup> См., например, (Похиленко, 2007; Зохар, 2010; Пенни, 2010; Jance, 2007).

<sup>5</sup> Издержки производства бриллиантов весьма малы по сравнению со стоимостью бриллианта.

<sup>6</sup> Этот показатель употребляется и сейчас, например, когда хотят подчеркнуть, что в гранильной отрасли Индии он весьма низкий и находится на уровне 23%, а в Израиле – 40%.

Очевидно, что, с абстрактно-логической точки зрения, КВГ может изменяться от 0 (при обработке алмазов все ушло в отходы, и бриллианты не получены) до числа  $q < 1$  (при переработке алмаза в бриллианты какая-то часть алмаза обязательно теряется). Обычно КВГ выражают в процентах, т.е. он находится в интервале (0–100%). Вопрос о численном значении КВГ при производстве бриллиантов далеко не праздный и связан со следующими обстоятельствами.

1. Алмазы – ресурсы высочайшей удельной ценности, а стоимость отдельного бриллианта (при прочих равных условиях) тем больше, чем больше его вес.

2. Эффективность производства существенно связана с уровнем технологии производства и мастерства работающих.

3. Исторически сложилось так, что в алмазо-бриллиантовом (АБ) производстве до сих пор свыше 50% алмазного сырья шло и идет в отходы, т.е.  $КВГ < 50\%$ , что является характеристикой АБ-производства, которое, как и три века назад, состоит из 7 основных операций, причем только на двух (изучение алмаза и оценка полученного бриллианта) не происходит уменьшения веса обрабатываемого алмаза.

4. Ошибка в любой операции влечет существенные и, как правило, невосполнимые (необратимые) потери, поскольку после выполнения каждой операции (кроме оценки) полученные полуфабрикаты нельзя вернуть в предыдущее состояние.

На каждой из этих операций за последние четыре века имели место усовершенствования, среди которых следует особо выделить два революционных:

- а) на операции “разметка алмазного сырья”;
- б) на операции “распиливание алмазного сырья”.

Первый и весьма существенный сдвиг связан с использованием новых средств поиска как можно лучшего варианта использования каждого кристалла алмаза для получения из него бриллиантов наибольшей стоимости, для чего в XX в. начали использовать математику<sup>7</sup>, математическое моделирование, методы оптимизации, персональные компьютеры, видеотехнику и современное приборное обеспечение.

Второй сдвиг связан с внедрением лазерной техники, позволившей кардинально повысить качество и точность резания алмаза и тем самым существенно сократить потери при реализации даже выбранного плана обработки алмаза<sup>8</sup>.

Оба этих сдвига привели к революции в технологии производства бриллиантов, что в корне преобразило веками сложившееся и весьма консервативное производство.

Во всем этом огромную роль сыграли ЭВМ и персональные компьютеры, без которых ни одно из этих изменений нельзя было реализовать.

Естественно, возникает вопрос, а как при всем этом изменился КВГ, и более того – как его вычислять в условиях массового производства, когда (и если):

– каждый кристалл природного алмаза неповторим, обладает индивидуальными особенностями (по форме, структуре, наличию и местоположению дефектов, их типу и размерам, геометрии граней), что порождает различные организационно-технологические маршруты их обработки, т.е. различные последовательности прохождения алмазов через основные операции;

– при этих операциях алмаз разделяется на части, возможны возвраты его частей на предыдущие операции (например, при многократном распиливании, подшлифовке и т.д.);

<sup>7</sup> Впервые комплекс задач оптимального использования алмазов был предложен и решен учеными ЦЭМИ АН СССР, а затем реализован на Московском заводе “Кристалл”. При этом была разработана математическая теория кристаллов, построены комбинаторные и аналитические модели алмазного сырья, сформулированы задачи оптимального вложения бриллиантов в алмаз, построены методы их решения. Подробнее см. (Фридман, 2009).

<sup>8</sup> Так, директор крупнейшего в мире Смоленского завода “Кристалл” М. Шкадов утверждает, что внедрение лазерных технологий на операции “распиливание” позволило снизить на 1% потери при обработке, что при высочайшей удельной стоимости алмаза и бриллианта дает существенный эффект (Черепанова, 2010).

– длина (время) полного цикла обработки кристалла алмаза может исчисляться месяцами, а информация о предыстории алмаза (или полуфабриката) может теряться, если не вести специальный учет, и т.д.

Таким образом, от начала обработки кристалла алмаза и до конца – т.е. до получения продукции из всех его частей – проходит много времени, в обработке участвуют разные специалисты. Поэтому получить полную и достоверную информацию типа “в производство запущены алмазы суммарной массой  $M$ , в результате обработки из них получены бриллианты суммарной массой  $m$ ” – зачастую получить практически невозможно, если в процессе производственного цикла не тратить на это специальных усилий и средств, что может существенно удорожить производство.

Возникает вопрос, как объективно исчислять КВГ за определенный промежуток времени (месяц, квартал, год) в условиях реального производства. Следует отметить, что в условиях массового производства на отечественных заводах “Кристалл” показатель КВГ исчислялся на основе обработки опытных партий. Это весьма трудоемкий и длительный процесс, охватывающий к тому же весьма незначительную часть производства, имеет экспериментальный характер. Специалисты понимают, что экстраполировать его результаты на все производство и на разные периоды неправомерно. Использовался и другой способ, где применялись приближенные формулы с коэффициентами, формируемыми на основе статистических данных о фактической работе предприятия за фиксированный период времени в прошлом. Этот способ также имел много недостатков, поскольку, например, в разные периоды времени обрабатывали разное алмазное сырье.

Все это свидетельствует об актуальности разработки метода исчисления КВГ на производстве бриллиантов в условиях крупномасштабного производства.

### 3. КАК ДВИГАЮТСЯ АЛМАЗЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БРИЛЛИАНТОВ

Технология производства бриллиантов довольно консервативна и до сих пор основывается на последовательном прохождении алмазов и возникающих при их обработке полуфабрикатов через семь основных операций, которые имеют особые названия. Ниже мы перечислим операции и пронумеруем их, чтобы в дальнейшем использовать номера операций для формирования различных коэффициентов (параметров) с индексами этих операций, необходимых при построении модели: 0 – сортировка и разметка; 1 – распиливание; 2 – раскалывание; 3 – подшлифовка; 4 – обдирка (или обточка); 5 – огранка; 6 – выпуск готовой продукции.

Опишем кратко каждую операцию и один из типовых технологических маршрутов обработки *октаэдрического алмаза* при производстве из него *круглых бриллиантов*<sup>9</sup>. Выберем для этого линейный маршрут обработки следующего вида:

$$0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6.$$

А. На операции 0 алмаз (полуфабрикат) изучает технолог, который на основе имеющихся у него средств определяет расположение будущих бриллиантов в теле кристалла (фиксирует соответствующую разметку алмаза, как правило, для производства двух круглых бриллиантов) и направляет алмаз на операцию 1 (распиливание). На операции 0 алмаз не подвергается никаким физическим воздействиям, которые могут уменьшить его вес. Однако эта операция ключевая, так как на ней из многих тысяч (!) вариантов размещения (вложения) бриллиантов в кристалле алмаза надо выбрать оптимальный. Он фиксируется в виде разметки алмаза, которая и определяет дальнейшую обработку алмаза. Ошибочный выбор разметки и ее выполнение на последующих операциях влечет за собой потери, величина которых может быть весьма большой.

<sup>9</sup> Октаэдрический алмаз получается из правильного (идеального) октаэдра, если некоторые из его 8 граней подвинуть параллельно самим себе (см. приложение). Круглый бриллиант напоминает тело вращения типа юлы, на которое нанесены плоские грани. Классический круглый бриллиант имеет 57 плоских граней, главная из которых располагается вверху, имеет форму круга и перпендикулярна оси вращения бриллианта. Она называется “площадкой”. Именно на нее обычно смотрят, когда разглядывают бриллиант и игру граней в лучах света (см. Приложение). Подробнее об этом можно прочитать в работе (Фридман, 2009).

Б. На операции 1 кристалл в соответствии с разметкой распиливается по плоскости на две части (полуфабрикаты), причем эта плоскость становится верхней площадкой каждого из двух будущих круглых бриллиантов, один из которых обычно обладает максимальной стоимостью. При этом происходит потеря веса, т.е. вес возникших двух полуфабрикатов меньше веса исходного кристалла алмаза. После этого каждый полуфабрикат изучает технолог, он фиксирует номер операции для последующей обработки. В данном случае оба полуфабриката направляются на операцию 2 – раскалывание.

В. На операции 2 от полуфабриката (а иногда и от исходного кристалла) откалывают часть, которая является лишней с точки зрения расположения в полуфабрикате (алмазе) будущего бриллианта (из этой лишней части можно еще что-то изготовить, а если ее не отколоть, то она будет потеряна – превращена в пыль при дальнейшей обработке, например при обдирке или подшлифовке, – как ненужная). После этого каждый полуфабрикат изучает технолог и фиксирует номер следующей операции. Здесь тоже происходит потеря веса. Обычно после этого полуфабрикаты направляются на операцию 3 (подшлифовку).

Г. На операции “подшлифовка” ликвидируются различные неизбежные неровности – исходные и возникающие на предыдущем этапе обработки, которые мешают дальнейшей обработке. На операции 3 происходит потеря веса. Затем технолог изучает результаты операции и обычно направляет полуфабрикаты на операцию 4 (обдирка).

Д. На операции 4 алмазный полуфабрикат “обдирается или обтачивается”, и ему придается форма тела вращения, причем площадка (на плоскости распиливания) должна быть ортогональна оси вращения будущего круглого бриллианта. Здесь происходит очень большая потеря веса. Далее результат обработки изучает технолог, который определяет последующую операцию обработки. В обычном, “штатном”, режиме – это операция 5 (огранка).

Е. На операции 5 на полуфабрикат наносят разные плоские грани, что является важнейшей операцией, после которой и возникает бриллиант. На этой длительной операции происходят небольшие потери, причем нередко возникает необходимость повторить операцию “подшлифовка”. После огранки бриллиант направляется на операцию 6, где происходит его оценка.

Ж. На операции 6 (оценка) бриллианты тщательно сортируют по физико-техническим характеристикам, далее производится весовая и стоимостная оценка бриллиантов. Стоит отметить, что взвешивание бриллиантов (и алмазов) осуществляется на специальных весах в каратах (0,2 г) с точностью до третьего знака после запятой. При этом весовых потерь не происходит.

Маршруты движения алмазов и полуфабрикатов неоднозначны и зависят прежде всего от формы алмазов, наличия в них дефектов и их видов. Это и неудивительно, так как практически каждый кристалл алмаза обладает индивидуальностью. Недаром говорят, что каждый алмаз неповторим, а любые два кристалла отличаются между собой. Круглый бриллиант по форме существенно отличается от алмаза, он похож на тело вращения, обладает особой симметрией, пропорциями своих частей и геометрией граней (см. Приложение). Этим объясняется необходимость индивидуального подхода к обработке алмаза на производстве бриллиантов, что реализуется в разнообразных маршрутах обработки алмаза.

Например, маршруты могут иметь вид:

$$0 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6$$

(здесь сначала алмаз раскалывается, потом подшлифовывается, распиливается, снова подшлифовывается и т.д.);

$$0 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6$$

(здесь форма кристалла будет такой, что не потребует раскалывания).

Производство бриллиантов<sup>10</sup> построено так, что каждый кристалл алмаза обрабатывается независимо от других, маршрут его обработки контролируют технологи на каждой операции, куда он поступает с набором индивидуальных параметров (в частности, с указанием веса) и выходит

<sup>10</sup> Речь идет о переработке средних и более крупных алмазов, которые обрабатывают индивидуально, при тщательном контроле технологов, тогда как мелочь обрабатывается в общем потоке.

после операции с аналогичным набором параметров (но с новыми значениями) и указанием следующей операции. Для восстановления всего технологического маршрута обработки достаточно (как в динамическом программировании) сохранять при полуфабрикате на каждой последующей операции номер предыдущей и сопровождающий документ о наборе параметров.

#### 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ БРИЛЛИАНТОВ

Опишем математическую модель движения алмазов и алмазных полуфабрикатов в процессе массового производства бриллиантов. Эта модель была разработана нами на Московском заводе “Кристалл”, где внедрялись многие разработки ЦЭМИ и действовала система компьютерного мониторинга движения алмазов и полуфабрикатов при производстве бриллиантов. Указанная модель описывает взаимосвязь между характеристиками входа на любую из основных операций, где происходит “физическая обработка алмазов и возникающих алмазных полуфабрикатов”, и характеристиками выхода после завершения этой операции. Она, как будет показано ниже, позволяет вычислять весовые потери и КВГ.

Мы отмечали ранее, что после каждой операции технолог тщательно изучает полученные полуфабрикаты, он же определяет следующую операцию обработки. На всех операциях, кроме 0 и 6, происходит “физическая обработка алмазов и возникающих алмазных полуфабрикатов”, и как следствие – “потеря веса”, т.е. вес обрабатываемых полуфабрикатов уменьшается. Поэтому в модели можно ограничиться взаимосвязями только между основными операциями 1–5.

Не вдаваясь в разнообразные детали режимной схемы построения производства бриллиантов, упростим изложение этого процесса, опуская не нужные нам детали. Будем считать, что перед направлением полуфабрикатов на обработку их сначала сортируют в пакеты, на каждом таком пакете указывается номер следующей операции и фиксируются упомянутые выше параметры полуфабрикатов.

Заметим, что, поступая по указанию технолога на очередную операцию, полуфабрикат может временно на ней не обрабатываться, образуя так называемое “незавершенное производство”.

Далее описывается балансовая модель АБ-производства для фиксированного периода времени (неделя, месяц, квартал, год). В качестве исследуемого периода возьмем любой месяц, например май.

В начале исследуемого периода на складе имеется алмазное сырье, отсортированное по пакетам, в каждом из которых имеется несколько алмазов с полным набором их характеристик. На каждом пакете указан адрес  $i$  операции, на которую направляется сырье для переработки ( $i = 1, \dots, 5$ ).

Кроме того, на каждой операции  $i$  есть полуфабрикаты алмазов, которые пришли ранее для обработки на операции  $i$ , с наборами параметров и с указанием их общей суммарной массы  $D_i$  в каратах.

Поскольку на каждой из перечисленных операций алмаз или полуфабрикат подвергается переработке (распиливание, раскалывание, подшлифовка, обдирка, огранка), то его масса в процессе обработки неуклонно уменьшается, и после завершения полного цикла обработки из исходных кристаллов алмаза получают бриллианты. (Этот процесс напоминает работу скульптора, создающего из монолита скульптуру путем удаления из монолита ненужных с точки зрения достижения конечной цели частей.)

Все это позволяет сформировать за весь исследуемый промежуток времени для каждой операции  $i$  цикла обработки **балансовое соотношение** между входом на операцию  $i$  и выходом из нее. Это балансовое соотношение будет характеризовать **изменение** масс (веса) полуфабрикатов при переработке на каждой операции.

Для упрощения текста и формулировок введем ряд удобных сокращений. На операцию могут поступать как еще необработанные алмазы, так и возникшие из них после операций алмазные полуфабрикаты. Вместо этого будем для краткости писать “алмазы”. Как синонимы будем употреблять словосочетания “масса алмазов” и “вес алмазов”. Словосочетание “вес алмазов после операции  $i$ ” означает вес алмазов, взвешенных после их обработки на операции  $i$ . Аналогично

словосочетание “вес алмазов, направленных после операции  $i$  на операцию  $j$  в мае” означает вес алмазов, **взвешенных** после операции  $i$  и сразу после этой операции **направленных** в мае **для обработки** на операцию  $j$ . При этом некоторые из них в мае на операции  $j$  могут и не обрабатываться и образуют так называемое незавершенное производство на операции  $j$ .

Введем ряд обозначений:  $Y_{ij}$  – вес алмазов, направленных после операции  $i$  на операцию  $j$  в мае;  $W_{ij}$  – вес алмазов, обработанных в мае сначала на операции  $i$  и сразу после этого на операции  $j$  (т.е. вес алмазов после обработки на операции  $j$  с кодом предыдущей операции  $i$ );  $D_i$  – вес алмазов, находящихся в начале мая на операции  $i$ , но не обработанных на ней (начальное незавершенное производство на операции  $i$ );  $\Delta_i$  – изменение величины  $D_i$  за май (т.е. в начале мая было какое-то незавершенное производство  $D_i$ , а в конце мая величина  $D_i$  могла либо увеличиться, либо уменьшиться);  $D_i + \Delta_i \geq 0$  – новое значение незавершенного производства, причем  $\Delta_i$  может иметь любой знак.

Положим  $S_i = \sum_{j=1}^5 Y_{i,j}$ , где  $i = 0, \dots, 5$ . Здесь  $S_0$  – суммарный вес алмазов, направленных со склада после операции 0 (сортировки алмазов) в мае для обработки на последующие операции;  $Y_{0j}$  – вес алмазов, направленных со склада (после операции 0) в мае на операцию  $j$ , а  $S_i$  – суммарный вес алмазов, обработанных в мае на операции  $i$  и направленных для дальнейшей обработки на последующие операции.

Теперь можно написать основное балансовое соотношение для изучаемого промежутка времени (для мая) для операции  $j$ <sup>11</sup>:

$$\sum_{i=0}^5 W_{ij} = \sum_{l=1}^5 Y_{jl} + \Delta_j, \quad j = 1, \dots, 5. \quad (1)$$

Ниже мы преобразуем эти соотношения, введя параметры, формализующие взаимосвязи между весовыми характеристиками алмазов и полуфабрикатов на соседних операциях. Положим  $k_{ij} = W_{ij}/Y_{ij}$  – среднестатистический коэффициент выхода, годного для алмазов, обработанных в мае на операции  $j$  с кодом предыдущей операции  $i$  (т.е. сначала на операции  $i$ , а потом сразу на  $j$ ). Он вычисляется по фактическим данным с операционных нарядов-ведомостей;  $\omega_{ij} = Y_{ij}/S_i$  – доля массы алмазов, поступивших после операции  $i$  на операцию  $j$  в мае в суммарном весе  $S_i$  алмазов, направленных после операции  $i$  на дальнейшие операции для обработки<sup>12</sup>. Очевидно, что

$$W_{ij} = k_{ij} Y_{ij}, \quad i = 0, \dots, 5; j = 1, \dots, 5; \quad (2)$$

$$Y_{ij} = \omega_{ij} S_i, \quad i = 0, \dots, 5; j = 1, \dots, 5. \quad (3)$$

Используя (2) и (3), перепишем соотношение (1):

$$\sum_{i=0}^5 k_{ij} \omega_{ij} S_i = S_j + \Delta_j, \quad j = 1, \dots, 5. \quad (4)$$

Для дальнейшего анализа представим систему (4) в виде

$$S_j - \sum_{i=1}^5 k_{ij} \omega_{ij} S_i = -\Delta_j + k_{0j} \omega_{0j} S_0, \quad j = 1, \dots, 5. \quad (5)$$

Заметим, что если ввести обозначение  $a_{ij} = k_{ij} \omega_{ij}$ ,  $i = 0, \dots, 5; j = 1, \dots, 5$ , то система уравнений (5) примет следующий вид:

$$S_j - \sum_{i=1}^5 a_{ij} S_i = -\Delta_j + a_{0j} S_0, \quad j = 1, \dots, 5. \quad (6)$$

Здесь уместно сделать два важных замечания для дальнейшего анализа.

<sup>11</sup> Оно описывает (формализует) вход на операцию  $j$  (с учетом предыдущей операции) плюс обработка на операции  $j$  и направление обработанных алмазов на непосредственные следующие операции, а также изменение при этом  $j$ -незавершенного производства.

<sup>12</sup> Параметры  $k_{ij}$ ,  $\omega_{ij}$  вычисляются по накопленным данным в конце мая. Подробнее об этом см. в разд. 8.

**Замечание 1.** Можно считать, что при каждом  $j$  ( $j = 1, \dots, 5$ ) правая часть в (6) положительна, т.е.  $-\Delta_j + a_{0j}s_0 = -\Delta_j + k_{0j}Y_{0j} > 0$ . Это объясняется рядом обстоятельств. Во-первых, величина начального незавершенного производства  $D_j$  и ее изменение  $\Delta_j$  являются регулируемыми величинами и их основное назначение – регулировать ритмичность процесса обработки алмазов после операции  $j$ . Поэтому в течение исследуемого периода (май) их всегда можно сделать достаточно небольшими по абсолютной величине, и в частности такими, чтобы величина  $|\Delta_j|$  была существенно меньше строго положительной величины  $a_{0j}s_0$  или, что то же самое, величины  $k_{0j}Y_{0j}$ . Более того, начальное  $j$ -незавершенное производство можно считать достаточно малой величиной, поскольку ее уменьшение можно компенсировать соответствующим увеличением величины  $Y_{0j}$ .

**Замечание 2.** Очевидно, что при  $i, j = 1, \dots, 5$  величина  $0 \leq k_{ij}\omega_{ij} < 1$  как произведение двух сомножителей, каждый из которых неотрицателен и меньше 1 в соответствии с его содержательным смыслом. Более того, известно, что для каждой пары  $(i, j)$ , где  $i, j = 1, \dots, 5$ , коэффициент  $k_{ij} < 0,96$ ; причем на некоторых операциях обработки алмазов он достигает величины порядка 0,3–0,5. Этот феномен характерен для производства бриллиантов и свидетельствует о том, что на каждой операции в процессе обработки происходит монотонное уменьшение массы (веса) алмаза или полуфабриката. Это и неудивительно, поскольку форма исходного природного алмаза существенно отличается от получаемых из него бриллиантов, обладающих совершенством формы, специфической геометрией плоских граней и строго заданными углами их наклона, а также пропорциями между различными параметрами частей бриллианта.

Используя этот факт и обозначая  $q = (\max_i k_{ij})$ , , получаем для каждого столбца  $j$ :

$$\left| \sum_{i=1}^5 k_{ij}\omega_{ij} \right| = \sum_{i=1}^5 k_{ij}\omega_{ij} < \sum_{i=1}^5 (\max_i k_{ij})\omega_{ij} \leq \sum_{i=1}^5 q\omega_{ij} \leq q \sum_{i=1}^5 \omega_{ij} \leq q \times 1 = q < 1. \quad (7)$$

Это соотношение будет играть важную роль в дальнейшем анализе.

## 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ

Рассмотрим отображение  $y = xA$  пространства  $R^n$  в себя, задаваемое системой линейных уравнений:

$$y_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i + b_j, \quad j = 1, \dots, n. \quad (8)$$

Определим в  $R^n$  расстояние  $\rho(x, y)$  между точками  $x$  и  $y$  следующим образом:

$$\rho(x, y) = \max_{1 \leq i \leq n} |x_i - y_i|, \quad i = 1, \dots, n.$$

Нетрудно убедиться, что пространство  $R^n$  с так определенным расстоянием является полным метрическим пространством.

Покажем, что при

$$\sum_{i=1}^n |a_{ij}| \leq q < 1 \quad (9)$$

отображение (8) в пространстве  $(R^n, \rho)$  – сжимающее (сжатое). Действительно,

$$\begin{aligned} \rho(y^1, y^2) &= \max_j \left| \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i^1 + b_j - \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i^2 - b_j \right| = \\ &= \max_j \left| \sum_{i=1}^n a_{ij}(x_i^1 - x_i^2) \right| \leq \max_j \sum_{i=1}^n |a_{ij}| |x_i^1 - x_i^2| \leq \\ &\leq \max_j \sum_{i=1}^n |a_{ij}| \max_i |x_i^1 - x_i^2| = \rho(x^1, x^2) \max_j \sum_{i=1}^n |a_{ij}|. \end{aligned} \quad (10)$$



Из (10) следует, что если выполняется (9), то для любых двух точек  $x^1, x^2 \in R^n$

$$\rho(x^1 A, x^2 A) = \rho(y^1, y^2) \leq q \rho(x^1, x^2), \quad 0 < q < 1. \quad (11)$$

Известно, что каждое сжимающее отображение в полном метрическом пространстве имеет одну и только одну неподвижную точку, т.е. существует единственная точка  $x = (x_1, \dots, x_n)$  такая, что

$$x_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i + b_j, \quad j = 1, \dots, n. \quad (12)$$

Это означает, что  $|E - A| \neq 0$ , т.е. определитель системы (12) не равен 0, и система (12) имеет решение<sup>13</sup>. Нетрудно убедиться, что эта система уравнений с точностью до обозначений совпадает с системой (6), описывающей (моделирующей) вход и выход в производстве бриллиантов и позволяющей вычислять и анализировать различные взаимосвязи между параметрами, характеризующими производство бриллиантов за фиксированный период времени. Однако, говоря о математическом соответствии систем (12) и (6), важно не забывать, что содержательный смысл системы (6) требует, чтобы решение системы (12) было неотрицательным. В связи с этим возникает вопрос о нахождении условий, гарантирующих неотрицательность решения системы (12).

## 6. ВЫЧИСЛЕНИЕ КВГ, СВОЙСТВА МАТРИЦЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Известно, что  $0 \leq k_{ij} \omega_{ij} < 1$  для каждой пары индексов  $i, j$  ( $i, j = 1, \dots, 5$ ) в силу содержательного смысла каждого из сомножителей  $k_{ij}$  и  $\omega_{ij}$  (см. замечание 2). Полезно отметить, что при обработке достаточно большого массива исходного сырья алмазы проходят через все операции и нередко – не по одному разу. Очевидно, что большинство элементов матрицы  $A$  отлично от 0. Интуитивно это ясно, так как форма кристалла природного алмаза кардинально отличается от получаемых из него бриллиантов, ведь каждый кристалл алмаза неповторим, имеет свою специфику, геометрию (см. Приложение). И поэтому при обработке большого массива исходных алмазов используется каждая из 5 основных операций, причем все операции выполняют особую функцию. Далее применим построенную модель и систему соотношений (6) для вычисления КВГ, для чего следует обеспечить неотрицательность решения системы (6). В связи с этим введем вспомогательные инструментальные ненулевые элементы матрицы  $A$ , используя содержательный смысл параметров  $S_j, k_{ij}, \omega_{ij}$  ( $a_{ij} = k_{ij} \omega_{ij}$ ). Если  $a_{ij} = 0$ , это означает, что в рассматриваемый период через пару соседних операций ( $i, j$ ) не прошел ни один полуфабрикат. Поскольку за месяц проходят обработку сотни тысяч алмазов, то это весьма редкое явление. Учитывая этот факт, положим для такой пары индексов ( $i, j$ ) величину  $W_{ij} = 0,1$  карата. Очевидно, что после такой чисто технической процедуры величина коэффициента  $\omega_{ij}$  практически остается той же в силу его формального определения<sup>14</sup> и содержательного смысла (его изменение, скорее всего, можно обнаружить в четвертом знаке после запятой). Величину  $k_{ij}$  для той же пары индексов можно положить равной средней по аналогичным коэффициентам строки  $i$ . Заметим, что при этом свойство (7) сохраняется. Более того, система уравнений (12), тесно связанная с системой (6), имеет единственное решение. В силу сказанного становится понятным, почему такие элементы мы назвали инструментальными.

Скорректированная таким образом матрица  $A$  является строго положительной, и в силу этого ее нельзя одновременной перестановкой строк и столбцов превратить в такую матрицу, где в левом или правом углу будет стоять нулевая квадратная подматрица меньшего размера. А это означает, что матрица  $A$  неразложима по терминологии линейных моделей (Гейл, 1963; Ашманов, 1984).

<sup>13</sup> Отметим, что если выполняется (9), то система (12) всегда имеет единственное решение, независимо от знаков элементов  $a_{ij}$ .

<sup>14</sup> Напомним, что  $\omega_{ij}$  – доля массы алмазов, поступивших после операции  $i$  на операцию  $j$  в мае, в суммарном весе  $S_i$  алмазов, направленных после операции  $i$  на все дальнейшие операции для обработки. А производство бриллиантов построено так, что через любую операцию  $i$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) проходят практически все обрабатываемые алмазы, т.е.  $S_i$  измеряется многими тысячами карат. Вес алмаза измеряется в каратах с точностью до третьего знака после запятой. Поэтому можно считать, что изменение  $\omega_{ij}$  произойдет после третьего знака после запятой.

## 7. ПРОДУКТИВНЫЕ МАТРИЦЫ И УСЛОВИЯ НЕОТРИЦАТЕЛЬНОСТИ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ (12) И (6)

Рассмотрим неотрицательную квадратную  $n \times n$ -матрицу  $A = (a_{ij})$  и систему уравнений

$$x - xA = c, \quad x \geq 0. \quad (13)$$

Неотрицательную матрицу  $A$  называют *продуктивной*, если для любого вектора система уравнений (13) имеет неотрицательное решение (Ашманов, 1984).

Известен следующий достаточный признак продуктивности матрицы (Ашманов, 1984, с. 40). Если  $n \times n$ -матрица  $A$ : 1) неотрицательна и неразложима, 2) сумма элементов каждой строки матрицы не больше 1 и хотя бы для одной строки строго меньше 1, то матрица  $A$  является продуктивной<sup>15</sup>.

Подведем некоторые итоги. Мы уже знаем, что  $5 \times 5$ -матрица  $A$  с элементами  $a_{ij} = k_{ij}\omega_{ij}$  положительна и (как показано выше) неразложима. В силу (7) свойство 2 из достаточного условия продуктивности матрицы  $A$  выполнено. Следовательно, для любой неотрицательной правой части системы уравнений (6) эта система имеет неотрицательное решение<sup>16</sup>. В частности, это верно и для правой части вида  $\Delta_j + a_{0j}S_0$ , которая положительна в силу замечания 1.

## 8. ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА ПОСТРОЕННОЙ МОДЕЛИ

Система (6) моделирует взаимосвязи между показателями (характеристиками) процесса производства бриллиантов за анализируемый период времени. Более того, эта модель адекватно отражает сложившуюся технологию производства и ее ключевые элементы. Так, показатели  $k_{ij}$ ,  $\omega_{ij}$  являются объективными среднестатистическими характеристиками технологического процесса производства бриллиантов в исследуемый период времени и исчисляются по документам, которые ведут на производстве при обработке алмазов и полуфабрикатов на каждой операции производственного цикла. Найденные в результате обработки достаточно больших массивов алмазов, эти показатели обладают устойчивостью, если сохраняется структура обрабатываемого сырья. При этом предполагается, что технология производства и ее основные элементы (например, технология сортировки алмазов и квалификация технологов) не меняются в исследуемом периоде. Упомянутая устойчивость параметров неудивительна, поскольку в основе формирования этих параметров лежат такие тысячекратно повторяемые элементарные процедуры, как:

- взвешивание алмаза после каждой операции на электронных весах и фиксация его веса с точностью до третьего знака после запятой;
- изучение после любой операции каждого алмаза и фиксация непосредственно следующей операции, куда он направляется для обработки;
- фиксация этих результатов в документах, которые сопровождают процесс обработки алмазов вплоть до получения бриллиантов;
- сохранение первичной информации обо всех характеристиках для каждой пары соседних операций и их накопление в компьютерной базе данных (БД) за весь исследуемый период;
- вычисление указанных параметров  $k_{ij}$  и  $\omega_{ij}$  по компьютерным программам на основе информации, накопленной в БД по формулам, характеризующим естественный смысл этих параметров.

Параметры  $\omega_{ij}$  позволяют исчислить относительные величины и направления движения потоков алмазных полуфабрикатов для соседних операций. Значения  $k_{ji}$  описывают потери алмазного сырья при прохождении обработанных алмазов через пару соседних операций  $(i, j)$ , а величины

<sup>15</sup> В приведенной теореме свойство 2 формулируется для строк матрицы  $A$ , в нашем случае она используется для ее столбцов. Это различие несущественно, поскольку, введя новые обозначения в модели вида  $\bar{a}_{ji} = a_{ij}$ ,  $\bar{k}_{ji} = k_{ij}$ ,  $\bar{\omega}_{ji} = \omega_{ij}$ , мы получим, что  $\sum_{i=1}^n |\bar{a}_{ij}| = \sum_{i=1}^n |\bar{a}_{ij}| \leq q < 1$ , т.е. (9) переформулировано для строк матрицы  $\bar{A} = (\bar{a}_{ji})$ .

<sup>16</sup> Заметим, что такой же результат о неотрицательности решения системы (6) можно получить по теореме Фробениуса–Перрона о неотрицательных матрицах, не прибегая к аппарату продуктивных матриц.

$\Delta_j$  – уровень ритмичности процесса производства и формируются по фактическим начальным и конечным данным процесса производства.

Если исследуемый период времени достаточно протяженный и на нем обрабатываются достаточно крупные и представительные массивы алмазного сырья, то указанные выше среднестатистические показатели и другие параметры модели будут измерены адекватно, а данная модель станет существенным инструментом, который поможет исследовать разнообразные вопросы, формулируемые в рамках ее показателей.

Все это позволяет утверждать, что полученная в результате накопления фактических данных (о процессе переработки алмазов в бриллианты в течение длительного периода) система показателей  $k_{ij}$  и  $\omega_{ij}$ , порождающая  $5 \times 5$ -матрицу  $A$ , где  $a_{ij} = k_{ij}\omega_{ij}$ , а также величины  $a_{0j}$ ,  $k_{0j}\omega_{0j}$ , где  $j = 0, \dots, 5$ , являются основательной БД предложенной модели<sup>17</sup>.

Система уравнений модели выглядит следующим образом:

$$x_j - \sum_{i=1}^5 a_{ij}x_i = b_j, \quad j = 1, \dots, 5, \quad (14)$$

где  $x_j$  соответствует величине  $S_j$ , а  $b_j = -\Delta_j + a_{0j}S_0$ . Нетрудно увидеть, что здесь имеется 5 уравнений, 5 неизвестных и 6 параметров ( $\Delta_j, j = 1, \dots, 5$  и  $S_0$ ), что в совокупности полностью описывает модель. Очевидно, задав эти параметры, можно однозначно (в силу сказанного выше) найти неотрицательные значения переменных  $x_i$ .

Покажем, как с помощью модели исчислить коэффициент выхода годного (КВГ), о котором говорилось в п. 2. Он определяется как отношение суммарной массы бриллиантов к массе алмазного сырья, затраченного на их изготовление. Эта величина обычно выражается в процентах. Во избежание громоздких рассуждений будем считать, что процесс производства происходил достаточно ритмично, и начальные и конечные размеры незавершенного производства остались неизменными, т.е.  $\Delta_j = 0, j = 1, \dots, 5$ . Это означает, что все алмазное сырье расходуется на выпуск готовой продукции. Вес готовой продукции (бриллиантов) составляет значение показателя  $x_5(S_5)$  – суммарного веса ограненных бриллиантов. Масса затраченного на них алмазного сырья –  $S_0$ . Если мы знаем значение  $S_0$  – массы запущенного в производство сырья в начале исследуемого периода, коэффициенты  $k_{ij}$  и  $\omega_{ij}$ , вычисленные по первичным документам за исследуемый период (т.е. для исследуемого периода мы знаем матрицу  $A$  и правую часть системы (14)), то, решив систему (6), найдем ее единственное решение, в частности положительное значение  $x_5$  (поскольку  $a_{0,5}S_0 > 0$ ). Тогда  $\text{КВГ} = (x_5/S_0) \times 100\%$ .

В принципе построенную модель можно использовать для решения других задач. Например, если мы хотим узнать, сколько надо запустить в производство алмазов, чтобы выйти на заранее заданную величину конечной массы  $M$  полученных бриллиантов, то надо соответственно положить  $x_5 = M$  и в рамках модели (14) найти неизвестное  $S_0$ . Разумеется, в этом случае считаем, что структура обрабатываемых алмазов остается той же, при которой формировалась БД модели.

## 9. ВЫВОДЫ

Проведенные расчеты КВГ при массовом производстве круглых бриллиантов на Московском заводе “Кристалл” из различных типов алмазов (в рамках сложившейся технологии производства) показали, что значение КВГ никогда не превышало 45%, и даже для алмазов с хорошей геометрией формы, как правило, находилось на уровне 35–40%. Предложенные нами методы оптимального использования октаэдрических алмазов для производства из каждого кристалла алмаза бриллиантов максимальной стоимости нередко обнаруживали ситуации, когда надо было сознательно уменьшить КВГ для повышения суммарной стоимости получаемых из кристалла алмаза круглых бриллиантов.

<sup>17</sup> Заметим, что для построения БД модели крупномасштабного производства, каким был Московский завод “Кристалл”, достаточно накопить соответствующие показатели за 2 недели, а потом использовать модель для расчетов в рамках более длительного периода, например месяца, или более.

Становится ясно, что потенциальные резервы повышения эффективности использования природных алмазов на производстве круглых бриллиантов связаны с совершенствованием сложившихся технологий их производства.

Здесь можно указать на ряд направлений для совершенствования технологии. Даже в рамках сложившейся технологии производства существуют ограничения, преодоление которых может дать эффект. Речь идет о том, что в кристалле есть мягкие и жесткие направления обработки, причем жесткие связаны не только со снижением производительности при обработке алмазов, но и с возможностью разрушения кристалла при обработке. Мягкие – направления обработки, где отклонение от кристаллографической оси четвертого порядка не превышает угла в 13 градусов (Фридман, Бабат, 2005). Именно в этом диапазоне при существующей технологии производства выбирается положение “оси вращения” будущего круглого бриллианта. Расширение этого диапазона<sup>18</sup> может дать эффект, если будут разработаны надежные методы обработки алмазов в жестких направлениях.

Революция же в повышении КВГ может произойти, если будут созданы методы обработки (производства бриллиантов), при которых то, что сегодня идет в отходы, может стать источником производства новых бриллиантов. Некоторое время назад проводились работы, которые носили условное название “термохимия”, – где предполагалось, что кристалл природного алмаза будет подвергаться такому воздействию, когда из алмаза можно будет “вырезать” круглый бриллиант при сохранении целостности оставшейся части кристалла (или его значительной части). Пока на этом пути крупных сдвигов не достигнуто. Другое “полуфантастическое” направление связано с возможностью повторного превращения “алмазных отходов” в натуральный кристалл с использованием таких “первичных факторов образования природных алмазов”, как высокие температура и давление, при которых алмазы когда-то образовывались в природе. Такой путь используется уже сейчас при создании синтетических алмазов. Здесь речь идет о возможности повторного использования частей природных алмазов для создания из них более крупных алмазов естественного формата. При этом предполагается, что затраты на реализацию проекта должны окупаться за счет создания соответствующего продукта с высокой стоимостью.

Сейчас происходит быстрое истощение известных крупных алмазных месторождений (действующие известные крупные месторождения находятся в весьма преклонном возрасте), и долгое время (более 25 лет) не было открыто ни одного крупного месторождения алмазов. При этом небольшие новые или имеющиеся месторождения не в состоянии компенсировать истощения запасов крупных месторождений. Вместе с тем спрос на ювелирные природные алмазы растет и будет расти (в частности в силу перспектив развития алмазо-бриллиантового рынка в Китае и Индии). Поэтому проблема повышения эффективности использования природных алмазов становится исключительно важной. Достаточно заметить, что повышение КВГ означает возможность производства (без дополнительных затрат алмазов!) новых бриллиантов и ювелирных изделий из них, что позволит удовлетворить спрос, не увеличивая добычу природных алмазов. Революция в технологии производства бриллиантов, позволяющая существенно повысить КВГ, является фактическим эквивалентом открытия новых крупных месторождений алмазов, о необходимости которых говорят в последнее время ученые, аналитики и руководители крупнейших алмазодобывающих компаний.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

**1. Октаэдрические многогранники (алмазы октаэдрической формы).** Если в многограннике, изображенном на рис. 2, сдвинуть параллельно самой себе плоскость, содержащую грань  $AED$ , направляя ее движение вовне многогранника, т.е. в направлении внешней нормали к  $AED$  (сдвигаемая плоскость переходит в плоскость, содержащую грань  $A'E'D'$  нового многогранника), то мы получим многогранник  $A'E'D' AEDBFC$ , изображенный на рис. 3.

**Замечание.** В новом многограннике  $A'E'D' AEDBFC$ , помимо вершин исходного многогранника, появятся 3 новых вершины  $A'E'D'$ , в которых:

<sup>18</sup> Об этом говорят вычислительные эксперименты, теория и практика оптимальной обработки алмаза в рамках существующей технологии производства, показывающие, что оптимум, как правило, достигается на границе мягких направлений (Фридман, Бабат, 2005).

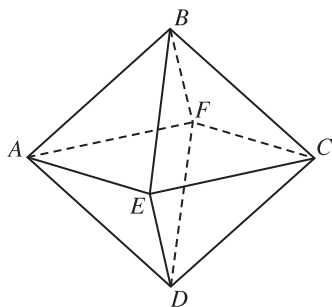


Рис. 2. Правильный (идеальный) октаэдрический многогранник  $AEDBFC$

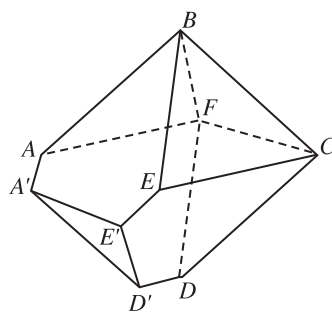


Рис. 3. Октаэдрический многогранник  $A'E'D'AEDBFC$

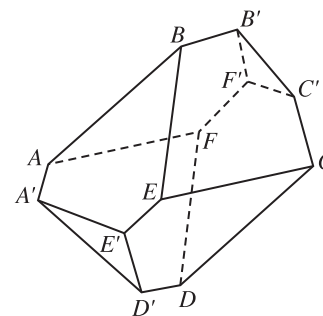


Рис. 4. Октаэдрический многогранник  $A'E'D'AEDBFCB'F'C'$

а) ребро  $AA'$  будет частью прямой, являющейся пересечением плоскостей, содержащих грани  $AFD$  и  $ABE$  многогранника  $AEDBFC$  (грани  $AFD$  и  $ABE$  многогранника  $AEDBFC$  расширятся при этом до граней  $A'AFDD'$  и  $A'ABEE'$  многогранника  $A'E'D'AEDBFC$ );

б) ребро  $EE'$  будет частью прямой, являющейся пересечением плоскостей, содержащих грани  $ABE$  и  $CDE$  многогранника  $AEDBFC$  (грани  $ABE$  и  $CDE$  многогранника  $AEDBFC$  расширятся при этом до граней  $A'ABEE'$  и  $E'ECDD'$  многогранника  $A'E'D'AEDBFC$ );

в) ребро  $DD'$  будет частью прямой, являющейся пересечением плоскостей, содержащих грани  $ECD$  и  $AFD$  многогранника  $AEDBFC$  (грани  $ECD$  и  $AFD$  многогранника  $AEDBFC$  расширятся при этом до граней  $E'ECDD'$  и  $A'AFDD'$  многогранника  $A'E'D'AEDBFC$ );

Если в многограннике  $A'E'D'AEDBFC$  (см. рис. 3) сдвинуть параллельно самой себе плоскость, содержащую грань  $BFC$ , снова двигаясь вовне многогранника, т.е. в направлении внешней нормали грани  $BFC$  (сдвигаемая плоскость переходит в плоскость грани нового многогранника), то получим октаэдрический многогранник  $A'E'D'AEDBFCB'F'C'$ , изображенный на рис. 4.

Изображенные на рис. 3 и 4 октаэдрические многогранники – реальные и далеко не самые сложные кристаллы алмаза октаэдрического типа.

**2. Круглый бриллиант и его геометрия.** Для более детального представления геометрии круглого бриллианта (КБ) приведем проекции КБ (рис. 5).

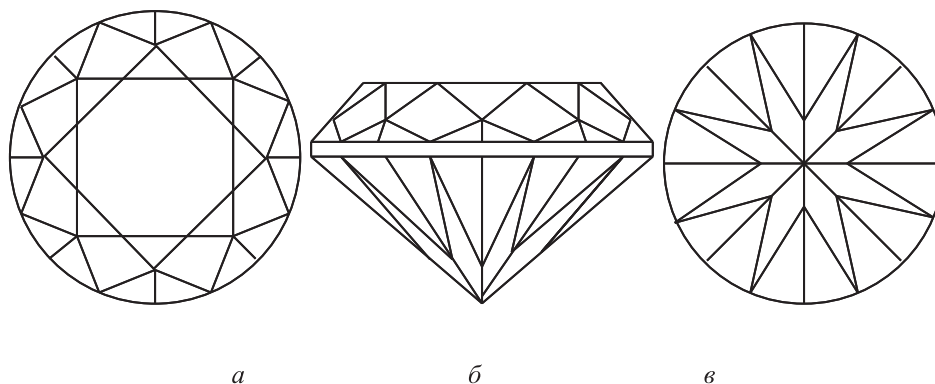


Рис. 5. Вид круглого бриллианта: а) сверху; б) сбоку; в) снизу

Отметим, что при изготовлении круглого бриллианта следует строго соблюдать ряд пропорций и параметров, выработанных практикой. Они касаются величин наклона разных граней, размеров частей бриллианта, в частности толщин верхней, средней и нижней частей относительно диаметра рундиста (средней части бриллианта в виде цилиндрического пояса), который выделен на рис. 5б и разделяет верх и низ бриллианта.

Приведенные здесь изображения октаэдрических многогранников (даже без учета наличия, формы и расположения в них дефектов) и круглого бриллианта дают представления о геометрической сложности и индивидуальных особенностях таких объектов. Все это в комплексе объясняет многообразие маршрутов обработки алмазов и их длины (за счет возможности возврата назад на некоторые операции), необходимых для получения в результате обработки уникального конечного продукта – бриллианта, удовлетворяющего всем требованиям к его геометрическим параметрам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ашманов С.А.** (1984): Введение в математическую экономику. М.: Наука.
- Гейл Д.** (1963): Теория линейных экономических моделей М.: ИЛ.
- Бабат Л., Фридман А.** (2008): Параллельные вложения октаэдрических многогранников // *Дискретная математика*. Т. 20. Вып. 2.
- Пенни Г.** (2010): [Электронный ресурс] Дайджест СМИ 28.04.2010 (R&P). Режим доступа: <http://www.rough-polished.com>, свободный. Яз. рус. (дата обращения: декабрь 2010 г.).
- Похиленко Н.П.** (2007): В ближайшие пять лет мировая добыча алмазов упадет на 25% [Электронный ресурс] Интервью. 25.07.2007. Режим доступа: <http://www.rough-polished.com>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: декабрь 2010 г.).
- Фридман А.** (2009): Мировой алмазный рынок и Россия. М.: ЦЭМИ.
- Фридман А., Бабат Л.** (2005): Оптимальное вложение бриллианта в алмаз и стоимостная оценка алмаза. Препринт WP/2005/189. М.: ЦЭМИ РАН.
- Черепанова М.** (2010): Бриллиантовый бренд // *Эксперт*. № 16–17 (702).
- Even-Zohar Ch.** (2010): Summaries the Last Decade in the World Diamond Industry [Электронный ресурс] Newsletter № 61. February. Режим доступа: <http://www.israelidaimond.co.il>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: декабрь 2010 г.).
- Jance A.J.A. (Bram)** (2007): Global Rough Diamond Production Since 1870 // *Gems&Gemology*. Vol. 43 (2). Summer.
- U.S. Geological Survey Minerals Yearbook (2000–2008): Washington: US Department of the Interior.

Поступила в редакцию  
06.12.2010 г.

## The Problem of Efficient Usage of Rough Diamonds: Modern Context

**A.A. Fridman**

The world amount of raw diamond mining is falling and no new sources discovered, while the demand for the raw diamonds is growing. These factors make the issue of efficient use of raw diamonds extremely important. The Input-Output model is constructed for the production of diamonds with unique system of raw diamond processing. The model allows calculating the weight loss of the raw diamonds (taking into account the high unit cost and rarity) in the process of production. The properties of the model are investigated; the existence, uniqueness and non-negativity of its solution proved. Since “production wastes” exceed 50% of the initial raw diamond weight, new processing technologies are required.

**Keywords:** raw diamond, diamond, model, solution, efficiency of production.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

АСИМПТОТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ  
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОСРОЧНОЙ  
ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ

© 2011 г. А.А. Акаев, В.Н. Соколов, Б.А. Акаева, А.И. Сарыгулов

(Москва, Санкт-Петербург)

Рассматриваются вопросы влияния демографической динамики и технологического развития на темпы экономического роста. Предлагается модель прогноза долгосрочной экономической динамики, учитывающая режим демографического роста с возвратом.

**Ключевые слова:** асимптотические модели, демографическая динамика, долгосрочный экономический рост, демографический рост с возвратом.

В основе всех современных моделей экономического роста лежит неоклассическая модель роста, предложенная нобелевским лауреатом по экономике Робертом Солоу (Solow, 1956, р. 65–94):

$$Y(t) = A(t)K^\alpha(t)L^{1-\alpha}(t), \quad (1)$$

где  $Y(t)$  – текущий объем выпуска национальной продукции (ВВП);  $K(t)$  – текущий объем физического капитала;  $L(t)$  – численность занятых в экономике (труд);  $A(t)$  – уровень развития инновационных технологий (технический прогресс).

Благодаря производственным инвестициям  $I(t)$  накопление физического капитала происходит одновременно с выбытием действующего капитала с нормой  $\mu_K$  и описывается уравнением накопления капитала (Столерю, 1974, с. 376):

$$\frac{dK}{dt} = I^K - \mu_K K = s_K Y - \mu_K K, \quad (2)$$

где  $s_K$  – норма накопления сбережений.

Р. Солоу при анализе экономического роста на основе разработанной им модели (1)–(2) исходил из постоянного темпа роста населения (рабочей силы), т.е. экспоненциального роста населения:

$$\frac{dL}{Ldt} = n = \text{const}, \quad L = L_0 e^{nt}. \quad (3)$$

Данное предположение было справедливым с высокой точностью для всей индустриальной эпохи вплоть до 1980-х годов, когда имел место гиперболический рост населения мира (Капица, 2008). Однако после этого темпы роста населения мира и отдельных стран стали существенно меняться, причем по различным сценариям. Поэтому современные модели прогнозирования долгосрочного экономического роста должны базироваться на новых моделях расчета демографической динамики, с учетом возможных сценариев демографического развития.

Ключевую роль в модели роста Солоу (1) играет фактор технического прогресса  $A(t)$ , который по существу представляет собой совокупную факторную производительность. Лауреат Нобелевской премии Ян Тинберген в своих расчетах по прогнозированию экономического роста в различных странах широко использовал производственную функцию вида (Тинберген, Бос, 1967):

$$Y = ae^{nt} K^\alpha L^{1-\alpha}, \quad a = \text{const}, \quad (4)$$

где  $\gamma$  – темп технического прогресса. Таким образом, Я. Тинберген предполагал, что технический прогресс развивается с постоянным темпом роста, что также с высокой точностью было справедливо для большей части XX столетия. Но уже с конца прошлого века стало наблюдаться заметное замедление темпов технического прогресса и углубление его циклических колебаний, что было показано в совместной работе Дж. Силверберга и Б. Верспагена (Silverberg, Verspagen, 2003, р. 689) и иллюстрируется графиком, представленным на рис. 1.

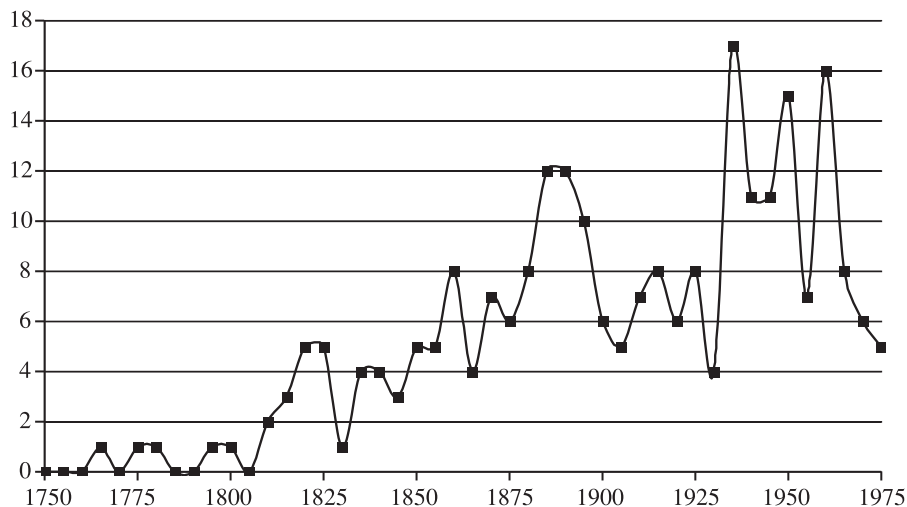


Рис. 1. Темпы технологического роста 1750–1975 гг.: число базовых инноваций за пятилетие

Из рассмотрения графика видно, что темпы технического прогресса, достигнув максимума в период с 1930 по 1960-е годы, затем пошли на спад, который продолжается и в настоящее время. Есть все основания утверждать, что эта тенденция сохранится, по крайней мере, до 2050 г., т.е. до окончания 6-го Кондратьевского цикла (2015–2050 гг.).

Позже было установлено, что технологический рост описывается уравнением Кузнеця–Кремера (Kremer, 1993):

$$\frac{dA}{Adt} = bN, \quad (5)$$

где  $N$  – численность населения,  $b$  – постоянный коэффициент. Эмпирическая проверка данного уравнения, проведенная в работе (Коротаев, Малков, Халтурина, 2007), полностью подтвердила его справедливость для эпохи гиперболического роста. Из уравнения технологического роста (5) следует, что предположение Я. Тинбергена о постоянстве темпов технологического роста могло быть принято лишь в краткосрочном плане, поскольку  $N$  менялось по гиперболическому закону. Однако Ч. Джонс недавно показал, что в современных условиях уравнение Кузнеця–Кремера (5) также не работает для большинства развитых и динамично развивающихся экономик (Jones, 1995).

В практических моделях средне- и долгосрочного экономического роста, широко использовавшихся в 1960–1980-х годах в развитых странах, допущения о постоянстве темпов роста численности рабочих (3) и технического прогресса (4) принимались почти как аксиома. В качестве примера можно привести модель экономического роста для Франции, всесторонний анализ которой дан в ставшей классической книге Л. Столерю (Столерю, 1974). Между тем указанные допущения, которые не могут быть приняты в современную эпоху, все еще встречаются в большинстве современных руководств по макроэкономической динамике последних лет (Шараев, 2006), (Прасолов, 2008).

В настоящей работе нами предлагаются асимптотические модели, учитывающие смену парадигмы как в демографическом развитии, так и технологическом росте, которые уже делают неприемлемыми допущение Р. Солоу о постоянстве темпов роста населения и допущение Я. Тинбергена о постоянстве темпов технического прогресса. Они названы асимптотическими, поскольку дают асимптотическое приближение решения задачи.



## 1. АСИМПТОТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ

В 1960 г. Х. фон Ферстер, П. Мора и Л. Амиот (Foerster, Mora, Amiot, 1960) провели статистическую оценку демографических данных на протяжении всего времени существования человечества и обнаружили, что кривая роста численности населения Земли прекрасно аппроксимируется гиперболической кривой:

$$N = C/(T_p - T), \quad (6)$$

где  $C = 200 \times 10^9$ ,  $T_p = 2026$  г.

Гиперболический рост (6) продолжался до 1962 г., когда реальная динамика численности населения Земли стала отходить от гиперболической кривой с уменьшением темпов роста населения. В 1962–1963 гг. наблюдалось максимальное за всю историю человечества значение темпов прироста населения – 2,19 % в год, сменившееся последующим плавным падением, которое продолжается и поныне (Коротаев, Малков, Халтурина, 2007). Это явление получило название “глобального демографического перехода” и состоит в смене взрывного гиперболического роста режимом стабилизации населения. Первой свою демографическую революцию еще в XVIII в. совершила Франция. В большинстве развитых стран демографический переход произошел в XIX–XX вв., тем самым стабилизировав общее население на уровне “золотого миллиарда”. Для развивающихся стран, включая Китай и Индию, это событие еще впереди, и оно будет для них большим испытанием на устойчивость.

Вопрос о том, как поведет себя демографическая динамика после перехода, был предметом многочисленных исследований. Наиболее фундаментальные результаты были получены С. Капицей (Капица, 2008). Он дал объяснение гиперболическому росту населения Земли, показав, что уравнение для скорости роста населения имеет квадратичную зависимость от численности населения, выражающую кооперативный механизм развития:

$$\frac{dN}{dT} = rN^2, \quad r = \text{const}. \quad (7)$$

Решением данного уравнения как раз и является гиперболическая функция (1), если принять  $r = C^{-1}$ . Уравнения вида (7) описывают процессы, которые известны как “режимы с обострением”. Характерная черта таких уравнений состоит в сингулярности, т.е. в том, что в некоторый конечный момент времени  $T_p$  решение уходит в бесконечность.

Для описания демографического перехода С. Капица модифицирует уравнение (7) путем подстановки решения (1) в правую часть уравнения:

$$\frac{dN}{dT} = \frac{C}{(T_p - T)^2}. \quad (8)$$

Далее он вводит в это уравнение параметр  $\tau$ , характеризующий активную продолжительность жизни человека и время его репродуктивной способности – факторы, ограничивающие скорость роста к моменту ее приближения к своему пределу в переходный период:

$$\frac{dN}{dT} = \frac{C}{(T_p - T)^2 + \tau^2}. \quad (9)$$

Полученное таким образом уравнение (9) уже не дает обострения – ухода решения в бесконечность. Напротив, при такой модификации численность населения стабилизируется на уровне 11–12 млрд чел., что согласуется с отдельными прогнозами демографов. Более того, уравнение (9) имеет простое аналитическое решение:

$$N = K^2 \arctg((T_1 - T)/\tau), \quad K^2 = C/\tau. \quad (10)$$

С учетом имеющихся данных мировой демографии С. Капицей были получены следующие значения для постоянных параметров:

$$C = 163 \times 10^9; \quad K = 60100; \quad T_1 = 1995 \text{ г.}; \quad \tau = 45 \text{ лет}. \quad (11)$$

При этом численность населения Земли асимптотически стремится к стационарному значению  $N_{\max} = N_{\infty} = \pi K^2 \cong 11,36$  млрд чел. С. Капица также утверждает, что глобальный демографический переход происходит за время, равное  $2\tau$ , т.е. за 90 лет, с 1950 по 2040 г. Графическое изображение эволюционного демографического развития человечества по модели Капицы (10) представлено на рис. 2. Из рассмотрения рисунка видно, что модель Капицы прекрасно описывает демографическую динамику человечества, особенно на стадии демографического перехода. Следует отметить, что формула Капицы (10) справедлива только в случае устойчивого эволюционного развития человечества. А для этого потолок несущей емкости биосферы Земли не должен быть менее 12 млрд чел.

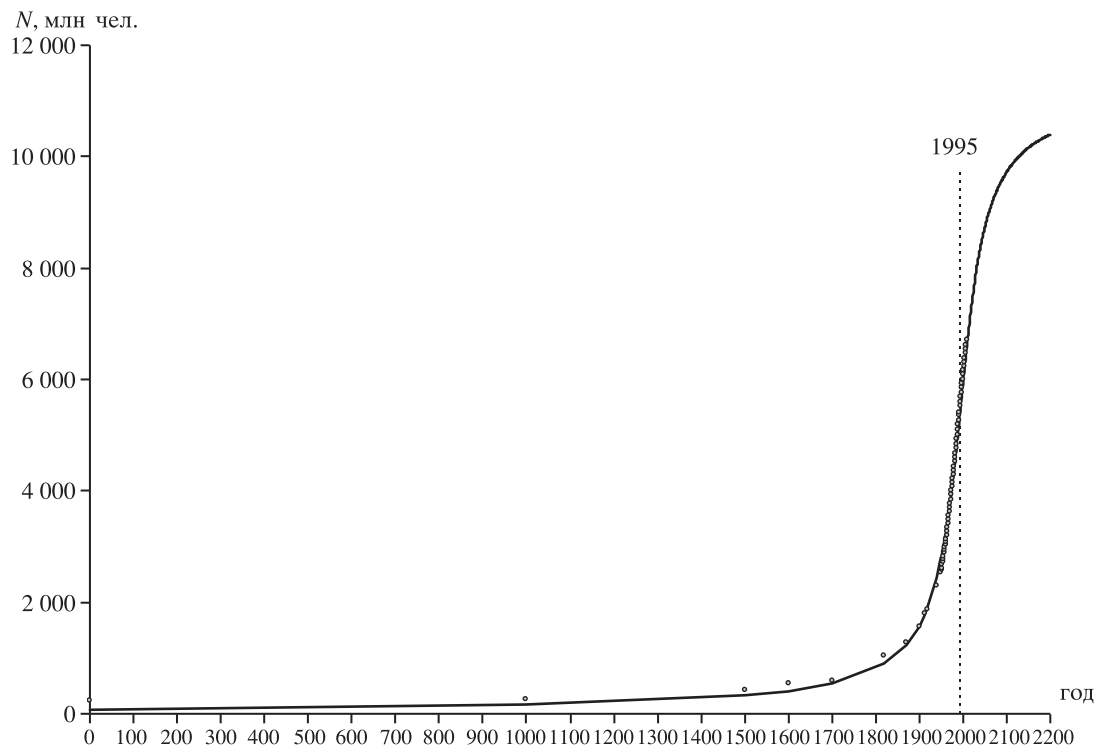
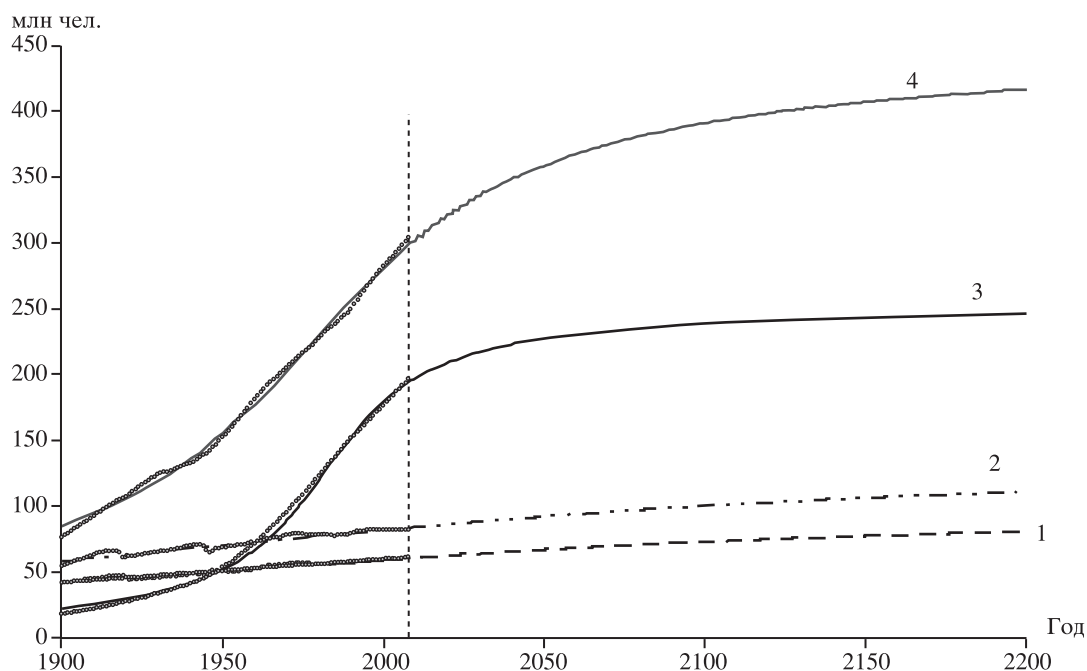


Рис. 2. Эволюционная модель численности населения мира

Модель Капицы дает также хорошее описание демографической динамики большинства развитых и отдельных развивающихся стран, способных обеспечить устойчивый эволюционный рост численности населения. Важным необходимым условием при этом является отсутствие принудительного ограничения рождаемости и существенного влияния миграционных потоков на социально-экономические процессы. К таким странам относятся, например, США, страны Западной Европы, Бразилия и многие другие. Траектории демографического развития отдельных из указанных стран представлены на рис. 3.

А. Акимов еще в 1970-е годы разработал оригинальный метод прогнозирования численности населения с помощью операционального описания демографического перехода и прецедентов демографического развития (Акимов, 2008). Расчеты, выполненные им для динамики численности мирового населения до 2300 г., показали, что она вероятнее всего будет иметь три стадии развития: рост, достижение максимума, затем — убыль населения и его стабилизация. Описанный сценарий демографического развития получил название “режима роста с возвратом”. Период роста населения мира, по Акимову, составляет примерно 100 лет (т.е. весь XXI в.), максимальная численность населения мира достигается примерно в 2095–2115 гг. и составит приблизительно 11,4–13,3 млрд чел., после чего наступает период убыли протяженностью около 200 лет. Эта убыль съедает весь прирост за предшествующие 100 лет, и к 2300 г. численность населения Земли стабилизируется на уровне 5,1–6,1 млрд чел.



**Рис. 3.** Прогноз численности населения стран с устойчивым развитием для стран:  
1 – США; 2 – Бразилия; 3 – Германия; 4 – Великобритания

Б. Долгоносов дополнил демографический императив Капицы информационным императивом и разработал модель динамики численности населения Земли (Долгоносов, 2009), основанную на классической математической модели популяционной динамики, в которой текущая предельная емкость среды обитания определяется логистической функцией объема информации (знаний, технологий). Модель Долгоносова можно рассматривать как универсальную модель, позволяющую анализировать различные сценарии развития человечества в смысле роста его численности со стабилизацией, с возвратом и с затухающим колебанием. Модель Долгоносова усложнена тем, что вначале требуется рассчитывать режимы роста производства информации и лишь затем – демографическую динамику. Причем для сценария возврата с затухающими колебаниями модель производства информации содержит частоту колебаний  $\beta$ , для нахождения которой нет необходимой эмпирической базы. Поэтому Б. Долгоносов так же, как А. Акимов, практически рассматривает лишь модель с аperiodическим возвратом. Согласно Долгоносову для сценария роста с возвратом в 2025 г. будет достигнут максимум в 7,25 млрд чел., а затем в течение двух веков численность населения Земли будет снижаться до стационарного уровня в 5 млрд чел. Мы видим, что прогнозы А. Акимова и Б. Долгоносова для одного и того же сценария демографического развития сильно различаются.

Все три сценария развития динамики численности населения Земли в XXI–XXIII вв., описанные выше, представлены схематически на рис. 4. Наиболее вероятным сценарием развития демографической динамики представляется режим роста с плавным аperiodическим возвратом и последующей стабилизацией на стационарном уровне. Поскольку режим возврата с затухающим колебанием связан для человечества с большими издержками из-за резкой убыли населения, мировое сообщество постарается избежать такого развития путем наращивания усилий по поддержанию биосферы Земли. Сценарий устойчивого роста со стабилизацией, описываемый моделью Капицы, вряд ли может осуществиться в жизни, так как стационарный уровень, по Капице, более чем в два раза превышает допустимый стационарный уровень, оцененный А. Акимовым и Б. Долгоносовым. Это хорошо согласуется с соображениями, высказанными видным международным экспертом Дж. Смейлом, о том, что существует конечный предел роста численности населения Земли, более того, этот предел будет скоро достигнут и дальнейшая стабилизация численности со значительным ее уменьшением скорее всего неизбежна (Smail, 2002). По оценкам Дж. Смейла, стационарная емкость среды не выше 2–3 млрд чел., а достигнута она

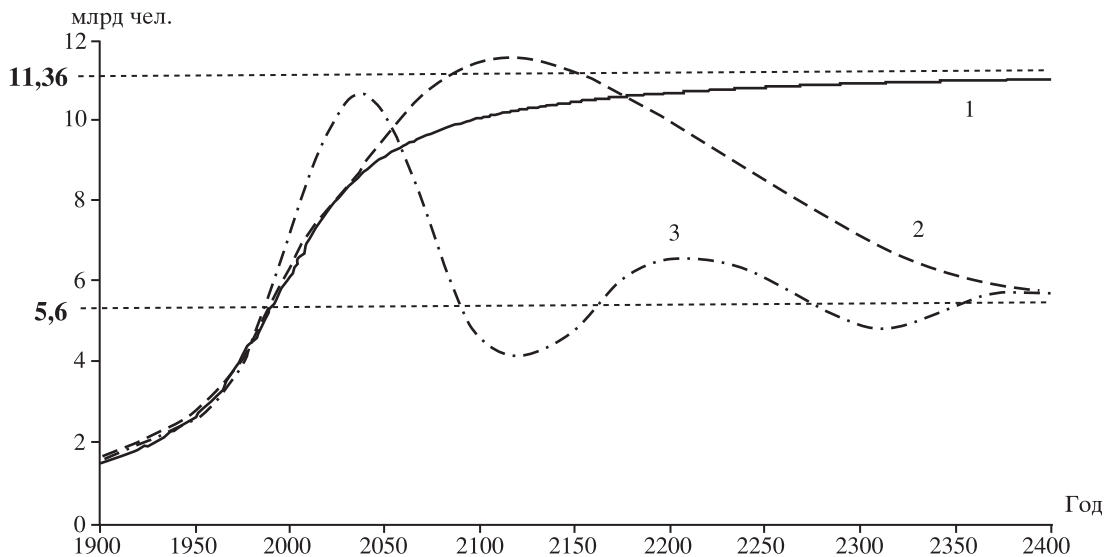


Рис. 4. Различные сценарии демографической динамики мира:  
1 – по Капице; 2 – по Акимову; 3 – по Долгоносоеву

будет не ранее чем через два столетия. Он полагает, что должны проявиться биологические и социальные механизмы снижения рождаемости, которые во многих развивающихся странах еще не действуют. Но этот процесс, по мнению Дж. Смейла, займет, как минимум, полвека (примерно два поколения), а за это время численность населения Земли успеет по инерции возрасти до 9 млрд чел. и только потом начнется убыль населения.

Из графиков на рис. 4 видно, что вплоть до 2000 г. демографическая динамика развивалась устойчиво по траектории гиперболического роста (1). С. Капица утверждает, что демографический переход человечества сродни фазовому переходу в физике (Капица, 2008). Следовательно, в период демографического перехода человеческое сообщество испытывает бифуркацию и далее может развиваться по одному из ряда возможных сценариев развития. Причем, как непосредственно показывают различные траектории демографического развития, темпы роста населения будут сильно меняться и даже колебаться, что делает совершенно неприемлемым допущение о постоянстве темпов роста населения, ставшее традиционным с момента появления неоклассической теории роста Р. Солоу.

Таким образом, прежде всего для долгосрочного макроэкономического прогнозирования в XXI в. требуется разработать адекватную модель долгосрочного прогнозирования демографической динамики, которая теперь будет играть ключевую роль. Если интересующая страна способна обеспечить устойчивое эволюционное развитие демографической динамики, тогда для описания ее демографической динамики лучше всего воспользоваться моделью Капицы (10). В любом случае для стадии гиперболического роста, вплоть до демографического перехода, модель Капицы дает наилучшее приближение фактической траектории демографического развития, особенно в период демографического перехода.

Для наиболее вероятного сценария роста населения с возвратом можно было бы воспользоваться моделями Акимова или Долгоносоева, однако они требуют громоздких численных расчетов. Оказывается, что для этого случая можно построить весьма простую асимптотическую модель в аналитической форме:

$$N = N_C + \gamma^*(T - T_C)\exp[-\kappa^*(T - T_C)], \quad T > T_C. \tag{12}$$

Здесь  $N_C$  – несущая емкость биосферы Земли, которая определяется как стационарная численность населения Земли (страны отдельной), при которой биосфера и цивилизация устойчиво сосуществуют;  $T_C$  – время первоначального достижения численности  $N_C$ ;  $\gamma^*$  и  $\kappa^*$  – постоянные

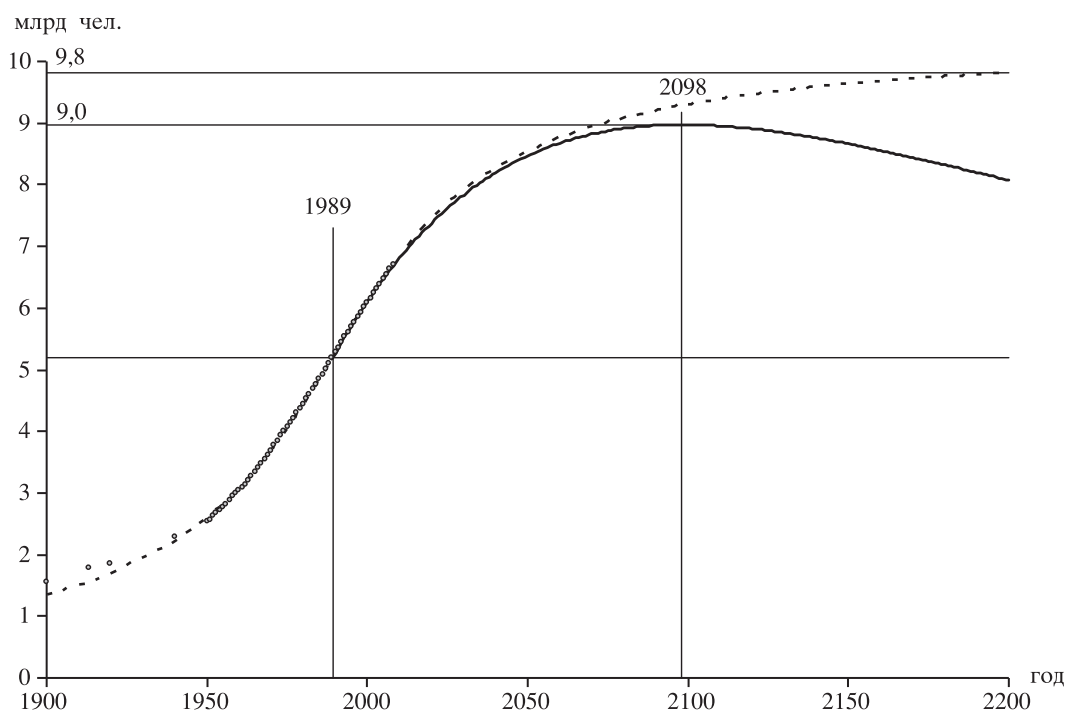
параметры. Из (12) следует, что, при  $T \rightarrow \infty$ ,  $N$  асимптотически стремится к стационарному уровню  $N_C$ .

Существуют различные оценочные способы определения стационарной численности населения мира  $N_C$ , которые освещены в работе (Федотов, 2002, с. 83–86). Мы в своих дальнейших прогнозных расчетах берем  $N_C = 5,2$  млрд чел. – стационарный уровень, принятый в прогнозных расчетах А. Акимова и Б. Долгоносова. Стационарная численность населения отдельной страны может быть найдена приближенно путем деления стационарной численности населения Земли на индекс антропогенной нагрузки интересующей страны, для которого имеются специальные таблицы (Федотов, 2002, с. 96). Например, если для мира в целом взять  $N_C = 5,2$  млрд чел., то для Китая –  $N_{CK} = 1,2$  млрд чел., а для Индии –  $N_{CK} = 0,98$  млрд чел. Параметры  $\gamma^*$  и  $\kappa^*$  лучше всего находить методом наименьших квадратов, если имеется достаточно фактических данных для  $T > T_C$ . Итак, асимптотическое решение, описывающее динамику численности населения Земли на всем протяжении развития человечества, для сценария роста с возвратом можно записать следующим образом:

$$N = \begin{cases} K^2 \operatorname{arcctg}((T_1 - T)/\tau), & \text{при } T < T_C; \\ N_C + \gamma^*(T - T_C) \exp[-\kappa^*(T - T_C)], & T > T_C. \end{cases} \quad (13)$$

Асимптотическая модель (13) пригодна для описания динамики народонаселения мира в целом, а также для таких крупных развивающихся стран, как Китай и Индия, которые могут встретиться с экологическим ограничением. Соответствующие графики представлены на рис. 5, 6. Данная модель может быть использована для описания демографической динамики таких стран, как Россия и Япония, которые сталкиваются с ограничениями, вызванными другими причинами: духовным надломом или территориальной стесненностью (соответствующие графики представлены на рис. 7).

Во всех случаях, как видно из рис. 5–7, численность населения из-за демографической инерции проскакивает допустимый стационарный уровень и, встретившись с экологическим или иным кризисом, начинает идти на убыль с постепенной стабилизацией на стационарном уровне. Как следует из модели, для того чтобы реальная демографическая динамика развивалась плавно, потребуются огромные усилия и ресурсы как мирового сообщества в целом, так и отдельных



**Рис. 5.** Прогноз численности мирового населения:  
----- по модели Капицы; — по асимптотической модели

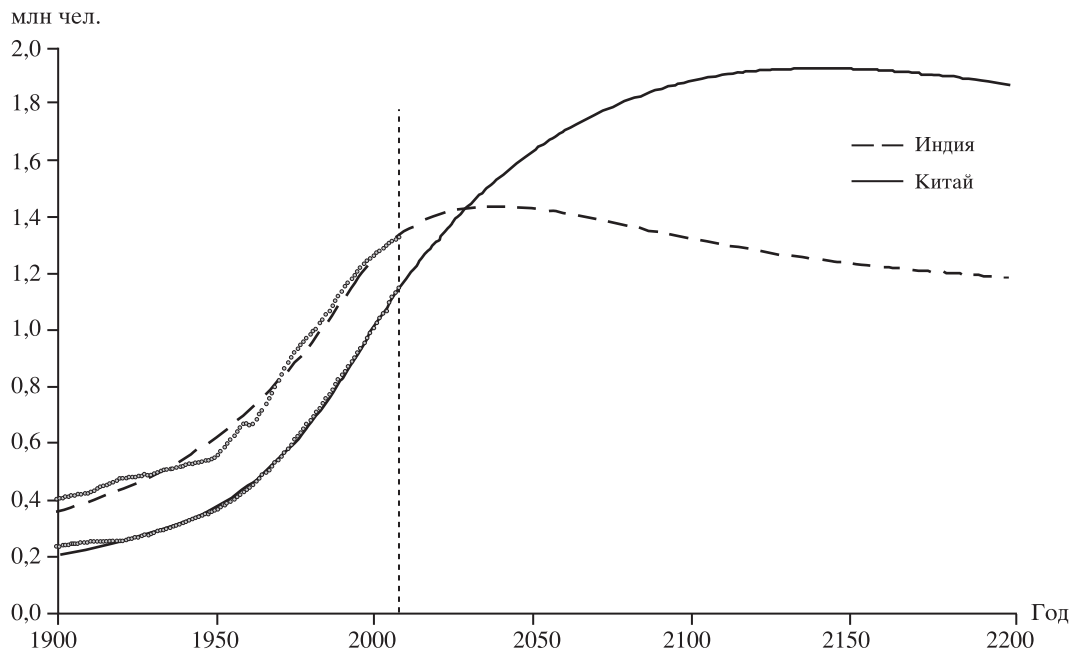


Рис. 6. Прогноз численности населения по асимптотической модели

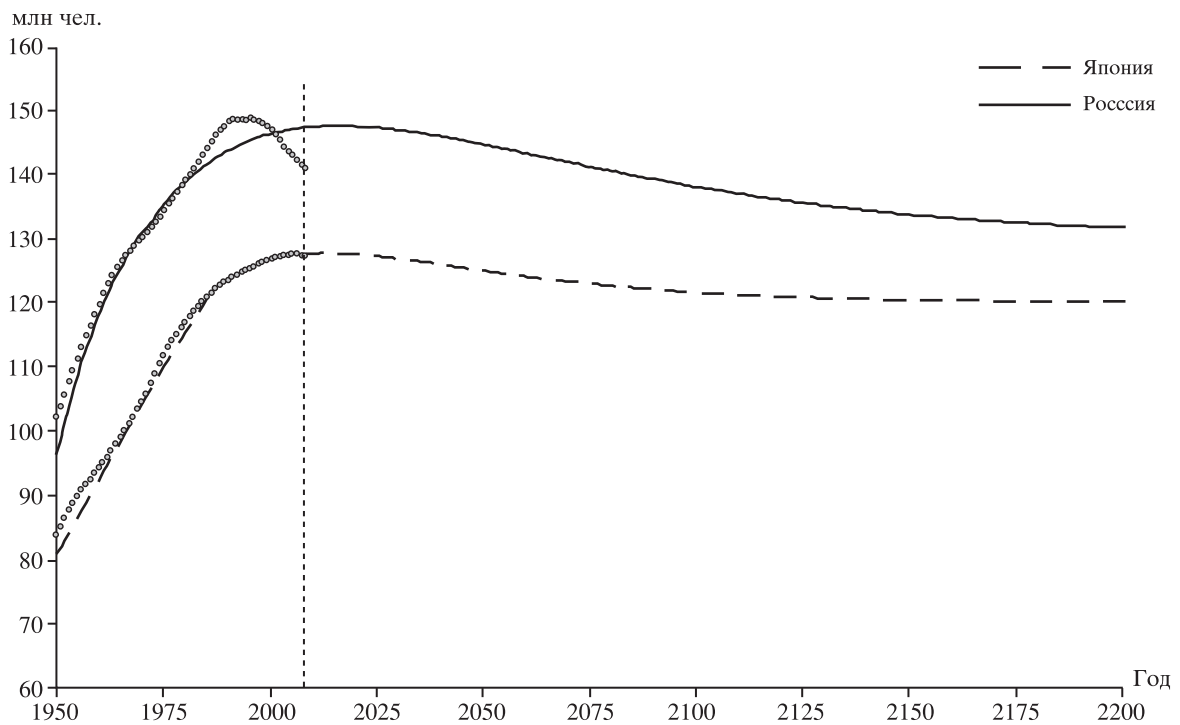


Рис. 7. Прогноз численности населения по асимптотической модели

стран. Асимптотическая модель (12) показывает, что для этого необходимо принять меры по постоянному расширению емкости среды на величину  $\gamma_*(T - T_0) \times 10^9$  чел. и не допускать, чтобы темпы деградации окружающей среды превышали  $100k^*$ %. По существу, асимптотическая модель может служить основой для управления демографической динамикой путем реализации практических мер по восполнению ресурсов Земли и охране окружающей среды, чтобы поддерживать требуемую емкость среды обитания.

## 2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ДОЛГОСРОЧНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

Модель экономического роста Солоу (1)–(2) хорошо описывает экономическое развитие, присущее для индустриальной эпохи, когда физический капитал, и в особенности высокая капиталовооруженность труда, играли основную роль. В современную постиндустриальную эпоху все возрастающую роль играет человеческий капитал, именно он становится ведущим фактором производства. Поэтому последние десятилетия характеризуются стремительным ростом инвестиций в человека. Таким образом, возникает необходимость учета человеческого капитала в производственной функции наряду с традиционными факторами производства, такими как физический капитал, труд и природные ресурсы. Наиболее простым способом учета человеческого капитала как фактора производства является введение человеческого капитала в базовую модель роста Солоу (1). Поскольку это можно сделать различными способами, имеется ряд моделей роста с человеческим капиталом (Шараев, 2006). Среди этих моделей наиболее широко используется модель Мэнкью–Ромера–Уэйла с техническим прогрессом, нейтральным по Харроду (там же, с. 92):

$$Y(t) = K^\alpha(t)H^\beta(t)[A(t)L(t)]^{1-\alpha-\beta}, \quad (14)$$

где  $H$  – человеческий капитал;  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$ ,  $\alpha + \beta > 0$ . В этой модели человеческий капитал выступает как производственный фактор и процесс его накопления принимается аналогичным для физического капитала (2). Модель (14) также остается экзогенной, как и модель Солоу.

В работе (Акаев, 2010) предложена схема эндогенизации модели (14), использующая эмпирический закон Калдора (там же, с. 20), в соответствии с которым можно принять:

$$K = c_K Y, \quad H = c_H Y, \quad c_K, c_H = \text{const}. \quad (15)$$

Предполагается также, что численность занятых в экономике  $L$  связана с общей численностью населения  $N$  следующим образом:

$$L = c_L N, \quad c_L = \text{const}. \quad (16)$$

Подстановка (15) и (16) в (14) приводит к следующей приближенной формуле для расчета ВВП:

$$Y = \gamma AN, \quad \gamma = c_L c_K^{\alpha/(1-\alpha-\beta)} c_H^{\beta/(1-\alpha-\beta)}. \quad (17)$$

Поскольку для мира в целом, а также большинства стран, технологический рост  $A$  хорошо описывается уравнением Кузнеця–Кремера (5), зависящим только от численности населения  $N$ , то, пользуясь моделями (10) и (14), по формуле (17) можно рассчитывать долгосрочный прогноз динамики ВВП.

Рассмотрим решения уравнения Кузнеця–Кремера (5) для различных моделей  $N$ . Допустим, что демографическая динамика интересующей страны описывается моделью Капицы (10). Тогда искомое уравнение (5) на постпереходной стадии запишется в виде:

$$\frac{dA}{A} = bK^2 \text{arcctg}\left(\frac{T_1 - T}{\tau}\right) dT, \quad T > T_1. \quad (18)$$

Интегрируя данное уравнение с учетом того, что  $A_1 = N_1^{1+\delta}$ , где  $\delta = (b - r)/r$ , что, в свою очередь, следует из тождеств

$$\frac{1}{r} \times \frac{dN}{Ndt} = \frac{1}{b} \times \frac{dA}{Adt}, \quad A = N^{1+\delta}, \quad (19)$$

на стадии гиперболического роста (5) и (7) получаем:

$$A_1 = N_1^{1+\delta} \exp \left\{ (1+\delta) \frac{4}{\pi^2} x \left[ \frac{T - T_1}{\tau} \text{arcctg}\left(\frac{T_1 - T}{\tau}\right) - 0,51 \ln \left\{ 1 + \left(\frac{T_1 - T}{\tau}\right)^2 \right\} \right] \right\}, \quad T > T_1, \quad (20)$$

где  $x$  – поправочный коэффициент. Подставляя выражения для  $A$  (из (20)) и  $N$  (из (10)) в (17), получаем явную формулу для расчета динамики ВВП:

$$Y(t) = \gamma N^{1+\delta} \operatorname{arcsctg}\left(\frac{T_1 - T}{\tau}\right) \exp\left\{(1 + \delta) \frac{4}{\pi^2} x \left[\frac{T - T_1}{\tau} \operatorname{arcsctg}\left(\frac{T_1 - T}{\tau}\right) - 0,5 \ln\left\{1 + \left(\frac{T_1 - T}{\tau}\right)^2\right\}\right]\right\}. \quad (21)$$

Данная формула справедлива для постпереходного периода, т.е. для  $T > T_1$ . На допереходной стадии гиперболического роста, учитывая (19), из (17) получаем для  $T \leq T_1$ :

$$Y = \gamma N^{2+\delta}. \quad (22)$$

Поправочный коэффициент  $x$  введен в формулу (21), для того чтобы лучше состыковать кривые ВВП до и после демографического перехода (формула (21)), и подбирается методом наименьших квадратов.

По формуле (21) рассчитан прогноз динамики ВВП для США на XXI в., который представлен на рис. 8 в графической форме. Как видно из рисунка, ВВП США за предстоящее столетие, в благоприятных условиях устойчивого эволюционного развития, может вырасти в 15 раз!

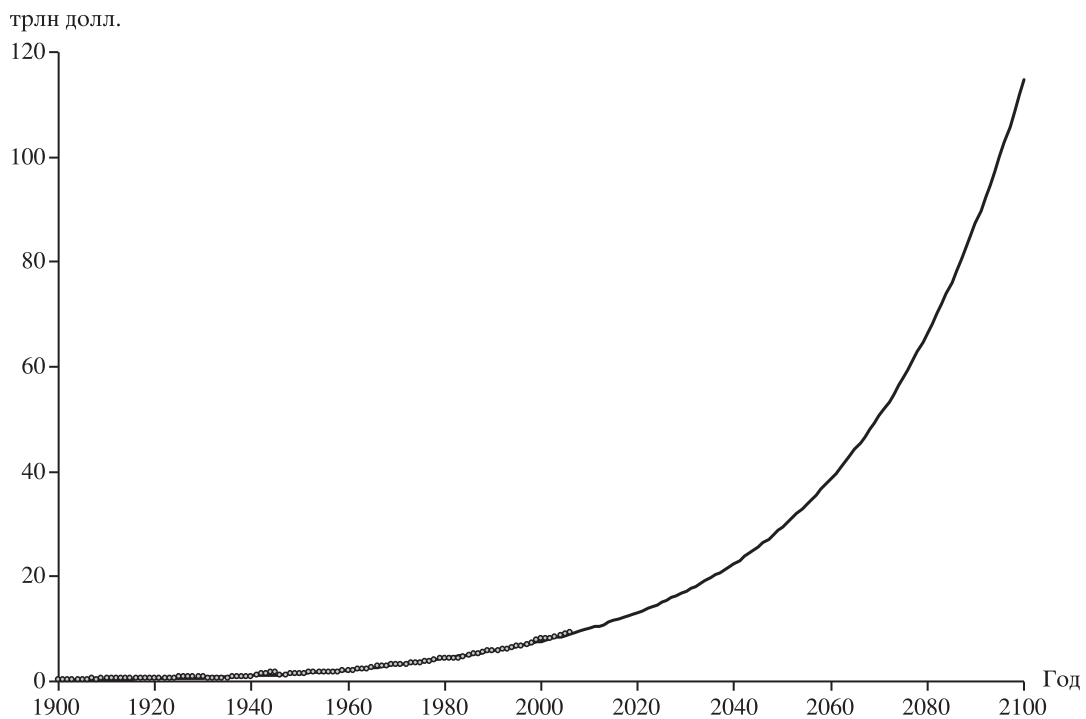


Рис. 8. Прогноз ВВП США на XXI в.

Для сценария демографического развития “рост с возвратом” динамика численности населения  $N$  описывается асимптотической моделью (13), поэтому уравнение Кузнеця–Кремера (5) примет вид:

$$\frac{dA}{A} = b \left\{ N_C + \gamma^* (T - T_C) \exp[-\kappa^* (T - T_C)] \right\} dT. \quad (23)$$

Данное уравнение справедливо для постпереходного периода, т.е. для  $T > T_C$ . Интегрируя его с учетом того, что начальное условие  $A_C = N_C^{1+\delta}$  (19), получаем:

$$A = N_C^{1+\delta} \left\{ (1 + \delta) \rho \left[ \frac{T - T_C}{\tau} \left\{ 1 - \frac{\gamma}{\kappa^* N_C} \exp[-\kappa^* (T - T_C)] \right\} \right] + \frac{\gamma}{\tau N_C \kappa^{*2}} \left\{ 1 - \exp[-\kappa^* (T - T_C)] \right\} \right\}. \quad (24)$$



Подставив данное аналитическое выражение для  $A(t)$ , а также выражение для  $N(t)$  (11) в формулу (17), получаем явную формулу для расчета демографического роста с возвратом:

$$Y(t) = \gamma N_C^{1+\delta} \left\{ N_C + \gamma^* (T - T_C) \exp[-\kappa^* (T - T_C)] \right\} \times \\ \times \exp \left\{ (1 + \delta) \rho \left[ \frac{T - T_C}{\tau} \left( 1 - \frac{\gamma^*}{\kappa^* N_C} \exp[-\kappa^* (T - T_C)] \right) + \frac{\gamma}{\tau N_C \kappa^{*2}} \left( 1 - \exp[-\kappa^* (T - T_C)] \right) \right] \right\}. \quad (25)$$

Параметры  $\gamma$  и  $\rho$  лучше всего находить методом наименьших квадратов исходя из имеющихся данных ВВП в ретроспективе.

На рис. 9 представлена траектория движения мирового ВВП, рассчитанная по формуле (25). Как видно из рассмотрения данного рисунка, объем мирового ВВП за предстоящее столетие может вырасти более чем в 13 раз! Сравнение прогнозных данных по ВВП для мира в целом (рис. 9) и США (см. рис. 8) показывает, что США имеют шанс сохранить свой нынешний вес в мировой экономике.

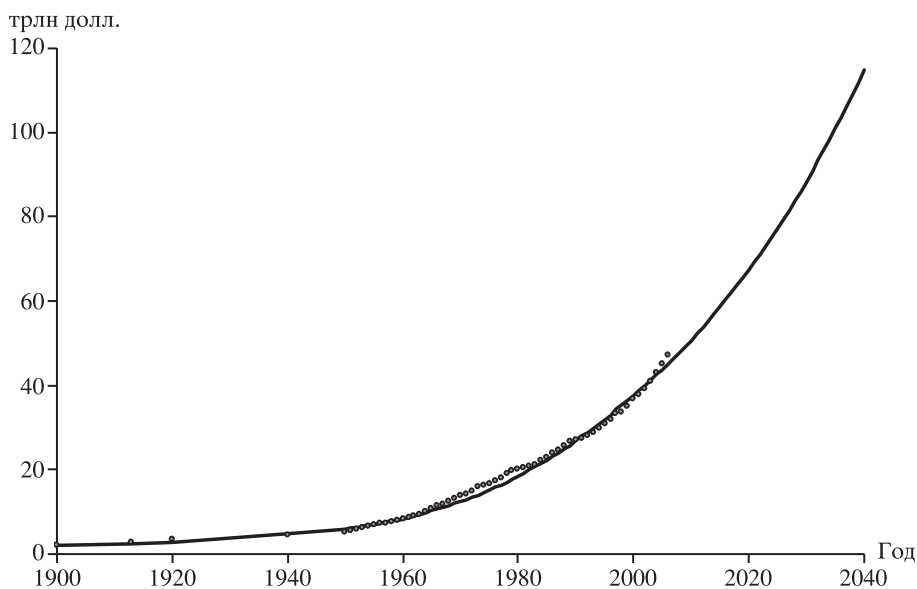


Рис. 9. Прогноз мирового ВВП на первую половину XXI в.

Для большинства развивающихся экономик, которые динамично развиваются благодаря заимствованию передовых технологий, освоенных развитыми авангардными странами (такими как США, Япония, Германия и др.), формулы технологического роста (20) и (24), как и формулы (21) и (25), не работают. К таким странам в первую очередь относятся страны БРИК – Бразилия, Россия, Индия и Китай. Для этих стран также характерно формирование собственных мощных национальных инновационных систем – современной индустрии НИОКР. Как справедливо указывает Ч. Джонс (Jones, 1995), для таких стран вместо уравнения Кузнец–Кремера (5) необходимо использовать так называемое “НИОКР-уравнение”, которое требует дополнительных исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акаев А.А. (2010): Фундаментальные пределы экономического роста и потребления. В кн.: “Системный мониторинг глобальных и региональных рисков”. М.: Изд-во ЛКИ.
- Акимов А.В. (2008): 2300 год: глобальные проблемы и Россия. М.: Восточный университет.
- Долгонос Б.М. (2009): Нелинейная динамика экологических и гидрологических процессов. М.: Книжный дом “ЛИБРОКОМ”.

- Капица С.П.** (2008): Очерк теории роста человечества. М.: Никитский клуб.
- Корогаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А.** (2007): Законы истории: Математическое моделирование развития мир-системы. М.: Ком Книга.
- Прасолов А.В.** (2008): Математические методы экономической динамики. СПб.: Изд-во "Лань".
- Столерю Л.** (1974): Равновесие и экономический рост. М.: Статистика.
- Тинберген Я., Бос Х.** (1967): Математические модели экономического роста. М.: Прогресс.
- Федотов А.П.** (2002): Глобалистика: Начала науки о современном мире. М.: Аспект Пресс.
- Шараев Ю.В.** (2006): Теория экономического роста. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ.
- Foerster H. von, Mora P., Amiot L.** (1960): Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026 // *Science*. Vol. 132. P. 1281–1295.
- Jones Ch.I.** (1995): R&D-Based Models of Economic Growth // *J. of Political Econ.* Vol. 103, Issue 4. P. 759–784.
- Kremer M.** (1993): Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990 // *The Quarterly J. of Econ.* Vol. 108. № 3. P. 684–716.
- Silverberg G., Verspagen B.** (2003): Breaking the Waves: A Poisson Regression Approach to Schumpeterian clustering of Basic Innovations // *Cambridge J. of Econ.* Vol. 27. P. 688–690.
- Smail J.K.** (2002): Confronting a Surfeit of People: Reducing Global Human Numbers to Sustainable Levels // *Environment Development Sustainability*. Vol. 4. P. 21–50.
- Solow R.** (1956): A Contribution to the Theory of Economic Growth // *Quarterly J. of Econ.* Vol. 70. P. 65–94.

Поступила в редакцию

29.10.2010 г.

## Asymptotic Models for Predicting Long-Term Demographic and Economic Dynamics

**A.A. Akaev, V.N. Sokolov, B.A. Akaeva, A.I. Sarygulov**

The article considers the impact of demographic dynamics and technological development on economic growth. Proposed evaluation model of long-term economic dynamics, taking into account the mode of population growth with the return.

**Keywords:** asymptotic models, population dynamics, long-term economic growth, population growth with the return.

---

---

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

---

---

ЭФФЕКТ РЕЗОНАНСА В ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ –  
УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ  
И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

© 2011 г. А.Н. Скиба, В.А. Гарькавый

(Новороссийск)

Важнейшим проявлением неравновесности экономики является цикличность. Цикл жизни инноваций описывается  $S$ -образными логистическими функциями. Другим, не менее важным проявлением экономической динамики служит системность происходящих изменений и причинно-следственных связей. Системный эффект взаимодействия элементов производственной системы и технологических инноваций имеет синергетическую природу и возникает в результате совпадения восходящих фаз их жизненных циклов.

**Ключевые слова:** инновации, резонансный эффект,  $S$ -функция, синхронизация, экономическая система.

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ, ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ  
И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

**1.1. Постановка проблемы.** Методологическая основа современной науки управления все в большей мере расширяется за счет подходов, до недавнего времени считавшихся нетрадиционными. Одним из них является переход от общей концепции равновесия к концепции неравновесности, учитывающей разнохарактерные процессы экономической динамики.

Руководитель Центра макроэкономической стратегии ИЭ РАН академик В.И. Маевский определил сложившуюся ситуацию следующим образом: “Существующие модели общего равновесия, как и теория стационарного экономического роста, не отражают свойства сильной неустойчивости, неравномерности, нелинейности поведения систем и отраслей. Нужны другие подходы, и нелинейные науки подсказывают их” (Маевский, 1995, с. 122–148). Такого же мнения придерживается и академик В.Л. Макаров, характеризуя наметившееся расхождение классической теории с реалиями современной экономики: “Теория общего экономического равновесия, которая в настоящее время доминирует как в науке, так и в экономическом образовании, не вполне согласуется с реальностью, по крайней мере, в ее классическом варианте...” (Макаров, 1995).

Поиск ответов на возникающие вопросы ведется в нескольких основных направлениях. Во-первых, разрабатываются теоретические основы экономики, построенные на массовом использовании новых знаний (концепция “третьей волны”, инновационной информационной, постиндустриальной, креативной и других экономик). Во-вторых, новое развитие получают институциональное и эволюционное направления экономической теории. В-третьих, переосмысливаются закономерности смены жизненных циклов новых продуктов и технологий. Наконец, становится понятным, что объективное представление экономических явлений и процессов должно строиться на основе базовых положений и принципов системного подхода. Симбиоз применяемых методов позволяет вывести проводимые исследования на новый теоретико-методологический уровень.

Действительно, классическая теория основывается на таких фундаментальных экономических явлениях, как ценовое и конкурентное равновесие, рациональное поведение и др., используя ряд упрощений и рассматривая экономические явления в основном выборочно, статично и вне связи друг с другом. В ней нет объяснений механизма системных эффектов, которые возникают в результате когерентного взаимодействия нескольких связанных между собой воздействий

и нелинейно (в частности циклично. – *Авт.*) протекающих процессов<sup>1</sup>. В усилении неравновесности не учитывается влияния положительных обратных связей. Таким образом, понимание сути и причин нелинейности экономической динамики (и особенно инновационных процессов) вне системного подхода и концепции жизненных циклов, на наш взгляд, не может претендовать на полноту и объективность.

Основное отличие “новой системности” от версии системного подхода, наиболее развитой в трудах классиков – от Л. фон Берталанфи до М. Месаровича, состоит в переходе от эндогенной к экзогенной трактовке системы, объединяющей нормативные и дескриптивные подходы. В новой постановке под системой понимается не множество элементов, связанных между собой определенным образом (эндогенное определение), а относительно устойчивая в пространстве и во времени целостная часть окружающего мира, выделяемая по пространственным или функциональным признакам (экзогенное определение). Отсюда к числу экономических систем, наряду с предприятиями, организациями, рынками и т.д., могут быть отнесены институты и их совокупности, процессы, проекты и т.д. Именно такое понимание системы можно реконструировать из работ Я. Корнаи, Г.Б. Клейнера и других авторов (см. (Корнаи, 2002; Клейнер 2004, 2007; Ерохина, 2000)). Таким образом, “новая системность” связана с отказом от теоретико-множественной основы системы и признанием ее как некоторой части социально-экономического пространства. Рассматриваемое направление теории исследует законы поведения систем, т.е. целостностей, состоящих из элементов, объединенных связями и взаимодействиями. Это направление исходит из того, что существуют определенные особые закономерности, проявляющиеся только в результате взаимодействия связанных между собой элементов либо процессов, независимо от их физической природы.

В работах ряда известных авторов высказано предположение о возможности описания циклов жизни инноваций и моделирования процессов технологического развития с помощью  $S$ -образных функций – логистической Верхюльста, Гомпертца, модифицированной экспоненциальной и др. (Verhulst, 1838; Яблонский, 1986; Полтерович, 1998; Глазьев, 1993; Маевский, 1997; Московкин, 2002). Не приводя всей последовательности математических преобразований, укажем два источника, где вывод уравнения вида  $Y = I/(1 + Ce^{-kt})$ , описывающего поведение  $S$ -образной функции, выполнен в полном виде (Кондратьев, 2002, с. 503–504; Нижегородцев, 2002, с. 152). Данное уравнение позволяет достаточно точно описать динамику процессов насыщения в экономических, информационных, биологических и прочих системах, а также динамику жизненного цикла инноваций. Фактически уравнение описывает эволюцию объекта в условиях ограниченных ресурсов и конкуренции, ограничивающей рост. Заметим, что хотя приведенное уравнение позволяет лишь качественно (на концептуальном уровне) характеризовать исследуемые явления, тем не менее с его помощью можно выявлять различные нелинейные особенности изучаемых процессов, что невозможно сделать в рамках имитационных моделей. Другим его достоинством является универсальность, позволяющая оценить влияние различных эндогенных и экзогенных факторов на поведение изучаемой системы. Итак, сформулируем исходные предпосылки работы.

1. Экономика изначально неравновесна, статичные состояния ей не свойственны и возможны лишь в краткосрочном периоде. Одним из проявлений неравновесности экономики является цикличность.

2. Циклы жизни инноваций описываются  $S$ -образной функцией насыщения  $Y = I/(1 + Ce^{-kt})$ , позволяющей выделить фазы ускоренного роста, торможения и зрелости (логистическая функция Верхюльста).

3. Другим важнейшим свойством экономики является системность. Это означает, что свойство системы в целом (либо создаваемый ею эффект) превышает сумму свойств (либо эффектов), создаваемых элементами системы в отдельности.

<sup>1</sup> Впрочем, здесь есть определенная доля условности. Например, известная модель Самуэльсона–Хикса, представляющая собой линейную динамическую модель второго порядка, является синергетической при предельной склонности к сбережению  $c \geq 0,75$  и коэффициенте акселерации  $r \geq 1,0$ . Двухсвязная линейная динамическая модель (например, линеаризованная упрощенная модель Дж. Кейнса) также при определенных значениях параметров является синергетической. См. (Колемаев, 2004, 2005).

4. Системный эффект взаимодействия нелинейных процессов, протекающих в инновационной среде, авторы связывают с одновременным нахождением всех элементов системы в фазе циклического роста. Системный эффект достигает своего максимума в результате одновременного достижения динамического максимума всеми элементами данной системы, т.е. в состоянии резонанса, условия возникновения которого пока не сформулированы.

**1.2. Постановка задачи и основное определение.** Исходя из выявленной проблемы и сложившихся предпосылок, сформулируем основную задачу: а) определить условия резонанса для  $S$ -образных логистических функций, описывающих циклы жизни элементов инновационной системы; б) дать экономическую интерпретацию переменных, входящих в уравнения этих процессов.

Для этого сформулируем определение резонанса для системных нелинейных процессов, описываемых  $S$ -образной функцией Верхюльста. Система находится в состоянии резонанса в момент одновременного достижения динамического максимума (первых производных) всеми элементами, входящими в ее состав. При этом считаем, что динамические свойства элементов инновационной системы характеризуются параметрами их жизненного цикла.

## 2. УСЛОВИЕ РЕЗОНАНСА $S$ -ФУНКЦИЙ

Попытаемся сформулировать условие синхронизации  $S$ -функций исходя из условия одновременного достижения ими динамического максимума. Некоторое число  $n$   $S$ -образных кривых находятся в резонансе, если максимумы их первых производных достигаются в одной точке.

Рассмотрим три произвольно взятых  $S$ -образных кривых, заданных в общем случае следующим аналитическим выражением:

$$Y_n(t) = I_n / (1 + C_n e^{-k_n t}), \quad (1)$$

где  $n = 1, 2, 3$ ;  $I$  – параметр, определяющий предел стремления каждой из  $S$ -функций;  $k$  и  $C$  – параметры, характеризующие крутизну  $S$ -функции и ее сдвиг относительно оси абсцисс, соответственно. Параметры  $I$ ,  $k$  и  $C$ , определяющие каждую из рассматриваемых  $S$ -функций, приведены в табл. 1.

**Таблица 1.** Параметры заданных  $S$ -функций

$n$	$I_n$	$C_n$	$k_n$
1	0,7	0,1	1
2	0,8	10	0,5
3	1	1000	1

На рис. 1 представлены графики исходных  $S$ -функций  $Y_1(t)$ ,  $Y_2(t)$ ,  $Y_3(t)$  и их суммы  $Y_S(t)$ , а на рис. 2 – графики первых производных  $y_1(t)$ ,  $y_2(t)$ ,  $y_3(t)$  заданных  $S$ -функций. Максимальные значения функций  $y_1(t)$ ,  $y_2(t)$ ,  $y_3(t)$  соответствуют точкам максимальной скорости возрастания исходных  $S$ -образных кривых. Из графиков на рис. 2 видно, что своих максимумов функции  $y_1(t)$ ,  $y_2(t)$ ,  $y_3(t)$  достигают при трех различных значениях аргумента  $t$ . Следовательно, для определения аналитического выражения, отвечающего условию резонанса нескольких произвольно взятых  $S$ -функций, необходимо найти значения аргументов  $t$  для каждой из функций, соответствующие максимумам их производных, и выразить их через параметры  $C$  и  $k$ .

Очевидно, что при этих значениях аргумента производные функций  $y_1(t)$ ,  $y_2(t)$ ,  $y_3(t)$  (вторые производные исходных  $S$ -функций по  $t$ ) будут равны нулю.

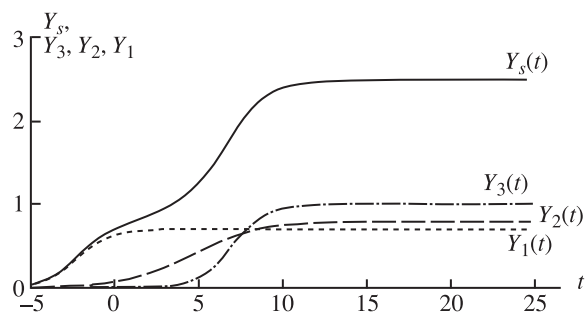


Рис. 1. Заданные S-функции  $Y_1(t)$ ,  $Y_2(t)$ ,  $Y_3(t)$  и их сумма  $Y_S(t)$

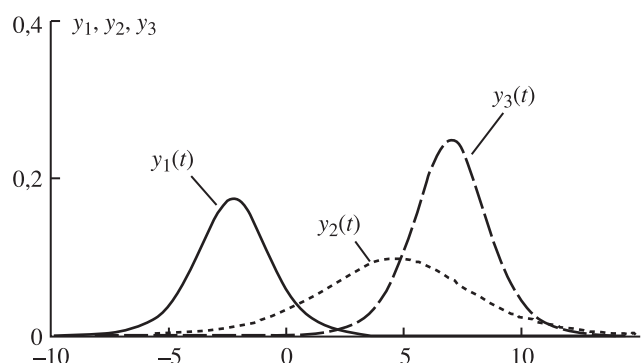


Рис. 2. Производные заданных S-функций  $Y_1(t)$ ,  $Y_2(t)$ ,  $Y_3(t)$

Найдем общее решение поставленной задачи. Для этого приравняем вторую производную произвольной S-функции, заданной как  $Y(t) = I_{\max} / (1 + C e^{-kt})$ , к нулю и решим уравнение относительно  $t$ :

$$2 \frac{I_{\max}}{(1 + C \exp(-kt))^3} C^2 k^2 \exp(-kt)^2 - \frac{I_{\max}}{(1 + C \exp(-kt))^2} C k^2 \exp(-kt) = 0, \quad (2)$$

$$t = -\ln(1/C)/k.$$

Последнее выражение имеет ключевое значение в поиске условия резонанса нескольких S-функций, так как определяет момент  $t$ , когда скорость возрастания каждой из S-функций будет максимальной. Основываясь на приведенном ранее определении резонанса, можно утверждать, что резонанс существует при

$$\frac{-\ln(1/C_1)}{k_1} = \frac{-\ln(1/C_2)}{k_2} = \frac{-\ln(1/C_3)}{k_3} = t_0, \quad (3)$$

где  $t_0$  – момент времени, когда скорость возрастания функции  $Y_S(t)$  (сумма исходных S-функций) становится максимальной. Выражение (3) является искомым условием резонанса.

**Приведение S-функций в резонанс.** Из (2) видно, что значение аргумента  $t_0$  определяется параметрами  $k$  и  $C$ , характеризующими, соответственно, крутизну S-функции и ее сдвиг относительно оси абсцисс. Следовательно, изменение одного или обоих параметров приведет к смещению точки  $t_0$  по оси абсцисс. Таким образом, приведение нескольких S-функций в резонанс сводится к подбору таких значений  $k$  и  $C$  для каждой из них, чтобы выполнялось условие (3).

Определим, какими должны быть значения  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  при неизменных  $k_1$ ,  $k_2$  и  $k_3$ , чтобы заданные S-функции находились в резонансе так, а максимальная скорость возрастания функций была в точке  $t_0 = -3$ . Для этого в (2) подставим числовые значения  $k$  и  $t_0$  для каждой из исходных функций и решим его относительно  $C$ . Обозначим новые значения параметров  $C_i$  как  $C_i^1$  и сведем их в табл. 2.

Таблица 2. Необходимые для резонанса значения параметров  $C_1^1$ ,  $C_2^1$  и  $C_3^1$

Функция	Исходный параметр $C$	Параметр $C^1$
$Y_1(t)$	0,1	0,05
$Y_2(t)$	10	0,223
$Y_3(t)$	1000	0,05

Подставим новые значения  $C_i^1$  в исходные  $S$ -функции, обозначив последние как  $Y_i^1(t)$ . На рис. 3 представлены графики функций а)  $Y_i^1(t)$  и их производных б)  $y_i^1(t)$ . Из графиков видно, что своих максимумов функции  $y_i^1$  достигают в одной точке  $t_0 = -3$ , а значит,  $Y_1^1(t)$ ,  $Y_2^1(t)$  и  $Y_3^1(t)$  находятся в резонансе.

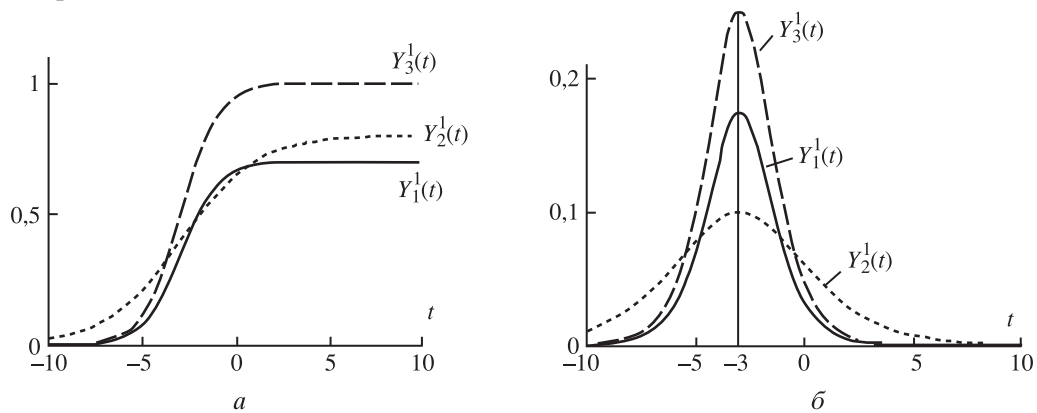


Рис. 3. Графики функций: а)  $Y_1^1(t)$ ,  $Y_2^1(t)$ ,  $Y_3^1(t)$ ; б) их производных  $y_1^1(t)$ ,  $y_2^1(t)$ ,  $y_3^1(t)$

Сравним графики функций  $Y_S(t)$  и  $Y_S^1(t)$  – суммы заданных  $S$ -функций до преобразования и после преобразования соответственно, представленные ниже на рис. 4. Очевидно, что обе функции стремятся к одному и тому же пределу, что объясняется тем, что исходные функции  $Y_1(t)$ ,  $Y_2(t)$  и  $Y_3(t)$  неперiodические и стремятся к своим пределам – 0,7; 0,8 и 1 соответственно. Однако скорость возрастания  $Y_S^1(t)$  существенно больше, чем  $Y_S(t)$ , так как для нее соблюдено условие резонанса (3) составляющих ее компонент  $Y_1^1(t)$ ,  $Y_2^1(t)$  и  $Y_3^1(t)$ .

Важно отметить, что смещение  $S$ -функции по оси абсцисс нелинейно зависит от изменения параметра  $C$  так, что при произвольном значении  $S$ -функции –  $Y(t)$  выражается через  $C$ :

$$t = -\ln[(Y_{\max} - Y)/YC]/k.$$

Данное выражение необходимо учитывать при преобразовании  $S$ -функций путем подбора параметра  $C$  для достижения резонанса  $S$ -функций.

Другим немаловажным свойством приведения нескольких  $S$ -функций в резонанс посредством изменения параметра  $C$  является то, что при его стремлении к бесконечности смещение функции по оси абсцисс неограниченно растет и не имеет предела. Иными словами, *всегда можно подобрать такие значения параметров  $C_1, \dots, C_{n-1}, C_n$ , при которых заданные  $S$ -функции будут находиться в резонансе*. Также следует отметить, что параметр  $C$  в выражении (2) находится под логарифмом и, следовательно, не может быть отрицательным числом.

Как отмечалось ранее, для любой пары  $S$ -функций условие резонанса может быть также удовлетворено путем подбора параметра  $k$ . Определим, какими должны быть значения  $k_1, k_2$  и  $k_3$  при неизменных  $C_1, C_2$  и  $C_3$ , чтобы заданные  $S$ -функции находились в резонансе так, а максимальная скорость нарастания функций была в точке  $t_0 = 5$ . Для этого в (2) подставим числовые значения  $C$  и  $t_0$  для каждой исходной функции и решим его относительно  $k$ . Обозначим новые значения параметров  $k_i$  как  $k_i^1$  и сведем их в таблицу (табл. 3).

Таблица 3. Необходимые для резонанса значения параметров  $k_1^1, k_2^1$  и  $k_3^1$  (параметр  $k^1$  отвечает за резонанс исходных  $S$ -функций в точке  $t_0 = 5$  при неизменном параметре  $C$ )

Функция	Исходный параметр $k$	Параметр $k^1$
$Y_1(t)$	1	-0,599
$Y_2(t)$	0,5	0,461
$Y_3(t)$	1	1,382

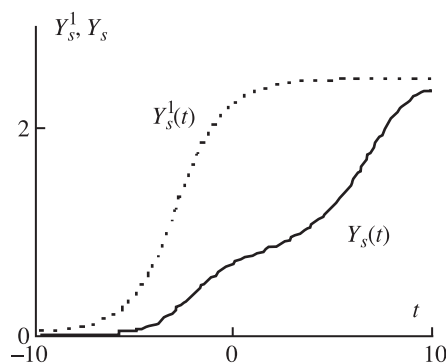


Рис. 4. Графики функций  $Y_S(t)$  и  $Y_S^1(t)$

Заметим, что для выполнения условия резонанса параметр  $k_1^1$  должен иметь отрицательное значение. Как отмечалось ранее, данный параметр характеризует крутизну  $S$ -функции, т.е. скорость ее возрастания. Взятый с обратным знаком, он делает  $S$ -функцию убывающей, что в нашем случае не имеет физического смысла.

Таким образом, *существуют такие пары  $S$ -функций, для которых выполнение условия (3), достигаемого путем подбора параметра  $k$ , означает лишь совпадение по  $t$  их экстремумов и не приводит их в резонанс!* Это крайне важное замечание, которое требует дополнения к условию (3), касающегося области допустимых значений параметра  $k$ :  $k \geq 0$ .

Итак, проанализировав три произвольные  $S$ -функции, можно сделать следующие выводы.

1. Некоторое число  $n$   $S$ -образных кривых находятся в резонансе, если максимумы их первых производных достигаются в одной точке.

2. Условием резонанса  $n$  произвольных  $S$ -функций является

$$\frac{-\ln(1/C_1)}{k_1} = \dots = \frac{-\ln(1/C_{n-1})}{k_{n-1}} = \frac{-\ln(1/C_n)}{k_n} = t_0.$$

3. Условие резонанса справедливо только при всех  $k \geq 0$ .

4. Всегда можно подобрать такие значения параметров  $C_1, \dots, C_n$ , при которых  $S$ -функции  $Y_1(t), \dots, Y_n(t)$  будут находиться в резонансе.

5. Существуют такие пары  $S$ -функций, для которых выполнение условия резонанса, достигаемого путем подбора параметра  $k$ , означает лишь совпадение по  $t$  их экстремумов и не приводит их в резонанс. Иными словами, существуют такие пары  $S$ -функции, которые нельзя привести в резонанс путем подбора параметра  $k$ .

6. Ранее отмечалось, что проявление системного эффекта связано с когерентностью (однаправленностью, взаимоусилением) циклических процессов. В результате совпадение восходящих фаз жизненного цикла основных элементов системы вызывает эффект, аналогичный резонансу.

**Замечание.** Ранее решение данной задачи было выполнено исходя из предположения, что резонанс возникает при одновременном достижении несколькими функциями  $Y_1, \dots, Y_n$  выбранного максимума (Скиба, 2002). В обоих случаях полученные результаты полностью совпадают.

### 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ $I$ , $C$ И $k$

Остается выяснить экономический смысл коэффициентов  $I$ ,  $C$  и  $k$ . Для этого обратимся к данным об интенсивности распространения инноваций IV технологического уклада, полученным С.Ю. Глазевым (Глазев, 2007). Обобщенные статистические показатели, описывающие динамику каждого уклада, строились методом главных компонент из рядов, отобранных в качестве характерных для соответствующего уклада. Суть методики Глазьева состоит в выборке и группировке приблизительно 50 технико-технологических показателей ведущих отраслей для 10 стран за период 1951–1985 гг. Число укладов, их временная локализация и содержательная характеристика были взяты из литературы (в частности (Freeman, 1987)) и специально автором не проверялись. Следует отметить, что анализ 3, 4 и 5-го укладов, проведенный С.Ю. Глазевым,



является по сути единственным описанным в литературе комплексным количественным исследованием технологической динамики<sup>2</sup>.

Методом подбора коэффициентов  $I$ ,  $C$  и  $k$  попытаемся построить графики функции  $Y = I/(1 + Ce^{-kt})$ , которые по внешним признакам соответствовали бы наиболее характерным из них – США и Японии. Основной целью в данном случае является не достижение их абсолютной идентичности, а оценка масштабов влияния коэффициентов  $I$ ,  $k$  и  $C$  на характер изменения функции и последующее уяснение их экономического смысла. На рис. 5 представлены графики, построенные по данным табл. 4.

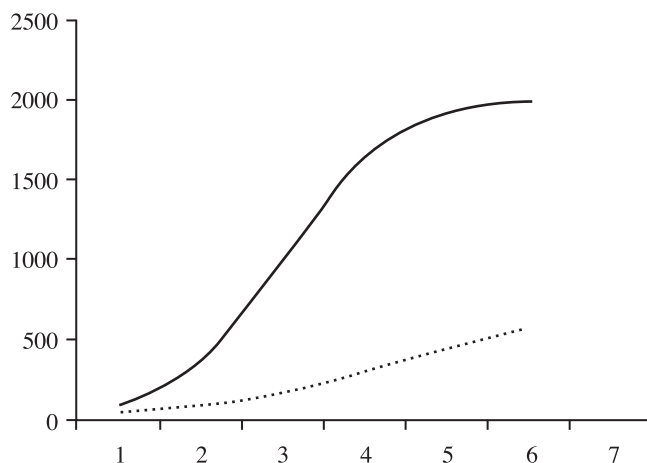


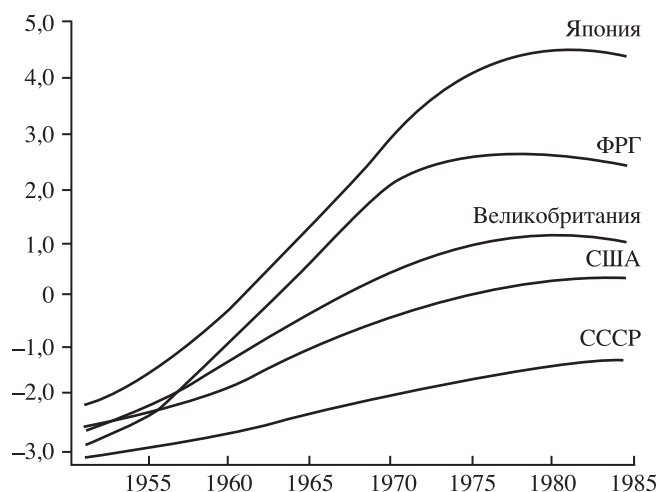
Рис. 5. Вид кривых  $Y = I/(1 + Ce^{-kt})$  при различных значениях выбранных коэффициентов  $I$ ,  $C$  и  $k$

Таблица 4. Значения коэффициентов  $I$ ,  $C$  и  $k$ , использованные при построении графиков на рис. 5

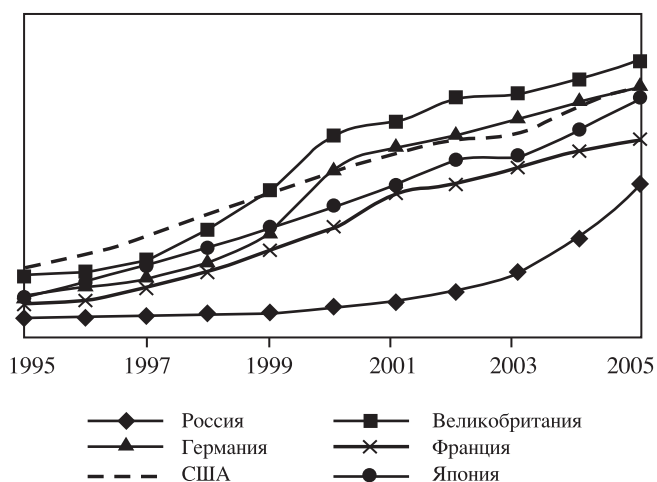
$Y_1$	$Y_2$	$I_1$	$I_2$	$C_1$	$C_2$	$k_1$	$k_2$	$t$
95,238	63,636	2000	700	20	10	0,06	0,04	0
467,24	175,16	2000	700	20	10	0,06	0,04	30
1300,3	368,84	2000	700	20	10	0,06	0,04	60
1837,8	551,6	2000	700	20	10	0,06	0,04	90
1971,5	647,78	2000	700	20	10	0,06	0,04	120
1995,3	683,49	2000	700	20	10	0,06	0,04	150

Визуальное сравнение приведенных С.Ю. Глазьевым выбранных характеристик жизненных циклов IV технологического уклада США и Японии (рис. 6) с графиками функций  $Y_1 = I_1/(1 + C_1e^{-k_1t})$  и  $Y_2 = I_2/(1 + C_2e^{-k_2t})$  (см. рис. 5) обнаруживает их полное сходство. Отождествление каждого коэффициента с наиболее значимыми факторами инновационного роста проведем путем сопоставления макроэкономических и институциональных особенностей экономики США и Японии в рассматриваемый период времени. Далее сравним кривые жизненных циклов V технологического уклада (рис. 7) и построим аналогичные им графики функции  $Y = I/(1 + Ce^{-kt})$  методом подбора и подстановки значений входящих в него коэффициентов  $I$ ,  $k$  и  $C$ . При расчете кривой  $Y_5$  (аналога кривой роста пятого технологического уклада в России), последние два значения  $I$  были увеличены нами в соответствии с ростом государственных затрат в фундаментальную науку и ведущие НИОКР в период 2002–2006 гг.

<sup>2</sup> Уточнение этой методики, состоящее в “очистке” показателей каждого уклада от присутствия предыдущих, представлено в (Синицкий, 2005, с. 18–33).

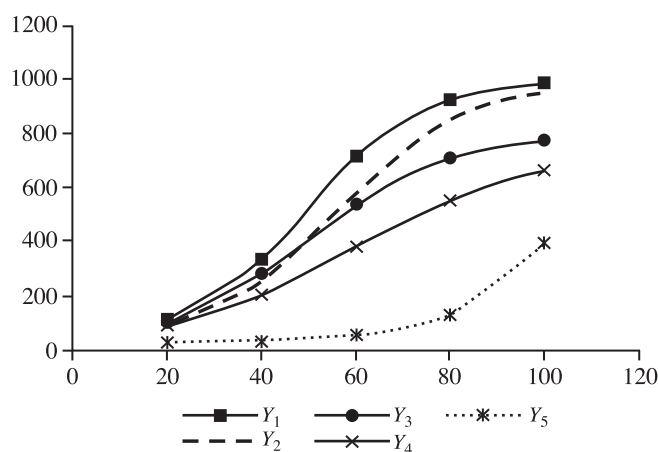


**Рис. 6.** Обобщенный показатель относительного роста четвертого технологического уклада  
Источник: Глазьев, 2007, с. 57.



**Рис. 7.** Обобщенный показатель роста пятого технологического уклада в фазе зрелости  
Источник: Глазьев, 2007, с. 56.

В табл. 5 содержатся значения коэффициентов, по которым строились графики, представленные на рис. 8.



**Рис. 8.** Кривые жизненных циклов пятого технологического уклада, построенные по данным табл. 2

**Таблица 5.** Значения коэффициентов  $I$ ,  $C$  и  $k$ , использованные при построении графиков на рис. 8

$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$t$
111	94	103	90	26	1000	900	800	750	200	40	35	25	20	10	0,08	0,07	0,065	0,05	0,02	20
332	250	282	204	37	1000	900	800	750	200	50	35	25	20	10	0,08	0,07	0,065	0,05	0,02	40
713	576	534	378	50	1000	900	800	750	200	50	35	25	20	10	0,08	0,07	0,065	0,05	0,02	60
925	847	705	551	132	1000	900	800	750	250	50	35	25	20	10	0,08	0,07	0,065	0,05	0,03	80
984	958	772	663	394	1000	900	800	750	500	50	35	25	20	15	0,08	0,07	0,065	0,05	0,04	100

Коэффициент  $I$  задает асимптотический максимум функции. Это в первую очередь – размер инвестиций или долгосрочных кредитов, которые, в конечном итоге, трансформируются в объем выпуска инновационной продукции. Сравнение кривых технологического роста США и Японии подтверждает это. Первый этап послевоенного развития Японии был обеспечен в первую

очередь массивными внешними инвестициями (в основном американскими). Дальнейший подъем происходил за счет создания ряда высокотехнологических гигантов (кейрецу), обеспечивающих бурное развитие экспорта (Иноземцев, 2000; Минакир, 2005). Наоборот, США в этот момент имели отрицательный торговый баланс, а большинство разработок выполнялось по заказам оборонного и ракетно-космического ведомств.

Влияние коэффициентов  $C$  и  $k$  на динамику процессов гораздо сложнее, учитывая множественность и взаимное влияние факторов, связанных с ними. Как видно из графиков на рис. 5, технологический рост Японии имеет более выраженный циклический характер с более четко обозначенными фазами роста, замедления и зрелости. Проанализируем причины успеха японской экономики в начале 1960-х годов. Первая – необыкновенно высокое качество продукции, завоевавшей всеобщий авторитет и признание. При относительно невысоких ценах это обеспечило устойчивый спрос и расширение рынков. Вторая – менеджмент, нацеленный на повышение эффективности производства за счет высочайшей организации и повышения производительности труда в условиях жестких ресурсных ограничений. Третья – активная поддержка государством экспортоориентированных производств. Сравним эти данные с данными американской экономики. Ее основное отличие – приоритет внутреннего спроса и нацеленность высокотехнологичных производств на его удовлетворение. Здесь просматриваются два аспекта. Политический аспект связан с гонкой за мировое лидерство в военно-технической и космической сфере, экономический – с непрерывным обновлением предложения как способом активизации рыночных сил. Здесь проявляется основной принцип американцев: “конкуренция – двигатель экономики”. Следуя этому принципу, действия правительства концентрируются на создании эффективного рынка и развитии форм государственно-корпоративного сотрудничества.

Попытаемся связать все это с коэффициентом  $k$ , приняв во внимание, что для функций спроса (т.е. диффузии продуктовых инноваций) и предложения (производства) этот коэффициент будет иметь разный смысл и значение<sup>3</sup>. Нетрудно заметить, что наиболее сильное воздействие на кривизну участков, обозначающих фазовые переходы, оказывает именно этот коэффициент. Относительно небольшое увеличение коэффициента  $k$  существенно сокращает продолжительность всего процесса и делает изгиб  $S$ -образной кривой более выраженным. При его значительном увеличении функция  $Y$  по внешнему виду приближается к функции единичного скачка с порогом в точке, близкой к  $t = 0$ . Наоборот, при уменьшении  $k$  функция становится более пологой, в пределе при  $k = 0$  вырождаясь в горизонтальную линию. В качестве подтверждения нашего предположения относительно связи  $k$  и рыночного спроса приведем изображенную на рис. 6 практически прямую линию количественного роста технологий IV уклада в СССР. Такая конфигурация кривой соответствует плановому характеру общественного производства и распределения в тот период. Величина  $k$  при этом ничтожно мала (но не равна 0!). Не имея возможности ознакомиться с базой статистических данных, которыми пользовался С.Ю. Глазьев при построении графиков на рис. 6, выскажем предположение, что это связано с экспортом продукции среднего и тяжелого машиностроения, который имел место во времена СССР. Таким образом, кривизна  $S$ -образной кривой жизненного цикла инноваций, по сути, отражает динамику спроса. Это дает основание предполагать, что в функции  $Y_1 = I_1 / (1 + C_1 e^{-k_1 t})$ , описывающей скорость диффузии инноваций, коэффициент  $k_1$  характеризует реакцию спроса на инновации данного поколения используемых технологий. Причем реакцию, обусловленную институциональными, экономическими, маркетинговыми и иными причинами. В итоге получается весьма многообразная и пестрая смесь факторов различной природы. Дать количественную оценку влияния каждого из них в отрыве от остальных факторов вряд ли возможно, особенно если учесть, что влияние каждого фактора меняется от фазы к фазе (т.е. во времени). Поэтому мы приходим к выводу, что коэффициент  $k_1$  является интегральной оценкой синергетического эффекта, возникающего в результате взаимодействия всей совокупности внешних факторов, определяющих спрос на продуктовые инновации. Численное значение  $k_1$  может быть найдено методом сравнения по шкале рейтинговых оценок инновационной динамики наиболее и наименее развитых экономик. В этом случае за эталон следует брать лидера по темпам роста базисных инновационных отраслей в фазе ускоренного роста. По сути, только она (фаза “разгона”) и представляет для нас настоящий интерес, поскольку

<sup>3</sup> В дальнейшем в уравнении  $Y_1 = I_1 / (1 + C_1 e^{-k_1 t})$ , описывающем процесс распространения инноваций в потребительской среде (т.е. спрос на инновации), все коэффициенты будем обозначать индексом “1”. Соответственно, в уравнении  $Y_2 = I_2 / (1 + C_2 e^{-k_2 t})$  индекс “2” будет обозначать предложение (т.е. производство).

ку дальнейший рост происходит в большей степени за счет инерции и своевременного внесения корректирующих “добавок”. Что же касается коэффициента  $I_1$ , то он отражает потенциальный максимум платежеспособного спроса (или емкость рынка).

Теперь о коэффициенте  $C_1$ . Как видно из графиков на рис. 6, кривые динамики рынка США и Японии достигли максимума приблизительно в одно и то же время при разных темпах роста. При разных значениях  $k_1$  и  $k_2$  это происходит за счет существенного различия коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$  (см. табл. 4), характеризующих эффективность институтов государства и общества, стимулирующих и благоприятствующих созданию и распространению инноваций. То есть коэффициент  $C$  тоже участвует в формировании фаз, однако делает это более мягко, как бы вытягивая  $S$ -образную кривую во времени и снижая тем самым эффект активного воздействия коэффициента  $k$ . Такое невыразительное поведение функции, описывающей динамику насыщения рынка, ассоциируется с некой вязкостью потребительской среды, ее низкой проницаемостью для информационных и коммуникативных сигналов, несоответствием ментального и культурно-образовательного уровня потребителей свойствам, заложенным в инновации, сложившимися потребительскими стереотипами и схемами. Попробуем сформулировать эту мысль более конкретно: с помощью коэффициента  $C_1$  мы предлагаем оценивать эффективность рыночных и общественных институтов, формирующих восприимчивость инноваций и обеспечивающих смазку всех узлов рыночного механизма. Очевидно, что для количественной оценки коэффициента  $C_1$  может быть также использован упомянутый ранее метод рейтинговой оценки эффективности институтов.

Дадим интерпретацию коэффициентов  $C_2$  и  $k_2$ . На рис. 9 изображена кривая жизненного цикла производственной системы, на ней отмечены фазы зарождения (I), ускоренного роста (II), замедляющегося роста или стабилизации (III) и зрелости (IV). Ранее мы указали, что основное влияние на динамику логистической функции  $Y_2 = I_2 / (1 + C_2 e^{-k_2 t})$  оказывает  $k_2$ . Как видно на рис. 9, максимальный темп роста имеет место в точке перегиба  $S$ -образной кривой. Он определяется тангенсом угла  $\beta$ , образованного касательной в точке  $A$  и осью абсцисс, т.е.  $k_2$  задает темп экстенсивного роста производственной системы  $Y_2$ , определяемый величиной  $\text{tg } \beta$ .

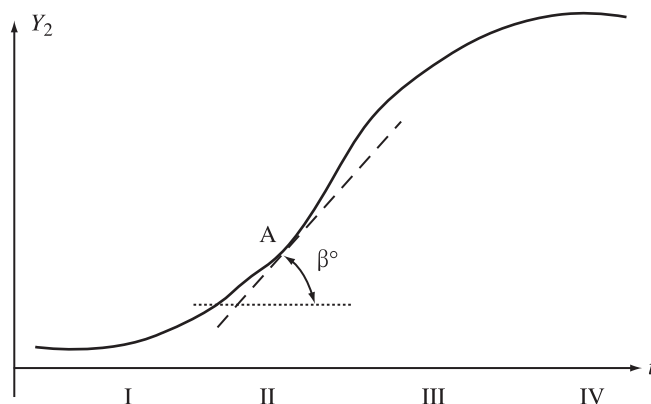


Рис. 9. Графическая интерпретация связи коэффициента  $k$ ,  $\text{tg } \beta$  и динамики экстенсивного роста системы  $Y_2$  в фазе II

Вместе с тем экстенсивный рост инновационной производственной системы зависит от притока инвестиций, которые устремляются к производствам, максимизирующим технологическую ренту. Следовательно, коэффициент  $k_2$  характеризует рентабельность инвестиций, которая, в свою очередь, определяется особыми свойствами выпускаемого инновационного продукта, применяемыми технологиями и качеством менеджмента (организационно-управленческого уровня), адекватно реагирующего на поведение рынка и изменение спроса.

Эти рассуждения наводят на мысль, что коэффициент  $k_2$  характеризует прежде всего инновационный потенциал предприятия (системы). Точнее – его динамичность и соответствие стратегического, технологического, организационного и кадрового элементов технологическим и рыночным параметрам продуктовых инноваций. Исходя из этого,  $k_2$  представляется комплексным показателем, характеризующим: а) степень радикальности инноваций; б) рентабельность производства; в) инновационный потенциал предприятия как способность к адекватной реакции предложения на фазовые изменения спроса; г) синхронность внутрипроизводственных процессов и

потоков (т.е. качество управления). В этом перечне необходимо выделить причину и следствия. Очевидно, что исходным фактором является все-таки инновационный потенциал предприятия, а все остальные – становятся формами его реализации.

Относительно коэффициента  $C_2$ . Здесь нужно исходить из того, что взаимодействие рынка и производства происходит в единой институционально-экономической среде. Ее соответствие технологическому и коммерческому уровню инноваций будет стимулировать диффузионные процессы, делая их связными и когерентными<sup>4</sup>. Это дает основание считать, что коэффициент  $C_2$  применительно к производственной системе характеризует эффективность мер внешнего регулирования (преференций, банковских, административных и иных льгот), а также институтов гражданского общества, государства и рынка, обеспечивающих расширение выпуска инноваций. Наконец, самое главное – эффективные институты открывают возможности достижения экономического благополучия за счет технологической ренты, ограничивая при этом возможности ее получения в непроизводительных сферах и обеспечивая более привлекательные возможности ее получения в научно-технологической сфере<sup>5</sup>. Что же касается коэффициента  $I_2$ , отражающего асимптотический предел функции, то он в наибольшей степени соответствует производственной мощности системы либо величине направленных в нее инвестиций.

Таким образом,  $C_1$  представляет собой рейтинговую оценку институтов и мер, поддерживающих рынок инноваций и формирующих покупательские ориентиры;  $k_1$  – состояние спроса на инновации,  $C_2$  – оценку институциональной среды, поддерживающей производство и меры по его стимулированию;  $k_2$  – инновационный потенциал предприятия;  $I_1$  и  $I_2$  – соответственно емкость рынка (объем платежеспособного спроса) и объем производственных инвестиций. В такой интерпретации знаменатель уравнения  $Y_2 = I_2 / (1 + C_2 e^{-k_2 t})$  представляется не чем иным, как динамическим коэффициентом мультипликации инвестиций Дж.М. Кейнса.

В рассматриваемых числовых примерах динамика переходного процесса определялась изменением лишь одной переменной – времени  $t$  при неизменных значениях коэффициентов  $k$  и  $C$ . В реальности же они подвержены циклическим изменениям. Однако найти удовлетворительное решение этой многофакторной задачи чрезвычайно трудно. Поэтому может быть предложена не индивидуальная количественная оценка изменяющихся факторов, а фиксированного (синергетического) эффекта, создаваемого их совместным действием. Причем не просто создаваемого, а поддерживаемого на неизменном уровне при помощи гибко изменяющегося набора макроинструментов. Числовые значения коэффициентов  $C_1$ ,  $C_2$  и  $k_1$ ,  $k_2$  могут быть найдены на основе рейтинговых оценок инновационного потенциала предприятий или отраслей, рыночной среды, создаваемых инноваций и качества институтов. Для этого необходимы дополнительные экспертно-статистические и аналитические исследования.

**Выводы.** Реальные экономические процессы протекают в русле синтеза инновационно-циклической динамики и системного подхода. В такой постановке системный эффект взаимодействия циклических процессов приобретает смысл и характер резонанса. Представленные условия синхронизации процессов, которые характеризуются  $S$ -функциями, а также предварительный анализ основных влияющих факторов и интерпретация обозначающих их коэффициентов, являются первым шагом к эмпирическому описанию эффектов, возникающих в реальных экономических системах. На наш взгляд, в отличие от широко известных подходов предлагаемый метод позволяет устранить выборочное одностороннее понимание сущности инновационных процессов. Для перехода к решению задачи математического моделирования резонанс-эффектов на макро- либо микроуровне необходима количественная оценка факторов, определяемых коэффициентами  $I_i$ ,  $C_i$  и  $k_i$ , на основе обработки и анализа соответствующего массива экспертно-статистических данных.

<sup>4</sup>Торможение нововведений из-за несоответствия применяемых мер экономического регулирования более инертной и консервативной институциональной среде отмечено многими известными авторами (см., например (Зюидов, 2008, с. 39; Цирель, 2008, с. 605; Богомоллов, 2004, с. 188; Клейнер, 2004)).

<sup>5</sup>В качестве примера приведем выводы, к которым приходит ряд авторов по поводу особенностей национальной модели корпоративного поведения. К ним относят в первую очередь: перманентный процесс перераспределения собственности; специфическую мотивацию многих инсайдеров (менеджеров, собственников), связанную с контролем финансовых потоков, умышленные банкротства и вывод активов; слабую или нетипичную роль традиционных внешних регуляторов (конкуренции, банкротства, фондового рынка и др.); неэффективность и/или выборочность лоббирования государством (в том числе региональными властями) неэффективных хозяйственных структур и предприятий; тотальную невосприимчивость инноваций как таковых (см. (Радыгин, 2002, с. 101–124; Клейнер, 2004) и др.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богомолов О.Т.** (2004): Нобелевский лауреат о российских реформах // *Мир перемен*. № 1.
- Глазьев С.Ю.** (1993): Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВладДар.
- Глазьев С.Ю.** (2007): О задачах структурной политики в условиях глобальных технологических сдвигов // *Экономическая наука современной России*. № 3 (38).
- Ерохина Е.А.** (2000): Теория экономического развития: системно-синергетический подход. Томск: ТГУ.
- Зюндов К.Х.** (2008): К проблеме исследования циклических процессов в советской и переходной российской экономике. Часть 2 // *Экономическая наука современной России*. № 1 (40).
- Иноземцев В.Л.** (2000): Пределы “догоняющего развития” М.: ЗАО «Издательство “Экономика”».
- Клейнер Г.Б.** (2004): Эволюция институциональных систем. М.: Наука.
- Клейнер Г.Б.** (2007): Системная парадигма и экономическая политика // *Общественные науки и современность*. № 2, 3.
- Колемаев В.А.** (2004): Математическая экономика. М.: ЮНИТИ-ДАНА.
- Колемаев В.А.** (2005): Синергетика линейной экономики // *Собственность и рынок*. № 6.
- Кондратьев Н.Д.** (2002): Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. М.: ЗАО «Издательство “Экономика”».
- Корнаи Я.** (2002): Системная парадигма // *Вопросы экономики*. № 4.
- Маевский В.И.** (1995): Макроэкономические аспекты теории эволюционной экономики. В сб.: “*Эволюционный подход и проблемы переходной экономики*”. М.: ИЭ РАН.
- Маевский В.И.** (1997): Введение в эволюционную макроэкономику. М.: Япония сегодня.
- Макаров В.Л.** (1995): В сб.: “*Эволюционный подход и проблемы переходной экономики*”. М.: ИЭ РАН.
- Московкин В., Михайлов В.** (2002): Использование логистической кривой при оценке эффективности инновационной деятельности // *Бизнес-Информ*. № 9–10.
- Нижегородцев Р.М.** (2002): Информационная экономика. Кн. 1. Информационная Вселенная: информационные основы экономического роста. М., Кострома: МГУ им. М.В. Ломоносова – КГУ.
- Опыт рыночных трансформаций (2005): Опыт рыночных трансформаций в странах Юго-Восточной Азии (институциональные аспекты). Владивосток: ДВО РАН.
- Полтерович В.М., Попов В.В.** (2005): Эволюционная теория экономической политики. В сб. “*Стратегическое планирование и развитие предприятий*”. VI Всероссийский симпозиум. М.: ЦЭМИ РАН.
- Полтерович В.М., Хенкин А.А.** (1988): Диффузия технологий и экономический рост. М.: Наука.
- Радыгин А.** (2002): Корпоративное управление в России: ограничения и перспективы // *Вопр. экономики*. № 1.
- Синицкий А.В.** (2005): К количественной теории технико-технологических укладов // *Вестник МГУ*. Серия 6. Экономика. № 6.
- Цирель С.В.** (2008): “QWERTY-эффекты”, “path dependence” и закон Седова, или Возможно ли выращивание устойчивых институтов в России. Terra economicus. Сборник статей российских и зарубежных экономистов начала XXI. М.: Наука-Спектр.
- Яблонский А.И.** (1986): Математические модели в исследовании науки. М.: Мысль.
- Freeman С.** (1987): *Technology Policy, and Economic Performance: Lessons from Japan*. Science Policy Research Unit. University of Sussex. L., N.Y.: Pinter Pub. Ltd.
- Verhulst P.-F.** (1838): Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement // *Correspondence mathematique et physique-bruxelles*. Tome 10. P. 113–121.

Поступила в редакцию  
14.10.2009 г.

## **Resonance Effect in Innovative Systems – Conditions of Origination and Economic Interpretation**

**A.N. Skiba, V.A. Garkavyj**

The main manifestation of economic unbalance is cyclicity. Innovations life-cycle is described by means of S-curve logistic functions. Another important manifestation of economical dynamics is the systematic character (systemic) of changes and cause-effect relations. Systemic effect of interaction of manufacturing system elements with the technological innovations is of synergetic nature and originates as a result of coincidence of their life-cycles rising phases.

**Keywords:** innovation, resonance effect, S-function, synchronization, economic system.

---

---

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
И ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

---

---

ОСНОВАНИЯ ТЕОРИИ ФИДУЦИАЛЬНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ:  
ПРИНЦИП ИНЕРТНОСТИ\*

© 2011 г. В.З. Беленький, А.А. Заславский

(Москва)

Теория фидуциальных вероятностей базируется на идее Р. Фишера “обращения вероятностей”. Поиски обоснования этой эвристической идеи ведутся до сих пор. В статье показано, что вся фидуциальная теория может быть построена на основе сформулированного авторами логически ясного принципа инертности: “случайные величины, свободные априорно, должны оставаться таковыми же и апостериорно”.

**Ключевые слова:** инвариантные семейства распределений, свободные случайные величины, фидуциальные вероятности, принцип инертности.

ВВЕДЕНИЕ

*Фидуциальные вероятности* (fiducial – основанный на вере, доверии (Англо-русский словарь, 1977)) являются одним из инструментов статистического оценивания неизвестного параметра распределения наблюдаемой последовательности одинаково распределенных случайных величин. Это понятие было предложено Р. Фишером (Fisher, 1933, 1935) в 1920-х годах почти одновременно (чуть позже) с введенным Ю. Нейманом (Neuman, 1934) понятием *доверительный интервал*.

По своей природе фидуциальные вероятности имели эвристический, полуинтуитивный характер, и в последующих исследованиях статистики пытались найти аргументы к их обоснованию (см. например, ряд статей в методологической серии “*Journal of the Royal Statistical Society*” (Williams, 1963; Dempster, 1963; Barnard, 1963; Healy, 1963)). А.Н. Колмогоров еще в 1940-е годы отмечал в статье (Колмогоров, 1942), что в ситуации полной априорной неопределенности при малом числе наблюдений наилучшие оценки дают фидуциальные вероятности.

В 1960-х годах фидуциальные вероятности были строго определены в работах Д. Фрэзера, Р. Хора и Р. Белера (Fraser, 1961; Hora, Bueler, 1965), заложивших инвариантную теорию оценивания (Закс, 1975, с. 35). Позднее эти работы были продолжены в исследованиях Г.П. Климова и А.Д. Кузьмина (Климов, 1973; Климов, Кузьмин, 1975). В (Закс, 1975, § 7.4) показано, что в теории статистических выводов фидуциальные вероятности дают, в определенных ситуациях, наилучшее решение.

В 1980-е годы В.З. Беленький, обдумывая возможные подходы к инвариантной постановке задачи оптимального выбора в ситуации полной априорной неопределенности, самостоятельно пришел к понятию “фидуциальные вероятности”. В (Беленький, 1990) был сформулирован *принцип инертности* и его связь с фидуциальной теорией.

Настоящая методологическая статья призвана показать, что принцип инертности может служить логическим обоснованием инвариантной теории фидуциальных вероятностей. Строгого обоснования сущности этой теории нет до сих пор (см., например, в (Kyburg, 1983; Hampel, 2003; Heike et al., 2003)).

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект 09-02-00479) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 09-01-00156).

В разд. 2 систематически изложено построение фидуциальных вероятностей в рамках инвариантной теории. В основе этого построения лежит интуитивная фишеровская идея “обращения вероятности”. В разд. 3 формулируется принцип инертности. Доказывается основное утверждение универсальности характера принципа инертности, что и позволяет принять принцип инертности как логическую основу всей фидуциальной теории.

Изложение принципа инертности в рамках общепринятого языка аксиоматической теории вероятностей Колмогорова затруднительно. Для облегчения формулировок понятий и результатов авторы используют такие термины, как “условное событие”, “условная случайная величина”. Поскольку эти термины малоупотребительны (хотя и не оригинальны), их точное содержание раскрывается в разд. 1.

## 1. ПОНЯТИЯ “УСЛОВНОЕ СОБЫТИЕ”, “УСЛОВНАЯ СЛУЧАЙНАЯ ВЕЛИЧИНА”

**1.1. Вероятностное пространство.** В аксиоматике А.Н. Колмогорова вероятностное пространство задается тройкой

$$\Pi = (\Omega, \mathcal{F}, \mathbf{P}). \quad (1)$$

Здесь  $\Omega$  – множество элементарных исходов;  $\mathcal{F}$  – счетно-аддитивная  $\sigma$ -алгебра подмножеств  $A \subseteq \Omega$ , интерпретируемых как события в  $\Pi$  (поле событий);  $\mathbf{P}$  – вероятностная мера на  $\mathcal{F}$ .

**Примечание.** Обычно в конкретном контексте вероятностное пространство *фиксировано*, понятие “событие”  $A \in \mathcal{F}$  и отвечающее ему “множество”  $A \subseteq \Omega$  отождествляются. В нижеследующем определении понятия “условное событие” мы имеем дело с ситуацией, когда одно и то же множество задает разные события – условное и безусловное. В такой ситуации необходимо различать термины “событие” и “множество”. С этой целью будем обозначать через  $\tilde{A}$  множество в  $\Omega$ , отвечающее событию  $A$  (прообраз  $A$ ). Вся  $\sigma$ -алгебра прообразов обозначается  $\tilde{\mathcal{F}}$ . Событие  $A \in \mathcal{F}$  и его прообраз  $\tilde{A} \subseteq \tilde{\mathcal{F}}$  находятся во взаимно-однозначном соответствии.

**1.2. Условные события относительно события  $B$  с ненулевой вероятностью.** Для фиксированного события  $B \in \mathcal{F}$  с ненулевой вероятностью условные вероятности определяются формулой

$$P(A | B) := P(AB) / P(B), A \in \mathcal{F}. \quad (2)$$

Приводя эту формулу в своем учебнике, Б.В. Гнеденко (1965) замечает (с. 57)<sup>1</sup>, что формула (2) “...задает вероятностное пространство для условных вероятностей  $(B, \mathcal{F}_B, P(AB) / P(B))$ ”. Следуя этому замечанию, введем для события  $B$  *условное вероятностное пространство*<sup>2</sup>

$$\Pi_B := (B, \mathcal{F}_B, \mathbf{P}_B). \quad (3)$$

По определению, множеством элементарных событий пространства  $\Pi_B$  является множество  $\tilde{B} \subseteq \Omega$ ;  $\sigma$ -алгебра  $\mathcal{F}_B$  индуцируется  $\sigma$ -алгеброй  $\mathcal{F}$  в следующем смысле:  $\mathcal{F}_B := \tilde{\mathcal{F}} \cap \tilde{B}$ . Это означает, что

$$i) \mathcal{F}_B \subseteq \tilde{\mathcal{F}};$$

ii) каждое событие  $A \in \mathcal{F}$  однозначно порождает *условное событие*  $A_B \in \mathcal{F}_B$  через его прообраз в  $\tilde{B}$

$$\tilde{A}_B := \tilde{A} \cap \tilde{B}; \quad (4)$$

iii) обратно, каждому условному событию  $A_B \in \mathcal{F}_B$  однозначно соответствует его прообраз  $\tilde{A}_B \subseteq \tilde{B} \subseteq \Omega$ , причем он может быть порожден целым пучком событий  $A \in \mathcal{F}$ , удовлетворяющих равенству (4).

<sup>1</sup> В переизданном учебнике (Гнеденко, 2005) это замечание почему-то (?) изъято.

<sup>2</sup> Здесь авторы не оригинальны; это понятие не является нововведением, оно имеется, например, в (Климов, 1983, гл. 1, § 4).



Вероятностная мера  $\mathbf{P}_B$  задается формулой

$$P_B(A_B) := P(A|B) \quad A_B \in \mathcal{F}_B, \quad (5)$$

причем в силу (2) и *iii*) правая часть определена однозначно (не зависит от выбора события  $A$  из пучка (4)); тем самым, понятия “вероятность условного события” и “условная вероятность” синонимичны.

Пусть задана некоторая система непересекающихся событий  $\{B_j\} \in \mathcal{F} (P(B_j) > 0)$ , прообразы которых образуют полное разбиение  $\Omega$ . С каждым  $j$  из этих событий можно связать условное вероятностное пространство  $\Pi_j$  вида (3), и тогда каждое событие  $A \in \mathcal{F}$  может быть представлено в виде

$$A = \sum_j A_{B_j} \times B_j, \quad (7a)$$

где  $A_{B_j}$  – условное событие в пространстве  $\Pi_j$ ; в правой части (7a) стоит произведение (т.е. одновременную реализацию) событий, первое из которых является условным, а второе – безусловным (так как  $B_j \in \mathcal{F}$ , а  $A_{B_j} \in \mathcal{F}_{B_j} \subset \mathcal{F}$ , то их произведение – это событие  $\sigma$ -алгебры  $\mathcal{F}$ , определяемое обычным образом).

**1.3. Условные события относительно значения случайной величины.** Случайная величина (с.в.) на пространстве  $\Pi$  есть некоторая  $\mathcal{F}$ -измеримая функция  $\psi(\omega)$ ,  $\omega \in \Omega$ . Если множество значений  $Y$  с.в.  $\psi$  дискретно ( $Y = \{y_j\}$ ), то условное событие относительно значения  $y_j$  (принимаемого с положительной вероятностью) определяется в соответствии с п. 1.2, для события  $B = \{\omega \in \Omega \mid \psi(\omega) = y_j\}$ .

Сложнее обстоит дело, если множество значений  $Y$  с.в.  $\psi$  непрерывно, и для любого значения  $y \in Y$   $P(\psi = y) = 0$ . В этом случае полная система событий  $\{B_y := \{\omega \in \Omega \mid \psi(\omega) = y\}, y \in Y\}$  является континуальной и  $P(B_y) = 0$ , поэтому изложенная выше конструкция неприменима. Тем не менее соотношение, аналогичное (7a), сохраняет силу; оно имеет вид

$$A = \bigcup_{y \in Y} A_{B_y} \times B_y, \quad (7b)$$

и это позволяет корректно и однозначно определить вероятностную меру  $\mathbf{P}_{B_y}$  (см., например, учебники по теории вероятностей (Феллер, 1967, § 5.10)) или, более современный (Ширяев, § 2.7, определение 5)<sup>3</sup> и, тем самым, условное вероятностное пространство  $\Pi_{B_y}$ .

Важно подчеркнуть, что поскольку в соотношениях (7) участвуют только события (а не вероятности), они *не зависят от вероятностных мер*  $\mathbf{P}_{B_j}, \mathbf{P}_{B_y}$ . Именно в этом заключается преимущество понятия “условное событие” (которое и используется в статье) перед условными вероятностями. Вероятностным аналогом соотношений (7) является формула полной вероятности.

Выделим важный частный случай: если событие  $A$  влечет одно из событий  $B$  полной системы (т.е.  $A \subseteq \bar{B}$ ), то формула (7) упрощается:

$$A = A_B \times B. \quad (8)$$

**1.4. Условные случайные величины.** Для фиксированного события  $B \in \mathcal{F}$  *условная случайная величина* – это фрагмент (обычно употребляют термин “сужение”) на множестве  $\bar{B}$  функции  $\psi(\omega)$ , рассматриваемый в пространстве  $\Pi_B$ . Этот фрагмент является  $\mathcal{F}_B$ -измеримой функцией, так как  $\bar{\mathcal{F}}_B \subseteq \bar{\mathcal{F}}$ .

**1.5. Вероятностное пространство, заданное случайной величиной.** В практических приложениях аксиоматической теории в качестве пространства  $\Omega$  выступает обычно выборочное пространство  $X$  значений некоторой “первичной” с.в. с известной функцией распределения  $\mathbf{F}$ . Иначе говоря, с точки зрения экспериментатора, первичным является не пространство “абстрактных” элементарных событий, а непосредственно результаты количественных измерений,

<sup>3</sup> В учебнике (Гнеденко, 1965, § 52) эта тема изложена недостаточно строго с современной точки зрения.

которые признаются (многомерной, векторной) случайной величиной, описываемой функцией распределения  $\mathbf{F}$ . В этом случае вероятностное пространство задается вместо (1) парой

$$\Pi = \{X, \mathbf{F}\}, \tag{9}$$

а  $\sigma$ -алгебра порождается функцией распределения  $\mathbf{F}$ . Сама функция распределения интерпретируется в (9) как вероятностная мера на  $X$  (обозначаемая обычно той же буквой), т.е.

$$\mathbf{F}(A) := \int_{x \in A} d\mathbf{F}(x) \quad \forall A \subseteq X.$$

Все сказанное ранее полностью сохраняется для вероятностного пространства (9). В основной части статьи мы будем иметь дело именно с таким пространством.

## 2. ИНВАРИАНТНАЯ ТЕОРИЯ ФИДУЦИАЛЬНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

**2.1. Инвариантно-групповое семейство распределений.** Статистик наблюдает входную последовательность (ВП)  $\xi = (\xi_j, j = 1, 2, \dots)$  независимых одинаково распределенных случайных величин. Статья имеет методологический характер, и рассматриваются только одномерные с.в., выборочным пространством которых служит либо вся прямая  $Y = R$ , либо положительная полуось  $Y = R_+ := \{y > 0\}$ <sup>4</sup> (хотя, в принципе, ничто не мешает рассмотрению многомерных с.в.).

Вид функции распределения (ф.р.)  $F^\theta$  входной последовательности известен с точностью до параметра  $\theta$ , являющегося элементом некоторой группы  $\mathcal{G}$  преобразований на  $Y$ . Каждый элемент  $g \in \mathcal{G}$  задает преобразование  $g : Y \rightarrow Y$  выборочного пространства  $Y$  в себя, и семейство  $\mathcal{G}$  этих преобразований образует *транзитивную* ( $g_1, g_2 \in \mathcal{G} \Rightarrow g_1 g_2 \in \mathcal{G}$ ) *полную* ( $\forall g_1, g_2 \exists g: g_2 = g_1 g$ , или, что равносильно, для любого  $g$  существует обратный элемент  $g^{-1}$ ) непрерывную группу. Тожественному преобразованию соответствует *единица* группы  $\mathcal{G}$ , которая обозначается  $\mathbf{1}$ .

Если  $\xi$  подчиняется распределению  $F^\theta \in \mathcal{F}$ , то этот факт отображается в записи  $\xi \mapsto \theta$ ; символ  $\overset{\circ}{\xi}$  означает  $\xi \mapsto \mathbf{1}$ .

Таким образом, задано инвариантно-групповое семейство распределений  $\mathcal{F} = \{F^g, g \in \mathcal{G}\}$ . Свойство инвариантности состоит в том, что если  $\xi \mapsto \theta$ , то  $g\xi \mapsto g\theta \quad \forall g \in \mathcal{G}$ ; отсюда следует

$$F^g(y) = F(g^{-1}y), \quad y \in Y, \quad g \in \mathcal{G}, \tag{10}$$

где *опорная* ф.р.  $F$  отвечает значению  $g = \mathbf{1}$ .

Отметим эквивалентность случайных величин (совпадение функций распределения)

$$\xi \asymp \theta \overset{\circ}{\xi}, \quad \text{если } \xi \rightarrow \theta.$$

В работе рассматриваются три непрерывные группы преобразований: 1) группа  $\mathcal{G} = C$  сдвигов на прямой ( $gy := y + c; Y = R$ ); 2) группа  $\mathcal{G} = \Lambda$  растяжений полуоси ( $gy := \lambda y, \lambda > 0; Y = R_+$ ); 3) полная группа  $\mathcal{G} = L$  аффинных преобразований на прямой ( $g = (\lambda, c), gy := \lambda y + c, \lambda > 0; Y = R$ ). Приводим список основных инвариантно-групповых семейств.

**Семейство 1.** Равномерные распределения  $U(\Delta)$  на интервале  $\Delta$  с плотностью

$$f^g(x) = \frac{1}{|\Delta|} \begin{cases} 1, & x \in \Delta; \\ 0, & x \notin \Delta; \end{cases} \quad x \in R, \tag{11}$$

где  $|\Delta|$  – длина интервала  $\Delta$ .

1.1.  $\Delta = [\theta - 1/2, \theta + 1/2], g = \theta \in C = \{c | c \in R\} = R, \quad d = 1.$

1.2.  $\Delta = [0, \theta], g = \theta \in \Lambda = \{\lambda | \lambda > 0\} = R_+, \quad d = 1.$

1.3.  $\Delta [a, b], g = (b - a, a) \in L = \{(\lambda, c) | \lambda \geq 0, c \in R\}, \quad d = 2.$

Здесь и всюду в дальнейшем  $d := \dim \mathcal{G}$  – размерность группы  $\mathcal{G}$ .

<sup>4</sup>Обычно в  $R_+$  включается и значение  $y = 0$ ; нам удобнее его исключить.

**Семейство 2.** Нормальные распределения  $N(a, \sigma)$  с плотностью

$$f^g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left\{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}\right\}, \quad x \in R.$$

2.1. Параметр  $\sigma$  задан,  $\sigma := 1$ ;  $g = a \in C$ ,  $d = 1$ .

2.2. Параметр  $a$  задан,  $a := 0$ ;  $g = \sigma \in \Lambda$ ,  $d = 1$ .

2.3.  $g = (a, \sigma) \in L$ ,  $d = 2$ .

**Семейство 3.** Экспоненциальные распределения  $Ex(a, \sigma)$  с плотностью

$$f^g(x) = \begin{cases} e^{-(x-a)/\sigma}, & x > a; \\ 0, & x \leq a; \end{cases} \quad x \in R$$

с подразбивкой на случаи 3.1–3.3 аналогично семейству 2.

**Семейство 4.** Гамма-распределения  $\Gamma \text{am}_p(\sigma)$  с плотностью

$$f^g(x) = \begin{cases} x^{p-1} e^{-x/\sigma} / (\sigma^p \Gamma(p)), & x > 0; \\ 0, & x \leq 0; \end{cases} \quad x \in R, \quad g = \sigma \in \Lambda;$$

здесь  $\Gamma$  – функция Эйлера

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} x^{p-1} e^{-x} dx, \quad p > 0.$$

Отметим, что семейство 3.2 есть частный случай семейства 4, отвечающий значению  $p = 1$ .

**2.2. Соглашение об обозначениях и терминах.** Для двух различных с.в. термин *эквивалентность* (записываемый символом “ $\simeq$ ”) означает совпадение их ф.р. Вектор  $x^k := (x_1, \dots, x_k) \in Y^k$  – это выборочное значение вектора наблюдений  $\xi^k := (\xi_1, \dots, \xi_k)$ . Если число наблюдений  $k$  фиксировано, то вместо  $x^k$ ,  $\xi^k$ ,  $Y^k$  пишем  $x$ ,  $\xi$ ,  $X^5$ .

При каждом фиксированном  $g \in \mathcal{G}$  выборочное пространство  $X$  определяет вероятностное пространство  $\Pi = (X, \mathbf{P}^g)$  в смысле (9), где вероятностная мера  $\mathbf{P}^g$  и  $\sigma$ -алгебра индуцируются случайным вектором  $\xi(g)$  (запись  $\xi(g)$  означает  $\xi \mapsto g$ )<sup>6</sup>.

В записи  $gx$  подразумевается, что преобразование  $g$  действует на вектор  $x \in X$  покомпонентно.

Функция  $\psi: X \rightarrow Z$  называется *инвариантной*, если она удовлетворяет условию

$$\psi(gx) = \psi(x) \quad \forall (g \in \mathcal{G}, x \in X), \quad (12)$$

и *эквивариантной*, если

$$\psi(gx) = g\psi(x) \quad \forall (g \in \mathcal{G}, x \in X). \quad (13)$$

В (13) предполагается, что действие преобразований  $g \in \mathcal{G}$  определено на  $Z$ .

**2.3. Свободные случайные величины, статистики и события; диполь.** Случайная величина  $\psi(g, \xi(g))$  называется *свободной*, если ее ф.р. *безразлична* к параметру  $g$ : при всех  $g \in \mathcal{G}$  ф.р. одна и та же, и, следовательно, совпадает с ф.р.  $\psi(\mathbf{1}, \overset{\circ}{\xi})^7$ .

Пусть  $\psi$  – некоторая функция на выборочном пространстве  $X$ ; каждая такая функция называется *статистикой*<sup>8</sup>. Статистика  $\psi$  называется *свободной*, если с.в.  $\psi(\xi(g))$  свободна.

Следующая лемма очевидна.

<sup>5</sup>  $Y$  заменено на  $X$ , так как  $Y$  – это выборочное пространство одного наблюдения.

<sup>6</sup>  $\sigma$ -алгебра состоит из множеств  $A \subseteq X$ , для которых  $P(\xi(g)) \in A$  определено; нетрудно убедиться, что  $\sigma$ -алгебра инвариантна относительно  $g \in \mathcal{G}$ .

<sup>7</sup> В литературе вместо термина “безразлична к  $g$ ” употребляется обычно термин “не зависит от  $g$ ”. Мы вводим новый термин, сохраняя за термином “независимость” его теоретико-вероятностный смысл.

<sup>8</sup> В литературе иногда статистикой называют функцию двух аргументов  $(x, g)$ .

**Лемма 1.** *Статистика, заданная инвариантной функцией  $\psi$ , свободна.*

Множество  $A \subseteq X$  называется *инвариантным*, если  $gA = A \forall g \in \mathcal{G}$  (коротко,  $\mathcal{G}A = A$ ). Каждое такое множество, рассматриваемое как событие  $\{\xi \in A\}$ , называется *свободным*: оно безразлично к  $g$ . Фундаментальным для логики построения фидуциальных вероятностей является факт, что если событие  $A$  свободно, то наблюдение  $\xi \in A$  не несет никакой информации о неизвестном параметре  $\theta \in \mathcal{G}$ , которому подчинена входная последовательность.

**Лемма 2.** *Если  $\psi: X \rightarrow Z$  – инвариантная функция, то при любом  $z \in Z$  множество  $A := \{y \in X \mid \psi(y) = z\}$  инвариантно, и, следовательно, событие  $\{\xi \in A\}$  свободно.*

Доказательство этой леммы следует непосредственно из определений. ■

Функцию  $g^{-1}x$  двух аргументов, определенную на произведении  $\mathcal{G} \times X$ , назовем *диполем*.

**Лемма 3.** *Всякую свободную статистику можно рассматривать как функцию от диполя.*

Доказательство. Согласно (12),  $\psi(x) = \psi(g^{-1}x)$ . ■

Диполь порождает свободную с.в.  $g^{-1}\xi(g)$  (назовем ее *случайным диполем*); следующая лемма также очевидна.

**Лемма 4.** *Каждая функция от диполя порождает свободную с.в.*

**2.4. Факторизация выборочного пространства, орбиты.** В задаче оценки неизвестного параметра  $\theta \in \mathcal{G}$  при наблюдении входной последовательности  $\xi$  число наблюдений  $k$  должно быть больше (не меньше) размерности  $d = \dim \mathcal{G}$  группы преобразований. Всюду в дальнейшем считаем, что  $k \geq d$ ; тогда имеет смысл следующее понятие.

Для каждого фиксированного  $x \in X = Y^k$  множество

$$\mathcal{O}_x := \{y \mid y = gx, g \in \mathcal{G}\} \tag{14}$$

назовем *орбитой* точки  $x^9$ . В силу полноты и транзитивности группы  $\mathcal{G}$  никакие две орбиты не пересекаются. Тем самым выборочное пространство  $X$  факторизуется: оно разбивается (расслаивается) на множество непересекающихся орбит: через каждую точку  $x \in X$  проходит ровно одна орбита.

**Лемма 5.** *При любом  $x \in X$  орбита  $\mathcal{O}_x$  изоморфна группе  $\mathcal{G}$ , т.е. каждому  $y \in \mathcal{O}_x$  отвечает единственный элемент  $g = g(y) \in \mathcal{G}$ .*

Доказательство. Выберем некоторую эквивариантную статистику  $H: X \rightarrow \mathcal{G}$ ; тогда

$$y = gx \Rightarrow H(y) = gH(x) \Rightarrow g = H(y)H^{-1}(x) =: g_y, \tag{15}$$

а так как выбор статистики  $H$  произволен, то правая часть (15) не зависит от этого выбора, и элемент  $g_y$  определен однозначно.

Лемма 5 дает возможность ввести на орбите  $\mathcal{O}_x$  понятие (векторная) дробь: для любых  $y, z \in \mathcal{O}_x$  положим

$$y/z := g_y g_z^{-1} = [H(y)H^{-1}(x)][H(z)H^{-1}(x)]^{-1} = H(y)H^{-1}(z) \in \mathcal{G}, \quad y, z \in \mathcal{O}_x \tag{16}$$

(это значение не зависит от выбора  $H$ ). ■

**2.5. Определение фидуциальных вероятностей для семейств, обладающих полной достаточной статистикой.** Такие семейства назовем *полными*. Все основные семейства, перечисленные в п. 2.1, кроме семейства 1.1, полны.

Мы исходим из определения полной достаточной статистики (ПДС), данного в (Леман, п. 1.9, 4.3) (см. также (Закс, 1975, гл. 2; де Грот, 1974, § 9.1); определение довольно емкое, и мы его не приводим). ПДС задается некоторой эквивариантной функцией со значениями в группе  $\mathcal{G}$ ,  $T: X \rightarrow \mathcal{G}$ . Соответственно, функция

$$a(g, x) := g^{-1}T(x) = T(g^{-1}x) \tag{17}$$

является функцией от диполя также со значениями в  $\mathcal{G}$ .

<sup>9</sup>В (Леман, 1979, разд. 6.2) это множество названо “траекторией”.

Байесовский подход в теории оценивания рассматривает неизвестный параметр  $\theta$  как *случайную величину*. Распределение этой величины рекуррентно пересчитывается в процессе наблюдений по байесовской формуле апостериорных вероятностей, исходя из заданного априорного распределения. Предложенный Фишером фидуциальный подход также рассматривает  $\theta$  как случайную величину, но ее апостериорное распределение строится без привлечения априорного и вычисляется непосредственно по выборочному значению  $x \in X$ . В полных семействах фидуциальное распределение зависит от  $x$  через достаточную статистику  $T(x)$ . Изложим это построение в такой форме, которая позволит затем (в разд. 3) прямо перейти к формулировке главного результата статьи – принципа инертности.

В силу леммы 4<sub>0</sub> функция (17) порождает свободную с.в.  $a = g^{-1}\tau(g)$ ,  $\tau(g) := T(\xi(g))$ , эквивалентную с.в.  $\tau := T(\xi)$ , и пусть  $Q := F_T$  – ее функция распределения. Это – вычисляемое распределение, оно может быть получено на основе опорной функции, определенной в (10).

Здесь мы подходим к ключевому моменту логики фидуциальных вероятностей. По построению,  $Q$  есть ф.р. свободной с.в.  $a = g^{-1}\tau(g)$ . В основе фишеровского подхода лежит интуитивная идея “обращения вероятности”: считать, что неизвестный параметр  $g \in \mathcal{G}$  является случайной величиной, ф.р. которой при наблюдаемом значении  $\tau = t$  определяется из соотношения  $\alpha = g^{-1}t$ , где, по определению:

$$\alpha := \text{RAND}(Q) \quad (18)$$

“слепок” (копия) свободной с.в.  $a$ , т.е. *экзогенная* с.в., генерируемая датчиком случайных чисел (элементов группы  $\mathcal{G}$ ) с распределением  $Q^{10}$ .

Эта идея реализуется просто: в равенстве (17) все три величины  $\{g, t := T(x), a\}$  являются элементами группы  $\mathcal{G}$ ; обращая (17), выразим  $g$  как функцию от  $t$ ,  $a : g = ta^{-1}$ , и тогда приходим к следующему определению.

**Определение 1.** Апостериорным фидуциальным распределением  $\Phi'$  на группе параметров  $\mathcal{G}$  семейства  $\mathcal{F}$ , отвечающим наблюдаемому значению ПДС  $t = T(x)$ , называется ф.р. случайной величины

$$\gamma = \gamma' := t\alpha^{-1}, \quad \alpha := (18); \quad (19)$$

случайную величину  $\gamma$  назовем “*фидуциальный параметр*”.

**Примечание.** Ф.р.  $Q = F_T$  зависит от числа наблюдений  $k$  (так как  $X = Y^k$ ), поэтому  $\gamma'$  и  $\Phi'$  зависят от  $k$ .

**Пример 1.** Пусть  $\mathcal{F}$  – семейство 1.2 равномерных распределений на конечном отрезке с фиксированным левым концом, но неизвестной длины  $\theta$ . Здесь  $\mathcal{G} = R_+ = \{g | g > 0\}$  – множество положительных чисел, рассматриваемое как (коммутативная) группа по умножению. Это семейство полно с ПДС

$$\tau = T(\xi^k) = \max_{j \in [1, k]} \xi_j.$$

Если  $\xi \mapsto g$ , то статистика  $\tau$  имеет ф.р.

$$P(\tau < 1) = F_T^g(t) = \begin{cases} (t/g)^k, & t \in [0, g]; \\ 1, & t > g; \end{cases} \quad t \in R_+,$$

соответственно, при  $t > 0$

$$Q(t) = P(\alpha < t) = P(\tau/g < t) = P(\tau < gt) = F_T^g(gt) = F_T(t) = \begin{cases} t^k, & t \in (0, 1]; \\ 1, & t > 1; \end{cases}$$

$$\Phi'(g) = P(t\alpha^{-1} < g) = P(\alpha > t/g) = 1 - Q(t/g) = \begin{cases} 0, & g \in (0, t]; \\ 1 - (t/g)^k, & g > t; \end{cases} \quad \theta \in R_+.$$

<sup>10</sup> Экзогенная – привносимая извне, не связанная с процессом наблюдения, сторонняя.

**2.6. Определение фидуциальных вероятностей в общем случае.**

2.6.1. *Наводящее соображение.* Ключевая идея “обращения вероятности” с помощью “слепок” подходящим образом построенной свободной с.в. закладывается и в определение фидуциального распределения в общем случае (при отсутствии ПДС). При числе наблюдений  $k$  большем размерности  $d$  группы  $\mathcal{G}$  выборочное  $k$ -мерное значение  $x^k = (x_1, \dots, x_k)$  содержит излишнюю информацию, не существенную для оценки неизвестного  $d$ -мерного параметра  $\theta$ . В случае полного семейства сжатие информации достигалось переходом от  $k$ -мерного пространства  $X = Y^k$  к  $d$ -мерному пространству достаточной статистики  $T$ . Возможность такого перехода объясняется тем, что событие  $\xi^k = x$  можно представить в виде произведения (см. (8)):

$$\{\xi = x\} = \{\xi = x \mid T(\xi) = T(x)\} \times \{T(\xi) = T(x)\}. \tag{20}$$

Первый сомножитель справа – условное событие. Покажем, что оно свободно; имеем

$$\{\xi = x \mid T(\xi) = T(x)\} = \{T^{-1}(\xi)\xi = T^{-1}(x)x \mid T(\xi) = T(x)\}. \tag{21}$$

Теперь воспользуемся следующей важной теоремой.

**Теорема 1** (Basu, 1955, 1958; см. комментарий в (Леман, 1979, с. 182)). *Пусть семейство распределений  $\mathcal{F}$  обладает ПДС  $T$ ; тогда, для того чтобы статистика  $\psi$  была свободна, необходимо и достаточно, чтобы при любом  $g \in \mathcal{G}$  случайные величины  $\psi(\xi)$  и  $T(\xi)$  были независимы.*

Так как статистика  $T^{-1}(\xi)\xi$  свободна, то в силу теоремы 1 условное событие в правой части (21) имеет то же распределение, что и безусловное  $A := \{T^{-1}(\xi)\xi = T^{-1}(x)x\}$ , которое, согласно лемме 2 (с подстановкой  $\psi(y) = T^{-1}(y)y$ ,  $z = T^{-1}(x)x$ ), является свободным событием. Таким образом, в правой части (20) первый множитель не содержит никакой информации о неизвестном параметре  $\theta$ . Соответственно, для построения апостериорного фидуциального распределения можно было использовать статистику  $T$ .

2.6.2. *Определение фидуциального распределения.* В общем случае экстрагирование информации достигается использованием факторизации фазового пространства с помощью орбит (п. 2.4). Зафиксируем некоторую точку  $x \in X$ , свяжем с ней орбиту  $\mathcal{O} = \mathcal{O}_x$  и представим событие  $\xi = x$  иначе, чем в (20), именно в виде произведения

$$\{\xi = x\} = \{\xi = x \mid \xi \in \mathcal{O}\} \times \{\xi \in \mathcal{O}\}, \quad \mathcal{O} := \mathcal{O}_x. \tag{22}$$

Так как орбита  $\mathcal{O}$  – инвариантное множество, второй множитель справа не несет никакой информации о параметре  $\theta$ . В отличие от (20), информативным теперь выступает первый сомножитель, т.е. условная случайная величина

$$\eta := (\xi \mid \xi \in \mathcal{O}) = (\xi \mid H(\xi) = H(x)), \tag{23}$$

которая теперь играет роль, аналогичную ПДС в п. 2.5. Выборочным пространством с.в.  $\eta$  является орбита  $\mathcal{O}$ ; если  $\xi \mapsto g$ , то функцию распределения с.в. (23) обозначим

$$F_x^g(y), \quad y \in \mathcal{O}_x. \tag{24}$$

**Замечание.** Несмотря на то что орбита  $\mathcal{O}$  имеет в пространстве  $X$  меру нуль, ф.р. (24) определена однозначно, см. п. 1.3.

Если  $\xi \mapsto g$ , то с.в.

$$a := (g^{-1}\xi \mid \xi \in \mathcal{O}) = g^{-1}\eta \tag{25}$$

свободна, ее ф.р. есть функция (24), отвечающая значению  $g = \mathbf{1}$ , т.е.  $F_x =: F_x^g \Big|_{g=\mathbf{1}}$ .

Как и п. 2.5, ф.р. свободной с.в. (25) используется для “обращения вероятности”; исходя из понятия векторной дроби (16), выразим  $g$  из (25):  $g = \eta/a$ .

Проведенное построение допустимо для любого значения  $x \in X$ . Выберем в качестве  $x$  *наблюдаемое* значение  $\xi$ , тогда наблюдаемым значением  $\eta$  будет также  $\eta = x$ , и мы приходим к следующему определению.

**Определение 2.** Апостериорным фидуциальным распределением  $\Phi_x$  на группе параметров  $\mathcal{G}$  семейства  $\mathcal{F}$ , отвечающим наблюдению  $\xi = x$ , называется ф.р. случайной векторной дроби  $\gamma = \gamma_x := x/\alpha_x$ , где

$$\alpha_x := RAND(F_x) - \quad (26)$$

экзогенный слепок свободной с.в.  $a$ , определенной формулой (25).

Этим завершается определение фидуциального параметра  $\gamma_x$  в общем случае.

**Примечание.** Как и п. 2.5, ф.р.  $F_x$  зависит от числа наблюдений  $k$ , но, кроме того,  $F_x$  зависит также и от *наблюдённого значения*  $\xi = x$ , поэтому теперь  $\alpha = \alpha_x$ .

**Пример 2.** Пусть  $\mathcal{F}$  – семейство 1.1 равномерных распределений на отрезке единичной длины, но с неизвестным центром  $\theta$ . Здесь  $\mathcal{G} = R$  ( $g = c$ ) – группа по сложению (группа сдвигов), причем данное семейство не полно.

Для  $x = (x_1, \dots, x_k) \in X = Y^k$  орбита представляет собой прямую в  $k$ -мерном пространстве

$$\mathcal{O} = \mathcal{O}_x = \{y = x + se \mid s \in R\}, \quad e := (1, 1, \dots, 1) \in R^k.$$

Это означает, что значение условной с.в. (23)  $\eta = (\xi + ce \mid \xi = x)$  однозначно определяется скалярной с.в.  $c \in R$  (с выборочным значением  $s$ ). Нетрудно убедиться, что при фиксированном  $\theta \in R$  плотность, по мере Лебега  $ds$  на орбите  $\mathcal{O}$ , распределения случайного скаляра  $c$  дается выражением

$$f_x^\theta(s) = \frac{1}{|\delta|} \begin{cases} 1, & s \in \delta; \\ 0, & s \notin \delta; \end{cases} \quad s \in R;$$

где  $\delta := [\theta - 1/2 - m, \theta + 1/2 - M]$ ,  $m := \min_{j \in [1, k]} x_j$ ,  $M := \max_{j \in [1, k]} x_j$ ,  $|\delta| := 1 - (M - m)$  – длина интервала  $\delta$ . Соответственно, ф.р. скаляра  $c$  есть

$$P(c < s) = F_x^\theta(s) = \begin{cases} 0, & s < \theta - 1/2 - m; \\ s - (\theta - 1/2 - m)/|\delta|, & s \in \delta; \\ 1, & \theta + 1/2 - M < c; \end{cases} \quad s \in R,$$

и, наконец, ф.р.  $Q$  случайного скаляра  $\mu = c - \theta$  отвечающего свободной с.в.

$$a = \eta - \theta e = (\xi + (c - \theta)e \mid \xi = x) = (\xi + \mu e \mid \xi = x), \quad (27)$$

есть

$$P(\mu < s) = Q(s) := F_x^\theta(s) \Big|_{\theta=0} = \begin{cases} 0, & s < -(0,5 + m); \\ (s + 0,5 + m)/(1 - (M - m)), & s \in [-(0,5 + m), 0,5 - M]; \\ 1, & s > 0,5 - M. \end{cases} \quad s \in R, \quad (28)$$

Экзогенная с.в.  $\alpha_x$  – это вектор на орбите  $\mathcal{O}$ , со случайным скаляром, отвечающим свободной с.в. (27), т.е.  $\alpha_x = x + \mu e$ , где с.в.  $\mu$  имеет функцию распределения (28) (зависящую от  $x$ ). Согласно определению 2 и векторной дроби (16), имеем  $\gamma = x/\alpha_x = x/(x + \mu e) = -\mu$ , и, таким образом, функция распределения фидуциального параметра  $\gamma$  задается формулой

$$\Phi_x(s) = P(\gamma < s) = P(\mu > -s) = 1 - Q(-s) = \begin{cases} 0, & s < -(0,5 - M); \\ (s + 0,5 - M)/[1 - (M - m)], & s \in [-(0,5 - M), 0,5 + m]; \\ 1, & s > 0,5 + m. \end{cases} \quad s \in R, \quad (29)$$

что соответствует равномерному распределению случайного параметра  $\gamma$  на отрезке  $[-(1/2 - M), 1/2 + m]$ , – вполне естественный результат.

**2.7. Равносильность определений 1, 2.** Удобно интерпретировать фидуциальное распределение как меру на группе  $\mathcal{G}$ . Для любого множества  $A \subseteq \mathcal{G}$  имеем

$$\Phi_x(A) = P(\gamma_x \in A) = P(x/\alpha(x) \in A) = P(\alpha(x) \in A^{-1}x) = F_x(A^{-1}x); \quad (30)$$

подчеркнем еще раз, что ф.р.  $F_x$  интерпретируется как мера на орбите  $\mathcal{O}_x$ , и ее аргумент в правой части (30) является подмножеством этой орбиты.

В случае полного семейства соответствующая формула выглядит проще (поскольку ф.р.  $F_T$  не зависит от  $t$ ):

$$\Phi'(A) = P(\gamma' \in A) = P(t\alpha^{-1} \in A) = P(\alpha \in A^{-1}t) = F_T(A^{-1}t); \quad (31)$$

здесь  $F_T$  интерпретируется как мера на  $\mathcal{G}$ .

**Лемма 6 (о равносильности).** Если семейство  $\mathcal{F}$  полно, то  $\Phi_x = \Phi'$ ,  $t := T(x)$ , т.е.  $\gamma_x \asymp \gamma'$ .

**Доказательство.** Пусть  $x$  фиксировано и  $t := T(x)$ . Статистика  $T$  эквивариантна, и на орбите  $\mathcal{O} = \mathcal{O}_x$  значением  $T(y)$  точка  $y$  определяется однозначно (см. п. 2.4). Поэтому для любого множества  $A \subseteq \mathcal{G}$  события

$$\mathbf{a} := \{\eta \in A^{-1}x\} = \{\xi \in A^{-1}x \mid \xi \in \mathcal{O}\}, \quad \mathbf{b} := \{T(\xi) \in A^{-1}t \mid \xi \in \mathcal{O}\}$$

совпадают (при любом  $g \in \mathcal{G}$ ), причем, поскольку событие  $\mathbf{a}$  свободно, то свободно и  $\mathbf{b}$ , поэтому можно считать  $g = \mathbf{1}$ . По определению,  $P(\mathbf{a}) = F_x(A^{-1}x) = \Phi_x(A)$ . В силу теоремы 1 при любом  $g \in \mathcal{G}$  с.в.  $T(\xi)$  независима от свободного события  $\{\xi \in \mathcal{O}\}$ ; поэтому, считая  $g = \mathbf{1}$ , имеем  $P(\mathbf{b}) = F_T(A^{-1}t) = \Phi'(A)$ .

В силу равенства  $\mathbf{a} = \mathbf{b}$ , приходим к утверждению леммы. ■

**2.8. Явное представление фидуциальной плотности.** Явное выражение для фидуциального распределения  $\Phi_x$ , понимаемого как мера на группе  $\mathcal{G}$ , дается в терминах ее плотности по правоинвариантной мере Хаара  $\nu$  на группе  $\mathcal{G}$ , см. (Вейль, 1950, с. 432); для рассматриваемых групп (см. п. 2.1) эта мера дается выражениями

$$\nu(dg) = dc, \quad \mathcal{G} = C, \quad d\lambda, \quad \mathcal{G} = \Lambda, \quad \frac{d\lambda}{dc}, \quad \mathcal{G} = L.$$

Положим

$$\begin{aligned} \varphi'(g) &:= \frac{d\Phi'(g)}{\nu(dg)}, \quad f_T^g(t) := \frac{dF_T^g(t)}{\nu(dt)}, \quad t \in \mathcal{G}, \\ \varphi_x(g) &:= \frac{d\Phi_x(g)}{\nu(dg)}, \quad f_k^g(x) := \frac{dF_k^g(x)}{dx} = \prod_{j=1}^k f_j^g(x_j), \quad x = (x_j) \in X^k. \end{aligned}$$

**Теорема 2** (Fraser, 1961; Нора, Bueler, 1965). *Имеет место равенство*

$$\varphi_x(g) = f_k^g(x)N^{-1}, \quad N = N_k(x) := \int_{\mathcal{G}} f_k^g(x)\nu(dg), \quad k \geq d, \quad (32)$$

при этом, если семейство полно с ПДС  $T: X \rightarrow \mathcal{G}$ , то

$$\varphi_x(g) = \varphi'(g) = f_T^g(t), \quad x \in X, \quad t := T(x) \in \mathcal{G}.$$

Таким образом, фидуциальной плотностью по мере Хаара является, с точностью до нормирующего множителя, функция правдоподобия (которая в случае полного семейства выражается через значение  $t = T(x)$ ). Отсюда вытекают два важных следствия.



**Следствие 1.** Фидуциальное распределение является байесовским, отвечающим несобственному априорному распределению, плотность которого задается правоинвариантной мерой Хаара на группе  $\mathcal{G}$ .

**Следствие 2.** Если  $\xi^k \rightarrow \theta$ , то при  $k \rightarrow \infty$  плотность (32) концентрируется в окрестности точки  $g = \theta$  (де Грот, 1974, § 10.5).

### 3. ПРИНЦИП ИНЕРТНОСТИ СВОБОДНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

Как указывалось, в основу определений 1, 2 положена фишеровская идея “обращения вероятности” с помощью экзогенных копий свободных с.в.  $g^{-1}\tau$  и  $g^{-1}\eta$  соответственно. Мы придаем этой интуитивной идее строгую логическую форму, которую называем *принцип инертности*.

Понятие “свободная” с.в. по своему содержанию *априорно*: после наблюдения значения  $\tau = t$  (или, в общем случае,  $\xi = x$ ) величина  $g^{-1}t$  ( $g^{-1}x$ ) уже не свободна, а является функцией параметра  $g$ . Идея “обращения вероятности” в определении 1 (или 2) равносильна следующему принципу.

**Принцип инертности.** При данном  $t(x)$  фидуциальное распределение случайного параметра  $\gamma$  должно быть таким, чтобы с.в.  $\gamma^{-1}t$  ( $\gamma^{-1}x$ ) была эквивалентна априори свободной с.в.  $g^{-1}\tau$  ( $g^{-1}\eta$ ). Иначе говоря, условная с.в.  $(g^{-1}\tau | \tau = t, g = \gamma')$  ( $g^{-1}\eta | \eta = x, g = \gamma_x$ ) должна оставаться свободной (эквивалентной экзогенному “слепок”), т.е. она должна быть *инертной* – невосприимчивой к поступающей информации.

Покажем, что принцип инертности *универсален* в следующем смысле: фидуциальный параметр  $\gamma$  оставляет инертными не только свободные с.в., участвующие в определениях 1, 2, но все свободные с.в. При этом, если фидуциальный параметр  $\gamma$  построен в момент наблюдения  $k$ , то остаются инертными все с.в., зависящие не только от  $\xi^k$ , но и с.в., зависящие от  $\xi^n$  при произвольном  $n > k$ .

Сформулируем это утверждение более строго. Пусть  $n$  – некоторое натуральное число и  $\psi := g^{-1}\xi^n(g)$  – случайный диполь порядка  $n$ . Этот диполь априори свободен, причем независимо от того, какова природа параметра  $g$  (неважно, является ли  $g$  неизвестной константой или случайной величиной). Однако положение меняется, если при  $k \leq n$  рассматривать с.в.  $\xi^k$  не априорно, а апостериорно, когда по результатам  $k$  наблюдений зафиксировано значение некоторой статистики  $u = U(\xi^k)$ . Тогда условная с.в.  $(\psi | U(\xi^k) = u)$  уже не свободна, ее ф.р. зависит от  $g$  и  $u$ . Пусть, далее, на группе  $\mathcal{G}$  задана некоторая с.в.  $\beta$  с распределением  $\Phi^{(\beta)}$ , рассматриваемая как *случайный параметр* функции распределения ВП. В этой ситуации условная с.в.  $(\psi(\beta) | U(\xi^k) = u)$ , распределение которой задается, по определению, формулой

$$P[\psi(\beta) \in A | U(\xi^k) = u] := \int_{g \in \mathcal{G}} P^g[g^{-1}\xi^n(g) \in A | U(\xi^k) = u] d\Phi^{(\beta)}(g), \quad A \subset Y^n, \quad (33)$$

не эквивалентна, вообще говоря,  $\dot{\psi}$ . Точный смысл принципа инертности состоит, для полных семейств, в эквивалентности

$$(\psi(\gamma^t) | T(\xi^k) = t) \asymp \dot{\psi} \quad \forall (t \in \mathcal{G}, \quad n \geq k), \quad (34a)$$

левая часть понимается в смысле (33) при  $\beta = \gamma^t$ . В общем случае соответствующее соотношение имеет вид

$$(\psi(\gamma_x) | \xi^k = x) \asymp \dot{\psi} \quad \forall (x \in X, \quad n \geq k). \quad (34b)$$

Доказательство этих соотношений опирается на следующую теорему.

**Теорема 3** (Hora, Bueler, 1965). Пусть  $\mathcal{F}$  – полное семейство с ПДС  $T$ , и  $\{\Phi^t, t \in \mathcal{G}\}$  – семейство фидуциальных распределений на пространстве параметров  $\mathcal{G}$ . Это семейство инвариантно сопряжено семейству  $(F_T^g, g \in \mathcal{G})$  распределений ПДС в следующем смысле: для любой функции от диполя  $v(g^{-1}t)$  имеет место равенство

$$\int_{s \in \mathcal{G}} v(\theta^{-1}s) dF_T^{\theta}(s) = \int_{g \in \mathcal{G}} v(g^{-1}t) d\Phi^t(g) \quad \forall (\theta \in \mathcal{G}, t \in X_T) \quad (35a)$$

(следовательно, левая часть не зависит от  $\theta$ , правая – от  $t$ ).

В общем случае аналогичное равенство для любой функции от диполя  $v(g^{-1}x)$  имеет место на семействе орбит:

$$\int_{y \in \mathcal{O}} v(\theta^{-1}y) dF_T^{\theta}(y) = \int_{g \in \mathcal{G}} v(g^{-1}x) d\Phi_x(g) \quad \forall (\theta \in \mathcal{G}; \mathcal{O}, x \in \mathcal{O}) \quad (35b)$$

(левая часть не зависит от  $\theta$ , правая – от  $\mathcal{O}, x$ ).

**Основное утверждение (принцип инертности).** При любом  $n \geq k$  случайный диполь  $\psi = g^{-1}\xi^n(g)$  инертен в смысле (34); в силу лемм 3, 4 вместе с ним инертны все свободные статистики порядка  $n$ .

Доказательство. Сначала дадим доказательство для полного семейства. Для любого множества  $A \subseteq Y^n$  имеем, в соответствии с (33):

$$\mathcal{P} := P[(\gamma')^{-1}\xi^n \in A | T(\xi^k) = t] = \int_{g \in \mathcal{G}} P^g[g^{-1}\xi^n \in A | T(\xi^k) = t] d\Phi^t(g). \quad (36)$$

Преобразуя вероятность под интегралом

$$\begin{aligned} P^g[g^{-1}\xi^n \in A | T(\xi^k) = t] &= P^g[g^{-1}\xi^n \in A | T(g^{-1}\xi^k) = g^{-1}t] = \\ &= P[\xi^n \in A | T(\xi^k) = g^{-1}t], \end{aligned} \quad (37)$$

закключаем, что при фиксированном  $A$  эта вероятность есть некоторая функция  $v$  от диполя  $g^{-1}t$ . Применяя соотношение (35a) справа налево и полагая затем  $\theta := \mathbf{1}$ , получаем

$$\mathcal{P} \stackrel{\theta}{=} \int_{s \in \mathcal{G}} P[\xi^n \in A | T(\xi^k) = \theta^{-1}s] dF_T^{\theta}(s) = \int_{s \in \mathcal{G}} P[(\xi^n \in A | T(\xi^k) = s)] dF_T(s) = P(\xi^n \in A); \quad (38)$$

здесь  $F_T$  – опорная ф.р. ПДС (см. (10)), последнее равенство в силу формулы полной вероятности.

Ввиду произвольности множества  $A$  для полного семейства теорема доказана.

В общем случае в (36) в качестве случайного параметра будет выступать  $\gamma_x$ ; в выкладке (37) вместо условия  $T(\xi^k) = t$  будет  $\xi^k = x$ . Применяя (35b), снова придем к результату (38). Утверждение доказано полностью. ■

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сформулированный в работе принцип инертности свободных случайных величин имеет универсальный характер и может служить логической основой инвариантной теории фидуциальных вероятностей: фидуциальные распределения определяются принципом инертности однозначно. Это – самое важное, так как теория фидуциальных вероятностей не имела до этого строгих логических оснований. Краткая формулировка принципа инертности: “случайные величины, свободные априорно, должны оставаться таковыми же и апостериорно”.

Подчеркнем также, что язык изложения, принятый в статье, существенно использует понятие “условное событие”, определенное в разд. 1.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Англо-русский словарь (1977) / Под ред. В.К. Мюллера. М.: Русский язык.
- Беленький В.З.** (1990): Связь фидуциальных вероятностей с принципом инертности свободных случайных величин. В сборнике докладов научного семинара ЦЭМИ РАН “*Многомерный статистический анализ и вероятностное моделирование реальных процессов*”. М.: Наука.
- Вейль А.** (1950): Интегрирование в топологических группах и его применения. М.: ИЛ.
- Гнеденко Б.В.** (1965): Курс теории вероятностей. М.: Наука.
- Гнеденко Б.В.** (2005): Курс теории вероятностей. М.: Изд-во МГУ, серия “Классический университетский учебник”.
- Де Гроот М.** (1974): Оптимальные статистические решения. М.: Мир.
- Закс Ш.** (1975): Теория статистических выводов. М.: Мир.
- Климов Г.П.** (1973): Инвариантные выводы в статистике. М.: Изд-во МГУ.
- Климов Г.П.** (1983): Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Изд-во МГУ.
- Климов Г.П., Кузьмин А.Д.** (1975): Инвариантные оценки // *Теория вероятностей и ее применения*. Т. XX. Вып. 2.
- Колмогоров А.Н.** (1942): Определение центра рассеивания и меры точности по ограниченному числу наблюдений // *Изв. АН СССР. Сер. “Математика”*. Т. 6. № 1. С. 3–32.
- Леман Э.** (1979): Проверка статистических гипотез. М.: Наука.
- Феллер В.** (1967): Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 2. М.: Мир.
- Ширяев А.Н.** (2007): Вероятность – 1. М.: МЦНМО.
- Barnard G.A.** (1963): Some Logical Aspects of the Fiducial Argument // *J. of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodology)*. Vol. 25. № 1. P.111–114.
- Basu D.** (1955): On Statistics Independent of a Complete Sufficient Statistic // *Sankhya*. Vol. 15. P. 377–380.
- Basu D.** (1958): On Statistics Independent of a Complete Sufficient Statistic // *Sankhya*. Vol. 20. P. 223–226.
- Dempster A.P.** (1963): On Direct Probabilities // *J. of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodology)*. Vol. 25. № 1. P. 100–110.
- Fisher R.A.** (1933): The Concepts of Inverse Probability and Fiducial Probability Referring to Unknown Parameters // *Proceedings of the Royal Society*. London. A139. P. 343–348.
- Fisher R.A.** (1935): The Fiducial Argument in Statistical Inference // *Annals of Eugenics*. Vol. 6. P. 391–398.
- Fraser D.A.S.** (1961): The Fiducial Method and Invariance // *Biometrika*. Vol. 48. P. 261–280.
- Hampel F.** (2003): The Proper Fiducial Argument // *Research Report of Seminar for Statistik*. CH-8092. Zurich. № 114. February.
- Healy M.J.R.** (1963): Fiducial Limits for a Variance Component // *J. of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodology)*. Vol. 25. № 1. P.128–130.
- Heike H.D., Tarcolea C., Demetrescu M.** et al. (2003): Fiducial Inference for Discrete and Continuous Distributions. In “*Proceedings of 2-nd International Colloquium of MENP*”. Proceedings. Vol. 8. P. 69–80. Geometry Balkan Press.
- Hora R.B., Bueler R.J.** (1965): Fiducial Theory and Invariant Estimation // *The Annals of Math. Statistics*. Vol. 37. P. 643–656.
- Kyburg H.E.** (1983): Epistemology and Inference. Minneapolis: Univ. of Minnesota.
- Neyman J.** (1934): On the Two Different Aspects of the Representative Method: the Method of Stratified Sampling and the Method of Purposive Selection // *J. of the Royal Statistical Society*. Vol. 97. P. 558.
- Williams E.J.** (1963): A Comparison of the Direct and Fiducial Arguments in the Estimation of a Parameter // *J. of the Royal Statistical Society. Series B (Statistical Methodology)*. Vol. 25. № 1. P. 95–99.

Поступила в редакцию  
08.12.2010 г.

## **Logical Basis for Fiducial Probabilities Theory: Inertness Principle**

**V.Z. Belenky, A.A. Zaslavsky**

Invariant theory of fiducial probabilities is based on Fisher's heuristic "inversivity" idea. Search for foundation of this idea is an actual problem until today. Authors formulate logically clear "inertness principle": "random values which are free a priori must also to be free a posteriory". It is shown that this principle may be accepted to the logic basis for fiducial theory as a whole.

**Keywords:** invariant families of distribution, free random values, fiducial probabilities, inertness principle.

---

---

НАУЧНЫЕ  
ОБСУЖДЕНИЯ

---

---

РОССИЙСКАЯ КОСМОНАВТИКА НА МИРОВОМ РЫНКЕ:  
КОНКУРЕНЦИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ\*

© 2011 г. Ю.Н. Макаров

(Москва)

В статье показано, что в условиях финансового кризиса и жестких бюджетных ограничений российская ракетно-космическая промышленность способна обеспечить свои финансово-экономические потребности за счет вывода на мировые рынки наукоемкой продукции и выполнения иностранных заказов на производство современной космической техники и услуг.

**Ключевые слова:** космический аппарат, ракетно-космическая техника, высокотехнологический сектор мирового рынка, промышленная политика, международная конкуренция, коммерческий спутник, глобализация космической деятельности.

ВВЕДЕНИЕ

Происходящие в стране политические и социальные изменения, возрастающее применение космических средств на коммерческой основе, а также открытый по отношению к зарубежной космической технике характер отечественной космической деятельности привели к существенным изменениям ее содержания, условий, целей и задач (Перспективы, 2009; Давыдов, Макаров и др., 2006; Макаров, Хрусталёв, 2010).

В условиях жестких экономических ограничений цели и задачи космической деятельности должны строго соответствовать потребностям социально-экономической сферы, науки, обороны и международного сотрудничества России, а также учитывать потребности многочисленных и разнородных отечественных и зарубежных потребителей космической техники и услуг.

В связи с этим резко возрастает роль исследований потребности государственных структур и других потребителей, включая зарубежных, в космической технике и услугах, основных закономерностей и тенденций развития мировой и отечественной космонавтики, потенциальных возможностей государства и коммерческих структур по ресурсному обеспечению космической деятельности, определению ее целей, задач и приоритетных направлений.

Кроме того, реализация государственной политики в резко меняющихся условиях требует систематических исследований влияния разнообразных рисков на ход космической деятельности и выработки обоснованных, оперативных и исключительно рациональных мер их парирования.

Одним из приоритетных направлений государственной политики в этой области является расширение присутствия России на мировом космическом рынке, в частности: удержание лидирующих позиций на традиционных рынках космических услуг (коммерческие пуски – до 30%); расширение присутствия на рынке производства коммерческих космических аппаратов; расширение продвижения на внешние рынки отдельных компонентов ракетно-космической техники и соответствующих технологий; выход на высокотехнологические секторы мирового рынка (производство наземной аппаратуры спутниковой связи и навигации, дистанционное зондирование Земли); создание и модернизация системы российского сегмента международной космической станции (Давыдов, Конорев, Пайсон, 2008; Макаров, Хрусталёв, 2009).

---

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 11-02-0024-а).

Одна из важнейших задач Роскосмоса – осуществление взаимодействия с иностранными государствами в исследовании и использовании космического пространства, организация и координация работ по коммерческим космическим проектам.

В настоящее время Роскосмос заключил межправительственные соглашения о сотрудничестве в космической деятельности более чем с 19 странами, в том числе с США, Японией, Индией, Бразилией, Швецией, Аргентиной и странами, входящими в Европейское космическое агентство (ЕКА). Подписаны также соглашения с космическими агентствами и ЕКА.

Роскосмос принимает активное участие в работе Комитета ООН по использованию космического пространства в мирных целях (UNCOPUOUS), Международного комитета по исследованию космического пространства (COSPAR), Международного координационного комитета по проблеме техногенного засорения космического пространства (IADS), Форума космических агентств, Комитета по спутникам наблюдения Земли (CEOS), Международной астронавтической организации (IAC) и др.

Одно из наиболее конкурентоспособных направлений деятельности России на мировом космическом рынке – коммерческое использование средств выведения космических аппаратов. Основную часть коммерческих запусков с использованием российских ракет-носителей осуществляют совместные предприятия с участием иностранных партнеров: ILS (Россия–США), STARSEM и EUROCKOT (Россия–ЕС).

## ПРОБЛЕМЫ ЭКСПОРТА КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Администрация Клинтона наложила запрет на лицензирование американских спутников и их элементов для запуска на таких доработанных российских межконтинентальных баллистических ракетах, как “Рокот” или “Старт-1”. Данный запрет явился реакцией на не санкционированный США запуск израильского научного спутника снятой с вооружения российской межконтинентальной баллистической ракетой. Этот (аварийный) запуск был первым случаем использования конверсионных боевых ракет, что, по мнению США, противоречило Договору о сокращении стратегических вооружений “СТАРТ”.

Затем из-за отсутствия соответствующих соглашений между правительствами США, РФ и Казахстана откладывались первые запуски американских спутников связи глобальной системы Globalstar на российских ракетах-носителях. Правительство США, опасаясь утраты новых технологий, заранее проинформировало правительство РФ о необходимости заключения нового соглашения.

Хотя сборка спутников для системы Globalstar осуществлялась в Европе на итальянском заводе компании “Alenia Spazio”, на этих аппаратах устанавливалось около 20% комплектующих американского производства, что считалось достаточным для запрета запуска в случае отсутствия лицензии правительства США.

Тем не менее ожидалось, что начиная с середины февраля и до апреля 1999 г. будет осуществлено четыре запуска спутников системы Globalstar российскими ракетами “Союз”, а в мае 1999 г. начнутся запуски американскими ракетами “Дельта-2”. Всего для запуска в 1999 г. 44 спутников этой системы предполагалось использовать 11 ракет-носителей. Восемь спутников этой системы было запущено в 1998 г. американскими ракетами “Дельта-2”. Всего на орбите предполагалось иметь 52 спутника, включая шесть резервных. К предоставлению услуг в режиме Подвижной спутниковой службы с использованием 32 космических аппаратов намечалось приступить в сентябре 1999 г. Российско-германская компания “Eurockot Launch Services GmbH” (Бремен) заключила контракт, предусматривающий запуск в декабре 1999 г. ракетой “Рокот” двух спутников системы “Иридий”. Этот же контракт предусматривал запуск еще 12 спутников этой системы, головным разработчиком которой является компания “Motorola Satellite Communications Group” (Чандлер, шт. Аризона).

В дальнейшем американское законодательство в области контроля космической деятельности как в США, так и за их пределами, еще более ужесточилось. В конце 1998 г. Конгресс США в соответствии с законом о военных ассигнованиях ужесточил порядок экспорта космических

технологий в зарубежные страны. Все технологии, относящиеся к спутниковым системам США, были включены в список имущества, имеющего военное значение (US Munitions List of military sensitive items). Этим законом, вступившим в силу 15 марта 1999 г., функции лицензирования спутников и другой космической техники переданы из Министерства торговли Государственному департаменту (Госдеп – Министерство иностранных дел США).

Закон “The Storm Thurmond National Defence Authorization Act for 1999”, определяющий порядок передачи американских технологий зарубежным странам, применительно к космической технике касался запуска американских спутников или космических аппаратов, изготовленных с использованием американских аппаратных средств, а также запуска спутников иностранными ракетами-носителями: российскими, китайскими и даже европейской “Ариан”.

Согласно заключенному в декабре 1998 г. контракту между головным разработчиком спутниковой системы Globalstar американской компанией “Loral Space and Communications” и консорциумом “Arianespace” на сентябрь 1999 г. планировался запуск шести спутников Globalstar одной ракетой-носителем “Ариан-4”. Для выведения спутников на орбиту консорциум “Arianespace” должен был разработать и изготовить специальный модуль разведения блоков полезного груза. Выполнявшиеся ранее запуски таких спутников ракетами “Дельта-2” и “Союз” обеспечивали выведение на орбиту только четырех аппаратов.

Консорциум “Arianespace” намерал приступить к изготовлению данного устройства разведения спутников в январе 1999 г., но прежде компания “Loral” должна была получить лицензию на экспорт технологии, связанной с аппаратом Globalstar. Этот аппарат на 75% является европейским, но тем не менее он подпадает под закон об экспорте из-за участия в проекте американской компании “Loral” и использования отдельных узлов американского производства.

К началу марта 1999 г. лицензия компании “Loral” еще не была выдана, а для консорциума “Arianespace” март был крайним сроком начала работ по распределению шести спутников.

Наблюдатели ожидали, что новому закону все же будут делаться определенные послабления для запусков американских спутников ракетами консорциума “Arianespace”, а также японских фирм, хотя в законе не делается каких-либо исключений для стран-участниц НАТО или союзников США.

Особое беспокойство у правительства США вызывали аварийные запуски американских спутников китайскими ракетами-носителями. Американские страховщики запусков требовали от китайской стороны подробных отчетов о том, что случилось с ракетами-носителями. В американском Конгрессе считают, что в таких случаях в руках китайской стороны могла бы оказаться информация военного характера.

Новый закон, как справедливо опасались наблюдатели, осложнил отношения США с другими странами, в том числе со странами-членами НАТО и союзниками, так как в нем не предусматривался дифференцированный подход к различным странам-партнерам. Три крупных оператора спутниковых систем из Канады, Европы и Азии в связи с этим заявили, что новый закон сделает затруднительным, а может быть, и невозможным покупку американских спутников.

Под вопросом оказалась выдача компании “Hughes” лицензии для создания двух спутников системы связи АРМТ китайско-сингапурского консорциума “Asia-Pacific Mobile Telecommunications” и тем более их запуск китайскими ракетами-носителями. Была приостановлена выдача лицензии нью-йоркской компании “Loral Space and Communications” на доставку в Китай спутника связи Chinasat-8 и его запуск китайской ракетой.

Наблюдатели отмечали, что в сложившейся ситуации возрастет роль европейских компаний-изготовителей спутниковых систем, к которым перешли заказы, ранее предназначавшиеся американским фирмам. Европейские компании проводили в тот же период реструктуризацию своего бизнеса, связанного с изготовлением КА. Параллельно вышли на международный рынок и азиатские производители: так, токийская компания “Mitsubishi” победила в конкурсе и стала головным подрядчиком в изготовлении австралийского спутника связи Optus-C1.

Практически одновременно с принятием закона об экспорте к проведению мероприятий по ограничению утечки сведений и передачи технологий за рубеж приступает NASA. В этом плане проводились проверки своими силами и при участии Главного контрольно-финансового управ-

ления (орган Конгресса США, GAO). Задача состояла в повышении уровня режима доступа иностранных специалистов к конфиденциальной информации. В первую очередь это касалось программы Международной космической станции.

К числу таких выявленных случаев отнесено предполагаемое нарушение законодательства о доступе к важным данным специалистов из России и Украины, работающих по проекту Sea Launch, которые могли узнать закрытые сведения о применении спутников-ретрансляторов для передачи данных слежения за полетом ракеты-носителя “Зенит”.

Отдельные члены Конгресса предупреждали, что новые правила экспорта нанесут серьезный ущерб американским производителям космической техники, поскольку коммерческие связные спутники фактически приравнены к системам вооружений.

В странах-союзницах США, в частности Японии и Германии, выражалась обеспокоенность в связи с новым американским законом. Руководители ведущих компаний Японии заявили, что этот закон поставил Японию в один ряд с КНР и Северной Кореей и затруднил сотрудничество между аэрокосмическими компаниями двух стран. Так, все пять спутников японского оператора спутниковой связи – компании JSAT – были изготовлены в США. Эта компания справедливо опасалась возникновения затруднений в размещении в США нового заказа на изготовление космических аппаратов связи.

Правительства Германии и Франции, а также представители промышленности этих стран заявили, что будут вынуждены свертывать давние установившиеся отношения с американскими компаниями, пока не будет пересмотрен закон об экспорте из США. Германия объявила о намерении обратиться во Всемирную торговую организацию. Изготовители спутниковых систем в Германии выразили озабоченность относительно возможных затруднений с поставками американских комплектующих элементов. Глава германского аэрокосмического центра DLR заявил, что, если не удастся найти взаимопонимания с американцами, то придется искать источники поставок за пределами США. И это относится не только к космосу. Кооперация в военных областях также стала затруднительной. На переориентирование германской промышленности потребуется несколько лет.

В начале 2007 г. восемь ассоциаций, представляющих различные отрасли промышленности США, образовали организацию с названием “Коалиция по безопасности и компетентности”. В коалицию вошли такие организации, как Министерство торговли и Национальная ассоциация производителей, которые также выступают за послабления в отношении экспорта некоторых технологий. Коалиции не удалось убедить Конгресс внести изменения в закон об экспорте технологий военного и двойного назначения. Тогда американские производители обратились к президенту Дж. Бушу с предложением реформировать положения закона о контроле над экспортом технологий с целью создать “более эффективную, предсказуемую и прозрачную систему контроля экспорта”.

Таким образом, принятие в США закона о запрете экспорта технологий (The Storm Thurmond National Defence Authorization Act for 1999), определяющего порядок передачи американских технологий зарубежным странам, негативно отразился на всей мировой космической деятельности, повредив интересам даже союзных или дружественных США государств, а также производителей космической техники в самих США.

## СОСТОЯНИЕ РЫНКА КОММЕРЧЕСКИХ ПУСКОВЫХ УСЛУГ

Снижение роли США в секторе коммерческих пусковых услуг наблюдается во всех классах средств выведения. На середину 2005 г. аналитическая корпорация “Футрон” зафиксировала лишь два действительно коммерческих запуска американских ракет: в марте с помощью ракеты “Атлас-5” запущен искусственный спутник связи “Inmarsat 4 F1”, позднее в этом году планировался запуск спутника RazakSAT с помощью ракеты “Фалкон”.

Другим свидетельством низкой коммерческой пусковой активности являются результаты исследования “Анализ концепций космической деятельности, порождаемых новыми средствами выведения” (ASCENT), выполненного корпорацией “Футрон” по заказу НАСА в рамках



программы “Инициатива в области космического транспорта” (Space Launch Initiative). Центральной идеей исследования ASCENT явилась разработка модели раздела рынка – формализованной модели прогнозирования распределения рынка между носителями и производителями их странами на основе привязки ожидаемых полезных нагрузок к конкретным типам носителей с учетом планов снятия с эксплуатации существующих и ввода в строй новых моделей носителей. Согласно результатам этого исследования, общее число коммерческих запусков будет умеренно расти до конца следующего десятилетия, но останется существенно ниже пиковых уровней, достигнутых в 1990-х годах. Кроме того, эта модель показывает, что коммерческие носители США получают лишь небольшую долю рынка, в то время как российские носители благодаря их более низкой стоимости по сравнению с конкурирующими западными без существенных различий в надежности завоюют основную долю рынка коммерческих пусковых услуг.

В начале октября 2006 г. после переговоров, длившихся примерно шесть месяцев, корпорация “Lockheed Martin” объявила о завершении сделки по продаже всей своей доли акций российско-американских предприятий “Lockheed Khronichev Energia International” (LKEI) и “International Launch Services” (ILS). Как было заявлено в пресс-релизе корпорации, данное решение вызвано “лишь коммерческими соображениями” и не связано с какими-либо действиями российских партнеров или правительства России.

В качестве основных причин столь серьезного шага эксперты называют незначительный грузопоток в космос коммерческих спутников связи, а также желание корпорации “Lockheed Martin” сосредоточить свои ресурсы на совместной с компанией “Boeing” работе, связанной с обеспечением национальной космической программы США. В целях снижения эксплуатационных затрат при выведении правительственных, в первую очередь военных, аппаратов корпорации “Lockheed Martin” и “Boeing” создали совместное предприятие “United Launch Alliance” (ULA), которое должно наладить на единой производственной базе изготовление ракет “Атлас-5” и “Дельта-4”. Официальное заключение о правомочности создания фирмы ULA было получено от Федеральной торговой комиссии (FTC) только осенью 2006 г., после продолжительного рассмотрения данной инициативы на соответствие положениям антимонопольного законодательства. Маркетингом ракет “Атлас” среди коммерческих заказчиков должна заниматься фирма “Lockheed Martin Commercial Launch Services”.

К моменту завершения сделки по продаже акций (11 октября 2006 г.) компания ILS располагала заказами на проведение около десяти запусков ракет “Протон”. В качестве предварительной оплаты по этим контрактам корпорация “Lockheed Martin” получила 340 млн долл., из которых 263 млн были перечислены Центру Хруничева для производства ракет-носителей.

При невыполнении принятых обязательств в согласованные сроки (к 2008 г.) юридическую ответственность за уже оплаченные старты по-прежнему будет нести корпорация “Lockheed Martin”, хотя на этот случай установлено получение от Центра Хруничева определенных компенсаций. В случае же успешного осуществления запланированных запусков чистая прибыль корпорации “Lockheed Martin” составит 60 млн долл.

Первый старт этой серии был произведен Центром Хруничева 8 ноября 2006 г. В ходе состоявшегося полета ракетой “Протон” на переходную орбиту был доставлен спутник телевидения BADR-4, принадлежащий консорциуму “Arabsat”. При этом отмечается, что этот старт состоялся уже под маркой нового владельца компании “ILS”.

## КВОТИРОВАНИЕ ПУСКОВЫХ УСЛУГ

Первый коммерческий запуск российской ракеты-носителя состоялся 9 апреля 1996 г.: с космодрома Байконур ракетой-носителем “Протон” был произведен запуск спутника связи “Астра-1F”. Этот принадлежащий люксембургскому консорциуму SES аппарат массой 3 т и сроком активного существования 15 лет был изготовлен американской компанией “Hughes” на базе спутниковой платформы MS-601.

Этому запуску предшествовала большая подготовительная работа. В конце 1992 г. после нескольких месяцев переговоров, проходивших в условиях секретности, американская корпорация

“Lockheed” (Калабасас, шт. Калифорния) и российский завод им. Хруничева (Москва) объявили о подписании соглашения, предусматривавшего реализацию на мировом коммерческом рынке хорошо отработанных и надежных российских ракет-носителей “Протон”. В соответствии с соглашением создана акционерная компания (LKEI), собственность которой была поровну разделена между двумя указанными организациями. Совместная компания зафиксировала для себя эксклюзивные права на маркетинг ракет “Протон”, кроме тех случаев, когда они будут использоваться для решения государственных задач России.

Предполагалось, что на мировом рынке “Протон” будет конкурировать в первую очередь с европейскими ракетами-носителями семейства “Ариан”.

Американские законы в этот период требовали, чтобы на любой спутник, изготовленный в США (или имеющий компоненты американского производства) и предназначенный для отправки для запуска на космодром вне территории США, правительство США (конкретно – Министерство торговли) выдавало экспортную лицензию. При этом запуск полезных грузов, принадлежащих правительственным организациям США, допускался только на американских средствах выведения. Более того, в соответствии с соглашением, заключенным между Россией и США в 1993 г., российские организации имели право до 2000 г. обеспечить на коммерческой основе выведение только восьми геостационарных спутников. При этом назначаемая цена за запуск не должна быть более чем на 7,5% ниже стоимости выведения аппаратов европейскими или американскими ракетами.

Вместе с тем среди американских бизнесменов сформировалась достаточно влиятельная группа, выступавшая за пересмотр выделенных России квот на коммерческие запуски в сторону их увеличения. В состав этого лобби, кроме непосредственно заинтересованной компании “Lockheed Martin”, вошли представители фирм – владельцев космических аппаратов, а также страховых организаций.

В декабре 1995 г. в Австрии завершились американо-украинские переговоры о предоставлении квот на проведение коммерческих запусков космических аппаратов западного производства. В соответствии с достигнутыми соглашениями украинские организации, эксплуатирующие ракеты “Зенит” и “Циклон”, могли до 2001 г. осуществить запуски пяти геостационарных спутников, а в последующие 3–4 года при увеличении общего грузопотока в космос – еще одного такого аппарата.

Особой статьей в договоре было зафиксировано разрешение на 11 запусков ракет-носителей “Зенит” с морского стартового комплекса, создаваемого в рамках проекта Sea Launch при участии американской компании “Boeing”. Кроме того, оговаривалась возможность при получении новых заказов провести еще три запуска этих ракет.

Наиболее значительную поддержку компании “Sea Launch” оказал крупнейший производитель коммерческих спутников связи корпорация “Hughes”, заказавшая для запуска своих перспективных аппаратов 10 ракет “Зенит”, старт первой из которых с морского комплекса планировалось произвести в 1998 г.

Если ранее российские организации, эксплуатирующие транспортные космические системы, могли произвести до 2000 г. запуски восьми геостационарных спутников, то теперь эта квота была увеличена до 20 аппаратов. Кроме того, американская сторона смягчила свои требования в отношении цен, устанавливаемых российскими организациями на запуск космических грузов. Теперь стоимость выведения спутников российскими ракетами не должна быть более чем на 15% ниже установившихся на Западе цен на аналогичные услуги.

Существенное смягчение позиции правительства США было обусловлено заинтересованностью ряда крупных аэрокосмических компаний в развитии отношений с российскими предприятиями. Так, например, корпорация “Lockheed Martin” и НПО им. Хруничева через совместное предприятие ILS проводили согласованный маркетинг своих ракет “Атлас” и “Протон”. Кроме того, после неудачных полетов американских ракет-носителей компании, занимающиеся производством и эксплуатацией коммерческих космических систем, также стали проявлять интерес к иностранным средствам выведения.

Возможные пути разрешения возникших на американском рынке проблем были изложены в письме, направленном вице-президенту А. Гору от имени руководителей 20 крупнейших аэрокосмических корпораций. Такая позиция промышленных фирм подтолкнула правительство США смягчить режим выхода на международный рынок коммерческих транспортных систем организаций из стран с нерыночной экономикой. Президент Клинтон подписал документ, разрешающий проведение единичных запусков американских космических аппаратов зарубежными конверсионными баллистическими ракетами.

Первой организацией, которая использовала предоставленные права, стала компания “EarthWatch”, получившая от правительства США лицензию на запуск спутника Earlybird российской конверсионной ракетой “Старт”.

Кроме того, до подписания упомянутого договора с Россией были заключены аналогичные соглашения с Китаем и Украиной. Каждой стране было предоставлено право на выведение 20 спутников американского производства. Сразу после заключения двухстороннего соглашения члены российской делегации, оценивая сложившуюся ситуацию, заявили, что в ближайшем будущем ими снова будет поднят вопрос об увеличении квот на коммерческие запуски.

Тем не менее на слушаниях в Палате представителей администрация президента Клинтона обвинили в слабой защите интересов американских фирм при заключении международных договоров о предоставлении странам с нерыночной экономикой прав на проведение коммерческих запусков космических аппаратов. В основном законодатели критиковали соглашения, заключенные в последние годы с Китаем, Украиной и Россией.

Согласно условиям подписанных договоров цены за запуски ракет-носителей этих стран не должны быть более чем на 15% ниже стоимости выведения грузов аналогичными американскими или европейскими транспортными системами. На практике стоимость запуска китайских ракет занижается на 22–36%, а российских – на 30–35%. В результате доля рынка коммерческих запусков, которую контролировали американские компании, за последние годы существенно сократилась.

В конечном итоге квотные ограничения на коммерческие запуски американских спутников российскими ракетами-носителями были отменены США лишь с 1 января 2001 г. Несколько раньше были отменены аналогичные ограничения для Китая и Украины (Новости, 2001). Тем не менее в арсенале США остались и активно используются такие средства решения внешнеполитических проблем посредством “регулирования” доступа зарубежных носителей на рынок пусковых услуг, как лицензирование экспорта, использование режима нераспространения ракетных технологий и т.п.

#### ПРОЕКТ “СЕСАТ” И ДАЛЬНЕЙШЕЕ СОТРУДНИЧЕСТВО С ЕВРОПЕЙСКИМИ КОМПАНИЯМИ

В начале 1995 г. российское НПО Прикладной механики совместно с французской компанией “Alcatel Espace” предложили консорциуму “Eutelsat” изготовить и вывести на орбиту ракетой-носителем “Протон” спутник связи “Сибирь–Европа”. Консорциум “Eutelsat” готовился объявить конкурс фирм по созданию спутника новой модели “Eutelsat-3”. Для предлагаемого аппарата Россия предложила выделить орбитальную позицию над Сибирью. Сотрудничество между российскими и европейскими и другими зарубежными фирмами в создании космических аппаратов связи в дальнейшем получило широкое развитие благодаря государственной поддержке.

Во время визита в Париж в ноябре 2000 г. Президента Российской Федерации был достигнут дальнейший прогресс в организации сотрудничества между российскими и зарубежными космическими компаниями. Так, являющаяся государственной и отвечающая за международную спутниковую связь Российская компания спутниковой связи (RSCC) заключила с парижской компанией “Alcatel Espace” контракт, предусматривающий изготовление трех комплектов аппаратуры для российских спутников. Проведены также переговоры с международным консор-

циумом “Eutelsat” об оказании помощи в финансировании изготовления четвертого комплекта полезного груза.

По отдельному контракту (стоимостью 100 млн долл.) компания “Alcatel” должна была изготовить три комплекта полезного груза для спутников модели “Экспресс” компании RSCC. Частичное финансирование работ по их изготовлению обеспечивалось кредитом правительства Франции. Первый спутник “Экспресс-А4” (или A1R) массой 2,5 т и мощностью энергетической установки 2,5 кВт планировалось изготовить на замену утраченному при запуске ракеты “Протон” в 1999 г. Выведение спутников АМ-11 и АМ-22 планировалось осуществить в 2002 и 2003 г. соответственно. Вся орбитальную группировку компании RSCC намечалось заменить новыми аппаратами к 2004 г.

Серьезной проблемой при этом являлась защита ранее выделенных Российской Федерации орбитальных позиций в Международном союзе электросвязи. Согласно его правилам незаполненные орбитальные позиции в течение определенного срока отбираются и передаются другим претендентам (эта проблема не утратила актуальности и в настоящее время) (Aviation, 2000).

Проект “Сесат” сыграл важную роль в развитии международного сотрудничества между Россией и Европой в космической области. Это сотрудничество развивается по многим направлениям космической деятельности.

В области пусковых услуг имеет место как сотрудничество (программы “Еврокот”, “Союз на Куру”, в которых российские ракеты дополняют возможности европейских ракет “Ариан”), так и прямая конкуренция на рынке с операторами пусковых услуг, предлагающими российские ракеты “Протон” и украинско-российские ракеты “Зенит” (близкие к “Ариан” по грузоподъемности) для вывода на геостационарную орбиту.

В середине 2000 г. западные обозреватели предсказывали очередной виток торговой войны на международном рынке космических коммерческих услуг. Первый прецедент создала совместная российско-американская компания “Интеракетэшнл лонч сервисез” (ILS). Как сообщил еженедельник “Space News”, она выиграла у европейского консорциума “Arianespace” конкурс на запуск испанского спутника связи, предложив за это необычно низкую цену.

Стоимость сделки составила 60–65 млн долл., что, по мнению европейских экспертов, примерно на 20–40% ниже обычного. Как отметил ведущий специалист фирмы “Евроконсалт” Стефан Шенар, ранее ILS всегда получала за использование ракет “Атлас-2” от 75 до 92 млн долл. – в зависимости от массы полезной нагрузки и ряда других факторов.

Европейский конкурент российско-американского совместного предприятия, “Arianespace”, также назначил близкую к этому цену, но при условии, что на его носителе “Ариан-5” вместе с “Испасат-1Д” будет выведен в космос еще один спутник. Однако испанцы сочли такое предложение неприемлемым. Не подошла заказчику и другая модификация этой ракеты – “Ариан-4”, стоимость которой также выше, чем у “Атласа”.

В целом же специалисты полагали, что через два года на этом рынке могут произойти весьма серьезные изменения. По их прогнозам, спрос на коммерческие носители будет в перспективе сокращаться, несмотря на стремительное развитие телекоммуникаций.

Такой вывод объяснялся двумя причинами – появлением большого числа новых ракет в Европе, США, России, Китае, Японии, Индии, а также созданием спутников связи с расширенными возможностями. Если еще недавно на таких аппаратах устанавливалось по 16 ретрансляторов, то сейчас их число достигает 80. При этом срок эксплуатации самих спутников возрос с 10 до 15 лет. По мнению экспертов, новые возможности будут ограничивать число запусков на геостационарную орбиту, что неизбежно приведет к обострению конкурентной борьбы на этом рынке.

Летом 2003 г. компании “Boeing Launch Services”, “Arianespace” и “Mitsubishi Heavy Industries” подписали соглашение о взаимной подмене своих ракет-носителей “Зенит-3SL”, “Ариан-5” и Н-2А при осуществлении коммерческих пусков. Основной задачей договора, получившего название “Mission Assurance Agreement”, является обеспечение точных сроков выведения космических аппаратов, что весьма важно для коммерческих заказчиков.

С тех пор при заключении каждым из участников соглашения собственного контракта на космический запуск отдельной статьей оговаривается возможность выбора клиентом запасного средства выведения его аппарата. Однако после этого заказчику приходится проводить дополнительные переговоры с компанией, эксплуатирующей резервную транспортную систему. Данная процедура была предусмотрена в целях нераспространения конфиденциальной информации о реальных эксплуатационных затратах ракет-носителей и недопущения двусторонних сепаратных соглашений по расценкам на пусковые услуги в ущерб третьему участнику.

В остальном же компании “Boeing”, “Arianespace” и “Mitsubishi” остаются свободными в своей деятельности на международном рынке и могут независимо участвовать в различных конкурсах средств выведения космических аппаратов.

Впервые схема подмены транспортных систем была применена уже осенью 2003 г. Из-за напряженного графика полетов ракеты “Ариан-5” консорциум “Arianespace” был вынужден передать спутник связи “DirecTV-7S” международному объединению “Sea Launch”, которое должно было осуществить его запуск в первом квартале 2004 г. ракетой “Зенит-3SL” (Spacewarn Bulletin, 2004).

В начале 2007 г. Парламентский отдел по оценке научно-технических решений Франции опубликовал отчет, в котором приводится общая оценка состояния космической деятельности в мире, констатируется глобальная активизация космических программ, особенно в таких странах, как Россия (10-кратное увеличение годовых ассигнований после 1999 г.), США, Китай и Индия, и приводится примерно 50 предложений по дальнейшему укреплению позиций Европы в области военного и гражданского космоса.

По оценке авторов отчета, Европа постепенно утрачивает свои позиции и может стать второразрядной космической зоной, если не произойдет двукратного увеличения ассигнований на космические программы и не будет положен конец дублированию космических разработок в отдельных странах континента. В качестве примера возможного сотрудничества в космической сфере приводится вариант обеспечения сопрягаемости военных систем спутниковой связи Франции, Германии, Великобритании, Италии и Испании. Этими системами обособленно управляют национальные ведомства, что иногда ведет к неоправданному параллелизму.

Российские ракеты-носители в силу достаточно высоких технико-экономических показателей пользуются устойчивым спросом на мировом рынке пусковых услуг. Исторически сложилось так, что их маркетингом, как правило, занимаются совместные с зарубежными фирмами предприятия, зарегистрированные за пределами России и, соответственно, находящиеся под юрисдикцией стран пребывания. Подобная практика вполне вписывается в русло современных общемировых тенденций: следствием интернационализации космической деятельности явилось образование множества таких транснациональных корпораций, как глобальный оператор связи SES (страна юридической регистрации – Люксембург), крупнейший европейский аэрокосмический концерн EADS (Нидерланды). Большое число зарубежных филиалов и представительств имеют крупные аэрокосмические компании (“Boeing”, “Lockheed Martin” и др.) и национальные космические агентства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внешнеэкономическая космическая деятельность Российской Федерации представляет собой сочетание международной коммерческой (платные поставки товаров и услуг зарубежным заказчиком и закупки их за рубежом из внебюджетных источников) и некоммерческой (закупки товаров и услуг за рубежом из средств государственного бюджета) космической деятельности.

Коммерческая космическая деятельность является сферой рискованных капиталовложений, и перспективы ее развития определяются как реакцией конечных пользователей на расширение сферы предлагаемых ею услуг, так и заинтересованностью государственных заказчиков в использовании потенциала коммерческой составляющей космической деятельности. Следует также заметить, что практически вся современная мировая коммерческая космическая деятельность базируется на научно-технических заделах, созданных при выполнении государственных заказов.

Исследователи мирового космического рынка практически единодушны во мнении, что этот рынок развивается в целом устойчиво, в основном за счет коммерческих услуг космических систем (связь, навигация, дистанционное зондирование Земли и др.) и средств индивидуального и коллективного доступа к этим услугам. В то же время спрос на коммерческие космические аппараты и пусковые услуги в обозримом будущем имеет весьма ограниченные перспективы роста, следствием чего является острая конкуренция в соответствующих секторах мирового рынка. Важной особенностью мирового космического рынка является вмешательство государственных структур в рыночные механизмы с целью создания конкурентных преимуществ отечественным производителям.

Устойчивым спросом на мировом космическом рынке пользуются российские ракеты-носители. В силу исторических причин их маркетингом, как правило, занимаются совместные с зарубежными фирмами предприятия, зарегистрированные за пределами России и, соответственно, находящиеся под юрисдикцией стран пребывания. Подобная практика вполне вписывается в русло современных общемировых тенденций интернационализации космической деятельности.

Развертывание работ по восстановлению отечественных орбитальных группировок искусственных спутников связи, навигационно-временного обеспечения, дистанционного зондирования Земли и др. с привлечением зарубежных партнеров должно обеспечить конкурентоспособность РКП этих секторов мирового космического рынка, а работы по созданию современных экологически чистых средств выведения – удержанию позиций на мировом рынке пусковых услуг, где России по праву принадлежит одно из ведущих мест.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Давыдов В.А., Конорев А.А., Пайсон Д.Б. (2008): Перспективы развития ракетно-космической промышленности с учетом проводимой инновационной политики в стране и международной космической деятельности России. М.: ЗАО “НИИ “ЭНЦИТЕХ”.
- Давыдов В.А., Макаров Ю.Н., Мальченко А.Н., Пайсон Д.Б. (2006): Новые концептуальные методологические подходы к проблемам формирования оптимального технического и технологического базиса программно-целевого планирования в создании и развитии ракетно-космической техники. М.: ЗАО “НИИ “ЭНЦИТЕХ”.
- Макаров Ю.Н., Хрусталёв Е.Ю. (2009): Концепция развития ракетно-космической промышленности (состояние и тенденции развития) // *Концепции*. № 2.
- Макаров Ю.Н., Хрусталёв Е.Ю. (2010): Финансово-экономический анализ ракетно-космической промышленности России // *Аудит и финансовый анализ*. № 2.
- Новости (2001): Новости космонавтики. № 2.
- Перспективы (2009): Перспективы развития совмещенных наукоемких технологий. Исследования вопросов совершенствования технико-экономического обоснования космических программ и проектов / Под общ. ред. К.С. Касаева. М.: ЗАО “НИИ “ЭНЦИТЕХ”.
- Aviation (2000): *Aviation Week and Space Technology*. 6/XI. Vol. 153. № 19.
- Spacewarn Bulletin (2004): *Spacewarn Bulletin*. № 603–614.

Поступила в редакцию  
20.06.2010 г.

## Russian Space in the World Market: Competition, Problems and Prospects

Yu. N. Makarov

The article shows that despite the financial crisis and the severe budgetary constraints, the Russian space-rocket industry is able to provide its financial and economic needs through access to the world markets of high technology products and implementation of foreign orders for production of advanced space technology and services.

**Keywords:** satellite, rocket and space technology, high-tech sector of world market, industrial policy, international competition, commercial satellite, globalization of space activities.

## КОНЦЕПЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ АПК РОССИИ В ПОСТКРИЗИСНЫЙ ПЕРИОД

© 2011 г. А.Л. Арутюнов

(Москва)

В статье рассматривается вопрос о целесообразности использования традиционных и альтернативных видов энергоресурсов для нужд сельскохозяйственного производства России. Дается анализ технологий и экономики получения жидких углеводородов из биомассы, а также целесообразности производства биотоплива в России.

**Ключевые слова:** АПК России, альтернативная энергетика, традиционные виды энергоресурсов, биотопливо, прогноз.

### ВВЕДЕНИЕ

Для эффективного и рационального с экономической точки зрения развития сельскохозяйственных организаций АПК России, а следовательно, и сельскохозяйственных регионов страны (преимущественно Южного федерального округа, Красноярского и Алтайского краев), необходимо рационально использовать природные ресурсы, особенно те, которые относятся к категории невозобновляемых (дизельное топливо, мазут, автобензин, биодизель, биоэтанол и т.д.).

Чтобы в общих чертах выявить масштабы и закономерности динамики использования энергии (электроэнергии) в сельских районах, необходимо знать специфические особенности их социально-экономического развития и факторы, определяющие направления и эффективность как потребления энергии (в целом), так и электрификации сельских районов.

К числу проблем относятся *особенности сельских районов как потребителей энергии*. Эти особенности вытекают из специфики производства и деятельности в сельской местности и, в частности, определяются условиями земледелия как обязательной и важнейшей сферы приложения труда в сельских районах. Наблюдается рост требований к качеству энергоносителей, который проявляется в виде объективного увеличения потребности в электроэнергии как энергоносителе с комплексом более высоких потребительских свойств. Рост потребностей связан с: а) индустриализацией и интенсификацией процессов производства в агропромышленном комплексе и сельском хозяйстве на основе прогрессивных технологий, базирующихся на использовании электроэнергии; б) особым значением социальных аспектов развития сельской экономики и необходимостью скорейшего преодоления отставания сельской местности по условиям труда и быта людей.

Одновременно происходит удорожание живого труда, сырья и материалов, в первую очередь кормов и качественного топлива, по сравнению с электроэнергией, что определяется изменением места электроэнергии в общей системе производственных ресурсов и ростом эффективности использования электротехнологий. Одним из важных моментов здесь является расширяющаяся возможность и объективная необходимость массового использования сельскохозяйственных потребителей в качестве регуляторов нагрузки в крупных объединенных электроэнергетических системах.

Важнейшая особенность хозяйства в сельских районах состоит в том, что основные предметы труда – почва, домашние растения и животные – являются частично или полностью биологи-

ческими объектами, а основная продукция сельского хозяйства (продовольствие или основное сырье для его производства – семена и корма) имеет *биоэнергетический характер*.

Сельское хозяйство, точнее земледелие, является, таким образом, энергопроизводящей отраслью. Энергия, создаваемая здесь растениями на основе фотосинтеза (т.е. использования энергии Солнца и питательных веществ почвы), выступает в виде особого энергоносителя – *биомассы*, которая направляется на питание людей и корм скоту. Отходы растениеводства используются непосредственно для местных энергетических нужд (кизьяк, солома и т.д.). В отличие от естественных условий в сельском хозяйстве имеет место расширенное воспроизводство биомассы в результате применения труда и дополнительной энергии.

В естественных условиях растения и животные не могут быть высокопродуктивными, так как затрачивают большое количество энергии на преодоление неблагоприятных внешних факторов. Поэтому человек, сознательно вкладывая дополнительные энергозатраты в виде живого труда, а также с помощью машин и природных и преобразованных энергетических ресурсов, уменьшает затраты энергии растениями и животными на поддержание собственной жизнедеятельности и повышает тем самым их продуктивность.

Для исследования проблем энергетики сельскохозяйственного производства и понимания его особенностей необходимые совокупные энергетические затраты в сельском хозяйстве можно разделить на две составляющие. Первая – оперативная (прямая) энергия, которая расходуется непосредственно в самом сельскохозяйственном производстве в виде топлива, электрической и тепловой энергии, энергетических затрат рабочего скота и людей. Именно об этом виде энергии прежде всего идет речь, когда рассчитывают показатели энергопотребления в сельском и других отраслях хозяйства. Однако сельское хозяйство, кроме того, потребляет так называемую овеществленную энергию, перенесенную сюда в виде энергии, затрачиваемой на производство минеральных удобрений, пестицидов, рабочих и транспортных машин, оборудования. Особенности сельскохозяйственного производства являются ускоренный рост потребления и высокий удельный вес именно овеществленной энергии.

Учет, наряду с затратами прямой энергии, совокупных энергетических затрат в условиях сельского хозяйства представляет не только теоретический интерес, но имеет прямое отношение к решению крупных проблем энергосбережения. Так, например, для обеспечения добычи, переработки и транспортировки 1 кг светлых нефтепродуктов требуются затраты совокупной энергии, эквивалентные 1,5–2,0 кг условного топлива (у.т.), для производства и транспортировки электроэнергии – на 30% меньше (Агропромышленный портал России, 2010). Поэтому если критерием выбора вариантов являются не только приведенные затраты, но и минимальный расход энергии как одного из ограниченных производственных ресурсов, появляются дополнительные соображения в пользу применения электроэнергии.

Важным следствием биоэнергетического характера сельскохозяйственного производства является возможность тонкого энергетического воздействия непосредственно на предметы труда, в том числе и в особых формах.

## РОЛЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КАК ФАКТОРА ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ

В 1995 г. в России завершилась эпоха глобальных социально-экономических трансформаций (с 1985 по 1995 г.), связанная с переходом от административно-командной к либерально-рыночной системе ценностей как в социально-общественных институтах, так и в отраслях народного хозяйства. В результате реформ многократно сократились государственные инвестиции в аграрный сектор, усилился диспаритет между отраслями народного хозяйства из-за того, что в фондообразующих отраслях цены были полностью отпущены, за исключением цен на энергоносители. Результатом этого стало полное дерегулирование цен. Резко снизился платежеспособный спрос населения, сократилось потребление продовольственных товаров. Сельскохозяйственные организации, приспособившись к относительно низким доходам потребителей, были вынуждены предлагать свою продукцию по заниженным ценам, не окупающим затраты на ее производство. Немаловажную роль в данной цепи событий сыграло искусственное и ускоренное форсированное



развитие фермерства на базе колхозно-совхозной системы – поспешная реорганизация крупных сельскохозяйственных организаций. К началу 1995 г. большая часть сельскохозяйственных организаций России (СХО) оказались нерентабельными (табл. 1, п. 1 и 5), работали с отрицательным балансом в основном из-за дороговизны традиционных видов энергоносителей (электроэнергии, дизельного топлива и автомобильного бензина, использовавшихся при производстве), цены и тарифы которых драматически росли, в то время как ВВП страны сокращался. Как показывают

**Таблица 1.** Основные показатели деятельности сельскохозяйственных организаций (СХО)

№	Показатели деятельности	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008*
1	Число СХО (на конец года), тыс.	25,8	26,9	27,6	24,8	24,2	22,1	20,6	19,0	16,9	15,2	–
2	Потребление электроэнергии на производственные нужды, млрд кВт/ч	67,3	53,0	30,2	25,4	22,7	20,3	18,0	16,9	16,8	14,9	14,3
3	Потребление дизельного топлива, млн т	20,0	7,1	5,0	5,0	4,7	4,9	4,9	5,1	4,0	4,0	4,0
4	Потребление автомобильного бензина, млн т	11,3	3,3	1,8	1,7	1,8	1,8	1,9	1,7	1,4	1,3	1,3
5	Число убыточных СХО, тыс.	0,7	15,4	14,1	11,4	13,3	10,8	7,2	7,6	5,4	3,3	–
6	Посевная площадь, млн га	112,1	86,2	69,1	66,4	64,6	58,3	55,4	51,4	48,2	45,1	58,3
7	Продукция СХО (в ценах 2002 г.), млрд руб.	919,4	446,3	362,1	402,2	409,9	393,7	412,6	425,4	443,7	465,4	540,8
8	Реализация основных продуктов сельскохозяйственными организациями (для государственных и муниципальных нужд), млн т											
	Зерно	–	7,1	5,5	–	–	2,5	2,2	2,2	2,0	1,6	2,0
	Сахарная свекла	–	425	979	–	–	1009	1308	1039	1765	1406	1214
	Семена масличных культур	–	425	218	–	–	153	157	189	170	159	130
	Картофель	–	431	202	–	–	154	155	146	151	152	165
	Овощи	–	1110	494	–	–	342	265	214	225	160	160
	Скот и птица (в живом весе)	–	2,9	1,2	–	–	1,1	1,0	0,8	0,7	0,7	0,5
	Молоко	–	15,5	9,1	–	–	8,2	7,6	6,5	6,5	5,6	5,0
	Яйца, млрд шт.	–	18,3	11,7	–	–	8,5	6,6	5,7	5,6	5,0	4,5

\*С 2008 г. ФСГС РФ (Росстат) прекратил ведение учета статистической отчетности по некоторым основным показателям деятельности СХО.

данные табл. 1 (п. 7), с 2001 г. наблюдается рост (при продолжающемся спаде темпов потребления основных видов энергоносителей (табл. 1, п. 2–4)) продукции СХО на уровне 11% в год в результате принятых Правительством РФ программ поддержки сельскохозяйственных производителей (в СХО и фермерских хозяйствах) в рамках приоритетного национального проекта “Развитие АПК” России (Арутюнов, 2010, с. 248–249) и Государственной программы развития сельского хозяйства России (Арутюнов, 2008, с. 48–49). Одна из таких форм поддержки заключалась в создании Россельхозбанка РФ и его филиалов в регионах с более развитым сельским хозяйством (Краснодарский, Ставропольский и Алтайский края). Этот банк работал по программе долгосрочного кредитования (на 8–10 лет) сельскохозяйственных производителей (под земельные ресурсы СХО) и частных фермерских хозяйств.

В условиях постоянного роста цен и тарифов на традиционные виды энергоносителей<sup>1</sup> и спада показателей финансово-хозяйственной деятельности (например, производства продукции сельского хозяйства до 1999 г.) практически во всех отраслях сельскохозяйственного производства возникает вопрос о целесообразности организации эффективного управления производством на сельскохозяйственных предприятиях и в крестьянских и фермерских хозяйствах аграрного сектора России.

Для организации эффективного производства, скорейшего преодоления процессов спада в данной области народного хозяйства и роста продукции сельского хозяйства требуются не только капиталовложения в виде прямых инвестиций со стороны частного сектора и государственных субсидий при хорошем менеджменте, но и долгосрочные прогнозные оценки потребления различных ресурсов, задействованные в производственном процессе. Важна роль оценок экономической эффективности прогнозов, т.е. степени их надежности. Такие прогнозы должны обеспечивать своевременное принятие управленческих решений. Например, информация о прогнозных оценках потребления, цен и тарифов на различные виды энергоносителей обеспечит наиболее эффективное расходование данных видов топлива. В последующем это, вероятнее всего, приведет к снижению тарифной нагрузки на энергоресурсы в сельскохозяйственном производстве, а также поможет разработать технико-экономические обоснования производства и использования жидких углеводородных энергоносителей из биомассы в сельскохозяйственном производстве России.

Имеются различные методы получения прогнозных оценок. Существует несколько нетривиальных методов – например, система опережающих индикаторов (СОИ) и соответствующая методика оценки сводного опережающего индекса. Идея заключается в нахождении таких индикаторов (показателей), у которых поворотные точки наступают раньше, чем у экономики в целом. Достижение пика (или впадины) таким опережающим индикатором (leading indicator) позволило бы говорить о вероятном приближении пика или впадины в макроэкономической динамике. Впервые эта идея была предложена представителями кейнсианской школы и использована в 1930-е годы в США во времена Великой депрессии. Еще одним методом получения прогнозных оценок является стационарное дискретное вейвлет-преобразование (stationary discrete wavelet transformation, SDWT), основанное на преобразовании стационарных временных рядов Фурье, а также модели авторегрессии со скользящим средним (АРСС).

Расчеты СОИ для России, по существу, проводились лишь в экспериментальном порядке. Причина – многолетний спад производства, никак не достигавший нижней точки, связанный с трансформацией экономической системы и переходом от плановой экономики к рыночной. Выделять на таком фоне какие-либо поворотные точки в динамике экономической конъюнктуры было бы искусственным решением. Тем более что временной промежуток был слишком мал и не позволял реально “отличить” долговременную тенденцию от циклических и краткосрочных колебаний.

В условиях постоянного спада (случай отсутствия “точек перегиба”) динамики экономических показателей (потребления электроэнергии, автомобильного бензина и дизельного топлива) для получения темпов прироста (или спада) и построения прогнозов для России целесообразно строить системы опережающих индикаторов и применять методики оценки сводного опережающего индекса (Минсельхоз России). Именно такой подход используется во многих странах, но в России он до сих пор не нашел применения.

<sup>1</sup>Основными видами энергии, которые используются в сельскохозяйственном производстве России, являются электроэнергия, дизельное топливо и автомобильный бензин.

На основе упомянутых выше методов были получены прогнозные оценки темпов роста на долгосрочный период (до 2030 г.) таких индикаторов сельскохозяйственного производства, как продукция сельского хозяйства в стоимостном выражении, потребление дизельного топлива, автомобильного бензина и электроэнергии на производственные нужды в СХО (табл. 2, 3).

Особенности данных методик, в частности технологии SDWT, заключаются в сокращении погрешностей моделей ARIMA, т.е. при  $y_t = \sum_i^n \theta_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t$  будет приближаться к нулю в зависимости от конкретной модели, но значения нуля не достигнет. Тем самым повышается точность прогнозных оценок, полученных при помощи моделей APCC (ARIMA). Особенность методики СОИ заключается в том, что наиболее значимое влияние на получение адекватных прогнозных оценок оказывает ретроспектива исследуемого временного ряда. Это означает, что такая методика основана на циклическом варианте развития событий (повторе прошлых событий на новом витке).

При получении прогнозных оценок невозможно учесть всех факторов и связей многоукладной экономической системы. Устойчивое развитие российской экономической системы (рис. 1) возможно только при условии использования достижений не только прикладной, но главным образом фундаментальной науки, внедрения высоких технологий и перехода на социально ориентированную экономику.

**Таблица 2.** Прогнозные значения темпов роста показателей сельскохозяйственного производства России до 2030 г., %

Год	Усредненные показатели	По СОИ	SDWT	ARIMA/APCC	Согласно данным Минэкономразвития России
2010	3,3	3,1	3,4	4,1	4
2015	3,9	3,7	3,8	4,3	4
2020	3,8	3,4	3,5	4,2	–
2025	3,8	3,4	3,5	4,2	–
2030	3,8	3,4	3,5	4,2	–

**Таблица 3.** Факторы и параметры эконометрической модели потребления энергоресурсов в СХО России

Факторы производства в СХО России		Коэффициент детерминации, %	Коэффициент Дарбина–Уотсона
$Y_1$	Потребление электроэнергии, млрд кВт/ч	96,7	2,41
$X_1$	Поголовье скота, млн голов		
$X_2$	Поголовье, млн голов		
$X_3$	Продукция животноводства, млрд руб.	95,5	2,36
$Y_2$	Потребление бензина, млн т		
$X_4$	Сельскохозяйственные угодья, млн га		
$X_5$	Малая механизация, тыс. шт.		
$X_6$	Производство молока, млн т	98,8	2,44
$Y_3$	Потребление дизельного топлива, млн т		
$X_7$	Сельскохозяйственные угодья и посевные площади, млн га		
$X_8$	Внесение минеральных и органических удобрений, млн т		
$X_9$	Валовой сбор продуктов растениеводства, млн т	98,8	2,44
$X_{10}$	Парк сельскохозяйственной техники (тыс. шт., на конец года)		

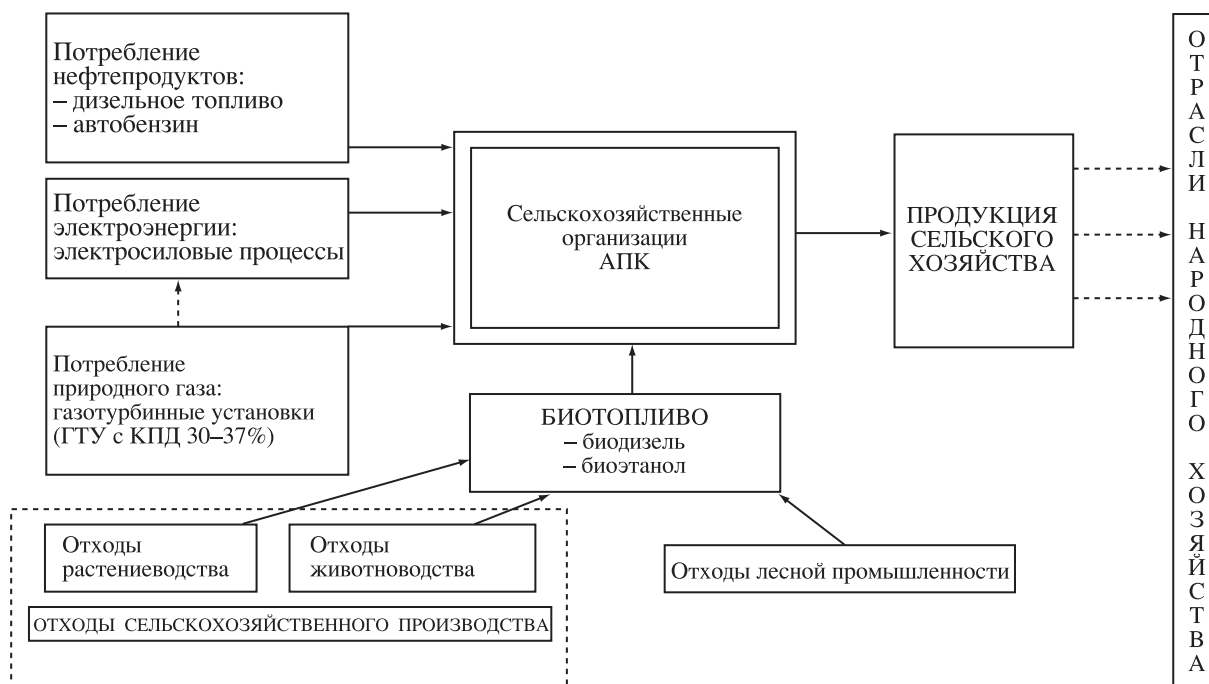


Рис. 1. Модель энергоэффективного потребления различных видов топлива в АПК России (газотурбинный)

Для построения концепции рационального пользования различными видами топлива, необходимой для функционирования АПК России, необходимо знать не только межотраслевые связи и потоки, прогнозные оценки потребления, но и то, каким образом и на что расходуются конкретные виды энергоносителей. Чтобы ответить на эти вопросы, рассмотрим многофакторные эконометрические модели, построенные на регрессионных уравнениях, отражающих потребление традиционных видов энергоресурсов (электроэнергии, дизельного топлива и автомобильного бензина) в сельскохозяйственном производстве России:

$$\begin{cases} Y_1 = 15,53 + 1,22X_1 + 0,03X_2 - 0,17X_3; \\ Y_2 = 6,22 - 0,069X_4 - 0,005X_5 + 0,107X_6; \\ Y_3 = 20,93 - 0,121X_7 - 0,047X_8 - 0,007X_9 + 0,006X_{10}. \end{cases}$$

### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ

В условиях постоянного роста цен и тарифов на традиционные виды энергоносителей возникает вопрос о целесообразности использования альтернативных энергоресурсов на основе получения углеродородного сырья из биомассы и отходов сельскохозяйственного производства. Речь идет о получении и последующем применении в сельскохозяйственном производстве “смешанных” видов (традиционных и альтернативных – биотоплива) энергоресурсов для снижения тарифной нагрузки на энергоресурсы в СХО.

В настоящее время в стадии различных решений и коммерциализации находятся несколько технологий получения биотопливных материалов различной природы для автомобильного транспорта, сельскохозяйственного производства, а также электроэнергии и тепла:

- биоэтанола – из крахмалосодержащего сырья;
- биодизеля – на основе растительных масел;

- биогаза – из различных отходов органической природы;
- биобутанола – смеси ацетона и бутанола на основе зерна.

Биотопливо создает свою “биоэкономику”, которая имеет ряд преимуществ:

1) *социальные*:

- диверсификация сельского хозяйства и его рост;
- развитие сельских регионов;
- улучшение социальной ситуации в сельских населенных пунктах;
- улучшение здоровья человека, экологии и качества жизни;

2) *экономические*:

– снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции и более тщательный контроль качества продукции;

- появление новых продуктов и рынков;
- снижение зависимости сельскохозяйственного производства от поставки энергоресурсов;

3) *экологические*:

– предотвращение загрязнения окружающей среды, снижение выбросов газов, вызывающих парниковый эффект, и других вредных выбросов (этанол разлагается на биокomпоненты и не загрязняет природные водные системы. Так, содержание в бензине 10% этанола снижает токсичность выхлопа на 30% и не требует изменения конструкции двигателей (Панцхава, Пожарнов, Шипилов, 2007, с. 12–14));

- применение продуктов многоразового использования.

В связи со сложившейся ситуацией на рынке традиционных видов энергоресурсов, предназначенных на производственные нужды в сельском хозяйстве, целесообразно смешанное использование как традиционных, так и альтернативных источников энергоносителей, для значительного снижения издержек сельхозпроизводства.

В ряде стран–лидеров по производству альтернативных энергоресурсов (Бразилия, США, Канада, Китай, Индия и страны Европы) существуют специальные правительственные программы по переходу на биотопливо и доведению до 2010–2012 гг. его производства и потребления до 5–7%.

Согласно прогнозно-аналитическим расчетам Международного энергетического агентства (International Energy Agency, IEA) производство биоэтанола и биодизеля в США, Канаде, Европейском союзе и других странах, подписавших Киотский протокол по выбросам парниковых газов (CO<sub>2</sub>) в атмосферу, будет неуклонно расти. Причем средняя загрузка введенных в последние годы в странах ЕС мощностей для производства этого вида топлива до 2020 г. сохранится на уровне 75–80% (в 2002–2006 гг., рис. 2, 3). Также неуклонно будет расти спрос населения на биотопливо.

Россия имеет хорошую природно-сырьевую базу (согласно данным ФСГС РФ об отходах лесного хозяйства, животноводства и растениеводства) для создания отечественного биотоплива.

Основным поставщиком сырья для производства биоэтанола в России является сельское хозяйство (например, потенциальным источником сырья для производства биоэтанола в России являются выведенные из сельскохозяйственного оборота пахотные земли). Переработка органических отходов необходима также в целях защиты окружающей среды. С помощью высокорентабельных технологий при переработке органических отходов можно получить твердое, жидкое или газообразное топливо, электрическую и тепловую энергию и высокоэффективные органические удобрения (после вторичной переработки отходов). Учитывая, что до 70% территории России, в том числе около 30–35% крестьянских хозяйств, не имеют постоянного централизованного энергоснабжения (Панцхава, Пожарнов, Шипилов, 2007, с. 12–14), создание безотходных предприятий АПК существенно повысит энергооборуженность страны.

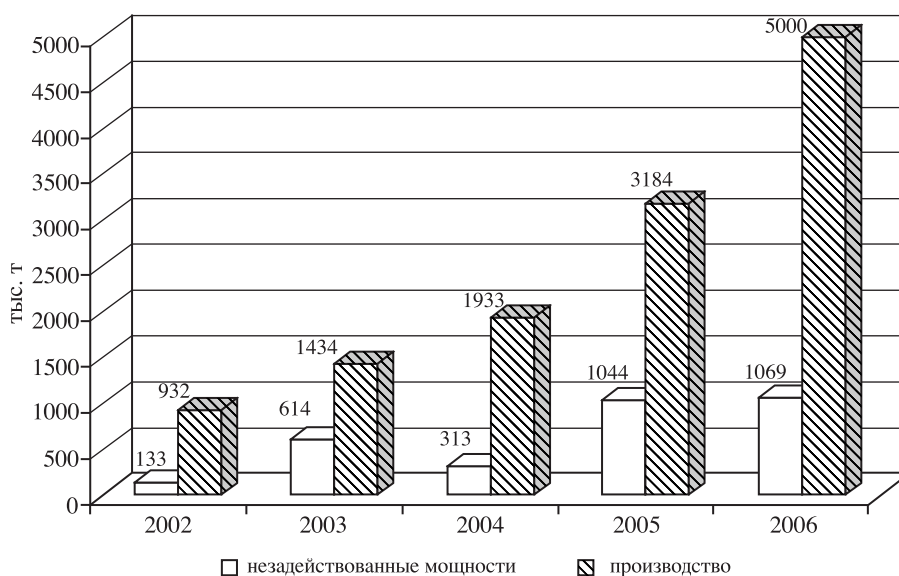


Рис. 2. Мощности и производство дизельного биотоплива в странах ЕС

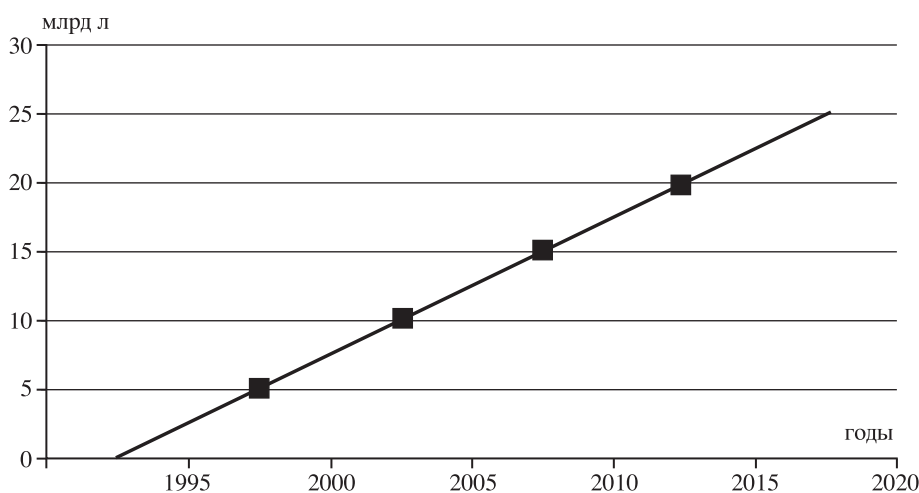


Рис. 3. Производство биоэтанола и биодизеля до 2020 г.

Развитие данной отрасли энергетики в России базируется на трех основных составляющих: высокорентабельные промышленные технологии, пригодные для любых климатических условий, эффективное и надежное оборудование, востребованное на внутреннем рынке, масштабная сырьевая база.

Потенциальной ресурсной базой органических отходов АПК, по данным отчетов региональных и окружных комитетов (Росстат, 2008), являются отходы птицеводства (яичного и мясного направлений), скотоводства (крупного и мелкого рогатого скота), свиноводства, растениеводства (зернобобовых, подсолнечника, сахарной свеклы, картофеля, овощей), перерабатывающей промышленности (мукомольной, масложитной, сахароварения, переработки мяса, спиртовой).

Общее количество органических отходов АПК на начало 2006 г., по данным (Росстат, 2008), достигло 624,2 млн т (из них 225 млн т сухих веществ (с.в.)) с общим валовым энергосодержанием 80,6 млн т условного топлива (у.т.). Отходы птицеводства составили 23,1 млн т (5,8 млн т с.в.) с энергосодержанием 1,5 млн т у.т., животноводства – 349,7 млн т (58,3 млн т с.в.) с энергосодержанием 17,5 млн т у.т., растениеводства – 222,2 млн т (147 млн т с.в.) с энергосодержанием 54,1 млн т у.т., перерабатывающей промышленности – 29,2 млн т (14 млн т с.в.) с энергосодержанием 7,3 млн т у.т.

Данные отходы используются для переработки в биогаз, пеллеты, синтез-газ, биоводород и биоэтанол.

Из 75 млрд м<sup>3</sup> биогаза можно получить 150 млрд кВт/ч электрической и 150 Гкал тепловой энергии в год. Для обеспечения сельских подворий электроэнергией (3 кВт · ч/чел. в сутки (Росстат, 2008)) необходимо вырабатывать 42,7 млрд кВт/ч в год, что втрое меньше возможного производства электроэнергии из биогаза.

Второе по значимости место в производстве биоэнергоресурсов принадлежит пеллетам и газификации – пиролизу, далее идет этанол из отходов сахарной промышленности. Для производства биогаза можно использовать все органические отходы АПК. Потенциальный объем производства этого топлива в год может составить до 75 млрд м<sup>3</sup> с энергосодержанием 59 млн т у.т., что позволяет заместить до 52 млрд м<sup>3</sup> природного газа (10% его современной добычи в РФ) и до 37 млн т автомобильного бензина. К слову, ежегодно Россия продает до 26–30 млн т автомобильного бензина, сельское хозяйство потребляет в среднем до 2 млн т автомобильного бензина и до 4,8 млн т дизельного топлива.

Согласно результатам исследований российских специалистов 1 л бензина или дизельного топлива может быть заменен 1 м<sup>3</sup> природного газа в сжатом состоянии, что эквивалентно 2 м<sup>3</sup> биогаза. Для нужд транспорта и сельскохозяйственной техники необходимо до 16,6 млрд м<sup>3</sup> биогаза в год (25% его возможного производства).

При использовании когенерационных электрогенераторов из указанного выше потенциального объема биогаза ежегодно можно производить до 150 млрд кВт/ч электроэнергии и до 150 Гкал тепловой энергии.

Переработка отходов растениеводства дает до 135 млн т пеллет, конвертируемых в 133 млрд м<sup>3</sup> синтез-газа, из которого, в свою очередь, можно получить до 69 млрд м<sup>3</sup> биоводорода (Панцхава, Пожарнов, Шпилов, 2007, с. 12–14).

В результате экономических реформ общая площадь пашни в стране с 1992 г. сократилась на 37 млн га, из которых 20 млн га приходится на европейскую часть (International Energy Agency). Производство биоэтанола может стимулировать возобновление использования этих земель. К примеру, по расчетам аналитиков из Международной биоэнергетической организации (Bioenergy International), один завод мощностью 100 тыс. т биоэтанола в год использует в среднем 300–400 тыс. т пшеницы, для выращивания которой требуется 100–200 тыс. га пахотных земель. Возможно также использование и других видов сырья для выработки биоэтанола, к примеру мелассы. В России производится около 1 млн т мелассы ежегодно. Для производства, например, биодизельного топлива также целесообразно использовать семена рапса. В стране имеются хорошие условия для выращивания рапса и производства рапсового масла для биодизельного топлива. АПК России расходует в среднем 4,8 млн т дизельного топлива. Чтобы удовлетворить эту потребность, необходимо засеять рапсом до 12 млн га при урожае семян 10 ц/га. С использованием технологии прямого сжигания смеси отходов птицеводства и растениеводства в пароэлектрогенераторах сельское хозяйство страны может получать 210 млрд кВт/ч электрической и 151,1 Гкал тепловой энергии в год.

#### РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОЛУЧЕНИЕ БИОТОПЛИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Одним из наиболее эффективных направлений научно-технического прогресса в энергетике является биоконверсия органических отходов промышленности, сельского хозяйства и коммунально-бытового сектора в топливо с целью экономии высококачественных жидких и газообразных энергоресурсов.

Сооружение биоэнергетических установок (БЭУ), осуществляющих биоконверсию органических отходов путем анаэробной ферментации, позволяет полностью перерабатывать отходы не только животноводств, но и полеводства и коммунально-бытового хозяйства сельских населенных пунктов. При этом в отличие от существующих способов аэробной очистки стоков

получаются качественные обеззараженные удобрения и биогаз (метан), который позволяет полностью или частично заменить жидкое и газообразное топливо, в том числе в теплогенераторах, печах и даже двигателях внутреннего сгорания.

Расчет материальных потоков удобно производить по сухому веществу, так как эта составляющая субстрата остается неизменной при изменении влажности субстрата на отдельных стадиях процесса. Для расчета материального баланса БЭУ можно представить как систему, в которую поступает исходный субстрат с количеством сухого вещества  $G$  и концентрацией  $s$ . Для обеспечения заданной концентрации субстрата  $s_0$ , подаваемого в метантенк, происходит, как правило, разбавление его водой в количестве  $B$  (одновременно вода служит теплоносителем для подогрева смеси до температуры ферментации).

В результате процесса анаэробной ферментации получается биогаз в объеме  $V_0$  с удельным весом  $g_b$  и остаток, содержащий неразложившееся сухое вещество и бактериальную массу в количестве  $G_{ост}$  при концентрации сухого вещества в остатке  $s_{ост}$ .

В общем виде уравнение материального баланса БЭУ выглядит следующим образом:

$$G \frac{1-s}{s} + B = g_b V_0 + G_{ост} + G_{ост} \frac{1-s_{ост}}{s_{ост}}$$

Слагаемые левой части уравнения определяют количество сухого вещества субстрата, количество естественной влаги субстрата и добавку воды для доведения концентрации до заданной, а в правой части – выход биогаза, сухого вещества остатка и содержание влаги в остатке. В табл. 4 приведен материальный баланс БЭУ при ферментации различных отходов.

**Таблица 4.** Материальный баланс БЭУ при ферментации различных отходов объемом 500 т/год

Отходы	КРС		Свиньи		Птица	
	т/год	%	т/год	%	т/год	%
<i>Поступление:</i>						
Сухое вещество	42	8,4	19	3,8	37,5	7,5
Естественная влага	214	42,8	75,5	15,1	31,5	6,3
Добавок воды	244	48,8	405,5	81,1	431	86,2
<b>Итого</b>	<b>500</b>	<b>100,0</b>	<b>500</b>	<b>100,0</b>	<b>500</b>	<b>100,0</b>
<i>Выход:</i>						
Биогаз	10	2,5	8	1,6	19,5	3,9
Сухой остаток	32	6,5	11	2,2	18	3,6
Влага	458	91,5	481	96,2	462,5	92,5
<b>Итого</b>	<b>500</b>	<b>100,0</b>	<b>500</b>	<b>100,0</b>	<b>500</b>	<b>100,0</b>
Распад органического вещества, %	10	22,6	8	42	19,5	52

**Примечание.** Время экспозиции составляет: КРС – 10, свиней – 8, птицы – 35 сут. Что касается экономии топлива за счет биогаза и прироста сельскохозяйственной продукции, то в расчетах принималось, что топливо стоит 250 долл./т у.т.<sup>2</sup>, а продукция – 350 долл./т<sup>3</sup>.

На модели были проведены расчеты эффективности БЭУ для различных по климатическим условиям районов страны. Результаты расчетов показывают, что с точки зрения получения товарного биогаза эффективность технологии анаэробной ферментации изменяется несущественно при изменении климатических районов. Так, например, при ферментации отходов фермы крупного рогатого скота на 1 тыс. голов для климатических условий юга европейской части России расход биогаза на собственные нужды составляет 20,7% валового выхода при мезофильном

<sup>2</sup> В 2006 г. средняя по России стоимость 1 т условного топлива была равна (долл.): дизельное топливо – 294, мазут топочный – 109, уголь энергетический – 27,2, природный газ – 12,1 (Росстат, 2008, с. 744). В перспективе цены на органическое топливо будут только расти.

<sup>3</sup> Стоимость 1 т сельскохозяйственной продукции в 2006 г. составляла (долл.): зерновые – 114, подсолнечник – 188, картофель – 211, свекла сахарная – 44, ягодные культуры – 1150, овощи – 641, в том числе помидоры – 1092, огурцы – 1192, капуста – 200, лук – 287 (Росстат, 2008, с. 792).



и 37,2% – при термофильном режимах (табл. 5). Для района Западной Сибири эти показатели будут следующими – соответственно 29,1 и 46,1%. Эффект от внедрения технологии в этих районах различается незначительно и составляет соответственно 158,5 тыс. и 153,8 тыс. долл. в год для мезофильного и 151,3 тыс. и 147,1 тыс. долл. в год – для термофильного режимов.

**Таблица 5.** Техничко-экономические параметры БЭУ при анаэробной ферментации отходов крупного рогатого скота фермы на 1000 голов при мезофильном (37 °С) и термофильном (55 °С) режимах для различных климатических районов России

Регион РФ	Валовой выход биогаза, тыс. м <sup>3</sup> /год	Расход на собственные нужды, %	Капиталовложения, тыс. долл.	Эксплуатационные издержки, тыс. долл./год	Эффект, тыс. долл./год			Срок окупаемости, лет
					полный	от урожая	от топлива	
<b>Мезофильный режим</b>								
Европейская часть:								
Северо-запад	438,1	26,2	127,4	33,2	155,3	87,3	68,1	1,0
Центр	438,1	25,9	127,4	33,2	155,5	87,2	68,3	1,0
Юг	438,1	20,7	127,4	33,2	158,6	87,2	71,4	1,0
Западная Сибирь	438,1	29,1	127,4	33,2	153,8	87,3	66,5	1,0
<b>Термофильный режим</b>								
Европейская часть:								
Северо-запад	480,5	43,5	99,1	28,4	148,3	82,5	65,8	0,8
Центр	480,5	43,1	99,1	28,4	148,5	82,5	66,0	0,8
Юг	480,5	37,2	99,1	28,4	151,3	82,5	68,8	0,8
Западная Сибирь	480,5	46,1	99,1	28,4	147,1	82,5	64,6	0,8

**Примечание.** Время экспозиции при мезофильном режиме – 9 дней, при термофильном – 7 дней. Распад органического вещества при мезофильном режиме – 35,5%, при термофильном – 39,0%, с утилизацией тепла отходов.

Функционирование БЭУ в зависимости от температуры процесса можно ориентировать на мезофильный или термофильный режим, каждый из которых имеет положительные и отрицательные стороны. Мезофильный процесс происходит при более низкой по сравнению с термофильным температуре (37 °С), вследствие чего требует меньше энергии на собственные нужды (обычно 20–30% от валового выхода по сравнению с 35–45% при термофильном процессе) и обеспечивает большее количество товарного биогаза. Вместе с тем в силу малой скорости процесса здесь необходим больший объем метантенка, а следовательно, и большие капиталовложения. Термофильный процесс (55 °С) характеризуется большей интенсивностью, из-за чего распад органического вещества здесь выше, а выход остатка (и, следовательно, эффект от повышения урожайности) меньше (Синяк, 1984).

Расчеты показали, что затраты в БЭУ при термофильном режиме ферментации в среднем на 12–15% ниже, чем при мезофильном процессе<sup>4</sup>.

Оценка эффективности БЭУ во многом зависит от стоимости вытесняемого топлива и сельскохозяйственной продукции, получаемой дополнительно за счет внесения остатка сбраживания отходов в виде удобрений. Чем выше эти показатели, тем привлекательнее будет выглядеть технология анаэробного сбраживания органических отходов. Как отмечено выше, расчеты проводились при стоимости топлива 250 долл./т у.т. и продукции – 350 долл./т. При таких показателях

<sup>4</sup> Расчеты проводились для фермы КРС размером 1 тыс. голов в климатических условиях различных районов России.

телях срок окупаемости инвестиций не превышает 2–3 лет. При снижении обоих показателей до 100 долл./т у.т. и 100 долл./т срок окупаемости увеличивается до 4–6 лет, а при увеличении соответственно до 500 долл./т – сокращается до полугода.

При оценке возможного вклада технологии анаэробной ферментации в энергетический баланс страны следует учитывать, что для сбора и утилизации доступна лишь часть отходов: в животноводстве утилизация отходов реальна в основном когда животные содержатся в течение года в специальных помещениях, так как при пастбищном содержании сбор и утилизация отходов практически неэффективны; в коммунально-бытовом хозяйстве централизованный сбор сточных вод и бытовых отходов пока возможен лишь в крупных городах; в полеводстве – значительная часть отходов употребляется на нужды самого хозяйства в качестве подстилки, строительного материала и кормов (Синяк, 1984).

Удельный годовой эффект при ферментации различных отходов при термофильном процессе составляет<sup>5</sup>:

- крупный рогатый скот – 130–145 долл./голов в год;
- свиньи – 20–24 долл./ голов в год;
- птица – 3800–4000 долл./1 тыс. голов в год;
- отходы полеводства – 200–220 долл./га;
- канализационные стоки – 2,2–2,6 долл./человек в год;
- бытовые отходы – 7–8 долл./ человек в год<sup>6</sup>.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агропромышленный портал России (2010): [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.agro.ru>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: май 2010).
- Арутюнов А.Л.** (2008): Потребление энергоресурсов в сельском хозяйстве России // *Экономическая наука современной России*. № 1(13).
- Арутюнов А.Л.** (2010): Методика долгосрочного прогноза индикаторов экономической деятельности АПК России // *Обзорные прикладной и промышленной математики*. Т. 17. Вып. 2.
- Министерство сельского хозяйства РФ (2010): [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.mcx.ru/documents/document/v2\\_show/5268.172.htm](http://www.mcx.ru/documents/document/v2_show/5268.172.htm), свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: май 2010).
- Министерство сельского хозяйства РФ (2010): [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.mcx.ru/navigation/docfeeder/show/146.htm>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: май 2010).
- Панцхава Е., Пожарнов В., Шипилов М.** (2007): Развитие биоэнергетики в России // *Агрорынок*. № 2.
- РосБизнесКонсалтинг (2010): [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.rbc.ru/rbcfreenews/20080515130030.shtml>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: май 2010).
- Российская Биотопливная Ассоциация(2010): [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.biotoplivo.ru>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: май 2010).
- Российский статистический ежегодник (2007). Статистический сборник. М.: Росстат.
- Российский статистический ежегодник (2008). Статистический сборник. М.: Росстат.
- Синяк Ю.В.** (1984): Энергия из отходов // *Энергия: экономика, техника, экология*. № 5.
- International Energy Agency, (2010): [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.worldenergyoutlook.org/graphs>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: май 2010).
- Bioenergy International, (2010): [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.bioenergyinternational.com>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: май 2010).

Поступила в редакцию  
20.06.2010 г.

<sup>5</sup> При стоимости сельскохозяйственной продукции 350 долл./т и цене сэкономленного топлива 250 долл./т у.т.

<sup>6</sup> Доллар США считать равным одной условной единице (у.е.). 1 у.е. равна среднестатистическому значению курса рубля к доллару США с 2005 по 2010 г. (1 долл. США = 30 руб.).

## **Concept of Energy-Efficient Consumption of the Energy Resources in Russian Agro-Industrial Complex in the Post-crisis Period**

**A.L. Arutyunov**

The author discusses the problems of the use of traditional and alternative types of energy resources for the needs of agro-industrial complex in Russia. The analysis of technologies and economy of liquid hydrocarbons production from biomass, and the manufacture of biofuel in Russia are given.

**Keywords:** Russian Agro-Industrial complex, alternative power industry, traditional types of energy resources, biofuel, prognosis.

## ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ И ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ\*

© 2011 г. В.В. Клочков

(Москва)

В работе обсуждаются следующие вопросы: 1) как влияют глобальные экономические кризисы на развитие высокотехнологичных отраслей и их инновационную активность; 2) как скажется преобладание наукоемкого и высокотехнологичного сектора в национальной экономике на ее адаптивные способности при изменениях макроэкономической конъюнктуры. Основное внимание уделяется отраслям, составляющим основу наукоемкого, высокотехнологичного сектора экономики – таким как энергетическое и транспортное машиностроение, станкостроение, приборостроение и т.п.

**Ключевые слова:** наукоемкая промышленность, кризис, инновации, прорывные продукты, “созидательное разрушение”.

### ВВЕДЕНИЕ

Анализируя тематику экономических исследований, можно заметить, что наступивший в 2008 г. глобальный финансовый и экономический кризис отодвинул на задний план проблемы повышения качества экономического развития, роста доли наукоемких и высокотехнологичных отраслей в экономике развивающихся стран. Основные аргументы в пользу перехода от сырьевой экономики к высокотехнологичной общеизвестны – возможность обеспечения многократного повышения производительности труда и уровня жизни значительной части населения, высокий уровень развития человеческого капитала, более высокое качество институтов и т.п.

Считается, что переход экономики на инновационный путь развития – проблема, характерная для относительно благополучных периодов, а в кризисной ситуации более актуальны насущные проблемы выживания экономики (пусть даже обладающей неоптимальной отраслевой структурой). Однако, возможно, усиление роли наукоемких отраслей в национальной экономике само по себе способно повлиять на макроэкономическую конъюнктуру, вероятность возникновения и глубину кризисов. В данной работе предлагаются подходы, позволяющие проверить эту гипотезу с помощью экономико-математического моделирования.

### ВЛИЯНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ НА ВЫПУСК НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

Можно заметить, что и в странах с развитым наукоемким и высокотехнологичным сектором соответствующие отрасли нередко испытывают значительные спады спроса на свою продукцию. Этому есть объективные экономические причины. Большинство наукоемких отраслей относятся к фондообразующим, они выпускают продукцию с длительным жизненным циклом. Примерами такой продукции являются гражданские самолеты и другая транспортная техника, энергетическое оборудование, телекоммуникационная аппаратура, разнообразное технологическое оборудование и т.д. С помощью данных изделий производятся конечные блага – транспортные услуги, электро- и тепловая энергия, услуги связи, потребительские товары и т.п. В свою очередь, дина-

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект 08-02-00256).

мика совокупного спроса на продукцию фондообразующих отраслей обладает следующей особенностью: даже при сокращении темпов роста спроса на конечные блага (не говоря уже о спаде этого спроса) потребность в фондообразующей продукции падает (подробнее см. (Клочков, 2009, п. 1.3)). Например, если срок службы изделий составляет 20 лет, для поддержания мощностей требуется ежегодно закупать в среднем 5% текущей численности парка (распределение изделий по возрастам предполагается равномерным). Если изначально не было ни избытка, ни дефицита производственных мощностей и ожидается 5%-й рост спроса на конечную продукцию, для наращивания мощностей требуется дополнительно закупать еще 5% текущей численности парка, итого – 10%. Однако если в следующем году ожидается снижение темпов роста спроса на конечную продукцию до 2% в год (заметим, что спрос все-таки растет!), потребуются закупить не 10% текущей численности парка, а лишь  $5 + 2 = 7\%$ . Это означает, что спрос на фондообразующую продукцию снизится на 30%. Если же в данном примере ожидается спад спроса на конечные блага на уровне 5% или более, закупки фондообразующей продукции вообще прекратятся.

Помимо дорогостоящей продукции производственного назначения наукоемкие и высокотехнологичные отрасли выпускают потребительские товары длительного пользования. Однако и в этой сфере проявляются аналогичные эффекты. Они характерны не только для фондообразующих отраслей, но и для всех отраслей, обеспечивающих воспроизводство потенциала экономики – как производственного, так и кадрового, научно-технологического и т.п. Можно заметить, что практически все наукоемкие отрасли выполняют в экономике “потенциалообразующую” роль. В то же время, как показано выше, потенциалообразующие отрасли экономики по объективным причинам более уязвимы при спадах деловой активности по сравнению с отраслями – производителями сырья или конечных потребительских благ. В связи с этим ряд экспертов, ранее скептически оценивавших *возможности* перехода российской экономики на инновационный путь развития, сейчас даже высказывают сомнение в *целесообразности* такого перехода. В силу описанных выше эффектов становится весьма популярным мнение, что в кризисных условиях экономика с выраженной сырьевой специализацией более надежна и меньше подвержена риску обвального спада выпуска. Этот тезис (который активно используется для обоснования проводимой экономической политики) нуждается в тщательном анализе. Прежде всего сырьевые отрасли можно разделить на следующие две группы по видам и назначению производимого ими сырья:

- 1) производящие энергоносители (газовая, нефтяная, угольная промышленность и т.п.);
- 2) производящие конструкционные материалы (черная и цветная металлургия, промышленность стройматериалов, пластмасс, композитных материалов и т.п.).

Поскольку конструкционные материалы используются прежде всего в фондообразующих отраслях – машиностроении и строительстве, их выпуск пропорционален выпуску фондообразующей продукции и, следовательно, подвержен аналогичным рискам резкого изменения даже при небольших изменениях темпов экономического развития. Таким образом, сырьевые отрасли этой группы не могут служить эффективным “демпфером” колебаний макроэкономической конъюнктуры. Яркое тому свидетельство – глубокий кризис металлургии, наблюдавшийся на рубеже 2008–2009 гг. почти во всех странах мира, где развита данная отрасль, в том числе и в России.

Что касается энергоносителей, текущая потребность в них подчиняется более сложным зависимостям. Они используются в общем случае как для производства конечных благ, так и для выпуска фондообразующей продукции. В целом можно полагать, что динамика спроса на энергоносители более сглаженная в сравнении с динамикой выпуска фондообразующей продукции. Тем не менее спрос на энергоносители также испытывает спад во время экономических кризисов.

Кроме того, не следует считать, что специализация национальной экономики на поставках энергоресурсов не требует перехода к инновационному развитию. Во-первых, вопреки сложившемуся стереотипу, даже сегодня добыча полезных ископаемых, а также их транспортировка, хранение, переработка и т.п. являются весьма наукоемкими и высокотехнологичными отраслями. Повышение эффективности извлечения запасов, разведка новых месторождений и т.п. требуют решения фундаментальных научных проблем. Во-вторых, в силу постепенного истощения

мировых запасов ископаемых энергоносителей в перспективе неизбежен переход к возобновляемым источникам энергии. Их внедрение в промышленных масштабах требует большого объема фундаментальных исследований и прикладных разработок. Топливо-энергетический комплекс будущего, вероятнее всего, будет чрезвычайно наукоемким, основанным на высоких технологиях. Поэтому даже сохранение страной статуса “энергетической сверхдержавы” в долгосрочной перспективе неизбежно предполагает интеллектуализацию экономики.

### ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫПУСКА ФОНДООБРАЗУЮЩЕЙ ПРОДУКЦИИ В КРИЗИСНЫХ УСЛОВИЯХ

Наряду с отмеченными выше угрозами кризисные явления подчас открывают перед фондообразующими отраслями новые возможности. Интересно выявить условия, в которых кризис может благотворно отразиться на выпуске фондообразующей продукции и экономическом положении наукоемких производств.

Прежде всего необходимо учитывать, что экономические кризисы могут иметь различную природу. Рассуждая в терминах спроса и предложения на рынках конечной продукции, для производства которой используется продукция наукоемких отраслей, экономические кризисы можно разделить на два класса:

- 1) кризис, вызванный ростом издержек производителей;
- 2) кризис, вызванный спадом спроса.

Первый тип кризисов нередко связан с удорожанием ресурсов (пример – нефтяной кризис в странах Запада в 1970-е годы), и потому в дальнейшем он будет называться *ресурсным*. Второй, “депрессивный”, тип кризисов (пример – Великая депрессия) может быть вызван прежде всего падением покупательной способности потребителей, их склонности к потреблению и т.п.

В приведенном выше количественном примере считалось, что фондообразующая продукция закупается лишь с двумя целями: поддержание производственных мощностей и их расширение. Однако при этом не учитывалась важная составляющая совокупного спроса на продукцию фондообразующих отраслей – закупки с целью качественного обновления основных фондов, повышения их экономической эффективности. В терминах макроэкономической теории инвестиций валовые инвестиции включают амортизацию, покрывающую выбытие мощностей, и чистые инвестиции. Они, в свою очередь, могут быть как индуцированными (связанными с расширением мощностей), так и автономными, нацеленными на качественное обновление мощностей. Более эффективная продукция может закупаться даже при избытке мощностей, однако при этом ею заменяют еще исправные изделия прежних поколений. Необходимо выработать по возможности объективные критерии морального устаревания, при выполнении которых владельцы изделий старых типов будут заинтересованы в их ускоренной замене новой техникой. Рассмотрим следующую упрощенную модель принятия решения о замене изделия старого типа, обладающего остатком ресурса, предложенную в работе (Клочков, 2009, п. 2.1). Предположим, что данное изделие еще можно безопасно эксплуатировать, выпустив с его помощью  $x$  единиц продукции. В то же время появилась возможность приобрести вместо него изделие нового поколения (обеспечивающее аналогичные результаты применения), а старое досрочно вывести из эксплуатации. Обозначим удельные эксплуатационные затраты (в расчете на единицу продукции)  $c_{\text{экспл}}^{\text{ст}}$  и  $c_{\text{экспл}}^{\text{нов}}$  – соответственно для старого и нового изделия. Тогда, если старое изделие эксплуатируется до полной выработки ресурса, затраты за соответствующий период составят  $xc_{\text{экспл}}^{\text{ст}}$ . Если же немедленно приобрести изделие нового поколения, за тот же период затраты составят  $x(c_{\text{экспл}}^{\text{нов}} + a)$ , где  $a$  – стоимость приобретения нового изделия в расчете на единицу продукции. В качестве таковой может выступать ставка амортизации или лизинга. Следует подчеркнуть, что для изделий старого поколения аналогичные затраты не учитываются, поскольку эти изделия уже приобретены и расходы сделаны в предшествующие периоды. Сопоставляя затраты по обоим альтернативным вариантам, получим следующее условие целесообразности немедленной замены старых изделий на новые:

$$c_{\text{экспл}}^{\text{нов}} + a < c_{\text{экспл}}^{\text{ст}}, \quad \text{или} \quad a < c_{\text{экспл}}^{\text{ст}} - c_{\text{экспл}}^{\text{нов}},$$

т.е. стоимость приобретения новых изделий в расчете на единицу продукции должна быть меньше экономии удельных эксплуатационных затрат.

Для многих видов долговечной наукоемкой продукции, прежде всего транспортных средств, энергетического оборудования и т.п., важнейшей составляющей эксплуатационных расходов являются затраты на потребляемые энергоресурсы. Предположим, что текущие затраты на эксплуатацию изделий складываются из затрат на энергоносители  $c_{\text{энерг}}$  и прочих составляющих (например, затрат на техническое обслуживание и ремонт и т.п.)  $c_{\text{пр}}$ :

$$c_{\text{экспл}} = c_{\text{энерг}} + c_{\text{пр}} = gp_{\text{энерг}} + c_{\text{пр}},$$

где  $g$  – удельный расход энергоресурсов (в расчете на единицу продукции);  $P_{\text{энерг}}$  – цена потребляемых энергоресурсов.

Тогда ускоренное обновление парка машин и оборудования будет выгодным при выполнении следующего неравенства:

$$a < c_{\text{экспл}}^{\text{ст}} - c_{\text{экспл}}^{\text{нов}} = (c_{\text{п}}^{\text{ст}} - c_{\text{п}}^{\text{нов}}) + (g^{\text{ст}} - g^{\text{нов}})p_{\text{энерг}} = \Delta c_{\text{пр}} + \Delta gp_{\text{энерг}},$$

где  $\Delta c_{\text{пр}}$  – изменение прочих затрат при переходе к новому поколению техники<sup>1</sup>;  $\Delta g$  – сокращение удельного расхода энергоресурсов.

Как правило, изделия нового поколения экономичнее старых:  $g^{\text{нов}} < g^{\text{ст}}$ , т.е.  $\Delta g > 0$ . Однако, как видно из полученного условия, это превосходство станет “прорывным” (т.е. стимулирует ускоренную замену старых изделий новыми) лишь при цене энергоресурсов не ниже определенного порога  $p_{\text{энерг}}^{\text{порог}}$ :

$$p_{\text{энерг}} > p_{\text{энерг}}^{\text{порог}} = (a - \Delta c_{\text{пр}}) / \Delta g.$$

В противном случае досрочная замена еще исправной, хотя и менее экономичной техники экономически нецелесообразна.

Эта модель позволяет выявить принципиальную возможность благотворного воздействия ресурсного кризиса на выпуск фондообразующей продукции. Если до подорожания энергоресурсов их цена не превышала пороговый уровень  $p_{\text{энерг}}^{\text{порог}}$ , превосходство новой техники над старой не было “прорывным”, и новые изделия приобретались лишь для замены старых, исчерпавших свой ресурс, или для наращивания мощностей. Однако после подорожания цена энергоресурсов может превзойти пороговое значение  $p_{\text{энерг}}^{\text{порог}}$  и всю старую технику станет выгодно досрочно заменить новой, более экономичной.

Построим упрощенную модель изменения спроса на новую технику при подорожании энергоресурсов. Предположим, что производителям конечных благ известен закон спроса на выпускаемую ими продукцию в будущем периоде. Он может быть задан в виде прямой  $d = f(p)$  или обратной  $p = f(d)$  функции спроса, где  $d$  – объем спроса на конечную продукцию,  $p$  – ее цена. Также известно, что к будущему периоду с учетом выбытия мощностей в парке останется  $N^{\text{ст}}$  изделий старого поколения и  $N^{\text{нов}}$  изделий нового поколения. Если производительность одного изделия<sup>2</sup> обозначить  $v$  единиц конечной продукции в год, тогда мощность парка новых изделий  $Q^{\text{нов}}$  и суммарная мощность парка с учетом старых изделий  $Q^{\text{ст}}$  определяются следующим образом:

$$Q^{\text{нов}} = vN^{\text{нов}}, \quad Q^{\text{ст}} = v(N^{\text{нов}} + N^{\text{ст}}).$$

Изделия выгодно эксплуатировать, если цена производимых с их помощью конечных благ (транспортных услуг, электроэнергии и т.п.) превышает удельные эксплуатационные затраты:  $p > c_{\text{экспл}}$ . Важно подчеркнуть, что цена может даже не покрывать полных затрат, включающих также стоимость приобретения изделий. Однако они уже приобретены, и если их эксплуатация покрывает хотя бы переменные издержки, это позволит минимизировать убытки.

Если рынок конечных благ, производимых с помощью наукоемкой фондообразующей продукции, является конкурентным, для него можно построить кривую предложения, которая, как

<sup>1</sup> Изменение прочих затрат  $\Delta c_{\text{пр}}$  может быть как положительным, так и отрицательным, поскольку новая и более экономичная техника может быть более сложной и трудоемкой в обслуживании и т.п.

<sup>2</sup> Здесь производительность старых и новых изделий для простоты считается постоянной, но при необходимости модели можно модифицировать с учетом изменения производительности.

следует из проведенного выше анализа, имеет следующий вид (рис. 1).

Поскольку эксплуатационные затраты для изделий нового поколения ниже, они используются в приоритетном порядке, и если мощности парка новых изделий достаточно для удовлетворения спроса (т.е.  $d(p) \leq Q^{\text{нов}}$ ), то изделия старого поколения вообще не используются. Они вводятся в эксплуатацию только тогда, когда равновесная цена покрывает соответствующие эксплуатационные затраты, а мощности парка новых изделий будет недостаточно для полного удовлетворения спроса  $p \geq c_{\text{экспл}}^{\text{нов}}; d(p) > Q^{\text{нов}}$ .

При удорожании энергоресурсов во время ресурсного кризиса увеличиваются энергетические затраты для производства как новых, так и старых изделий, но для новых – в меньшей степени, поскольку они, как правило, экономичнее. Поэтому преимущество изделий нового поколения может стать “прорывным”, стимулируя ускоренную замену всех старых изделий новыми (рис. 2). Кривая спроса изображена жирной линией с отрицательным наклоном. Положение кривой предложения после подорожания энергоресурсов обозначено жирной штриховой линией.

Из рис. 2 видно, что, хотя в краткосрочном равновесии цена достаточно высокая, чтобы оправдать эксплуатацию изделий старого типа, но выигрыш новых изделий в уровне эксплуатационных затрат уже превысил “прорывный” порог. Теперь, в отличие от исходного состояния, владельцы изделий старого поколения заинтересованы в их немедленной замене новой техникой.

Несмотря на то что потребный объем мощностей в сравнении с исходным даже сократился, появилась значительная потребность в новых изделиях. Таким образом, ресурсный кризис может стимулировать ускоренное обновление парка изделий длительного пользования, поэтому спрос на фондообразующую продукцию (причем инновационную) не упадет, а даже повысится. Более того, возможно, в стратегической перспективе в выигрыше окажутся и потребители конечных благ – несмотря на удорожание энергоносителей! Именно такая ситуация изображена на рис. 2. По мере замены старых изделий новыми возникнет возможность удовлетворения всего имеющегося спроса с относительно низкими издержками и долгосрочное равновесие установится при более низкой цене, чем исходное.

Основываясь на реальных примерах, подобных приведенному, нередко утверждают, что кризисы стимулируют научно-технический прогресс и упоминают концепцию “созидательного разрушения” Й. Шумпетера и т.п. Однако возникает естественный вопрос: до каких пределов разрушение остается созидательным? Очевидно, что хотя воздействие кризиса на положение наукоемких отраслей промышленности может быть благотворным, оно далеко не всегда будет таковым. В приведенном примере показана лишь принципиальная возможность благотворного влияния. Необходимо оценить, насколько вероятно столь благоприятное сочетание условий.



Рис. 1. Кривая предложения на рынке конечных благ

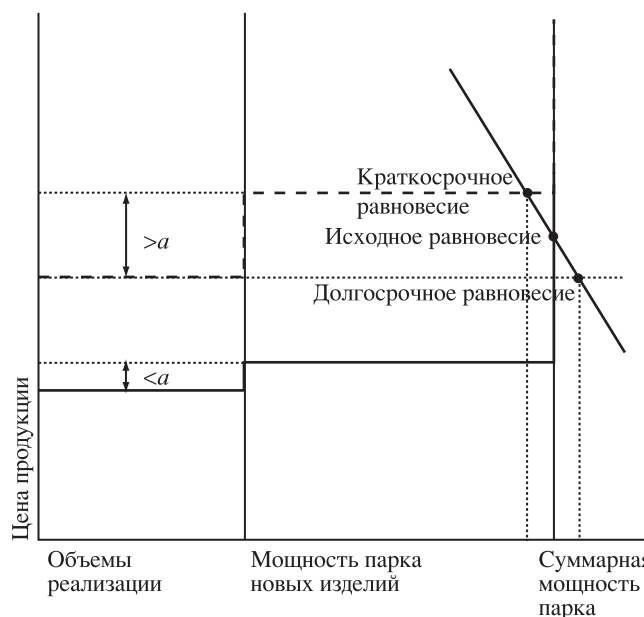
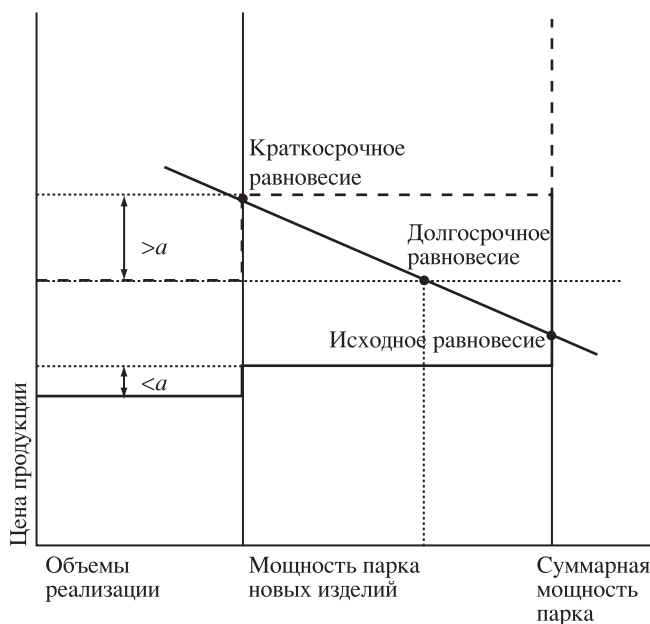


Рис. 2. Сдвиг равновесия на рынке конечных благ при подорожании энергоресурсов (благоприятный случай)





**Рис. 3.** Пример неблагоприятного воздействия ресурсного кризиса на положение фондообразующих отраслей

Прежде всего вышеописанный эффект возможен именно во время ресурсных кризисов, а кризисы депрессивного типа (в ходе которых кривая спроса на конечные блага смещается вниз), в принципе, не могут стимулировать ускоренную закупку новой фондообразующей продукции<sup>3</sup>. Однако ресурсный кризис далеко не всегда приводит к росту спроса на новую технику. Повышение издержек эксплуатирующих организаций отрицательно сказывается на их платежеспособности и финансовых возможностях закупать новую технику. Равновесная цена на рынке конечных благ возрастет, равновесный объем продаж уменьшится, и может оказаться, что для эффективного удовлетворения сократившегося спроса вполне достаточно уже приобретенных изделий нового поколения (рис. 3).

Сравнивая рис. 2 и 3, можно видеть, что наиболее благоприятным с точки зрения повышения спроса на изделия нового поколения является следующее сочетание условий.

Во-первых, на момент подорожания энергоресурсов в парке должно оставаться большое число изделий старого поколения, которые и подлежат ускоренной замене новыми.

Во-вторых, спрос на конечную продукцию должен быть малоэластичным по цене. Тогда при подъеме кривой предложения и соответствующем повышении равновесной цены объем реализации конечных благ сократится несущественно. При таком сочетании условий прирост спроса на изделия нового поколения будет наиболее значительным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, если в национальной экономике преобладают наукоемкие отрасли (причем не только ориентированные на внутренний рынок, но и осуществляющие массовый экспорт продукции), и в период глобального ресурсного кризиса они способны предложить мировому рынку инновационную продукцию, тогда экономика данной страны получает от кризиса существенный выигрыш. Иными словами, инновационно-ориентированная экономика, в принципе, может получать выигрыш даже от неблагоприятного с традиционной точки зрения изменения макроэкономической конъюнктуры. Вспомним, что в наиболее популярной модели деловых циклов – модели Самуэльсона–Хикса – основным источником нестабильности считались колебания индуцированных инвестиций. В периоды ресурсных кризисов их падение может быть компенсировано ростом автономных чистых инвестиций, направленных на обновление мощностей. Следовательно, фондообразующие отрасли могут служить стабилизатором экономического развития национальной экономики.

Однако в данной статье была рассмотрена ситуация в предположении мгновенного повышения спроса на инновационную продукцию после однократного удорожания энергоресурсов. Что же касается долгосрочной картины изменения спроса на новую технику, она определяется сравнительной динамикой цены энергоресурсов и их расхода, который сокращается благодаря научно-техническому прогрессу. Естественно, если появление нового поколения изделий будет на протяжении расчетного периода однократным, то даже в случае локального повышения спро-

<sup>3</sup> В то же время сокращение спроса в определенных сегментах рынка может стимулировать поиск принципиально новых рыночных ниш, т.е. также может придать импульс инновационному развитию.

са на новые изделия в дальнейшем, когда обновление парка завершится, неизбежна стагнация спроса. Постоянно поддерживать режим добровольного ускоренного обновления парка техники можно лишь в том случае, если рост экономичности будет происходить достаточно быстрыми темпами, а цена новых изделий не будет возрастать слишком интенсивно. Но в настоящее время в большинстве рассматриваемых отраслей наблюдается обратная картина: улучшение характеристик экономичности происходит все медленнее и достигается оно за счет прогрессирующего удорожания новых изделий. Это происходит в силу исчерпания возможностей развития традиционных технологий. Следовательно, создание “прорывных” типов изделий (и, соответственно, позитивная динамика выпуска в кризисных условиях) в долгосрочной перспективе становится все менее вероятным.

Как обеспечить выживание высокотехнологичной экономики, если в обозримой перспективе не предвидится создания “прорывных” продуктов и возникает угроза стагнации выпуска? Этот вопрос чрезвычайно актуален для экономически развитых стран мира в силу их специализации на выпуске высокотехнологичных фондообразующих продуктов и товаров длительного пользования. Выше были определены условия, при которых владельцы старых изделий будут экономически *заинтересованы* в их досрочной замене новыми. Однако спрос на новую фондообразующую продукцию возрастает и в том случае, если эксплуатация изделий старых типов директивно *запрещается*, например по причине ужесточения экологических стандартов, норм безопасности и т.п.

Как показано в работе (Клочков, 2009, гл. 3), помимо официально декларируемых целей защиты окружающей среды, обеспечения безопасности населения и т.п. эти действия могут преследовать также цели стимулирования спроса на долговечную продукцию. При этом если на рынках продукции производственного назначения приходится прибегать к прямому принуждению или налоговому стимулированию (если только новая техника не обладает “прорывным” превосходством), то на рынках потребительских товаров длительного пользования сильнее проявляются субъективные факторы, и производители могут активно прибегать к рекламе и другим методам воздействия на потребительское поведение. На рынках компьютеров и программного обеспечения производителям также удастся заставлять пользователей приобретать новую продукцию чаще, чем это объективно необходимо по соображениям повышения вычислительной мощности. Для этого намеренно ограничивается совместимость каждого последующего поколения программно-аппаратных средств с предыдущими. Активное использование описанных инструментов стимулирования спроса позволяет фондообразующим отраслям избегать стагнации спроса даже в периоды депрессивных кризисов. Однако такие инструменты сами по себе требуют исследований и разработок, т.е. инновационной активности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Клочков В.В. (2009): Управление инновационным развитием гражданского авиастроения. М.: ГОУ ВПО МГУЛ.

Поступила в редакцию  
20.06.2010 г.

### Interaction of Economic Crisis and Innovative Development of Science-Intensive Industries

V.V. Clochkov

The following questions discussed: 1) how global economic crisis affects the development of science-intensive industries and their innovation activity? 2) how will the prevalence of science-intensive and high-tech sector in the national economy affect it's adaptive abilities during macroeconomic changes? Attention is paid to the branches constituting the science-intensive and high-tech sector of economy, such as energy and transport machine building, machine-tool construction, instrument engineering, etc.

**Keywords:** science-intensive industry, crisis, innovations, breakthrough products, “creative destruction”.

## ОБ ОДНОМ ПРИМЕНЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВРЕМЕННОГО РЯДА НАЛОГОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ

© 2011 г. Е.Ю. Кутищева, В.А. Родин

(Воронеж)

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Существующая рекомендация проверки деклараций (2003 г.) предполагает ранжирование предприятий по отклонению декларированной прибыли от нормативных значений, рассчитываемых исходя из анализа предыстории и текущих данных о деятельности предприятия. Предлагается проверять предприятия с отклонением, превышающим определенный “порог” (о “пороговом правиле” см. (Cowell, Gordon, 1995)). Развитие этого метода до “вероятностного порогового” и многоуровневого принадлежит нескольким авторам (Васин, Панова, 1999; Моршнович, 1997, 2003). Опытный инспектор, как правило, использует для анализа налоговую историю предприятия. Однако “ротационная политика”, существующая в настоящее время в практике работы налоговых органов, затрудняет этот процесс. Авторы предлагают проводить предварительный стохастический анализ налоговой отчетности как анализ временного ряда.

Рассматриваемые в статье методы можно применять только для анализа достаточно долго функционирующих производственных компаний с надежной налоговой историей. Метод предназначен для предварительной автоматизированной сортировки отчетов и для обоснования гипотезы о возможном нарушении. Он не имеет юридического основания для вынесения штрафных санкций. На основе обезличенной репрезентативной выборки 10 предприятий авторами был проведен анализ данных по НБ (налог на прибыль). Учитывая теоретический характер статьи, данные по НБ были округлены.

С помощью графического визуального анализа все отчеты были разделены на три группы. В первую группу вошли отчетности, в которых явно обнаруживался тренд; во вторую – отчетности, в которых последнее (контролируемое) значение НБ значительно меньше, чем среднее значение этого показателя. Изменения уровней третьей группы носят явно случайный характер. Соответственно этому разбиению: для первой декларированные данные сравнивались со значением тренда в отчетный период, для второй рекомендованы дополнительные проверки, для третьей применялись стохастические методы проверки гипотезы об отсутствии тренда (и возможности нарушения отчетности).

### 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕНДОВ И ПРОВЕРКА ИХ АДЕКВАТНОСТИ

Для описания схемы исследований используем таблицу с обезличенными округленными данными налоговых органов десяти предприятий по налогооблагаемой базе.

К *первой группе* отнесем графики предприятий с номерами 1, 2, 6, 7, 10. Эти производства расширяют налогооблагаемую базу и прогрессируют без видимых больших колебаний. Для них возможно прогнозирование с помощью построения возрастающего тренда. *Вторая группа* – это производства с номерами 3, 4, 9. Здесь графики показывают резкое падение прибыльности производств по сравнению со средним значением, что указывает на необходимость дополнительной проверки. Отчеты с предприятий 1, 2, 9 носят линейный характер. Для них в данной работе разными методами проверялась состоятельность и адекватность модели тренда согласно правилу: если декларируемая НБ больше значения тренда, то проверка не производится, если существенно меньше, то производится. *Третья группа* – это производства с номерами 5 и 8. Для этих рядов

**Таблица.** Данные по налогу на прибыль предприятий по налогооблагаемой базе, в тыс. руб.

Предприя тия Годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2002	4834,0	6,7	–	7998,8	3695,8	1181,5	995,1	12601,2	209,3	199,7
2003	10271,7	2579,9	17983,2	14103,6	24953,6	1089,1	867,0	2807,1	1024,6	51,0
2004	31399,6	10208,1	189801,1	5252,8	10422,2	3406,0	921,6	6028,7	1616,3	318,8
2005	54947,8	16459,7	27243,0	23495,8	12582,8	11184,9	2441,1	3794,1	2028,7	1403,3
2006	63952,5	16913,7	10199,4	47342,2	32004,8	12498,6	4316,1	5737,9	3164,5	3266,0
2007	60576,8	26166,3	–10953,4	71613,9	33177,3	14834,2	5685,7	12273,8	1982,6	6105,7
2008	68582,0	44272,3	0	13768,0	17580,4	27675,3	17776,8	16166,3	898,6	13975,8

статистическими методами исследуем гипотезу об отсутствии тренда. Вычисления и построение графиков облегчалось использованием оболочки Statistica 6.

**Исследование временного ряда № 1.** Визуальный анализ предполагает возможность логистической или линейной зависимости. Предположим для упрощения вычислений, что имеет место линейная тенденция. Хотя возможно, что логистическая кривая в качестве тренда будет давать более точные результаты. Расчет коэффициентов автокорреляции с лагом 1 и 2 дает следующие результаты:  $r(1) \approx 0,904$ ,  $r(2) \approx 0,616$  – и свидетельствует об очень тесной зависимости и предполагает наличие тренда. Получаем модель тренда:  $y(t) = 1,1585 \times 10^4 t + 4,25 \times 10^3$ . Проверим значимость полученного уравнения по  $F$ -критерию на 5%-ном уровне значимости. Имеем  $m = 2$ ,  $n = 7$ ,  $\alpha = 0,05$ . По таблице  $F$ -распределения находим  $F_{0,05; 1,5} = 6,61$ . Фактически наблюдаемая величина статистики значительно больше критической точки найденной по таблицам  $F = [Q_R(n - 2)]/Q_e \approx 22,4 > F_{0,05; 1,5} = 6,61$ .

Близость к единице коэффициента детерминации,  $R^2 = Q_R/Q \approx 0,986$ , говорит о бесспорном существовании тренда. Будем считать, что последнее отклонение на рис. 1 вызвано искусственно. Имея уравнение регрессии, можно определить величину отклонения  $d$ . Эта величина пропорциональна сумме, которую должно выплатить предприятие налоговым органам. Заметим, что величина отклонения  $d \approx 0,2f(7)$  отличается от значения тренда на долю  $\varepsilon \approx 0,2$ . Стоит ли считать это занижение значимым для проведения дополнительной проверки? Это решение будет принимать налоговая инспекция.

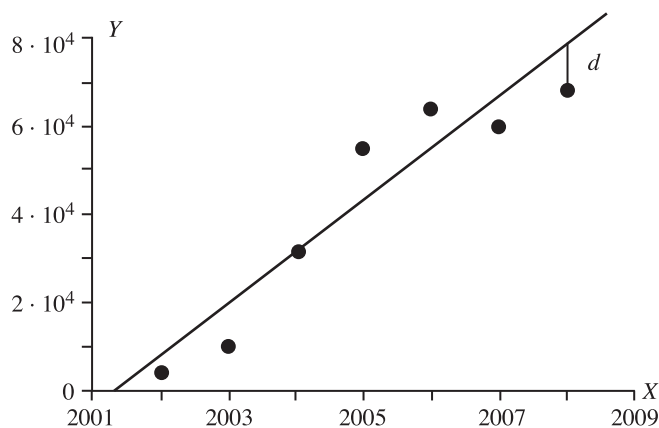


Рис. 1

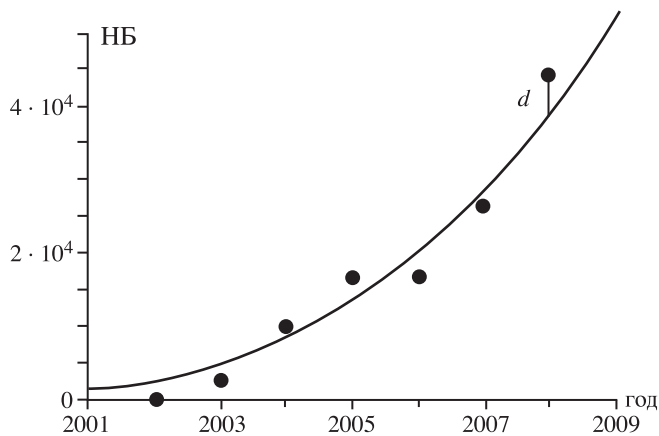


Рис. 2

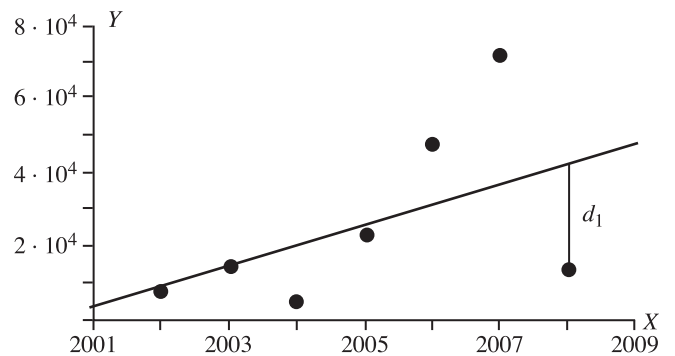


Рис. 3

**Исследование временного ряда № 2.** Визуально (рис. 2) можно предположить, что имеет место параболический тренд  $y_t = a + bt + ct^2$ . (Аналогичная модель может быть построена для анализа предприятий 6, 7 и 10.)

Проверим несколькими методами гипотезу о квадратичном виде. Вычисления по МНК дают  $y(t) = 10^2(6,2 - 4,15t + 8,85t^2)$ . Проведем исследование на значимость полученного уравнения. В нашем случае  $n = 7$  – число наблюдаемых групп (уровней),  $m = 3$  – число параметров (коэффициентов параболы). Возьмем уровень  $\alpha = 0,05$ . Значение коэффициента детерминации  $R^2 = Q_R/Q \approx 0,96$ , наблюдаемое значение статистики  $F = Q_R(n - m)/[Q_e(m - 1)] \approx 43,6$ . Табличное значение  $F_T$ -критерия согласия, или критерия Фишера–Снедекора, определенное на уровне значимости  $\alpha = 0,05$  и степенях свободы  $k_2 = n - m = 4$  и  $k_1 = m - 1 = 2$ , находим из таблицы:  $F_{0,05; 2,4} = 6,94$ .

**Вывод.** Наблюдаемое значение критерия согласия значительно больше, чем табличное значение критерия Фишера. Адекватность параболической регрессионной модели проверена.

**Предприятие № 3.** Имеет место отсутствие тренда. Предприятие надо или освободить от налога, или рассмотреть вопрос о целесообразности данного производства.

**Предприятие № 4.** Визуально можно предположить, что имеет место *параболическая тенденция*. Последняя сумма явно занижена, расположена значительно ниже тренда. Но это предположение спорно в силу малого объема выборки, и оно приведет к большим штрафным санкциям. Также спорно применять статистические коэффициенты согласованности в силу большого разброса данных НБ по годам. Для упрощения программы сортировки смоделируем линейный тренд по уже показанной выше схеме. Упрощая вычисления применением стандартных программ, получаем уравнение  $y(t) = 0,622 \times 10^4 t + 0,135 \times 10^4$ . Рис. 3 показывает значительное занижение отчетной суммы (в 2008 г.) от прогнозируемой даже по линейному тренду суммы. Согласно проведенным вычислениям НБ за 2008 г. предприятия № 4 почти в четыре раза меньше прогнозируемой по тренду суммы. Отклонение  $d_1 \approx 0,7 \times f(7)$  естественно считать *значительным*, а данные по НБ этого предприятия нуждаются в дополнительной проверке.

### 3. ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ ОБ ОТСУТСТВИИ ТЕНДЕНЦИИ

Данные уровней производств № 5 (рис. 4) и 8 (рис. 5) представляют собой достаточно неопределенную закономерность, или, вернее, отсутствие ее. Практические соображения, которых придерживается налоговая служба, позволяют проверять предприятие с уровнями, имеющими графический вид как на рис. 4, и не проверять предприятие с уровнями как на рис. 5. Теоретически мы имеем большой разброс значений уровней, за которым могут скрываться нарушения отчетности. Вспомогательные вычисления для серии отчетности предприятия № 5 показывают, что медиана равна  $Me = 17580,4 \approx 17580$ ;  $n = 7$ ,  $\nu(7) = 4$ , и  $\tau_{\max}(7) = 2$ . Правило для проверки вероятностной гипотезы об отсутствии тренда имеет вид:

$$\begin{cases} \tau_{\max}(n) < [3,3(\lg n + 1)]; \\ \nu(n) > [0,5(n + 1 - 1,96\sqrt{n-1})]. \end{cases} \quad (1)$$

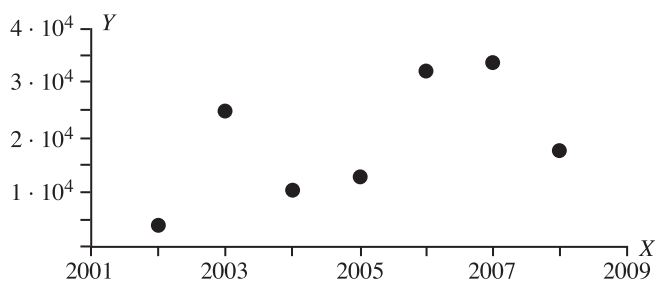


Рис. 4

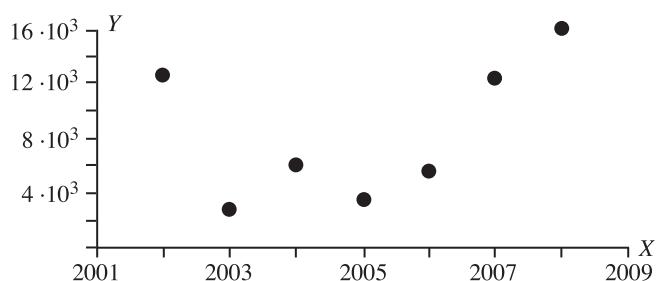


Рис. 5

Первое неравенство выполнено ( $2 < 6,089$ ), а также и второе (так как  $4 > 1 > 6$ ). Гипотеза о случайности данного временного ряда налоговой отчетности верна на 95%. Это означает, что гипотеза верна.

Это новый и важный случай анализа налоговой отчетности.

Изменения НБ крупного предприятия зависят от очень большого набора случайных и неслучайных показателей и в силу инерционности финансово-экономических процессов, как правило, имеют свою тенденцию. То, что она отсутствует, может свидетельствовать об умышленном искажении отчетности и уклонении от полной выплаты налогов. Такие предприятия необходимо подвергнуть дополнительной проверке.

Аналогичные вычисления проведем для серий отчетности по НБ предприятия № 8. Опуская вспомогательные вычисления, получаем  $n = 7$ ,  $Me = y'_4 = 6028,7 \approx 6029$  и три группы:  $\nu(7) = 3$  и  $\tau_{\max}(7) = 3$ .

В соответствии с (1) второе неравенство выполнено (так как  $3 > [1,6]$ ), так же, как и первое ( $3 < [6,089]$ ). Это означает, что гипотеза об отсутствии тренда верна на 95%. Данное предприятие, так же, как и предприятие 5, необходимо подвергнуть дополнительной проверке.

#### 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО МЕТОДУ ФОСТЕРА–СТЮАРТА ДЛЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ОТЧЕТНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ № 5, 8

**Предприятие № 8.** Вычисления по методу Фостера–Стюарта дали следующие результаты:  $D = 3$ ,  $\sigma_D = \sqrt{2 \ln 7} - 0,8456 \approx 1,75$ ,  $T_{\text{набл}} \approx 1,8$ . Критическую точку берем из таблицы распределения Стьюдента:  $t(0,05; k = 6) = 2,447$ . Наблюдаемое значение меньше, чем табличная критическая точка. Принимается гипотеза об отсутствии тренда.

Аналогичную схему можно провести для проверки отсутствия тренда в отчетности предприятия № 5.

**Вывод.** Отчетность предприятий № 5 и 8 носит случайный характер. Это подтверждается независимыми статистическими методами анализа временных рядов. Эти предприятия надо проверить дополнительно.

При написании данной статьи ставились **две основные цели**: 1) предварительное определение занижения НБ в отчетный период и оценка величины возможных штрафных санкций с помощью сравнения с трендом; 2) определение предприятий, отчетность которых за несколько последних периодов вообще не содержит трендовой составляющей.

Анализ показал эффективность нового метода по обнаружению возможных нарушений налоговой отчетности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Васин А.А., Панова Е.И.** (1999): Собираемость налогов и коррупция в налоговых органах. М.: РПЭИ, Фонд “Евразия”.

**Моршович С.М., Богданова М.С., Крупенина Г.А.** (1997): Рационализация структуры налогов в переходной экономике России. М.: Российская экономическая школа.

- Мовшович С.М.** (2003): Игровая модель выбора стратегии налоговой инспекции // *Экономика и математические методы*. Т. 39. № 2.
- Прохоров Ю.К.** (2008): Управление качеством. Контроль качества продукции. Статистический контроль качества продукции и технологических процессов ее изготовления [Электронный ресурс] Электронный учебник. Режим доступа: <http://www.de.info.ru>, свободный (дата обращения: 2011 г.)
- Эконометрика (2008): Эконометрика. Под ред. И.И. Елисеевой. М.: Финансы и статистика.
- Cowell F., Gordon G.F.** (1995): Auditing with “Ghosts”. In: Fiorentini G., Peltzman S. (eds.) *“The economics of organised crime”*. Cambridge, London: Cambridge University Press and CEPR.

Поступила в редакцию  
20.06.2010 г.

## В.Н. ЛИВШИЦУ – 80 ЛЕТ

8 февраля 2011 г. доктору экономических наук, профессору, лауреату премии РАН по экономике имени академика В.С. Немчинова, лауреату премии конкурса 2008 г. Международного научного фонда экономических исследований академика Н.П. Федоренко, заслуженному деятелю науки РФ Вениамину Наумовичу Лившицу исполнилось 80 лет. Несмотря на почтенный возраст, юбиляр по-прежнему молод душой, энергичен, инициативен, все так же научно продуктивен, максимально доброжелателен по отношению к коллегам и ученикам и с гордостью носит присвоенное ему почетное звание “Рыцарь науки и искусств”.

Впечатляет даже краткий перечень выполняемых им сегодня обязанностей на поприще науки и образования: Вениамин Наумович руководит коллективами лабораторий в ИСА РАН и ЦЭМИ РАН, заведует кафедрой в МФТИ ГУ, преподает в Международном университете в Москве, АНХ, ГУ ВШЭ, Международном университете природы, общества и человека в Дубне, является членом российских и международных научных ассоциаций и советов, участвует в редколлегиях ведущих экономических журналов.

Начиналась научная биография В.Н. Лившица в аспирантуре Института комплексных транспортных проблем при Госплане СССР, в которую он поступил в 1956 г., проработав несколько лет машинистом электровоза, а потом и начальником транспортной службы в Коркинском угольном разрезе на Урале после окончания с отличием Московского энергетического института. Защитив кандидатскую диссертацию по техническим наукам, он поступает на механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, который заканчивает с отличием в 1965 г. В этом университете в 1971 г. он защитил докторскую диссертацию по моделям и методам оптимизации отраслевого перспективного планирования и проектирования. При этом проблематика оценки эффективности инвестиций всегда была и остается центром его разносторонних научных интересов.

Сегодня В.Н. Лившиц – признанный лидер научного направления – оценки эффективности реальных инвестиционных и инновационных проектов, выдающийся ученый в области математического моделирования социально-экономических процессов, методов оптимизации решений динамических задач в экономике, обоснования рациональных стратегий развития производственной инфраструктуры, реформирования естественных монополий, экономики транспорта. В России и за рубежом он опубликовал 382 научные работы, в том числе 15 монографий. Одна из важнейших его монографий (написанная в соавторстве с П.Л. Виленским и С.А. Смоляком) – “Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика” – впервые опубликована в 2001 г. Книга выдержала за последнее десятилетие четыре переиздания. Результаты исследований процессов, связанных с рыночными реформами в России, представлены (в соавторстве с С.В. Лившиц) в таких монографиях, как “Макроэкономические теории, реальные инвестиции и государственная российская экономическая политика” (2008) и “Системный анализ нестационарной экономики России (1992–2009): рыночные реформы, кризис, инвестиционная политика” (2010).

Незаурядные способности позволяют В.Н. Лившицу на протяжении всего жизненного пути не только проводить серьезные исследования по экономико-математическому моделированию, выпускать многочисленные статьи и монографии, но и оставаться в гуще научных обсуждений, ярко выступая в России и за рубежом по многим злободневным и дискуссионным проблемам транспорта, естественных монополий, экономики в целом, активно отстаивая свои позиции, в том числе на ежегодных школах-семинарах им. академика С. Шаталина. Интенсивная преподавательская деятельность, чтение огромного числа всегда очень интересных научных и образовательных лекций проявляют недюжинный талант истинного Просветителя и Педагога. Под его научным руководством подготовлены и успешно защищены 6 докторских и 51 кандидатская диссертации.

Редколлегия и редакция журнала сердечно поздравляют Вениамина Наумовича с замечательным юбилеем и желают доброго здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов!



## К.А. БАГРИНОВСКОМУ – 80 ЛЕТ

25 января 2011 г. исполнилось 80 лет Кириллу Андреевичу Багриновскому – известному советскому российскому ученому, заведующему лабораторией имитационного моделирования взаимодействия экономических объектов ЦЭМИ РАН, профессору кафедры экономико-математического моделирования Российского университета дружбы народов, доктору экономических наук, кандидату физико-математических наук, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, лауреату премии Международного научного фонда экономических исследований академика Н.П. Федоренко. Кирилл Андреевич внес значительный вклад в развитие отечественной экономической науки и создал в ней новое экономико-математическое направление.

Кирилл Андреевич родился в Москве. Окончив среднюю школу, он поступил в Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова на механико-математический факультет. После получения специальности “математик” продолжил свое образование в университетской аспирантуре.

Распределенный молодой специалист в Институт прикладной математики АН СССР, в котором он в 1957 г. успешно защитил свою диссертацию и стал кандидатом физико-математических наук.

В 1961 г. молодой ученый начинает свою преподавательскую карьеру. Он становится доцентом Московского инженерно-экономического института, в котором читал многочисленные курсы, связанные с применением математических методов в исследовании экономики. Своеобразие подачи сложного учебного материала заключалась в том, что доцент-математик в своих лекциях предлагал строгие математические решения конкретных экономических задач, и это удачно отличало новый подход от традиционного изложения экономико-математических методов.

В 1963 г. по предложению А. Аганбегяна он, как и многие советские ученые, уезжает в Сибирский академгородок, где продолжает свою научную деятельность сначала в качестве доцента Новосибирского государственного университета, а затем, не прекращая преподавания, – заведующего отделом Института экономики и организации промышленного производства СО АН СССР.

В эти годы он участвует в совместных научных исследованиях с Л.В. Канторовичем, А.Г. Гранбергом, В.Л. Макаровым и многими другими учеными-экономистами. Эти годы отличаются наиболее плодотворной научной работой. Кирилл Андреевич исследует и математически обосновывает решение ряда крупных народнохозяйственных задач, наиболее важные результаты которых излагаются в научных публикациях. Специалисты, аспиранты и студенты изучают математические методы моделирования и организации народного хозяйства по его многочисленным трудам, в том числе по монографии “Модели и методы экономической кибернетики”. Здесь же в 1969 г. К.А. Багриновский, один из первых сибирских ученых, защищает докторскую диссертацию по экономико-математическим наукам, а в 1971 г. ему присваивается ученое звание “профессор”.

В 1975 г. К.А. Багриновский возвращается в Москву и занимает должность заведующего лабораторией Центрального экономико-математического института РАН, куда его приглашает Н.П. Федоренко и где он работает по настоящее время. Одновременно Кирилл Андреевич избирается профессором Российского университета дружбы народов, в котором он и по сей день продолжает свою педагогическую деятельность.

В течение этого периода К.А. Багриновский неоднократно участвовал во многих международных и всероссийской симпозиумах и конференциях, в составе академических делегаций выезжал за границу, выигрывал гранты в различных научных фондах, в 1999 г. удостоивается звания “заслуженный деятель науки РФ”, а в 2004 г. становится лауреатом премии Международного научного фонда экономических исследований академика Н.П. Федоренко “За выдающийся вклад в развитие экономической науки в России”. За время научно-педагогической деятельности им

подготовлено более 45 докторов и кандидатов экономических наук. Он является автором более 240 научных трудов.

Основные научные устремления юбиляра по-прежнему сосредоточены в областях имитационного моделирования и исследования операций, межотраслевого эквивалентного обмена, ресурсосбережения, разработки интеллектуальных информационных систем и рыночных механизмов научно-технического развития.

Мы желаем дорогому Кириллу Андреевичу здоровья, долгих лет жизни, плодотворной творческой работы и успехов во всех его сегодняшних и завтрашних начинаниях.

### **Дорогой Кирилл Андреевич!**

Примите искренние поздравления от коллег и друзей Центрального экономико-математического института Российской академии наук по случаю Вашего **восьмидесятилетия**.

За прошедшие годы Вами исследован, математически обоснован и решен ряд крупных народнохозяйственных задач. Наиболее важные результаты Ваших исследований опубликованы в научных монографиях и статьях. Специалисты, аспиранты и студенты изучают экономико-математические методы моделирования народного хозяйства по Вашим многочисленным учебникам.

Ваши основные научные устремления сосредоточены в областях имитационного моделирования, исследования операций, высоких технологий, эквивалентного обмена, ценообразования, ресурсосбережения, разработки рыночных механизмов и интеллектуальных систем.

Дорогой Кирилл Андреевич, мы желаем Вам здоровья, долгих лет жизни, плодотворной творческой работы и успехов во всех сегодняшних и завтрашних начинаниях.

## Е.Г. ГОЛЬШТЕЙНУ – 80 ЛЕТ

Заведующий лабораторией ЦЭМИ РАН, заслуженный деятель науки РФ, доктор физико-математических наук, профессор Евгений Григорьевич Гольштейн является ведущим специалистом страны в области математического программирования и его применения в моделировании экономических процессов и механизмов.

Е.Г. Гольштейн родился в Москве в 1931 г. После окончания с отличием механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (1954 г.) Евгений Григорьевич поступил на работу в Институт приборной автоматики. За 10 лет он прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией. С 1964 г. и по настоящее время Е.Г. Гольштейн трудится в ЦЭМИ. В 1958 г. он защитил кандидатскую, в 1967 г. – докторскую диссертацию (обе на ученом совете механико-математического факультета МГУ), в 1968 г. ему присвоено звание профессора.

Первоначальные научные интересы Е.Г. Гольштейна были связаны с конструктивной теорией функций, где ему удалось получить интересные результаты, касающиеся прямых и обратных теорем теории наилучшего приближения. С конца 1950-х годов Евгений Григорьевич начинает интересоваться проблематикой математического программирования и быстро становится известным специалистом в этой области.

Получили международное признание работы Е.Г. Гольштейна по теории и методам линейного программирования, теории двойственности и устойчивости в выпуклом программировании и его обобщениях, теории бесконечномерных экстремальных задач, а также работы по децентрализованным методам оптимизации и теории модифицированных функций Лагранжа. Им предложены эффективные методы недифференцируемой оптимизации и поиска равновесия в антагонистических играх, на базе которых развиты оригинальные декомпозиционные подходы к решению оптимизационных задач большого размера. Эти подходы позволили, в частности, разработать новые алгоритмы решения многопродуктовых транспортных и производственно-транспортных задач. Предложенные Евгением Григорьевичем постановка и методы решения задач многокритериального дробно-линейного программирования послужили основой для разработки диалоговой программной системы многокритериальной оптимизации, ориентированной на экономические приложения. Особого упоминания заслуживают результаты Е.Г. Гольштейна, относящиеся к задачам выпуклого программирования в размытой постановке и маргинальным значениям в антагонистических играх.

В последние три года Евгений Григорьевич опубликовал серию статей о бескоалиционных играх со многими участниками, обладающих выпуклой структурой. Поиск точек равновесия для игр из этого класса, в отличие от общего случая, сводится к решению вариационных неравенств, порождаемых монотонными отображениями. Эффективный численный метод решения подобных неравенств незадолго до этого также был предложен и обоснован юбилеем.

Список научных публикаций Евгения Григорьевича включает более 200 названий, среди которых 12 книг по теории и методам оптимизации с приложением к экономико-математическому моделированию. Переводы многих из этих книг опубликованы в США, Германии, Испании, Японии, Израиле и других странах. Наиболее высокую оценку получили монографии Е.Г. Гольштейна “Задачи и методы линейного программирования” (1961), “Linear programming” (1965), “Новые направления в линейном программировании” (1966), “Теория двойственности в математическом программировании и ее применения” (1971), “Theory of convex programming” (1972), “Modified lagrangians and monotone maps in optimization” (1996).

Е.Г. Гольштейн успешно руководит работами, связанными с развитием теории и созданием эффективных методов оптимизации. В его лаборатории трудятся высококвалифицированные специалисты, имеющие высокий международный рейтинг в области математического программирования. Евгений Григорьевич неоднократно выступал с научными докладами на международных конференциях и симпозиумах и становился организатором и председателем оргкомитета многих Всесоюзных школ-семинаров по оптимизации.

Евгений Григорьевич внес значительный вклад в развитие экономико-математического образования: с 1967 по 1982 г. он является профессором Московского института народного хозяйства им. Г.В. Плеханова, а с 1987 г. – профессором экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Е.Г. Гольштейн подготовил и прочитал курсы по линейному и нелинейному программированию, исследованию операций, количественным методам в экономике и теории игр, которые неизменно вызывали живой интерес слушателей. По книгам профессора Гольштейна изучали математическое программирование несколько поколений студентов и аспирантов страны, под его руководством защищено более 20 кандидатских диссертаций.

Со дня основания журнала “Экономика и математические методы” Е.Г. Гольштейн – активный член редколлегии. Он является членом Ученого совета ЦЭМИ РАН и заместителем председателя Совета по защите докторских диссертаций. Евгений Григорьевич пользуется большим уважением и имеет высокий международный научный авторитет.

Редколлегия журнала, друзья и коллеги Е.Г. Гольштейна, желают ему на долгие годы неиссякаемой творческой активности, здоровья и счастья в личной жизни.

## С.М. МОВШОВИЧУ – 80 ЛЕТ

25 января 2011 г. исполнилось 80 лет главному научному сотруднику ЦЭМИ РАН, доктору экономических наук, профессору Соломону Моисеевичу Мовшовичу.

С.М. Мовшович работает в ЦЭМИ РАН с декабря 1964 г. Он является одним из крупнейших отечественных специалистов в области математического моделирования экономических процессов. Его работы хорошо известны за рубежом.

Он является автором более 130 статей и монографий. В своих исследованиях С.М. Мовшович блестяще сочетает глубокий теоретический анализ экономических проблем и применение теории к практическим задачам современной экономики.

Работы С.М. Мовшовича естественно объединяются в четыре больших цикла.

Первый цикл посвящен разработке теории и вычислительных методов математического программирования. Здесь хочется особо отметить теорему о маргинальных значениях в антагонистических играх, полученную им совместно с Е.Г. Гольштейном в 1968 г.

Ко второму циклу принадлежат работы по исследованию оптимальных траекторий экономического роста. С.М. Мовшовичу удалось доказать ряд оригинальных теорем о магистрали и на основе теоретических разработок построить и исследовать модели экономического развития, позволяющие учитывать лаги в освоении капиталовложений и рассчитывать траектории на основе реальных статистических данных. С.М. Мовшович возглавлял исследования, связанные с построением и анализом моделей экономической динамики, включающих человеческий капитал, инфляционные процессы и фискальную политику государства; в рамках этих моделей им изучено влияние структуры правительственных расходов на экономический рост.

Труды по экономической эффективности капитальных вложений и ценообразованию образуют третий цикл. Они предназначались для плановой экономики, но многие полученные в связи с этим результаты сохраняют актуальность и сегодня.

Наконец, четвертый цикл – работы по теории экономического равновесия и ее приложениям. Соломон Моисеевич взялся за очень трудную задачу: сконструировать процесс регулирования цен, который, в отличие от вальрасовского “нащупывания”, предусматривал бы движение по экономически допустимым состояниям. Он предложил несколько вариантов такого процесса и доказал его сходимости. Соответствующие результаты были опубликованы в одном из престижных международных журналов. Особое значение имеют его работы, в которых теория экономического равновесия использована для решения прикладных задач налогообложения. Профессор С.М. Мовшович, в частности, развил оригинальный подход к измерению предельных избыточных тягот налогообложения.

Соломон Моисеевич Мовшович работает в ЦЭМИ РАН более сорока пяти лет. В течение всего этого времени он активно сотрудничает с нашим журналом как в качестве автора содержательных и ярких статей, так и в качестве рецензента. Он относится к тем ученым, кто всегда определял лицо журнала. Независимый в суждениях, безукоризненно порядочный и всегда готовый помочь, требовательный руководитель, компетентный и принципиальный коллега, Соломон Моисеевич пользуется заслуженным авторитетом и глубоким уважением коллег, любовью сотрудников и друзей.

Поздравляя Соломона Моисеевича с юбилеем, дирекция ЦЭМИ, редколлегия журнала, все его коллеги и друзья желают ему крепкого здоровья, счастья и творческих успехов.

## В.Г. МЕДНИЦКОМУ – 75 ЛЕТ

16 мая 2011 г. исполнилось 75 лет Владимиру Георгиевичу Медницкому – известному специалисту в области применения математических методов в экономических исследованиях, доктору экономических наук, профессору, главному научному сотруднику ЦЭМИ РАН.

Владимир Георгиевич родился в г. Одессе. В 1953 г. он с серебряной медалью закончил среднюю школу и поступил на механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Окончив в 1958 г. университет (кафедра “Теория упругости и пластичности”), он в течение трех лет проводил исследования интереснейших задач по определению частот собственных колебаний упругих, тонкостенных оболочек разнообразной формы, гладких и с подкреплением, пустотелых, а также с жидкими и иного рода заполнителями, в ходе которых основательно изучил вариационные методы математической физики. Это помогло в его последующей работе в сфере математической экономики (в 1961 г. Владимир Георгиевич становится младшим научным сотрудником Лаборатории экономико-математических методов АН СССР, в составе которой затем переходит в созданный в 1963 г. Центральный экономико-математический институт (ЦЭМИ) АН СССР, где и работает в настоящее время). В 1966 г. Владимир Георгиевич защитил кандидатскую, а в 1984 г. – докторскую диссертации (обе по специальности 08.00.13).

Исследования, проводившиеся в лаборатории “Модели и алгоритмы многоступенчатой оптимизации” под руководством и при участии Владимира Георгиевича, имели не только научное, но и прикладное значение: на основе разработанной им унифицированной отраслевой модели и в сотрудничестве с коллективом Главного вычислительного центра (ГВЦ) ГОСПЛАНа СССР была создана “Автоматизированная система формирования расчетной информации, решения и анализа решений задач оптимизации развития и размещения производства”, с помощью которой в 1972–1984 гг. в ГВЦ ГОСПЛАНа СССР были выполнены расчеты для более чем ста отраслей и видов производств народного хозяйства СССР. Расчеты проводились на основе решения задач линейного программирования с частично-целочисленными переменными большой размерности (рекорд: свыше 1000 ограничений общего вида и до 100 000 переменных).

Большое число работ Владимира Георгиевича посвящено исследованиям (которые продолжаются и в настоящее время) экономических свойств решений оптимизационных задач математической экономики. В ходе этих работ получено немало интересных, а в чем-то и парадоксальных результатов. Например, показано, что в условиях открытого рынка (когда отсутствуют ограничения на общие объемы потребления (реализации) по видам ресурсов (продукции)) в ряде задач с булевыми переменными оптимальные решения для каждой из этих переменных могут приниматься независимо от всех других решений на основе традиционных критериев экономической эффективности капиталовложений. Галопирующая инфляция цен при резком сокращении объемов производства всех видов продукции – одно из возможных оптимальных решений общей задачи экономического равновесия, возникающее вследствие утраты полуположительных решений в подсистеме леонтьевских уравнений из-за слишком высокой нагрузки на производственную систему, которая создана ее собственной системой управления. Показано, что неймановский технологический темп сбалансированного роста в системе динамического межотраслевого баланса с монотонно-возрастающими двухфакторными производственными функциями ограничен сверху только в том случае, когда зафиксированы отраслевые коэффициенты в отношениях этих факторов (например, капиталовооруженности труда в отраслях и т.д.).

Владимир Георгиевич пользуется уважением и любовью коллег. Поздравляем его с юбилеем, желаем крепкого здоровья и долгих творческих лет жизни.

## С.А. СМОЛЯКУ –75 ЛЕТ

Сергей Абрамович Смоляк родился в Москве в 1936 г. После окончания школы он поступил на механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова и занимался применением теоретико-числовых методов в приближенном анализе.

После окончания МГУ С.А. Смоляк работал инженером-конструктором на предприятии, известном сегодня как “ОКБ Сухого”. Занимаясь задачами интерполяции, численного интегрирования и т.п., он обратил внимание на то, что все они являются частными случаями общей проблемы восстановления: нахождения оптимальных приближенных формул для значений линейных функционалов на элементах некоторых классов по информации о значениях других линейных функционалов. Исследованию этой проблемы была посвящена кандидатская диссертация С.А. Смоляка, которую он защитил в МГУ в 1966 г. Эта работа положила начало широкому кругу исследований российских и иностранных математиков.

В 1967 г. С.А. Смоляк решает применить свои математические знания к задачам совершенствования управления экономикой и переходит на работу в НИИ при Московском инженерно-строительном институте им. В.В. Куйбышева (МИСИ). Здесь он занимается прикладными работами в области организации, управления и экономики строительства и теоретическими исследованиями. В 1970–1980 гг. им предложены оригинальные экономико-математические модели оптимизации сроков службы машин и оборудования, основанные на методе дисконтированных денежных потоков и практически использованные при установлении норм амортизационных отчислений. В начале 1980-х годов Сергей Абрамович активно участвовал в организованной ЦЭМИ подготовке “Комплексной методики оценки эффективности общественного производства и отдельных хозяйственных мероприятий” и “Методических рекомендаций по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса”.

Предложенные С.А. Смоляком модели оптимизации развития производств составили основу его докторской диссертации “Оптимизация управления развитием многономенклатурных производств”, которую он защитил в ЦЭМИ в 1988 г.

В 1989 г. он перешел на постоянную работу в ЦЭМИ в лабораторию, занимающуюся вопросами оценки эффективности инвестиционных проектов, где и работает сейчас в должности главного научного сотрудника.

С начала 1980-х годов С.А. Смоляк участвует в государственной экспертизе инвестиционных проектов и программ. Этот опыт вместе с результатами теоретических исследований отражен в подготовленных вместе с В.Н. Лившицем и П.Л. Виленским утвержденных “Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов” (первая и вторая редакции) и учебном пособии “Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика”, которое выдержало уже четыре издания. Результаты исследований Сергея Абрамовича широко применяются в практике экспертизы инвестиционных проектов, в том числе проводимой Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых МПР РФ при утверждении объемов извлекаемых запасов нефтегазовых месторождений.

В последние годы, продолжая развивать теорию оценки эффективности инвестиционных проектов, С.А. Смоляк много внимания уделяет теоретическим проблемам стоимостной оценки имущества, подчеркивая сходство основных методических положений этих дисциплин и необходимость их существенного сближения.

Начиная с 1983 г. Сергей Абрамович развивает оригинальный аксиоматический подход к учету факторов риска и неопределенности. В наиболее полном виде эти результаты изложены в книге “Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности (теория ожидаемого эффекта)” (2002). В ней делается попытка ответить на важный и, в известной мере, философский вопрос, что такое неопределенность в экономике и как ее описывать и учитывать. В отличие от большинства исследователей автор не ограничивается вероятностной

неопределенностью, а показывает многообразие видов неопределенности, каждый из которых требует своих методов описания и учета. В книге обосновывается, что наиболее корректно при оценке эффективности проектов и стоимостной оценке имущества заменять неопределенные денежные потоки их детерминированными эквивалентами (рассчитываемыми по предложенным формулам) и дисконтировать их по так называемой безрисковой ставке. Новые результаты в теории оценки эффективности инвестиционных проектов изложены в его книге “Дисконтирование денежных потоков в задачах оценки эффективности инвестиционных проектов и стоимости имущества” (2006). Здесь он, в частности, показывает, что метод Монте-Карло искажает оценку эффективности даже при полной информации о совместном вероятностном распределении всех неопределенных параметров проекта, а тем более – при отсутствии такой информации. Учету факторов неопределенности в прикладной статистике посвящена и его совместная с Г.Б. Клейнером монография “Эконометрические зависимости: принципы и методы построения” (2003), где предложен новый общий подход к установлению эконометрических зависимостей, основанный на принципе максимальной согласованности.

В книге С.А. Смоляка “Проблемы и парадоксы оценки машин и оборудования: сюита для оценщиков машин и оборудования” (2008) строится теория экономического износа машин. Автор исходит из очевидного для проектировщиков и отвергаемого большинством оценщиков требования оценивать стоимость машины применительно к наиболее эффективному способу ее использования. Термин “способ использования” понимается широко и включает не только технологическую часть (вид деятельности, сменность и т.п.), но и срок службы, и амортизационную политику владельца. В книге изложена оригинальная версия метода дисконтирования денежных потоков. Построенные модели автор применил к задаче оценки машин, отсутствующих на первичном рынке (например, снятых с производства), по данным о машинах других марок того же назначения.

Цикл работ С.А. Смоляка по проблемам оценки эффективности инвестиционных проектов и стоимостной оценки имущества был выдвинут на соискание премии Российской академии наук имени В.С. Немчинова 2011 г. за выдающиеся работы в области экономико-математических моделей и методов.

С.А. Смоляк выступает в качестве рецензента статей для журнала “Экономика и математические методы”. Высказываемые им замечания и предложения направлены в первую очередь на повышение обоснованности и научной строгости, за что авторы ему благодарны.

С.А. Смоляк ведет преподавательскую деятельность. Он читает разработанный им курс лекций на факультете инноваций и высоких технологий МФТИ (где является заместителем заведующего кафедрой), в Институте новой экономики ГУУ, на экономическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова и на экономическом факультете ГАУГН.

Как многолетний председатель профсоюзной организации ЦЭМИ РАН, он прилагает большие усилия для поддержания нормального социально-психологического климата в коллективе.

Редколлегия журнала, друзья и коллеги С.А. Смоляка желают ему здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов.



## А.А. ФРЕНКЕЛЮ – 75 ЛЕТ

Александр Адольфович Френкель родился 8 июня 1936 г. в г. Москве. Учился в московской мужской средней школе № 110 – одной из лучших школ страны (школе Ивана Кузьмича Новикова). После окончания в 1959 г. Московского государственного экономического института навсегда связал свою научную деятельность со статистикой, поступив в 1961 г. в аспирантуру на кафедру статистики МИНХ им. Г.В. Плеханова. Темой диссертации по предложению выдающегося советского статистика Н.К. Дружинина стала “вечнозеленая” тема: статистическое исследование производительности труда. Этой темой А.А. Френкель успешно занимается более 50 лет, решил большое число новых неизученных статистических и экономических проблем. Учеба в аспирантуре счастливо совпала с началом нового направления в развитии советской экономики – применения экономико-математических методов.

В эти годы под руководством А.А. Френкеля была организована в ВЦ ЦСУ РСФСР, куда он перешел работать из МИНХ им. Г.В. Плеханова в группу по изучению и применению математико-статистических методов в экономике. Здесь изучали такие новейшие для того времени методы математической статистики, как: кластерный анализ, факторный анализ, метод главных компонент, гребневая регрессия, метод складного ножа (Джекнайф), экспертные оценки. Разрабатывались методики практического применения освоенных методов для целей анализа и прогноза. Создавались новые алгоритмы математической статистики, разрабатывались программы для ЭВМ. ВЦ ЦСУ РСФСР был единственным в стране хозрасчетным центром, где с помощью статистических методов решались практические задачи для многих областей народного хозяйства.

В 1966 г. А.А. Френкель защитил кандидатскую диссертацию по теме “Многофакторные корреляционные модели производительности труда” и одновременно вышла монография в издательстве “Экономика”. Через два года в том же издательстве вышла в свет уже новая монография А.А. Френкеля “Математический анализ производительности труда”. Эта книга в 1970 г. по специальному решению ЦК СЕПГ была переведена в ГДР для выявления резервов роста производительности труда в промышленности. На Кубе ее использовали для разработки методики реорганизации сахарной промышленности.

А.А. Френкель, как настоящий ученый, еще в 1960-е годы понял, что ни одно серьезное исследование не может обходиться без прогнозирования (что было при плановой социалистической экономике революционным подходом). Одна из его первых опубликованных работ по использованию математических моделей для прогнозирования экономических временных рядов в 1967 г. была переведена и издана в США.

В эти же годы А.А. Френкель становится активным автором журнала “Экономико-математические методы”. Только в первый год издания журнала (1965 г.) он опубликовал в нем три статьи, в одной из которых был изложен принципиально новый подход к построению регрессионных моделей. В статье была заложена основа нового подхода к построению многофакторных регрессионных моделей – многошаговый регрессионный анализ. Основой моделирования стало построение уравнения регрессии по всем отобраным независимым переменным, а затем производился последовательный отсев незначимых переменных. Этот подход стал основополагающим во всех последующих математико-статистических исследованиях советских экономистов и статистиков в 1960–1970-е годы. В 1972 г. А.А. Френкель выпустил первую в стране книгу, посвященную анализу и прогнозу временных рядов “Математические методы анализа динамики и прогнозирования производительности труда”. Все три книги до сих пор используются специалистами, занимающимися вопросами прикладной статистики, прогнозирования и эконометрики, ссылки на них присутствуют в изданиях, вышедших даже в 2009 г.

К середине 1970-х годов А.А. Френкель разработал методологию статистического измерения, анализа и прогнозирования производительности труда и других экономических показателей, и в 1978 г. им была защищена докторская диссертация на тему “Методологические проблемы ста-

тистического исследования производительности труда в промышленности”. По этой теме автор опубликовал 8 монографий, вышедших в центральных советских издательствах и более сотни других публикаций. Несколько статей вышли за рубежом: в США, Польше, Венгрии, Италии.

В 1970–1980-е годы А.А. Френкель был одним из научных редакторов томов “Ученых записок по статистике”. Более 40 лет А.А. Френкель является постоянным автором журнала “Вопросы статистики” (до 1994 г. выходил под названием “Вестник статистики”).

В 1980-е годы А.А. Френкель публикует в издательстве “Экономика” две свои наиболее важные работы: “Производительность труда: проблемы моделирования роста” (1984 г.) и “Прогнозирование производительности труда: методы и модели” (1989 г.). В этих книгах представлены авторские методики измерения, анализа и прогнозирования производительности труда, хорошо зарекомендовавшие себя на практике. Эти книги не потеряли своей актуальности и в настоящее время.

В 1993–1994 гг. А.А. Френкель вместе с соавторами из Госкомстата России еженедельно публиковал в газете “Деловой мир” обзор о состоянии российской экономики. Эти систематические публикации давали возможность отечественным и зарубежным аналитикам следить за развитием российской экономики. С 1992 г. дважды в год А.А. Френкель разрабатывает и публикует в СМИ прогноз развития экономики России на последующие годы, который является альтернативным правительственному. Прогнозы А.А. Френкеля, как отмечалось в ряде СМИ, являются более точными.

Последние 16 лет А.А. Френкель работает в Институте экономики РАН и продолжает заниматься анализом и прогнозированием экономических процессов на макро- и микроуровне. А.А. Френкель – известный экономист – часто дает комментарии по злободневным экономическим вопросам. Из книг, выпущенных им вместе с коллегами за последнее десятилетие, наибольший интерес представляет первая книга по исследованию инфляции в постсоветской России: “Инфляционные процессы в России (1992–1999 гг.): тенденции, факторы”. М.: Финстатинформ, 2001. В 2007 г. издательство “Экономика” выпустило 2-ое издание монографии “Прогнозирование производительности труда: методы и модели”. Книга вышла без каких-либо существенных изменений по сравнению с изданием 1989 г.

Опубликованные работы А.А. Френкеля по математико-статистическому исследованию экономики, анализу экономических временных рядов и прогнозированию экономического развития всегда пользовались повышенным интересом со стороны экономистов различного профиля, специалистов по прикладной статистике и эконометрике.

Уже более тридцати лет А.А. Френкель передает свои обширные знания студентам МЭСИ. Являясь профессором кафедры математической статистики и эконометрики, он также ведет научно-педагогическую работу с дипломниками и аспирантами. Почти три десятка его аспирантов успешно защитили кандидатские диссертации.

Многие работы А.А. Френкеля отличаются оригинальной постановкой задач, для решения которых предлагаются наиболее эффективные пути и методики решения возникающих проблем. Всего он опубликовал более 800 работ.

Поздравляя Александра Адольфовича Френкеля со славным юбилеем – 75-летием со дня рождения, хочется пожелать ему доброго здоровья, новых творческих успехов и многих человеческих радостей.

## АКАДЕМИК А.А. ПЕТРОВ



Дорогие родственники и близкие Александра Александровича, коллеги! Все мы понесли тяжелейшую утрату.

23 февраля 2011 г. окончился земной путь выдающегося ученого, яркого замечательного человека, академика РАН, заведующего отделом математического моделирования экономических систем ВЦ РАН, заслуженного профессора МФТИ и МГУ, лауреата Государственной премии СССР, кавалера ордена “Дружбы”, научного руководителя ФУПМ (МФТИ) Александра Александровича Петрова.

Давайте вместе вспомним жизненный путь Александра Александровича.

А.А. Петров родился 3 февраля 1934 г. в г. Орехово-Зуево Московской области. В 1951 г. Александр Александрович закончил Яхромскую среднюю школы № 1 с золотой медалью.

В 1957 г. окончил с отличием Московский физико-технический институт и был распределен в ЦИАМ им. Баранова.

В 1957 г. поступил в аспирантуру Московского физико-технического института и закончил ее в 1960 г. В 1964 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Диссертация была посвящена методам расчета движения тел, содержащих полости с жидкостью. В диссертации были разработаны методы, которые дали возможность применять ЭВМ для расчета взаимного влияния движения ракеты и колебаний жидкого топлива в ее баках. В 1980 г. за эту работу Александр Александрович вместе со своим учителем Н.Н. Моисеевым получил звание лауреата Государственной премии СССР в области науки.

С 1961 г. Александр Александрович преподавал в Московском физико-техническом институте (с 1963 г. – по совместительству), где прошел путь от ассистента до профессора, заведующего кафедрой и научного руководителя факультета.

С 1995 г. Александр Александрович читал лекции на механико-математическом факультете Московского государственного университета.

С 1963 г. Александр Александрович работал в Вычислительном центре Российской академии наук: младшим научным сотрудником, заведующим сектором, заведующим отделом “Математического моделирования экономических систем”.

В 1973 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, посвященную математическим моделям экономических систем.

В 1975 г. Александр Александрович открыл новое направление исследований в математической экономике, которое назвал “Системным анализом развивающейся экономики”. Это направление сочетает фундаментальные достижения экономической теории с достижениями математического моделирования в физике и технике. Александр Александрович и его школа расширяют математическую культуру анализа и синтеза систем, сложившуюся в естественных науках, в область экономических приложений.

Математические модели основаны на глубоком системном экономическом анализе конкретной ситуации с привлечением данных экономической статистики и экспертных оценок, поэтому они дают не только результаты качественного характера, но и верные количественные оценки.

Александр Александрович и его ученики создали и исследовали несколько десятков математических моделей рыночной экономики, плановой административно регулируемой экономики и многоукладной экономики переходного периода. В 1990 г. после объявления о необходимости радикальной реформы экономики СССР была построена модель, которая описывала переходные процессы в плановой экономике в первый год после шоковой либерализации цен и хозяйственной деятельности предприятий. Исследование модели показало, что “шоковая терапия” экономики СССР неизбежно вызовет рост цен в сотни раз и дифференциацию реальных доходов разных групп населения в десяток раз, приведет к сильной деградации бюджетной сферы. Таким образом, на модели еще в 1990 г. были предсказаны последствия экономической реформы 1992 г.

В конце мая 1998 г. был предсказан банковский кризис августа 1998 г.

В 2002 г. под руководством Александра Александровича была создана модель экономики России для оценки влияния отраслей ТЭК на рост российской экономики. Модель отражает неоднородность российского производства, в котором конкурентоспособность на мировом рынке обрабатывающих отраслей значительно ниже, чем добывающих.

Научная школа Александра Александровича вырастила шесть докторов наук и около трех десятков кандидатов наук. Школа признана одной из ведущих научных школ России и поддержана грантами Президента РФ.

Александр Александрович опубликовал более 140 научных работ, среди них 9 монографий.

Заслуги Александра Александровича перед отечественной наукой общеизвестны и отмечены уважением коллег, достижениями руководимого коллектива, официальными наградами и званиями.

Александр Александрович лауреат Государственной премии СССР в области науки, действительный член (академик) Российской академии наук, заслуженный профессор МФТИ и МГУ, кавалер ордена “Дружбы”, кавалер ордена М.В. Ломоносова за развитие науки, награжден медалью за достижения в экономике им. В.В. Леонтьева, избран в число 100 лучших менеджеров России и награжден Дипломом за развитие математических методов анализа экономических систем, лауреат Национальной общественной премии имени Петра Великого за исследования в области математических методов в экономике, награжден медалью Монгольской академии наук.

Александр Александрович проводил большую и полезную общественную и научно-организационную работу. Он был членом Комиссии при Президенте РФ по присуждению Государственных премий РФ в области науки и техники; членом Комиссии по присуждению премии им. Л.В. Канторовича Российской академии наук; членом Высшей аттестационной комиссии РФ по физико-математическим наукам; членом Научного экспертно-консультативного совета Государственной думы по законодательному обеспечению устойчивого развития; членом Координационного совета по техническим наукам Российской академии наук; членом научного совета

“Математическое моделирование” Российской академии наук; членом Совета Российского научного общества исследования операций; членом экспертного совета по математике, механике и информатике Российского фонда фундаментальных исследований; членом трех ученых советов по присуждению ученой степени доктора и кандидата наук; членом редколлегии российского журнала “Математическое моделирование”; членом Клуба лучших менеджеров России; научным руководителем факультета управления и прикладной математики МФТИ; президентом Фонда глобальных проблем выживания человечества им. Н.Н. Моисеева.

Академик А.А. Петров был одним из старейших сотрудников Вычислительного центра РАН, имел высочайший научный авторитет и безупречную личную и деловую репутацию не только в институте, но и в Российской академии наук.

Ведущие научные сотрудники отдела доктора физико-математических наук А.В. Лотов, И.Г. Поспелов, А.А. Шананин – ученики А.А. Петрова – выросли из студентов в ученых с мировыми именами.

Александр Александрович был прекрасным человеком, интеллигентом во всех проявлениях, любителем и знатоком российской словесности, тонким ценителем классической музыки.

В полной мере литературный талант Александра Александровича проявился в серии блистательных статей о своем учителе Н.Н. Моисееве и о Физтехе. Александр Александрович продолжил дело Н.Н. Моисеева и в полном соответствии с древнегреческими философскими традициями создал свою Школу. Настоящую Школу. Быть учеником А.А. Петрова – многое значит и многого стоит.

Коллег и сотрудников поражала свойственная Александру Александровичу целеустремленность в поисках истины. Завидная работоспособность, настойчивость, природная скромность вызывали дополнительные симпатии у окружающих. Трудолюбие, добросовестность, честность и скрупулезное отношение к любому делу всегда отличали Александра Александровича. Для сотрудников ВЦ РАН А.А. Петров являлся образцом научной добросовестности, таланта и добропорядочности.

Позвольте принести искренние и глубочайшие соболезнования Валентине Алексеевне, родным, близким и друзьям Александра Александровича. Светлая память о нем навсегда сохранится в наших сердцах.

**Евтушенко Ю.Г.,**

ведущий директор ВЦ РАН, академик

**Флёров Ю.А.,**

зам. директора ВЦ РАН, член-корр. РАН

**Поспелов И.Г.,**

зав. сектором ВЦ РАН, член-корр. РАН

**Савин Г.И.,**

директор МСЦ, академик РАН,

член Президиума РАН

**Кудрявцев Н.Н.,**

ректор МФТИ, член-корр. РАН

**Макаров В.Л.,**

директор ЦЭМИ, академик РАН

**Ивантер В.В.,**

директор Института народнохозяйственного прогнозирования РАН