

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ, МЕХАНИЗМОВ И ПРОЦЕДУР УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ, ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ, ДИВЕРСИФИКАЦИЕЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Ф.Ф. Пашенко, В.Б. Гусев, В.В. Павельев, И.С. Дургарян, А.Ф. Пашенко, О.Н. Белова
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
e-mail: feodor@ipu.ru

Целью проекта является создание концепции инновационного развития территорий; механизмов диверсификации хозяйственной деятельности, освоения новых технологий и саморазвития; методического обеспечения и инструментария для управления и прогнозирования социально-экономической динамики природно-техногенных систем при освоении месторождений полезных ископаемых с учетом экологических рисков. Поскольку исчерпание запасов месторождений ухудшает условия социально-экономического развития регионов, предлагается направлять развитие каждого региона по пути диверсификации отраслей. Большое значение при этом имеет выбор сопутствующих отраслей, а также стратегии развития и параметров экономической системы.

Введение

Большинство месторождений нефти Российской Федерации находятся в стадии эксплуатации, характеризующейся падением добычи в связи с постепенным истощением запасов. Применение традиционных методов воздействия на продуктивный пласт на таких месторождениях приводит к снижению технико-экономических показателей их разработки (до 20–30%). По этой причине возрастает потребность в эффективных методах увеличения нефтеотдачи пластов.

При эксплуатации малодобитных скважин (МДС) возникает необходимость согласования притока и отбора продукции, проведения мероприятий по стимуляции притока, оптимизации работы глубинно-насосного оборудования, что обуславливает существенные эксплуатационные затраты на поддержание фонда МДС в работоспособном состоянии. Для обеспечения рентабельности добычи нефти и повышения эффективности разработки нефтяных месторождений широко применяется заводнение пластов. Заводнение низкопроницаемых пластов зачастую осложнено загрязнением призабойной зоны пласта (ПЗП), обусловленным недостаточной степенью очистки закачиваемой воды,

коррозией трубопроводов, применением ингибиторов коррозии и др. Загрязнение ПЗП приводит к снижению приемистости скважин и ограничению фронта вытеснения. Традиционные технологии очистки ПЗП требуют больших затрат. Поэтому разработка эффективных и недорогих способов очистки призабойной зоны нагнетательных скважин является важной и актуальной научно-технической задачей.

Применение инновационной технологии плазменно-импульсного воздействия дает улучшение коллекторских свойств пласта, что, в свою очередь, повышает дебит-добычные характеристики нефтяных скважин и в целом рентабельность нефтедобычи.

В области управления добычей газа перспективным является использование оптимальной адаптивной системы автоматического управления газодобывающими скважинами. Эта система предназначена для решения задачи стабилизации добычи газа с требуемой высокой точностью давления выходного газа в условиях изменяющегося расхода газа и изменяющихся параметров самих газодобывающих скважин. Данная система позволяет обеспечить максимально высокий ресурс технических средств автоматики в условиях нестационарно изменяющихся параметров газодобывающих скважин в климатических условиях северных территорий страны. При проектировании системы используются имитационные модели газовых скважин и алгоритмы оптимального адаптивного управления. Особенностью системы управления является использование математических моделей и интеллектуальных (смарт) технологий для прогнозирования и диагностики состояния скважин и синтеза оптимального адаптивного управления.

В 2012 и 2013 гг. были решены *следующие задачи*:

- разработаны методы оценки и ранжирования альтернативных отраслей хозяйственной деятельности с точки зрения устойчивости долгосрочного развития региона;
- определены условия устойчивого развития региона с учетом снижения экологических рисков и проблемы моногородов, специализирующихся на добыче природного сырья;
- проведены расчеты на разработанных моделях с использованием реальных или условных данных для ресурсодобывающего региона;
- разработаны методы и инструментарий оценки и выбора высокоэффективных технологий добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья;

- созданы методы оценки и выбора направлений диверсификации производства и инновационного развития ресурсодобывающих регионов на основе многоотраслевой модели региона;

- обоснованы эффективность внедрения инновационных технологий, обеспечивающих продление срока рентабельной эксплуатации нефтяных скважин и увеличение объемов добычи.

Объекты исследования. Для выбора направлений диверсификации производства и инновационного развития ресурсодобывающих регионов рассматривается система региональных многопродуктовых моделей воспроизводства, учитывающих обмен производимой продукции с внешними подсистемами. Целью моделирования является отработка и исследование механизмов управления для устойчивого развития ресурсодобывающего региона на длительный период.

Предлагаемые методы и инструментарий позволяют выбрать направления диверсификации производства и инновационного развития ресурсодобывающих регионов, оценить преимущества и эффективность предлагаемых инновационных технологий в нефтегазовой отрасли и выбрать из них наиболее соответствующие поставленной цели.

В качестве объектов выбора рассматриваются высокоэффективные технологии добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья и направления диверсификации производства и инновационного развития ресурсодобывающих регионов.

Рассматриваются следующие варианты высокоэффективных технологий.

1. Инновационная технология плазменно-импульсного воздействия на основные структурообразующие компоненты – асфальтены.

2. Плазменно-импульсная технология, основанная на периодическом импульсном электрогидравлическом воздействии на пласт. Способ очистки ПЗП низкопримесистых нагнетательных скважин на основе гидродинамического излива.

3. Комплексная технология интенсификации добычи нефти с использованием плазменно-импульсного и физико-химического воздействий.

4. Оптимальная адаптивная система автоматического управления газодобывающими скважинами.

1. Разработка методов и инструментария оценки и выбора высокоэффективных технологий добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья

Методология комплексного оценивания многомерных объектов и его применение в задачах выбора. Модель целенаправленного выбора строится не на основе сопоставления (например, парных сравнений) элементов оцениваемого множества, а на основе разработки структурно увязанной совокупности требований к характеристикам оцениваемых объектов [1]. При построении решающего правила для вычисления комплексной оценки не возникает неконтролируемая взаимная компенсация оценок по частным критериям, являющаяся недостатком широко применяемых аддитивных сверток. Учитывается изменение относительной важности показателей, выявленной на одних участках их шкал, при переходе на другие участки шкал.

Шкала упорядоченной классификации. Определяемый экспертами интервал значений показателей в физической шкале (в шкале отношений) $[P_{\max} - P_{\min}]$ переводится ими в интервальную шкалу упорядоченной классификации и далее – в пятибалльную шкалу.

P_{\max} – требуемое для достижения заданной цели идеальное значение измеряемого показателя, P_{\min} – практически бесполезное для достижения заданной цели значение измеряемого показателя. Экспертная оценка Y фактического значения показателя P_i , измеренного в числовых шкалах, может быть выражена в баллах следующим образом:

$$Y = (P_i - P_{\min}) / (P_{\max} - P_{\min});$$

5-я страта: $0,8 < Y \leq 1 \Rightarrow 5$ баллов,

4-я страта: $0,63 < Y \leq 0,8 \Rightarrow 4$ балла,

3-я страта: $0,37 < Y \leq 0,63 \Rightarrow 3$ балла,

2-я страта: $0,2 < Y \leq 0,37 \Rightarrow 2$ балла,

1-я страта: $0 < Y \leq 0,2 \Rightarrow 1$ балл.

Алгоритм комплексной оценки параметров системы представлен на рис. 1.

Далее необходимо построить решающее правило, позволяющее учитывать относительную важность агрегируемых показателей и изменение относительной важности этих показателей в зависимости от того, на каких участках шкал производится их сравнение. Обобщение частных оценок с помощью системы матриц логической свертки позволяет сформировать такое решающее правило.



Рис. 1. Алгоритм комплексной оценки параметров системы

В качестве примера головной фрагмент структуры показателей комплексной оценки варианта высокоэффективной технологии нефтедобычи приведен на рис. 2.

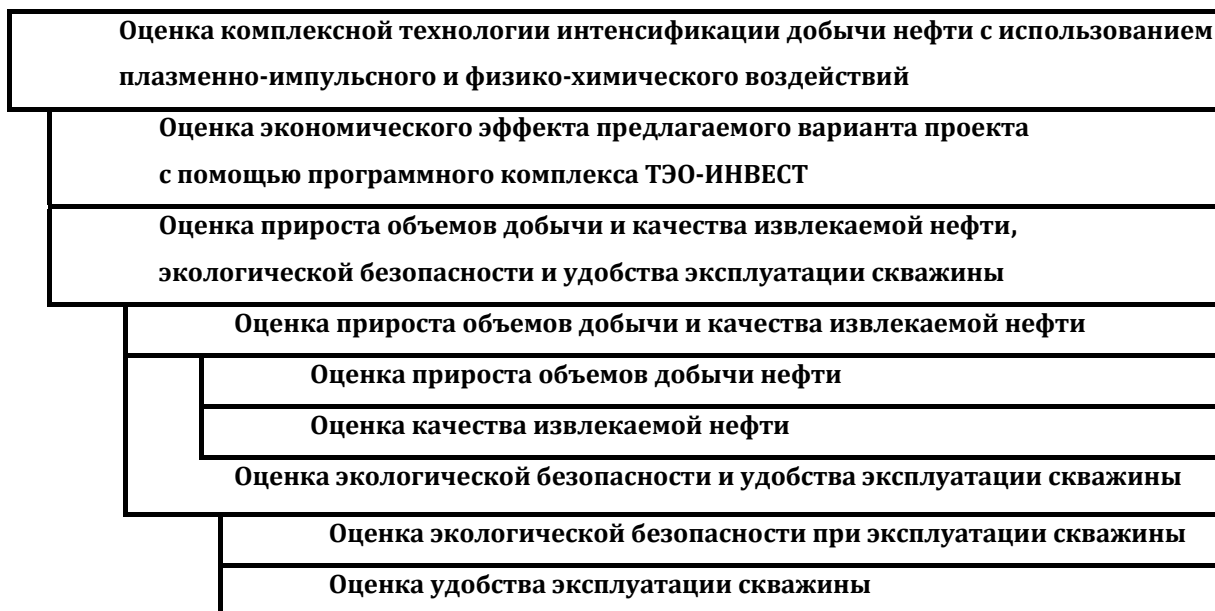


Рис. 2. Фрагмент структуры показателей комплексной оценки варианта высокоэффективной технологии нефтедобычи

2. Разработка методов оценки и выбора направлений диверсификации производства и инновационного развития ресурсодобывающих регионов на основе многоотраслевой модели региона

Рассматривается система региональных многопродуктовых моделей воспроизводства, учитывающих обмен производимой продукцией с внешними подсистемами [2–6]. Целью моделирования является отработка и исследование механизмов управления для устойчивого развития ресурсодобывающего региона на длительный период. Взаимодействие отраслей описывается технологической матрицей удельных затрат. Для оценки эффективности процесса воспроизводства вводится показатель технологической продуктивности экономической системы. Показывается, что объединение региональных экономик в одну хозяйственную систему обладает синергетическим эффектом.

Равновесие, к которому в долгосрочном плане стремится автономная экономическая система, описывается стационарным уравнением для многопродуктовой модели Леонтьева [5]. Пусть $\bar{\mathbf{A}}$ – технологическая матрица коэффициентов удельных затрат многопродуктовой системы, \mathbf{V} – вектор выпусков. Величина $\bar{\mathbf{A}}\mathbf{V}$ представляет собой объемы промежуточных затрат, которые наряду с конечным потреблением и накоплением должны быть обеспечены вектором выпусков \mathbf{V} . Пусть \mathbf{D} – диагональная матрица долей промежуточного потребления в выпусках продукции отраслей (для сырья и продукции, подлежащей переработке, $d_{ii} = 1$; для продукции конечного потребления $d_{ii} = 0$; для продукции общего назначения $0 < d_{ii} < 1$).

Условие многопродуктового равновесия для замкнутой экономической системы имеет вид

$$r\bar{\mathbf{A}}\mathbf{V} = \mathbf{D}\mathbf{V},$$

или

$$r\mathbf{A}\mathbf{V} = \mathbf{V}, \quad (1)$$

где $\mathbf{A} = \mathbf{D}^{-1}\bar{\mathbf{A}}$ – приведенная технологическая матрица, r – коэффициент воспроизводства. Это векторное уравнение может иметь решение, включающее собственный вектор \mathbf{v}^* и собственное число s^* матрицы \mathbf{A} . Если среди решений уравнения (1) найдется такое, для которого все компоненты собственного вектора неотрицательны, то такое решение имеет экономическую интерпретацию, а величина

$r^* = 1/s^*$ представляет собой технологический потенциал воспроизводства экономической системы. Такое решение единственно, при этом оно может быть получено в результате решения оптимизационной задачи

$$r \rightarrow \max_{r, v > 0}$$

при ограничении

$$r\mathbf{A}\mathbf{v} \leq \mathbf{v}.$$

Пространственное и организационное размещение отраслей экономики в регионах страны в силу несбалансированности развития и обмена продукцией между регионами приводит к снижению технологического потенциала воспроизводства экономической системы. Для того, чтобы потенциал воспроизводства межрегиональной экономической системы мог приблизиться к своему максимуму, необходимо развитие регионов нацелить на обеспечение сбалансированной структуры выпусков и обменных пропорций.

Наличие локальной системы (подсистемы 1), взаимодействующей с внешней системой (подсистемой 2), представляется с помощью блочной технологической матрицы:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11}\mathbf{v}_1 + \mathbf{I}_1\mathbf{A}_{12}\mathbf{v}_2 \\ \mathbf{I}_2\mathbf{A}_{21}\mathbf{v}_1 + \mathbf{A}_{22}\mathbf{v}_2 \end{bmatrix},$$

здесь \mathbf{v}_1 – вектор выпусков подсистемы 1; \mathbf{v}_2 – вектор выпусков подсистемы 2;

$\mathbf{A}_{11}\mathbf{v}_1$ – внутренние затраты подсистемы 1 на выпуск собственной продукции из номенклатуры вектора \mathbf{v}_1 ;

$\mathbf{I}_1\mathbf{A}_{12}\mathbf{v}_2$ – затраты на выпуск продукции номенклатуры \mathbf{v}_1 подсистемой 2, производящей продукцию вектора выпусков \mathbf{v}_2 с учетом импортных (трансфертных) наценок, отображенных диагональной матрицей \mathbf{I}_1 ;

$\mathbf{I}_2\mathbf{A}_{21}\mathbf{v}_1$ – затраты на выпуск продукции из номенклатуры вектора выпусков \mathbf{v}_2 подсистемой 1 с учетом импортных наценок, отображенных диагональной матрицей \mathbf{I}_2 ;

$\mathbf{A}_{22}\mathbf{v}_2$ – внутренние затраты на выпуск продукции из номенклатуры вектора выпусков \mathbf{v}_2 подсистемы 2.

Это позволяет условие равновесия представить в виде

$$r \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11}\mathbf{v}_1 + \mathbf{I}_1\mathbf{A}_{12}\mathbf{v}_2 \\ \mathbf{I}_2\mathbf{A}_{21}\mathbf{v}_1 + \mathbf{A}_{22}\mathbf{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{v}_2 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

В этом условии помимо технологических затрат учитываются затраты на обмен продукцией между регионами. Такой обмен бывает необходим, когда разные отрасли, входящие в технологический цикл, распределены по разным регионам. Дополнительные затраты на обмен продукцией приводят к снижению потенциала воспроизводства экономической системы. Кроме того, к этому же эффекту приводит несбалансированное развитие подсистем. Под сбалансированной структурой выпусков понимается структура вектора, соответствующая неотрицательному решению системы (2).

Для численного решения уравнения (2) можно применить метод «сопутствующей задачи» [3]. Рассмотрим оптимизационную задачу вида

$$\begin{aligned}
 & r \rightarrow \max_{r, v_1, v_2} \\
 & r \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} \mathbf{v}_1 + \mathbf{I}_1 \mathbf{A}_{12} \mathbf{v}_2 \\ \mathbf{I}_2 \mathbf{A}_{21} \mathbf{v}_1 + \mathbf{A}_{22} \mathbf{v}_2 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{v}_2 \end{bmatrix} \\
 & \mathbf{v}_1 \geq \mathbf{1} \\
 & \mathbf{v}_2 \geq \mathbf{1}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Задача поиска равновесной структуры выпусков для внешней подсистемы 2 примет вид

$$\begin{aligned}
 & r \rightarrow \max_{r, v_2} \\
 & r(\mathbf{r} \mathbf{I}_2 \mathbf{A}_{21} (\mathbf{E} - r \mathbf{A}_{11})^{-1} \mathbf{I}_1 \mathbf{A}_{12} + \mathbf{A}_{22}) \mathbf{v}_2 \leq \mathbf{v}_2 \\
 & \mathbf{v}_2 \geq \mathbf{1}.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Выпуски подсистемы 1, как ведомой, однозначно определяются по равновесному вектору \mathbf{v}_2

$$\mathbf{v}_1 = (\mathbf{E} / r - \mathbf{A}_{11})^{-1} \mathbf{I}_1 \mathbf{A}_{12} \mathbf{v}_2.$$

Таким образом, выбор направлений диверсификации производства и инновационного развития ресурсодобывающих регионов производится на основе многоотраслевой модели региона по критерию коэффициента воспроизводства с учетом потребностей, возможностей и условий конкретного региона.

3. Обоснование эффективности внедрения инновационных технологий, обеспечивающих продление срока рентабельной эксплуатации нефтяных скважин и увеличение объемов добычи

Под факторами будем понимать как применяемые технологии, так и ожидаемые эффекты от их применения [7–20]. Таким образом, перечень факторов следующий.

1. Инновационная технология плазменно-импульсного воздействия на основные структурообразующие компоненты – асфальтены.
2. Плазменно-импульсная технология, основанная на периодическом импульсном электрогидравлическом воздействии на пласт.
3. Способ очистки ПЗП низкопримистых нагнетательных скважин на основе гидродинамического излива.
4. Комплексная технология интенсификации добычи нефти с использованием плазменно-импульсного и физико-химического воздействий.
5. Оптимальная адаптивная система автоматического управления газодобывающими скважинами.
6. Продление срока рентабельной эксплуатации нефтяных скважин.
7. Увеличение объемов добычи.
8. Снижение экологических рисков.

Экспертные оценки взаимовлияния имеют следующий вид (см. таблицу ниже).

Факторы	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Инновационная технология плазменно-импульсного воздействия		3			3			
2. Плазменно-импульсная технология, основанная на периодическом импульсном электрогидравлическом воздействии на пласт	3			5				2
3. Способ очистки ПЗП низкопримистых нагнетательных скважин на основе гидродинамического излива								2
4. Комплексная технология интенсификации добычи нефти с использованием плазменно-импульсного и физико-химического воздействий	4	4	5		4	3		2
5. Оптимальная адаптивная система автоматического управления газодобывающими скважинами	7	5	5	5		3		
6. Продление срока рентабельной эксплуатации нефтяных скважин	4	4	3		5		5	
7. Увеличение объемов добычи	4	4	3	3	5	5		
8. Снижение экологических рисков	3	1	-5	-2				

Целью расчетов является определение оценок взаимодействия факторов в результате транзитивного замыкания исходного набора оценок. Эффект взаимодействия оценивается положительными и отрицательными числами в балльной системе, отображающими характер и степень влияния. Оценка последовательных и параллельных взаимодействий требует введения соответствующих операций над исходными величинами оценок.

Если на данный фактор действуют несколько других факторов, то их совместный эффект (аналог логической суммы) определяется для краткосрочных периодов по принципу доминирования: результат равен максимальной по абсолютной величине оценке факторов-аргументов. Для долгосрочных периодов возможны два типа непрерывных операций: арифметическое суммирование оценок с ограничением на верхнюю и нижнюю границы и комбинация доминирования и суммирования. В последнем случае результат равен максимальной по абсолютной величине оценке факторов-аргументов, если их знаки одинаковы, и их сумме, если знаки противоположны.

В результате выполнения алгоритма транзитивного замыкания для исходной системы оценок взаимодействий с помощью дискретных преобразований можно получить дополнительную информацию об уровне рефлексии, на котором получена каждая оценка. Чем больше уровень рефлексии для полученной оценки, тем меньше степень ее достоверности. Варьируя исходные оценки, можно определить степень их участия в формировании полной картины влияний факторов.

Результаты рефлексивного продолжения оценок имеют вид (см. таблицу ниже), где число после слэша означает длину цепочки репликаций.

Факторы	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Инновационная технология плазменно-импульсного воздействия	3 \1	3 .	3 \1	3 \1	3 .	3 \1	3 \2	2 \1
2. Плазменно-импульсная технология, основанная на периодическом импульсном электрогидравлическом воздействии на пласт	4 \1	4 \1	5 \1	5 .	4 \1	3 \1	3 \2	2 .
3. Способ очистки ПЗП	2 \1	-1 \1	-2 \1	-2 \1	2 \1	-2 \1	-2 \1	-2 \2
4. Комплексная технология интенсификации добычи нефти	4 .	4 .	5 .	4 \1	4 .	3 .	3 \1	2 .
5. Оптимальная адаптивная система автоматического управления газодобывающими скважинами	7 .	5 .	5 .	5 .	4 \1	3 .	3 \1	2 \1
6. Продление срока рентабельной эксплуатации нефтяных скважин	5 \1	5 \1	5 \1	5 \1	5 .	5 \1	5 .	2 \1
7. Увеличение объемов добычи	5 \1	5 \1	5 \1	5 \1	5 .	5 .	5 \1	2 \1
8. Снижение экологических рисков	3 .	3 \1	-5 .	3 \2	3 \1	3 \2	2 \2	-2 \1

Таким образом, все рассмотренные технологии, а также фактор снижения экологических рисков позитивно влияют на продление срока рентабельной эксплуатации нефтяных скважин, увеличение объемов добычи. На снижение экологических рисков рассмотренные технологии, за исключением способа очистки ПЗП низкоприемистых нагнетательных скважин на основе гидродинамического излива, также влияют позитивно.

Заключение

Предложенная модель предназначена для использования в качестве инструмента разработки управленческих решений. Аппарат моделирования позволяет конструировать механизмы автономного управления и оценивать их эффективность в пределах принятых разумных допущений, исследовать условия бифуркации и устойчивого роста, вероятностные характеристики ожидаемых состояний экономической системы.

Динамическая многоотраслевая модель региона интенсивного освоения недр учитывает эффект исчерпания запаса ресурсов, а также неблагоприятное воздействие окружающей среды. Это отображается в модели повышенным значением коэффициента выбытия производственных мощностей и случайным характером процесса выбытия. Модель включает также автономные механизмы управления процессами фондообразования, обеспечивающими жизнедеятельность региона после прекращения добычи ископаемых ресурсов.

Рассмотренная модель развития региона показывает, что в долгосрочном периоде прогнозирование на базе модельных расчетов может носить только качественный или вероятностный характер. Детерминированные прогнозные оценки в такой ситуации используются для прогноза тренда социально-экономического развития региона и отраслей.

Разработаны: концепция модернизации производственного сектора регионов интенсивного освоения недр, методы и алгоритмы расчета прогнозных характеристик социально-экономического развития региона на длительный (до 25 лет) период, учитывающий технологический, социальный, экологический и сырьевой факторы, методы оценки и выбора направлений модернизации и диверсификации производства и инновационного развития ресурсодобывающих регионов.

Разработанные методы и инструментарий предназначены для оценки и выбора высокоэффективных технологий добычи, переработки и транспортировки углеводородного сырья; выбора направлений диверсификации производства и инновационного социально-экономического развития ресурсодобывающих регионов на основе многоотраслевой модели региона по критерию коэффициента воспроизводства с учетом потребностей, возможностей и условий конкретного региона; решения различных технологических задач по применению инновационных технологий с целью повышения

нефтеотдачи пластов в результате воздействия на связанную нефть, которая переводится в свободное состояние, допускающее фильтрацию легких фракций нефти.

Показано, что переход от традиционной сырьевой направленности к высокоэффективным инновационным технологиям и диверсификация производства обеспечивают устойчивое развитие регионов интенсивного освоения недр.

Новизна разработки обусловлена включением в модели и алгоритмы расчета прогнозов и сбалансированных пропорций развития региона, механизмов автономного управления и саморазвития, ограниченности запасов природных ресурсов, необходимости диверсификации хозяйственной деятельности, запуска новых производств.

Научная значимость проекта заключается в разработке программных методов управления инновационным социально-экономическим развитием, процедур прогнозирования, включающих в рассмотрение: негативное воздействие деятельности по освоению недр на экологию, оценки социальной значимости результатов этой деятельности, диверсификацию производственной структуры на основе новых технологий и механизмы автономного управления хозяйственной деятельностью.

Актуальность разработки обусловлена необходимостью формирования программ сбалансированного развития экономики регионов страны с учетом ее сырьевого потенциала, а также необходимостью перехода регионов интенсивного освоения недр на инновационный путь развития и модернизации производственных и организационных технологий и систем с учетом сырьевого потенциала и экологических рисков.

Практическое значение проекта заключается в том, что при его реализации руководству регионов интенсивного освоения недр будет предоставлен инструментарий для принятия решений, формирования механизмов автономного управления инновационными процессами, прогнозирования результатов хозяйственной деятельности на длительную перспективу с учетом тех или иных сценариев развития. Крупные предприятия, участвующие в освоении недр (добыче углеводородного, минерального сырья и других полезных ископаемых), могут воспользоваться методами комплексной оценки параметров процесса диверсификации хозяйственной деятельности, ориентированного на устойчивый характер ее развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гусев В.Б., Павельев В.В.* Использование непрерывных шкал при оценивании и принятии решений в сложных проблемных ситуациях. М.: ИПУ РАН, 2013. 118 с.

2. *Васильев С.Н., Пащенко Ф.Ф., Гусев В.Б.* Моделирование динамики развития региона с сырьевой специализацией // Пробл. анализ и гос.-управл. проектирование. 2012. № 5. С. 52–62.
3. *Васильев С.Н., Гусев В.Б., Пащенко Ф.Ф., Цвиркун А.Д. и др.* Управление развитием крупномасштабных систем. М.: Физматлит, 2012. 496 с.
4. *Гусев В.Б.* Модель диверсификации производства для региона интенсивного освоения недр // Сиб. журн. индустр. математики. 2012. Июль-сентябрь, Том 15, № 3. С. 24–36.
5. *Гусев В.Б.* Модель развития региона интенсивного освоения недр // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS & IT'12». М., 2012. Т. 2. С. 321–329.
6. *Гусев В.Б., Анохин А.М., Белова О.Н., Павельев В.В., Пащенко А.Ф., Пащенко Ф.Ф.* Разработка методов и моделей прогнозирования социально-экономического развития регионов с учетом факторов экологического риска. // Электрон. науч. журнал «Георесурсы, геоэнергетика, геополитика». 2012. Вып. 2(6). – Режим доступа: <http://oilgasjournal.ru>.
7. *Gusev V.B.* Mechanisms of the autonomous control: application to short- and long-term problems of control the economic growth / Intern. J. Autom. Power Engin. 2013. Vol. 2, № 3. P. 52–56. – Режим доступа: <http://www.ijape.org/paperInfo.aspx?ID=3573>.
8. *Gusev V.* 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, 2011. P. 283–288.
9. *Гусев В.Б., Анохин А.М.* Метод диагностики технологического процесса в реальном масштабе времени // Пром. АСУ и контроллеры. 2013. № 3. С. 25–29.
10. *Павельев В.В.* Структурная идентификация целевой функции в задачах выбора многопараметрических объектов // Труды IX Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» (SICPRO'12, Москва). М., 2012. С. 783–792.
11. *Пащенко А.Ф.* Матричный алгоритм многокритериальной оценки и выбора приоритетных проектов // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. 2012. Т. 5, № 1. С. 79–86.
12. *Пащенко Ф.Ф., Дургарян И.С., Пащенко А.Ф.* Технопарковые структуры – основные элементы инфраструктуры инновационной системы // Материалы Шестой

международ. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2012). М., 2012. Т. 2. С. 224–226.

13. *Пащенко Ф.Ф., Дургарян И.С., Пащенко А.Ф., Белова О.Н.* Умный город – виртуальность или реальность // Материалы Шестой международ. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2012). М., 2012. Т. 2. С. 226–228.

14. *Пащенко Ф.Ф., Дургарян И.С., Пащенко А.Ф.* Состоятельные меры зависимости и их применение для идентификации нелинейных стохастических систем // Труды 3-й Международ. конф. «Life Cycle Engineering and Management» (ICDQM-2012). Prijedor, 2012. P. 101–116.

15. *Кудинов Ю.И., Кудинов И.Ю., Пащенко Ф.Ф., Пащенко А.Ф.* Программные средства идентификации нечетких моделей производственных процессов // Труды 3-й Международ. конф. «Life Cycle Engineering and Management» (ICDQM-2012). Prijedor, 2012. P. 265–271.

16. *Paschenko A.* Implementation of consistent methods for structural identification of nonlinear systems // Abstracts of the 10th International Conference on Operations Research (ICOR'2012, Havana, Cuba). Havana, 2012. P. 63.

17. *Пикина Г.А., Пащенко А.Ф.* Использование априорных знаний для практических расчетов статистических характеристик случайных процессов // XXXVI Дальневосточная математическая школа-семинар им. акад. Е.В. Золотова, 4–10 сентября 2012 г., г. Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2012. С. 429–434. – Электрон. опт. диск (CD-ROM).

18. *Шубладзе А.М., Гуляев С.В., Пащенко Ф.Ф.* Оптимальная адаптивная система управления газодобывающими скважинами // Пробл. машиностроения и автоматизации. 2012. № 2. С. 14–22.

19. *Durgarjan I.S., Pikina G.A., Pashchenko F.F., Pashchenko A.F.* Information method of consistent identification of objects / Proceedings of the 8th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA 2013, Melbourne, Australia). Piscataway, NJ, 2013. P. 1325–1330.

20. *Pikina G.A., Pashchenko F.F., Pashchenko A.F.* Methods to improve accuracy of typical controllers based on predictive algorithms / Proceedings of the 8th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA 2013, Melbourne, Australia). Piscataway, NJ, 2013. P. 613–616.