

В.Н. Захаров, С.С. Кубрин, В.С. Забурдяев

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАДИЙ И ОПЕРАЦИЙ В ЕДИНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрены вопросы комплексирования технологических стадий и операций в единую геотехнологию технологий высокоинтенсивной отработки запасов угля комплексными механизированными забоями, промышленного извлечения метана из высокогазоносных пластов.

Ключевые слова: комплексирование, технологические стадии, уголь, метан, дегазация, контроль, информационные системы, мониторинг, управление, геотехнология.

Недра Российской Федерации богаты практически всеми видами полезных ископаемых. Минерально-сырьевая база является основой и локомотивом экономического развития России. Основы дальнейшего развития минерально-сырьевого комплекса Российской Федерации связаны с освоением месторождений, расположенных на большой глубине, в сложных горно-геологических условиях. Рациональное освоение недр предполагает технологическое управление их состоянием. При этом возрастает потребность в готовых товарных продуктах высокого качества, повышаются требования к снижению себестоимости получаемых концентратов, уменьшению капиталоемкости производств и повышению экологических требований.

Основное направление повышения эффективности освоения недр является создания комбинированных технологических схем, сочетающих различные технологические процессы и технологические стадии освоения месторождений, которые совместно обеспечивают экономически выгодные и экологически безопасные условия разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Необходимость обеспече-

ния безопасности горных работ, сокращения тяжелого труда в сложных климатических и геомеханических условиях больших глубин обуславливает повышенные требования к технологии горных работ и к освоению гибких роботизированных систем добычи угля и руды, погрузочно-разгрузочным операциям, транспортировке горной массы, информационным технологиям для управления горным производством.

Наиболее плодотворен комплексный подход при использовании автоматизации и информатизации предприятий, позволяющий реализовать концепцию настраиваемых и адаптируемых к изменяющимся условиям геотехнологий [1]. Конечной целью такого подхода (полной реализацией) является концепция «интеллектуального рудника» или «интеллектуальная шахта». Где рудник (шахта) рассматривается как часть процесса добычи и переработки минерального сырья (включающего горно-металлургическую или обогательную фабрику) в конечный продукт, который является углем, металлом или неким обогащенным концентратом для его последующей переработки. Комплексирование на основе автоматизации – это объединение разнообразных

добычных и вспомогательных технологических процессов в единую информационно-управляемую технологическую цепочку последовательно и параллельно выполняемых технологических операций, работ, представляющих собой некоторые технологические стадии процесса извлечения твердых полезных ископаемых. Полное использование геоинформационных ресурсов, данных систем мониторинга природной и техногенной среды (массив горных пород, рудничная атмосфера, состояние выработок, гидросфера), аналитических систем [2] позволит повысить эффективность добывающего комплекса, снизить экономические издержки, улучшить управляемость горного производства. Реализация такого подхода представляет развитие комбинированной геотехнологий [3]. Вопросы формирования высокоинтенсивных технологий техногенного преобразования недр на основе автоматизации и информатизации обуславливаются следующим:

- необходимость объединения в единую технологию нескольких технологий, ранее применявшихся без детерминированной взаимосвязи, для достижения установленных показателей ее применения;
- преобразование объединяемых технологий в технологические стадии;
- выполнение технологических стадий в параллельном режиме;
- необходимость использования отдельных технологий в составе единой технологии в режиме «последовательная программа, параллельная подсистема».

В связи с вышеизложенным особую значимость приобретает совершенствование существующих, создание новых геотехнологических процессов, способных обеспечить безопасность ведения горных работ, высокую интенсивность и экономическую эффективность в особо сложных условиях

разработки месторождений и вопросы включения их в единую комбинированную геотехнологию, расширение списка задач, решаемых в рамках геинформационного обеспечения работы горнодобывающего комплекса, необходимость проведения синтеза разнородных наблюдаемых данных с помощью различных систем мониторинга техногенной среды и технологических процессов на геоинформационной платформе. Поставленная задача решается на основе комплексной модернизации технологического оборудования шахт и рудников, направленной на повышение производительности труда путем автоматизации технологических процессов, повышения комплексности освоения месторождений, за счет увеличения глубины переработки руд и расширения спектра извлекаемых полезных компонентов, использования отходов переработки в качестве закладочных материалов, повышения интенсивности разработки за счет применения новых методов управления геомеханическими процессами, реализуемых в едином детерминированном комплексе «сквозной, поточной», единой геотехнологии.

Из-за невысокой рентабельности особенно актуальный такой подход в угольной промышленности. Уголь, как свидетельствуют долгосрочные тенденции мирового энергетического рынка, является одним из основных компонентов мирового топливно-энергетического баланса, наряду с нефтью и природным газом, что крайне важно для России с ее огромными угольными ресурсами. Уголь останется одним из самых надежных и востребованных источников энергоснабжения человечества в обозримом будущем. Россия является одним из мировых лидеров по производству угля. В ее недрах сосредоточена треть мировых ресурсов угля (733 млрд т) и пятая часть разведанных его запасов. Запасы энер-

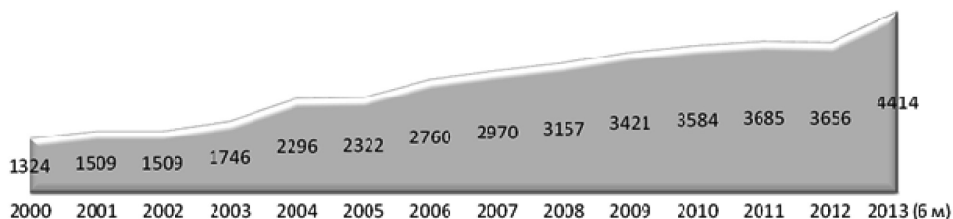


Рис. 1. Динамика среднесуточной нагрузки на комплексно-механизированный забой

гетических углей составляют около 80%. Промышленные запасы действующих предприятий составляют почти 19 млрд т, в том числе коксующихся углей – около 4 млрд т. Добыча угля за последний месяц 2014 г. составила 35 398 тыс. т [4]. За последние десятилетия более чем в 3 раза возросли нагрузки на очистные забои (рис. 1).

Российские угольные шахты являются рентабельными при добыче угля не менее 2–3 млн т из комплексно-механизированного забоя в течение года, или не менее 8–15 тыс. т угля в сутки, что при разработке высокометаносных угольных пластов без специальных мероприятий не достижимо по газовому фактору. Вместе с тем, наиболее перспективным направлением технологического развития подземного способа освоения углегазовых месторождений является комплексное освоение их энергоресурсов, предусматривающее высокоинтенсивную разработку угольных пластов и попутное промышленное извлечение метана, обеспечивающее повышение метанобезопасности и конкурентоспособности угольных шахт, за счет вовлечение в хозяйственный оборот нового вида полезного ископаемого – угольного метана и сокращение выбросов высокоактивного парникового газа-метана.

Введение в действие с 01 марта 2007 г. «Методических рекомендаций о порядке дегазации угольных шахт» [5] и с 01 декабря 2012 г. «Инструкции по дегазации угольных шахт» [6]

привело к снижению числа выявленных нарушений газового режима в газовых шахтах на 17% и общего числа простоев очистных и подготовительных забоев по газовому фактору соответственно в 2,73 и 2,41 раза.

Вскрытие и подготовку выемочных участков шахтного поля к интенсивной отработке метаносных угольных пластов следует осуществлять с учетом горнотехнологических решений. Выбор схемы подготовки или ее отдельных элементов осуществляется применительно к конкретным горно-геологическим и горнотехническим условиям действующей или проектируемой шахты в соответствии с принятой на газовой шахте схемами вскрытия и подготовки шахтного поля и его параметрами: длина лавы; выемочного столба; газоносность дегазируемого пласта к моменту выемки – не более 13 м³/т с.б.м. Подготовка пластов на проектируемых и вновь строящихся шахтах осуществляется с геологических условий месторождений и нормативных документов.

Комплексное аналитическое информационное обеспечение и управление комбинированной геотехнологией извлечения угля и метана выполняется в следующем порядке:

- с использованием линеаментного анализа производится дешифрирование аэрофото- и космofотоматериалов для получения геолого-тектонического строения и нарушенности массива в виде зон повышенной трещиноватости;

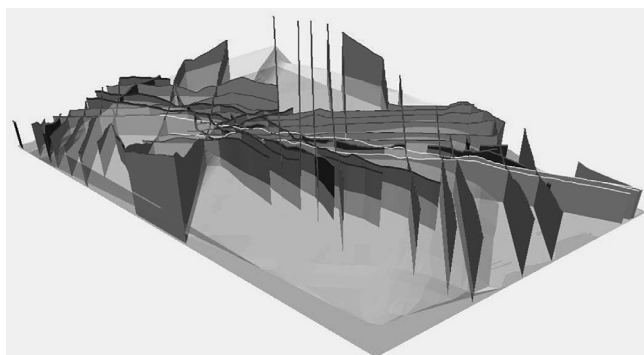


Рис. 2. Трехмерные линеаменты шахтного поля

• в результате строится карта тектонически-активных зон, на основе которой с помощью литотектонического

анализа строится трехмерная модель линеаментной тектоники (рис. 2).

На втором этапе производится уточнение зон повышенной трещиноватости на основе данных геолого-геофизических исследований в пределах горного отвода шахты. Сначала производятся наземные сейсморазведочные работы, устанавливаются структура и глубина простираения тектонических нарушений, прогнозируются зоны сбросов, зоны надвигов, зоны

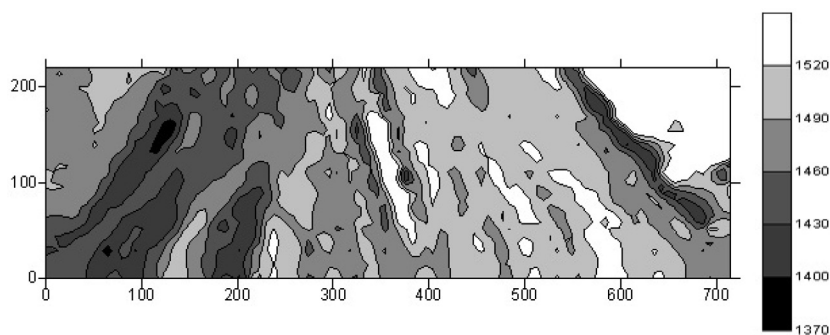


Рис. 3. Результаты выявления и оконтуривания зон повышенной трещиноватости

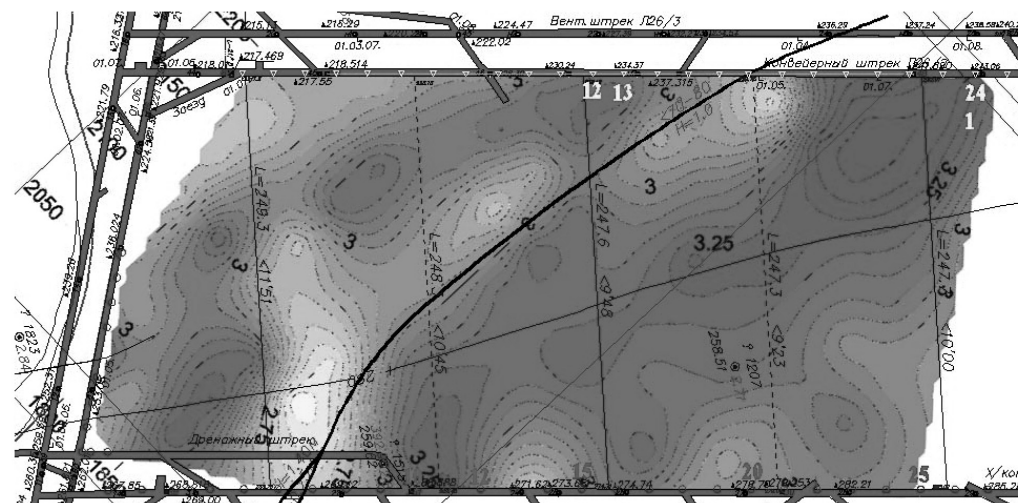


Рис. 4. План горных работ с нанесением результата томографического восстановления по скоростям продольных волн

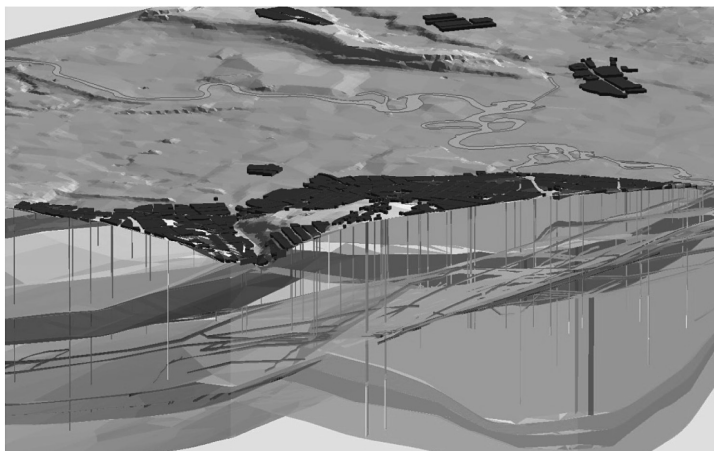


Рис. 5. Геоинформационная трехмерная модель с дневной поверхностью

серий мелко амплитудных разрывов (по уменьшению скорости сигнала, уменьшению амплитуды сигналов и уменьшению частоты). Затем с помощью шахтной сейсморазведки выполняется детальное картирование выемочного столба, оценка локальных тектонических нарушений, трещиноватых зон (рис. 3) производится томографическое восстановление и выявление локальных коллекторов метана [7]. На рис. 4 представлен выемочный участок пласта Поленовский шахты им. С.М. Кирова ОАО «СУЭК-Кузбасс», на котором более светлыми тонами изображены нарушенные зоны, черной линией – тектоническое нарушение. В итоге полученная и обработанная информации представляется на трехмерной геопространственной модели (рис. 5) горного предприятия и определяется газоносность углепородного массива, метанообильности выемочных участков.

Далее, разрабатываются проектные решения по предварительной пластовой дегазации в пределах выемочного участка. Определяется число и схемы расположения дегазационных скважин, которые необходимо пробурить: по пласту, над куполом обрушения пород и при необходимости на

нижележащий пласт из участковых выработок, с земной поверхности. Кроме этого, выясняется необходимость дегазации массива горных пород скважинами направленного бурения из участковых выработок. Определяются параметры каптируемой метановоздушной смеси (МВС), расстановку оборудования контроля содержания и физических параметров МВС, оборудования управления потоками МВС автоматизированной системы контроля и управления подземной дегазационной сетью (автоматизированная система контроля шахтной дегазационной системы АСК ШДС) [8].

Процесс дегазации выемочного участка контролируется и управляется с помощью АСК ШДС (рис. 6). Контроль за параметрами МВС осуществляется с помощью разработанной специализированной станция контроля параметров дегазации (СКПД), позволяющей измерять концентрация метана CH_4 во всем диапазоне от 0 до 100% об. (установлено два датчика), концентрация оксида углерода (CO) в пределах от 0 до 200 ppm, содержание кислорода (O_2) в диапазоне от 0 до 25% об., давление МВС от 400 до 1200) мм рт.ст.; дифференциальное давление в диапазоне от 0 до 200) мм вод.ст. На осно-

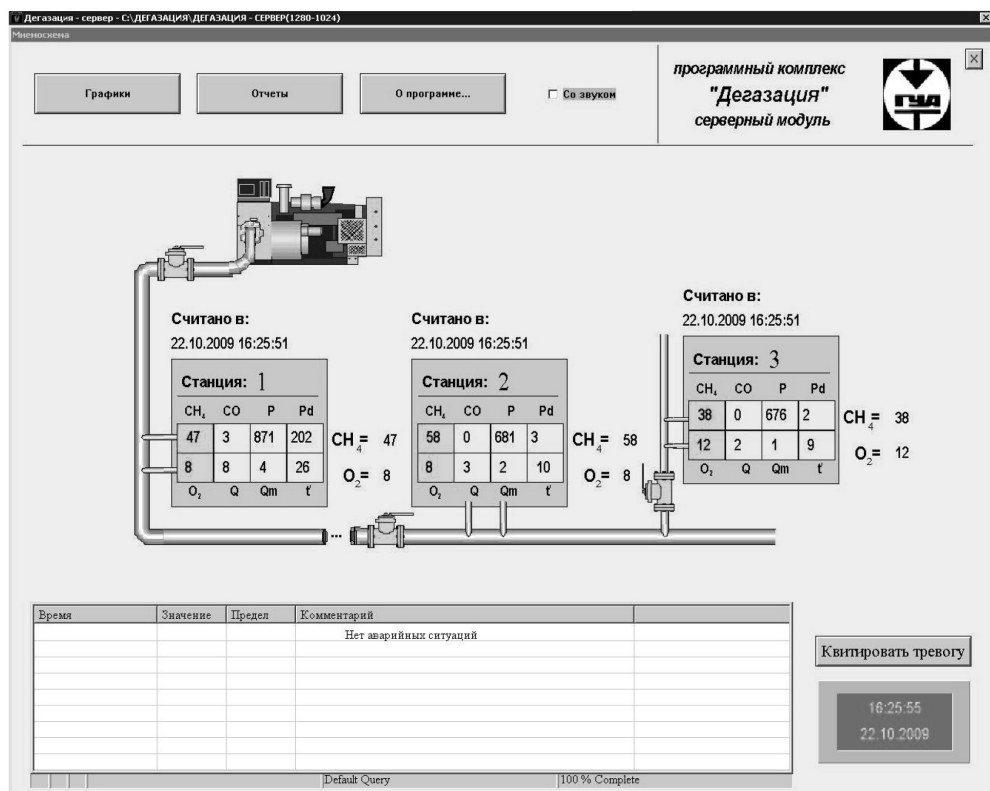


Рис. 6. Мнемосхема автоматизированной системы контроля шахтной дегазационной системы

ве полученных данных производится расчет объемного расхода МВС, проходящей через точку контроля. В автоматизированную систему управления технологических процессов шахты интегрируются подсистема контроля и управления дегазационными установками и подземной дегазационной сетью. Такое решение обеспечивает контроль и управления рассмотренной комбинированной геотехнологии очистных работ и промышленного извлечения метана. При этом используются несколько стадий, основными из которых являются – разработка про-

ектных решений, предварительная управляемая пластовая дегазация выемочного столба и сближенных пластов для обеспечения высокоинтенсивной и безопасной отработки запасов с последующей дегазацией погашенного пространства. Основными инструментами, позволяющих выполнить комплексирование технологических стадий и операций в единую геотехнологию являются информационно-аналитические системы, системы мониторинга и системы контроля и управления технологическими процессами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кубрин С.С. Теоретико-информационный анализ систем управления запасами и их от-

работкой с учетом конкурентной способности углей. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 182 с.

2. Кубрин С.С. Математические модели и методы информационно-аналитических систем. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 132 с.

3. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н., Рыльникова М.В. Комбинированная геотехнология. – М.: Руда и металлы, 2003. – 560 с.

4. <http://www.minenergo.gov.ru/activity/coalindustry/>

5. Рубан А.Д., Артемьев В.Б., Забурдаев В.С., Подображин С.Н. и др. Методические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт (РД-15-09-2006). Серия 05. Вып. 14. – М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2007. – 256 с.

6. Рубан А.Д., Забурдаев В.С., Артемьев В.Б., Подображин С.Н. и др. Инструкция по дегазации угольных шахт 2012. Серия 05. Вып. 22. – М.: ЗАО «НТЦ Исследование проблем промышленной безопасности». – 2012. – 250 с.

7. Захаров В.Н., Забурдаев В.С., Артемьев В.Б. Углепородные массивы: прогноз устойчивости, риски, безопасность. – М.: Горное дело, 2013. – 277 с.

8. Захаров В.Н., Кубрин С.С. Автоматизация процессов дегазации и утилизации метана при отработке метаноносных угольных пластов // Уголь. – 2010. – № 7. – С. 28–30. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Захаров Валерий Николаевич – доктор технических наук, профессор, директор,

Кубрин Сергей Сергеевич – доктор технических наук, профессор,

зав. лабораторией, e-mail: s_kubrin@mail.ru,

Забурдаев В.С. – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук.

UDC 622.031.56:622.817.47:622.83.35

INTEGRATION OF PROCESS STEPS AND OPERATIONS IN A SINGLE PROCESS ON THE INFORMATION TECHNOLOGIES BASIS

Zakharov V.N.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director,

Kubrin S.S.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Laboratory,

e-mail: s_kubrin@mail.ru,

Zaburdaev V.S.¹, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher,

¹ Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

The problems of integration of process steps and operations into a single high-intensity Geotechnology technologies mining of coal complex mechanized faces, industrial extraction of methane from gas seams.

Key words: integration, process steps, coal, methane degassing, control, information systems, monitoring, management, geotechnology.

REFERENCES

1. Kubrin S.S. *Teoretiko-informatsionnyi analiz sistem upravleniya zapasami i ikh otrabotkoi s uchetom konkurentnoi sposobnosti uglei* (Information-theoretic analysis of inventory management systems and perfecting given the competitive ability of coal), Moscow, Energoatomizdat, 2002, 182 p.

2. Kubrin S.S. *Matematicheskie modeli i metody informatsionno-analiticheskikh sistem* (Mathematical models and methods of information-analytical systems), Moscow, Energoatomizdat, 2002, 132 p.

3. Kaplunov D.R., Kalmykov V.N., Ryl'nikova M.V. *Kombinirovannaya geotekhnologiya* (Combined Geotechnology), Moscow, Ruda i metally, 2003, 560 p.

4. <http://www.minenergo.gov.ru/activity/coalindustry/>

5. Ruban A.D., Artem'ev V.B., Zaburdaev V.S., Podobrazhin S.N. *Metodicheskie rekomendatsii o por-yadke degazatsii ugo'nykh shakht* (RD-15-09-2006). Seriya 05. Vyp. 14 (Guidelines on the procedure for decontamination of coal mines (RD-15-09-2006). 05 Series, Vol. 14), Moscow, ОАО «НТЦ «Промышлен-ная безопасность», 2007, 256 p.

6. Ruban A.D., Zaburdaev V.S., Artem'ev V.B., Podobrazhin S.N. *Instruktsiya po degazatsii ugo'nykh shakht* 2012. Seriya 05. Vyp. 22 (Instructions degasification of coal mines, 2012. 05. Series, Vol. 22), Mos-cow, ЗАО «НТЦ Исследование проблем промышленной безопасности», 2012, 250 p.

7. Zakharov V.N., Zaburdaev V.S., Artem'ev V.B. *Ugleporodnye massivy: prognoz ustoichivosti, riski, bezopasnost'* (Coal rock mass: the forecast stability, risks, safety), Moscow, Gornoe delo, 2013, 277 p.

8. Zakharov V.N., Kubrin S.S. *Ugol'*. 2010, no 7, pp. 28–30.