

Опыт применения результатов компьютерного моделирования месторождений Горловского угольного бассейна для стратегического и оперативного планирования

Рассмотрена актуальность применения трехмерного геологического и горного моделирования. Впервые моделирование внедрено в систему планирования угледобывающих компаний ЗАО «Сибирский Антрацит».

Ключевые слова: уголь, оптимизация горных работ, эффективность добычи, горно-геологическое моделирование.

Контактная информация — e-mail: ukaputin@mail.ru, e-mail: niks@imcgroup.ru, e-mail: Andrey.tverdov@imcgroup.ru

ЗАО «Сибирский Антрацит» — лидер российского рынка антрацита, обладающий большим опытом самостоятельного освоения месторождений Горловского каменноугольного бассейна, располагающего значительными ресурсами. Антрациты Горловского угольного бассейна имеют уникальные качественные характеристики, что позволяет их отнести к классу UHG (Ultra High Quality). Строение месторождений, обрабатываемых ЗАО «Сибирский Антрацит», отличается высокой изменчивостью конфигурации, мощности, гранулометрического состава при стабильных качественных характеристиках угольных пластов, наличием большого количества тектонических нарушений, что делает процессы достоверной оценки запасов и горного планирования весьма трудоемкими без использования современных горных информационных технологий.

В 2008–2010 гг. компания IMC Montan совместно с ЗАО «Сибирский Антрацит» успешно завершили моделирование четырех участков угольного бассейна. На основании полученных данных была проведена оптимизация стратегического календарного плана отработки участков открытым способом. Фактически, ЗАО «Сибирский Антрацит» явилось первой в России угледобывающей компанией, внедрившей эффективную систему планирования, основанную на горно-геологическом трёхмерном моделировании.

Опыт моделирования обрабатываемых участков показывает, насколько важно при планировании и ведении открытых горных работ пользоваться современными



КАПУТИН Юрий Евгеньевич
Руководитель направления оптимизации горных работ ИЕЕС, доктор техн. наук



НИКИШИЧЕВ Сергей Борисович
Директор ИЕЕС/ИМС Montan, канд. экон. наук



ТВЕРДОВ Андрей Александрович
Горный инженер ИЕЕС, канд. техн. наук

ми техническими средствами поддержки принятия решений, какими, в сущности, и являются программы моделирования и управления запасами. Надеемся, что этот опыт будет полезен другим компаниям, особенно ведущим добычу полезных ископаемых открытым способом.

Для оптимизационных и проектных расчетов использовались горные компьютерные системы Datamine (Студия 3), Surpac и NPV Scheduler 3(4). Информационные данные моделирования легко конвертируются из одной системы в другую.

Полный цикл работы по моделированию включал нескольких этапов:

- проверка корректности исходных данных и их корректировка;
- каркасное моделирование пластов и геологических поверхностей;
- блочное моделирование пластов и вмещающих пород;
- оценка минеральных ресурсов месторождений;
- обоснование конечных контуров карьеров, как в перспективе, так и в рамках действующих границ лицензий;
- оптимизация стратегических (на весь период отработки) календарных планов горных работ.

Оценка извлекаемых запасов месторождений, а также технико-экономической эффективности их отработки. Первоначальное каркасное и блочное моделирование проводилось в программе Surpac. Затем вся необходимая исходная текстовая и графическая информация была импортирована в систему Datamine и проверена на наличие ошибок. Выявленные недостатки были устранены. Оптимизация проводилась с помощью NPV Scheduler.

Каркасные модели поверхностей четвертичных отложений и тектонических разломов были выполнены с использованием информации геологических разрезов и планов. На рис. 1 в качестве примера показана модель дислокационных и дизъюнктивных тектонических нарушений одного из месторождений Горловского угольного бассейна.

Геологическая интерпретация угольных пластов выполнена на вертикальных гео-



Рис. 1. Модель тектонических нарушений одного из месторождений

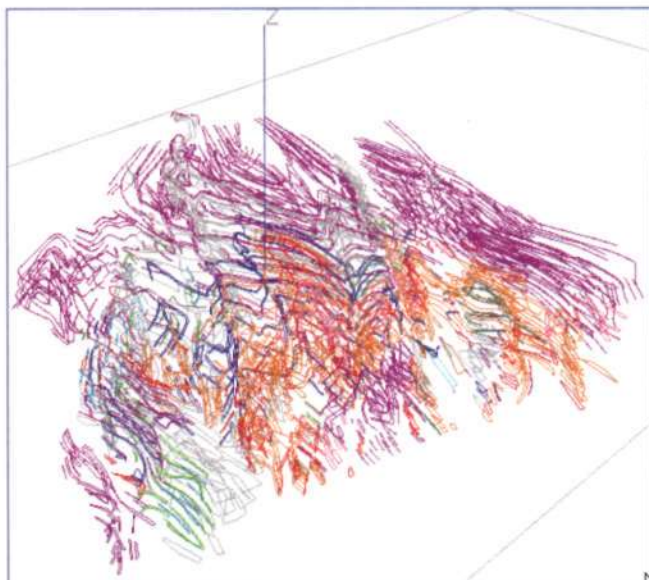


Рис. 2. Результаты геологической интерпретации пластов на горизонтальных планах через 50 м по высоте



Рис. 3. Окончательная модель пластов

логических разрезах и планах геологами ЗАО «Сибирский Антрацит» в системе SURPAC. В качестве примера на рис. 2 показаны горизонтальные контуры.

Основное каркасное моделирование пластов выполнено в системе SURPAC. При данной сложности залегания необходимо определить методические подходы к моделированию, с учетом ранее выполненных работ по геологической интерпретации данных геологоразведки. Так, экспертами был принят следующий подход при анализе и интерпретации данных:

- вертикальные контуры объединялись в каркас, если они имели одинаковый номер пласта, между ними не было разрывного нарушения, а их корреляция подтверждалась информацией из соответствующих геологических планов;

- если на планах и разрезах встречались противоречия, то приоритет отдавался вертикальным контурам.

Все каркасные модели были экспортированы в формат DATAMINE, где тщательно проверялись геологами, на корректность корреляции угольных пластов, внесения исходных данных и учета других геологических особенностей месторождений. На рис. 3 показана одна из полученных моделей.

Размер родительского блока модели выбирался с учетом следующих критериев:

- приемлемый для последующей оптимизации размер модели;

- согласованная высота добычного уступа разреза.

Были рассмотрены три варианта размера родительского блока:

1. 10x10x10 м;

2. 15x15x10 м;

3. 20x20x10 м.

Окончательно был выбран второй вариант, который давал приемлемые размеры файла модели и позволял удовлетворительно заполнять подъячейками тонкие пласты мощностью до 1,5 м. Размер блока по вертикали установлен равным средней высоте уступа — 10 м.

Интерполяция качественных параметров угля по блочной модели не производилась, поскольку весь уголь имеет стабильный качественный состав и соответствует действующим международным стандартам по калорийности, зольности, сере, фосфору и т.д., а основным контролируемым показателем является гранулометрический состав готовой продукции. Тем не менее учет в блочной модели качественных характеристик угля, в частности гранулометрического состава, может являться задачей следующего этапа, обусловленного обоснованием оптимального направления развития горных работ исходя из поддержания стабильного состава шихты, поступающей на обогащение для выполнения специфических качественных характеристик, востребованных потребителем. Пример вертикального разреза блочной модели показан на рис. 4.

Сравнение тоннажа запасов угля, оцененного по блочным моделям с запасами, подсчитанными ручным способом и утвержденным в ГКЗ, выявило увеличение запасов ориентировочно на уровне 5%.

На следующем этапе с помощью алгоритма Лерча-Гроссмана (программа NPVS) были определены предельные границы карьеров для всех участков (рис. 5).

Такие карьеры строились в двух вариантах: для всех смоделированных ресурсов угля и для запасов в пределах лицензионных границ участков.

Далее определялась оптимальная (по критерию максимум NPV) последовательность извлечения ресурсов в границах карьеров, этапы их отработки с временными нерабочими бортами и оптимальный стратегический план горных работ на весь срок отработки запасов. На рис. 6 показано вертикальное сечение одного из участков с указанием оптимальных границ отработки по периодам планирования.

Детальное проектирование предельных разрезов (для лицензионных запасов) производилось в системе Datamine (Студия 3).

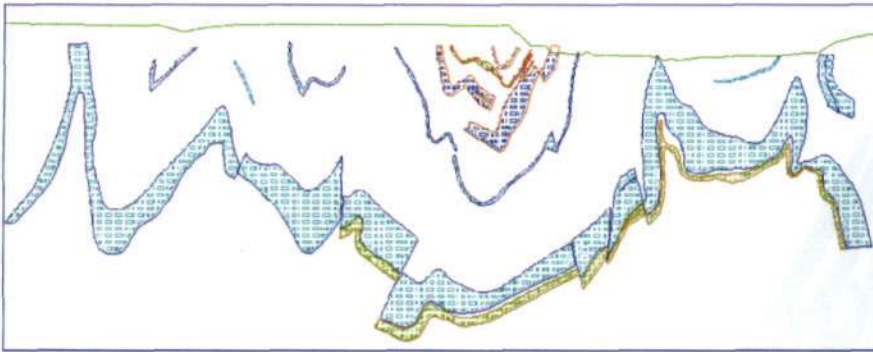


Рис. 4. Пример одного из вертикальных разрезов блочной модели

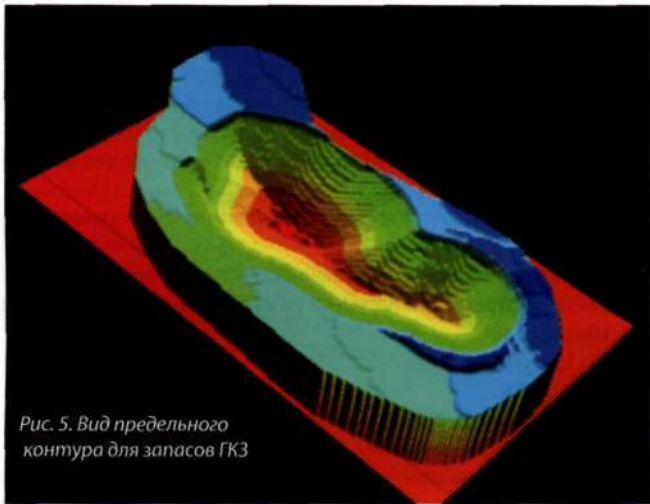


Рис. 5. Вид предельного контура для запасов ГКЗ

Выполненная работа носила многоитерационный характер, каждая новая итерация позволяла учесть максимальное количество исходных факторов. В качестве входных данных для моделирования использовались комплексные показатели горного, геологического, а также экономического характера, в том числе:

- оптимальная механизация горных работ, обуславливающая достижимые темпы по углубке горных работ и скорости продвижения фронтов карьера;
- геомеханические особенности прибортового массива (устойчивые параметры карьерных откосов дифференцированно по глубине отработки и площади карьерного поля);
- рациональное наращивание производственной мощности с учетом развития поверхностной инфраструктуры, горнотехнических особенностей месторождения и условий лицензионных соглашений;
- оптимальные направления развития горных работ с точки зрения обеспечения стабильности качества минерального сырья;

- операционные затраты, учитывающие весь цикл горных работ (вскрышные работы, добычные работы, БВР, транспорт и т.д.);
- изменение транспортных расходов при углубке карьеров;
- затраты на переработку минерального сырья (грохочение и тяжёлосредное обогащение);
- показатели качества рядового угля и товарной продукции, а также выход товарной продукции и маркетинговые ограничения (стоимость товарной продукции, а также ёмкости рынков).

Капитальные затраты распределялись по этапам развития горных работ экспертно, на основе оценки инвестиционной составляющей в развитие поверхностной инфраструктуры и приобретение горной техники.

Вышеперечисленное является далеко не полным спектром факторов, подлежавших учету при моделировании. Фактически работа представляла трудоемкий процесс, в котором программный продукт был инструментом в руках геолога, горного инженера и горного экономиста. Каждая новая итерация позволяла приблизить конечный результат моделирования к наиболее оптимальному, как с экономической, так и с технологической точки зрения. Один из спроектированных карьеров показан на рис. 7.

Полученные результаты позволяют предприятию создать систему компьютерного планирования отработки всех разрезов, за счет чего существенно возрастает достоверность информации, технологическая дисциплина, эффективность инженерных решений по устранению появляющихся проблем, а также оперативность корректировки производственных планов.

Необходимо отметить, что результаты компьютерного моделирования целесообразно применять и при оперативном планировании. Применение оптимизации с учетом корректировки данных по результатам фактического состояния горных работ и с учётом данных эксплуатационной разведки позволяет сохранять минимальное отклонение от наиболее эффективного плана работы.

Руководитель департамента операционной деятельности ЗАО «Сибирский Антрацит» — Анастасия Владимировна Попрыгаева также отмечает, что данный подход всецело разделяет руководство Компании, которое одной из задач видит внедрение дополнительных программных модулей, позволяющих эффективно планировать не только горно-геологическую, но и финансовую составляющую производства. По ее словам, несмотря на весьма трудоемкий процесс внедрения, вызванный в основном сложностью геологического строения месторождений, предприятие уже получило первые положительные результаты от внедрения, а именно:

- объективная оценка ресурсной базы месторождений, с возможностью оперативного пополнения информации;

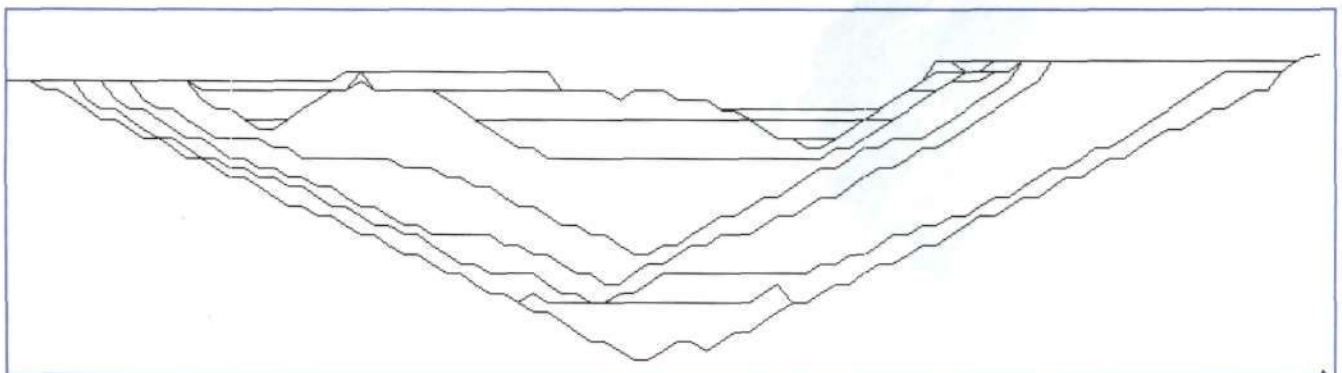


Рис. 6. Вертикальное сечение (Запад-Восток), проведенное через центральную точку на плане

