

# **РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА.**

Анохин А.М., Белова О.Н., Гусев В.Б., Павельев В.В., Пащенко А.Ф., Пащенко Ф.Ф.  
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

## ***Введение***

Проблемы долгосрочного развития регионов интенсивного освоения недр связаны с тем, что на определенном этапе нарушается сбалансированность их хозяйственной деятельности. Наличие единственной сырьевой отрасли создает опасность прекращения жизнедеятельности региона в связи с уменьшением или даже прекращением добычи ископаемых ресурсов, порождая проблемы моногородов и прочих населенных пунктов, на территории которых находится одно или два предприятия.

В долгосрочном периоде объем добавленной стоимости нефтедобывающей отрасли может получить прирост в основном за счет применения сложных передовых технологий. Эти технологии имеют более долгий срок окупаемости, но дают более качественную продукцию на выходе, позволяют извлекать большее количество углеводородов из одного месторождения и получать больший суммарный объем прибыли в процессе добычи и переработки сырья.

Одним из важнейших аспектов формирования устойчивой конкурентоспособности нефтегазового комплекса на территориях интенсивного освоения недр является развитие высокотехнологичных кластеров на базе естественных центров экономического роста. Формирование таких кластеров, а также региональных программ эффективной утилизации нефтяного попутного газа целесообразно осуществлять на базе Центров социального и экономического развития (ЦСЭР) ресурсодобывающих регионов.

В последние годы в институтах РАН (ИПУ РАН, ИНПГ РАН и др. ) разрабатываются методы и модели, направленные на повышение эффективности внедрения инновационных технологий освоения углеводородных месторождений и утилизации попутного нефтяного газа.

## 1. Моделирование динамики ресурсодобывающего региона

Для реализации двухпродуктовой версии модели использовалась среда моделирования MV-STUDIO 6 [6]. Численные расчеты проводились на модели с условными параметрами экономики региона. Часть исходных параметров – коэффициенты удельных промежуточных затрат, коэффициенты выбытия и др. – получена путем осреднения реальных статистических данных. Все вычисляемые, изменяющиеся во времени показатели поэтому интерпретируются как условные. Путем соответствующего подбора части постоянных исходных параметров модели в процессе ее верификации удалось получить интерпретируемые режимы динамики системы – роста и спада.

Режим эксплуатации групп месторождений представлен интенсивностью их освоения  $w1'$   $w2'$  (рис. 1).

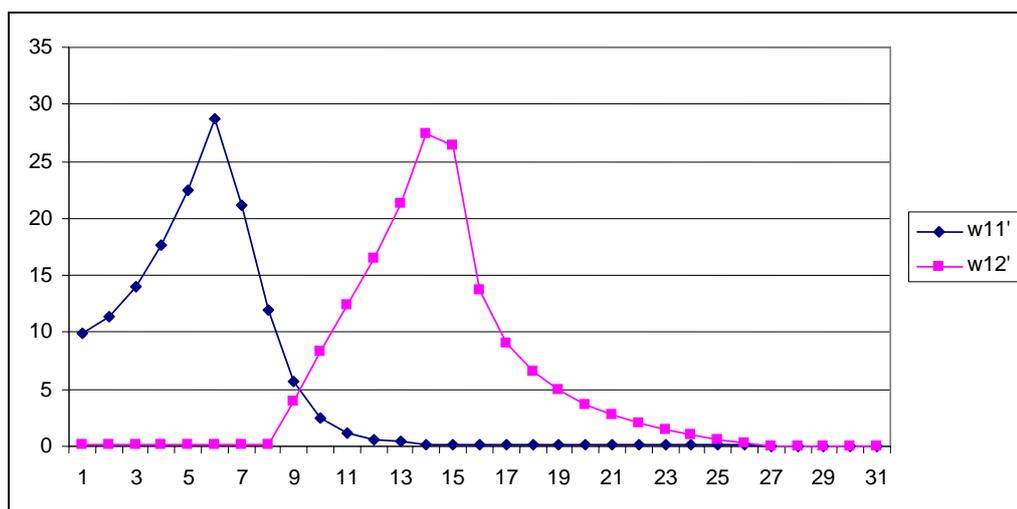


Рис. 1. Объемы добычи для двух групп месторождений в стоимостном выражении (млрд руб./год) по годам

Режим роста, полученный при начальном уровне доли импорта  $im = 0,2$ , отображен на диаграммах 2 и 3. Из рис. 2 видно, что финансирование поставок сырья после исчерпания собственных запасов происходит за счет обрабатывающей отрасли, т.е. из общего фонда (типа фонда развития региона).

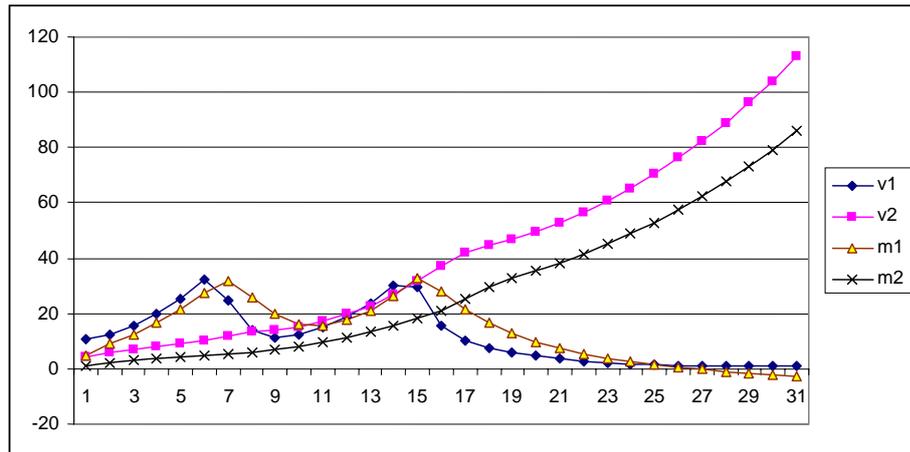


Рис. 2. Выпуски продукции и объемы финансовых активов в режиме роста (млрд руб./год) по годам

При отсутствии такого фонда осуществить режим роста для ресурсодобывающего региона не удалось (наличие внешних субсидий модель не предусматривала).

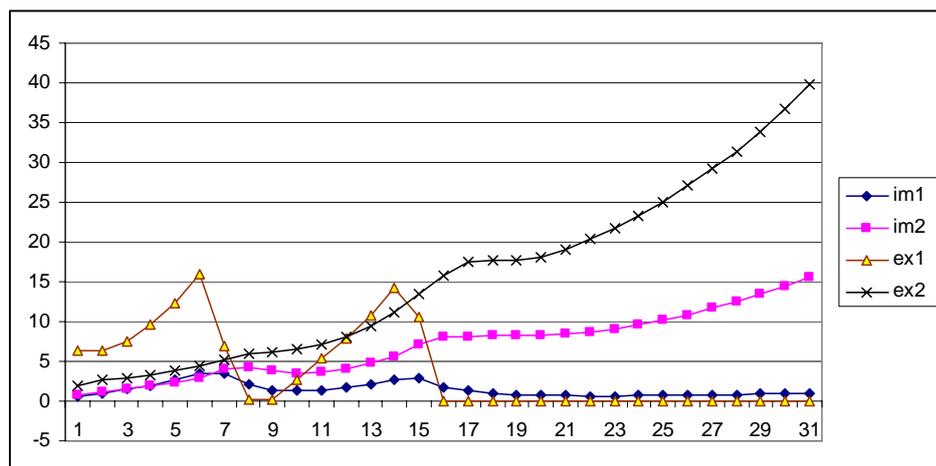


Рис. 3. Импорт и экспорт в режиме роста (млрд руб./год) по годам

Рис. 3 показывает, что в режиме роста импорт продукции после завершения эксплуатации месторождений осуществляется за счет возрастающего экспорта продукции перерабатывающей отрасли.

Результаты верификации модели могут быть оценены при сравнении с данными развития реального региона РФ. Примером такого региона может быть взят Ненецкий автономный округ.

В социально-экономическом развитии Ненецкого автономного округа определяющим является минерально-сырьевой комплекс. В общем объеме промышленной продукции,

вырабатываемой в округе, более 90% составляет продукция нефтедобывающего комплекса.

Отличительными особенностями округа являются: высокая степень изученности нефтегазоносных площадей, их достаточно компактное размещение и близость к европейским рынкам сбыта.

По состоянию на 01.01.09. на территории Ненецкого автономного округа открыто 83 месторождения углеводородного сырья, из них в распределенном фонде недр числятся 60, разрабатываются – 21. В нераспределенном фонде недр находится 24% разведанных запасов нефти и 19% – свободного газа.

Степень выработанности разведанных запасов нефти в округе не превышает 10%, а свободного газа – менее 1%.

Таблица 1. Объем добычи нефти в 2004–2009 гг.

<b>Объем добычи</b>	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>нефти, млн т</b>	10,5	12,1	13,0	13,6	14,6	18,8

Таблица 2. Динамика ВРП в 2005–2009 гг.

<b>Объем валового</b>	2005	2006	2007	2008	2009
<b>регионального продукта</b>	44718	67248	98374	99808	120179
<b>(ВРП) в текущих ценах,</b>					
<b>млн руб.</b>					

### Промышленность

Отгружено товаров собственного производства за 2009 год по виду деятельности:

- добыча полезных ископаемых – на сумму 125 215,9 млнруб. (индекс производства – 131,8% по сравнению с 2008 годом);
- обрабатывающие производства – 723,0 млн руб;
- производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 1213,5 млн руб.

На территории Ненецкого автономного округа осуществляют свою деятельность 1120 предприятий и организаций. В структуре промышленного производства Ненецкого автономного округа 98,5% занимает топливная промышленность.

Для сопоставления числовые данные на шкалах графиков должны иметь размерность миллиардов рублей. Качественно модельная траектория (рис. 2, 3) и динамика ВРП региона находятся в удовлетворительном соответствии, если 20-й шаг траектории поставить в соответствие 2005 году, а одну группу месторождений нефти в модели сопоставить с 10 реальными месторождениями. Уточнение прогноза развития рассматриваемого региона с использованием модели следует корректировать путем включения в модель дополнительных месторождений.

## **2. Нефтегазовый комплекс Ямала**

Полуостров Ямал является одним из важнейших стратегических нефтегазоносных регионов России. Промышленное освоение месторождений Ямала и прилегающих акваторий имеет принципиальное значение для обеспечения роста российской добычи газа после 2010 года.

### *Запасы и ресурсы Ямала*

На полуострове Ямал и в прилегающих акваториях открыто 11 газовых и 15 нефтегазоконденсатных месторождений, разведанные и предварительно оцененные (ABC1+C2) запасы газа которых составляют порядка 16 трлн куб. м, перспективные и прогнозные (C3-Д3) ресурсы газа – около 22 трлн куб. м. Запасы конденсата (ABC1) оцениваются в 230,7 млн т, нефти – в 291,8 млн т.

Таблица 3. Прогноз добычи газа на полуострове Ямал и в прилегающих акваториях (освоение перспективных объектов на приямальском шельфе в Карском море предполагается начать после 2025 года)

Год	2011*	2015	2020	2025	2030
Добыча газа, млрд куб. м	7,9	75–115	135–175	200–250	310–360

Предприятиями автономного округа в 2007 году отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами в действующих ценах на сумму 507,6 млрд. руб., в том числе: добыча полезных ископаемых – 448,6 млрд. руб., обрабатывающие производства – 37,9 млрд. руб., производство и распределение электроэнергии, газа и воды – 21,1 млрд. руб.

В 2008 году был добыт 571 млрд куб. м естественного газа и 42,4 млн т нефти. На Ямале добывается 91% всего природного газа РФ (23,7% мировой добычи) и более 14% российской нефти и газоконденсата. В общей сложности округ производит более 54% первичных энергетических ресурсов России. На протяжении последних лет ежегодный прирост ВРП в абсолютных показателях составляет 100 миллиардов руб. В 2007 году ямальский ВРП составил 647,3 млрд руб.

Ниже представлены результаты расчетов, полученные на модели, адаптированной к данным по Ямало-Ненецкому административному округу. Модель включает две группы месторождений – группу разрабатываемых и группу перспективных месторождений, разработка которых начнется через несколько лет. Все отрасли промышленности агрегированы в две – добывающую и перерабатывающую.

Неблагоприятные воздействия внешней среды могут быть представлены повышенным значением выбытия производственных мощностей, а также случайным характером этого процесса. Ниже представлена имитация этого процесса, а также динамика самонастройки доли инвестиций в выпуске.

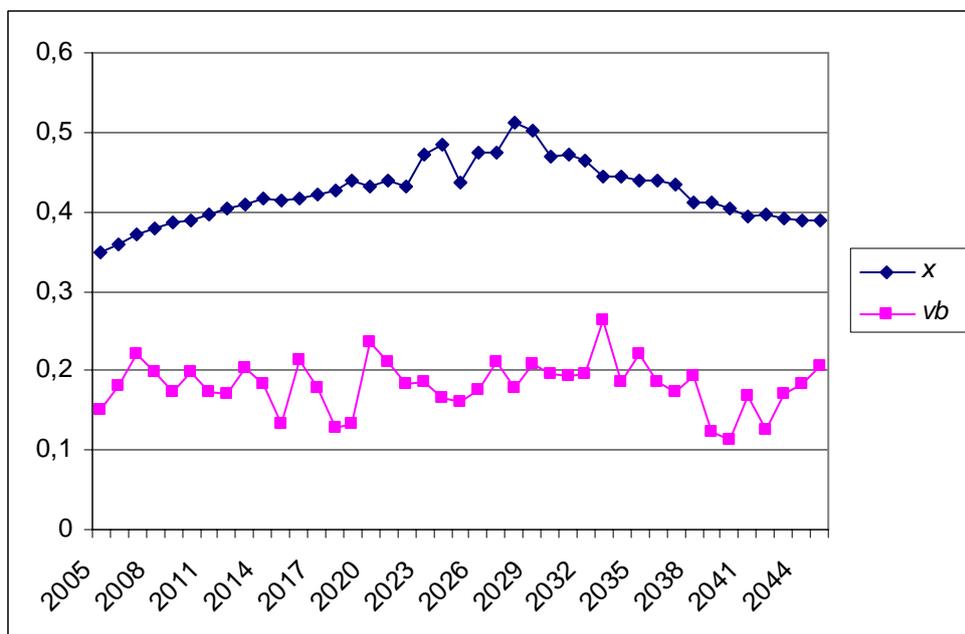


Рис. 4. Имитация динамики выбытия мощностей и доли инвестиций.

На рис. 5 представлены прогнозные траектории добычи углеводородов как на освоенных месторождениях  $w1'$ , так и на планируемых к освоению месторождениях

шельфа Карского моря  $w_2'$ , измеряемые в сопоставимых ценах 2007 года (в трлн руб.). Спад добычи в конце траектории обусловлен исчерпанием месторождения.

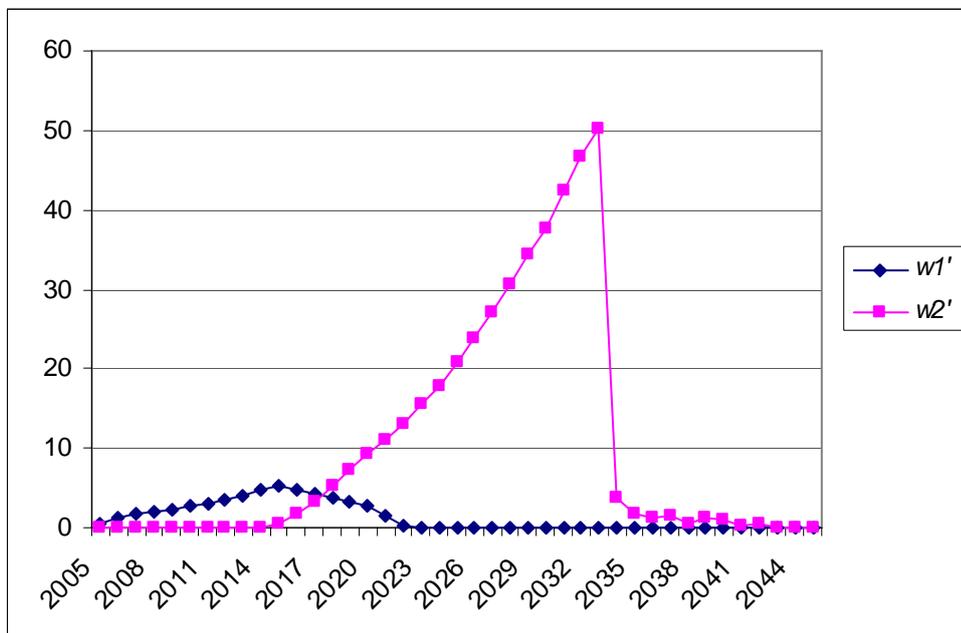


Рис. 5. Прогнозные траектории добычи углеводородов (трлн руб./год) по годам

На рис. 6 представлены прогнозные траектории выпуска сырьевой  $v_1$  и перерабатывающей  $v_2$  отраслей.

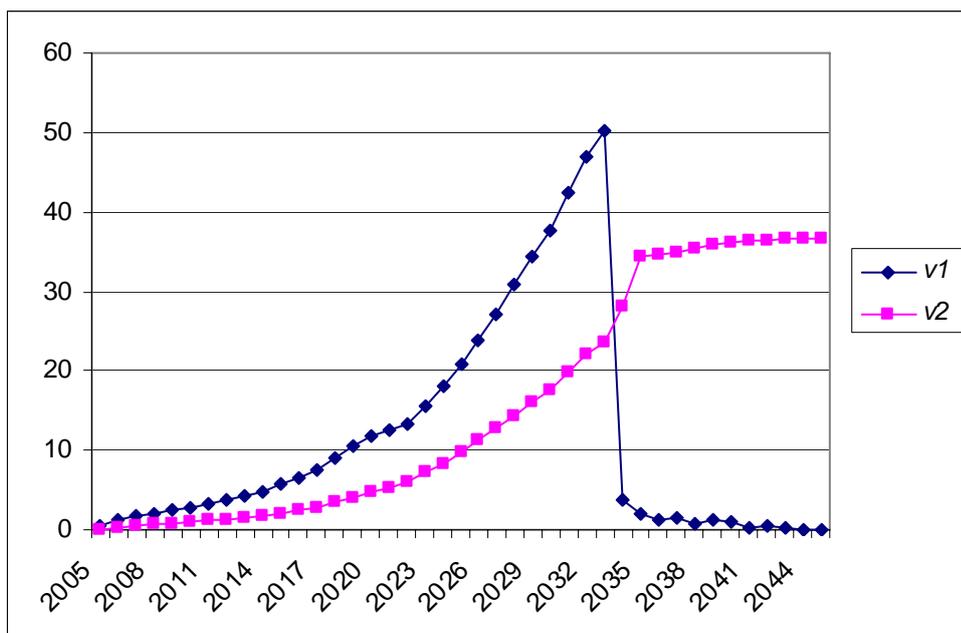


Рис. 6. Прогнозные траектории выпуска сырьевой  $v_1$  и перерабатывающей  $v_2$  отраслей в трлн руб.

На рис. 7 представлены прогнозные траектории финансового состояния отраслей.

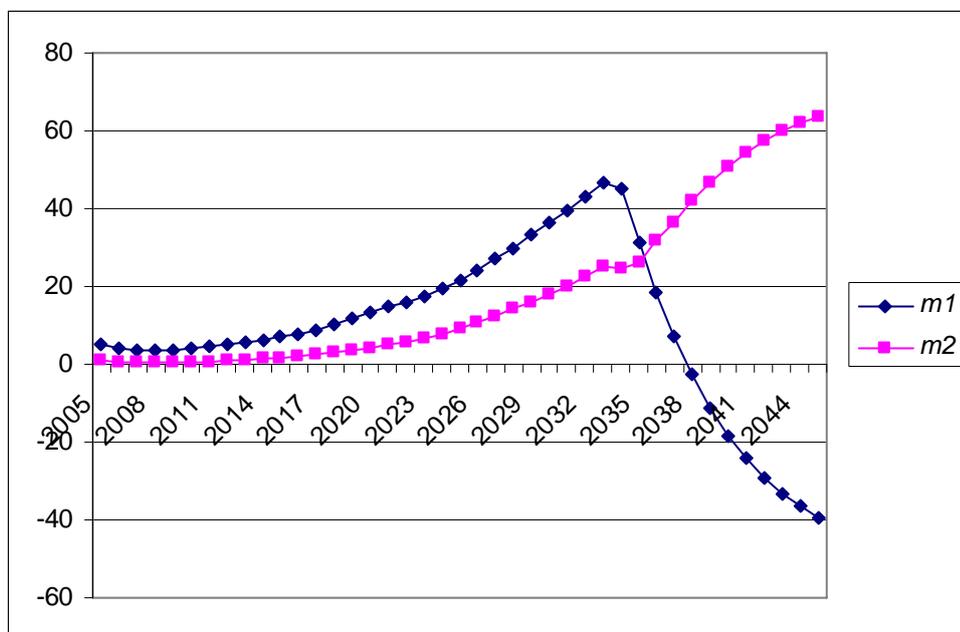


Рис. 7. Прогнозные траектории финансового состояния отраслей в трлн руб.

Наращивание мощностей обрабатывающей отрасли финансируется за счет кредитов, что соответствует отрицательным значениям финансового состояния обрабатывающей отрасли.

На рис. 8 представлены прогнозные траектории экспорта продукции отраслей.

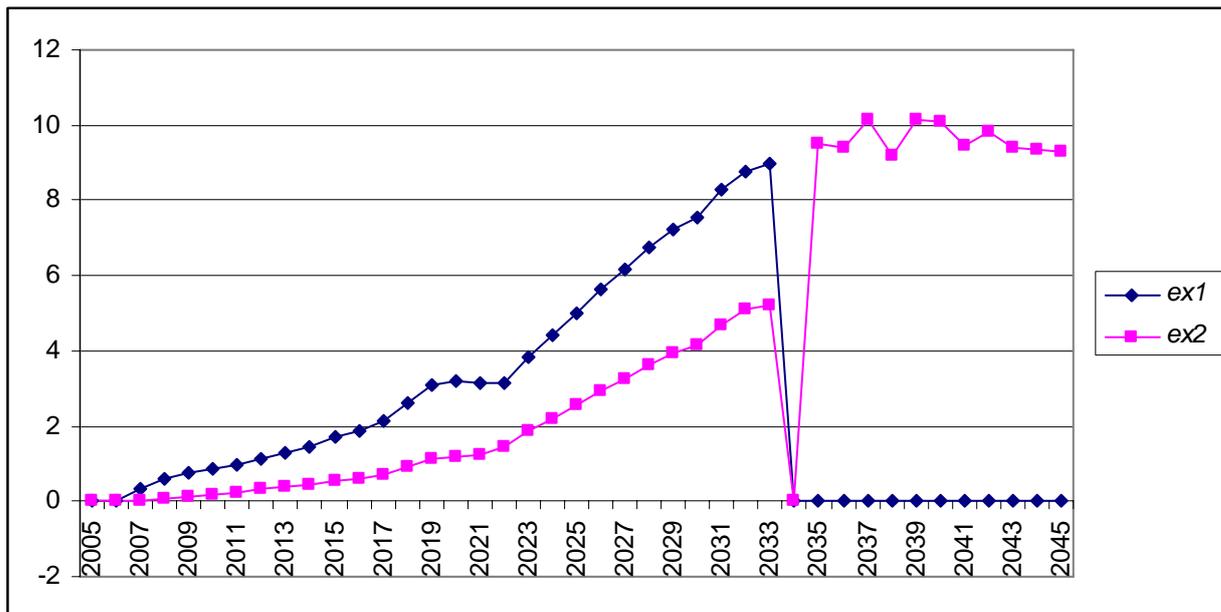


Рис. 8. Прогнозные траектории экспорта продукции отраслей в трлн руб.

Экспорт продукции перерабатывающей отрасли резко увеличился в конце траектории, поскольку ее продукция потреблялась как конечными потребителями, так и добывающей отраслью.

## ***2. Механизм стимулирования использования передовых технологий утилизации попутного нефтяного газа, учитывающий фактор риска***

Используемые технологии освоения углеводородных месторождений и переработки сырья характеризуются различными параметрами затрат и производимой продукции. Простые технологии имеют преимущество в том, что позволяют быстрее окупать вложенные средства. Сложные передовые технологии имеют более долгий срок окупаемости, но дают более качественную продукцию на выходе, позволяют извлекать большее количество углеводородов с одного месторождения и получать больший суммарный объем прибыли в процессе добычи и переработки сырья.

В долгосрочном периоде объем добавленной стоимости нефтедобывающей отрасли может получить прирост в основном за счет применения сложных передовых технологий. Таким образом, между краткосрочными целевыми установками менеджеров нефтяных компаний и долгосрочными интересами отрасли и государства имеется определенное расхождение.

Источником стимулирования должен быть фонд поддержки передовых технологий. Пополнение фонда происходит за счет дополнительных отчислений с прибыли с нормой отчислений  $n$ . Стимулирующие выплаты направляются на финансирование проектов освоения и эксплуатации месторождений, имеющих большие сроки окупаемости. При этом работы по освоению и применению новых технологий с учетом стимулирующих выплат должны быть более рентабельны, чем использование традиционных технологий. Результатом такого стимулирования можно ожидать решения менеджеров нефтяных компаний, продиктованные стремлением максимизировать свою прибыль, совпадающие с долгосрочными интересами нефтедобывающей отрасли и нацеленные на освоение инновационных технологий переработки ПНГ.

Для того чтобы избежать манипулирования стимулирующими выплатами со стороны участников, эти выплаты рассчитываются и осуществляются по типу заемных средств, то есть накопленные суммы вычетов (если они положительные) в последующие периоды возвращаются с дисконтом.

Для формирования механизма стимулирования, определяющего порядок распределения средств фонда, необходимо сформировать порядок, при котором суммарная прибыль от применения технологий утилизации попутного газа (НПГ), учитывающая стимулирующие добавки  $s$ , является возрастающей функцией от уровня утилизации НПГ  $u$  на интервале, ограниченном сверху нормативно задаваемым уровнем  $u^0$ . Этот уровень, фигурирующий в планах добывающих компаний, возрастает с удалением горизонта планирования, поскольку связан с использованием новых дорогостоящих технологий.

С целью формирования требуемого профиля зависимости стимулирующих добавок от уровня утилизации  $s(u)$  проводится регулярно повторяющийся анализ применяемых на месторождениях технологий добычи и утилизации углеводородного сырья. Сначала месторождения ранжируются с учетом применяемых технологий добычи и утилизации (действующих и перспективных) по оценкам суммарной рентабельности  $r$  за все обозримое время эксплуатации месторождения. Определяется базовый уровень рентабельности  $r^0$ , соответствующий месторождениям с наиболее простыми технологиями добычи. В кандидаты на стимулирование отбираются те месторождения и технологии, долговременная оценка рентабельности которых  $r_i$  превосходит базовый уровень,  $r_i \geq r^0$ . Обозначим это множество кандидатов через  $\mathbf{K}$ . Затем отобранный набор

кандидатов ранжируется по уровню  $u$  утилизации НПГ. При выборе кандидатов на стимулирование также учитывается нормативно задаваемая верхняя граница  $u^0$  уровня утилизации НПГ, что может привести к сокращению множества кандидатов  $K$ . Эта граница определяется соображениями охраны окружающей среды, международными обязательствами, доступными технологиями добычи и утилизации углеводородов.

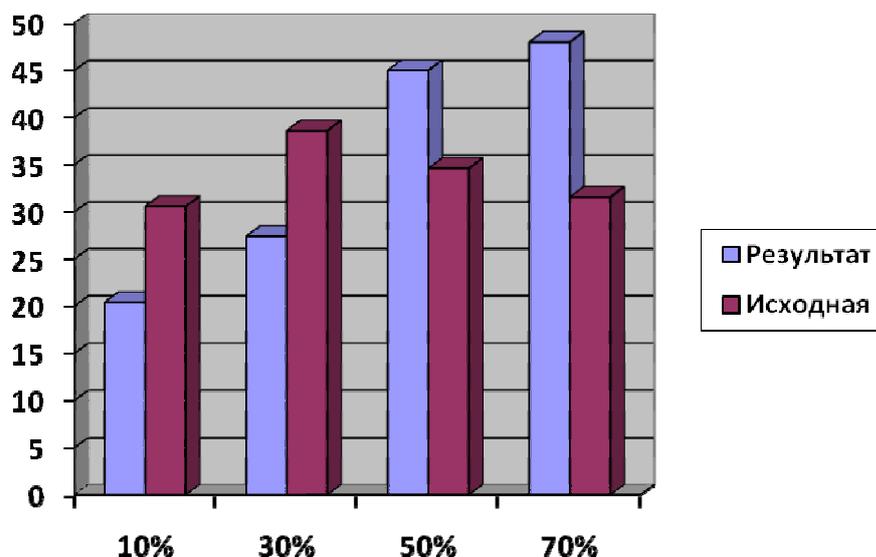


Рис. 9. Зависимость рентабельности месторождений от уровня утилизации НПГ

Таким образом, формальная задача определения параметров механизма стимулирования сводится к определению стимулирующих выплат  $s(u)$ , обеспечивающих монотонный рост результирующей прибыли  $R(u) \cdot (1-n) \cdot (1-\rho(u)) + s(u)$ , учитывающий фактор риска  $\rho(u)$  и обеспеченный отчислениями от прибыли  $R(u)$  с условием минимума нормы этих отчислений  $n$ .

Будем обозначать для  $i$ -й пары (месторождение, технология) компоненту искомой переменной  $s_i = s(u_i)$ , компоненту фактора рисков  $\rho_i = \rho(u_i)$ . Тогда задачу без учета возврата изъятых ранее средств (для начального момента времени  $t=0$ ) можно сформулировать в виде оптимизационной задачи, имеющей вид задачи линейного программирования

$$\begin{aligned}
n &\rightarrow \min\{s_i, n\}, \\
\Sigma R_i \cdot n &\geq \Sigma s_i, \\
R_i \cdot (1-n) \cdot (1-\rho_i) + s_i &\geq R_{i-1} \cdot (1-n) + s_{i-1}, \\
s_i &\geq 0 \\
\forall i \in \mathbf{K}.
\end{aligned} \tag{1}$$

Факторы риска  $\rho_i$  для месторождений, использующих инновационные технологии утилизации НПП, оцениваются на основе экспертных данных и анализа статистики. Оценки прибыли определяются исходя из анализа отчетных данных, а также бизнес-проектов освоения новых технологий.

Механизм стимулирования передовых технологий утилизации попутного нефтяного газа должен компенсировать краткосрочные падения рентабельности при освоении инновационных технологий и отслеживать интересы отрасли (холдинга, крупной добывающей компании) в долгосрочном плане.

### ***3. Комплексная оценка социально-экономической значимости предлагаемых технологий для модернизации региональной экономики***

Формирование системы критериев и показателей при комплексном оценивании многофакторных альтернатив является особо важной процедурой, определяющей результат выбора лучшей альтернативы. В большинстве работ по теории принятия решений эта процедура не формализуется. В данной работе предлагается использовать единый принцип формирования системы критериев: дихотомическую декомпозицию формулировки заданной цели, используемую в методе векторной стратификации оцениваемых многофакторных объектов [13, 14] Логическая процедура дихотомической декомпозиции формулировки цели на основе выявления причинно-следственной связи понятий обеспечивает построение структуры критериев и показателей комплексной оценки. Эта структура имеет вид бинарного дерева (рис.10).

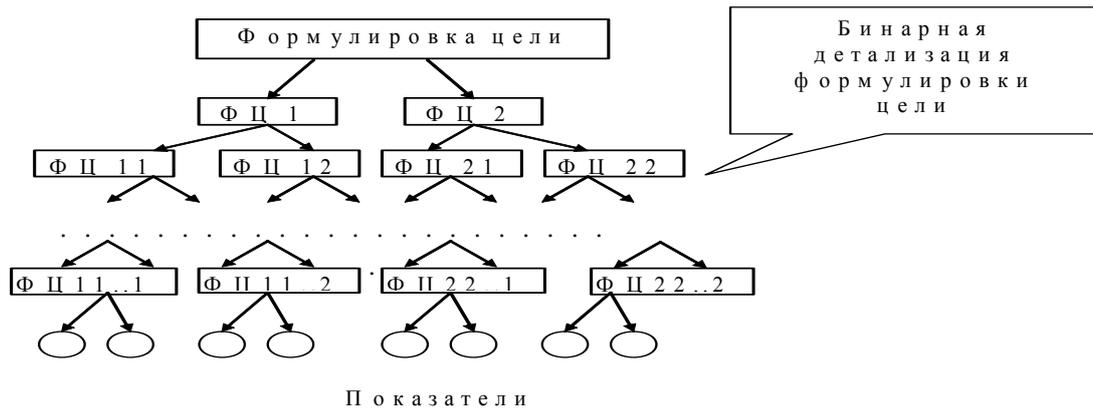


Рис. 10. Процедура формирования структуры показателей

Такая структура может быть функционально описана следующим выражением:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \varphi_1(x_1, \varphi_2(x_2, \dots, \varphi_{n-1}(x_{n-1}, x_n)) \dots).$$

Возможность разложения любой непрерывной функции  $n$  переменных в суперпозицию непрерывных функций двух переменных доказана в работах А. Н. Колмогорова [15] и В. М. Арнольда [16]. Обобщение оценок по частным критериям с помощью системы матриц логической свертки показателей, размещенных в узлах древовидной структуры, позволяет сформировать решающее правило комплексной оценки. Фрагмент примера решающего правила комплексной оценки показан на рис. 11.

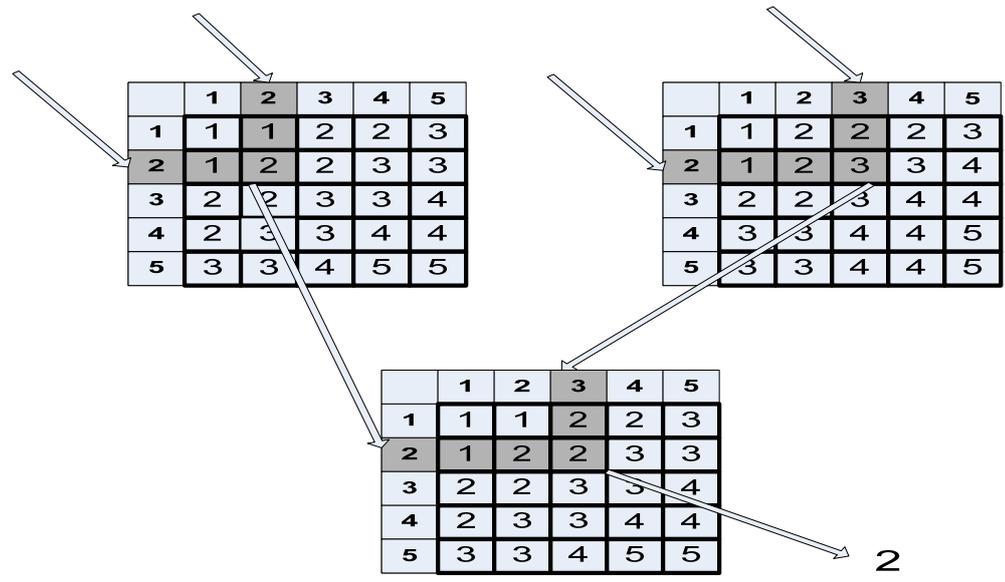


Рис. 11. Фрагмент решающего правила комплексной оценки

Алгоритм комплексного оценивания представлен на рис. 12.



Рис. 12. Алгоритм комплексного оценивания

Головной фрагмент структуры показателей комплексной оценки социально-экономической значимости предлагаемых технологий для модернизации региональной экономики приведен на рис. 13.

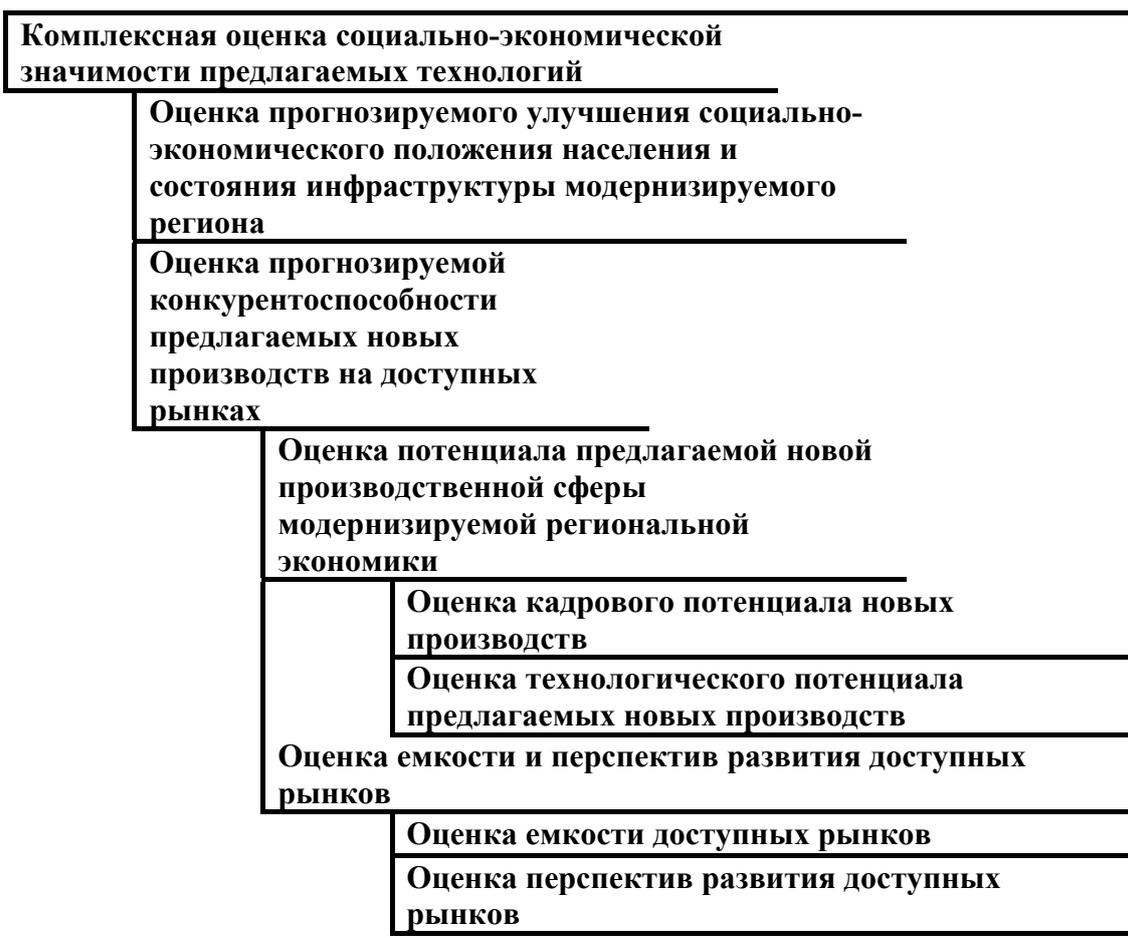


Рис. 13. Головной фрагмент структуры показателей комплексной оценки социально-экономической значимости предлагаемых технологий.

В качестве пилотного проекта применения полученных теоретических и прикладных результатов по Программе может быть выбрано создание Центра социального и экономического развития (ЦСЭР) ресурсодобывающего Ямало-Карского региона.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Приводится математическое описание замкнутой многопродуктовой модели ресурсодобывающего региона с финансовым сектором. Индексы отраслей и видов продукции совпадают. Ресурсодобывающая отрасль имеет индекс 1.

Модель включает следующие **постоянные исходные параметры**:

$a_{ij}$  – коэффициент удельных промежуточных затрат продукции  $i$  при производстве продукции  $j$ ;

$c_{0i}$  – минимальное потребление продукции  $i$ ;

$kf$  – максимум коэффициента фондообразования;

$km$  – индекс инфляции;

$vb$  – коэффициент выбытия основных фондов;

$im$  – темп дополнительных отчислений на прямые инвестиции;

$s_k$  – запас (мощность) месторождения  $k$ ;

$x$  – доля инвестиций в выпуске.

**Вычисляемые параметры модели с исходными значениями (фазовые переменные):**

$cc_i$  – дополнительное потребление продукции  $i$ ;

$f_i$  – основные фонды отрасли  $i$ ;

$f_{1k}$  – мощность добычи месторождения  $k$ ;

$w_{1k}$  – объем освоения месторождения  $k$ ;

**Параметры модели, определяемые алгебраическими выражениями:**

$c_i$  – конечное потребление продукции  $i$ ;

$ex_i$  – экспорт продукции  $i$ ;

$i_i$  – инвестиции на прямые затраты продукции  $i$ ;

$im_i$  – импорт продукции  $i$ ;

$kf_i$  – коэффициент фондообразования отрасли  $i$ ;

$kf_{01}$  – внутренний коэффициент фондообразования отрасли 1 (добывающей);

$m$  – масса денег;

$m_i$  – финансовые запасы отрасли  $i$ ;

$nk_i$  – затраты на фондообразование отрасли  $i$ ;

$v$  – валовой выпуск;

$v_i$  – стоимость выпуска продукции  $i$ ;

$vp_k$  – коэффициент выбытия мощности месторождения  $k$ ;

$z_i$  – промежуточные затраты продукции  $i$ ;  
 $z f_i$  – индикатор затрат продукции  $i$ ;  
 $z f$  – индикатор суммарных затрат;  
 $z$  – суммарные затраты.

Часть алгебраических соотношений отображает метрические связи между величинами, существующие в силу определения последних. Часть алгебраических соотношений является балансовыми соотношениями. Часть уравнений отражает действие экономических механизмов. Часть уравнений, включая механизмы автономного управления, является имитационной и включена в модель в процессе ее верификации.

**Стоимость затрат** сырьевой отрасли с индексом 1 и обрабатывающих отраслей с индексами  $i = 2, \dots, N$  вычисляется в соответствии с моделью «затраты – выпуск»:  $z_i = \sum_j a_{ij} v_j$ ;  $i, j = 1, N$ . Считается, что каждая отрасль выпускает соответствующий вид продукции.

В модели предполагается, что **сбережения**  $i$ -й отрасли (добавленная стоимость продукции за вычетом конечного потребления  $dv_i = v_i - z_i - c_i$ ) расходуются на экспорт  $ex_i$  и накопления  $nk_i$ , направляемые на фондообразование в сфере производства.

Отсюда определяется **объем экспорта** продукции  $i$ -й отрасли:  $ex_i = \max(0, dv_i - nk_i)$ .

**Объем импорта** продукции  $i$ -й отрасли определяется как величина дефицита при запланированных объемах накопления:  $im_i = \max(0, nk_i - dv_i)$ .

С учетом этих предположений, в случае если стоимость всей выпускаемой продукции отрасли равна стоимости конечного потребления этой продукции внутри региона, т. е. продукция не идет на промежуточное потребление и фондообразование, сбережения соответствующей отрасли, так же как и экспорт ее продукции за пределы региона равны нулю.

**Конечное потребление**  $i$ -й продукции включает постоянную  $c0_i$  и переменную  $cc_i$  части:

$c_i = c0_i + \max(0, cc_i)$ . Переменная часть конечного потребления изменяется синхронно с изменением финансового запаса региона  $m$ :  $\frac{d}{dt} cc_i = \frac{d}{dt} m \cdot c_i / m$ .

**Динамика добычи** имитирует последовательное освоение запасов и представлена следующими соотношениями. Основные фонды  $k$ -й группы месторождений добывающей

отрасли 1 формируются за счет накоплений  $nk_1$  и убывают с темпом, пропорциональным мощности основных фондов:  $\frac{d}{dt} f_{1k} = nk_1 \cdot kf_1 - f_{1k} \cdot \nu p_k$ .

Коэффициент выбытия мощности  $\nu p_k$  группы месторождений  $k$  в обратной степени зависит от остатка сырья в месторождении, резко возрастаая при его истощении до величины, обеспечивающей обнуление мощности группы:

$$\nu p_k = \nu b \cdot (1 + 1/(1 + \exp(s_k - w_k))).$$

Темпы объемов добычи  $w_k$  групп месторождений  $k=1, \dots, K$  пропорциональны их производственным мощностям и определяются из системы уравнений

$$\frac{d}{dt} w_k / f_{1k} = \frac{d}{dt} w_{k+1} / f_{1k+1}, \quad k = 1, \dots, K-1, \quad \text{где } K - \text{ количество месторождений.}$$

Суммарный объем добычи равен  $\sum_k \frac{d}{dt} w_k = \nu_1$ .

Механизм управления добычей ресурсов, обеспечивающий последовательное освоение групп месторождений, имитируется следующими соотношениями для коэффициентов фондообразования  $kf_i$  групп месторождений  $i=1, 2$ :

$$\sum_k kf_k = kf,$$

$$kf_i = \min(kf, kf_{0i}), \quad i=1,$$

где  $kf_{0i}$  – внутренний коэффициент фондообразования месторождения  $i$ , постоянный, когда объемы добычи ископаемых меньше половинной мощности месторождения, и убывающий при превышении половинной мощности месторождения

$$\frac{d}{dt} kf_{0i} = (\Theta(s_i - w_{1i} \cdot 2) - 1) \cdot kf_i \quad \text{с начальным условием } kf_{0i}(0) = kf, \quad \text{где } \Theta - \text{ тета-}$$

функция. Этот механизм имитирует плавный переход от добычи на освоенных месторождениях к освоению и добыче разведанных.

$$f_1 = \sum_k f_{1k} - \text{ суммарная мощность добывающей отрасли.}$$

**Основные фонды обрабатывающих отраслей** с индексами  $i \geq 2$  формируются за счет накоплений  $nk_i$  и убывают с темпом, пропорциональным мощности основных фондов

и коэффициента выбытия  $\nu b$ :  $\frac{d}{dt} f_i = nk_i \cdot kf - f_i \cdot \nu b$ .

$$\text{Сумма затрат: } z = \sum_i z_i.$$

**Индикаторы затрат**  $i$ -й продукции, используемые при имитации управления прямыми инвестициями, имеют вид:  $zfi = \sum_j a_{ij}f_j$ .

**Суммарный индикатор затрат:**  $zf = \sum_i zfi$ .

**Объем располагаемой суммы финансов** отрасли  $i$  определяется притоком средств от чистого экспорта, расходами на накопления и инфляционными издержками:

$$\frac{d}{dt} m_i = ex_i - m_i km - im_i.$$

Для суммы финансовых накоплений отраслей имеем:  $\frac{d}{dt} m = \sum_i \frac{d}{dt} m_i$ .

**Накопление** пропорционально располагаемой сумме финансовых накоплений:  $nk_i = \max(0, m \cdot x_i)$  и распределяется между отраслями в пропорции, определяемой следующей системой уравнений

$$x_i \frac{f_i - v_i}{v_i} = x_{i+1} \frac{f_{i+1} - v_{i+1}}{v_{i+1}}, i = 1, \dots, N-1,$$

$$\sum_i x_i = x.$$

В силу этой пропорции накопление тем больше, чем меньше избыточные мощности и больше объем выпуска продукции отрасли.

**Прямые инвестиции**  $i_i$  планируются исходя из стоимости затрат располагаемой продукции с поправкой на долю индикативных затрат  $zfi$ , а также соответствующей доли финансовых накоплений региона:  $i_i = \int (z \cdot zfi / zf - i_i) dt + m \cdot (1 - x_i) \cdot im$ . Полученные таким образом величины, используемые в производственной функции Леонтьева, представляют собой планируемые индикативные объемы и ориентированы на максимальное использование производственных мощностей, что повышает живучесть экономического механизма.

**Объемы выпускаемой продукции** определяются в соответствии с производственной функцией Леонтьева суммой прямых инвестиций, включающей дополнительные отчисления доли финансовых накоплений отрасли:  $v_i = \min_j \{i_j / a_{ji}\}$ .

**Суммарный выпуск:**  $v = \sum_i v_i$ .

Неблагоприятные воздействия внешней среды могут быть представлены повышенным значением выбытия производственных мощностей, а также случайным характером этого процесса. Поскольку процесс изменения коэффициента выбытия определяется на некотором временном интервале и является непрерывным по времени, будем его имитировать с помощью следующего уравнения:  $\frac{d}{dt} vb = \text{normal}(m vb, d vb) - vb$ , где  $\text{normal}$  – генератор случайного процесса с нормальным распределением,  $m vb, d vb$  – соответственно среднее и дисперсия коэффициента выбытия.

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований РАН №24. «Научные основы инновационных энергоресурсосберегающих экологически безопасных технологий оценки и освоения природных и техногенных ресурсов». Руководитель работы Ф.Ф. Пащенко.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А.* Концепция математического обеспечения оценки последствий крупных экономических проектов. М.: ВЦ АН СССР, 1990. 44 с.
2. *Гранберг Ю.Н.* Основы региональной экономики. М.: ГУ ВШЭ, 2001. 495 с.
3. *Оленев Н.Н.* Динамическая балансовая модель региональной экономики / Материалы IV Международной научной конференции "Инновационное развитие и экономический рост". М.: РУДН, 2008. С. 282-292.
4. Моделирование и управление процессами регионального развития / под ред. С.Н. Васильева. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. 432 с.
5. Индикативное планирование и проведение региональной политики. /под общ. ред. А.Б. Левинталя, Ф.Ф. Пащенко. М.: «Финансы и статистика», 2007., 368 с.
6. *Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б.* Моделирование систем. Динамические и гибридные системы. СПб.: БХВ, 2006. 224 с.
7. *Ашманов С.А.* Введение в математическую экономику. М.: Наука, 1984. 296 с.
8. *Гусев В.Б.* Моделирование экономических процессов в состоянии динамического равновесия // Сиб. журн. индустр. математики. 2004. Т. 7, № 3. С. 84-94.
9. *Гусев В.Б.* Условия продуктивности и устойчивости для моделей воспроизводства // Сиб. журн. индустр. математики. 2010. Т. 13, № 1. С. 46–54.

10. Гусев В.Б., Косьяненко А.В. Оценка влияния государственного заказа на воспроизводство ВВП // Проблемы управления. 2009. № 1. С. 36–42.
11. Пащенко Ф.Ф., Антипов В.И. Модель воспроизводства ВВП России Р1-4К (материальный аспект). М., 2009. 91 с. (Науч. изд. / Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).
12. Гусев В.Б. Ценовые индикаторы в модели технологического равновесия. // Труды конференции «Управление развитием крупномасштабных систем». М.: ИПУ РАН, 2008. С. 158–164.
13. Глотов В.А., Павельев В.В. Векторная стратификация. М.: Наука, 1984. 95с.
14. Анохин А.М., Гусев В.Б., Павельев В.В. Комплексное оценивание и оптимизация на моделях многомерных объектов. М., 2003. 80 с. (Науч. изд. / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).
15. Колмогоров А.Н. О представлении непрерывных функций нескольких переменных суперпозициями непрерывных функций меньшего числа переменных // ДАН СССР. 1956. Т.108, №2.
16. Арнольд В.М. О функции трех переменных // ДАН СССР, 1957. – Т. 114, №4.

**Материалы, изложенные в статье (в отчете), опубликованы в следующих работах**

1. Беккер В.Я., Норкин К.Б., Пащенко Ф.Ф., Пащенко А.Ф. Сценарии развития научного и инновационного потенциала Москвы / Труды 5-й международной конференции "Управление развитием крупномасштабных систем" (MLSD'2011, Москва). М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2011. Т.1. С. 147-153.
2. Васильев С.Н., Алескерев Ф.Т., Пащенко Ф.Ф., Гусев В.Б. Разработка методов гармонизации интересов государства и хозяйствующих субъектов на территориях интенсивного освоения недр / Труды 7-й международной научно-практической конференции «регионы России: стратегия и механизмы модернизации инновационного и технологического развития». М.: ИНИОН, 2011. ч.1. С. 34-39.
3. Гусев В.Б. Models of Autonomous Control in the Organizational Systems / Proceedings of the 2011 Chinese Control and Decision Conference (CCDC) 23 – 25 May 2011.

- Mianzhou Hotel. – Mianyang, China. Mianyang, China: Northeastern University, 2011. С. 283-288.
4. Гусев В.Б. Выбор альтернативных отраслей хозяйственной деятельности с точки зрения устойчивости долгосрочного развития региона. / Материалы Пятой международной конференции. М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им В.А. Трапезникова РАН, 2011. Том I. С. 27-30.
  5. Гусев В.Б. Модель синергетики региональных экономик. / Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT». Научное издание в 4-х томах. М.: Физматлит, 2011. Том I. С. 405-410.
  6. Гусев В.Б. Оптимизация показателей социально-экономического развития территорий интенсивного освоения недр с учетом экологического фактора. / Материалы Пятой международной конференции. Том I. – М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им В.А. Трапезникова РАН, 2011. М.: ИПУ РАН, 2011. Том I. С. 239-243.
  7. Гусев В.Б. Согласование разноплановых механизмов автономного управления. / Труды Международной научно-практической мультikonференции «Управление Большими Системами» (УБС'2011). М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2011. С. 48-52.
  8. Гусев В.Б. Управление диверсификацией производственного сектора ресурсодобывающего региона. / Труды Пятой международной конференции (3-5 октября 2011 г., Москва, Россия). М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2011. Том I. С. 9-21.
  9. Владислав Гусев. Продуктивность и устойчивость моделей воспроизводства. Динамика многопродуктовых моделей. Механизмы и индикаторы устойчивости хозяйственных процессов. – Saarbrucken, Germany: Lambert academy Publishing. 2011, – 113 P. – ISBN 978-3-8454-3230-4.
  10. Павельев В.В. Структурная идентификация проблемной ситуации когнитивной картой, содержащей древовидную структуру конкретизации и детализации смысла рассматриваемых факторов. Международная научно-практическая мультikonференция «Управление Большими Системами» (УБС'2011). Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2011) / Труды IX Международной конференции (14-16 ноября 2011 г., Москва). – М.: ИПУ РАН, 2011. –

- М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2011, с. 79-85. ISBN 978-5-91450-090-7
11. Павельев. В.В. Структуризация знаний в системе поддержки принятия решений. Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT». Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2011. Т.1, с. 79-85. – ISBN 978-5-9221-1329-8.
  12. Павельев. В.В. Метод формирования программы разрешения проблемных ситуаций моногородов ресурсо-добывающих регионов. Труды Пятой международной конференции (3-5 октября 2011 г., Москва, Россия). Том II. – М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, 2011, с. 76-84. ISBN 978-5-91450-088-4 (Т.II).
  13. Пашенко А.Ф. Многоступенчатая идентификация в задаче моделирования сложных социально-экономических систем. Российско-монгольская конференция молодых ученых по математическому моделированию, вычислительно-информационным технологиям и управлению: Тезисы докладов. Иркутск: ИДСТУ СО РАН, 2011, с.63
  14. Пашенко А.Ф. Управление инновациями в рамках региональной политики. Фундаментальные и прикладные вопросы механики и процессов управления. Всероссийская научная конференция, посвященная 75-летию со дня рождения академика В.П. Мясникова. Сборник докладов (электронный ресурс). – Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2011, с. 447-454. ISBN 978-5-7442-1530-9
  15. Пашенко А.Ф., Голяк И.В. Состоятельные методы структурной идентификации нелинейных систем и их реализация. Computer Science and Information Technologies: proceedings of the conference (CSIT'2011) Yerevan, Armenia. September 26 – 30, 2011. Yerevan, 2011. С.343-345. ISBN 978-5-8080-0797-0.
  16. Kudinov Y.I., Kudinov I. Y., Pashchenko F.F. Identification of Multivariable Fuzzy Systems. Proceedings of the 2011 Chinese Control and Decision Conference (CCDC) 23 – 25 May 2011 Mianzhou Hotel, Mianyang, China, pp. 1572-1575.
  17. Пашенко Ф.Ф., Каменев А.В., Кудинов Ю.И. Нечёткое моделирование транспортных потоков. Материалы 5-й Международной конф. «MLSD-2011». М.:ИПУ РАН. Т. 2. 2011, с. 57-60.

18. Пашенко Ф.Ф. К оценке качества государственных политик и управления//Качество и успешность государственных политик и управления. Материалы научного семинара, вып. 1 (39). М.: Научный эксперт, 2011, с. 191-198.
19. Kudinov Y.I., Kudinov I. Y., Pashchenko F.F. Identification of Multivariable Fuzzy Systems. Proceedings of the 2011 Chinese Control and Decision Conference (CCDC) 23 – 25 May 2011 Mianzhou Hotel, Mianyang, China, pp. 1572-1575.
20. Пашенко Ф.Ф. К оценке качества государственных политик и управления//Качество и успешность государственных политик и управления. Материалы научного семинара, вып. 1 (39). М.: Научный эксперт, 2011, с. 191-198.
21. Пашенко Ф.Ф., Дургарян И.С., Сергиенко Е. Адаптивные модели в системах поддержки принятия решений. Proceedings of the conference “Computer Science and Information Nechnologies (CSIT)”, september 2011. Yerevan, Armenia, pp. 339-342.
22. Голяк И.В., Пашенко Ф.Ф., Факторный анализ в задачах моделирования многомерных систем// Программные продукты и системы, №1, Тверь 2011. С 59-62.
23. Антипов В.И., Пашенко Ф.Ф. Экспериментальный прогноз ВВП. // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. № 1, том 4, 2011, с.52-68.
24. Антипов В.И., Десятов И.В., Пашенко Ф.Ф. Применение метода многоступенчатой идентификации при разработке математических моделей социально-экономических систем. //«Программные продукты и системы». 2011, №3, с. 121-126.
25. Гусев В.Б. Условия продуктивности и устойчивости для моделей воспроизводства // Сиб. журн. индустр. математики. 2010. Т. 13, № 1. С. 46–54.
26. Гусев В.Б., Косьяненко А.В. Оценка влияния государственного заказа на воспроизводство ВВП // Проблемы управления. 2009. № 1. С. 36–42.
27. Пашенко Ф.Ф., Антипов В.И. Модель воспроизводства ВВП России P1-4K (материальный аспект). М., 2009. 91 с. (Науч. изд. / Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).