

УДК 622:553.277

В.Н. Аллилуев

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ
БЕЗОПАСНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ
РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Семинар № 13

Перспективы развития подземного способа добычи руды связаны с необходимостью объединения усилий предприятий горнодобывающего комплекса на совершенствование существующих и создание новых технологий разработки месторождений [1]. Повышение конкурентоспособности металлургического комплекса требует повышения качества железорудного сырья. Высоким природным качеством отличаются богатые железные (БЖР) руды крупных глубокозалегающих месторождений КМА. Горнотехнические условия залегания БЖР определяют подземный способ разработки. Однако, освоение месторождений БЖР КМА затягивается и в первую очередь из-за несовершенства технологий подземной добычи. Особенности горно-геологических условий, недостаточная эффективность существующих технологий добычи обуславливают необходимость разработки теоретических основ создания новых и совершенствования существующих технологий подземной добычи.

В соответствии с теорией технологии подземных горных работ, в основе которой лежит методология математического описания взаимодействия двух систем искусственной и естественной, технологию освоения месторождения БЖР можно рассматривать как искусственную систему (ИС), а массив горных пород, как естественную систему (ЕС) [2, 3].

Этапы создания и совершенствования экологически безопасных систем разработки рудных месторождений с этих позиций представлены на схеме (рис. 1).

На первом этапе производится экономическое, научно-техническое, экологическое обоснование целесообразности освоения рудного месторождения с учетом природного качества руды, горно-геологических особенностей залегания рудных тел, своего рода «маркетинг» освоения месторождения БЖР, а также анализируется опыт освоения аналогичных месторождений.

На втором – осуществляется декомпозиция (анализ) существующих и приемлемых для этого месторождения схем вскрытия, способов подготовки, систем разработки, технологических процессов добычи.

На третьем – вырабатываются требования к системе разработки конкретного месторождения, группы месторождений или бассейна в целом.

На четвертом этапе разрабатывается концепция освоения месторождения полезного ископаемого.

Затем, когда ясна главная идея, подобраны основные элементы технологии, отвечающие предъявляемым и сформулированным требованиям приступают к композиции (синтезу) подобранных (адаптивных) технических и



Рис. 1. Схема создания и совершенствования систем разработки рудных месторождений

технологических решений схем вскрытия, способов подготовки, систем разработки, технологических процессов добычи.

На шестом этапе производится конструирование и описание новой технологии (технологической схемы), ее достоинства, недостатки, определяется область применения.

На седьмом – осуществляют теоретическое обоснование геомеханических параметров системы разработки путем выполнения аналитических расчетов, компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород с учетом особенностей залегания рудных месторождений (желательно на двух уровнях: в целом по месторождению и дельные расчеты отдельных участков).

На следующем восьмом этапе производится предпроектная проработка принятых технических и технологических решений, которая завершается рекомендациями для проектирования, т.е. подготовкой нормативной документации: технического задания на проектирование (ТЗ), технологического задания (ТЛЗ), технологического регламента (ТР), технологических схем (ТС).

На девятом – осуществляется проектирование, испытание, опытно-промышленная проверка и внедрение новой технологии.

На десятом этапе – производится «мониторинг» функционирования новой технологии и ее технико-экономическая оценка.

Поскольку, содержание первого, третьего и четвертого этапов изложено в ранее опубликованных работах [4,5] в качестве примера создания системы разработки для месторождений богатых

железных руд КМА остановимся более подробно лишь на нескольких из перечисленных этапов и прежде всего на наиболее трудоемком и в тоже время достаточно хорошо разработанном втором этапе – декомпозиции.

Цель декомпозиции: выявить основные элементы технологии добычи, которые следует совершенствовать либо заменить новыми из-за их недостаточной эффективности и отыскать пути разработки новой технологии освоения глубокозалегающих месторождений БЖР КМА.

Декомпозиция осуществляется делением существующих традиционных схем вскрытия, подготовки, систем разработки и технологических процессов при подземном способе отработки рудных месторождений на элементы. Для декомпозиции схем вскрытия и подготовки рудных месторождений при подземном способе, систем разработки рудных месторождений подземным способом можно использовать различные их классификации.

Для описания процесса декомпозиции технологии БЖР ограничимся исключительно качественными характеристиками подсистем, рассматривая лишь такие параметры, которые по техническим соображениям могут быть использованы при разработке месторождений БЖР.

Дальнейшая декомпозиция проводится для следующих наиболее важных подсистем с элементами, приемлемыми для месторождений БЖР:

- схема вскрытия;
- схема подготовки;
- система (технологическая схема) разработки;
- порядок отработки;
- технологические процессы добычи (очистные работы).

Декомпозицию качественных характеристик $X_1 - X_4$ отобразим на квазиупорядоченном графе $G=(X, \Gamma)$.

Обозначим X_j – схемы вскрытия рудных месторождений:

$$X_1 = \{x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1j}\}, j=1, 2, \dots, n.$$

где x_{11} – вертикальными стволами по месторождению; x_{12} – вертикальными стволами по флангу месторождения; x_{13} – вертикальными стволами по висячему боку; x_{14} – вертикальными стволами по лежащему боку; x_{15} – комбинированная схема вскрытия вертикальными стволами с переходом в слепой ствол; x_{16} – комбинированная схема вскрытия вертикальными стволами с квершлагами; x_{17} – комбинированная схема вскрытия вертикальными стволами и восстающими.

X_2 – схемы подготовки рудных месторождений:

$$X_2 = \{x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2j}\}, j=1, 2, \dots, n.$$

x_{21} – штреками во вмещающих породах лежащего бока; x_{22} – штреками во вмещающих породах висячего бока; x_{23} – штреками и ортами во вмещающих породах; x_{24} – штреками во вмещающих породах и ортами по месторождению; x_{25} – штреками и ортами по месторождению.

X_3 – системы разработки рудных месторождений:

$$X_3 = \{x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3j}\}, j=1, 2, \dots, n.$$

x_{31} – сплошная система с естественным поддержанием очистного пространства; x_{32} – то же, камерно-столбовая; x_{33} – то же, этажно-камерная; x_{34} – система разработки с искусственным поддержанием очистного пространства – с закладкой и одностадийной выемкой; x_{35} – то же, горизонтальные слои с закладкой; x_{36} – то же, наклонные слои с закладкой; x_{37} – то же, нисходящая слоевая выемка с твердеющей закладкой.

X_4 – порядок отработки выемочной панели (участка):

x_{41} – по простиранию; x_{42} – вкрест простирания; x_{43} – нисходящий; x_{44} – восходящий.

Число путей на квазиупорядоченном графе $G=(X, \Gamma)$ составит

$$|M(G)| = \prod_{i=1}^n p_i,$$

где p_i – число состояний i -той качественной переменной.

$$|M(G)| = 7 * 5 * 7 * 4 = 980.$$

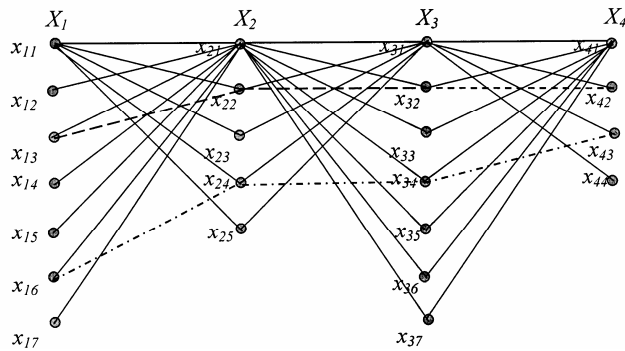


Рис. 2. Граф качественных характеристик

Пунктирной и штрих пунктирной линиями на графе показаны некоторые приемлемые элементы подземной технологии добычи БЖР (рис. 2).

Таким образом, при самом укрупненном разделении технологии на подсистемы следует проанализировать методом перебора 980 путей – технических и технологических решений. При таком количестве путей нецелесообразно иметь или создавать единую модель технологии. Поэтому можно локально моделировать отдельные подсистемы, например, очистные работы (технологические процессы), переработку и после переходить к оптимизации подсистемы первого иерархического уровня, включающей главные параметры.

Декомпозицию подсистемы очистные работы, с разбивкой на технологические процессы, можно произвести подобным образом, обозначив качественные характеристики:

X_1 – вид разрушения, дезинтеграции руды; X_2 – тип доставки руды из очистного забоя; X_3 – форма и ориентация плоскости или поверхности очистного забоя; X_4 – поддержание выработанного пространства; X_5 – порядок отработки выемочного участка; X_6 – схема водоотлива; X_7 – схема отработки;

дискретные целочисленные показатели:

Z_1 – поперечное сечение капитальных горных выработок; Z_2 – поперечное сечение подготовительных выработок; Z_3 – число действующих панелей (блоков) на шахт-

ном поле; Z_4 – число очистных забоев в панели (блоке);

непрерывные количественные параметры:

Y_1 – размер выемочной панели; Y_2 – размер очистного забоя; Y_3 – скорость подачи выемочного агрегата; Y_4 – скорость подвигания забоя; Y_5 – производительность очистного забоя; Y_6 – годовая производственная мощность рудника; Y_7 – срок службы рудника.

Анализ опыта освоения месторождений БЖР и проведенная декомпозиция показали, что при вскрытии стволы и (или) другие вскрывающие выработки проходятся ниже отметки границы рудного тела. При традиционном подземном способе вскрытия рудных залежей, распространенных по вертикали, требуется как минимум два горизонта, что увеличивает объемы горно-капитальных и горно-подготовительных работ. Осушение осуществляется по всем вскрытым этажам рудной залежи. Отбойка ведется буровзрывным способом, по всем типам руд, поскольку руды разной прочности перемежаются. Традиционная подземная технология многооперационна, что не позволяет в полной мере совмещать их. Часть из отмеченных признаков, присущих традиционному подземному способу разработки, при экспериментальном способе СГД решены иначе. Поэтому далее рассмотрим декомпозицию технологических процессов СГД.

При скважинной гидродобыче (СГД) рудная залежь вскрывается скважинами с поверхности на всю мощность. Технологические скважины оборудуются гидродобычными агрегатами, состоящими из спуско-подъемного механизма, оголовка, системы подвижной колонны труб, эрлифта. Инструментом воздействия на рудный

массив являются различного типа гидродобычные снаряды (ГДС), например, гидромониторы. Разрушение руды осуществляется гидроразмывом и различными способами воздействий на рудный массив. Рабочими агентами непосредственного воздействия на рудный массив являются подаваемые с поверхности под избыточным давлением вода и сжатый воздух. Средством доставки разрушенной и приведенной в подвижное состояние рудной массы к забою скважины являются поток воды и силы гравитации. За счет подачи на забой скважины под высоким давлением водо-воздушной смеси осуществляется приготовление рудной пульпы, которая выдается на поверхность эрлифтом. Рудная пульпа по трубопроводу поступает на пульпоприемный узел, где происходит определение ее параметров. Затем осуществляется грохочение, а на установке гидроклассификации разделение руды на фракции, после чего концентрат руды обезвоживается в рудонакопителе, а шламы с водой направляются в шламоотстойник, где вода осветляется и насосом оборотного водоснабжения вновь подается (закачивается) в скважины. Концентрат руды перегружается из рудонакопителя грейферным погрузчиком на открытый склад.

К достоинствам СГД следует отнести безлюдность очистной выемки, поточность и селективность выемки полезного ископаемого, высокий уровень и возможность комплексной механизации и автоматизации отдельных производственных процессов, экологичность. Продолжительность бурения одной технологической скважины глубиной 800 м составляет 2,5-3 месяца и в течение одного месяца осуществляется монтаж гидродобычного агрегата, технологических трубопроводов сжатого воздуха, воды и пульпопроводов. Сооружение зданий основного технологического блока проектом предусматривается в виде модулей из легких металлических конструкций, продолжительность монтажа которых составляет 1-2 месяца. Общие сроки проектирования и строительства

первой очереди промышленного предприятия составляют два года.

При этом технология СГД обладает характерными особенностями. Отработка рудных залежей ведется через скважины, служащие одновременно для вскрытия, подготовки и добычи. Процесс добычи совмещается с частичной переработкой и обогащением полезного ископаемого. Базовая технологическая схема односкважинной выемки «рыхлых самообрушающихся» богатых железных руд предполагает порядок отработки скважины снизу вверх, начиная с почвы нижнего, продуктивного горизонта. Процесс гидродобычи продолжается до прекращения поступления пульпы достаточной консистенции и определенного объема руды. После проверки состояния добычной скважины технологическая колонна труб поднимается вверх до следующего добычного горизонта (интервала).

Используемая в настоящее время нетрадиционная технология СГД обеспечивает отработку рыхлых – самообрушающихся руд. При совместной отработке РСО и руд, требующих принудительного обрушения (РПО), продуктивность скважин, в зависимости от их положения в пределах рудного массива, прогнозируется в пределах 70 тыс. т.

Скважинная гидродобыча богатых железных руд уже сейчас отличается высокой эффективностью, но находится в начале своего развития. Применение технологии СГД позволяет избежать многих отрицательных экологических последствий, характерных для традиционных способов добычи, кроме того, процесс добычи руды осуществляется без присутствия людей в подземных выработках. Вместе с тем следует отметить, что технология СГД в ближайшем будущем не станет альтернативным способом подземной добычи руды, в частности по производственной мощности предприятий.

Задача этапа композиции (синтеза) технических и технологических решений, технологических схем освоения месторо-

ждений БЖР, заключается в формировании множества оптимальные качественных и количественных переменных параметров, которые позволили бы создать новую технологию, обеспечить требуемый уровень экологической и технологической безопасности, исключающей возможные отказы и аварии.

При синтезе новых вариантов технологических схем освоения глубокозалегающих месторождений БЖР возникает необходимость выбора и разработки более совершенных, ресурсосберегающих, экологически безопасных новых технических решений. Синтезируемые варианты подземной добычи БЖР должны отвечать, сформулированным требованиям: обеспечить снижение уровня вредного влияния и защитить экосистему от нагрузок, превышающих допустимые пределы; исключить сдвигание земной поверхности и надрудной толщи, превышающее нормативные

величины, при их подработке горными работами; исключить нарушение естественного режима эксплуатируемых водоносных горизонтов; сократить объемы первоначальных инвестиций и сроки окупаемости; обеспечить снижение удельных и абсолютных объемов горно-капитальных работ (стволов, уклонов, квершлагов, штреков) по сравнению с традиционными способами добычи; повысить концентрацию горных работ и обеспечить их поточность.

В соответствии с предложенной методологией, была разработана технология разработки глубокозалегающих месторождений обводненных полезных ископаемых, которая защищена патентом РФ № 2235206. Описание новой технологии разработки глубокозалегающих месторождений обводненных богатых железных руд КМА излагается в статье публикуемой в данном сборнике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кирпиченко В.М.* Перспективы развития добычи железных руд в России. – Горная промышленность, №6, 2003, С.4-8.
2. *Рогов Е.И.* Взаимодействие технологии и условий подземной выемки угля. – М.: Недра, 1978. – 207с.
3. *Рогов Е.И., Грицко Г.И., Вылегжанин В.Н.* Математические модели адаптации процессов и подсистем угольной шахты. – Алма-Ата, Наука Каз.ССР, 1979.-240с.
4. *Аллилуев В.Н., Лейзерович С.Г.* Особенности освоения глубокозалегающих месторождений богатых железных руд КМА. - Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Материалы Первой международной конференции. Москва, 16-18 сентября 2002г. – М.: Изд-во РУДН, 2002. –348с. (с159-161)
5. *Аллилуев В.Н., Лейзерович С.Г.* Концепция освоения месторождений богатых железных руд КМА. – Образование, наука, производство и управление в XXI веке: Сб. тр. Международной научной конференции/под ред. В.Б. Крахта. – Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2004 – Т.1. – С.18-20.

Коротко об авторах

Аллилуев В.Н. – кандидат технических наук, доцент, Губкинский институт (филиал) МГОУ.