

УДК 622:519.87:519.254

В.М. Шек, А.Г. Литвинов, Ю.Ф Руденко

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС

Рассмотрены возможности использования компьютерных геологических моделей месторождений, создаваемых с применением программного комплекса «Гео+», для проектирования технологий отработки этих месторождений.

Ключевые слова: высокие технологии, месторождение полезных ископаемых, компьютерное моделирование, геоинформационные системы.

Ранее [1-3] были рассмотрены методы построения дискретных компьютерных моделей месторождений полезных ископаемых на основе регулярных систем дискритов. В используемых нами моделях дискрит – это шестигранная призма с основаниями, являющимися частями поверхностей кровли и почвы описываемого слоя или пласта горных пород. Размеры дискритов в зависимости от свойств конкретного месторождения принимаются так, чтобы считать заключенное в каждом из них количество вещества изотропным (однородным). Применение объектно-ориентированной методологии и ГИС-технологий позволило разработать методы создания компактных дискретных компьютерных геологических моделей месторождений полезных ископаемых, в первую очередь стратиформных.

Большая часть этих методов была реализована в программном комплексе «Недра», опытная проверка которого была осуществлена на шахтах и разрезах ОАО СУЭК. Дальнейшее развитие методов моделирования и ГИС-технологий привело к созданию комплекса геолого-маркшейдерских программ «Гео+», также имеющего свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ

№2008614603 от 24 сентября 2008 г. Основным отличительным признаком этого комплекса является наличие средств автоматизации оконтуривания слоев (пластов) и стратиграфической их взаимоувязки в пространстве геологической модели.

Комплекс программ «ГеоПлюс» предназначен для использования в геологоразведочных, проектных организациях, на горнодобывающих предприятиях по открытой и подземной добыче полезных ископаемых. Основное назначение комплекса программ – создание и использование компьютерной модели месторождения полезных ископаемых (и системы горных выработок предприятия по его разработке) в рамках автоматизированных систем геолого-маркшейдерского обеспечения создания проектов и ТЭО разработки месторождений твердых полезных ископаемых, ведения горных (геологоразведочных) работ, добычи углеметана. При расширении функций системы возможно использование комплекса программ «ГеоПлюс» при разведке и разработке месторождений жидких и газообразных полезных ископаемых, проектировании и обеспечении работы предприятий со скважинными технологиями добычи твердых полезных ископаемых.

Используемые методы построения дискретной компьютерной модели месторождения позволяют установить пространственное положение и осуществить количественное и качественное описание всех геологических единиц (свиты, пласты, слои и прослои как полезных ископаемых, так и вмещающих пород) толщи горных пород от нижнего подсеченного разведочными скважинами пласта до дневной поверхности.

Программный комплекс «Гео+» прошел экспертную проверку в ФГУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых». В решении экспертно-технического совета ФГУ «ГКЗ» указано, что «программный комплекс представляет несомненный интерес для решения ряда горно-геологических задач и может быть использован для геологического моделирования, разработки проектных решений и обоснования оптимальных параметров кондиций на стадиях составления ТЭО кондиций, подсчета запасов угольных (а в дальнейшем и иных стратиформных) месторождений полезных ископаемых» и «для повышения эффективности работы программного комплекса рекомендуется его опытное использование на горном производстве при составлении отчетов с подсчетом запасов и представлением соответствующей отчетной документации о результатах внедрения комплекса».

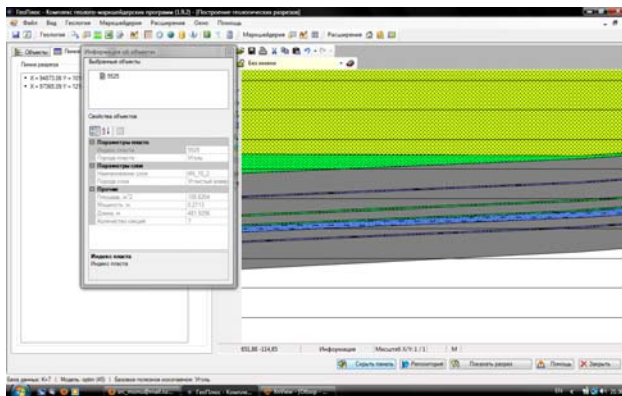
Последним объектом моделирования с применением «Гео+» был совмещенный участок полей шахт «Котинская» и №7 ОАО СУЭК в Ерунаковском районе Кузбасса. Построена геологическая модель толщи горных пород от пласта 149 до дневной поверхности с детальным описанием угольных пластов по размещению в пространстве участка с определением количественных характеристик в каждом дискрете. На рис. 1, а–д приве-

дены характерные фрагменты стратиграфических разрезов основных рабочих пластов шахт.

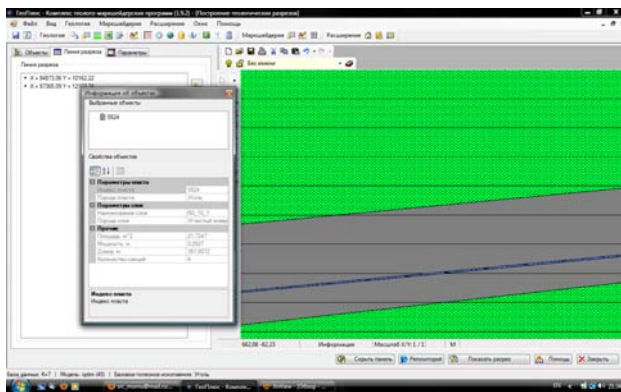
Обе шахты в настоящее время отработывают мощный пласт 152, имеющий простое строение и невысокую зольность, по технологии «шахта – лава» с помощью современных высокопроизводительных комплексов (системы с полным обрушением). Далее запланирована отработка мощного пласта 150, имеющего меньшую на четверть среднюю мощность и более высокую зольность, с помощью тех же системы и технологии. Три остальных пласта имеют сложное строение и повышенную зольность, что ухудшает условия их отработки и в случае использования привычной технологии требует применения процессов обогащения для повышения товарной привлекательности угля. При этом вся добываемая вместе с углем породная масса должна будет выдаваться на поверхность и отделяться от угля на обогатительной фабрике, которую необходимо будет построить. Это большие затраты времени и ресурсов, а также отведение дополнительного участка под сооружения фабрики и отвал породы (хвостохранилище).

Можно спроектировать альтернативный вариант отработки этих пластов с применением имеющейся компьютерной модели участка месторождения, которая позволяет «как рентгеном просканировать» нужные для исследования объекты и произвести необходимые расчеты. В первую очередь следует рассмотреть наиболее привлекательный для отработки пласт 158 мощностью до 6 м, а затем приспособить разработанное проектное решение для оставшихся пластов.

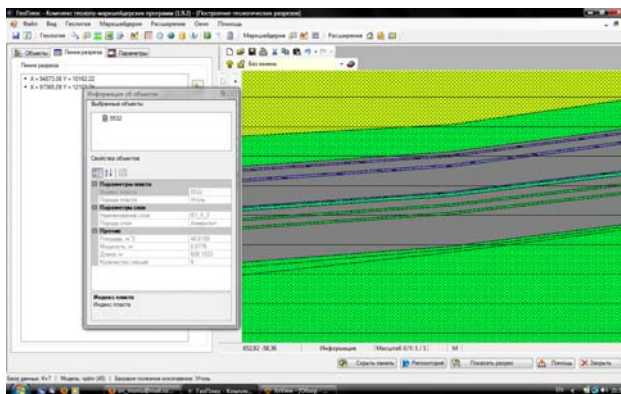
Общая идея проектируемого варианта – не выдавать отбываемую при добыче породу, а отделять её непосредственно в горных выработках добычного



а



б



в

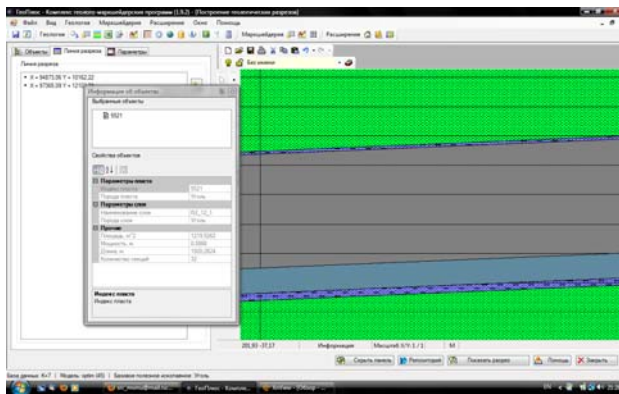
Рис. 1. Стратиграфические разрезы угольных пластов: а) 149; б) 150; в) 151; г) 152; д) 158

участка и использовать для частичной закладки выработанного пространства. Такой вариант имеет ощутимую выгоду как по критериям экономическим, так и критериям безопасности и экологии. Но, осуществим ли он?

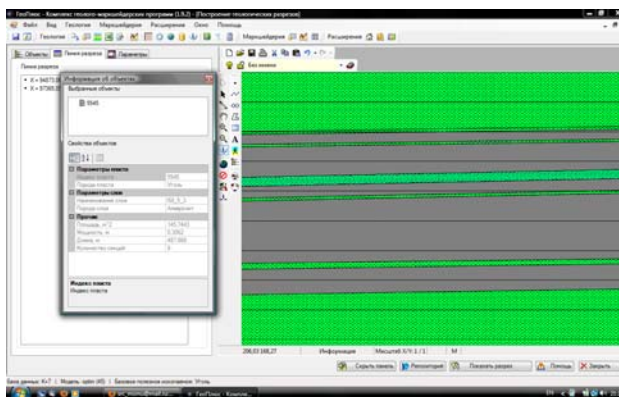
Компьютерное моделирование возможных состояний элементов горной системы «месторождение – предприятие» и технологических ситуаций позволяет досконально рассмотреть большинство интересующих проектировщика вопросов и дать многокритериальную количественную оценку всем технологическим решениям, составляющим тот или иной проектный вариант функционирования системы.

Системный анализ предполагает использование при проектировании «метода погружения» (от общего – к частному) с дальнейшим «всплытием» (прописыванием взаимных связей между элементами (подсистемами) и нахождением характеристик функциональных систем и большой системы в целом.

Модуль «Подсчет запасов» комплекса «Гео+» позволяет определить объемы, массу и качественные характеристики выделен-



Г



Д

ных для исследования элементов геологической среды. Так, в автоматизированном созданном с использованием метода ближайшего района контуре пласта 158 (рис. 2) стратифицировано 7 угольных слоев, 9 породных прослоев и 5 углесодержащих прослоев непосредственной кровли пласта. На рисунке выделен полигон основного угольного слоя 158_12_1 (темносерый), на который наложены полигоны второго прослоя алевролита 158_5_2 (зеленый) и фрагменты первого прослоя песчаника 158_6_1 (желтый).

Программа позволяет исследовать размещение и параметры элементов не только любого смоделированного пласта (слоя) полезного ископаемого,

но и пластов (слоев) вмещающих пород. На рис. 3 представлены планы ближайших к пласту 158 пластов алевролита 158_5_1 и песчаника 158_6_1 основной кровли. Пустые (белые) полигоны (зоны) внутри контуров пластов свидетельствуют, скорее всего, о неоднородности стратиграфического описания горных пород в группах разведочных скважин, пробуренных разными геологическими партиями в различные периоды времени.

Результаты работы модуля «Подсчет запасов» приведены на рисунке 4. Угольные слои составляют 77% массы пласта 158, зольность их мала – от 6% до 8%. Породные прослои содержат от 10% до 40% угольной массы, интегральная средняя зольность пласта – 23%.

Как уже было сказано выше, снижения зольности товарной угольной массы можно достичь за счет использования контрастности объемных весов угля и вмещающих (включенных пропластками) пород (процессы обогащения) либо характеристик сопротивления разрушению (процессы дробления), приведенных в таблице.

Следует отметить, что в первом случае контрастность параметров – 2,6, а во втором – от 1,8 до 34. Правильный подбор параметров процессов дробления позволит уверенно сепарировать большую часть пустой породы от угля за счет существенной разницы крупности кусков выходных продуктов. Кроме того, дробление (измельчение) – это неизбежный стадийный

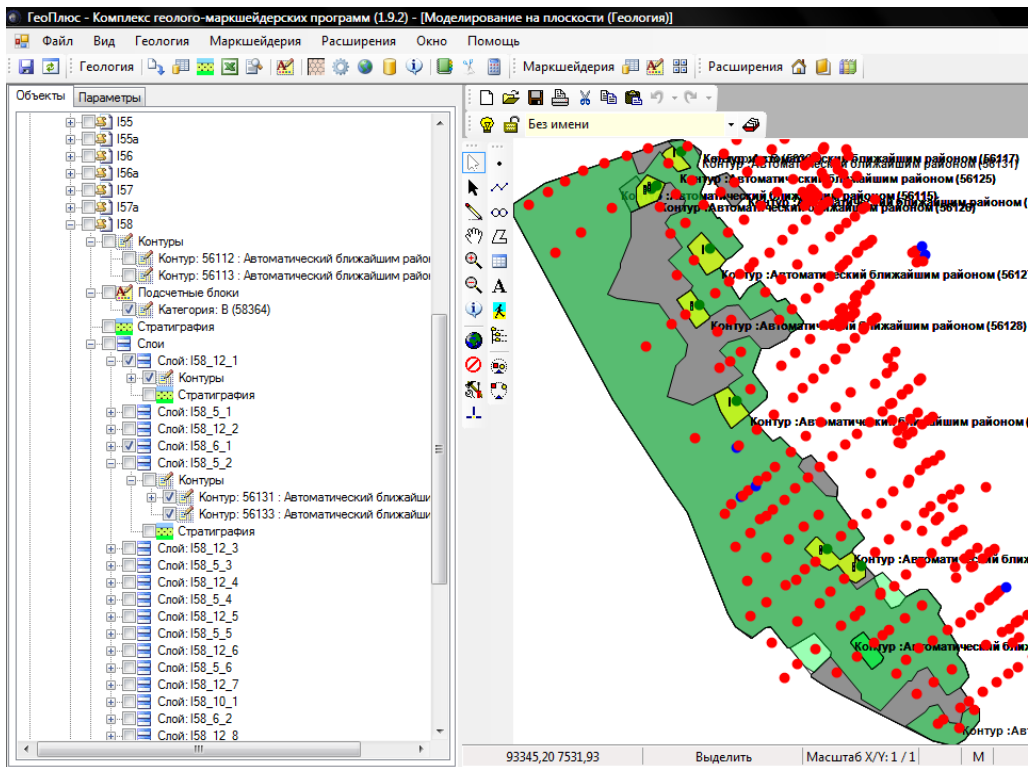


Рис. 2. Пространственное размещение слоев и прослоев угольного пласта 158

технологический процесс при выемке и выдаче угля из горных выработок (как при подземных, так и при открытых системах отработки), а вот дополнительных процессов обогащения (флотация, тяжелые среды, пневмообогащение и др.) можно избежать. И еще многократная экономия энергии за счет избежания сверхизмельчения в забоях угля и включенной в отбиваемую горную массу породы современными высокопроизводительными комбайнами.

В свете сказанного проведенный с помощью моделирования анализ геологических параметров пласта 158 показал, что его слоистая структура предполагает использование методов селективной выемки. Высокая зольность пласта (23%) делает необходимым использование технологических

средств для снижения её до уровня 9 – 13%. Проектируемые технологии должны улучшить фракционный состав отгружаемой продукции, уменьшить удельный расход ресурсов, повысить безопасность горных работ и снизить негативную экологическую нагрузку на окружающую среду.

Системный анализ позволяет использовать совокупность сопряженных технологических средств, позволяющих получить максимальный аддитивный эффект от применения проектируемой системы технологических процессов. Первая фаза процессов дробления (в очистном забое) предполагает использование угольного комбайна с исполнительными органами, разрушающими пласт в основном не резанием, а скалыванием. Для пласта 158 с нижними слоями угля боль-

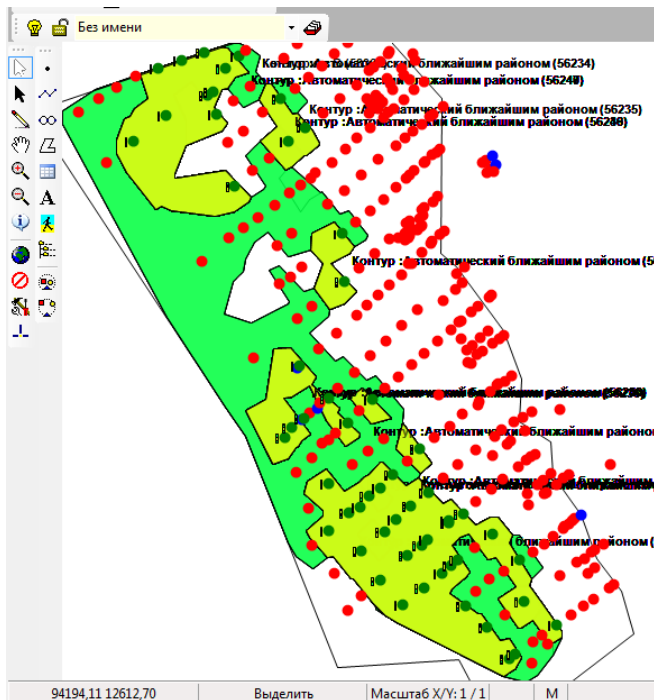


Рис. 3. Пространственное положение пластов 158_5_1 и 158_6_1 пород основной кровли пласта 158

Секции крепи при этом не перемешаются; верхняя часть угольного пласта разгружается снизу, здесь начинаются дизъюнктивные процессы.

При втором (обратном) проходе передний исполнительный орган скалывает верхнюю часть пласта, козырьки секций перемешаются и перекрывают обнажающуюся кровлю пласта, препятствуя обрушению кусков породы непосредственной кровли в рабочее пространство очистного забоя. Эадний исполнительный орган перемешает обрушенную угольную массу на забойный конвейер с а первичным дроблением крупных кусков. Следом проводится подвижка секций крепи.

Отбиваемая горная масса с забойного конвейера поступает в конвейерном штреке на питатель, а оттуда - в селективную барабанную дробилку 1, которая дробит её с получением кусков угля класса -80 мм. Особо крупные куски породы перемешаются вверх вала с зубками вдоль оси дробилки к разгрузочному окну в торце её приемного бункера и выгружаются на верхнюю поверхность скребкового конвейера – грохота. Надрешеточный продукт (крупные куски породы) перемешается в бункер дробилки 2 складочного комплекса, мелкие фракции просыпаются на среднюю ветвь конвейера – грохота. Раздробленная горная масса (и мелочь без дробления) выгружается из дробилки на среднюю

шой мощности рационально осуществлять селективную отработку каждой заходки в два прохода комбайна. Первый проход проводится с разрушением передним исполнительным органом комбайн слоя угля (158_12_2) в нижней части пласта, что позволяет уменьшить энергозатраты на резание и подачу комбайна вперед. Повышению эффекта способствует увеличение крупности отбиваемых кусков за счет соответствующего расположения скалывающих зубков на шнеках и подбор оптимальной частоты их вращения. Второй исполнительный орган будет при этом разрушать нижнюю часть пласта до его почвы, срезая нижний слой угля и породные пропластки небольшой мощности. Направление вращения шнека должно позволять зубкам осуществлять скалывание слоистой массы снизу вверх на обнаженную поверхность, что также позволит увеличить размеры отбиваемых кусков и снизить энергозатраты.

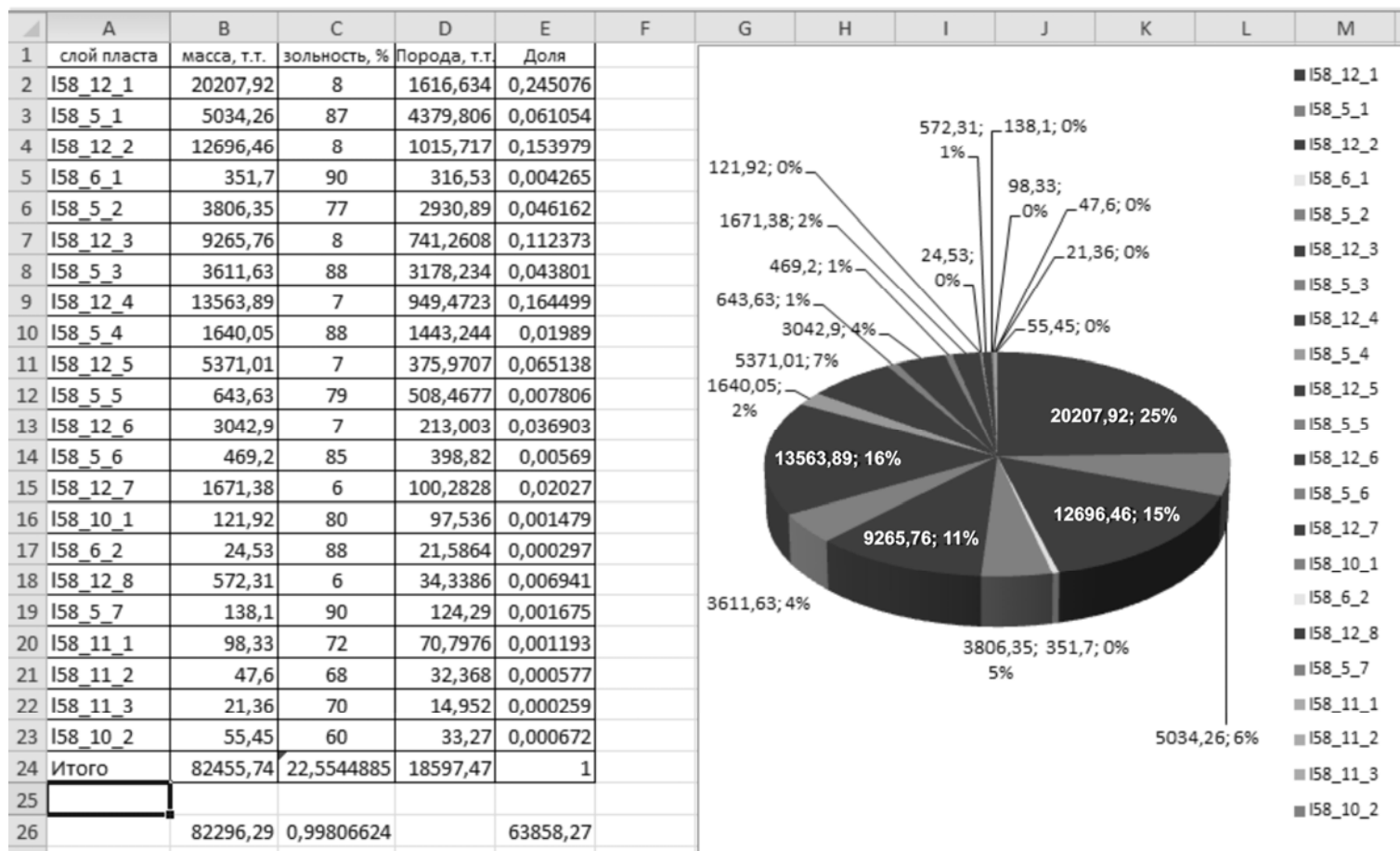


Рис. 4. Результаты расчета параметров слоев угля

Физико-механические свойства горных пород

Показатель	Алевролит мелкозернистый	Алевролит крупнозернистый	Песчаник	Углистые породы	Уголь
Временное сопротивление сжатию, МН/м ²	35.5	47.4	57.4	-	19.9
Временное сопротивление растяжению, МН/м ²	41.5	40.9	57.8	-	1.7
Объёмный вес, т/м ³	2.57	2.56	2.56	2.39	0.98

ветвь конвейера – грохота, причем выходящие куски породы, как правило, крупнее кусков угля и имеют лещадную форму. Подавляющее большинство их перемещается скребками по решетчатой поверхности средней ветви конвейера – грохота и выгружается в тот же бункер дробилки 2. Уголь и небольшая часть породы мелких фракций просыпается на нижнюю ветвь конвейера – грохота и перемещается на ленточный питатель, а далее – ставом магистральных конвейеров выдается на поверхность.

Для осуществления частичной закладки выработанного пространства в состав комплекса механизированной крепи включаются в нижней части очистного забоя (над конвейерным штреком), например, закладочные механизированные крепи для отработки залежей угля/солей фирмы FAZOS с применением сухой, гидро- или пневмозакладки. В нашем случае предпочтительно использование пневмозакладки. Дробленая порода из дробилки 2 поступает в закладочную машину, далее по системе трубопроводов через закладочные устройства крепи в выработанное пространство. При улавливании 70-75% породы, отбиваемой в очистном забое, и его длине 160 – 180 м возводится бутовая полоса над конвейерным штреком шириной 25 – 30 метров. Причем для лучшего заполнения освобождаемого пространства и обеспечения поддержания [4,5] конвейерного штрека позади очистного забоя в закладочную

массу добавляются вспененные полимеры. Это также обеспечивает лучшую герметизацию выработанного пространства со стороны подбученного конвейерного штрека, устраняет прососы воздуха через это пространство и тем самым максимально снижает пожароопасность последнего. Степень заполнения выработанного пространства по высоте постепенно уменьшается по мере отступления от конвейерного штрека, примерно по логарифмической зависимости.

Схема проветривания лавы с отработкой её обратным ходом – Н-образная, с нисходящим проветриванием очистного забоя. Свежий воздух подается по вентиляционному и, частично, конвейерному штрекам. Исходящая струя выдается по подбученному конвейерному штреку и, частично, через сбойку и вентиляционный штрек нижележащей лавы. При средней метанообильности пласта (6 – 8 м³/т) и сечении штреков до 26 м² есть возможность безопасного выноса всего количества выделяющегося в забое и из перемещаемого конвейерами угля метана в главные воздухопроводящие выработки. Дополнительно можно проводить дегазацию выработанного пространства скважинами с поверхности, используя в качестве коллектора погашаемую часть вентиляционного штрека. Можно для этого использовать вторично дегазационные скважины, по которым отбирался газ из выработанного пространства лав пласта 152.

Крепление лавных штреков и сбоек – анкерное с уточнением паспортов крепления отдельных участков по геологической модели. Она также может использоваться для расчета системы крепления наклонных выработок. Геологические паспорта проходки выработок также составляются с использованием компьютерного моделирования. Следует еще раз повторить, что программный комплекс позволяет рассчитать все объемы перемещения полезного ископаемого и пород в пространстве и во времени.

Этим примером мы хотели показать широкие возможности созданной ГИС при ведении геологических и горных работ, составлении ТЭО и выполнении проектных работ. Система постоянно расширяет свои функции, повышается степень автоматизации и быстродействие её модулей. Имеется возможность онлайновой связи пользователей программного комплекса с разработчиками системы, которая необходима для ускорения её развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шек В.М. Создание комплекса геолого-маркшейдерских программ. Уголь, 2009, №1, с. 51-54.
2. Шек В.М., Минеев А.Г. Метод построения геологических разрезов осадочных месторождений на основе блочной регулярной модели. М.: ГИАБ, 2008, ОВ 11 «Информатизация и управление-2», с. 310-314.
3. Шек В.М., Дранишников П.С., Литвинов А.Г., Руденко Ю.Ф. Моделирование сплошной среды. М.: ГИАБ, 2009, ОВ 2 «Информатизация и управление», с. 409-420.
4. Открытие №400 СССР. Явление зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок. /Е.И. Шемякин, М.В. Курленя, В.Н. Опарин, В.Н. Рева, Ф.П. Глушихин, М.А. Розенбаум. – Оpubл. В БИ, 1992, №1.
5. Кайдо И.И. Особенности сохранения и формирования подготовительных выработок на границе с выработанным пространством при зональной дезинтеграции массива. М.: ГИАБ, 2010, №3, с. 66-70. ГИАБ

Коротко об авторах

Шек В.М. – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы управления», Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru
Литвинов А.Г. – руководитель проектов ООО «Геоинфосистем»,
Руденко Ю.Ф. – технический директор ОАО СУЭК, E-mail: office@suek.ru

