

ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ, ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ПЕРЕХОД РОССИИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ

5.1. Стратегические проблемы безопасности и неустойчивости развития народно-хозяйственного комплекса России (В. М. Матросов, С. А. Савушкин, М. М. Хрусталева).

5.2. Энергетическая безопасность и устойчивое развитие России (Н. И. Воропай, Л. Д. Криворуцкий).

5.3. Природные катастрофы и устойчивое развитие (В. И. Осипов).

5.4. Техногенная безопасность и проблемы перехода народного хозяйства к устойчивому развитию (К. В. Фролов).

5.5. Методы оптимизации в управлении риском (В. А. Акимов, И. И. Кузьмин, Н. А. Махутов).

5.6. Комплекс макромоделей развития производственного и транспортного комплексов (В. М. Матросов, С. А. Савушкин, М. М. Хрусталева).

5.1. СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И НЕУСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

В современных условиях, связанных с глубочайшим экономическим кризисом в РФ, экологическими угрозами, возникающей неуправляемостью технического прогресса и социально-политической сферы, в числе глобальных проблем стали в высшей степени актуальными стратегические проблемы безопасности и неустойчивости развития производственного и транспортного комплексов РФ, имеющие общенациональный характер и долгосрочные (10 и более лет) последствия, наносящие ущерб на федеральном уровне¹.

В связи с ликвидацией военного противостояния и уменьшением угрозы глобальной ядерной катастрофы, наибольшую опасность для этих комплексов РФ представляют сейчас внутренние угрозы и угрозы, инициированные извне, но реализующиеся внутри страны, такие как:

- кризис управляемости хозяйственным комплексом страны и раздробление производственного и транспортного комплексов;
- разграбление страны и разрушение экономического потенциала;
- дестабилизация финансовой системы;
- расхищение и истощение невозобновляемых природных ресурсов, особенно энергоносителей;

— трудовая и социальная нестабильность, связанная с невыплатами зарплаты, резким понижением уровня жизни подавляющего большинства трудящихся;

— возможные техногенные катастрофы на атомных, транспортных и др. объектах;

— межнациональные конфликты, политическая дестабилизация и многие другие.

5.1.1. Состояние стратегических проблем безопасности и неустойчивости развития народного хозяйства России

Нынешнее состояние характеризуется разграблением народного хозяйства страны и ее природных ресурсов, утечкой за рубеж валюты (многие десятки млрд долл. в год), расхищениями при приватизации, незаконных банковских операциях, криминализацией экономики и других сфер (35 — 40% ВВП), сосредоточением частного капитала в сфере спекуляции (реформы грозят превратиться во всеобщую криминализацию экономики и других сфер).

«Апофеозом демократических экономических реформ», разрушивших народное хозяйство страны, явились следующие три мероприятия, проведенных на государственном уровне:

- Практически безвозмездная передача значительной доли государственной собственности, включая многие промышленные предприятия, небольшой по численности группе «прихватизаторов» (чужбанизация собственности).
- Шоковая терапия (Гайдара).
- Протекционистская политика правительства по

¹ См. Models, methods and software for analysis of global and regional instability of development (ed. V. M. Matrosov). Preprint of UNESCO — RAS Workshop. M., 1992.

отношению к отдельным отраслям производства (естественным монополиям), производящим энергоресурсы, вывозимые за рубеж и транспорт, последующая угроза их расчленения.

Имеет смысл прокомментировать эти мероприятия.

Приватизация по Чубайсу привела к ограблению государства и народа кучкой зачастую некачественно подготовленных в экономике и организации производства лиц. В результате, помимо того, что подавляющее большинство населения не получило практически никакой собственности, лишилось поддержки социальных программ, питавшихся государственными доходами с этой собственности, производство страны в значительной части стало корпоративной собственностью или перешло в частные руки. Одной из основных целей новых собственников («новых русских») является максимальный сиюминутный съем дохода от этой собственности с целью наибо́льшего личного обогащения с перекачкой выручки в зарубежные банки — сдача в аренду, спекуляция, продажа собственности иностранным компаниям (явная и неявная) и т. д. Одним из приемов обогащения в рамках отдельного предприятия является проедание доли выручки от продажи продукта, которая должна идти на закупку оборотных фондов. В результате предприятие имеет прибыль при резком падении производства. Очевидно, что такая политика приносит плоды в течение короткого периода времени (до нескольких лет), но новые хозяева производства успевают за это время обогатиться, приведя предприятие к полному банкротству.

Другим разрушающим фактором явилась шоковая терапия Гайдара. Отпускание цен при значительной их несбалансированности, спекулятивной форме рынка и отсутствии оборотных фондов, антимонопольных механизмов привело к патологическим ценам на отдельные виды продукции (например, энергоресурсы и транспортные услуги). Такая ситуация, особенно при низком уровне спроса, обусловленном обнищанием населения, делает нерентабельными многие самые высокотехнологичные производства, находящиеся на уровне мировых стандартов. В таких условиях самое современное предприятие США или Японии могло бы оказаться банкротом. И, как все убедились, произошло лавинообразное разрушение производства и экономики страны.

Следует отметить хорошо известный факт, что теория свободного рынка — это теория малых отклонений от равновесия. Экономисты США, Японии, Франции и других развитых капиталистических стран это прекрасно понимают. Например, известный французский экономист Кинэ говорит, что во Франции при отклонении цен от равновесных, превышающем 10%, вводится государственное регулирование цен. Возникает естественный вопрос — применение шоковой терапии в России — это безграмотность, выполнение плановых разрушительных мер (умысел), или то и другое?

Наконец, результаты шоковой терапии закрепила протекционистская политика правительства по отношению к привилегированным с точки зрения «мирового сообщества» отраслям экономики — энергоресурсы и транспорт с угрозой их расчленения.

Использование стратегии назначения цен на выпускаемый продукт или предоставляемые услуги отраслями-монополистами (транспорт, энергоносители) из условия полной или значительной компенсации инфляции приводит к росту стоимости оборотных фондов в других отраслях, невозможности закупки оборотных фондов на прежнем уровне, удорожанию продукции и, как следствие, падению спроса. Результатом может явиться искусственная нерентабельность предприятий, целых отраслей производства и их вымирание, коллапс производства в стране.

После этого следующий шаг — расчленение естественных монополий, как государственное решение, неадекватный уровень цен в других отраслях, рост цен на транспортные услуги привело бы к невозможности обмена энергоносителями и другими ресурсами между регионами страны, прекращению деловых, научных, культурных связей между регионами и очень серьезной угрозе распаду страны на отдельные «княжества». Это естественно, выгодно США, МВФ, НАТО, мировому банку и другим структурам и странам «семерки», так как увеличивает управляемость с их стороны экономикой и политикой России. Как отмечалось в 4.1, только возможное растекание ядерного оружия по «княжествам» и его несанкционированное применение сдерживает реализацию этой угрозы.

К этим основным мероприятиям «демократических реформ» следует добавить снижение боеспособности вооруженных сил страны, в том числе стратегических ядерных, практически до критической черты, за которой — невозможность восстановления.

Для решения стратегических проблем безопасности и перехода к устойчивому развитию народного хозяйства должны быть исследованы возможности и прогнозируемые результаты введения всевозможных вариантов экономической политики, включая нетрадиционные варианты, связанные с применением таких средств, как мобилизация всех имеющихся структур, сил и ресурсов для предотвращения разрушения экономического потенциала, выхода из кризиса и стабилизации экономики. Для мотивации этой стратегии можно применить соображения о мобилизационной стратегии, обычно применявшейся для предотвращения военно-стратегических опасностей. В частности, сейчас в экономике РФ не должна исключаться мобилизационная политика государственного контроля, подобная использованной Рузвельтом в США (см. разд. 6.2).

В разделе 6.2 указывается, что нет иного пути к прогрессу, как: сначала мобилизация всех ресурсов на технологическое обновление и расширение производственной мощности, затем начало

общей технологической реконструкции. Лишь после этого создание минимально необходимых предпосылок для любых сколько-нибудь значимых социально-экономических реформ. В самом оптимистическом варианте срок до восстановления показателей 1989-90 гг. превышает 6-7 лет с начала реализации мобилизационной стратегии.

Стратегия развития производственного и транспортного комплекса России **должна** вписываться в общую концепцию устойчивого развития народного хозяйства. Его безопасное и эффективное развитие понимается как сложное свойство, в котором комплексно охватываются:

- выживаемость народно-хозяйственного комплекса (НХК) в условиях глобального кризиса в стране,
- обеспечение безопасного функционирования НХК,
- экономическая эффективность развития НХК,
- эффективное решение социальных проблем в НХК,
- устойчивое развитие НХК в условиях экономической и политической нестабильности,
- обеспеченность решения военно-стратегических задач, стоящих перед транспортом,
- устойчивое взаимодействие подсистем (отраслей) НХК РФ и соответствующих систем стран, входивших в СССР, между собой и с мировой хозяйственной системой,
- сохранение кадрового потенциала и системы образования,
- устойчивость научно-технического развития НХК,
- развитие законодательства о народном хозяйстве и другие.

С другой стороны, анализ безопасного и устойчивого развития НХК России предусматривает, что исследуются во взаимосвязи:

- выживаемость НХК и безопасность,
- эффективное и целенаправленное развитие (управляемость),
- устойчивость целевого (лучшего) множества состояний НХК РФ и субъектов Федерации с учетом их взаимного влияния, возможностей многоуровневого управления, неопределенностей и возмущений от катастроф.

Для разработки и научного обоснования модели безопасного и устойчивого развития НХК РФ, концепции и методов перехода на нее, необходимы фундаментальные комплексные исследования, в которых должны быть:

- выявлены приоритеты, критерии и стратегические цели решения проблемы выживаемости и перехода НХК России на модель безопасного и эффективного развития;
- проанализированы все структуры, силы, средства и ресурсы, которые возможно использовать для их достижения и решения выявленных стратегических проблем;
- даны оценки опасности и значимости угроз безопасности и устойчивости развития НХК РФ, их

упорядочение по уровню риска и масштабам последствий.

В инициативном порядке такая работа начата, проводилась при поддержке ГКНТ «Безопасность» и РФФИ (проект 96-06-80-589), что позволило разработать первые математические и компьютерные модели (см. 5. 6), сформировать и изучить некоторые сценарии развития производственного и транспортного комплексов во взаимосвязи.

5.1.2. Возможные варианты сценариев развития народного хозяйства

Предлагаемая в 5.6 компьютерная система моделирования при достаточно полном информационном обеспечении позволяет анализировать следующие сценарии.

1) Анализ вариантов политики государственной помощи отраслям народного хозяйства.

За счет изменения распределения государственной помощи отраслям экономики, изменяется динамика производства продукта каждой из отраслей. Изменяя политику государственной помощи можно найти варианты, приводящие к стабилизации и сбалансированному росту производства.

2) Анализ возможного разрушения народного хозяйства вследствие искусственной компенсации инфляции отраслями-монополистами (в своих отраслях) и протекционизма в сфере экспорта-импорта.

Использование стратегии назначения цен на выпускаемый продукт или предоставляемые услуги отраслями-монополистами (транспорт, энергоносители) из условия полной или значительной компенсации инфляции приводит к росту стоимости оборотных фондов в других отраслях, невозможности закупки оборотных фондов на прежнем уровне, удорожанию продукции и, как следствие, падению спроса. Результатом может явиться искусственная нерентабельность предприятий и целых отраслей производства, их вымирание. Система моделей позволяет проследить динамику реализации таких угроз и конструировать возможные механизмы влияния государства на политику ценообразования, не приводящие к дестабилизации народного хозяйства.

3) Влияние налоговой политики, на безопасность народного хозяйства.

Изменяя налоговые ставки и вводя налоговые льготы для отдельных отраслей, можно проследить влияние этих мероприятий на динамику и стабильность развития производства.

4) Борьба с угрозой дестабилизации народного хозяйства криминальными структурами.

Мероприятия по борьбе с криминальными структурами моделируются изменениями коэффициентов потерь из-за деятельности криминальных структур в сфере производства, торговли и бизнеса, в правительственных кругах. Система моделей позволяет проследить эффективность этих мероприятий.

Расчеты проводились на 4-х отраслевой модели экономики, описанной в 5. 6 с использованием модельных исходных данных, основанных на статистике 1990-1993 гг.

На рис. 1 — 7 приведены следующие характерные результаты расчетов по сценариям 1) — 3) в сравнении с базовым вариантом.

Базовый вариант:

Налоги и изъятия доходов мафиозными структурами представляют 20 % выручки от продажи продукта. Изъятие продукта мафиозными структурами отсутствует. Экспорт и импорт — на уровне традиционного.

Сценарий 1: По сравнению с базовым вариантом налоги в топливно-энергетическом секторе увеличены до 30%, а в секторе товаров народного потребления — снижены до 10%.

Сценарий 2: По сравнению с базовым вариантом экспорт топливной промышленности — на уровне 60 %, импорт товаров народного потребления — на уровне 30 %.

Сценарий 3: По сравнению с базовым вариантом мафиозные структуры дополнительно изымают по всем отраслям 10% выручки от продажи продукта.

Анализ результатов расчетов проводился на интервале 10 лет.

В базовом варианте наблюдается рост, а затем некоторое снижение производства продукта в большинстве отраслей и в целом валового внутреннего продукта.

Изменение налоговой политики в пользу сектора товаров народного потребления за счет топливно-энергетического сектора (сценарий 1) приводит к некоторому снижению темпов роста на начальном этапе, но зато тенденция роста выпуска продукта сохраняется на всем интервале моделирования. Та же закономерность наблюдается и в топливно-энергетическом секторе. Некоторое снижение темпов роста выпуска продукта на начальном этапе здесь вполне закономерно, т. к. в этом сценарии в этом секторе предусмотрен увеличенный налог. Улучшение положения с выпуском товаров народного потребления также закономерно, однако из графиков видно, что данный показатель улучшается и в секторе тяжелой промышленности.

Увеличение экспорта в отраслях топливно-энергетического сектора (сценарий 2) приводит к росту производства продукта в этом секторе по сравнению с базовым вариантом и падению производства в других отраслях. Импорт значительной части товаров народного потребления приводит к разрушению этого сектора.

Изъятия продукта криминальными структурами (сценарий 3) приводит к увеличению темпов падения производства в большинстве отраслей и темпов падения валового внутреннего продукта (ВВП).

Для получения практически значимых прогнозов необходима более полная и точная статистическая информация по экономическим показателям за период 1991—1997 гг.

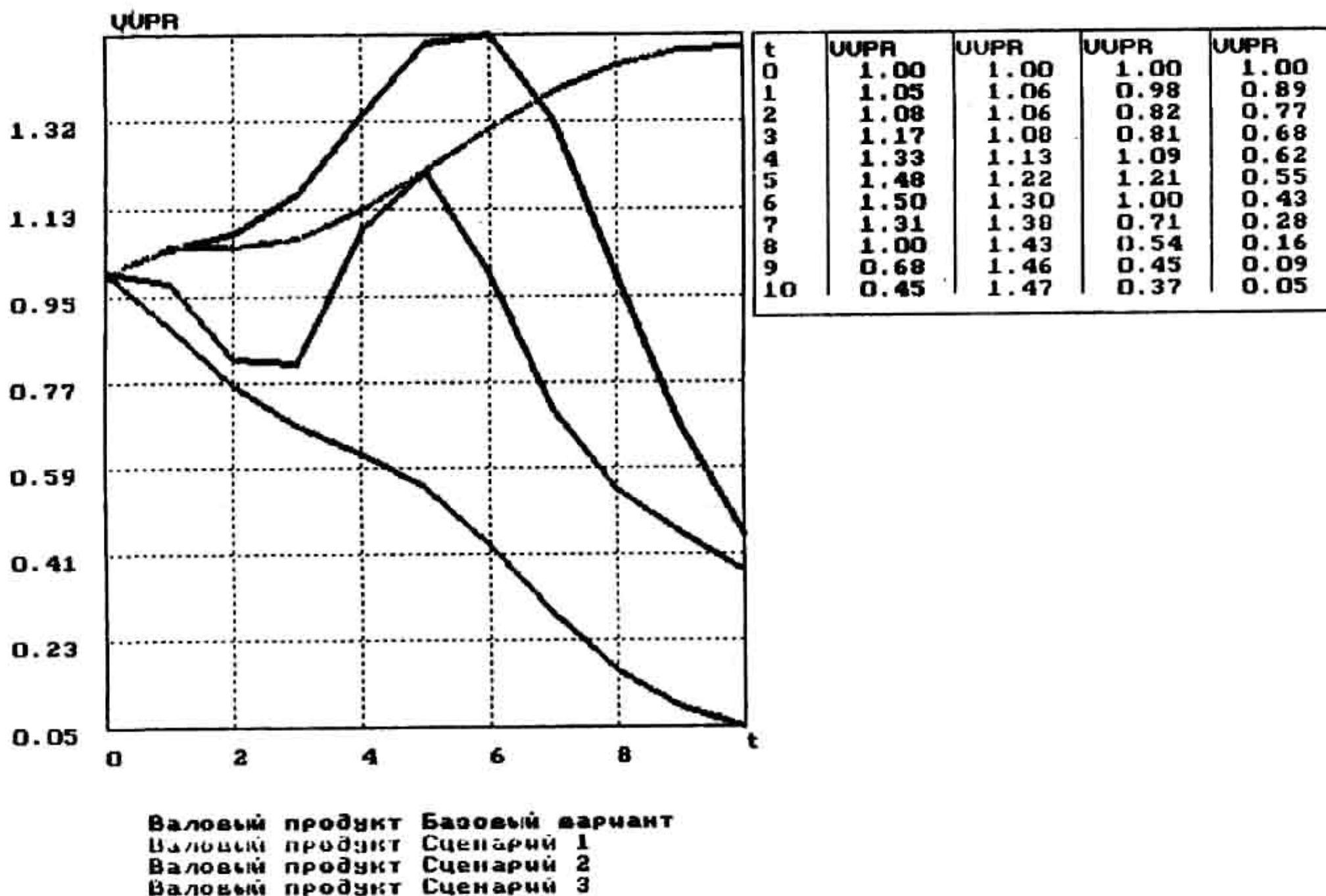


Рис. 1

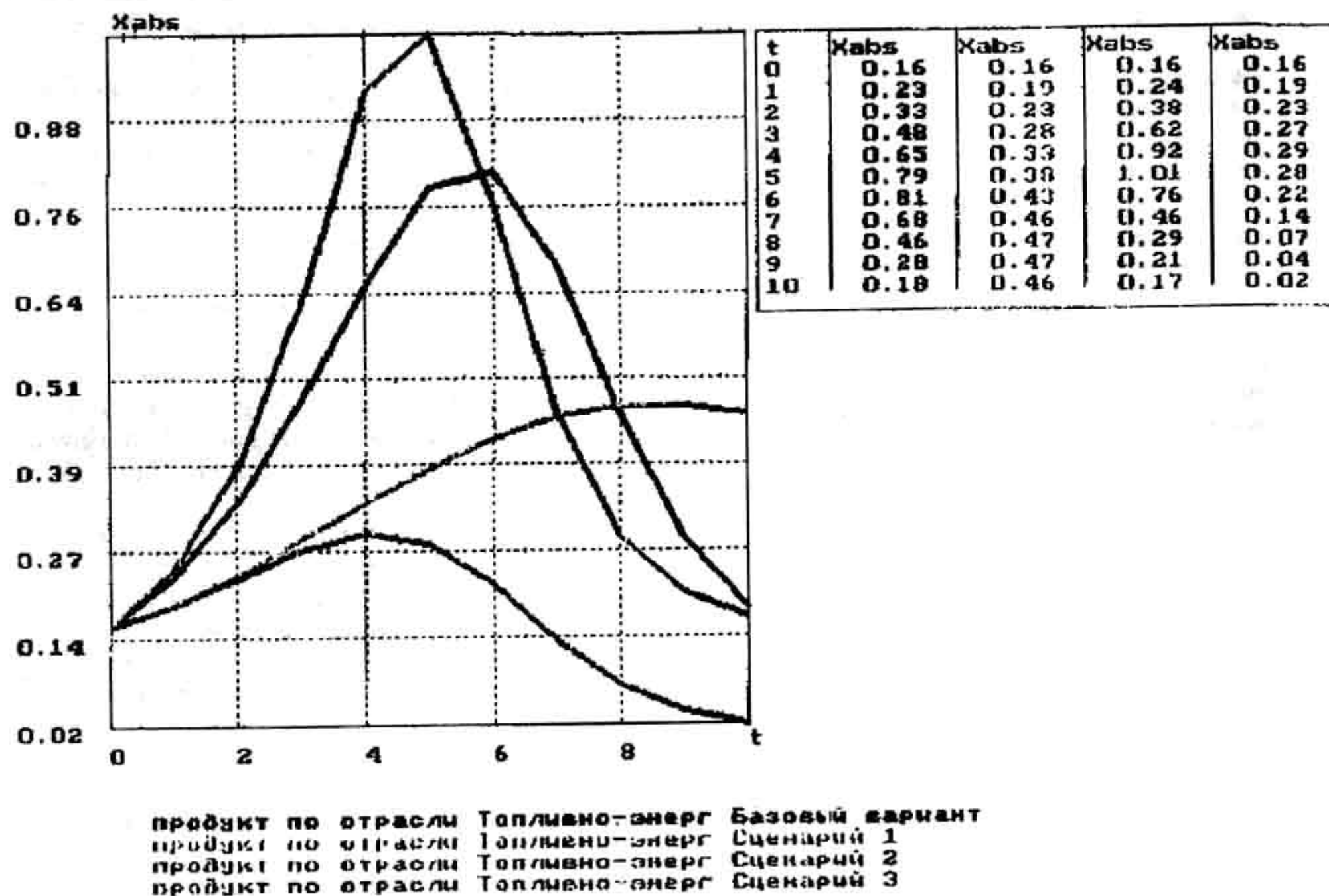


Рис. 2

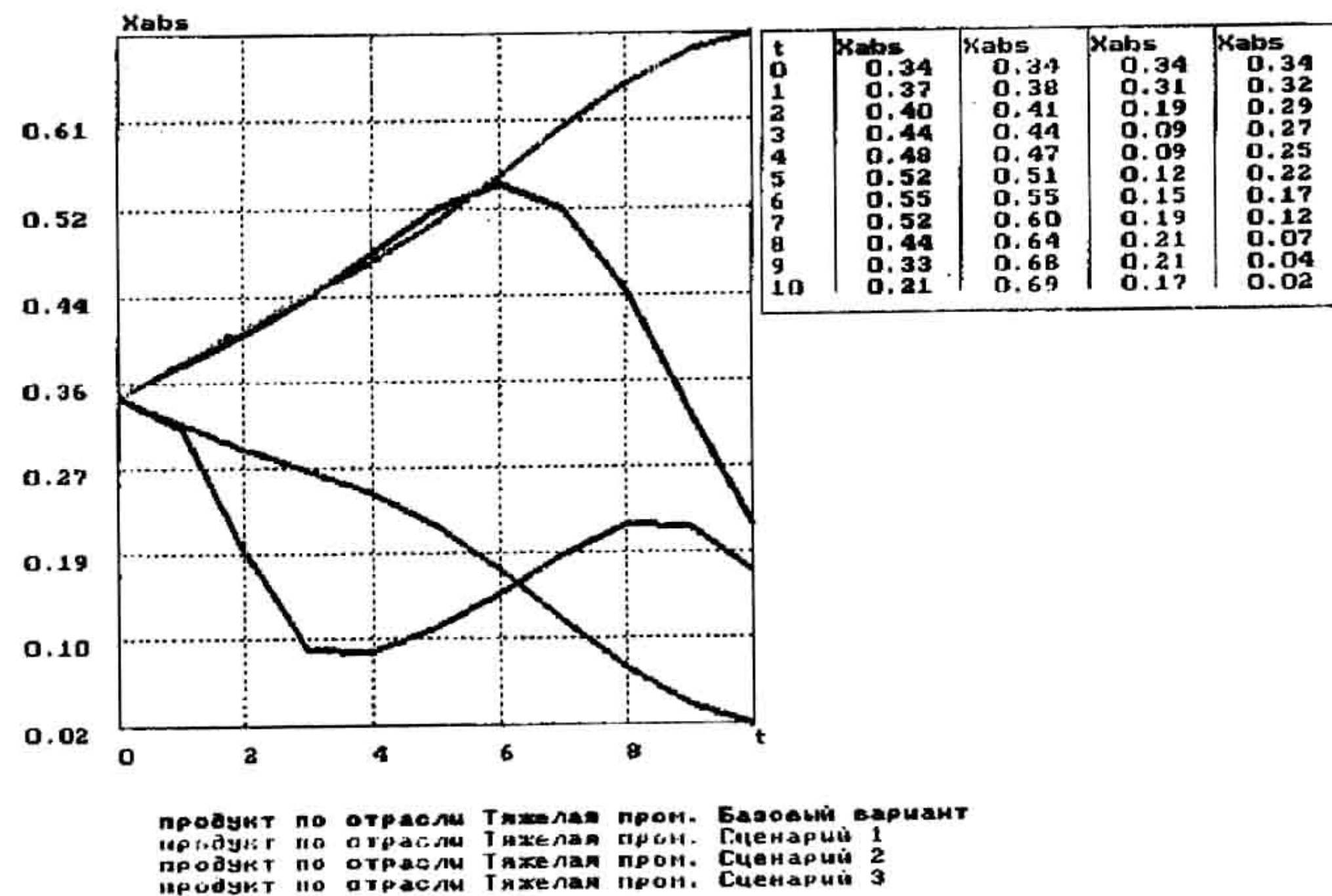


Рис. 3

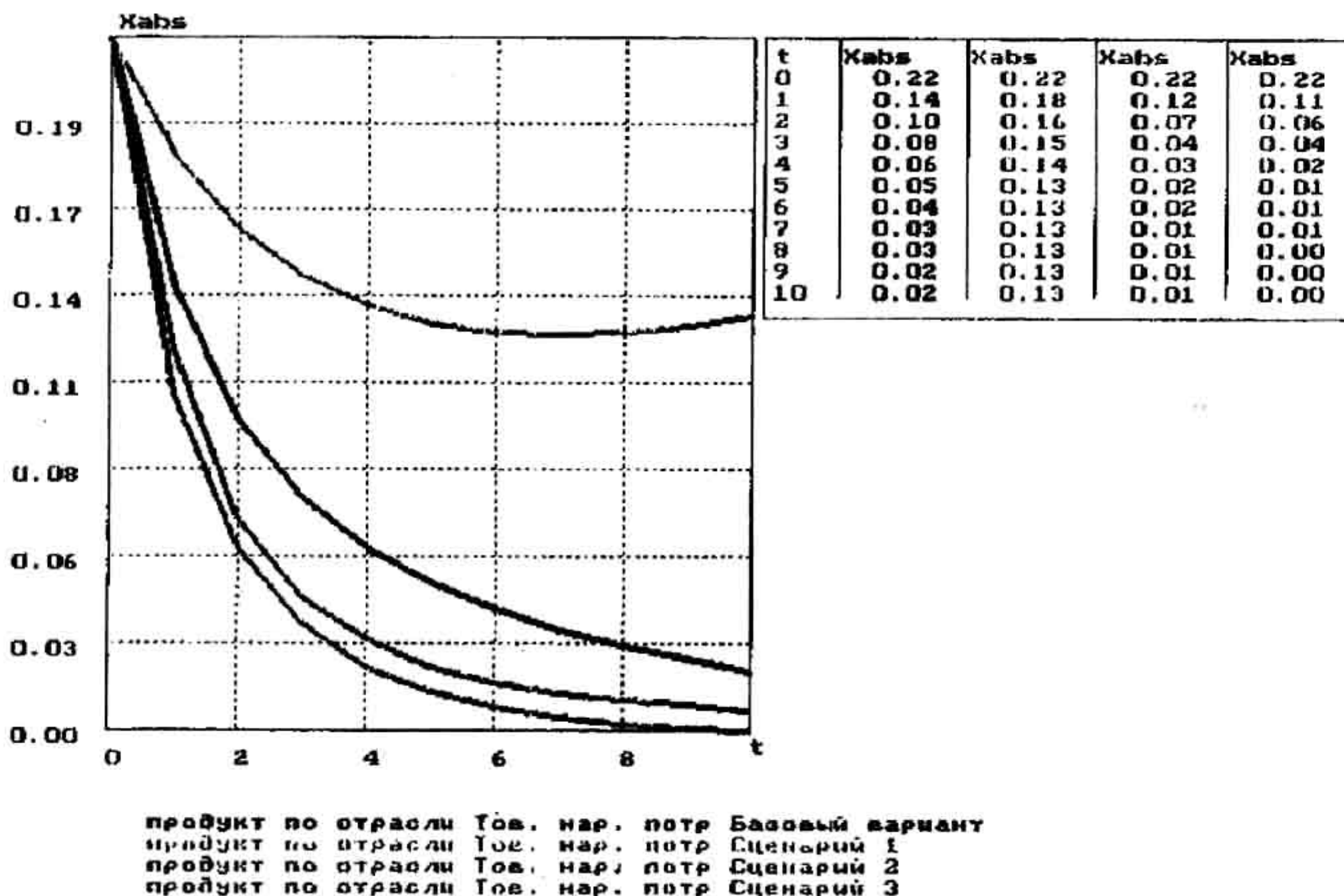


Рис. 4

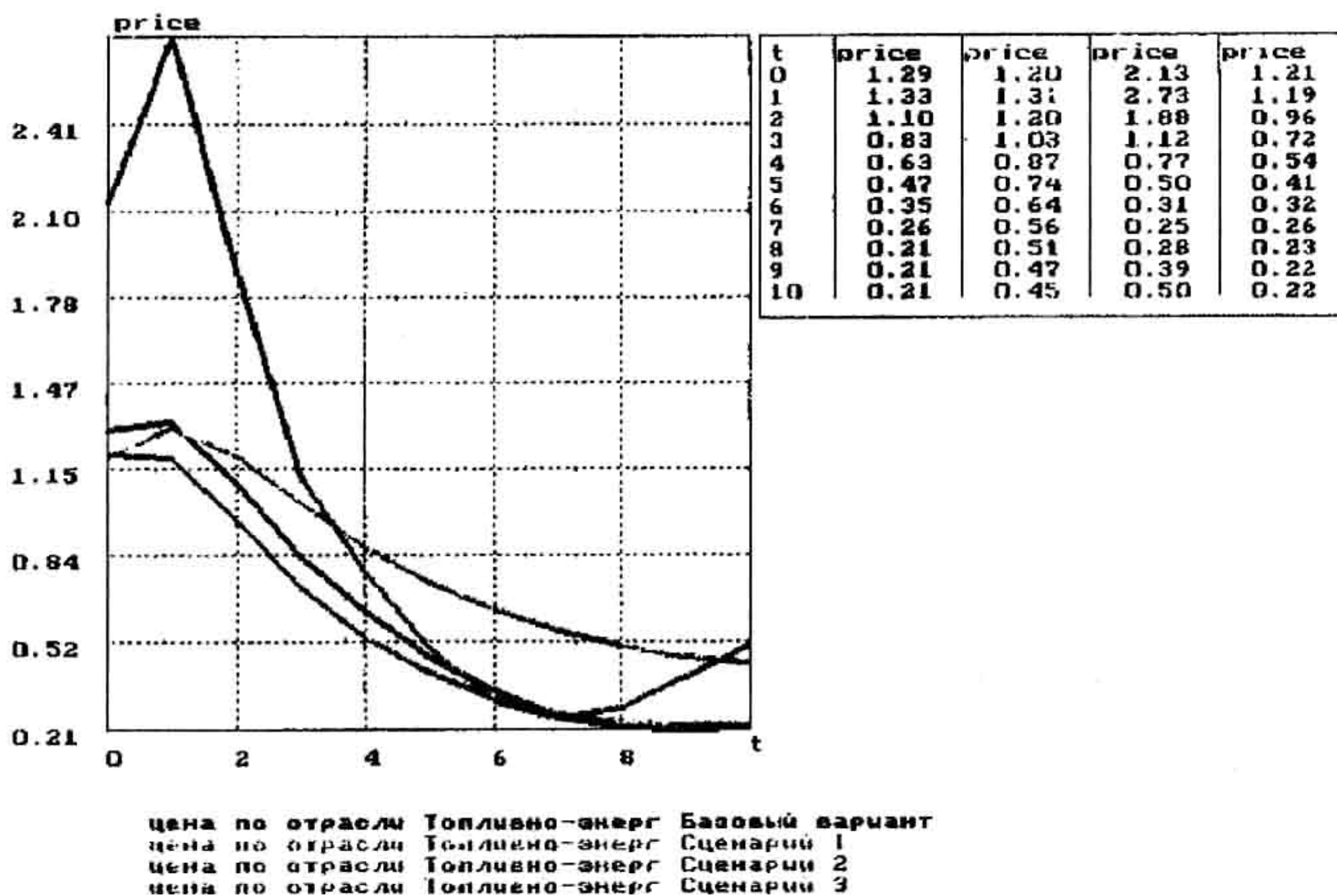


Рис. 5

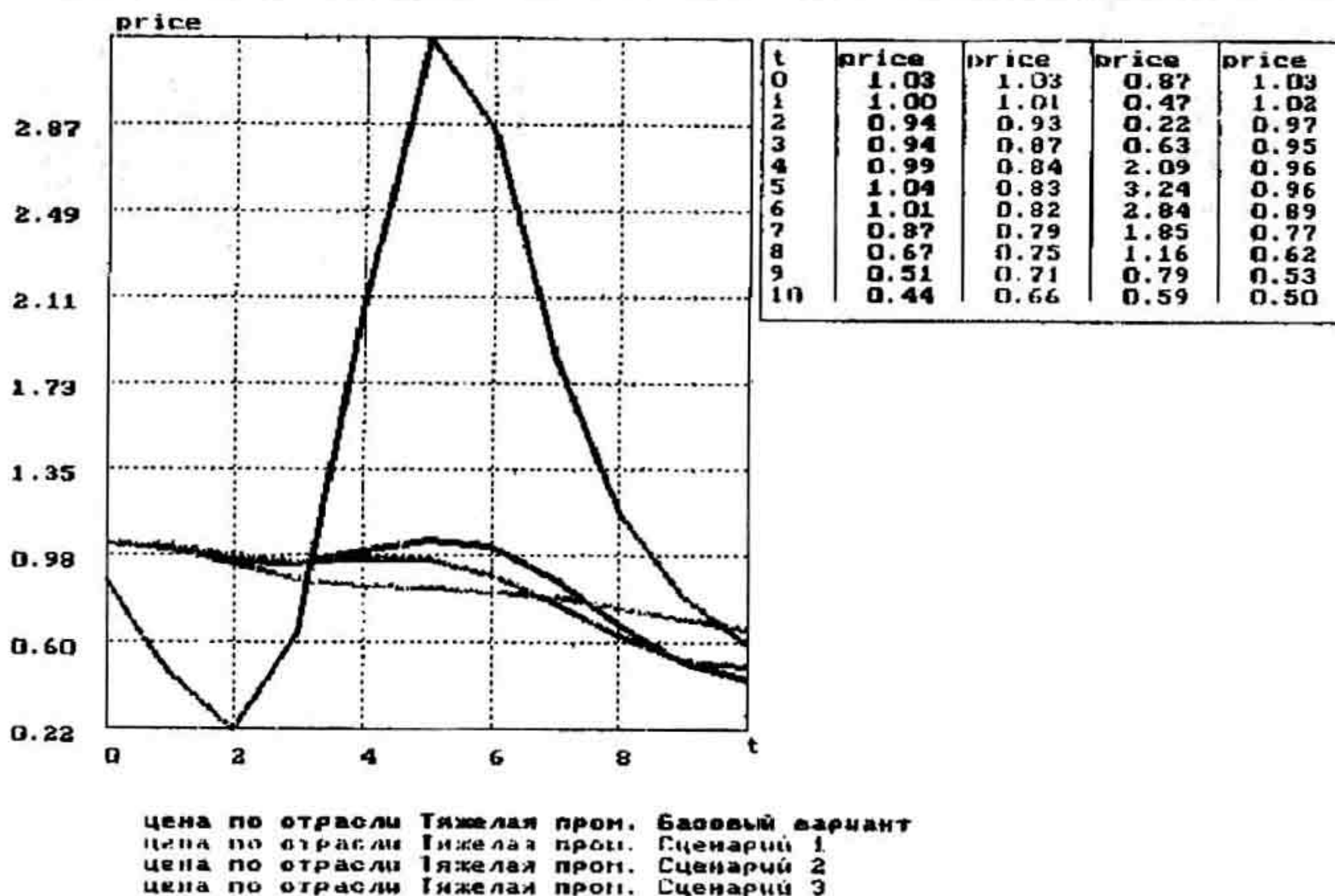


Рис. 6

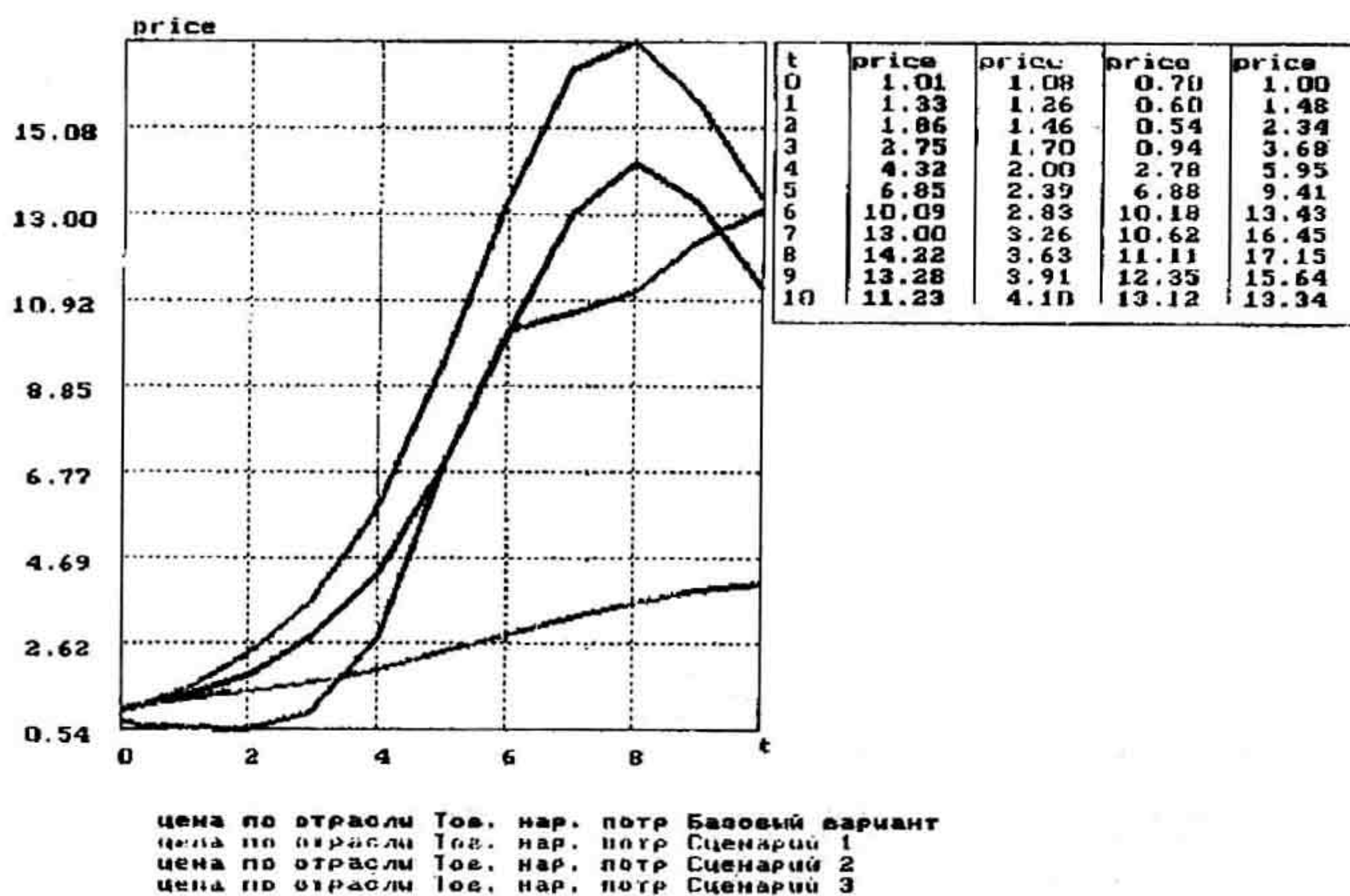


Рис. 7

5.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ

Энергетическая безопасность является принципиально важным фактором, существенно определяющим возможности устойчивого развития России в окружающем ее мире. Рассмотрим основные положения энергетической безопасности России и ее значение с точки зрения устойчивого развития страны.

5.2.1. Энергетика как важнейший фактор национальной безопасности России.

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) России является базой экономики страны, обеспечивающей функционирование и развитие отраслей национального хозяйства, нормальную жизнедеятельность населения, интеграцию регионов, формирование значительной части бюджетных доходов и основной доли валютных поступлений. В стране сосредоточено 13% мировых разведанных запасов нефти и более 15% ее добычи, 36% разведанных мировых запасов газа и около 31% его добычи. Разведанные запасы угля равны 12%, а прогнозные оцениваются как 30% мировых. Доля ТЭК в экономике страны составляет в общем объеме промышленной продукции около 30%, в доходной части федерального бюджета — 38% (в том числе по промышленности — 62%), в общем объеме экспорта — около 50%¹.

Ключевая роль ТЭК страны в обеспечении функционирования и развития производительных сил и жизнедеятельности населения обуславливает необходимость введения понятия энергетической безопасности. С учетом мирового опыта², а также определения понятия «безопасность» в федеральном законе «О безопасности», энергетическая безопасность может быть определена как состояние защищенности страны — ее граждан, общества и государства, а также обслуживающей их экономики — от угроз дефицита в обеспечении обоснованных их потребностей в энергии экономически доступными топливо-энергетическими ресурсами (ТЭР) приемлемого качества в нормальных условиях и при чрезвычайных обстоятельствах, и от угроз нарушения стабильности топливо- и энергоснабжения³.

Если говорить об энергетических аспектах устойчивого развития страны, то кроме обеспечения энергетической безопасности, на всем рассматриваемом промежутке времени должна быть определена также защищенность природы и общества от

негативных последствий (истощения, загрязнения и других ущербов), наносимых развитием ТЭК.

С распадом Советского Союза и наступившим общеэкономическим кризисом (падение внутреннего валового продукта в России с 1990 по 1995 гг. составило около 50%) стали проявляться негативные изменения и в ТЭК. Основным их следствием стало падение производства энергоресурсов. По сравнению с максимальным уровнем (1988 г.), в 1995 г. добыча нефти упала почти на 47%, угля — примерно на 36%, газа — более, чем на 5%, выработка электроэнергии — на 20%. В целом производство первичных энергоресурсов в 1995 г. по сравнению с 1990 г. сократилось почти на 24%.

Такой спад производства ТЭР, происходящий на фоне массовых неплатежей за продукцию ТЭК, превышающих 130 млрд рублей, обусловлен целым рядом факторов, связанных со структурными диспропорциями в экономике страны и отражающих противоречивость происходящего процесса экономических реформ. Сохранение негативных тенденций в сфере топливо- и энергоснабжения страны несет угрозу энергетической безопасности России, неизбежно станет тормозом восстановления экономики и перехода ее к устойчивому развитию.

На рисунках приведена динамика производства энергоносителей (газ, нефть и конденсат, уголь, электроэнергия) с учетом прогноза вероятных темпов его подъема в 1996-2000 гг. Утолщенными линиями показаны оценки возможной динамики продолжения спада производства ТЭР в случае применения недостаточно эффективных экономических, правовых и организационных мер по преодолению общеэкономического кризиса в стране и сохранении существующих негативных тенденций в ТЭК. Затемненные зоны на рисунках на всем рассматриваемом временном интервале представляют собой оценки предельно допустимых с точки зрения энергетической безопасности и устойчивости развития России уровней производства ТЭР¹. При этом некоторый подъем такой зоны для газа в период 1996-2000 г. объясняется замещением газом мазута на электростанциях. Прогноз роста добычи нефти и конденсата учитывает возможности получения крупных зарубежных инвестиций и снижения таможенных тарифов.

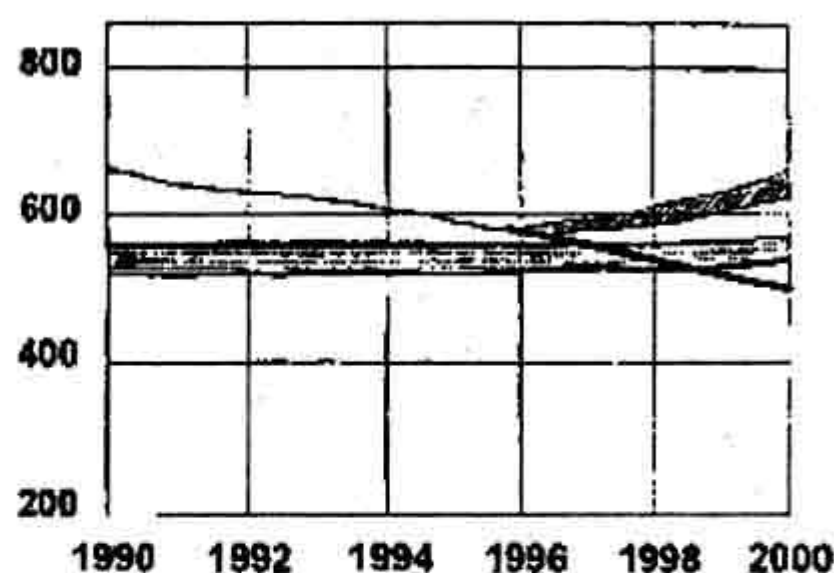
Выход за предельно допустимые уровни производства ТЭР чреват нарушением стабильности функционирования ТЭК, приведет к деградации всех отраслей промышленности, увеличению дефицитов федерального и местного бюджетов, существенно затруднит и затянет выход экономики из кризиса, снизит уровень жизни населения и усугубит проблемы социальной его защиты. Это

¹ Новая энергетическая политика России. — М.: Энергоатомиздат, 1995. — 512 с.

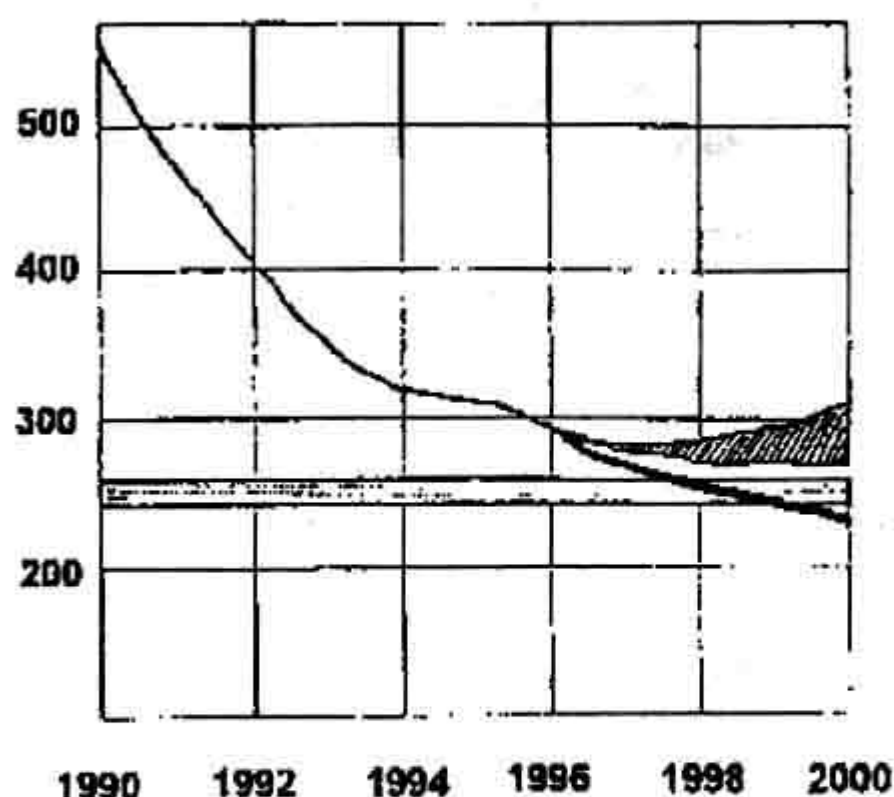
² Energy Dictionary / World Energy Council. — Paris: Jouve SI, 1992. — 635 p.

³ Воропай Н. И., Клименко С. М., Криворучий Л. Д. и др. О сущности и основных проблемах энергетической безопасности России // Изв. РАН. Энергетика. — 1996. — № 3. — С. 63-70.

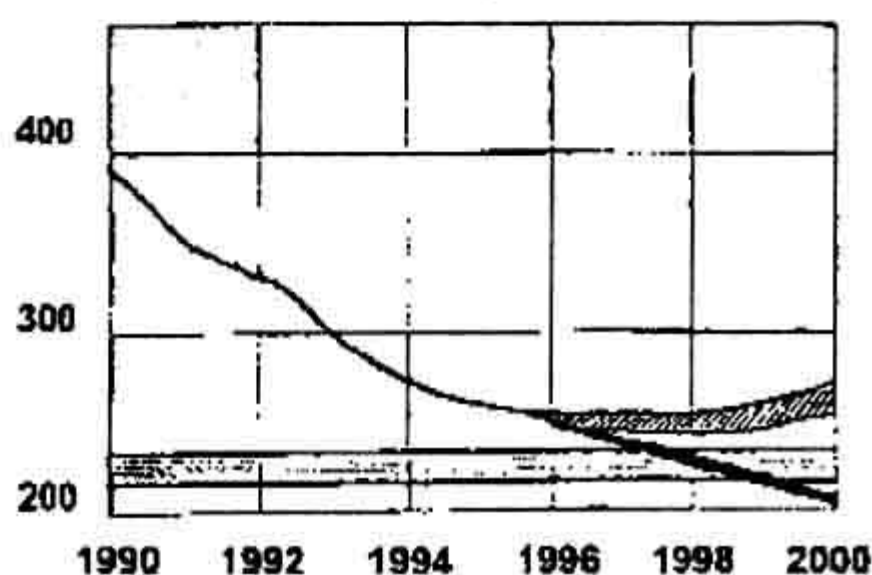
¹ Прогноз вероятной динамики роста производства ТЭР выполнен по данным Минтопэнерго РФ. Оценки возможного продолжения спада в энергетике, а также предельно-допустимых уровней производства ТЭР получены совместно с Р. Н. Гринкевичем и О. Б. Плужниковым.

Природный газ, млрд. м³

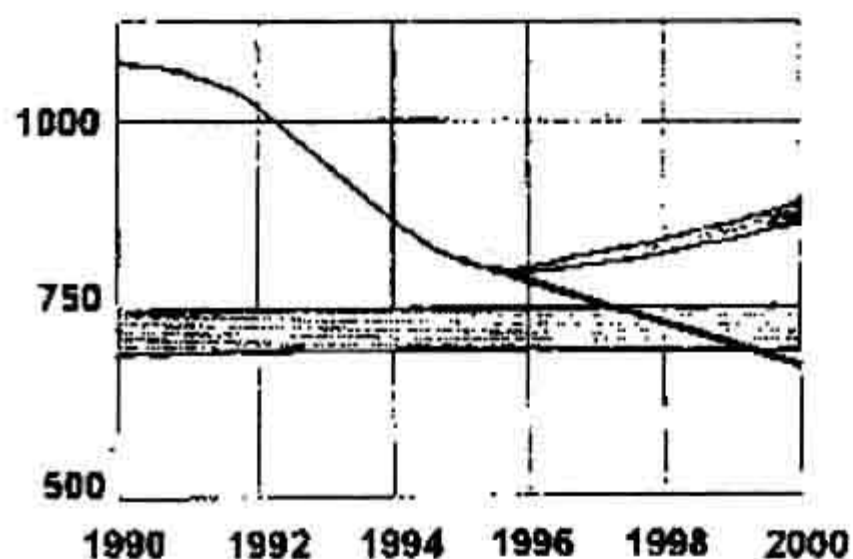
Нефть и конденсат, млн. тонн



Уголь, млн. тонн



Электроэнергия, млрд. катч.



Производство энергоносителей

угрожает стабильности общества и может привести к социальным взрывам.

Трудовые, социальные и политические конфликты в регионах, крупные чрезвычайные ситуации (ЧС) природного и техногенного характера могут перекрыть энергетические потоки огромной мощности, жизненно важные как для многих регионов России, так и для обеспечения экспорта ТЭР, поступления от которого при остром недостатке собственных инвестиционных средств являются чрезвычайно необходимыми для компенсации и обновления стареющего оборудования во всех отраслях промышленности, включая энергетику.

Таким образом, уровень энергетической безопасности страны определяющим образом влияет на возможности устойчивого развития ее экономики и общества.

5.2.2. Угрозы энергетической безопасности.

Анализ современного состояния и тенденций развития ТЭК и его отраслей, а также условий их развития и функционирования, выявил широкий спектр угроз (опасностей, дестабилизирующих

факторов) энергетической безопасности России. С определенной условностью эти угрозы могут быть по своему происхождению и сущности разделены на четыре класса: экономические, представляющиеся в настоящее время наиболее опасными; социально-политические; техногенные; природные¹.

Важнейшей **экономической** угрозой является **острый дефицит инвестиционных ресурсов**, влекущий за собой недостаточные объемы ввода новых мощностей, реконструкции и технического перевооружения в отраслях ТЭК, что ведет к старению производственного аппарата и неприемлемому в ряде случаев снижению резервных мощностей. Другим следствием дефицита инвести-

¹ Воропай Н. И., Клименко С. М., Криворучий Л. Д. и др. О сущности и основных проблемах энергетической безопасности России // Изв. РАН. Энергетика. — 1996. — № 3. — С. 63-70; Воропай Н. И., Криворучий Л. Д., Руденко Ю. Н. и др. Проблемы надежного топливо- и энергоснабжения потребителей в условиях критических ситуаций // Изв. РАН. Энергетика. — 1983. — № 4. — С. 9-18. Структуризация и анализ угроз энергетической безопасности и комплекса мер по ее обеспечению выполнены совместно с С. М. Клименко, Н. И. Пятковой, С. М. Сендеровым, Г. Б. Славиным, М. Б. Чельцовым.

онных ресурсов является резкое сокращение геологоразведочных работ по горючим ископаемым и, соответственно, качественное ухудшение и количественное сокращение сырьевой базы отраслей ТЭК.

Не менее важной экономической угрозой энергетической безопасности является **финансовая дестабилизация и кризис платежей** в национальном хозяйстве России, в том числе в ТЭК, обусловленные как дефицитом оборотных средств, в частности, у предприятий ТЭК и у потребителей его продукции, так и низкой финансово-платежной дисциплиной. Это влечет за собой и перебои в выдаче зарплаты с соответствующей социальной напряженностью, и снижение складских запасов топлива, и ограничение инвестиционной активности, и непосредственно нарушения поставок ТЭР потребителям-неплательщикам.

Проявлениями **экономических** угроз являются также:

- нарушения хозяйственных связей по поставкам топлива, материалов и оборудования энергетическим и связанным с ними предприятиям, разрыв сложившихся кооперационных связей;

- чрезмерная монополизация на рынках ТЭР, слабость механизма государственного регулирования естественных монополий в ТЭК;

- высокий уровень энергоемкости экономики России, длительное отсутствие реальных успехов в области энергосбережения, что является одной из основных причин напряженностей (пока — локальных) в топливно-энергетических балансах страны и ее регионов, ослабляет экспортный потенциал ТЭК России, не позволяет накапливать достаточные запасы топлива;

- несовершенство и существенная неполнота нормативно-правовой базы в сфере экономики, включая энергетику и недропользование, слабость рыночных и государственных механизмов регулирования экономики.

К основным **социально-политическим** угрозам энергетической безопасности России относятся:

- региональные, межнациональные и другие острые политические конфликты, в том числе сопровождаемые военными действиями вблизи объектов ТЭК, диверсиями против них, актами терроризма;

- трудовые конфликты и забастовки на предприятиях ТЭК и в сопряженных отраслях;

- противоправные действия региональных властей и предприятий-монополистов по ограничению свободного движения товаров и услуг, в частности, энергетических, между регионами;

- противоправное вторжение федеральных органов власти в прерогативы региональных властей и компетенцию хозяйствующих субъектов;

- дискриминационные меры зарубежных государств в отношении поставок ТЭР отдельным пограничным регионам России.

Дополнительные угрозы энергетической безопасности исходят от пикетирования или блокады объек-

тов ТЭК, создания вокруг них напряженной атмосферы некоторыми общественными движениями, прежде всего экологической направленности, блокирования принятия или осуществления решений по развитию энергетики;

Техногенные угрозы реализуются в виде аварий как на энергетических объектах, особенно при их высокой концентрации, так и на связанных с ними, технологически или пространственно, объектах других отраслей. Как правило, угрозу энергетической безопасности представляют либо единичные крупномасштабные аварии, особенно с каскадным их развитием, либо аварии меньшей тяжести при их взаимном наложении или наложении на другие воздействия.

Рост угрозы возникновения крупномасштабных аварий обусловлен:

- быстро нарастающим удельным весом физически изношенного оборудования;

- невыполнением планов и программ ремонта и модернизации оборудования;

- недостаточным уровнем квалификации, подготовки кадров, трудовой и технологической дисциплины;

- слабым развитием мониторинга энергетического хозяйства, диагностики состояния оборудования, технологических защит.

Факторами, способствующими снижению энергетической безопасности (сбоям в энергоснабжении, дефицитам ТЭР) в результате аварий, являются:

- недостаточность емкости топливозапасов и запасов топлива в них;

- слабость энерготранспортных связей при глубокой энергетической несбалансированности регионов, энергоузлов и т.п.

Природные угрозы энергетической безопасности включают:

- стихийные бедствия — землетрясения, наводнения, ураганы, гололедные явления, сели, цунами и др., приводящие к разрушениям и значительным повреждениям энергетических объектов, особенно коммуникаций;

- суровые зимы, длительная маловодность речного стока, приводящие к общей или локальным напряжениям в балансах ТЭР.

В настоящее время и в ближайшей перспективе с точки зрения устойчивого функционирования и развития ТЭК и устойчивого развития экономики России, доминирующее значение имеют угрозы экономического и социально-политического характера. По мере экономической и политической стабилизации в России будет снижаться значимость этих угроз и увеличиваться относительная важность техногенных и природных угроз.

5.2.3. Комплекс мер по обеспечению энергетической безопасности России

Он условно может быть разделен на меры:

- 1) ликвидационные, снижающие риск возникно-

вления и реализации угроз энергетической безопасности, восприимчивость ТЭК и входящих в него систем к таким угрозам;

2) обеспечивающие быстрое и эффективное восстановление стабильности энергоснабжения, ликвидацию последствий ЧС.

Превентивные меры реализуются на различных иерархических уровнях экономической системы страны. Меры макроэкономического характера для снижения возможности возникновения угроз являются общими для всей экономики:

решение проблемы неплатежей, в том числе за энергоресурсы;

восстановление и наращивание инвестиционной активности;

изменение политики приватизации и ценовой политики;

повышение эффективности налоговой системы;

снижение дифференциации в доходах различных групп населения, недопущение задолженности по зарплате и т.п.

Рациональность и обоснованность мер этой группы должна подтверждаться путем исследований с использованием соответствующих математических моделей, исходя из общеэкономических и других глобальных критериев. При этом в таких исследованиях особое внимание должно уделяться эффективности обосновываемых макроэкономических мер с точки зрения обеспечения энергетической безопасности.

Важное значение имеют **меры по снижению возможности возникновения и реализации внешнеэкономических и внешнеполитических угроз** энергетической безопасности:

— соблюдение экономических интересов России и обеспечение ее энергетической безопасности в условиях продолжения курса на либерализацию внешней торговли энергоресурсами и энергетическим оборудованием, интеграции российской энергетики в мировую;

— поддержка интересов отечественных экспортеров ТЭР в доступности для них внешних рынков;

— усиление экспортного контроля за стратегически важными ТЭР, усиление валютного контроля;

— обеспечение бесперебойности работы транспортных артерий, соединяющих Россию с внешними энергетическими рынками, развитие транспортной инфраструктуры экспорта ТЭР;

— снижение зависимости топлива— и энергоснабжения отдельных территорий России от зарубежных государств.

Перечисленные меры внешнеэкономического и внешнеполитического характера также должны обосновываться в основном с помощью общеэкономических моделей с отмеченными выше энергетическими акцентами.

На снижение угроз техногенного и природного характера направлены **меры по повышению живучести и надежности функционирования**

оборудования систем энергетики, включающие:

— создание энергетического оборудования с благоприятными показателями безотказности, долговечности, ремонтпригодности;

— проведение мониторинга энергетического хозяйства и диагностики состояния оборудования;

— осуществление активной политики реконструкции и замены оборудования, выработавшего свой ресурс;

— организацию охраны объектов систем энергетики от возможных диверсионных, террористических актов и т.п.

Меры этой группы являются итогом реализации целенаправленной технической политики в области оборудования систем энергетики. Их выбор может быть осуществлен на основе комплексной оценки состояния ТЭК и систем энергетики с учетом экономической эффективности этих мер.

Превентивные меры по снижению **восприимчивости** систем топливо— и энергоснабжения к возможным внутренним и внешним угрозам осуществляются по следующим основным направлениям.

1. Меры по снижению зависимости потребителей топлива и энергии от условий функционирования ТЭК и систем энергетики. Они включают:

проведение активной энергосберегающей политики, направленной на разумное снижение общественных потребностей в энергии, что снижает напряженность энергобаланса и вероятность возникновения дефицита ТЭР;

повышение степени самобалансированности по ТЭР территорий и крупных объектов-потребителей;

диверсификацию источников и используемых видов энергоресурсов, в том числе, путем создания технологически более гибких (в возможностях перехода с одного энергоносителя на другой) потребительских установок.

2. Меры по улучшению производственно-территориальной структуры ТЭК и систем энергетики:

развитие межрегиональных энергетических связей для интеграции энергоизбыточных и энергодефицитных районов;

рациональное сочетание централизации и децентрализации энергоснабжения;

рациональная деконцентрация энергопроизводства и снижение единичных мощностей энергоустановок.

3. Меры по созданию опорной системы топлива— и энергоснабжения с централизованным управлением на период возможных ЧС:

экономически обоснованное рассредоточение энергообъектов по территории;

создание специализированных хранилищ топлива и резервных источников энергии;

расширение стратегических запасов и резервов основных энергоресурсов, взаимозаменяемости видов топлива;

создание запасов материалов, инструментов и

машин для выполнения аварийно-восстановительных работ.

Схема исследований по обоснованию превентивных мер снижения восприимчивости ТЭК и систем энергетики к внутренним и внешним угрозам основана на оценке последствий для энергетики и потребителей ТЭР при реализации различных возможных сценариев ЧС и выборе наиболее эффективных мероприятий на всем множестве сценариев с учетом дополнительных факторов и критериев.

Среди **ликвидационных мер**: развертывание деятельности заранее созданных аварийно-восстановительных служб; оперативное перераспределение энергоресурсов, ограничение и отключение потребителей, исходя из социальных приоритетов и необходимости сохранения систем жизнеобеспечения населения и экономики региона; восстановление складских запасов топливных ресурсов, энергообъектов и систем энергоснабжения потребителей, других ценностей, потерпевших ущерб в период ЧС.

Обоснование ликвидационных мер — это текущая задача в условиях конкретной ЧС, методы решения которой связаны с оценкой и оптимизацией функционирования систем энергетики и ТЭК в целом при ЧС.

5.2.4. Энергетическая безопасность как основа устойчивого развития России.

Изложенная характеристика проблемы энергетической безопасности России и основных направлений ее обеспечения свидетельствует о том, что она является одним из необходимых условий устойчивого развития страны.

Во-первых, имеет место непосредственный ущерб окружающей среде и населению от аварий и ЧС на энергетических объектах, вероятность возникновения и масштабы которых существенно зависят прямо или косвенно от целого ряда управляемых факторов. Во-вторых, неэффективное использование энергии в отраслях национального хозяйства, наряду с созданием напряженностей в топливно-энергетических балансах страны и, ее регионов, истощает запасы природных энергетических ресурсов и тем самым снижает возможности устойчивого развития России. И наконец, весьма важным фактором является опосредованное влияние уменьшения поставок ТЭР и перебоев в энергоснабжении потребителей на снижение эффективности функционирования экономики и ее способности обеспечивать поддержку мероприятий и программ устойчивого развития России.

Соответственно, на решение проблем устойчивого развития страны прямо или косвенно работают меры по экономической и финансовой стабилизации национального хозяйства, энергосбережению, снижению вероятности и масштабов крупных аварий и ЧС на энергообъектах и целый ряд дру-

гих. В свою очередь, социально-экономические и социально-политические механизмы перехода России к устойчивому развитию создали бы благоприятную экономическую, политическую и социальную среду, облегчающую решение задач энергетической безопасности.

Рассмотренные соображения отражают лишь принципиальные взаимосвязи проблем энергетической безопасности и устойчивости развития России.

5.3. ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Одним из важнейших факторов, определяющих устойчивость развития природы и общества, являются природные катастрофы, уносящие ежегодно тысячи человеческих жизней и наносящие огромные материальные ущербы. Несмотря на развитие научных знаний и технологий, величина ущербов от природных катастроф возрастает ежегодно примерно на 6%. За период с 1965 по 1992 г. в мире погибло от катастрофических природных явлений около 3,6 млн. человек, пострадало более 3 млрд. человек, общий экономический ущерб составил 340 млрд. долларов США¹. Ожидается, что в 90-е годы суммарная величина экономических потерь от 15 наиболее распространенных видов природных катастроф достигнет 280 млрд. долларов США².

Имеются примеры, когда экономические потери от природных катастроф в отдельных странах превышают величину валового национального продукта, в результате чего экономика этих стран оказывается в критическом состоянии. Так, например, прямой ущерб от землетрясения в Манагуа (1972) составил 209% стоимости годового валового продукта Никарагуа. В США ущерб только от четырех крупнейших природных катастроф в 1989-1994 гг. (землетрясения в Ломо Приета и Нортридже, тропический ураган Эндрю и наводнение на Среднем Западе) составил 88 млрд. долларов США, что оказало заметное влияние на экономику даже наиболее развитой страны мира.

Осознание того, что природные бедствия являются серьезным препятствием развитию экономики, побудило Генеральную ассамблею ООН принять 22 декабря 1989 г. резолюцию (№ 44/236), в которой период с 1990 по 2000 г. провозглашен Международным Десятилетием по уменьшению опасности стихийных бедствий. Всемирная конференция по природным катастрофам, организованная в мае 1994 г. в Йокогаме (Япония), подвела первые итоги деятельности Десятилетия. В принятой на конференции Декларации отмечается, что борьба за уменьшение ущербов от природных

¹ Natural Disasters in the World. Statistical Trend on Natural Disasters. National Land Agency: Japan, IDNDR, Promotion Office, 1994. 18 p.

² Disasters around the World. Global and Regional View. World Conference on Natural Disaster Reduction. 23-27 May, 1994. Information paper. № 4. Yokohama, 1994, 87 p.

катастроф должна быть важным элементом государственной стратегии всех стран в достижении устойчивого развития.

5.3.1 Природные катастрофы

На территории России, обладающей чрезвычайно большим разнообразием геологических, климатических и ландшафтных условий, встречается более 30 опасных природных явлений, среди которых наиболее разрушительными являются: наводнения, подтопления, эрозия, землетрясения, оползни, сели, карст, суффозия, горные удары, снежные лавины, ураганы, штормовые ветры, смерчи, сильные заморозки, различные мерзлотные явления и др. Одни виды опасных природных явлений происходят в виде внезапных и кратковременных событий (землетрясения, оползни, лавины, обвалы, карстовые провалы, смерчи), принося большие материальные потери и гибель людей. Другие, как например, подтопление, эрозия, развиваются длительное время, редко приводят к гибели людей, однако, материальные ущербы от них достигают катастрофических размеров. Суммарная величина ежегодных материальных ущербов от природных катастрофических явлений в России по экспертным оценкам составляет не менее 22-27 млрд. долларов США.

На территории Российской Федерации за год в среднем происходит 230-250 событий чрезвычайного характера, связанных с природными опасными процессами, Ниже дается частота проявления различных процессов.

Наводнения	35%
Ураганы, бури, штормы, смерчи	19%
Сильные или особо длительные дожди	14%
Землетрясения	8%
Оползни, обвалы, сели	5%
Сильные снегопады	5%
Сильные морозы, заморозки в вегетационный период	3%
Лавины	2,5%
Метели	2,5%
Засухи	2%
Грозы, градобития	1%

По своей природе все природные опасности можно подразделить на явления метеорологического и геологического характера.

Среди бедствий гидрометеорологического характера наиболее разрушительными являются наводнения, цунами, различные атмосферные явления.

Угроза наводнений в России существует более чем у 40 городов и нескольких тысяч других населенных пунктов. Площадь пойменных земель, периодически затопляемых речными и озерными водами составляет около 0,5 млн. км². В исключительно многоводные годы как в 1926 и 1966 гг., площадь затоплений оценивается в 150 000 км², а в средние по затопляемости годы — 50 000 км². Повторяемость затоплений для большинства территорий изменяется от 1 раза в 5-10 лет до 1 раза

в 15-20 лет. Среднестатистический ущерб от наводнений в стране составляет около 3,25 млрд. долларов США в год. Основными причинами наводнений служат интенсивные дожди, таяние снега, ветровые нагоны и приливные явления в устьях рек, ледовые заторы на реках, прорывы дамб и плотин, обвальные и оползневые явления.

Среди атмосферных опасных процессов наиболее разорительными являются шквалы, ураганы, тайфуны, град, смерчи, сильные ливни, грозы, метели и снегопады. Всего за период с 1992 по 1995 гг. на территории России произошло около 280 стихийных бедствий атмосферного характера, которые по годам распределяются следующим образом: в 1992 — 79, в 1993 — 60, в 1994 — 50, в 1995 — 67 случаев. Ущерб, наносимый атмосферными явлениями, в ценах 1994 г. исчисляется в десятках и сотнях миллиардов рублей. Например, в 1991 г. от смерча в районе г.Туапсе убытки составили более 250 млрд рублей (в ценах 1997 г.), ураганный ветер в районе г.Калининграда в 1992 г. привел к прорыву дамбы и затоплению поселков.

Крупное стихийное бедствие произошло в г.Новороссийске в ноябре-декабре 1993 г. Город находился под натиском стихии 23 дня (ураганный ветер 20-40 м/с, снег, метель, гололед). Потерпело крушение 10 судов, из которых 7 затонуло, 3 судна выброшено на берег, погибло 5 человек. Ежегодно территория российского Дальнего Востока подвергается воздействию от двух до пяти тропических тайфунов. Максимальное количество — 8 было в 1985 г. Экономические ущербы от единичного тайфуна колеблются от 1 до 600 млн долларов США. Наиболее сильный тайфун за последние годы произошел в ноябре 1995 г., охватил Южный Сахалин, Камчатку и часть Приморского края (г.Благовещенск) и принес ущерб не менее 350 млрд рублей (в ценах 1997 г.).

Наиболее часто от зимних атмосферных бедствий (метели, снегопады) страдают районы Дальнего Востока, Магаданской области и Сахалина. В Европейской части России наименее защищенными от этих процессов оказывается Брянская, Калужская, Владимирская, Нижегородская, Саратовская области и Мордовия. Летним конвективным явлениям (град, шквалы, ливни, смерчи) наиболее подверженными оказываются юго-запад Дальнего Востока, левобережье р.Волги, отдельные районы Урала, Северный Кавказ, побережье Черного моря.

Нельзя не отметить огромный ущерб, который уже сейчас несет страна в связи с подъемом уровня Каспийского моря. К концу 1995 г. подъем Каспия достиг 2.65 м, затоплены десятки тысяч сельскохозяйственных угодий, отселен ряд поселков, подтоплены значительные территории в городах Махачкале, Дербенте, Каспийске. Крупный ущерб наносится нагонами морской воды, достигающими 2,0-2,5 м в северной части Каспия. В марте 1994 и 1995 гг. такие нагоны на несколько дней затопили г. Лагань, разрушив временные защит-

ные дамбы. В ближайшие годы ситуация на побережье Каспия, видимо, будет еще более трагична.

Следует отметить, что реальные ущербы от гидрометеорологических опасностей значительно выше указанных.

Бедствия геологического характера возникают в результате экзогенных и **эндогенных** геологических процессов. Среди эндогенных — землетрясения. За период 1992-1995 гг. на территории Российской Федерации произошло более 120 ощутимых землетрясений, два из которых, Шикотанское землетрясение 4 октября 1994 г. и Сахалинское 27 мая 1995 г., были сильнейшими, вызвавшими ситуации чрезвычайного характера: человеческие жертвы, сильные разрушения объектов социальной и промышленной инфраструктуры, разрывы, трещины, оползни.

Экзогенные явления — оползни, обвалы, сели, абразия, переработка берегов водохранилищ, мерзлотные процессы и т.д. Пораженность территории оползнями, селевыми потоками в отдельных районах Северного Кавказа, Поволжья, Забайкалья, Сахалина достигает 70-80% от площади района. Особенно сильно страдают урбанизированные территории: в Российской Федерации этим процессам подвержено 725 городов. Ежегодный ущерб от оползней, селей, обвалов изменяется от нескольких сотен миллионов до одного миллиарда долларов США.

Относительно менее опасными в основном из-за меньших объемов и скоростей одновременного перемещения масс горных пород и воды являются процессы плоскостной и овражной эрозии, переработки берегов водохранилищ и морей, набухания грунтов и др. Эти процессы не приводят к гибели людей, но экономические потери от их развития часто сопоставимы (в основном из-за необратимых потерь земель) с наиболее катастрофическими природными явлениями. В отдельные годы ущерб достигает 8,3-9,4 млрд долларов США. Возможный максимальный разовый ущерб может достигать 0,45 млрд долларов США. Ежегодно с пахотных склонов в Российской Федерации сносится 0,56 млрд тонн наиболее плодородной части почв. Средний суммарный приrost длины овражной сети составляет 20 тыс. км, сокращение пашни за счет развития оврагов — 100-150 тыс. га.

Наиболее опасными **криогенными** процессами, часто приводящими к аварийным ситуациям, являются: тепловая осадка оттаивающих пород и термокарст, морозное пучение пород и наледеобразование, термоэрозия и термоабразия, сплывы грунтов и солифлюкция. Весьма широко эти процессы распространены в зоне развития многолетнемерзлых пород, которая составляет около 64% территории России.

Ежегодный суммарный экономический ущерб от 5 криогенных процессов (пучение, термокарст, наледеобразование, термоэрозия, солифлюкция) доходит до 1 млрд долларов США.

5.3.2. Природно-техногенные катастрофы

На территориях интенсивного хозяйственного освоения и крупных городов широкое распространение имеют новые виды опасностей, получивших название природно-техногенных. Появление таких процессов связано с интенсивным антропогенным воздействием на окружающую среду, под влиянием которого появляются новые или интенсифицируются медленно развивающиеся природные процессы.

Среди природно-техногенных процессов наибольшую опасность для городских и промышленных агломераций представляет наведенная сейсмичность, опускание территорий, подтопление, карстово-суффозионные провалы, техногенные геофизические поля и др.

Изучение воздействий человека на земную кору позволило в последнее время открыть новый феномен в динамике земной коры, получивший название наведенной сейсмичности¹. Суть этого явления заключается в том, что антропогенное вмешательство в земную кору может приводить к перераспределению имеющихся или образованию дополнительных напряжений внутри Земли и влиять на развитие природных процессов: ускорять накопление напряжений и тем самым увеличивать частоту природных землетрясений или способствовать разрядке уже накопленных напряжений, являясь, таким образом, «спусковым крючком» подготовленного природой сейсмического события.

Наиболее мощными факторами наведенной сейсмичности являются мегаполисы, крупные водохранилища, шахты и карьеры, закачка флюидов в глубокие горизонты земной коры, подземные атомные взрывы. Механизм воздействия каждого фактора на наведенную сейсмичность является специфическим. Так мегаполисы, шахты и карьеры увеличивают неоднородность напряженного состояния земной коры, создавая в одном случае дополнительную нагрузку (мегаполисы), а в другом разгрузку (шахты, карьеры) и тем самым способствуя проявлению сейсмических явлений.

Значительно больший эффект могут вызывать крупные водохранилища. Накопление большой массы воды приводит, с одной стороны, к дополнительной нагрузке на земную кору, достигающей 20 кг/см² и более, а с другой — к изменению гидростатического давления в породах на обширной территории, существенно выходящей за контуры водохранилища. Последний механизм, вероятно, является решающим, поскольку повышение гидростатического давления в трещинах и порах пород снижает силы трения на контактах земных блоков и способствует их «сейсмическому срыву».

Установлено, что вероятность проявления наведенной активности возрастает с увеличением высоты плотины. При строительстве плотин с высотой до 10 м наведенную сейсмичность вызывали

¹ Наведенная сейсмичность. М.: Наука, 1994, 218 с.

только 0,63% плотин при строительстве плотин высотой более 90 м — 10%, а для плотин высотой до 140 и более м — 21%¹. Повышение гидростатического давления и наведенная сейсмичность могут быть вызваны не только строительством крупных водных резервуаров, но и закачкой флюидов в глубокие горизонты земной коры (при захоронении загрязненных вод, создании подземных хранилищ жидкостей и газов, законтурном обводнении месторождений углеводородов).

Несомненно мощным фактором возбуждения сейсмической активности являются подземные ядерные взрывы, которые сами по себе вызывают сейсмические эффекты, а в сочетании с разрядкой накопленных природных напряжений могут провоцировать весьма опасные наведенные землетрясения (автершоки). Энергия автершоков, как правило, не превышает энергию взрыва. Однако после подземного взрыва в апреле 1989 г. на Кировском руднике ПО «Апатит» на горизонте +252 м с целью отбойки очередного блока породы, произошло землетрясение с интенсивностью в эпицентре равной 6-7 баллам ($M > 4,8-5$) и сейсмической энергией 1012 Дж при энергии самого взрыва 108 — 109 Дж².

На многих территориях промышленных и городских агломераций на фоне природных движений поверхности земли наблюдаются процессы опускания поверхности, связанные с техногенными факторами, которые по своей скорости и негативным последствиям значительно превосходят привычные нам тектонические движения. Одной из причин может быть дополнительная статическая и динамическая нагрузка от зданий, сооружений и транспортных систем города. Еще больший эффект производит извлечение подземных вод. На территории Токио в 1970-1975 гг. была достигнута максимальная величина снижения поверхности Земли (около 4,5 м)³.

В России эта проблема является актуальной для Западной Сибири, где опускание территории даже на несколько десятков сантиметров может существенно увеличить ее сильную заболоченность.

Одним из наиболее распространенных и ущербных природно-техногенных процессов является подтопление территорий. Развитие его выражается в подъеме уровня грунтовых вод к дневной поверхности, что приводит к переувлажнению грунтов, заболачиванию, затоплению подвальных и технических помещений; повышается сейсмичность территории, идет снижение несущей способ-

ности грунтов, наблюдаются преждевременные деформации и выход из строя сооружений и подземных коммуникаций, ухудшается экологическая обстановка в городе. Подтопление нередко вызывает активизацию оползней, просадок, провалов и набухания грунтов, загрязнение грунтовых вод, усиливает коррозионные процессы в подземных конструкциях, приводит к деградации почв и угнетению растительных комплексов. На территориях, где подземные воды загрязнены нефтью и нефтепродуктами, подтопление вызывает подъем жидких и газообразных углеводородов к поверхности земли, что создает взрыво- и пожароопасную обстановку.

В последние десятилетия процесс подтопления освоенных территорий принял в России практически повсеместный характер, причем, часто на фоне образования депрессионных воронок артезианских вод. В настоящее время подтапливается около 9 млн га земель различного хозяйственного назначения, в том числе 5 млн га сельскохозяйственных земель и 0,8 млн га застроенных городских территорий. Из общего количества городов, равно 1064, подтопление отмечается в 792 (74,4%), из 2065 рабочих поселков в 460 (22,3%), а также в 762 сельских населенных пунктах. Подтапливаются практически все крупные города: Астрахань, Волгоград, Иркутск, Москва, Нижний Новгород, Новосибирск, Омск, Ростов на Дону, Санкт-Петербург, Томск, Тюмень, Хабаровск и другие.

Особенно сильно страдают от подтопления города, территории которых сложены лессовыми грунтами, относящимися к структурно-неустойчивым породам, способным при замачивании терять структурную прочность и уплотняться. В результате уплотнения происходит деформация (опускание) поверхности — просадка лессов от нескольких сантиметров до метров. В некоторых городах Северного Кавказа, где просадочные лессы имеют мощность 20-30 м, величина просадки достигает 1,0-1,5 м. Просадка лессов при подтоплении вызывает деформации, а иногда и полное разрушение зданий и сооружений, подземных коммуникаций, транспортных систем.

Ущерб от подтопления 1 га городской территории составляет 30-460 млн руб. в год. В целом в России ущерб от подтопления городских территорий составляет по оценке Минстроя России около 60 трлн руб. в год (в ценах 1994 г.). Ущерб от выхода земель из сельскохозяйственного использования при подтоплении составляет 10 трлн руб. в год.

На территориях, сложенных мощными толщами растворимых пород (солей, гипса, известняка, мела), широко развиты процессы локального растворения этих пород и образования карстовых пустот. Примером являются карстовые пещеры.

Откачка подземных вод и нарушение установленного гидродинамического режима на территориях, пораженных древним карстом, может вызвать нарушение устойчивости этих территорий и

¹ Patil D. N. et al. Reservoir induced seismicity in the vicinity of Lake Bhats Macharashtra, India. Phys. of the Earth and Planet. Inter. 1986. Vol. 44, № 2, P. 73-81.

² Адушкин В. В., Спивак А. А., Дубиня М. Г. Сейсмические явления, наведенные подземным ядерным взрывом//Сб. "Наведенная сейсмичность". М.: Недра, 1994, с. 199-206.

³ Карбоньин Л. Опускание земной поверхности — катастрофическое явление глобального масштаба// "Природа и ресурсы". Изд-во ЮНЕСКО. Т. XXI, № 1. 1985. С. 2-12.

развитие так называемых карстово-суффозионных процессов, приводящих к образованию воронок природно-техногенного генезиса. В некоторых районах эти процессы развиваются настолько быстро, что становятся опасными не только для зданий и сооружений, но и для людей. Например, за последние 25 лет в северо-западной части Москвы образовалось 42 карстово-суффозионных провала. Воронки имели диаметр до 40 м, глубину от 1,5 до 5-8 м. Пострадало три пятиэтажных здания, жителей которых пришлось переселить, а дома разобрать¹.

Интенсивная хозяйственная деятельность городских и промышленных агломераций вызывает образование на их территориях техногенных физических полей, таких как вибрационные, температурные поля, блуждающие электрические токи.

Вибрационные поля в связи с движением транспорта создаются железнодорожным транспортом в 80-120 децибел (дБ), трамваем — 70-135 дБ, автомобильным транспортом — 40-65 дБ. Их динамическое воздействие на грунты вызывает снижение их несущей способности, влияет на техническое состояние зданий и сооружений, условия жизни и работы людей.

Электрическое поле блуждающих токов на территориях интенсивного хозяйственного освоения и городов формируется за счет утечек тока с электрифицированного рельсового транспорта, заземленных промышленных установок, станций катодной защиты и других источников. Коррозия металлов под воздействием таких полей существенно интенсифицируется и ускоряет разрушение стальных трубопроводов в 5-10 раз. Около 30% повреждений в трубах на территории Москвы приходится на долю электрокоррозии от блуждающих токов; 24% площади города отнесены к территориям с высокой степенью коррозионной опасности, на которых электрические поля блуждающих токов в сотни раз превышают естественный фон².

Изменение теплового режима территории городов происходит под влиянием нарушения естественного режима поглощения солнечного тепла из-за повышенной задымленности атмосферы и экранирования значительной части их площади различными объектами, использования подземных вод в качестве охладителей систем кондиционирования воздуха, тепловыделения отдельных промышленных объектов, утечек нагретых вод. В результате в геологической среде урбанизированных территорий создаются зоны тепловых аномалий с превышением температуры над фоном до 10 и более градусов. Изменение теплового режима территории отражается на состоянии биоты и подземных вод, отрицательно сказывается на агрес-

сивности грунтов и грунтовых вод по отношению к подземным сооружениям и коммуникациям.

5.3.3. Синергетические катастрофы

Природные бедствия часто носят синергетический характер (от греч. *synergetikos* — согласованно действующие), выражающиеся в том, что одно природное явление вызывает целую цепочку других катастрофических явлений. Часто суммарный ущерб от синергетических катастроф превосходит сумму ущербов при раздельном развитии этих процессов. Известно много случаев возникновения цунами, оползней, селей и обвалов при землетрясениях, развития просадок лессов при подтоплении, затопления территорий при нагонных ветрах, образования селевых потоков при извержении вулканов и т.д. Вызванное природное явление в ряде случаев превосходит по разрушительной силе иницирующее явление. Например, во время землетрясений в провинции Консу в Китае в 1920 г. произошла массовая активизация оползней, в результате чего были разрушены десятки деревень и погибло около 100 тыс. человек.

Еще большая опасность создается, когда в синергетический процесс втягиваются технические катастрофы. Рост количества природных катастроф, с одной стороны, увеличение плотности техносферы на Земле — с другой, существенно повышают вероятность того, что в зону риска природных катастроф будут вовлечены сложные инженерные сооружения (атомные электростанции, химические предприятия, нефте- и газопроводы, плотины водохранилищ, хранилища горючих и вредных веществ, транспортные системы и т.д.) На урбанизированных территориях из-за высокой концентрации промышленных предприятий практически любое стихийное бедствие способно вызвать серию технических катастроф — пожары, взрывы, выбросы и разливы химических веществ. В результате существенно расширяется зона бедствия, увеличиваются экономические потери, ухудшается состояние окружающей среды.

Развитие синергетических катастроф значительно усложняет меры по их ликвидации, поскольку профилактические действия, направленные против природных явлений, оказываются неадекватными при одновременном возникновении природной катастрофы и технической аварии. Даже в странах с высокими технологическими стандартами и жесткими строительными требованиями предотвращение технических аварий при природных катастрофах считается маловероятным. Поучительный пример дали землетрясения в Японии, в Кобе (январь 1995) и в Ниагате (июнь 1964). Землетрясения в Ниагате, продолжавшееся всего 15 секунд, нанесло огромный ущерб городу, построенному на водонасыщенных намывных песках. В результате разжижения песков многие здания и сооружения потеряли устойчивость и рухнули. После землетрясения катастрофические разрушения в городе

¹ Осипов В. И. Зоны геологического риска на территории г. Москвы // Вестник Российской академии наук, 1994. Т. 64. № 1. С. 32-45.

² Осипов В. И. Зоны геологического риска на территории г. Москвы // Вестник Российской академии наук, 1994. Т. 64. № 1. С. 32-45.

продолжались почти трое суток и были связаны с массовыми пожарами в порту, где размещались нефтеперерабатывающие предприятия и хранилища нефти. Тушение пожара было затруднено, поскольку дороги, мосты и подъездные пути к порту были разрушены землетрясением. Пожар уничтожил не только объекты нефтехимии, но и более 300 жилых зданий в районах, прилегающих к порту.

Примерно такая же ситуация сложилась и в Кобе. Здесь возникло более 350 пожаров, уничтоживших уцелевшие от землетрясения здания на площади более 100 га в густонаселенном районе.

Не только опасные природные явления служат причиной технических и экологических катастроф. Существует и обратная связь, когда технические аварии и вызванные ими изменения окружающей среды усугубляются катастрофами природного характера. Вырубка лесов и мелиорация болот способствуют активизации оползневых и эрозийных процессов, резко повышают вероятность и опасность наводнений и ураганных ветров. Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере (парниковый эффект) может привести к повышению уровня Мирового океана и повсеместному затоплению низких морских побережий, активизации склоновых и других геологических процессов. По расчетам американских ученых, если содержание углекислого газа в атмосфере удвоится, то разрушительная сила ураганных ветров на всем земном шаре возрастет на 40-50%¹.

Опасность синергетических бедствий в России, инициированных техническими авариями, неуклонно возрастает. Это связано с тем, что выработка проектного ресурса основных фондов приближается к критической величине — 50-80%. Ряд важнейших объектов энергетики, нефте-газо-химии, транспорта, строительного комплекса уже сейчас работает за пределами проектного ресурса, что делает их потенциально опасными при дальнейшей эксплуатации. Так, в 1994 г. в России было около 36 000 аварий на магистральных и внутрипромысловых трубопроводах нефти и газа, которые нанесли огромный ущерб окружающей среде и создали в ряде районов чрезвычайную ситуацию.

Широкое развитие синергетических событий свидетельствует о тесной взаимосвязи природных, техногенных и экологических катастроф. В замкнутой системе повышение вероятности возникновения одного вида опасностей ускоряет проявление других. Возникает необходимость разработки единой теории и практических методов обеспечения безопасности, предусматривающих комплексный подход к катастрофическим явлениям.

5.3.4. Прогнозирование и предупреждение — основа стратегии борьбы с природными и природно-техногенными катастрофами

Усилия многих стран по уменьшению опасности стихийных бедствий были направлены на ликвидацию последствий природных явлений, оказание помощи пострадавшим, организацию спасательных работ, предоставление материальных, технических и медицинских услуг, поставку продуктов питания и т.д. Однако необратимый рост числа катастрофических событий и ущерба выдвигает в качестве приоритетной новую задачу: прогнозирование и предупреждение природных катастроф. В итоговом документе Всемирной конференции по природным катастрофам в Йокогаме (1994 г.) записано: «Лучше предупредить стихийные бедствия, чем устранять их последствия». В «Йокогамском обращении» эта идея конкретизирована: «С точки зрения достижения целей и задач Десятилетия предупреждение бедствий, смягчение их последствий и обеспечение готовности к ним более эффективно, нежели реагирование на бедствия. Меры такого реагирования сами по себе не являются достаточными, поскольку они позволяют добиться лишь временных результатов исключительно высокой ценой».

К сожалению, во многих странах к прогнозированию и предупреждению природных катастроф до сих пор относятся как к расточительной, дорогостоящей и не оправдывающей цели политике, не вписывающейся в повседневные экономические, социальные и политические проблемы. Между тем, по расчетам затраты на прогнозирование и обеспечение готовности к стихийным бедствиям примерно в 15 раз меньше по сравнению с величиной предотвращенного ущерба¹.

Нельзя считать, что человеческое общество находится в состоянии безысходности и полной обреченности перед лицом стихийных бедствий. Научные знания и накопленный опыт позволяют говорить о путях управления возникающими опасностями. Это прежде всего относится к природно-техногенным процессам и явлениям, развитие которых связано с деятельностью человека и тем самым легче контролируется и прогнозируется, чем события природного характера.

Йокогамская конференция выработала новую концепцию, в основе которой лежит прогнозирование и своевременная подготовка к удару стихии. В ее основе лежат мероприятия: оценка риска природных и природно-техногенных катастроф; проведение превентивных мероприятий; мониторинг и прогнозирование; принятие управляющих решений; их реализация.

5.3.5. Оценка риска

Оценка риска включает расчеты возможного числа погибших и пострадавших людей, а также

¹ Quarantelli E. L. Future Disaster Trends and Policy Implications for Developing Countries. Paper presented for the UN Conference on Natural Disaster Reduction. Topical Session № 6, Yokohama, 1994. 35 p.

¹ A Decade Against Natural Disasters. World Meteorological Organization, Geneva, 1994, № 799, 20 p.

экологических потерь, которые могут быть вызваны опасными природными явлениями. Она осуществляется на основе анализа распространенности природных опасностей и уязвимости среды. Вначале проводится сбор данных и составляются каталоги опасных природных явлений, встречающихся на изучаемой территории, определяются их самые опасные типы, частота проявления, физические параметры. Составляется карта (или серия карт) природных опасностей, отражающая вероятность развития опасного процесса (процессов) конкретной разрушительной силы. Анализируется уязвимость среды, степень защищенности людей и устойчивости элементов техносферы (гражданских, промышленных объектов, жилых зданий, транспортных магистралей и т.д.) от опасных природных явлений разной разрушительной силы.

На основе анализа природных опасностей и уязвимости среды оценивается риск. Результаты расчетов приводятся в виде карт риска, где выделяются территории (участки) по возможной величине социальных, экономических и экологических потерь от природных и природно-техногенных катастроф. В рамках Федеральной программы «Безопасность» начата разработка научных основ и методики составления карт риска. На первом этапе проводилось составление серии тематических карт природных опасностей для территории России в масштабе 1:5 000 000. В настоящее время составлено 15 таких карт для наиболее распространенных видов природных и природно-техногенных опасностей, а именно: землетрясений, наводнений, штормовых ветров и смерчей, подтопления, оползней, селей, переработки берегов водохранилищ, эрозии, карста, набухания грунтов, просадки грунтов, ранних заморозков, мерзлотных процессов, цунами и морской абразии, снежных лавин.

В методическом отношении важной особенностью карт является унификация их легенд. По величине ущербов все виды опасностей подразделены на 6 категорий и проведено районирование территории по вероятности развития опасности той или иной категории. Такой подход к картированию позволяет перейти к оценкам суммарных опасностей для каждой территории, а затем, имея количественные параметры природных процессов, к оценке устойчивости техносферы к их воздействию.

5.3.6. Превентивные меры

Превентивные меры предусматривают инженерно-геологическое районирование и инженерную подготовку территорий, устойчивое строительство, специальные образовательные программы для населения.

В ходе инженерно-геологического и сейсмологического районирования часто выясняется, что даже наиболее благоприятные для освоения участки недостаточно устойчивы и мало защищены от опасных природных явлений. Иногда возникает

необходимость в освоении заведомо неблагоприятных территорий, например, пониженных участков морских побережий и долин рек, склонов гор, территорий с закарстованными и просадочными грунтами. В этом случае одним из важнейших элементов превентивных мероприятий становятся защитные сооружения и инженерная подготовка территорий.

Известно, что при природных катастрофах гибель большинства людей связана с обрушением жилых и промышленных зданий. Важным превентивным мероприятием является применение принципиально новых конструкций зданий и сооружений повышенной устойчивости. Такое строительство признано социально приемлемым и экономически оправданным. Оно обходится, как правило, на 2-12% дороже стоимости строительства обычных зданий. Однако получаемый эффект несравнимо выше, если учесть не только экономические, но и социальные, экологические, психологические и другие факторы, являющиеся неотъемлемыми компонентами устойчивого развития общества.

Повышение информированности и знаний людей об опасных природных явлениях — один из наиболее эффективных способов смягчения последствий от природных катастроф. В таких развитых странах, как США и Япония, в школах, университетах, на радио и телевидении существуют образовательные программы, большими тиражами публикуются красочно оформленные брошюры, посвященные различным опасным явлениям и правилам поведения людей в чрезвычайных ситуациях. Проводятся специальные учения населения, проверяется готовность всех звеньев системы предупреждения и реагирования на грозящую катастрофу. Большую роль в развитии образовательных программ играют страховые компании. В Японии, например, страховые агентства тратят ежегодно на эти программы около 200 млн долларов США.

5.3.7. Мониторинг и прогнозирование

В Земле, ее твердой, жидкой и газообразной оболочках идет непрерывное взаимодействие физических полей различной природы, приводящее к возникновению аномальных явлений в литосфере, гидросфере и атмосфере. Постоянное наблюдение за этими процессами дает возможность устанавливать закономерности их развития, причинно-следственные связи и на этой основе развивать теорию прогноза.

Мониторинг является одним из важнейших звеньев всей системы предупреждения и прогнозирования. В России эта система состоит из нескольких видов мониторинга, находящихся под контролем различных ведомств. Контроль за событиями гидрометеорологического характера осуществляется рассредоточенными по территории страны организациями Росгидромета. Система Гидромета до 1987 г. насчитывала около 1800 станций различных видов (в том числе метеорологических 1185 и

гидрологических — 98) и 3586 наблюдательных постов (2689 гидрологических и 62 метеорологических постов), 42 гидрометеорологические обсерватории, 191 авиаметеорологических станции и 146 аэрозольных станции. Начиная с 1987 г. эта сеть была существенно сокращена: было закрыто более 330 станций и 1400 постов. Для получения необходимого объема информации о гидрометеорологических процессах были приняты меры по увеличению роли дистанционного зондирования из космоса.

Сейсмические наблюдения в стране ведутся на основе наблюдательной сети Российской академии наук. Эта работа выполняется силами опытно-методических экспедиций РАН, осуществляющих наблюдения на сейсмических сетях трех уровней: телесеismicком, региональном и локальном. Всего в сейсмической сети РАН создано девять центров сбора и обработки данных и около 180 сейсмических станций, число которых, к сожалению, в последние годы уменьшается из-за отсутствия достаточного финансирования.

Наблюдения за опасными геологическими процессами осуществляются серией комплексных инженерно-геологических и гидрогеологических партий системы Роскомнедра. Разработана концепция Государственного мониторинга геологической среды. В состав этого мониторинга входят три подсистемы: мониторинг экзогенных, эндогенных геологических процессов (наблюдение за изменением гидрогеодеформационного поля с целью прогноза землетрясений) и мониторинг подземных вод.

Данные мониторинга и системная информация о природных катастрофах — основа прогнозов. Наместились два подхода к прогнозированию опасных природных процессов. Первый базируется на изучении предвестников конкретных катастрофических явлений и опирается на информацию, получаемую от сетей мониторинга. Второй — основан на расчетах с применением детерминистических или комбинации детерминистических и статистических методов. Первый подход используется преимущественно для кратко- и среднесрочного прогнозирования, второй — для средне- и долгосрочного.

5.3.8. Принятие управляющих решений

Все работы по предупреждению и прогнозированию не достигнут цели, если не будут завершаться принятием управляющих решений, направленных на снижение ущербов от природных и природно-техногенных катастроф. В зависимости от целей и задач эти решения могут быть трех типов: стратегические, превентивные и чрезвычайные.

К первым относятся решения, принимаемые на федеральном уровне с перспективой на долгосрочное устойчивое развитие регионов страны. К их числу относится разработка программ размещения производительных сил, регулирования потоков переселенцев, эмигрантов, рабочей силы с

учетом природных рисков в регионах страны. Важное стратегическое значение имеет также принятие решений по инвестированию и налогообложению отдельных регионов с учетом дополнительных расходов на борьбу с природными катастрофами, которые определяются необходимостью ведения планового строительства, устойчивого к тому или иному воздействию стихии, создания защитных сооружений, инженерной подготовки территорий и т.д.

Превентивные управляющие решения представляют собой систему мер, применяемых в относительно сжатые сроки (месяцы, до года) на основании долго- и среднесрочных прогнозов о приближающейся катастрофе. Они включают мероприятия по укреплению наиболее ответственных зданий и сооружений (школ, больниц, предприятий энергетики, транспорта, связи), строительство специальных сооружений для укрытия людей, создание системы оповещения в реальном времени, подготовку лиц и команд для участия в ликвидации последствий катастрофы и оказании санитарно-медицинской помощи, создание резерва продуктов питания, предметов первой необходимости и жилья.

Управляющие решения чрезвычайного характера принимаются на основе краткосрочных прогнозов и оперативной информации о предвестниках опасных явлений, в условиях, когда отсутствует время для принятия каких-либо превентивных мер. Такие решения включают срочное оповещение населения города о предстоящем событии, принятие экстренных мер по перемещению (переселению) людей, безопасного их укрытия и мобилизацию специальных подразделений (в том числе армейских) на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации.

5.3.9. Заключение

Анализ развития природных и природно-техногенных катастроф в мире и в России свидетельствует о том, что невозможно добиться устойчивого развития страны без надлежащих мер по сокращению ущерба, причиняемого стихийными бедствиями. Поэтому развитие системы предупреждения о стихийных природных явлениях, уменьшения их опасности и смягчения последствий следует считать одной из приоритетных областей деятельности на всех уровнях — международном, государственном, областном и местном. Этим должны заниматься не только ученые, специалисты, организации и лица, непосредственно отвечающие за проблему, но и государственные и политические деятели.

Мероприятия по смягчению последствий катастроф должны стать элементом государственного планирования социально-экономического развития, а работа по предупреждению и готовности — одним из постоянных направлений хозяйственной деятельности.

Мероприятия по смягчению последствий катастроф должны стать элементом государственного планирования социально-экономического развития, а работа по предупреждению и готовности — одним из постоянных направлений хозяйственной деятельности.

Стратегию уменьшения опасности следует учитывать во всех проектах и инвестиционных программах, связанных со строительством, образованием, социальным обеспечением, здравоохранением. Средства массовой информации нужно ориентировать на просветительскую и информационную работу, призванную повысить осведомленность общественности об опасных природных явлениях, о правилах поведения в чрезвычайных ситуациях и мерах по смягчению последствий природных катастроф.

Необходимо стимулировать научные исследования, направленные на организацию многоуровневой системы прогноза и предупреждения, разработку теории оценки риска, смягчения последствий, анализ уязвимости людей и технической инфраструктуры общества, создание новых строительных технологий и конструкций, устойчивых к воздействию нагрузок от опасных явлений, а также новых материалов и средств, используемых при предупреждении и ликвидации природных бедствий.

Принимая решения об инвестициях в районах, подверженных природным опасностям, надо учитывать риск, а расходы на его предотвращение включать в экономический анализ.

Настоящая работа выполнена в рамках второго направления программы «Безопасность», финансируемой Миннаукой России.

5.4. ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ

В последние годы ведущие ученые мира поднимают один из важнейших глобальных вопросов о выживаемости человечества в наступающих XXI веке и III тысячелетии и об организации совместных усилий в этом направлении.

В конце уходящего столетия стало очевидным, что многие оптимистические прогнозы развития человеческой цивилизации не оправдались или оправдались только частично. Ускоренный технический и социальный прогресс, обещавший решение планетарных проблем обеспечения человечества теплом и энергией, продовольствием и жильем, медицинским обслуживанием, культурным развитием и образованием, сохранением окружающей среды и поддержанием личной и коллективной безопасности, оказался в противоречии с эволюционными процессами в обществе и природе.

Многое из того, что создавалось гением человеческого разума во имя и во благо человека (атомная энергия, ракетно-космическая техника, скоро-

стой транспорт, трансплантация органов, генная инженерия, глобальная коммуникационная система, массовая культура и новые религии) в целом ряде случаев оборачивалось своей противоположностью. Даже компьютеризация требует новых взвешенных подходов.

Две мировые войны, унесшие десятки миллионов жизней, ядерное, химическое и бактериологическое оружие массового поражения, ядерные и химические катастрофы, психотропные воздействия на человека, вмешательство в наследственные генные коды, массовое манипулирование сознанием, неприемлемое правовое, экономическое и экологическое расслоение общества, стран и континентов — это результат как неуправляемых, так и специально направленных усилий живших и живущих в XX веке людей на нашей планете.

Прекрасный и печальный опыт уходящего века требует нового научного подхода к его анализу и поиску оптимальных и потенциально менее опасных путей развития человечества как в ближайшем, так и в отдаленном будущем.

Два последних десятилетия прошли под уже принятым мировым сообществом пониманием решающей роли экологической составляющей нашего бытия — сохранения, очистки и реабилитации окружающей среды в рамках устойчивого развития. Эта проблема будет одной из определяющих и в XXI веке.

Вместе с тем, спектр потенциальных угроз человечеству в XXI веке существенно расширился. К ним должны быть отнесены комплексы как антропогенных, так и природных опасностей — социальные, политические, экономические, военные, техногенные, экологические, информационные, межцивилизационные, демографические, сейсмические.

Одной из важнейших задач современной мировой науки в глобальном смысле должен явиться поиск наиболее эффективных путей, способов и средств, необходимых для защиты человеческого общества и окружающей среды от потрясений и угроз, вызванных, в том числе техногенной деятельностью человека, непрерывным ростом мирового промышленного и сельскохозяйственного производства, урбанизацией, вводом в действие технических объектов огромной мощности и высокой производительности, постоянным возрастанием скоростей перемещения людей и грузов. Развитие промышленности, транспорта, высокая энергонасыщенность техносферы, направленные на облегчение жизни человека и увеличение производительных сил, привели к тому, что за период после второй мировой войны экономическая эффективность деятельности человечества увеличилась больше, чем за весь предыдущий период, начиная с древних времен.

К сожалению, этот процесс сопровождается интенсивной и, часто без учета перспективы, эксплуатацией природных ресурсов и большим выб-

росом вредных веществ в окружающую среду. В связи с этим в ряде регионов земного шара заметно нарушено равновесие в окружающей среде вследствие техногенных воздействий на живую и неживую природу.

Производственная деятельность промышленных предприятий, транспорта, топливно-энергетического комплекса, химической промышленности загрязняет окружающую среду вредными выбросами, которые по характеру воздействия на биосферу разделяются на нетоксичные (N_2O_2 , CO_2 , H_2O , H_2) и токсичные (CO , NO_x , C_xH_y , SO_2 , H_2S и т.п.). На нашей планете ежегодно сжигается 4,5 млрд тонн бурых углей; 3,5 млрд тонн нефти; огромное количество торфа и всевозможных горючих смесей.

Примерно половину вредных выбросов обеспечивают транспортные средства. Автомобилями и тракторами в мире выбрасывается в атмосферу примерно 25-27 млн тонн монооксида углерода, 2-2,5 млн тонн углеводородов, 6-9 млн тонн окиси азота, 190-200 тыс. тонн соединений серы, 100-120 тыс. тонн сажи, 13 тыс. тонн тяжелых металлов, 200-230 млн. тонн двуоксида углерода. Это сопровождается выделением до $3,2 \times 10^{12}$ МДж теплоты.

В России примерно 70% вредных выбросов от транспорта приходится на автомобили, 9,4% — на тракторы и сельхозмашины, 9,2% — на железные дороги и 7,3% — на воздушный транспорт.

Только наш автомобильный парк ежегодно потребляет более 220 млн тонн кислорода, что превышает 8% его содержания над всей территорией страны. Вдоль наших напряженных автомагистралей в одной тонне поверхностного слоя земли встречается значительное количество свинца и других тяжелых металлов.

Как крупные, так и многочисленно повторяющиеся мелкие аварии с их кумулятивным эффектом особенно в густонаселенных регионах, оказывают негативное влияние на человека и среду обитания, вызывая экологические бедствия, последствия которых будут заметны еще десятки и даже сотни лет.

В особенно тяжелых ситуациях, в этом смысле, оказываются города-гиганты, мегаполисы. Валовой ущерб, наносимый Москве от выбросов отработанных газов автомобилей по различным экспертным оценкам составляет от 155 до 900 млн долларов в год. Практически ежедневно мы сталкиваемся с сообщениями о катастрофах и авариях различной степени тяжести по своим масштабам и причиненному ущербу. Решение экологических проблем мегаполисов и других населенных районов уже сейчас превращается в дело государственной важности, имеющее первостепенное, жизненно важное значение.

Более того, эти проблемы невозможно откладывать «до лучших времен», до исправления экономической ситуации. Дело это необходимо продвигать уже сейчас, используя весь имеющийся на-

учный потенциал, формируя и реализуя на государственном уровне соответствующие научно-технические программы, такие как программа «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф», последующая программа, предусматривающая не только оценку, но и снижение потенциального риска на основе технических и экономических критериев, смягчение последствий техногенных и природных катастроф.

ГНТП «Безопасность» была задумана нами в 1988-1990 гг. и принята к исполнению в 1991 году. Концепция программы заключалась в разработке научных, административно-организационных, правовых, социально-экономических, медико-биологических и других основ создания предпосылок для 2-3-кратного снижения потерь от аварий и катастроф в Российской Федерации, уносящих десятки тысяч человеческих жизней и поглощающих многие триллионы рублей. Программа закладывает новый фундамент национальной политики в области безопасности и защиты населения, объектов и территорий от природных и техногенных катастроф. На базе ее разработок будет обоснованно продлеваться на 25-100% ресурс безопасной эксплуатации важнейших народнохозяйственных объектов и объектов оборонного комплекса.

Российская Федерация с использованием результатов работ по программе входит в международное сотрудничество по предотвращению аварий и катастроф глобального и национального масштаба с опасностью трансграничных переносов.

На территории России эксплуатируются более 800 ядерных и 1500 химических и биологических объектов повышенной опасности, размещаются десятки тысяч километров магистральных газо-нефте-продуктопроводов, транспортируются сотни тысяч взрыво-пожароопасных продуктов и отравляющих веществ. Серьезную проблему в обществе представляют несовершенные технологии хранения, утилизации и уничтожения оружия массового поражения. Средний период повторения чрезвычайных ситуаций составляет: 10-15 лет для аварий и катастроф с ущербом более 100 млн руб.; 8-12 месяцев — с ущербом до 10 млн руб.; 15-45 дней — с ущербом до 0,4 млн руб. Ежегодно в России аварии и катастрофы уносят более 50 тысяч человеческих жизней, наносят увечья более 250 тыс. человек.

Крупнейшие аварии и катастрофы по экологическим, экономическим и социальным последствиям не имеют ни политических, ни национальных, ни географических границ. Потери от техногенных аварий и катастроф (взрывы, пожары, разрушения, выбросы радиоактивных и отравляющих веществ, крушения и др.) и природных катаклизмов (землетрясение, ураганы, сели, обвалы, оползни, наводнения и др.) с каждым годом нарастают на 10-30 процентов.

Устойчивость указанной негативной тенденции

Таблица 1

Чрезвычайные ситуации на территории Российской Федерации

Тип		1990 апр-дек	1991	1992	1993	1994	1995 янв-сен
Техноген- ные	Авиакатастрофы	1	9	41	32	40	28
	Железнодорожные аварии и катастрофы	16	21	137	105	105	110
	Аварии на газонефтепроводах	10	17	38	41	45	43
	Аварии на АЭС и других атомных установках	2	3	7	1	5	5
	Аварии на шахтах	2	4	11	13	23	21
	Прочие техногенные аварии и катастрофы	52	92	393	387	459	673
Природ- ные	Землетрясения выше 4 баллов	нет данных	нет данных	48	34	66	53
	Паводки и наводнения	10	14	24	10	23	19
	Прочие стихийные бедствия	25	27	31	55	45	40

объясняется тем, что сложные технические системы, представляющие опасность для людей и окружающей среды, создавались, как правило, на основе использования традиционных правил проектирования и простейших инженерных методов расчета и испытаний, не отвечающих в полной мере требованиям к обоснованию безопасности таких систем. Длительное время фундаментальные научные и прикладные разработки ориентировались на достижение важнейших характеристик прогресса (повышение эффективности, рост энергооборуженности, увеличение единичных мощностей, повышение скоростей, освоение новых материалов и технологий) без учета риска возникновения аварий и катастроф.

Аварии на Чернобыльской АЭС и Тримайл-айленд, землетрясения в Спитаке, Газли, Японии, тяжелые аварии в США, Индии, Мексике, Иране, Германии выявили существенную роль и значимость научных разработок теории безопасности и анализа риска.

Принципиально новый подход к реальному обеспечению безопасности человека, сложных технических систем и окружающей среды возможен только на путях постановки на национальном, региональном и международном уровнях четырех базовых проблем:

- разработка фундаментальных основ теории техногенных и природных аварий и катастроф, теории защиты и безопасности;

- переход к проектированию, созданию и эксплуатации потенциально опасных производств и объектов на базе новых критериев, методов и средств обеспечения безопасности;

- создание методов и средств оповещения, защиты и спасения людей, а также ведение восстановительных работ в зонах возникновения и развития катастроф;

- создание единой национальной, региональной и международной нормативно-законодательной базы по техническому, правовому и экономическому регулированию вопросов безопасности.

Проблемы безопасности в природно-техногенной сфере в 90-е годы приобрели дополнительную актуальность, так как тяжесть и негативные последствия от природно-техногенных аварий и катастроф

не снизилась, хотя объем хозяйственной деятельности существенно сократился.

В 1990-95 гг. было зарегистрировано около 4000 чрезвычайных ситуаций. Данные о некоторых из них приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 2

Относительный рост числа техногенных и природных катастроф в 1991-1995 гг.

Типы аварий и катастроф	1991	1992	1993	1994	1995
Техногенные	1,00	4,3	3,9	4,6	6,02
Природные	1,00	1,07	1,03	1,39	1,16

Если относительное изменение по годам числа природных катастроф сравнительно не велико (до 1,4), то коэффициент нарастания техногенных аварий и катастроф за последние пять лет резко увеличился (до 6,0); темп нарастания суммарного их числа увеличивался за это время в 3,5 раза быстрее, чем для природных. В апреле 1995 года в стране было отмечено максимальное число чрезвычайных ситуаций за всю историю России.

Ежегодный суммарный ущерб от природных катастроф (для 21 опасного природного процесса) достигает 110-140 трлн руб. Такие оценки суммарного ущерба от техногенных катастроф пока не проводились, однако, можно предполагать, что они становятся сопоставимы с ущербом от природных катастроф. При таких объемах ущерба, превышающих 3-5% от валового национального продукта, и ежегодном его росте даже на 10-15% в год в ближайшие годы экономика России будет не в состоянии восполнять потери от природных и техногенных катастроф, если сохранятся только традиционные способы борьбы с ними.

Суммарное число ежегодно погибающих в авариях и катастрофах в России составляет десятки тысяч человек, а число получающих увечья достигает сотен тысяч. В транспортном комплексе важной особенностью аварий и катастроф стало увеличение чрезвычайных ситуаций с гибелью людей на пассажирском транспорте (автомобильном, железнодорожном, воздушном, речном и морском). С учетом гибели в катастрофах, от производственных травм и отравлений смертность по этим причинам переместилась на второе место

(после смертности от сердечно-сосудистых заболеваний).

К настоящему времени в России насчитывается около 100 тыс. опасных производств и объектов. Из них около 1500 ядерных и 3000 химических обладают повышенной опасностью. При этом в ядерном комплексе сосредоточено около 1013, а в химическом комплексе около 1012 смертельных токсодоз. Для потенциально опасных объектов и производств характерна существенная выработка проектного ресурса (табл. 3).

Таблица 3

Степень использования ресурса	Относительный объем объектов
более 0,50	60%
до 0,75	20%
до 1,0	15%
более 1,0	5%

К началу 2000 года число потенциально опасных объектов с указанными степенями использования ресурса увеличится примерно на 10%. При этом необходимые затраты на модернизацию, реконструкцию, вывод из эксплуатации могут достигать 15-20% от валового национального продукта.

Представляется, что должны быть существенно усилены и развиты работы, создающие единую научную основу анализа и управления техногенными и природными рисками, анализа и моделирования наиболее тяжелых аварий и катастроф с целью научного обоснования затрат по смягчению их последствий, анализа стратегии развития в рамках национальных и международных программ предотвращения аварий и катастроф. Без этого есть основания считать, что экономика страны будет не в состоянии в ближайшие годы восполнять потери от природно-техногенных катастроф.

Если учесть, что выработка проектного ресурса основных фондов в настоящее время в России достигла 50-80%, а ряд важнейших народнохозяйственных объектов энергетики, нефти-газо-химии, транспорта, строительного комплекса работает за пределами проектного ресурса, риск аварий и катастроф при их дальнейшей эксплуатации резко возрастает. Смена форм собственности на потенциально опасных объектах и производствах, приоритет экономических показателей хозяйственной деятельности перед показателями безопасности, ослабление государственного управления риском аварий и катастроф могут лишить Россию перспектив возрождения в ближайшие десятилетия.

При формировании и реализации концепций безопасности и устойчивого развития необходимо исходить из следующих положений:

— минимально необходимые затраты на предотвращение аварий и катастроф должны составлять 0,1 от реального и прогнозируемого ущерба, что эквивалентно 0,5% от ВВП;

— затраты на обеспечение безопасности и защиты от аварий и катастроф функционирующих объектов повышенной потенциальной опасности

должны составлять не менее 0,08-0,12 от стоимости этих объектов, что эквивалентно 1,2% от ВВП;

— затраты на создание новых объектов гражданского и оборонного комплексов с повышенной опасностью, удовлетворяющих требованиям приемлемого риска, составляют около 0,15 от стоимости проектов, что эквивалентно 0,2% от ВВП.

Суммарные ежегодные минимально необходимые затраты на обеспечение безопасности в природно-техногенной сфере России должны составлять не менее 1,9% от ВВП.

Эти затраты полностью окупятся благодаря 2-3-кратному снижению потерь от аварий и катастроф, не говоря о сохранении здоровья и жизни десятков и сотен тысяч человек и поддержании качества окружающей среды на должном уровне.

Существенной экологической значимостью обладают программы технологического профиля, обеспечивающие разработку широкого класса технологий и материалов, обладающих экологической чистотой, малоотходностью и ресурсосбережением. Серьезное внимание следует уделять, в частности, конструкционным и функциональным материалам.

При анализе техногенной безопасности сложных технических систем (СТС) необходимо рассматривать любые возможные ситуации, которые можно себе представить, включая гипотетические и запроектные, в первую очередь, учитывать существенную роль человеческого фактора:

во-первых, путем строгого анализа динамических процессов, происходящих в человекомашиных комплексах;

во-вторых, на основе глубокого познания природы тонких биомеханических процессов, происходящих в организме человека в условиях управления, например, мобильным транспортным средством, позволяющего прогнозировать возможность объективно возникающих ошибок в действиях оператора;

в-третьих, на базе результатов комплексного исследования состояния и поведения оператора как живого звена в единой биомеханической системе, подверженной вибрациям, шуму, тепловым и электромагнитным воздействиям с целью перформирования вибрационного поля таким образом, чтобы не только исключить вредное влияние, но и обусловить стимулирующее воздействие на организм человека¹.

В экспериментах Института машиноведения РАН на уникальных стендах установлены резонансные свойства человеческого тела. На основе результатов всесторонних фундаментальных биомеханических исследований разработана статистически пред-

¹ См. К. В. Фролов. Влияние вибраций на организм человека и проблемы виброзащиты (Москва -Левково, 1974 г.). М.: Наука; K. V. Frolov. Man under vibration: Suffering and protection. Udine, Italy, 1979. Publ. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. Co. 1981, 437 p.; К. В. Фролов. Человек в сложном мире вибраций. Наука и человечество. 1985 г. Международный ежегодник. — М., 1986 г., с. 241-259.

ставительная математическая модель человеческого тела с учетом поз и антропометрических особенностей. Разрабатываются рекомендации по эффективной вибрационной защите человека-оператора, по снижению возможности совершения им ошибок, вследствие утомляемости в рабочих условиях при действии опасных частот.

Усложняющиеся задачи управления СТС, таких, как энергетические комплексы, подвижные объекты и т.п., требуют все более оперативной обратной связи между человеком-оператором и объектом управления, повышения возможностей зрительного и слухового каналов оператора, использование дополнительного канала вибротактильной передачи информации через кожный покров путем вибрационного воздействия на биологически активные участки. В Институте машиноведения созданы технические устройства, использующие вибрационную чувствительность кожи в качестве информационного канала. Это может существенно повысить качество управления объектом, а в условиях быстро протекающих процессов, предотвращать возникновение угрожающих ситуаций. Использование разработанных устройств является одним из эффективных путей поддержки действий оператора в экстремальных случаях.

При исследовании систем организма, воспринимающих вибрацию, было обнаружено явление биомеханического резонанса: на некоторых частотах вибровозбуждения наблюдается максимальная биологическая активность виброрецепторов. Выяснилось, что если интенсивное и длительное вибровозбуждение вызывает патологические изменения, то строго дозированное с частотой биомеханического резонанса (60 гц) стимулирует ряд физиологических функций. В Институте машиноведения разработана вибростимулирующая обувь принципиально отличающаяся от уже существующих. Эти методы оказались плодотворными для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Создан вариант аппарата для лечения ряда заболеваний сердечно-сосудистой системы для пациентов, передвигающихся самостоятельно.

В клинических испытаниях разработанные нами системы использовались для лечения двигательных нарушений у больных, перенесших инсульт. Метод оказался достаточно эффективным.

Это лишь некоторые иллюстрации возможностей активизации человеческого фактора в системах «человек-машина-среда» с целью решения проблем техногенной безопасности, снижения технологического риска, уменьшения его до приемлемого уровня. Важно вовремя не допустить условий, приводящих к катастрофическим ситуациям под действием техногенных факторов.

В проблеме безопасности СТС человек в ряде случаев является и источником ошибок, приводящих к непоправимым последствиям, и в то же время он — необходимый фактор обеспечения оптимального проектирования, рационального создания и грамотной эксплуатации человеко-машин-

ных комплексов с использованием всего арсенала научно-обоснованных методов и средств поддержки и активизации деятельности оператора и защиты его от вредного влияния различных внешних условий.

Говоря о проблеме техногенной безопасности, нельзя не подчеркнуть ее международный, межгосударственный характер. Преодоление последствий катастроф зачастую не под силу одному государству и требует объединения сил. Неслучайно образован Межгосударственный совет по чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера государств-участников СНГ (МГС по ЧС).

Проблема инженерной безопасности вплотную примыкает к проблеме надежности при распространении данного понятия по отношению к окружающей среде и к людям. И, когда мы говорим о прочности, в течение заданного ресурса, всегда подчеркиваем необходимость обеспечения заданного **уровня безопасности** при удовлетворении требований надежности и эксплуатационной технологичности¹.

Для стадии возникновения и развития аварийных и катастрофических ситуаций на первое место выдвигаются задачи спасения и защиты персонала и населения с учетом действия основных поражающих факторов снижения риска и смягчения последствий катастроф. Оперативное принятие соответствующих решений становится невозможным без специальных комплексов аварийной диагностики, мониторинга и моделирования. Опыт создания и использования таких комплексов пока крайне ограничен. Одной из важнейших научно-технических задач в этом направлении должно стать полномасштабное физическое и математическое моделирование наиболее тяжелых аварий и катастроф, развития опасных процессов, многовариантного видения последствий. Атомная, космическая и авиационная техника накапливают такой опыт, а имеющаяся система действий в чрезвычайных ситуациях интегрирует этот опыт на реальных прогнозируемых и непрогнозируемых случаях.

Для стадии ликвидации последствий возникших аварий и катастроф построение средств защиты должно предусматривать учет краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных воздействий поражающих факторов.

Важнейшим научным направлением сейчас является развитие **теории безопасности сложных технических систем**, которое пока идет главным образом по пути предъявления экстраординарных требований к качеству оборудования систем управления и персоналу; выработки и обоснования самых разнообразных критериев безопасности (экономических, социально-политических, генетических и др.). Оказавшись на пороге экологической катастрофы в жестких энергетических, демографических и временных рамках, общество

¹ К. В. Фролов. Надежность и ресурс машин и механизмов. Вести АН СССР. 1985 г. № 8, стр. 74-84, ил.

Таблица 2

Типы аварий и катастроф

Объекты	Период	Потери, долл. США	Население
Глобальные: ядерные, военные, ракетно-космические	30-40 лет	$10^9 - 10^{10}$	$10^4 - 2 \times 10^6$
Национальные: ядерные, химические, военные	10-15 лет	$10^8 - 10^9$	$10^3 - 10^5$
Региональные: химические, энергетические, транспортные	1-5 лет	$10^7 - 10^8$	$10^2 - 10^4$
Местные: технические	1-6 мес.	$10^6 - 10^7$	$10^1 - 10^3$
Объектовые: технические	1-3 дней	$10^5 - 10^6$	$10^0 - 10^2$

столкнулось с необходимостью обеспечить хотя бы минимально приемлемый уровень безопасности среде обитания, необходимый для нормальной жизнедеятельности человека.

Человечество уже запоздало с решением этих жизненно важных задач. Ряд крупных аварий в последние десятилетия уже оказал существенное влияние на среду обитания, вызвав многочисленные экологические катастрофы, последствия которых будут заметны еще десятки и даже сотни лет. В районы действия этих катастроф попали населенные районы, что привело к значительному экологическому, экономическому и социальному ущербу. Для Республики Беларусь такие потери в связи с чернобыльской проблемой оказались весьма болезненными.

В этой связи мы разработали классификацию

аварий и катастроф. Закономерна не «локальная», а «глобальная» концепция безопасности СТС. Говоря о глобальной безопасности, следует иметь в виду весь риск техногенных и (или) природно-техногенных катастроф.

Подавляющее большинство аварийных ситуаций, естественно, возникает не в связи со сравнительно редкими стихийными воздействиями, которые трудно заранее предусмотреть в правилах эксплуатации технических сооружений (сильные землетрясения, цунами, штормы, наводнения и т.д.) или с неблагоприятным сочетанием природных и эксплуатационных воздействий, а прежде всего, вследствие влияния человеческого фактора. Это относится к ошибочным действиям человека-оператора (пилота, диспетчера, водителя и т.п.), персонала, управляющего машиной, или связано со



Рис. 1

злонамеренными действиями (технологический терроризм), направленными на вывод из строя технической системы (например, газо— или нефтепровода). Человеческий фактор присутствует и на стадии создания СЭС и может негативно сказываться вследствие неправильного выбора расчетной схемы, нарушений технологического режима, отклонений от проектных требований.

Снижение риска, вызванного как ошибками персонала, так и действием природных факторов, должно обеспечиваться всем арсеналом методов и средств, основанных на междисциплинарном научном подходе к решению этой важнейшей проблемы современности (см. рис. 1).

Именно по проблеме безопасности СЭС, прежде всего, необходимо развивать научно-техническое сотрудничество, в особенности по разработке единых научно-обоснованных концептуальных подходов и методов прогнозирования показателей безопасности СЭС на стадии проектирования и отработки опытных образцов, а также подготовки специалистов. Научную ценность и социальную значимость этих работ трудно переоценить, поскольку они, прежде всего, непосредственно связаны с обеспечением экологии безопасной жизнедеятельности Человека — самой большой ценности для государства и общества.

5.5. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ РИСКОМ

5.5.1. Введение: постановка проблемы

В работе представлены исследования проблемы формирования математических основ оптимального управления риском в социально-экономической системе (СЭС), например, в том или ином государстве или регионе, который сопутствует процессу развития этой СЭС. Для реализации этой задачи была использована концепция безопасности, предложенная в работах¹, изложенная в монографии², и некоторые примеры ее применения представлены в работе³. Эта концепция основана на утверждении: «Безопасность — состояние защищенности каждого отдельного лица и окружающей его среды от чрезмерной опасности».

¹ Kuz'min, I. I., Romanov, S. V., Chernoplykov, A. N. A quantitative approach to safety evaluation. //Proc. of Simpozium on Risks and Benefits of Energy Systems. Julich. Vienna: IAEA. 1984. P. 273-288; Кузьмин И. И., Лерасов В. А., Черноплёков А. Н. Влияние энергетики на климат. //Изв. АН СССР. Т. 20, № 11. 1984. С. 1089-1103.

² Кузьмин И. И., Махутов Н. А., Хетагуров С. В. Безопасность и риск: эколого-экономические аспекты. -Л.: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов. 1997. 164 с.

³ Kuzmin, I., Nathwani, J., Cassidy, K. Principles and Recommendations for the Integrated Management of Technological Risks. //Proceedings of a Consultants' Meeting Organized by the IAEA and Held in Vienna, Austria. 17-21 July 1995, ST-2436. 104 p., Акимов В., Кузьмин И. Управление рисками катастроф как необходимое условие развития России. //Управление риском. № 3. 1987. С. 11-19.

Здесь под термином «опасность» понимается ситуация в окружающей человека среде, в которой при некоторых условиях (случайного или детерминированного характера) возможно возникновение нежелательных событий, явлений или процессов, которые могут привести к ущербу для здоровья человека и/или к ущербу для состояния природной и социальной среды. В этой концепции, в качестве «единиц» измерения опасности используются единицы риска, характеризующиеся двумя компонентами: вероятностью нежелательного события и величиной возможного ущерба, если событие произошло, а для измерения уровня безопасности — показатели, определяющие состояние здоровья человека и качество окружающей среды: среднюю ожидаемую продолжительность предстоящей жизни (СОПЖ) и степень удаленности состояния окружающей среды (природной и социальной) от границы ее динамической неустойчивости.

В таком подходе состояние защищенности каждого отдельного лица, общества, природной среды (т.е. их безопасность) определяется их защищенностью от совокупности всевозможных опасностей (природного, социально-экономического, техногенного, военного характера), присущих рассматриваемой СЭС. Соответственно, уровень безопасности в СЭС определяется величиной общего (интегрального) риска, представляющего совокупность экологического, социально-экономического, техногенного и военного рисков. Эта совокупность не является в общем случае чисто арифметической, как с точки зрения вероятности появления в окружающей среде опасных факторов, так и с точки зрения воздействия этих факторов на человека и окружающую среду. Реализация одного из видов указанных опасностей способна запустить цепную реакцию, которая приведет к реализации других всевозможных видов опасности, результаты воздействия которых на человека и окружающую среду по своим последствиям неадекватны воздействию, послужившему пусковым механизмом.

В рамках такого системного подхода, учитывающего все виды взаимосвязанных опасностей, присущих СЭС, возможна постановка и такой важной в проблеме обеспечения безопасности задачи, как распределения ограниченных (независимо от того велики они или малы) экономических ресурсов СЭС, требующихся для снижения риска от тех или иных видов опасности, воздействию которых может быть подвержен человек и окружающая его среда в рассматриваемой СЭС.

Таким образом, методология исследования проблемы безопасности требует применения системного анализа, позволяющего учесть инженерные, экономические, социальные факторы и общечеловеческие ценности и принимающего во внимание не только ближайшие, но и отдаленные последствия решений, принимаемых в условиях ограниченности всех видов ресурсов. Это возможно только на путях математического исследования дина-

мики состояния СЭС и поиска таких траекторий ее развития, которые соответствуют в любой момент времени целям и критериям безопасности.

Проблеме математического исследования динамики состояния СЭС в современной науке уделяется значительное внимание¹ и за последнее время достигнуты значительные успехи в этой области. В математической постановке она сводится к исследованию системы дифференциальных уравнений с нелинейными обратными связями вида

$$\frac{d(X_i(t))}{dt} = F_i(X_1, X_2, \dots, X_n, t), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1),$$

где X_i — фазовые переменные, определяющие состояние рассматриваемой СЭС в интересующий момент времени ее развития t , в число которых должны быть включены и такие, которые обуславливают различные виды рисков. Система уравнений (1) будет в определенном смысле исчерпывающе описывать поведение рассматриваемой СЭС, если для установления конкретного вида правых частей этих уравнений используется метод системной динамики Дж.Форрестера.

В рамках предлагаемой концепции безопасности в качестве целевой функции (критерия-функционала) в проблеме оптимального управления СЭС с целью обеспечения безопасности населения выступает СОПЖ, которую в дальнейшем будем обозначать T , при определенных ограничениях, предъявляемых к воздействию на природную среду, обеспечивающих удаленность состояния экосистем и других природных ресурсов от точки их бифуркации.

Согласно принятой концепции безопасности, T определяет количественно уровень безопасности населения в рассматриваемой СЭС в интересующий нас момент времени ее исторического развития t . Этот уровень безопасности зависит от уровня социально-экономического развития СЭС, который, в первую очередь, определяется имеющимися в СЭС экономическими ресурсами (в дальнейшем будем их обозначать как $M(t)$), и от уровня присущих СЭС опасностей социально-экономического, техногенного, экологического и военного происхождения, определяемого совокупностью различного вида рисков $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$. Следовательно,

$$T = T(R_1, R_2, \dots, R_n; M, t) = T_{\max} - \Delta T(R_1, R_2, \dots, R_n; M, t), \quad (2),$$

где $T_{\max} = \text{const}$ — видовая (биологическая) продолжительность жизни среднестатистического человека (обусловленная биологическими характеристиками организма, т.е. его надежностью, заданной при рождении), а ΔT — сокращение его продолжительности жизни, обусловленное возможными

ми неблагоприятными жизненными ситуациями в СЭС, рисками $R_i, i=1, \dots, N$. Так как СОПЖ характеризует длительность жизни среднестатистического человека в рассматриваемой обществе, то в (2) речь идет об индивидуальных рисках R_i , т.е. вероятностях поражающих воздействий определенного вида со смертельным исходом для среднестатистического человека, возникающих при реализации тех или иных опасностей, присущих рассматриваемой СЭС. Конечно, и экономические ресурсы M , определяющие возможности для снижения рисков R_i в СЭС, должны быть в (2) выражены в величинах, рассчитанных на душу населения СЭС.

Решения системы уравнений (1), которые удовлетворяют условию максимальности СОПЖ, надо искать на путях оптимального распределения ограниченных ресурсов, направляемых на снижение существующих в СЭС опасностей. Другими словами, управляющими переменными (управлением) в этой целевой функции T выступают величины затрат M_i на снижение соответствующих рисков R_i (или доли $d_i = M_i/M$ от общих экономических ресурсов M ; $\sum d_i \leq 1$).

Под «управлением риском» будет пониматься процесс распределения затрат на снижение различных видов риска в условиях ограниченности экономических ресурсов общества, обеспечивающий достижение такого уровня безопасности населения и окружающей среды, какой только достигим в существующих в данном обществе экономических и социальных условиях. Математическим аппаратом для реализации такого управления является метод системного анализа. В практической деятельности используются упрощенные варианты этого метода, известные в научной литературе как метод «эффективности затрат на снижения риска», метод «затраты — выгода» и метод «оптимизации предельных затрат». Кроме того, в самом общем случае в определение понятия «управление риском» следует включить еще один аспект управления: контроль за соблюдением нормативных требований, предъявляемых к тем или иным источникам опасности. Этот аспект требует самостоятельного исследования и в данной работе не рассматривается.

Возвращаясь к рассмотрению процесса управления риском в СЭС, необходимо указать, что его нельзя свести только к оптимизации одного критерия-функционала — максимизации T . Внутренняя природа сложных социальных систем такова, что они могут допускать несколько «альтернативных» траекторий развития СЭС, обеспечивающих приемлемый СОПЖ. Дело заключается в том, что при управлении только по одному критерию остаются неопределенными и не учитываются при оптимизации с помощью целевой функции (2) целый ряд характеристик СЭС, являющихся ее «жизненными индикаторами». В рассматриваемой ситуации в числе таких неучтенных «жизненных индикаторов» оказываются такие характеристики СЭС,

¹ Forrester, J. W. World Dynamics.-Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press Inc., 1971. (Русск. пер.: Форрестер Дж. Мировая динамика. — М.: Наука. 1978.); Егоров В. А., Каллистов Ю. Н., Митрофанов В. Б., Пионтковский А. А. Математические модели глобального развития. Критический анализ моделей природопользования. — М.: Наука. 1980.

как показатели состояния окружающей природной среды. «Альтернативные» траектории, удовлетворяющие условию оптимальности СОПЖ, как раз и могут отличаться друг от друга различным набором «жизненных индикаторов», характеризующих качество окружающей среды. При этом не исключается возможность, когда среди этих «альтернативных» траекторий, обеспечивающих на рассматриваемом промежутке времени безопасность человека (его максимально достижимую на данный момент СОПЖ), имеются и такие, в которых развитие СЭС столкнется с экологическим кризисом. Так как целью безопасности является обеспечение не только высокого уровня состояния здоровья населения, но и высокого качества окружающей среды, то такие траектории развития СЭС должны быть исключены.

В силу этих обстоятельств задачу управления риском на основе оптимизации СОПЖ необходимо дополнить требованием о выполнении определенных ограничений, предъявляемых к воздействию на природную среду, обеспечивающих удаленность состояния экосистем и других природных ресурсов от точки их бифуркации. В этом случае более уместно говорить о стремлении удерживать траекторию развития СЭС, отвечающую условию оптимальности СОПЖ, в определенных интервалах значений параметров, определяющих качество окружающей среды. Возникает часто обсуждаемая в литературе «проблема векторного критерия качества» с агрегированием различных оценок качества в скалярную функцию полезности.

В процессе канонизации аксиоматических утверждений этой концепции¹ методология безопасности в общем случае представляется исследованием большого числа нелинейных дифференциальных уравнений, фазовые переменные которых связаны друг с другом сложным образом. И эти взаимосвязи в своем большинстве подчиняются законам, являющимся не только естественнонаучными, но и социальными и экономическими. Причем эти законы чаще всего либо плохо известны, либо даже совсем неизвестны. В этих условиях,

точное решение этой системы дифференциальных уравнений не представляется возможным, как и точное, математически корректное решение задачи по управлению риском в СЭС.

Чтобы ввести в эту проблему упрощающие предположения, не противоречащие действительности, предлагается подразделить многочисленные опасности в СЭС на две совокупности так, чтобы каждую из этих совокупностей можно было бы рассматривать как единое целое и характеризовать присущим ей риском. Проблема сводится к более простой задаче управления «двумя» рисками.

5.5.2. «Двухрисковая» модель управления риском в социально-экономической системе.

Проблему управления риском в СЭС предлагается рассматривать в рамках задачи (рис. 1) о внедрении в ее экономику альтернативной технологии (нового или усовершенствованного традиционного типа, принятие мер безопасности организационного или административного характера и т.д.). В этом случае проблема управления риском в СЭС сводится к задаче «взаимодействия» рисков двух подсистем, в одну из которых включены все виды опасности, присущие СЭС до внедрения альтернативной технологии, а в другую — опасности, присущие внедряемой технологии. При этом предполагается, что выполняется следующее условие: при «взаимодействии» этих подсистем каждую из них можно рассматривать как относительно устойчивое единое целое за счет преобладания внутренних связей между составляющими каждой подсистемы над их внешними связями. Проблема сводится к задаче управления:

1. общим (совокупным) риском для здоровья среднестатистического человека (обозначим его как $R_{\text{сэс}}$), присущем данной СЭС до внедрения в ее экономику альтернативной технологии;

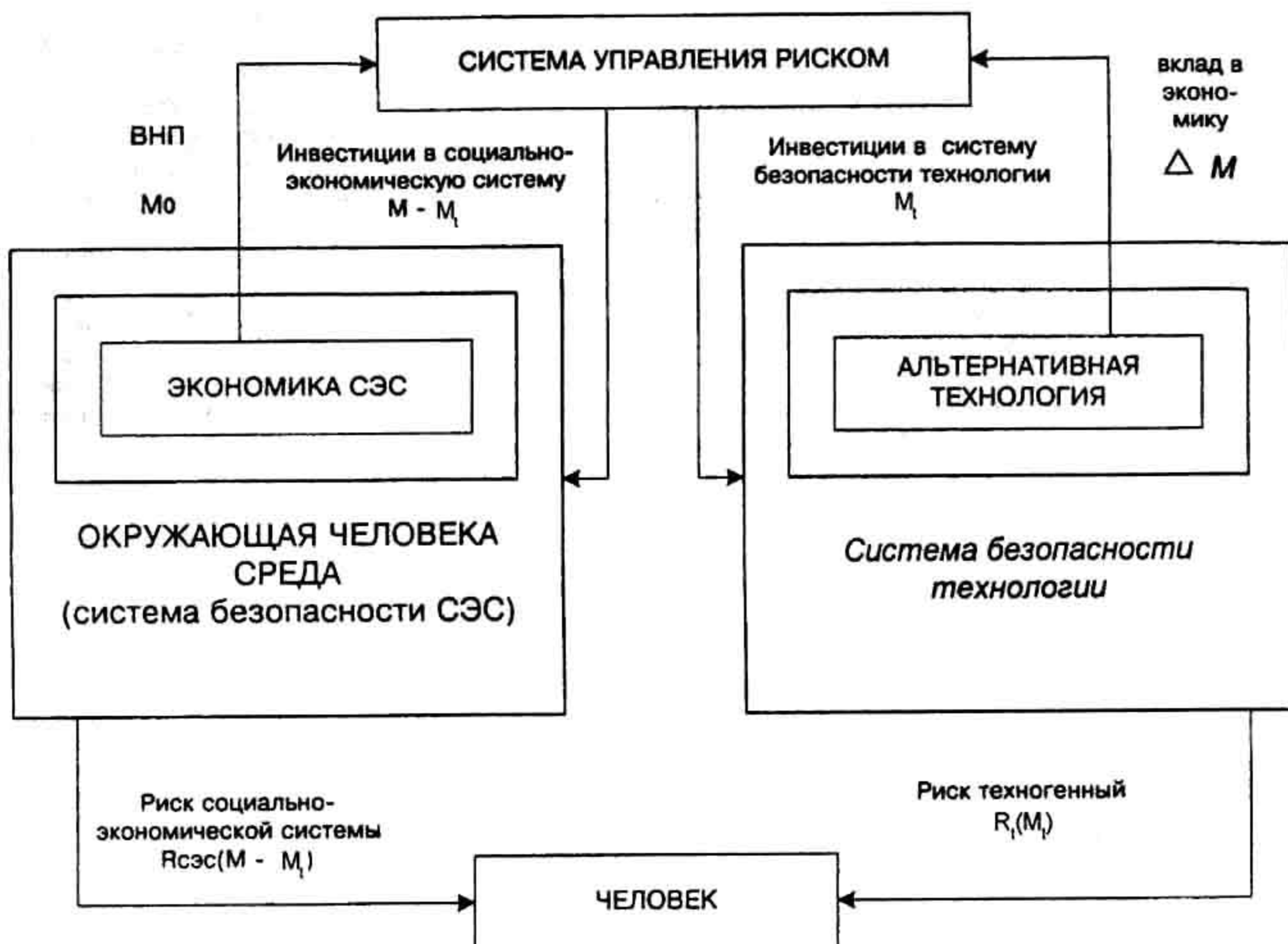
2. риском для среднестатистического человека и окружающей его среды (природной и социально-экономической) от этой альтернативной технологии (обозначим его как R_1).

Доказательством справедливости введения в число показателей окружающей человека среды такого «макропоказателя», как ее общий риск $R_{\text{сэс}}$ для жизни среднестатистического человека, является тот факт, что живущему в этой окружающей среде человеку присуща определенная продолжительность жизни T . Ее длительность определяется общим (совокупным) средним риском этой среды $R_{\text{сэс}}$, данные о котором автоматически следуют из данных о СОПЖ. В таблице 1 представлены статистические данные по СОПЖ при рождении T для некоторых стран и рассчитанный совокупный риск $R_{\text{сэс}}$ в этих странах, ведущий к преждевременной смерти, т.е. к сокращению видовой продолжительности жизни T_{max} на величину $\Delta T(R_{\text{сэс}})$, в предположении, что $T_{\text{max}} = 95$ лет.

Здесь $M = M_0 + \Delta M$, где M_0 — экономические ресурсы СЭС до внедрения в ее экономику техно-

¹ Объединенный комитет по управлению риском ГНТП «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф» и ГНТП «Экологическая безопасность России» (сопредседатели Кузьмин И. И., Махутов Н. А.). Управление риском в социально-экономических системах: концепция и методы ее реализации. Ч. 1//Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1995. Вып. 11. С. 3-35; Об объединенный комитет по управлению риском ГНТП «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф» и ГНТП «Экологическая безопасность России» (сопредседатели Кузьмин И. И., Махутов Н. А.). Управление риском Ч. 2//Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1996. Вып. 2. С. 18-69; Health and Safety Policies: Guiding Principles for Risk Management./Joint Committee on Health & Safety of the Royal Society of Canada and the Canadian Academy of Engineering. Report JCHS 93-1, July 1993./Institute for Risk Research, University of Waterloo. Waterloo, Ontario, N2L 3G1 Canada. 1993.

Рисунок 1



"Двухрисковая" модель управления риском в СЭС

логии, ΔM — прирост этих ресурсов в результате внедрения рассматриваемой технологии.

Далее, в такую «двухрисковую» модель введем предположения:

1. риски R_t и $R_{сэс}$ характеризуют с точки зрения теории вероятности два независимых события;
2. вероятность совмещения двух этих событий пренебрежимо мала.

Второе условие очевидно, так как вероятность реализации каждого из двух рассматриваемых рисков значительно меньше единицы (см., например, табл. 1). Произведением этих вероятностей (т.е. вероятностью совмещения двух рассматриваемых событий) при сложении рисков можно пренебречь.

В рамках сделанных предположений общий риск (обозначим R_Σ) в «двухрисковой» модели в первом приближении можно представить в виде:

$$R_\Sigma(M) = R_{сэс}(M - M_1) + R_t(M_1), \quad (3)$$

где $M = M_0 + \Delta M$, M_0 — экономические ресурсы СЭС на душу населения после и до внедрения в ее экономику альтернативной технологии; ΔM — вклад на душу населения альтернативной технологии в экономику СЭС.

Условие (3), т.е. аддитивность риска $R_{сэс}$ и риска R_t , как показано в работе¹, позволяет доказать теорему равновесия в управлении риском, которая формулируется следующим образом: «Если общий риск в социально-экономической системе, характеризующейся ограниченными материальными ресурсами, можно разбить на две группы совокупных рисков, обладающих свойствами аддитивности и монотонности в зависимости от инвестиций на их снижение, то оптимальность распределения указанных ресурсов на снижение рисков с целью достижения максимального уровня безопасности населения (максимальности средней продолжительности предстоящей жизни в обществе) будет достигнута при равенстве стоимости продления жизни от снижения рисков от этих двух групп источников опасности».

Применение этой теоремы к «двухрисковой» модели управления риском в СЭС позволяет сделать вывод: при внедрении альтернативной технологии в экономику СЭС максимально достижимый уровень безопасности населения СЭС (соответству-

¹ Кузьмин И. И., Махутов Н. А., Хетагуров С. В. Безопасность и риск: эколого-экономические аспекты. -Л.: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов. 1997. 164 с.

ющий достигнутому в ней уровню экономического развития, характеризуемому ее экономическими ресурсами M) будет обеспечен, если затраты M_i на снижение риска $R_i(M_i)$ для населения от альтернативной технологии будут определяться из решения следующего уравнения:

$$S_{сэс}(M - M_i) = S_i(M_i), M = \text{const}, \quad (4)$$

где S_i и $S_{сэс}$ — стоимости продления жизни вследствие инвестиции ресурсов M_i и $M - M_i$, соответственно, на снижение техногенного R_i и социально-экономического $R_{сэс}$ рисков.

Теорема равновесия в управлении риском, как будет показано ниже, позволяет разработать относительно простой для практического использования метод оптимизации предельных затрат, которые должны инвестироваться на снижение различных видов рисков в СЭС до такого их низкого уровня, который только достижим с учетом социальных и экономических факторов (принцип ALARA). Его реализация в практической деятельности требует определения макроэкономического показателя: стоимость продления жизни $S_{сэс}$ в этой СЭС.

5.5.3. Стоимость продления жизни в СЭС

Предлагается извлечь из практического опыта, накопленного в процессе исторического развития интересующей нас СЭС, статистические данные, определяющие зависимость СОПЖ в этой СЭС от уровня развития ее экономики. Используя их, можно рассчитать $S_{сэс}$.

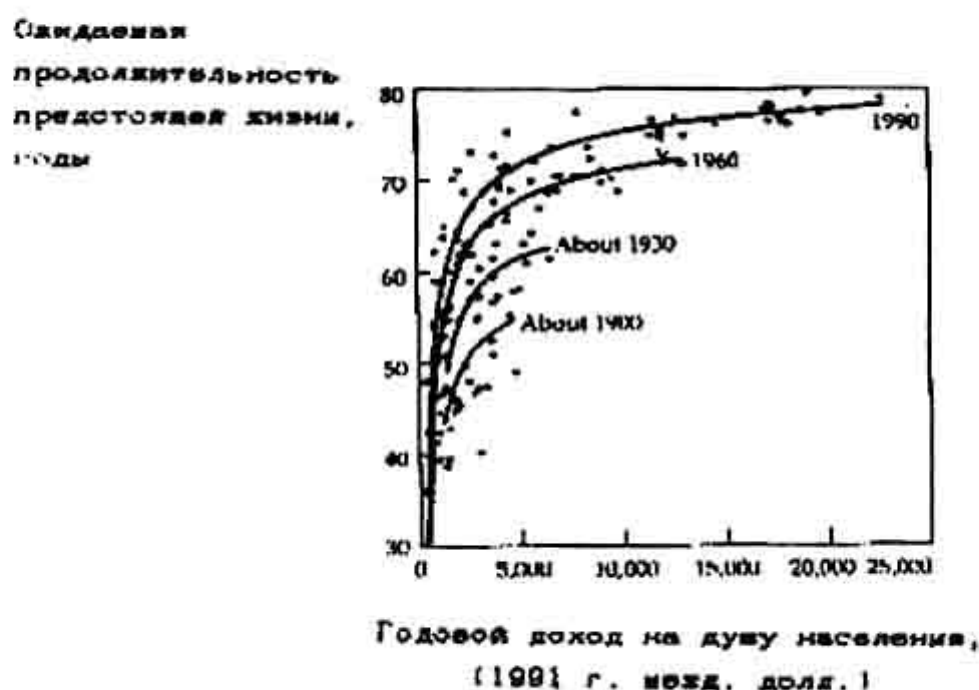
С этой целью были выполнены тщательные исследования характеристик целевой функции безопасности — СОПЖ, связанных с ее поведением в зависимости от социально-экономического уровня развития общества. На рис. 2 представлены зависимость значения СОПЖ для различных стран мира от величины среднего годового дохода на душу населения в этих странах, построенные последовательно по статистическим данным, имевшимся в 1900 г., 1930 г., 1960 г. и 1990 г. Сдвиг вверх кривой, описывающей рассматриваемую зависимость в указанные исторические периоды, объясняется снижением затрат на используемые меры для снижения риска для человека от различных видов опасностей, присущих социально-экономической и природной среде, окружающей человека в силу научно-технического прогресса в ходе исторического развития.

Анализ этих (рис. 2) и других аналогичных данных, выполненный в исследованиях показал:

1) СОПЖ является монотонно возрастающей функцией экономических ресурсов общества;

2) СОПЖ подчиняется экономическому закону уменьшения отдачи: по мере роста СОПЖ (повышения уровня безопасности), вследствие роста уровня экономического развития в СЭС, каждый дальнейший прирост СОПЖ на одну и ту

Рисунок 2



СОПЖ в различных странах мира в зависимости от среднего годового дохода на душу населения

же величину требует все большего прироста экономических ресурсов СЭС.

В качестве показателя эффективности затрат на повышение уровня безопасности естественно использовать величину прироста экономических ресурсов, требующуюся в СЭС для прироста на единицу времени СОПЖ в этой СЭС. Эта величина имеет смысл «стоимости продления жизни» среднестатистического человека на единицу времени. Она рассчитывается на весь период жизни индивидуума с учетом дисконтирования и ее выражение через экономические показатели развития СЭС может быть представлено в виде:

$$S_{сэс}(M_i) = [\Delta M_i / \Delta T_i] * [1 - e^{-r}] / r,$$

где $\Delta M_i = M_{i+1} - M_i$, $\Delta T_i = T_{i+1} - T_i$, M_i — годовые материальные ресурсы среднестатистического человека в данном обществе (ВНП или доход на душу населения), T_i — СОПЖ в СЭС, r — коэффициент дисконтирования.

Статистическая обработка данных, типа представленных на рис. 2, позволяет сформулировать простое эмпирическое правило: «Стоимость продления СОПЖ в СЭС, выраженная в международных долларах (монетарных единицах, используемых ООН) за год дополнительной жизни, равна годовому валовому национальному продукту (ВНП) или годовому доходу на душу населения в данной СЭС, выраженному в тысячах международных долларов и возведенному в степень $N > 1$ ».

Оценки конкретного численного значения для N^1 , выполненные на основе обработки статистических данных по стоимости продления жизни в странах с различным уровнем экономического развития, позволяют предположить, что $N = 2$. В этом случае «стоимость продления жизни» в СЭС может быть определена из соотношения:

¹ Кузьмин И. И., Махутов Н. А., Хетагуров С. В. Безопасность и риск: эколого-экономические аспекты. -Л.: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов. 1997. 164 с.

Таблица 1.

СОППЖ при рождении (данные UNDP на 1991 г.) и соответствующий ей общий средний риск преждевременной смерти ($R_{сэс}$) для различных стран.

СОППЖ, годы	$R_{сэс}$, вероятность преждевременной смерти индивидуума в год ¹	СТРАНЫ
79	$3,5 \times 10^{-3}$	Япония
78	$3,8 \times 10^{-3}$	Гонконг, Исландия, Нидерланды, Швеция, Швейцария
77	$4,0 \times 10^{-3}$	Австралия, Канада, Кипр, Франция, Греция, Норвегия, Испания
76	$4,2 \times 10^{-3}$	Барбадос, Бельгия, Куба, Дания, Доминиканская республика, Финляндия, Израиль, Италия, Новая Зеландия, Англия, США
66	$6,4 \times 10^{-3}$	В среднем в мире, Алжир, Бразилия, Фиджи, Гондурас, Ирак, Никарагуа, Саудовская Аравия, Турция
65	$6,6 \times 10^{-3}$	Россия (1995), Гватемала, Гайана, Перу, Филиппины, Сан-Томе и Принсипи
43	12×10^{-3}	Афганистан, Сьерра-Леоне

$$^1 R_{сэс} = 2(T_{\max} - T) / T_{\max}^2 \quad T_{\max} = 95 \text{ лет}$$

Таблица 2.

Оценка стоимости продления жизни в странах, отличающихся по уровню экономического развития: $S_{сэс}(M) = M^2 \times 10^{-3}$ [межд. долл./год]

Страны 1985 г.	Личное потребление, межд. долл. на чел. в год	ВНП, межд. долл. на чел. в год	Стоимость продления жизни, межд. долл. за год дополн. жизни
Китай	1114	2444	$(1 \div 6) \times 10^3$
СССР (бывший)	2198	4996	$(5 \div 30) \times 10^3$
Великобритания	5174	8655	$(30 \div 80) \times 10^3$
США	8542	12532	$(80 \div 200) \times 10^3$

$$S_{сэс}(M) = M^2 \cdot 10^{-3} \text{ [межд. долл./год]},$$

где для показателя M уровня социально-экономического развития СЭС (ВНП или дохода, выраженных в межд. долларах на душу населения в год) используется его численное (безразмерное) значение. Оценка «стоимость продления жизни» для различных стран, отличающихся друг от друга уровнем социально-экономического развития, представлены в табл. 2.

Из данных этой таблицы следует, что развитие каждого государства помимо общепринятых макроэкономических показателей, определяющих уровень экономического развития государства, уровень жизни населения, можно характеризовать еще макроэкономическим показателем — «стоимость продления СОППЖ», характеризующим эффективность системы безопасности, существующей в этой СЭС. По мере экономического развития уровень безопасности монотонно возрастает, но эффективность затрат на продления жизни снижается, т.е. «стоимость продления жизни» увеличивается: стремление к увеличению продолжительности жизни требует все больших и больших материальных ресурсов.

В развитых странах необходимость использования величины «стоимости продления жизни» для объективной оценки эффективности инвестиций в социально-экономическую сферу деятельности с целью повышения безопасности населения находит все более широкое применение не только в научных исследованиях, но и при принятии прак-

тических решений. Например, этот показатель используется в последнее время в Бюджетных посланиях Правительства США к Конгрессу, в Директивах, принимаемых в странах ЕЭС, рекомендуется для практического использования различными международными организациями. Возрастает внимание и к разработке методов, повышающих точность количественной оценки этого показателя на основе повышения совершенствования статистических данных о социально-экономическом развитии СЭС. В таблице 3 представлены оценки «стоимости продления жизни» в различных секторах социально-экономического развития США¹. Аналогичная ситуация сложилась и в других развитых странах мира.

Введенное понятие «стоимость продления жизни» следует отличать от понятия «стоимость человеческой жизни», которое обычно используется в традиционных методах управления риском. «Стоимость продления жизни» — это экономическая категория, характеризующая не стоимость человеческой жизни, а предоставляющая возможность при принятии решения для обеспечения безопасности определить, какую сумму необходимо инвестировать в СЭС, чтобы продлить жизнь среднестатистического человека («анонимного индивидуума»). Сошлемся на определение понятия «цена», которое еще в начале прошлого века дал Г.Д.То-

¹ Tengs, C. L., Adams, M. E., Pliskin, et al. Five Hundred Life Saving Interventions and their Cost Effectiveness.//Harvard Center for Risk Analysis, Harvard School of Public Health, Boston MA, July, 1994.

ро: «Ценой любой вещи я назову ту дополнительную длительность собственной жизни, которую я желал бы приобрести или готов отдать за обладание этой вещью, немедленно или в рассрочку».

Так как год дополнительной жизни для населения США стоит (табл. 2) примерно в 10 больше, чем для населения России, то в рамках подхода к определению «цены», предлагаемого Г.Торо, покупательная способность американского доллара в экономике России должна также увеличиться в это же число раз.

Таким образом, статистические данные по зависимости СОПЖ от уровня экономического развития того или иного государства позволяют с достаточной достоверностью определить $S_{сэс}$ в этих государствах для объективной оценки эффективности инвестиций в социально-экономическую сферу деятельности с целью повышения безопасности населения. Полученное значение для стоимости продления жизни (обозначим как $S_{сэс}^н = S_{сэс}$) и предлагается использовать в качестве норматива для принятия решения о величине допустимых затрат на системы безопасности в различных технологиях, используемых или предлагаемых к использованию в рассматриваемой СЭС. Согласно (4) эти системы безопасности имеют право на внедрение в практику, если стоимость продления жизни с их помощью S_i не превышает рассчитанного нормативного значения для данной СЭС:

$$S_i \leq S_{сэс}^н \quad (5)$$

Этот метод — метод оптимизации предельных затрат (МОПЗ), по нашему мнению, предоставляет способ достижения наивысшего возможного уровня безопасности населения в СЭС в зависимости от достигнутого в ней уровня социально-экономического развития, который может быть принят без конфликта с другими законными потребностями и обязанностями общества.

Вариантные исследования по практическому использованию МОПЗ показывают, что, несмотря на внутренне присущую ему неопределенность, а в некоторых случаях даже субъективность, он является приемлемым методом для принятия эффективных решений в области обеспечения безопасности. Продемонстрируем это на примере использования МОПЗ для определения допустимых затрат на снижение риска от ядерной энергетики.

В ядерной энергетике уровень риска принято измерять в единицах коллективной эффективной эквивалентной дозы, т.е. чел. * Зв. В соответствии с сегодняшним уровнем знаний о воздействии радиации на человека известно, что доза в 1 чел. * Зв, полученная популяцией за весь период ее жизни, ведет к сокращению СОПЖ в этой популяции на $0,5 \div 2$ года из-за смертей от рака и генетических повреждений. Следовательно, затраты M_i на снижение дозы в 1 чел. * Зв, равные:

$$M_i = (0,5 \div 2) S_i \quad (6)$$

согласно (5) будут оптимальными, если $S_i = S_{сэс}^н$, где $S_{сэс}^н$ — стоимость спасения жизни в социально-экономической сфере рассматриваемого региона (табл. 2). Рассчитанные с помощью (6) и табл. 2 значения оптимальных затрат на снижение дозы облучения на 1 чел. * Зв. в странах с разным уровнем развития экономики представлены в табл. 4. При этом в соответствии с рекомендациями МКРЗ и МАГАТЭ принято, что доза в 1 чел. * Зв ведет к сокращению СОПЖ на 1 год.

Если затраты на меры безопасности при использовании ядерной энергии в том или ином государстве соответствуют (равны) затратам, указанным в табл. 4, то риск от использования ядерной энергии для населения данного государства поддерживается на таком низком уровне, насколько это разумно достижимо с учетом влияния социальных и экономических факторов, присущих данному государству; если же такие затраты в рассматриваемом государстве превышают величину затрат, указанных в табл. 4, то общий риск для населения данного государства будет выше уровня минимально достижимого для него. Отметим, что в такую ситуацию попадают страны СНГ, если они используют на своих АЭС системы безопасности, принятые, например, на АЭС в США.

При лицензировании АЭС в США требуется, чтобы используемые на этих АЭС технические системы безопасности удовлетворяли условию: стоимость снижения риска для населения от АЭС на 1 чел. * Зв. не должна превышать 100 000 долларов. Этот норматив находится в хорошем соответствии с данными, представленными в табл. 4. В тоже время в ядерной промышленности США используются или предполагаются к использованию меры безопасности, затраты на которые на несколько порядков превышают оптимальное для них значение (соответствующее уровню развития экономики). К этому следует добавить, что такая же неоптимальность затрат на снижение риска сегодня присуща не только ядерной промышленности, но и другим секторам социально-экономического развития.

Неоптимальность затрат на обеспечение безопасности, которая имеет место в настоящее время в экономике, по крайней мере, высокоразвитых странах (США, Канада, страны ЕЭС), вызывает серьезное беспокойство среди лиц, принимающих решение в этой области. В этих странах осознано, что такая ситуация становится сегодня серьезным препятствием на путях социально-экономического развития, может привести к тяжелым кризисам в социальной и экономической сфере.

5.5.4. Модель управления риском на основе оптимизации «модифицированной» продолжительности жизни.

Неверно полагать, что длительность периода жизни, по крайней мере, пока человек обладает хорошим здоровьем, всегда находится на верх-

ней ступени шкалы его ценностей. Зачастую первенствуют ценности субъективного характера, которые ориентируют индивидуума на повышение в первую очередь качества жизни, на улучшение удобства и комфорта в повседневной жизни, даже за счет сокращения продолжительности жизни. Как показывает история развития цивилизации между этими взаимосвязанными целями — качеством жизни и безопасностью всегда существовала конкуренция подобного рода. Поэтому при оценке уровня безопасности в единицах длительности СОПЖ, должны быть приняты во внимание и эти факторы.

Предлагается сделать следующий шаг в развитии концепции безопасности, основанной на максимизации СОПЖ, направленный на разработку комбинированной целевой функции безопасности, учитывающей не только стремление к увеличению продолжительности жизни, но к обеспечению ее качества. С этой целью предлагается¹ представить комбинированную целевую функцию безопасности F — «модифицированную продолжительность жизни» (МПЖ) — в виде:

$$F(T, C) = L(T) * V(C),$$

где, как и выше, C и T — материальные ресурсы (ВНП или доход) на душу населения и СОПЖ в рассматриваемой СЭС, соответственно, а $V(C)$ и $L(T)$ — монотонные функции, представляющие собой функции полезности, характеризующие, соответственно, отношение среднестатистического индивидуума к качеству или «интенсивности» его жизни и ее длительности. Рассматривая T и C как независимые показатели уровня жизни индивидуума, можно считать

$$F(T, C) = T^\tau * C^\alpha, \quad \tau = \text{const}; \quad \alpha = \text{const}.$$

где постоянные коэффициенты и определяют значимость для индивидуума, соответственно, длительности его жизни и ее качества. Взаимозависимость между этими коэффициентами можно установить, используя следующую аргументацию.

Представим СОПЖ в виде: $T = t_c + t_p$, где $t_p = wT$ — время, которое среднестатистический человек в процессе его жизни тратит на работу, w — доля этого времени в СОПЖ, $t_c = (1-w)T$ — свободное от работы время этого человека в процессе его жизни.

Индивидуум может увеличить продолжительность его свободного от работы времени на некоторую малую величину $\delta t_c = pT$ двумя способами: 1) реализовать это путем сокращения продолжительности его рабочего времени t_p на такую же величину; 2) увеличить СОПЖ путем снижения

риска в его жизни. В этом случае увеличение свободного времени индивидуума на величину pT состоит в увеличении его СОПЖ на величину $pT/(1-w)$.

Далее полагаем, что величина материальных благ C , создаваемых индивидуумом на производстве, пропорциональна его рабочему времени t_p ; длительность времени его нахождения на работе зависит от его жизненных интересов, соответствия вида его профессиональной деятельности этим интересам и от целого ряда других личных предпочтений. Однако, представляется разумным исходить из предположения, что среднестатистический индивидуум стремится к тому, чтобы предельная стоимость его профессиональной деятельности была бы равна предельным затратам на его жизнеобеспечение. В этом случае получается $\alpha = \tau [w/(1-w)]$. Полагая, без потери какой либо строгости, что $\tau = (1-w)$, находим окончательное выражение для «модифицированной продолжительности жизни»:

$$F(T, C) = T^{(1-w)} C^w, \quad (8)$$

Долю времени w , затрачиваемую среднестатистическим человеком на производство ВНП, можно рассчитать следующим образом. Например, «среднестатистический» россиянин трудится на производстве около 40 лет из 65 лет своей жизни, 48 недель из 52 недель в году, и около 45 часов неделю (включая затраты времени на дорогу до места работы и обратно) из 168 часов в неделе. Следовательно:

$w = (40/65) (48/52) (45/168) (100\%) = 15,2\%$. Для развивающихся стран эта доля w несколько больше и составляет приблизительно 20%, а для высокоразвитых стран несколько ниже — 14%.

Таким образом, w незначительно различается от страны к стране в отличие от T и C . В соответствии с определением «модифицированной» продолжительности жизни из полученного выше изложенным способом численного значения для w необходимо вычесть долю времени, которое затрачивается в сфере здравоохранения. Суммируя вышесказанное, как показывают расчеты, можно принять в качестве величины w ее значение, равное $w = 12,5\%$, которое можно использовать при вычислении F по формуле (8) для всех стран мира.

Важно отметить, что МПЖ представляет достаточно представительный показатель уровня социально-экономического развития того или иного государства. Для некоторых стран в 1996 году МПЖ, рассчитанная с помощью соотношения (8), представлена в табл. 5. Кроме того в таблице приведены нормализованные значения МПЖ, полученные с помощью соотношения:

$$F(T, C) / F_0 = (T/T_0)^{1-w} (C/C_0)^w, \quad (9)$$

где F_0 — МПЖ для страны с наивысшим значением этого показателя среди других стран мира, а T_0

¹ Kuzmin, I., Nathwani, J., Cassidy, K. Principles and Recommendations for the Integrated Management of Technological Risks.//Proceedings of a Consultants' Meeting Organized by the IAEA and Held in Vienna, Austria. 17-21 July 1995, ST-2436. 104 p.

Таблица 3.

Средние значения "стоимости продления жизни" в различных секторах социально-экономического развития США, долл. США 1993 г.

Сектор деятельности	Стоимость продления жизни, долл. США 1993 г. за год дополнительной жизни
Здравоохранение	19000
Повседневная деятельность населения	36000
Профессиональная деятельность	346000
Окружающая среда	4207000
Все секторы деятельности в целом	42000

Таблица 4.

Оценка оптимальных затрат на снижение дозы облучения на 1 чел. * 3в в странах, отличающихся по уровню экономического развития

Страны, 1985 г.	ВНП/Доход, межд. долл. на чел. в год	Стоимость продления жизни, межд. долл. за год дополн. жизни	Оптимальные затраты, межд. долл. на 1 чел. * 3в
Китай	2444/1114	$(1 \div 6) \times 10^3$	$(1 \div 6) \times 10^3$
СССР, бывший	4996/2198	$(5 \div 30) \times 10^3$	$(5 \div 30) \times 10^3$
Великобритания	8655/5174	$(30 \div 80) \times 10^3$	$(30 \div 80) \times 10^3$
США	12532/8542	$(80 \div 200) \times 10^3$	$(80 \div 200) \times 10^3$

Таблица 5.

ИОР и МПЖ для различных стран

Страны	СОПЖ, годы	ВНП, долл. на чел. в год	ИОР	МПЖ	Нормализованная МПЖ
Япония	79,6	20,660	0,938	159,47	1,000
США	76,1	24,680	0,940	156,77	0,995
Канада	77,5	20,950	0,951	156,06	0,983
Франция	77,0	19,140	0,935	153,43	0,962
Италия	77,6	18,160	0,914	153,47	0,962
Великобритания	76,3	17,230	0,924	150,23	0,942
Израиль	76,6	15,130	0,908	148,31	0,930
Польша	71,1	4,702	0,819	120,07	0,753
Россия	67,4	4,760	0,804	114,76	0,720
Сьерра-Леоне	39,2	860	0,219	57,67	0,362

и C_0 — СОПЖ и ВНП на душу населения в этой стране, соответственно. В табл. 5 в качестве F_0 принято ее значение для Японии в 1996 году, имевшей в этом году наивысшее значение этого показателя среди всех стран мира.

В ООН используется для этих целей индекс общественного развития (Human Development Index — HDI), который учитывает такие показатели социально-экономического развития, как СОПЖ, уровень образования, доход на душу населения. Эти показатели по специальной методике нормализуются и суммируются. В результате индекс общественного развития (ИОР) для различных стран оказывается в диапазоне от 0 до 1; более высокий ИОР соответствует более высокому уровню социально-экономического развития. В табл. 5 представлены значения ИОР в 1996 г. для указанных в таблице стран, заимствованные из документов ООН¹. Сравнение ИОР и нормализованной МПЖ, представленных в табл. 5 позволяет сделать вывод, что МПЖ представляет собой почти столь же представительный, как ИОР, показатель уровня социально-экономического развития страны.

¹ UNDP. Human Development Report.//United Nations Development Programme, United Nations, New York, NY. 1996.

«Модифицированную продолжительность жизни» предлагается использовать в качестве целевой функции в проблеме управления риском в СЭС. Любую деятельность (внедрение в экономику СЭС той или иной альтернативной или усовершенствованной технологии, принятие технических или организационных мер для снижения риска) в условиях ограниченности экономических ресурсов СЭС можно считать оправданной, если это приведет к росту F как функции T и C .

Дифференцируя соотношение (8), находим, что малое изменение dF в МПЖ вследствие того или иного вида деятельности в СЭС определяется уравнением:

$$dF / F = (1-w) dT/T + w dC/C, \quad (10)$$

В этом уравнении dC может представлять либо экономические затраты на внедрение технических или организационных мер на снижение риска (dC — отрицательно), либо экономическую прибыль благодаря внедрению в экономику СЭС новой технологии (dC — положительно). В тоже время, dT определяет изменение в СОПЖ вследствие изменения уровня риска для населения, обуслов-

Рисунок 3



ленного внедрением в практику рассматриваемого вида деятельности (dT — положительно), если уровень риска снизился, и dT — отрицательно, если уровень риска возрос). Рассматриваемую деятельность можно считать оправданной, если чистая выгода dF от этой деятельности является положительной, т.е.:

$$(1-w) dT/T + w dC/C > 0, \quad (11)$$

Графическая интерпретация уравнения (10) и критерия оправданности хозяйственной деятельности (11) представлена на диаграмме (рис. 3), где каждому виду деятельности, реализующемуся в экономике СЭС или предполагаемому к внедрению, соответствует радиус-вектор с координатами dT/T и dC/C . В частности, вектор D, изображенный на диаграмме, соответствует деятельности, обеспечивающей прирост ВВП (dC/C — положительно) и одновременное увеличение СОППЖ (dT/T —

положительно). Естественно, что этот вид деятельности удовлетворяет критерию (11) и его использование в экономике СЭС является оправданным (чистая выгода $dF > 0$). Критерию (11) также удовлетворяют все те виды деятельности, которые характеризуются радиус-векторами, находящимися на диаграмме выше прямой, соответствующей условию $dF = 0$. Все же виды деятельности, характеризующиеся векторами, попадающими в область ниже этой прямой линии, следует рассматривать неоправданными для использования в экономике СЭС, т.к. чистая выгода от их использования отрицательна ($dF < 0$).

Практическое использование критерия (11) для оценки оправданности хозяйственной деятельности (ее полезности) было рассмотрено в рамках совместной Программы МАГАТЭ, ЮНЕП, ЮНИДО, ВОЗ по оценке и управлению риском для населения и окружающей среды от предприятий энергетики и других сложных промышленных комплек-

сов. На примере развития энергетики провинции Квебек (Канада) показано (рис. 3)¹, что чистая выгода dF от использования гидроэнергетики и ядерной энергетики положительна. Следовательно развитие энергетической базы провинции Квебек на этих источниках энергии является оправданным. В тоже время аналогичные расчеты относительно использования в провинции Квебек энергетики на угле показали ее неоправданность. Отметим, что рассмотрение в качестве примера в этих исследованиях именно провинции Квебек было связано с легкостью доступа к необходимой для расчетов базе данных по экономике и по социальным факторам.

5.6. КОМПЛЕКС МАКРОМОДЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСОВ²

Для решения стратегических проблем экономической безопасности и устойчивости экономического развития должны быть исследованы возможности и прогнозируемые результаты возможных вариантов экономической политики, направленных на предотвращения разрушения экономического потенциала страны, выхода из кризиса и стабилизации экономики.

Предлагаемая экономическая модель развития России и ее компьютерная реализация предназначены для качественного сценарного анализа на интервале времени в 5 — 8 лет макропоказателей экономического развития России.

Работа над комплексом моделей показала, что кроме полноты и адекватности описания динамики экономических процессов, использование его на практике требует большого объема статистических данных для идентификации модели. Эти трудности значительно усугубляются тем, что сбор данных по старым методам Госкомстата СССР практически прекращен, а новая технология сбора с использованием системы национальных счетов не введена в достаточной полноте.

В связи с этим основные усилия были направлены на создание простых вариантов системы моделей, требующих минимального количества исходных статистических данных.

При этом необходимо было сохранить в модели основные экономические механизмы, характеризующие экономику РФ на современном этапе.

Комплекс моделей отражает следующие основные макроэкономические механизмы рыночной экономики:

▫ межотраслевые потоки продукта с учетом длительности производственного цикла (обобщенная модель межотраслевого баланса Леонтьева);

▫ межотраслевые финансовые потоки с учетом рыночных взаимоотношений субъектов производственной деятельности;

▫ финансовые потоки и потоки продукта между сферами производства, потребления и государственным сектором (бюджет, общественное потребление);

▫ динамика цен с учетом спроса и предложения;

▫ экспорт-импорт продукта отраслей и влияние мировых цен на внутренние цены и курс доллара в стране;

▫ влияние мафиозно-криминальных структур на экономику страны.

В основу комплекса макромоделей положена 15 отраслевая структура народного хозяйства РФ, включающая следующие отрасли:

- 1) электроэнергетика;
- 2) топливная промышленность;
- 3) черная металлургия;
- 4) цветная металлургия;
- 5) машиностроение;
- 6) химическая промышленность;
- 7) лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность;
- 8) промышленность строительных материалов;
- 9) легкая промышленность;
- 10) пищевая промышленность;
- 11) сельское хозяйство;
- 12) строительство;
- 13) транспорт и связь;
- 14) торговля;
- 15) прочие отрасли материального производства.

В предлагаемой системе моделей предусмотрены средства агрегирования данных, дающие возможность рассмотрения более агрегированных вариантов экономики.

В частности, рассматривался вариант 4 отраслевой модели:

- топливно-энергетический комплекс и транспорт (отрасли 1), 2), 13));
- тяжелая промышленность (отрасли 3)-8), 12));
- легкая промышленность и продукты питания (отрасли 9) — 11));
- прочие отрасли (отрасли 14), 15));

Предлагаемая система моделей имеет следующие особенности:

▫ Для уменьшения зависимости от ненадежных статистических данных используются относительные величины продукта и цен. Продукт отраслей исчисляется в долях валового внутреннего продукта (ВВП). Так что в относительных величинах всегда $ВВП = 1$. Тем не менее, подсчитывается годовой темп падения (увеличения) ВВП, что позволяет проследить динамику его изменения. Цены изменяются в долях средней цены ВВП.

▫ Для выявления глубинных макроэкономических процессов использовалась гипотеза достаточно быстрого срабатывания рынка и стабилизации цен на уровне квазиравновесных. Эта гипотеза позволяет отфильтровать короткопериодические флук-

¹ См. Kuzmin, I., Nathwani, J., Cassidy, K. Principles and Recommendations for the Integrated Management of Technological Risks. // Proceedings of a Consultants' Meeting Organized by the IAEA and Held in Vienna, Austria. 17-21 July 1995, ST-2436. 104 p.

² Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант № 96-06-80584

туации цен и отслеживать лишь изменение квазиравновесных цен, обусловленное изменениями выпускаемого продукта отраслей и других длинно-периодических переменных.

Предполагалось, что в условиях обвального спада производства динамику основных фондов можно не учитывать (фондов много, а продукт не производится).

Предложена модель экспорта-импорта с учетом мировых цен и их влияния на динамику внутренних цен. Показано, что в идеальной рыночной экономике только внешняя среда (через мировые цены) определяет отношение курса доллара к цене ВВП. В частности, из этого следует, что манипулируя курсом доллара можно управлять уровнем инфляции;

Предложена развитая модель мафиозных структур, учитывающая изъятие части продукта и части дохода отраслей, изъятие дохода от экспорта-импорта, поступление части мафиозных средств в общий цикл потребления и вывоз капиталов за рубеж.

5.6.1. Модели товарно-денежных потоков внутри страны.

Баланс доходов и расходов отрасли с номером i описывается макромоделью:

$$\begin{aligned} & ((1 - \gamma^i) * \zeta^i(t) * X^i(t) - X_c^i(t)) + (1 - \gamma_{EI}^i) * \\ & * (\Delta A^i(t) - \Delta A_{maf}^i(t)) + \zeta^i(t) * \Delta N^i(t) = X_{nn}^i(t) * \\ & * \sum_{j=1}^n a_j^i * \zeta^j(t) + \zeta^i(t) * Z^i(t) + \Pi^i(t) + Maf^i(t) * \\ & * \zeta^i * X^i(t) \end{aligned} \quad ; (1)$$

Здесь левая часть уравнения — доход отрасли, а правая — расходы.

Распределение продукта $X^i(t)$ отрасли с номером i , произведенного в момент времени t , описывается обобщенным уравнением межотраслевого баланса:

$$X^i(t) = \sum_{j=1}^n a_j^i * X_{nn}^j(t) + Y^i(t) + X_c^i(t) + EI^i(t) + Maf^i(t) * X^i(t) \quad ; (2)$$

Отличие уравнений от классической модели Леонтьева состоит в том, что в первом слагаемом правой части стоит не $X^i(t)$, а $X_{nn}^i(t)$ — планируемый выпуск продукта X^i в момент $t + \tau$, где τ — время производственного цикла. В общем случае величина τ зависит от индекса j , но на данном этапе она была упрощенно принята общей для всех отраслей $\tau = 1$ год.

Такая модификация уравнения межотраслевого баланса позволяет схватить ситуацию, когда при значительном падении производства предприятия на некотором интервале времени (несколько лет) могут иметь положительную прибыль. Идет проведение производства, закупается все меньше и меньше оборотных фондов, но прибыль положительна и зарплата растет.

Величины X^i и X_{nn}^i связаны соотношением (в

предположении, что план в точности выполняется):

$$X^i(t) = \frac{1}{k_{BBN}^i(t)} X_{nn}^i(t - \tau); \quad (3)$$

$$k_{BBN}^i(t) = \sum_{j=1}^n X_{nn}^j(t - \tau); \quad (4)$$

В уравнениях (1)-(3) и далее приняты следующие обозначения:

- ↳ ζ^i — индексы цен;
- ↳ ΔN^i — помощь государства отрасли i ;
- ↳ $\Pi^i(t) = \delta_{\Pi}^i * \zeta^i(t) * X^i(t)$ — прибыль отрасли, δ_{Π}^i — норма прибыли;
- ↳ X_c^i — продукт, отправляемый на склад;
- ↳ Y^i — конечный продукт;
- ↳ $X^i(t)$ — продукт, выпускаемый отраслью i в момент t (в единицу времени);
- ↳ $EI^i = EXP^i - IMP^i$ — разность между экспортом и импортом в отрасли i ;
- ↳ $\Delta A^i(t)$ — доход (убыток) от экспорта-импорта (зависимость от других переменных будет дана в разд. 5.6.1.2.);
- ↳ γ_{EI}^i — доля государства в доходе (убытке) от экспорта-импорта;
- ↳ Maf^i — изъятие части дохода от экспорта-импорта мафиозными структурами;
- ↳ $\gamma^i = \gamma_H^i + \gamma_{maf}^i$, γ_H^i — налог государства и местных органов власти, — изъятие дохода от продажи продукта мафиозным структурам;
- ↳ Maf^i — доля продукта, изымаемого мафиозными структурами, продаваемого за рубежом (доход оседает в зарубежных банках);
- ↳ a_j^i — коэффициенты матрицы прямых затрат; $\{a_j^i\}$ матрица межотраслевого баланса. На данном этапе качественных исследований они принимаются постоянными.

Член $\zeta^i(t) * Z^i(t)$ в (1) характеризует затраты на оплату труда, социальные нужды и другие непрямые затраты.

$$Z^i(t) = k^i(t) * X^i(t); \quad (5)$$

Коэффициенты $k^i(t)$ задаются экзогенно и определяются из статистических данных.

Слагаемые $X_{nn}^i(t) * \sum_{j=1}^n a_j^i * \zeta^j(t)$ в (1) представляет собой затраты отрасли на закупку оборотных фондов (сырье, материалы и т.д.), которые будут использованы для производства продукта $X^i(t + \tau)$.

Величина конечного продукта $Y^i(t)$ находится из условия максимума функции полезности агрегированного потребителя вида:

$$U = \sum_{i=1}^n b q^i * \ln(Y^i) \rightarrow \max; \quad (6)$$

при наличии ограничения:

$$\sum_{i=1}^n \zeta^i(t) * Y^i(t) \leq (ВДС(t) - \sum_{j=1}^n \zeta^j(t) * EI^j(t)); \quad (7)$$

Здесь ВДС — валовая добавленная стоимость. Величина ВДС определяется равенством:

$$\sum_{i=1}^n \text{ВДС}(t) = \text{ВДС}'(t) \quad (8)$$

где — ВДС'(t) валовая добавленная стоимость, созданная в i-й отрасли,

$$\begin{aligned} \text{ВДС}'(t) = & \gamma^i * \text{Ц}'(t) * - (X^i(t) - X^i_c(t)) + \gamma^i_{\text{EI}} * \\ & + (\Delta A^i(t) - \Delta A^i_{\text{Maf}}(t)) + \text{Ц}'(t) * z^i(t) - \text{Ц}'(t) * \\ & * \Delta N^i(t) + \Pi^i(t) \end{aligned} \quad (9)$$

Решением экстремальной задачи (5), (6) является значение $Y'(t)$ вида:

$$Y'(t) = \frac{bq^i(t)}{\text{Ц}'(t)} * (\text{ВДС}(t) - \sum_{i=1}^n \text{Ц}'(t) * \text{EI}^i(t)); \quad (10)$$

Динамика суммарного продукта на складе определяется уравнением:

$$X^i_{\text{сз}}(t) = \frac{1}{k_{\text{ВВП}}(t)} (X^i_{\text{сз}}(t-1) + X^i_c(t-1)); \quad (11)$$

где $X^i_{\text{сз}}(t)$ — суммарный продукт i-й отрасли, накопленный на складе.

Как уже отмечалось во введении, всюду в уравнениях (1)-(9) величины $X^i(t)$, $X^i_{\text{пл}}(t)$, $\text{Ц}'(t)$, измеряются в относительных единицах, определяемых равенствами:

$$X^i(t) = \frac{X^i_{\text{абс}}(t)}{\text{ВВП}(t)}; \quad (12)$$

$$X^i_{\text{пл}}(t) = \frac{X^i_{\text{пл абс}}(t)}{\text{ВВП}(t)}; \quad (13)$$

$$\text{Ц}'(t) = \frac{\text{Ц}^i_{\text{абс}}(t)}{\text{ЦВВП}(t)}; \quad (14)$$

где ВВП(t) — валовый внутренний продукт, определяемый равенством:

$$\text{ВВП}(t) = \sum_{i=1}^n X^i_{\text{абс}}(t); \quad (15)$$

ЦВВП(t) — средняя цена ВВП,

$$\text{ЦВВП}(t) = \frac{\text{СВВП}(t)}{\text{ВВП}(t)}; \quad (16)$$

СВВП(t) — стоимость ВВП в абсолютных ценах,

$$\text{СВВП}(t) = \sum_{i=1}^n \text{Ц}^i_{\text{абс}}(t) * X^i_{\text{абс}}(t) \quad (17)$$

абсолютные величины $X^i_{\text{абс}}(t)$, $X^i_{\text{пл абс}}(t)$, $\text{Ц}^i_{\text{абс}}(t)$ имеют следующий смысл:

$X^i_{\text{абс}}(t)$ — объем продукта, выпускаемого i-й отраслью в момент t в ценах базового года,

$X^i_{\text{пл абс}}(t)$ — объем продукта, который в момент t планируется выпустить через время t в ценах базового года. Продукт $X^i_{\text{пл абс}}(t) = X^i_{\text{абс}}(t + \tau)$ будет выпущен в момент t + τ .

Помимо относительных величин продукта каждой из отраслей $X^i(t)$ удовлетворяющих условию $\sum_{i=1}^n X^i(t) = 1$ при всех t, имеется возможность вычислить динамику ВВП отнесенного к базовому году используя равенство:

$$\frac{\text{ВВП}(t)}{\text{ВВП}(t)} = k_{\text{ввп}}(t) \quad (18)$$

где $k_{\text{ввп}}(t)$ определяется равенством (4).

Используя имеющуюся в модели информацию и абсолютные величины продукта отраслей в базовом году нетрудно восстановить абсолютные величины продукта в любой момент времени.

Однако, подобную процедуру восстановления абсолютных величин нельзя проделать с ценами, т.к. система моделей не позволяет вычислять зависимость от времени средней цены валового продукта ЦВВП(t), задающей динамику инфляционного процесса. Оказывается, это не случайно. В рамках данной модели инфляция эквивалентна деминации и не оказывает никакого влияния на динамику продукта. Это очень интересный вывод из уравнений системы моделей, показывающий, что негативные последствия вызывает не сам рост цен, а всевозможные запаздывания — цены растут, а зарплата не повышается, товар продается по одной цене, а оборотные фонды закупаются в условиях возросших цен и т.д. В рамках же простых «мгновенных» моделей инфляцию смоделировать невозможно, она прямо или косвенно (через связанные с ней величины) должна задаваться (является управлением).

Далее будет показано, что при учете связи экономики страны с внешней средой через экспорт-импорт из системы моделей может быть найдена величина \$ / ЦВВП, где \$ — курс доллара. Из этого следует, что при наличии развитой внешней торговли в идеальной (не регулируемой) рыночной экономической системе манипулируя курсом доллара (если эта возможность находится в руках государства) можно задать любой уровень инфляции. Именно этот прием и был использован нашим правительством для выполнения требований МВФ по снижению темпов инфляции (скорее всего в ущерб экономике страны).

5.6.2. Модель экспорта-импорта

Экспорт-импорт входит в уравнения (1), (2) и другие, описанные выше через две величины:

$\text{EI}^i(t)$ — разность между экспортом и импортом продукта отрасли i,

$\Delta A^i(t)$ — дополнительный доход (убыток) от экспорта-импорта, полученный вследствие разностей внутренних и мировых цен.

При этом часть дохода $(1 - \text{Maf}^i)(1 - \gamma^i_{\text{EI}})\Delta A^i(t)$ находится в распоряжении отрасли, а часть $(1 - \text{Maf}^i)\gamma^i_{\text{EI}}\Delta A^i(t)$ в руках государства или специальных экспортно-импортных структур, лежащих вне сферы производства. Доля дохода $\text{Maf}^i\Delta A^i(t)$ изымается мафиозными структурами. Дополнительный доход $\Delta A^i(t)$ удобно интерпретировать как доход от продажи по внутренним ценам Ц' некоторого фиктивного дополнительного продукта ΔX^i_{EI} , так что:

$$\Delta A^i(t) = \text{Ц}'(t) * \Delta X^i_{\text{EI}}(t); \quad (19)$$

$$\Delta X_{EI}^i(t) = \left(\frac{\$(t) * \bar{C}_M^i(t)}{C^i(t)} - 1 \right) * EI^i; \quad (20)$$

$$\bar{C}_M^i(t) = \frac{C_M^i}{C_{ВВП}(t)}, \quad (21)$$

где $\$(t)$ — курс доллара в рублях на доллар,

$C_M^i(t)$ — мировые цены в долларах на рубль базового года (стоимость в долларах продукта, стоимостью в 1 руб. в ценах базового года). Мировые цены для качественных расчетов приняты постоянными.

Для вычисления самой величины экспорта-импорта $EI^i(t)$ предлагается использовать два сценария (в каждой отрасли может быть любой из них).

Сценарий 1. Величина $EI^i(t)$ определяется равенством:

$$EI^i(t) = I_{EI}^i(t, \Delta C^i(t)) * X^i(t) \quad (22), \text{ где}$$

$$\Delta C^i(t) = \frac{\$(t) * \bar{C}_M^i(t)}{C^i(t)} - 1; \quad (23)$$

Коэффициент $I_{EI}^i(t, \Delta C^i(t)) < 1$ учитывает изменение политики экспорта-импорта в зависимости от соотношения внутренних, мировых цен и курса доллара.

На первом этапе исследований был принят простейший вариант этого сценария, когда величина I_{EI}^i задается экзогенно и

$$I_{EI}^i = \text{const}; (I_{EI}^i < 1) \quad (24)$$

или

$$I_{EI}^i = I_{EI}^i(t) < 1. \quad (25)$$

Сценарий 2. Экзогенно задается цена продукта $C^i(t)$, а величина EI^i определяется из уравнения (2) при $X_C^i(t) \equiv 0$, так что

$$EI^i(t) = X^i(t) - \left[\sum_{j=1}^n a_j^i * X_{mn}^j(t) + Y^i(t) + \text{Maf} * X^i(t) \right]. \quad (26)$$

Этот сценарий позволяет смоделировать ситуацию, когда отрасль-монополист назначает высокую цену за продукт (при высоких мировых ценах), внутренний покупатель не в состоянии купить значительное количество продукта, но отрасль-монополист это не заботит, так как она может не востребованный внутри страны продукт пустить на экспорт. Такая политика приводит к разрушению экономики страны, а отрасль-монополист процветает.

Независимо от того, какой сценарий используется, уравнения (1) и (2) имеют «первый интеграл», т.е. соотношение, являющееся следствием системы уравнений (1), (2),

$$\sum_{i=1}^n (\Delta A^i(t) - \Delta F_{\text{Maf}}^i(t)) = 0. \quad (27)$$

Соотношение (27) имеет интересный содержательный смысл: в идеальной рыночной экономике цены находятся в равновесии лишь тогда, когда доход от экспорта-импорта равен нулю. При этом нужно учесть изъятие части доходов мафиозными структурами — ΔA_{Maf}^i с вывозом этой части за рубеж.

Аналогично ΔA_{Maf}^i учитывается накопление резервных средств государством (в форме валюты или золотого запаса).

Действительно, если баланс доходов от экспорта-импорта положителен, то происходит впрыскивание избыточных денег в экономику и цены будут расти до тех пор, пока не будет выполняться соотношение (27).

С использованием равенств (19) — (21) соотношение (27) может быть записано в виде:

$$\sum_{i=1}^n C^i(t) * \left(\frac{C_M^i(t)}{C^i(t)} * \frac{\$(t)}{C_{ВВП}(t)} - 1 \right) * EI^i(t) = \Delta A_{\text{Maf}}^i(t), \quad (28)$$

$$\text{где} \quad \Delta A_{\text{Maf}}(t) = \sum_{i=1}^n \Delta A_{\text{Maf}}^i(t).$$

В случае, когда в Сценарии 1 используется простой вариант (24) задания величины I_{EI}^i , а в каждой из отраслей реализуется любой из сценариев из равенства (28) может быть определена величина

$$\lambda(t) = \frac{\$(t)}{C_{ВВП}(t)} \quad (29)$$

она вычисляется по формуле

$$\lambda(t) = \frac{\sum_{i=1}^n C^i(t) * EI^i(t) + \Delta A_{\text{Maf}}(t)}{\sum_{i=1}^n C_M^i(t) * EI^i(t)} \quad (30)$$

Таким образом уравнения системы моделей задают лишь величину $I(t)$. Используя ее и задав экзогенно курс доллара $\$(t)$ можно определить среднюю цену валового продукта $C_{ВВП}(t)$ определяющую уровень инфляции.

Отсюда видно, что манипулируя курсом доллара можно получить любой желаемый уровень инфляции.

5.6.3. Мафиозные структуры

Под мафиозными структурами мы понимаем как незаконные криминальные структуры, так и вписавшиеся в существующие законы, быть может принятые в результате лоббирования этими структурами. Отличительной чертой мафиозности является моноцель — обогащение любой ценой в ущерб прогрессивному развитию страны и благосостоянию большинства населения.

В модели учтены три механизма обогащения. Это:

1) изъятие части доходов отрасли

$$DI_{\text{Maf}}^i(t) = \sum_{j=1}^n \gamma_{\text{Maf}}^j * C^j(t) * (X^j(t) - X_C^j(t)) \quad (31)$$

Этот вид дохода мафии имеет форму дополнительного налога на отрасль.

Полученные мафией этим путем средства участвуют в денежном обращении, но приводят к перераспределению доходов среди населения.

2) изъятие части продукта и продажа его за рубежом с поступлением выручки в зарубежные банки

$$D2_{\text{Maf}}(t) = \sum_{i=1}^n \text{Maf}^i * C^i(t) * X^i(t) \quad (32)$$

3) изъятие части дохода от экспорта-импорта и оседание этого дохода в зарубежных банках

$$D3_{\text{Maf}}(t) = \Delta A_{\text{Maf}} = \sum_{i=1}^n \Delta A_{\text{Maf}}^i \quad (33)$$

Общий доход мафиозных структур за время $[t - \tau, t]$ будет

$$D_{\text{Maf}}(t) = D1_{\text{Maf}}(t) + D2_{\text{Maf}}(t) + D3_{\text{Maf}}(t) \quad (34)$$

5.6.4. Алгоритм исследования макроэкономической динамики.

Квазиравновесные цены в момент времени t и величины X_{nn}^i находятся как решения уравнений (1) и (2) при $X_c^i = 0$ с использованием дополнительных соотношений системных моделей. Эти уравнения решаются методом итераций.

Из уравнения (1), полагая $X_c^i = 0$, находим X_{nn}^i . Получим (опуская аргумент t):

$$X_{\text{nn}}^i = \left(\sum_{j=1}^n a_j^i * C^j \right)^{-1} * ((1 - \gamma^i) * C^i * X^i + C^i * \Delta N^i - C^i * Z^i - \Pi^i) \quad (35)$$

Цена будет определяться по итерационной формуле (19):

$$C_k^i(t) = C_{k-1}^i(t) * \left(1 - h_i * \frac{X^i(t) - X_{\text{cn}}^i}{X^i(t)} \right) - h_{\text{НОР}} * \left(\sum_{i=1}^n C_{k-1}^i * X^i - 1 \right) \quad (36)$$

Здесь $h_i, h_{\text{НОР}}$ — коэффициенты, определяющие скорость движения в сторону баланса, слагаемое $h_{\text{НОР}} (\sum_{i=1}^n C_{k-1}^i * X^i - 1)$ — штраф за нарушение условия нормировки цен

Спрос на продукт определяется равенством:

$$X_{\text{cn}}^i(t) = \left(\sum_{j=1}^n a_j^i * X_{\text{nn}}^j(t) + Y^i(t) + E^i(t) + \gamma_{\text{cn}}^i * X_{\text{cn}}^i(t) \right) / (1 - \text{Maf}^i) \quad (37)$$

Здесь γ_{cn}^i — коэффициент, определяющий влияние суммарного склада на спрос.

Описанный алгоритм имеет экономическое со-

держание. В соответствии с уравнением (19) цена уменьшается, если продукт остается на складе (спрос меньше предложения) и увеличивается, если $X_c^i < 0$ (спрос превышает предложение). Квазиравновесные цены находятся из условия равенства спроса и предложения.

Гипотеза о быстром установлении квазиравновесных цен, упоминавшаяся выше, выражается математически в том, что итерации проводятся при фиксированном t . На практике это означает, что цены устанавливаются за время существенно меньше одного года.

Продукт, посылаемый на склад определяется как невязка из уравнения (2).

5.6.5. Определение коэффициентов макромоделей на основе статистической информации

Исходной информацией для определения значений коэффициентов $k^i(t), bq^i(t)$ являются статистические ряды $X^i(t), X_{\text{nn}}^i(t), C^i(t)$, коэффициенты межотраслевого баланса — a_j^i , величина запаздывания τ ($\tau = 1$ год) и экзогенно задаваемые ряды $E^i(t), \Delta N^i(t)$.

Коэффициенты $k^i(t)$ определяются из уравнений (1), (5) в предположении, что

$$X_{\text{nn}}^i(t) = X^i(t + \tau) \frac{\text{ВВП}(t + \tau)}{\text{ВВП}(t)} \quad (38)$$

Коэффициенты $bq^i(t)$ определяются из (2), (10), (38) и затем нормируются.

5.6.6. Компьютерный эксперимент и анализ результатов

Компьютерная реализация системы моделирования состоит из двух блоков: блока моделирования и блока визуализации результатов¹. Блоки работают под управлением операционной системы MS-DOS из оболочки Norton Commander. Блок моделирования производит основные вычисления на основе входной информации². Блок визуализации выдает на экран меню, содержащие описания всех переменных, отраслей, вариантов сценарного анализа, которые могут быть представлены в виде графика. Можно накладывать различные графики один на другой для проведения сравнительного анализа.

¹ Матросов В.М. Хрусталева М.М. и др. Логико-математическое моделирование, сценарный анализ безопасности населения и народного хозяйства, устойчивости и стабилизации развития страны и регионов с учетом возможных техногенных и природных катастроф. Научный отчет по ГНТП «Безопасность» за 1996 год. — М. -1996г.

² Российский статистический ежегодник 1994. Изд. Госкомстат России. Москва. — 1994.