

## Глава 7

### О математическом моделировании инновационного процесса<sup>1</sup>

#### 1. Введение

Методы математического моделирования [1] прочно вошли в арсенал познавательных средств, используемых современной наукой. Сущность этой методологии состоит в замене исходного объекта его «образом» — математической моделью — и дальнейшем изучении модели с помощью реализуемых на компьютерах вычислительно-логических алгоритмов. Она соединяет методы познания, конструирования, проектирования, сочетая в себе многие достоинства как теории, так и эксперимента. Работа не с самим объектом (явлением, процессом), а с его моделью дает возможность безболезненно, относительно быстро и без существенных затрат исследовать его основные свойства и поведение в любых мыслимых ситуациях (преимущества теории). В то же время вычислительные (компьютерные, симуляционные, имитационные) эксперименты с моделями объектов позволяют, опираясь на мощь современных вычислительных методов и технических инструментов информатики, подробно и глубоко изучать объекты в достаточной полноте, недоступной чисто теоретическим подходам (преимущество эксперимента). Неудивительно, что методология математического моделирования интенсивно развивается, охватывая все новые сферы, в том числе и в познании разнообразных социально-экономических, политических и даже социокультурных процессов с целью совершенствования общественной практики.

Любые действия в этой области (как и всюду) должны опираться на определенные информационные ресурсы. Однако информация как таковая зачастую мало что дает для анализа и прогноза, для принятия решений и контроля за их исполнением. Нужны надежные способы переработки информационного «сырья» в готовый «продукт», т.е. точное знание. Методы математического моделирования и обеспечивают выполнение этой задачи.

Их значение для анализа социальных процессов и систем особенно существенно еще и потому, что прямой натурный эксперимент над ними долог, дорог, часто попросту невозможен как ввиду масштабности объекта так и потому, что он существует «в единственном экземпляре». А цена ошибок и просчетов в обращении с ними, как известно, бывает недопустимо велика.

Методология построения моделей социальных явлений существенно отличается от методологии моделирования в естественных науках. В последних, как правило, основу составляет набор твердо установленных экспериментом и практикой зависимостей (законов), которые, будучи однажды найденными, всегда остаются справедливыми в границах своей применимости.

---

<sup>1</sup> Авторы главы А.П.Михайлов и В.А.Шведовский.

В социальных науках ситуация намного сложнее. При построении моделей социальных явлений приходится рассматривать целую совокупность разноаспектных проблем общеметодологического и предметно-содержательного характера, учитывать изначальную неточность задания всех данных, отсутствие четкого математического описания переменных и параметров, используемых при моделировании, принимать во внимание современный уровень развития прикладной математики и т.д.

К этому следует добавить, что об осмысленном применении математического моделирования к явлениям и процессам с участием «человеческого фактора» можно говорить лишь, если выполнен ряд известных профессиональных требований: четкая формулировка основных понятий и предположений и апостериорная проверка их соответствия полученным результатам, отказ от соблазна непосредственно приложить готовый математический аппарат к изучению объектов без хотя бы предварительного изучения их сущности (путь от задач к методу, а не наоборот).

Один из общих подходов к рассмотрению отечественного инновационного процесса состоит в его анализе не как изолированного явления, а как составной части всей эволюционирующей системы общественного воспроизводства России (СОВ). В ней имеются четыре главных определяющих контура: воспроизводства людей и воспроизводства вещей, дополненных контурами «обмена веществ» между обществом и природой (не очень весомо проявлявшими себя в XIX-ом веке, но ставшими значимыми в XX-ом веке) и «информационно-когнитивным контуром».

Данный взгляд положен в основу математической модели СОВ современной России и реализован в информационно-моделирующем комплексе «Макросоциум», краткое описание которого дается ниже.

## 2. Краткое описание комплекса «Макросоциум»

Программный комплекс «Макросоциум» [2] содержит две версии однопродуктовой модели системы общественного воспроизводства.

Версия первая («пилотная») с 16 переменными базируется не только на общепринятых показателях системы расширенного воспроизводства, основными из которых являются национальный доход (или ВВП), производительность труда, основные производственные фонды, показатель индекса цен, денежной массы, товарных запасов, численности работающих и всего населения, но также использует и ряд новых (и оправдавших себя на практике эксплуатации модели) величин: показатель воспроизводства населения, показатели заинтересованности работающего населения в труде, показатель объема портфеля изобретений, поток машиночитаемой информации в народном хозяйстве, отражающий интенсивность освоения новых технологий, показатель

объема парка СВТИ, уровень загрязнения окружающей среды, уровень социальной напряженности (связи между переменными пилотной модели приведены на рис. 1).

Вторая версия имеет 38 искомых переменных (см. рис. 2 [3] и Таблицу 1, ср. со схемой интеллектуального потенциала страны на стр.) и содержит в частности, дополнительный к первой усовершенствованный социальный блок. Это позволяет, наряду с экономическими показателями, прогнозировать изменения в социально-политической сфере. Версия включает также достаточно детализированный финансово-экономический блок (8 фазовых переменных, среди которых государственные расходы, сбережения населения, объем банковского резервирования, государственный долг и т.д.).

Таблица 1

Описание переменных 38-переменной версии модели  
системы общественного производства

Переменная	Словесное описание переменных
Y0	Товарные запасы
Y1	Ценовой коэффициент (изменение цен в зависимости от товарного запаса)
Y2	Денежная масса
Y3	Трудоемкость (обратно пропорциональна производительности труда)
Y4	Производственные мощности (основные производственные фонды)
Y5	Чистый продукт (НД или ВВП или ВВП)
Y6	Величина занятого населения (годовой списочный состав или расчетная численность занятого населения в человеко-часах в год)
Y7	Общее число изобретений, предназначенных к внедрению в народное хозяйство
Y8	Общая численность населения
Y9	Показатель социальной напряженности (функция от разницы между прожиточным минимумом и уровнем дохода и от загрязнения окружающей среды)
Y10	Степень загрязнения окружающей среды (показатель определяется стоимостью очистки загрязнений)
Y11	Стоимостная оценка парка СВТИ
Y12	Уровень смертности
Y13	Скорость изменения уровня заинтересованности в трудовой деятельности
Y14	Уровень заинтересованности в трудовой деятельности
Y15	Машиночитаемый информационный поток в народном хозяйстве
Y16	Численность управленцев
Y17	Численность ИТР
Y18	Количество денег на депозитах в банках
Y19	Количество наличных денег у населения
Y20	Государственный расход (деньги распределяемые государством в сво-

	их интересах)
Y21	Оборотные средства торговли
Y22	Величина государственного долга
Y23	Величина банковских резервов
Y24	Задолженность торговли
Y25	Совокупный кассовый остаток
Y26	Численность рабочих
Y27	Численность работников сельхозпредприятий за исключением фермерских хозяйств
Y28	Численность работников сферы услуг
Y29	Численность научных работников
Y30	Численность безработных
Y31	Численность учащихся
Y32	Численность городских предпринимателей
Y33	Численность фермеров
Y34	Степень распространенности новых технологий (пропорциональна величине портфеля изобретений)
Y35	Степень социальной дезинтеграции (определяется радиусом транспортной и связной компонент коммуникаций)
Y36	Спрос на информационные технологии
Y37	Социально-политическая стабильность

Модель и программа содержит индикаторы, позволяющие давать описание достаточно простых фазовых состояний общества переходного периода, включая построение и анализ среднесрочных и долгосрочных прогнозов социально-экономического развития страны. Основные переменные социального блока модели отвечают следующим социальным показателям:

**Социальная справедливость** — функция от сопоставления качества жизни социальных групп между собой и со степенью носимой социальной нагрузки (приносимый доход нормируется по степени риска его получения);

**Социальная интеграция** — функция от радиусов коммуникаций (транспортных и коммуникационных), зависящая от тарифов на перевозки и услуги связи;

**Социально-политическая стабильность** — функция от степени превышения сторонников существующего режима власти над противниками;

**Социальная напряженность** — коррелирующая с уровнем преступности, функция от разницы между прожиточным минимумом и уровнем дохода, между максимальным и минимальными уровнями дохода, а также от степени загрязнения окружающей среды;

**Уровень управляемости экономикой** — степень отклонения фактического состояния от целевой функции, а также ряд других показателей.

Среди содержащихся в модели и ее программных реализациях фазовых переменных многие имеют прямое или косвенное отношение к описанию инновационного потенциала и моделированию инновационных процессов. К ним относятся, например, основные производственные

фонды, национальный доход, численность специалистов на производстве, портфель инноваций (общее число изобретений и рационализаторских предложений, предназначенных к внедрению), стоимостная оценка парка СВТИ, величина информационного потока, численность корпуса ученых, численность учащихся (система образования, интеллектуальный потенциал), степень распространности новых технологий, спрос на информационные технологии и ряд других. Тем самым, при соответствующей адаптации и настройке комплекс «Макросоциум» может быть использован для моделирования ряда важных аспектов инновационного процесса.

Поясним — версии «Макросоциума» имеют 4 источника оперативной информации: ввод автономного прогноза для нескольких фазовых переменных, выбор сценария доминирующих социально-экономических тенденций, выбор шаблона управляющих переменных, ввод разных массивов начальных статистических данных. Для непредусмотренных стартовых комбинаций осуществляется полуавтоматическая калибровка (настройка). Обеспечивается оперативный графический вывод результатов вычислительного эксперимента, позволяющий реализовать многомерное восприятие социально-экономических переменных и осуществлять на каждом временном графике качественный сравнительный анализ с базовой, нормативной или другой моделью.

Самой общей фундаментальной проблемой математического моделирования в инновационной сфере является создание адекватной модели национальной инновационной системы. Такая модель пока отсутствует и к ее конструированию следует приближаться постепенно. Ниже приводятся примеры моделирования на комплексе «Макросоциум» ряда сценариев, анализ которых показывает принципиальную возможность математического моделирования инновационных процессов и позволяет выяснить некоторые приоритеты национальной инновационной политики.

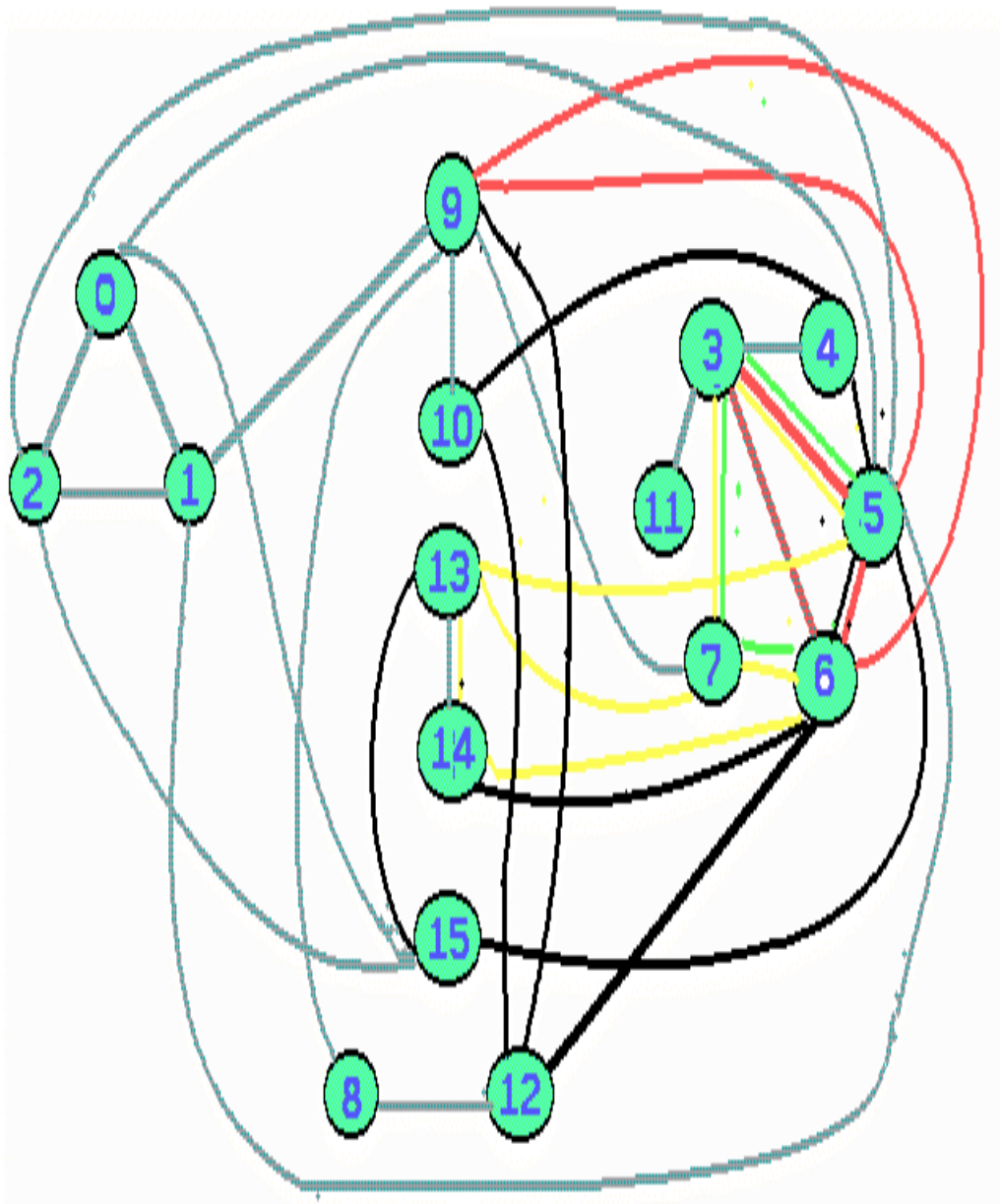
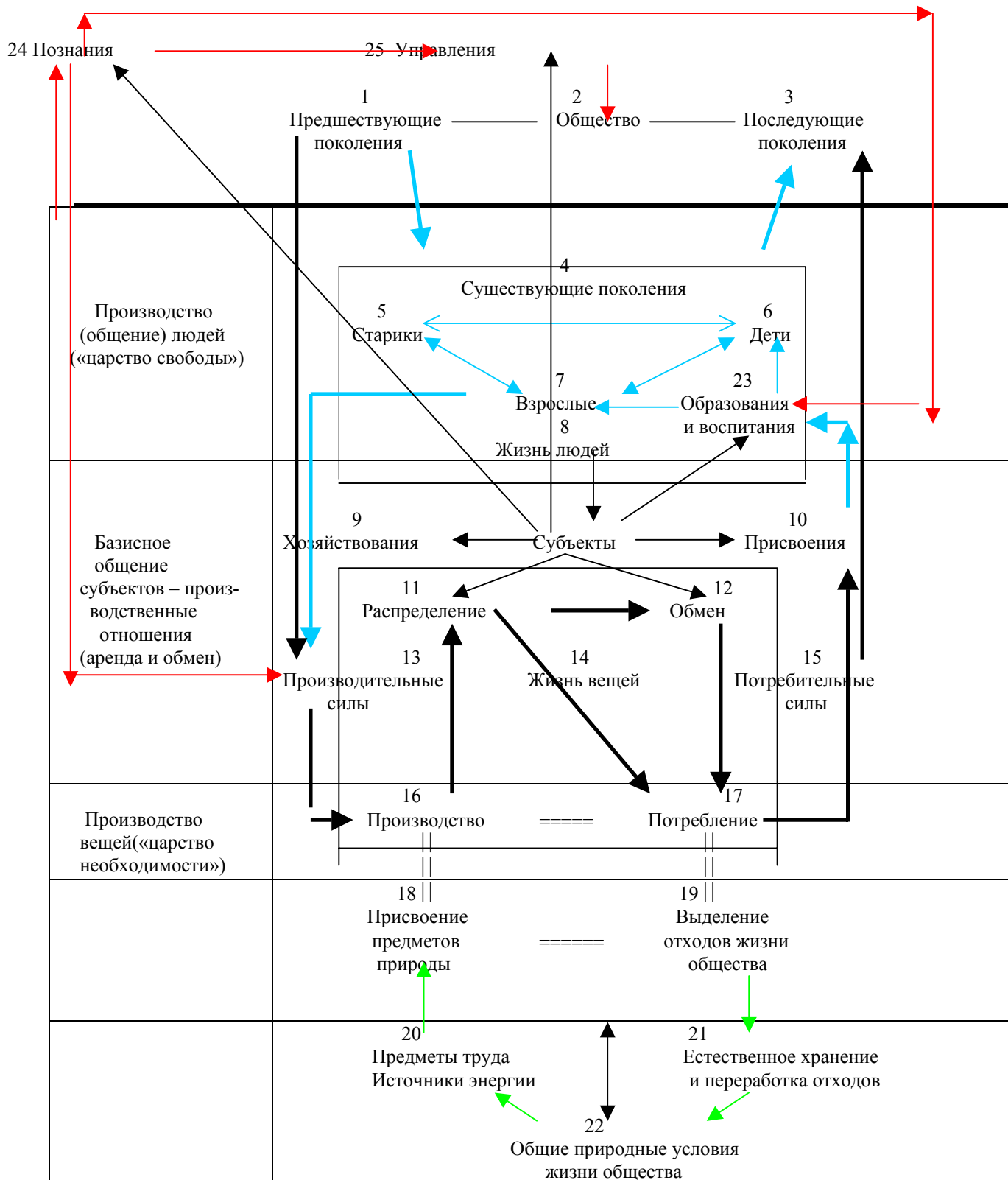


Рис. 1 Граф связей фазовых переменных в базовой однопродуктовой модели народного хозяйства

Нумерация вершин графа связи обозначает следующие фазовые переменные:

**0** – товарный запас; **1** – ценовой индекс; **2** – денежная масса; **3** – трудоемкость; **4** – основные производственные фонды; **5** – национальный доход; **6** – занятость трудоспособного населения; **7** – портфель изобретений и рацпредложений (творческая активность); **8** – численность всего населения; **9** – социальная напряженность; **10** – экологическая переменная; **11** – парк СВТИ; **12** – смертность населения; **13** – заинтересованность населения в трудовой деятельности; **14** – скорость изменения заинтересованности 13; **15** – годовой объем машиночитаемой информации.



Условные обозначения:

- ➔ — цикл обмена веществ между обществом и природой (I)
- ➔ — цикл воспроизводства материальной жизни (II)
- ➔ — цикл воспроизводства поколений людей (III)
- ➔ — когнитивный цикл (информационный поток) —(IV)

— **Схема 1 Производство материальной жизни общества- система общественного воспроизводства (СОВ)**

### Социальная напряженность

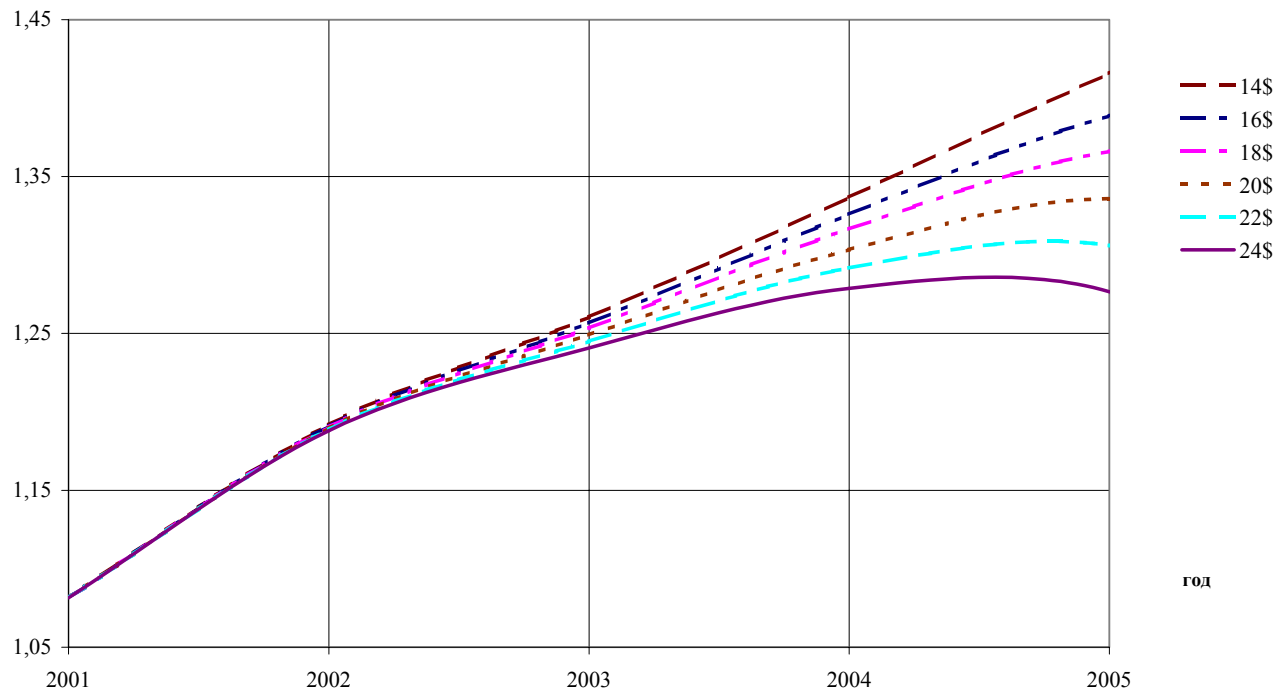


Рис. 3

чел. на 1000

### Коэффициент смертности

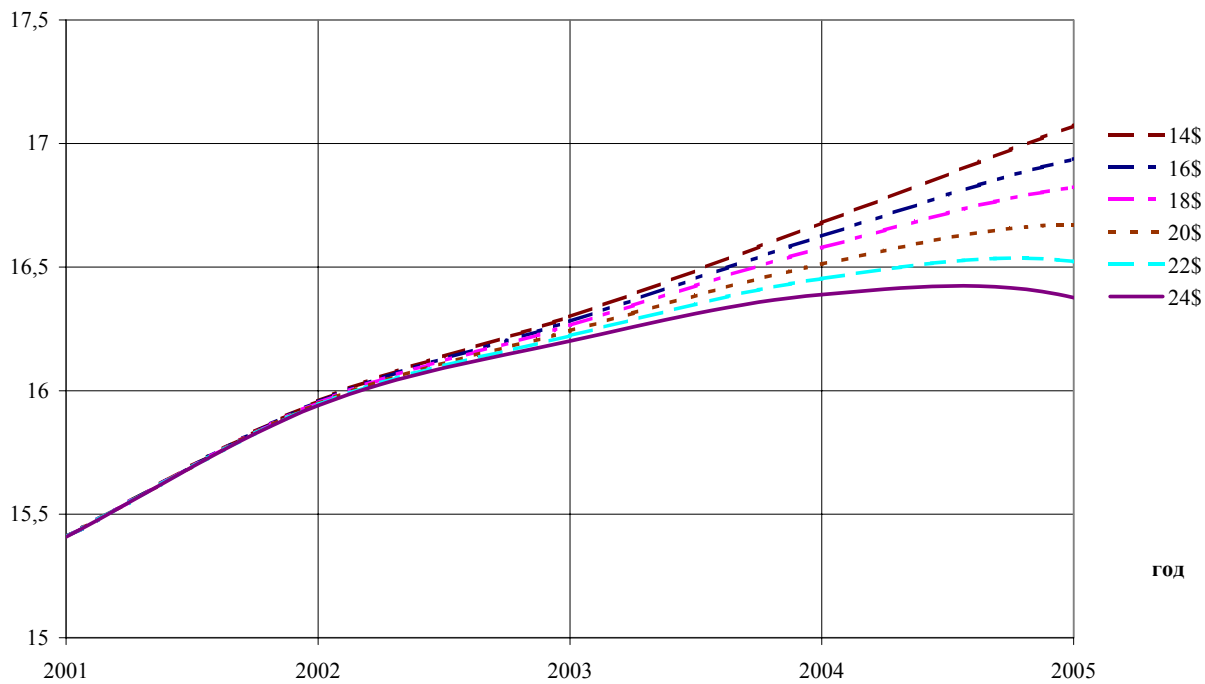


Рис. 4



### Социально-политическая стабильность

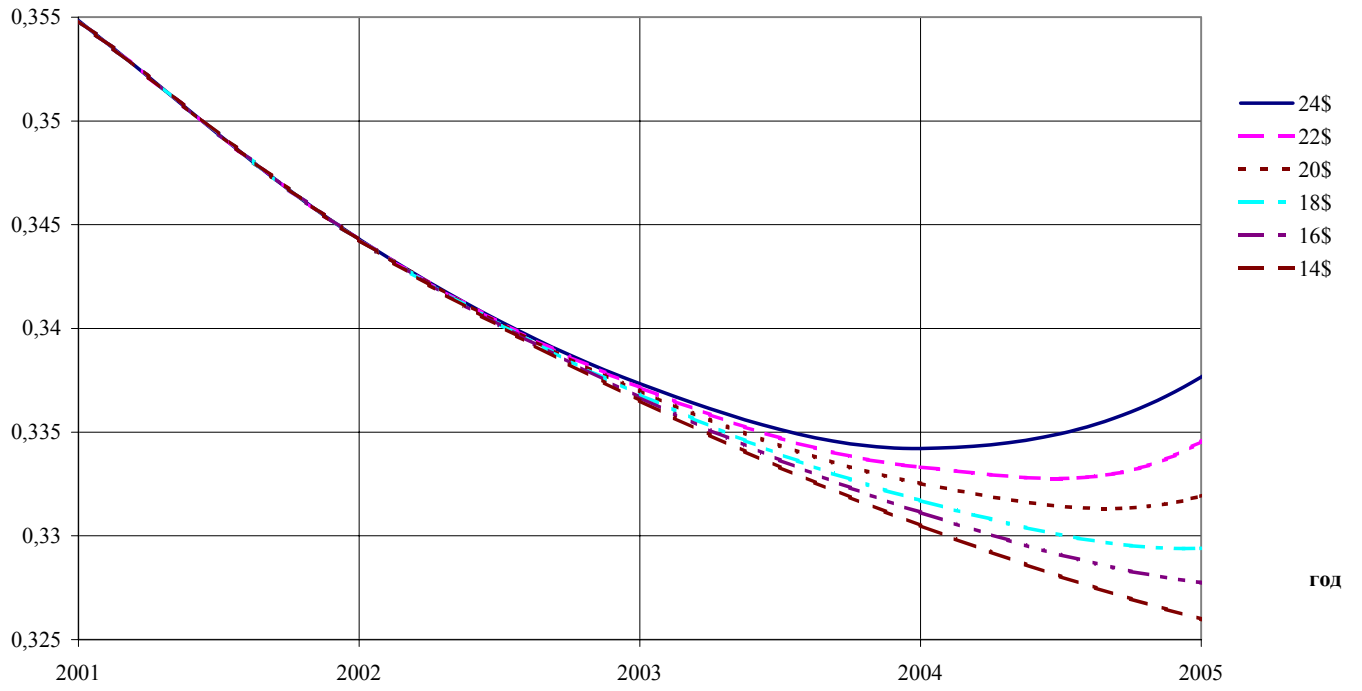


Рис. 5

Цель эксперимента<sup>2</sup> — анализ социально-экономических последствий возможного снижения или повышения экспортной составляющей доходной части Бюджета РФ, вызванного изменением динамики цен на мировом рынке нефтепродуктов.

Основной задачей в данном случае являлось изучение динамики основных социально-экономических показателей при различных вариантах реализации доходной части бюджета РФ, заложенных в «Законе о бюджете РФ на 2002 год» (инерционный и пессимистический сценарии).

В качестве основного фактора, характеризующего положение на мировом рынке нефтепродуктов, было выбрано среднегодовое значение цены на сырую нефть. Для учета данного фактора в модели в уравнение для ВВП были внесены поправки, описывающие изменение ВВП при изменении цен на сырую нефть (согласно заявлению М.Касьянова, сделанному на заседании Правительства РФ 22 ноября 2001 г. в соответствии с проведенными Правительством расчетами, в результате снижения цены барреля сырой нефти на 1\$ страна недополучает 2 млрд. \$ США, а бюджет РФ — 1 млрд. \$ США). Эта количественная оценка использовалась при проведении вычислительных экспериментов на системе «Макросоциум». В качестве выходных параметров для модели были выбраны следующие социально-экономические показатели:

- уровень социальной напряженности,
- коэффициент смертности,
- уровень социально-политической стабильности.

Базовым сценарием поведения данного набора показателей был выбран инерционный вариант бюджета РФ на 2002 год, характеризующийся сохранением среднегодового уровня цены на сырую нефть на мировом рынке в размере 24\$ за баррель. За горизонт прогноза для проводимого эксперимента был выбран 2005 год.

В результате проведенных расчетов было отмечено ухудшение всех исследуемых показателей при уменьшении среднегодовой цены на сырую нефть ниже базового уровня. Полученные в результате эксперимента графики динамики исследовавшихся социальных показателей приведены на рис. 3, 4, 5.

Отдельно отметим, что при снижении среднегодовой цены на сырую нефть до уровня 18\$ за баррель, фигурирующего в Бюджете РФ на 2002 год как пессимистический сценарий развития, происходит следующее изменение рассматриваемых социально-экономических показателей по сравнению с базовым уровнем:

1. Происходит значительное увеличение уровня социальной напряженности (примерно на 7% за 4 года – с 2002 г. по 2005 г.),

---

<sup>2</sup> Данное исследование было выполнено по заданию Аналитического управления Счетной палаты РФ.

2. Уровень смертности возрастает за тот же период примерно на 2,9%,
3. Уровень социально-политической стабильности уменьшается за 4 года примерно на 2,5%.

Также следует отметить, что для всех исследованных показателей пропадает имеющаяся при инерционном сценарии тенденция к переходу (в конце этапа прогнозирования) от ухудшающегося к улучшающемуся ходу динамики показателя.

Тем самым, экспортноориентированная сырьевая экономика России не только не обещает желаемый экономический рост, но делает ее весьма чувствительной к колебаниям мировой конъюнктуры. Следовательно, проблема количественного описания отечественной инновационной стратегии на основе математического моделирования приобретает дополнительную актуальность.

#### 4. Чувствительность социально-экономических показателей к инновационным мероприятиям (пример)

Данный эксперимент носит скорее демонстрационный, тестовый характер, но, тем не менее, интересен полученными результатами. Предлагается проследить влияние на экономику и социальный сектор усиления контроля за нелегальными продажами программных продуктов. По различным статистическим данным объем лицензионных продаж программных продуктов в России составляет около 5%. Этот показатель увеличивается в вычислительном эксперименте сначала до 10%, а потом до 50% (мы не рассматриваем механизм этого увеличения, то есть, вопрос о том какие юридические и экономические меры нужно принять для его осуществления, а изучаем только социально-экономические последствия осуществленного изменения). В модели это можно сделать путем одновременного изменения двух переменных: стоимостной оценки парка СВТИ и спроса на информационные технологии, т.к. увеличение доли легальных программных продуктов на рынке неизбежно приводит к росту совокупной стоимости СВТИ и влечет снижение спроса на вычислительную технику. Отслеживается, как изменяются в результате увеличения лицензионных продаж такие переменные, как ВВП, общее число изобретений, предназначенных к внедрению в народное хозяйство и степень распространенности новых технологий. Следует заметить, что увеличение объема лицензионных продаж программного обеспечения в 2 раза соответствует примерному увеличению стоимостной оценки парка СВТИ на 2,4% (исходя из того, что средняя легальная стоимость программных продуктов для одного компьютера составляет около 50% стоимости «железа»), а в 10 раз — на 22%. Такая же зависимость, только с обратным знаком предполагается и для изменения спроса на вычислительную технику. Моделирование производилось на 12 лет вперед, начиная с 1990 года (ретроспективный экспе-

римент). Для периода времени с 1990 года по 2000 год осуществлялась калибровка модели по данным, предоставленным Счетной палатой РФ.

Один из результатов вычислительного эксперимента приведен в Таблице 2, в которой отражены изменения на последний 12-й год расчета (то есть на 2002 год, тогда как изменения предполагалось производить в первый год прогноза, то есть в 1990), получившиеся в модели с проектом по сравнению с инерционным развитием.

Таблица 2

***Изменение значений переменных модели в зависимости от объема лицензионных закупок (на последний год прогноза)***

Увеличение объема лицензионных закупок	5%	10%	50%
ВВП	0	+0.1%	-0.14%
Количество изобретений	0	+0.14%	+0.7%
Диффузия	0	-2.4%	-12%

Последствия увеличения доли лицензионных продаж программных продуктов для экономики положительны при их увеличении до 10%. При таком увеличении и ВВП, и общее число изобретений возрастают, а распространенность новых технологий (диффузия) уменьшается (но не настолько сильно, чтобы существенно увеличить безработицу, при этом одновременно повышается заинтересованность в «изобретательской» деятельности).

Если же увеличивать объем лицензионных продаж до 50%, то это может отрицательно сказываться на экономике: ВВП и распространенность новых технологий падают за счет того, что программные продукты становятся существенно менее доступными для большого числа субъектов экономики. Кроме того, снижение распространенности изобретений при увеличении их числа способствует росту безработицы, что влечет за собой увеличение социальной напряженности.

##### 5. Пределы внешних инновационных заимствований

Одним из важных показателей, характеризующих макромоделю инновационной системы, является соотношение внутренних и внешних источников новых технологий и инновационного продукта в целом [4]. Каков он должен быть для России? Установление их оптимального соотношения является одним из тех базовых данных, на которые следует опираться при выборе модели инновационного развития России. Конечно, этот выбор не может быть произвольным, т.к. детерминирован совокупностью разнообразных факторов, в числе которых первостепенными являются уровень образования, состояние науки, стимулирование инновационной деятельности, наличие капитала (ибо инновационное развитие требует значительных вложений) и т.д.

Не последнюю роль играет и международная ситуация. Собственный научно-технический потенциал, обеспечивающий возможность генерирования инноваций, важен для России еще и потому, что даже в условиях глобализации новейшие достижения в области высоких технологий нам в полной мере вряд ли удастся получить извне. Каждая страна руководствуется собственными интересами и потому здесь вступают в силу уже известные нам разного рода ограничения (что, разумеется, не снижает значимости международного сотрудничества в инновационной сфере).

Но объективная детерминация не действует автоматически. Решения принимают люди, конкретно — политики, облеченные властью и соответствующими полномочиями. И многое зависит от того, на какие данные они опираются.

Для России, еще обладающей значительным научным потенциалом (в отличие от послевоенной Японии), но не обладающей большими финансовыми ресурсами (в отличие от современных США), определение соотношения между внутренними и внешними источниками получения инновационного продукта имеет ключевое значение при выборе национальной модели инновационного процесса.

Применительно к рассматриваемому вопросу задача моделирования ставится следующим образом. Пусть государство выделяет заметные финансовые ресурсы (например, «излишки» нефтедолларов) на интенсивную закупку извне лицензий для внедрения новых технологий в национальную систему общественного воспроизводства. В терминах модели это означает резкое увеличение объема портфеля изобретений за короткое время. Проводились вычислительные эксперименты на «Макросоциуме» по изучению последствий такого «импульсного» воздействия на СОВ в течение двенадцати лет при различных интенсивностях первоначального импульса. При этом отслеживалась временная динамика основных экономических и социальных характеристик СОВ.

Заметим, что в методическом отношении эксперимент демонстрирует многокомпонентный подход к моделированию: увеличение закупок извне лицензий на новые технологии рассматривается при одновременном увеличении диффузии (степени распространенности новых технологий). Исследовались случаи увеличения закупок в два и в три раза, а диффузии соответственно в 1.5 и 2 раза.

Некоторые последствия внедрения такого проекта хорошо видны из временной динамики ВВП, социальной напряженности и уровня безработицы. Моделирование как и п. 4 проводилось на период 12 лет (начиная с 1990 года).

Представим таблицы изменений вышеупомянутых переменных модели с проектом (в зависимости от увеличения закупок извне лицензий на новые технологии и степени распространенности новых технологий) по отношению к базовой модели.

Таблица 3

***Изменение валового национального продукта  
в зависимости от проекта на последний год прогноза***

Диффузия Кол-во изобретений	1	1.5	2
1	0	+1.6%	+2.5%
2	+0.16%	+1.72%	+2.6%
3	+0.2%	+1.7%	+2.67%

Таблица 4

***Изменение социальной напряженности  
в зависимости от проекта на последний год прогноза***

Диффузия Кол-во изобретений	1	1.5	2
1	0	-2.5%	-19%
2	+45.8%	+30.8%	+21.5%
3	+95.5%	+70.8%	+48.7%

Таблица 5

***Изменение численности безработных  
в зависимости от проекта на последний год прогноза***

Диффузия Кол-во изобретений	1	1.5	2
1	0	-0.95%	-9%
2	+12.7%	+8.85%	+6.26%
3	+20.8%	+14.9%	+11%

Для увеличения ВВП оптимальным сценарием развития является одновременное увеличение числа закупок и распространенности новых технологий. Однако при обращении к социальным переменным видно, что данное решение далеко не оптимально, т.к. сильно возрастает социальная напряженность за счет быстрого роста безработицы. Это происходит в силу того, что резкое внедрение новых технологий приводит к сокращению рабочих мест и снижению уровня внутренних изобретений, что также ведет к увеличению безработицы.

Таким образом, наилучшей оказывается политика увеличения распространенности (диффузии) внутренних изобретений при сохранении количества закупок лицензий извне (вопрос о том, как обеспечить нужный уровень диффузии здесь подробно не обсуждается).

Заметим, что во втором году прогноза наблюдается небольшое падение ВВП, которое можно объяснить временной задержкой отдачи от внедрения новых технологий, т.к. средства, потраченные на их закупку, начинают себя «оправдывать» не сразу, а через некоторый временной промежуток (когда происходит «отдача от технологий» в экономику, начинается увеличение ВВП).

Таким образом, вычислительные эксперименты показали, что закупка лицензий свыше определенной меры может привести к весьма нежелательным последствиям:

- долговременной тенденции к снижению собственной патентно-изобретательной активности;
- снижению производительности труда (вместо роста, который происходит при наращивании портфеля изобретений и инноваций до определенного критического порога);
- росту социальной напряженности как следствию падения национального дохода (в силу падения производительности труда);
- снижению степени социально-политической стабильности за счет ущемления интересов (заинтересованности в труде) нескольких социальных групп — ученых, специалистов производства и рабочих-изобретателей.

Критический уровень увеличения внешних заимствований лежит в диапазоне 1.2–1.5 раза, его рост более чем на 50% приводит к окончательной деградации отечественного инновационного потенциала.

## 6. О соотношении инфраструктурных и образовательных компонент в инновационном процессе

Результаты предыдущих пунктов позволяют ставить более тонкие вопросы о разумном сочетании различных компонент отечественного инновационного процесса (в п. 5, например, было установлено, что поощрение диффузии инноваций заметно влияет на улучшение характеристик СОВ России). Действительно, сам по себе портфель изобретений, каким бы объемным и качественным он ни был, не в состоянии обеспечить желаемые улучшения. Нужна также инфраструктура интеллектуального труда, обеспечивающая соответствующую «пропускную способность», приток образованных работников и т.д. Ниже приводятся и кратко обсуждаются результаты двух вычислительных экспериментов, относящихся к данным вопросам.

В первом из них сравнивается действие двух факторов — увеличения закупочных мероприятий и увеличения инфраструктурных усилий. Под последними в терминах модели понима-

ются усилия по заметному снижению стоимости АРМ и, тем самым, их доступности и распространности (например, за счет введения различных льгот в этой сфере). Подчеркнем — затраты на проведение обоих мероприятий примерно равны.

Эксперимент проводился как по 16-ти переменной версии (первые три строки Таблицы 6), так и по более точной 41-ой переменной версии «Макросоциума» (две последние строки Таблицы 6). Период моделирования брался с 1990 г. по 2005 г. (частично ретроспективный эксперимент). Приведены цифровые данные на последний год.

Таблица 6

Увеличение портфеля	НД (нац. доход)	СН (соц. напр.)	ТЕ (трудоемкость)	С (смертность)	СПС (соц.-пол. стаб.)	Стоимость АРМ
1	9.998	1.007	0.000156	0.018058		10
1.5	9.757	1.032	0.000173	0.01808		10
1.5	11.336	0.924	0.000122	0.0169		1
1	2.823	1.313		0.015563	0.3317	10
1	4.356	1.299		0.0154	0.3324	2.3
	усл. ед.	усл. ед.	усл. ед.	усл. ед.	усл. ед.	усл. ед.

В эксперименте на 16-ти переменной версии стоимость АРМ снижалась в 10 раз, а для увеличения портфеля внешних заимствований бралась (в соответствии с п. 5) «щадящая» величина — 1.5 раза. В эксперименте по 41-ой переменной версии стоимость АРМ снижалась примерно в 4 раза, а объем портфеля оставался неизменным.

Из результатов Таблицы 6 видно, что инфраструктурные усилия, в отличие от «закупочных», приводят к улучшению практически всех показателей. Особенно заметен рост национального дохода, причем для более точной 41-ой переменной версии он увеличивается более чем в 1.5 раза.

Второй вычислительный эксперимент был посвящен сравнению инфраструктурных усилий с усилиями в области увеличения числа высококвалифицированных кадров, поставляемых системой высшего образования. На комплексе «Макросоциум» было рассчитано увеличение количества специалистов в последнем году прогноза и, в соответствии с существующими оценками затрат на обучение и будущего вклада в создание прибавочной стоимости, было установлено, что период «отдачи» данного выпуска составит примерно 5 лет (тогда как инфраструктурные усилия окупаются быстрее и приводят к заметному росту НД).

Возможно этот результат связан с особенностями системы отечественного высшего образования и традиционной дешевизной рабочей силы (в том числе интеллектуальной). Конечно же, надо помнить о сопряжении между инфраструктурными и образовательными мероприятиями с



тем, чтобы количество АРМ и число специалистов соответствовали друг другу и наоборот (в частности, как представляется, не лишены смысла экономические и юридические меры по снижению «утечки мозгов» из страны).

### 7. Предварительные выводы

Представленные здесь результаты свидетельствуют о возможности математического моделирования инновационных процессов в современной России и получения на этой основе ряда важных качественных тенденций и количественных оценок. В частности, показано, что:

1) Даже при благоприятной международной конъюнктуре СОВ России (если она по-прежнему будет ориентирована на сырье) не в состоянии обеспечить нужный экономический рост;

2) Инновационные мероприятия следует проводить сбалансировано и с большой осторожностью (в силу заметной чувствительности к этим мероприятиям некоторых важных социально-экономических показателей);

3) Нецелесообразно (и просто опасно) увеличивать размер внешних инновационных заимствований, предпочтительнее создавать условия для большего распространения отечественных инноваций;

4) Следует с особым вниманием относиться к соблюдению правильных пропорций между различными компонентами инновационной системы (причем в среднесрочной перспективе ведущей является инфраструктурная составляющая).