

УДК 51.77; 330.46
ББК 32.81; 65в6

В.А. Батурин
В.Ю. Малов
Б.В. Мелентьев
А.Б. Столбов

СИСТЕМА СЦЕНАРИЕВ ДЛЯ АНАЛИЗА РАЗВИТИЯ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА НА ОСНОВЕ МЕДИКО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Рассмотрен подход к разработке системы сценариев, основанный на содержательной интерпретации различной комбинации изменений переменных и параметров математической модели региона. Предложенные сценарии могут использоваться для анализа развития Байкальского региона.

Ключевые слова: сценарный анализ, математическое моделирование, экология, экономика, заболеваемость населения.

V.A. Baturin
V.Yu. Malov
B.V. Melentiyev
A.B. Stolbov

SYSTEM OF SCENARIOS FOR BAIKAL REGION DEVELOPMENT ANALYSIS BASED ON MEDICAL AND ECOLOGICAL ECONOMIC MODELS

The article deals with an approach to development of scenarios; the approach is based on content interpretation of various combinations of changes in variables and parameters of mathematical model of a region. The suggested system of scenarios is applicable for Baikal region development analysis.

Keywords: scenario analysis, mathematical simulation, ecology, economy, morbidity of population.

Введение. Одним из возможных подходов для выработки долгосрочных стратегий развития региона, отвечающих его особенностям и способствующих достижению целей его развития, является многовариантный системный анализ, основанный на математической модели, описывающей медико-эколого-экономические процессы региона. Такой подход предполагает прогнозирование раз-

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РГНФ № 09-02-00650 и междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 79.

© В.А. Батурин, В.Ю. Малов,
Б.В. Мелентьев, А.Б. Столбов, 2010

личных вариантов развития региона через создание сценариев для медико-эколого-экономической модели. Отличительной чертой таких моделей является то, что экономические и экологические факторы рассматриваются и описываются как равноправные взаимодействующие составляющие единой динамической системы. Кроме того, экономические и экологические показатели рассматриваются на высоком уровне агрегирования, что позволяет сосредоточиться на оценке основных тенденций в развитии региона. Поэтому предлагаемые модели используются не для точного прогноза значений показателей, а для сравнительного анализа различных сценариев, рассматриваемых в течение длительного периода времени (от 5 лет). Важной задачей при подготовке сценариев является процесс перевода содержательных формулировок экспертов из соответствующих областей знаний об общих закономерностях развития системы; о внешних и внутренних факторах, влияющие на ее развитие, в термины соответствующего вычислительного эксперимента с математической моделью. Для этого предлагается разработать систему стандартных сценариев медико-эколого-экономической модели, комбинация которых будет определять сценарии развития региона для проведения многовариантного системного анализа.

Описание математической модели. Система концептуальных моделей, отражающая исследуемые эколого-экономические процессы на уровне региона, представляет собой следующую систему соотношений. Баланса для продукций n отраслей и m видов ресурсов в регионе имеет вид:

$$X(t) \geq A(t)X(t) + A^{(y)}(t)y(t) + \alpha Z(t) + X^{ex}(t) - X^{im}(t) + q(t) + Bu + B^{(y)}w.$$

Уравнение динамики ресурсов:

$$\dot{R} = Q(R - R^*) - CX - Du - D^{(y)}w - C^{(L)}L + Jy - R^{ex} + R^{im}.$$

Уравнения динамики фондов:

$$\dot{F} = \beta u - \Delta F; \quad \dot{F}^{(y)} = \beta^{(y)}w - \Delta^{(y)}F^{(y)}; \quad 0 \leq X_i \leq V_i(F_i); \quad 0 \leq y_j \leq Y_j(F_j^{(y)}).$$

Ограничения на трудовые ресурсы:

$$\sum_{j=1}^n l_j(t) X_j(t) \leq L(t).$$

Ограничения на отдельные переменные:

$$\underline{N}(t) \leq X(t) \leq \bar{N}(t).$$

Данная модель разрабатывалась в соответствии с подходом, который использовался при разработке эколого-экономических стратегий развития Байкальского региона, и более подробно представлена в [1], поэтому поясним только основные переменные модели: $X(t)$ — вектор выпуска продукции по отраслям; $Z(t)$ — объ-

ем конечного потребления; $\alpha(t)$ — вектор, характеризующий долю отраслей в конечном потреблении; $q(t)$ — объем продукции для государственных нужд; R^* — вектор невозмущенного состояния ресурсов; $R(t)$ — вектор, характеризующий состояние ресурсов; $y(t)$ — интенсивность экзогенного возобновления ресурсов (разведка, восстановление, очистка); $w(t)$ — инвестиции, на восстанавливающие отрасли; $u(t)$ — инвестиции в основное производство; F — основные фонды; $F(y)$ — основные фонды восстановительной отрасли; $L(t)$ — количество трудовых ресурсов.

В модели исследуются 38 отраслей экономики и 7 показателей экологического блока: загрязнение воды (доли ПДК), загрязнение атмосферного воздуха (доли ПДК), средний запас леса ($\text{м}^3/\text{га}$), площадь сельскохозяйственных земель (га), запасы биоресурсов (тыс. р.), запасы минеральных ресурсов (тыс. р.), общая заболеваемость.

Система стандартных сценариев. Для проведения серии вычислительных экспериментов требуется сформировать набор входной информации, включающий такие показатели, как валовой выпуск, инвестиции на развитие основных и природоохранных мощностей, интенсивность природоохранных мероприятий и др. Кроме того, должна быть задана коррекция параметров модели из базового набора, отражающая влияние научно-технического прогресса, изменение условий добычи и разведки полезных ископаемых, структурные изменения внутри агрегированных отраслей и т.п. Вся совокупность входной информации вместе с содержательной ее интерпретацией составляет *сценарий развития региона*.

Источником разнообразных содержательных сценариев могут быть подходы к решению существующих проблем региона. Они в свою очередь определяются программами развития, разработанными как документы в администрации области, города, района; программами реконструкции и развития предприятий; предложениями экспертов. В отличие от такого содержательного подхода процесс разработки системы стандартных сценариев начинается с анализа формальных сценариев для медико-эколого-экономической модели. Под формальным сценарием подразумевается любая заданная комбинация входов математической модели [2, с. 21]. Процесс создания некоторого сценария S определяется следующей последовательностью: S выбирается из множества формальных сценариев; определяется вид изменений в математической модели (табл.), связанных с S ; в информацию об S добавляется содержательная интерпретация.

Далее рассмотрим подробнее описание некоторых наиболее часто используемых в многовариантных расчетах сценариев. Сценарный анализ начинается с разработки *базового сценария*, который отражает сложившуюся в регионе экономическую ситуацию. Он

разрабатывается на основании текущей статистической информации и гипотезы о продолжении существующих тенденций экономического развития.

Стандартные сценарии

Изменения в модели	Экономическая подсистема	Экологическая подсистема
Пропорциональное, величины переменных	Пропорциональный рост	
Не пропорциональное, величины переменных	Альтернативное развитие, перераспределение инвестиций	Природоохранный
Величины параметров	Внедрение инноваций	Ресурсосбережение

Пропорциональный рост. Предполагается, что техническая структура производства и интенсивность природоохранных мероприятий сохранится на современном уровне. Инвестиции обеспечивают одинаковые темпы экономического развития для всех отраслей.

Перераспределение инвестиций предполагают перенаправление инвестиций из одних отраслей в другие, при этом их суммарный объем в экономике не изменятся.

Альтернативное развитие. Увеличение или уменьшение инвестиций в выбранные отрасли. Для Байкальского региона традиционно характерны следующие направления экономического развития: увеличение добычи полезных ископаемых, деревообрабатывающая промышленность, сельское хозяйство, промышленное освоение зоны БАМа, перепрофилирование БЦБК, развития рекреаций и др.

Природоохранные мероприятия предполагают улучшение экологического состояния региона через непосредственное восстановления ресурсов. В модели это учитывается через слагаемое y , а матрица коэффициентов $A^{(y)}(t)$ показывает количество продукта соответствующих отраслей на восстановление ресурсов.

Сценарии внедрения инноваций. В математической модели внедрение новых технологий отражается в изменении параметров, ранее предполагаемых постоянными. В экономической подсистеме, прежде всего, меняются показатели материалоемкости, трудоемкости, фондоемкости, что приводит к корректировке матриц и векторов модели: $A(t)$, l , β .

Сценарии ресурсосбережения предполагают снижение нагрузки на природную среду без существенных изменений в межотраслевой структуре и объемах выпуска продукции. Это может достигаться за счет внедрения новой формы организации производства и применения современных технологий (например, улучшение качества работы очистительных сооружений). В модели это приводит к кор-

ректировке матрицы коэффициентов C , отражающей удельные ресурсные затраты при выпуске продукции.

Оптимизационные сценарии реализуют необходимые инвестиции в экономику и природовосстановительные мероприятия для выхода на магистраль — оптимальный медико-эколого-экономический режим развития региона на длительную перспективу. Магистральный режим определяется с помощью применения специальных методов оптимального управления, описанных в [3].

Основным критерием для сравнения сценариев является интегральная оценка сценария, представляющая собой условную «прибыль» региона с учетом штрафов за нарушение ограничений на экологические показатели

$$\int_0^T ((p - p_{\text{нас}}) / X) dt - \int_0^T \gamma' (|R - R_{\text{норм}}| / R_{\text{норм}}) dt,$$

где X , R , p — векторы выпуска продукции, показателей состояния природной среды и конечного потребления соответственно; $R_{\text{норм}}$ — нормативные (предельно-допустимые) характеристики состояния природных ресурсов и заболеваемости населения; $p_{\text{нас}}$ — нормативное (желаемое) потребление населением региона продукции отраслей; γ — вектор, компоненты которого γ_i равны нулю, если $R_{\text{мин}}^i \leq R_i \leq R_{\text{макс}}^i$ и равны единицы в противном случае; $R_{\text{мин}}$, $R_{\text{макс}}$ — допустимые нижняя и верхняя граница изменений показателей природной среды.

Заключение. Рассмотренная система сценариев используется на этапе планирования вычислительного эксперимента с медико-эколого-экономическими моделями. В результате многовариантных расчетов, основанных на различных комбинациях предложенных сценариев, у специалистов появляется возможность выбора обоснованной стратегии развития региона или некоторого рекомендуемого набора таких стратегий.

Предложенный подход был апробирован при построении моделей хозяйственного развития Азиатской части России [4].

Список использованной литературы

1. Гурман В.И. Эколого-экономическая стратегия развития региона / В.И. Гурман [и др.]. — Новосибирск: Наука, 1990.
2. Гурман В.И. Моделирование социо-эколого-экономической системы региона / В.И. Гурман [и др.]. — М.: Наука, 2001.
3. Гурман В.И. Принцип расширения в задачах управления / В.И. Гурман. — М.: Наука, 1985.
4. Батулин В.А. Сценарный анализ эколого-экономического развития Азиатской части России / В.А. Батулин [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2009. — № 4. С. 13–18.

Bibliography (transliterated)

1. Gurman V.I. Ekologo-ekonomicheskaya strategiya razvitiya regiona / V.I. Gurman [i dr.]. — Novosibirsk: Nauka, 1990.
2. Gurman V.I. Modelirovanie sotsio-ekologo-ekonomicheskoi sistemy regiona / V.I. Gurman [i dr.]. — M.: Nauka, 2001.
3. Gurman V.I. Printsip rasshireniya v zadachakh upravleniya / V.I. Gurman. — M.: Nauka, 1985.
4. Baturin V.A. Stsenarnyi analiz ekologo-ekonomicheskogo razvitiya Aziatskoi chasti Rossii / V.A. Baturin [i dr.] // Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie. — 2009. — № 4. S. 13–18.

Информация об авторах

Батури́н Влади́мир Алекса́ндрович — доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Института динамики систем и теории управления СО РАН, г. Иркутск, e-mail: rozen@icc.ru.

Ма́лов Влади́мир Ю́рьевич — доктор экономических наук, заведующий сектором Института экономики и организации промышленного производства СО РАН, г. Новосибирск, e-mail: malov@ieie.ru.

Мелентье́в Бори́с Викто́рович — доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник Института экономики и организации промышленного производства СО РАН, г. Новосибирск, e-mail: melentev@ieie.nsc.ru.

Столбо́в Алекса́ндр Бори́сович — младший научный сотрудник Института динамики систем и теории управления СО РАН, г. Иркутск.

Authors

Baturin Vladimir Aleksandrovich — Doctor of Mathematics, Professor, Head of Laboratory, Institute of Management Systems and Theories Dynamics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, e-mail: rozen@icc.ru.

Malov Vladimir Yuriyevich — Doctor of Economics, Head of Sector of Institute of Economy and Organizing Industrial Production, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, e-mail: malov@ieie.ru.

Melentyev Boris Victorovich — Doctor of Economics, Leading Research Scientist, Institute of Economy and Organizing Industrial Production, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, e-mail: melentev@ieie.nsc.ru.

Stolbov Aleksandr Borisovich — Junior Research Scientist, Institute of Management Systems and Theories Dynamics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk.