

---

© Ю.В. Шувалов, О.В. Ковалев,  
И.А. Павлов, А.Л. Веселов,  
И.Ю. Тхориков, 2009

УДК 662.69

**Ю.В. Шувалов, О.В. Ковалев, И.А. Павлов,  
А.Л. Веселов, И.Ю. Тхориков**

## **ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ РЕШЕНИЯ ГОРНО- ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБЫЧЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЫРЬЯ**

*Разработан алгоритм решения задачи комплексного извлечения сырья из недр.*

*Ключевые слова:* энергоресурсы, угольные пласты, метаноносность, горно-геомеханические условия.

**Семинар № 8**

---

**Y.V. Shuvalov, O.V. Kovalev,  
I.A. Pavlov, A.L. Veselov,  
I.Y. Thorikov**

### **THE APPLIED ASPECTS OF MINING AND MECHANICAL CHALLENGES DURING COMPLEXED MINING OF ENERGETIC RAW MATERIALS**

*The algorithm of solving the problems of complexed extraction is developed.*

*Key words:* energetic resources, coal layers, methane content, mining and geomechanical conditions.

**K**омплексность подхода к освоению энергоресурсов угольных месторождений заключается в эффективной и безопасной добыче угля подземным способом с использованием обычных технологий и с параллельным (подземным или иным) освоением углеводородных газов углевмещающих толщ.

Не комментируя очевидную необходимость решения вопросов повышения безопасности (как технологической, так и экологической) ведения подземных горных работ, подчеркнем принципиальные моменты целесообразности постановки исследований по проблеме параллельного освоения уг-

леводородных газов (метана), содержащихся как в угольных пластах, так и во вмещающих их породах.

Известно, что высокая метаноносность основных угольных бассейнов различных стран предопределена, в основном, глубиной залегания угольных пластов и специфическими условиями сохранения метаморфических газов в угленосных толщах: в пластах и породах. Отмеченная специфика достаточно дифференцирована по бассейнам (угольным регионам), а иногда даже и по пластам в свите. Так, для месторождений Печорского бассейна, она в значительной мере обусловлена наличием над углесодержащим массивом мощных многослойнemerзлотных породных толщ (до ~ 100 метров и более), которые экранируют вертикально фильтрующийся газ. Месторождения Кузбасса, в большинстве случаев, характеризуются наличием экранов даже на небольших глубинах, но представленных в бассейне обычно низко проницаемыми четвертичными отложениями. Маломощные угольные пласты Восточного Донбасса являются газоносными в связи с наличием в покровной толще некоторого специ-

фического экрана и залеганием пластов на достаточных глубинах (более 300 м).

Газоносность массивов горных пород (метаноносность), как известно [1], зависит, главным образом, от количества угольного вещества содержащегося в породах, представленного либо пропластками, либо в рассеянном виде. Выполненная минимизированная оценка содержания метана в пределах рабочих и перспективных площадей на действующих предприятиях Воркутского месторождения, показала, что на данных площадях содержится до  $6-10^9 \text{ м}^3$  метана, в том числе в пластах и пропластках угля — до  $(5-5,5)10^9 \text{ м}^3$ , а во вмещающем их массиве — до  $(0,5-1) 10^9 \text{ м}^3$ . Отметим, что приведенный порядок объемов метана не учитывает наличие угольного вещества, оценочно содержащегося здесь на глубинах до нескольких километров. Таким образом, можно констатировать целесообразность постановки исследований по разработке эффективных технологий освоения энергоресурсов в комплексной постановке, технологично используя имеющиеся подземные пространства, созданные при добыче угля обычным (подземным) способом. Именно наличие упомянутых пространств предопределяет конкурентоспособность подземной добычи метана в сопоставлении с поверхностными методами.

Метаноносность углевмещающих толщ, определяемая степенью метаморфизма угольного вещества, природной его пористостью и величинами природного давления пластовых (слоевых) газов, по общим оценкам может составлять:  $30-45 \text{ м}^3/\text{т}$  горючей массы для пластов и  $5-6 \text{ м}^3/\text{т}$  — для слоев и прослойков угленосных толщ. Следует отметить, что при условии значимого различия в парамет-

рах природной газопроницаемости пластов и прослойков — метаноотдача последними существенно более низкая.

Рассматривая вопросы общей постановки комплексной проблемы, обратим внимание на следующие два аспекта. Во-первых, отметим, что решение задач об извлечении метана параллельно с ведением горных работ на шахтах необходимо требует досконального предварительного подсчета его ресурсов на различных характерных участках шахтопластов: зоны возможного повышенного газосодержания (антиклинальные складки, участки дислокационных нарушений и т.д.), или наоборот — пониженного газосодержания (некоторые типы дислокационных нарушений, обводненные участки массива и т.п.). И, во-вторых, помимо геологической информации, необходим учет конкретных горно-технических и горно-геомеханических условий, характерных для каждого подземного предприятия. Такие обстоятельства в значительной степени обуславливают пространственно-временную динамику геомеханических состояний и газодинамических свойств массива, зональность которых закономерно изменяется в процессе ведения горных работ. Подобные изменения могут существенно предопределять газоотдачу определенных областей массива (пластовых, надработанных или подработанных), а соответственно и эффективность дегазации (или систем вентиляции). Для подработанных пластов вопросы дегазации решаются достаточно однозначно (хотя с точки зрения эффективности вентиляции зачастую имеют место серьезные проблемы, особенно на мощных пластах), а для надработанных областей — решение указанных проблем требует постановки специальных исследова-

ний. Реализация последних должна дать методические основы взаимоувязки и получение закономерностей, позволяющих количественно оценить изменчивость газодинамических характеристик углей и пород, определяемых механическим состоянием техногенно-возмущенного массива, естественно, с учетом первоначально-присущих ему параметров геостатического поля. Решение поставленной задачи обеспечит создание предпосылок для максимального извлечения метана из углесодержащих массивов с минимальной необходимостью искусственной активизации его газоотдачи (гидроразрыв, камуфлетное взрывание и проч.).

Разработанная методика решения подобных задач принципиально содержит следующие, поэтапно решаемые, положения:

- анализ и обобщение геологической и горно-технической информации по конкретному участку шахтного пласта либо шахтного поля;
- оценку напряжённо-деформированных состояний (НДС) массива и его изменчивости (в функции координат и времени), на базе формируемых горно-геомеханических моделей и расчетных схем;
- оценку изменчивости параметров процесса фильтрации метана в массиве, в функции специфических параметров его НДС;
- расчет дебитов скважин в характерных зонах массива;
- разработку систем дегазации (и возможную корректировку параметров системы вентиляции).

Отметим, что принципиальные подходы рассмотренной методики являются новыми в области решения геомехано-газодинамических задач применительно к неоднородным, гетерогенным средам. Достоверность полученных данных базируется на комплексном

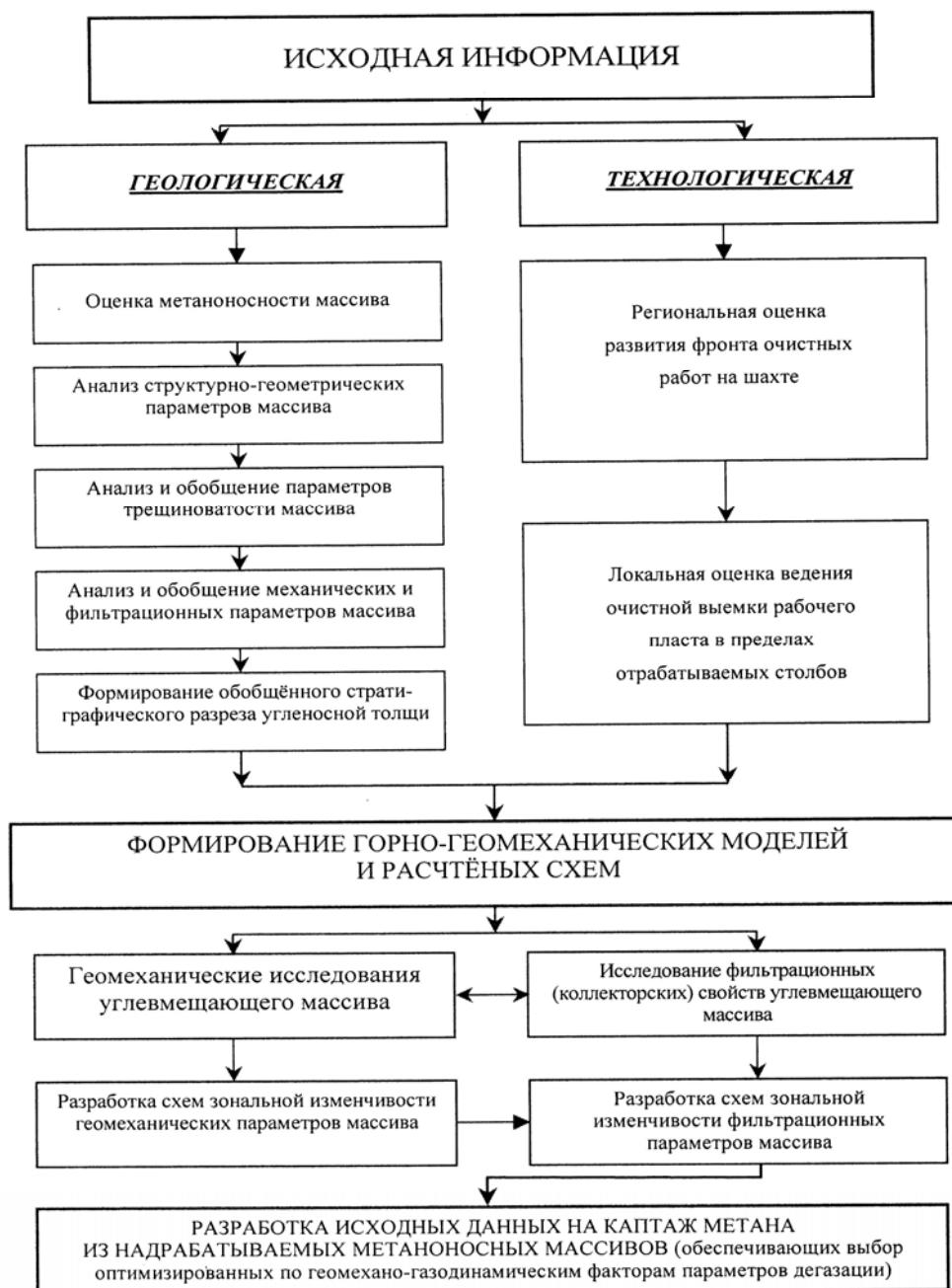
экспериментально-аналитическом подходе к изучению состояний массива горных пород (МГП). Этот подход использующий, например, поступаты вариантов «метода граничных элементов», требует в тоже время и использования современного математического аппарата при описании квазиконтинуальных сред, с дальнейшей реализацией решения прикладных задач численными методами.

В прикладном плане положительные результаты исследований по рассматриваемой проблематике обеспечивают не только повышение технологической безопасности горных работ по фактору рудничной аэрологии (нормализация проветривания выемочных участков, снижение вероятности возгорания и взрывов метана и т.д.), но и улучшение экологической обстановки в угледобывающих регионах (за счет снижения выбросов метана в атмосферу).

Некоторые характерные аспекты приведенных методических положений более обстоятельно приведены ниже.

Рассматривая, например, вопросы капитажа метана необходимо оценивать метаноносность и возможную метаноотдачу углевмещающих толщ во взаимосвязи с состоянием газа в поровых пространствах гетерогенной среды и условиями его фильтрации в такой среде. Последнее, как представляющее наибольший интерес в решаемой проблеме, существенно зависит от структуры порового пространства, характеризующего, в том числе, его эффективную пористость, а соответственно и газопроницаемость. Эти параметры в гетерогенной среде функционально связаны с её напряжённо-деформированным состоянием, которое в условиях подземной отработки месторождений, как отмечено

но выше, обусловлено действием в МГП как первичного геостатического



#### **Алгоритм решения задачи комплексного извлечения сырья из недр**

поля напряжений, так и техногенно-наведённых полей, предопределённых горными работами, с присущими таким полям нестационарными (в пространстве-времени) параметрами. Данные положения необходимо учитывать при реализации разработанной методики.

Отметим также, что упомянутую взаимосвязь газодинамических свойств МГП (например, его газопроницаемости) и геомеханических состояний пород необходимо исследовать как в региональной постановке (в частности, при отработке шахтопластов), так и в локальной (в пределах отдельных выемочных участков шахт).

Резюмируя результаты анализа базовых методических положений по проблематике комплексного извлечения энергетического сырья на угольных месторождениях, обратим внимание на следующее обстоятельство.

На сегодня известен достаточно представительный круг работ, посвящённых изучению и решению вопросов фильтрации газов в массивах горных пород (работы Р.М. Кричевского, И.А. Гарного, П.Я. Полубариновой-Кочиной, С.А. Христиановича и других исследователей). В работах указанных (и других) авторов отмечается и исследуется связь фильтрации-

онных процессов и механического (напряжённо-деформированного) состояния фильтрующих сред. При этом подчеркивается, что применительно к объектам «типа массива горных пород» решения фильтрационно-геомеханических задач в аналитической постановке — даже в частных случаях — редко допускают получение точных (тем более практически значимых) результатов. В этой связи обоснованной следует считать констатацию нетривиальности рассматриваемой, значимо-прикладной проблемы, в том числе в аспекте целесообразности создания для ее решения соответствующих методических основ.

Обобщающий результат указанной методической проработки, реализуемой применительно к решению проблемы комплексного извлечения энергетического сырья (уголь-метан) из недр представлен на рисунке.

Приведенная блок-схема, представляя собой конкретный алгоритм решения рассматриваемой проблемы, позволяет практически реализовать вплоть до проектной проработки — обоснование и выбор рациональных технологических схем комплексного извлечения энергетического сырья из недр.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимаков, Б.М. Геологические основы методики изучения и прогнозирования газоносности вмещающих пород угольных месторождений / Б.М. Зимаков и др. — М: ИПКОН — АН СССР — 1986. **ГИАС**

#### *Коротко об авторах*

Шувалов Ю.В. — профессор, доктор технических наук,  
Ковалев О.В. — профессор, доктор технических наук,  
Павлов И.А. — доцент, кандидат технических наук,  
Тхориков И.Ю. — доцент, кандидат технических наук,  
Санкт-Петербургский государственный горный институт имени  
Г.В. Плеханова (технический университет), [rectorat@spmi.ru](mailto:rectorat@spmi.ru)  
Веселов А.П. — трест «Арктикуголь», кандидат технических наук, [olegxx@inbox.ru](mailto:olegxx@inbox.ru)