УДК 622.831.325

А.Н.ШАБАРОВ, *д-р техн. наук, директор Научного центра – проректор, Shabarov_an@spmi.ru*
В.В.ЗУБКОВ, *д-р техн. наук, главный научный сотрудник, zubkov_vv@spmi.ru*
Н.В.КРОТОВ, *канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, krotov_nv @spmi.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
А.А.ПОДОСЕНОВ, *канд. техн. наук, главный инженер проектов, podosenov@spbgipro.ru*
Н.А.МАРШАК, *главный геолог, marshak@spbgipro.ru*
СПб-Гипрошахт, Санкт-Петербург

A.N.SHABAROV, *Dr. in eng. sc., director of Research Center – prorector, Shabarov_an@spmi.ru*
V.V.ZUBKOV, *Dr. in eng. sc., chief research, zubkov_vv@spmi.ru*
N.V.KROTOV, *PhD in eng. sc., leading research assistant, krotov_nv@spmi.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg
A.A.PODOSENOV, *PhD in eng. sc., chief engineering manager, podosenov@spbgipro.ru*
N.A.MARSHAK, *chief geologist, marshak@spbgipro.ru*
SPb-Giproshaht, Saint-Petersburg

ВЫБОР ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОСВОЕНИЮ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С УЧЕТОМ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ И ГЕОМЕТРИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ЗОН

Приводятся сведения об использовании информации о блочной структуре, геодинамическом и геомеханическом состоянии массива горных пород при проектировании разработки пластов угольных месторождений. Рекомендовано проводить геодинамическое районирование и учитывать результаты исследований в процессе проектирования горных работ на разных этапах освоения месторождения с выделением трех масштабных уровней.

***Ключевые слова*:** проектирование, геодинамическое районирование, опасные зоны, мероприятия.

CHOICE OF DESIGN DECISIONS ON DEVELOPMENT OF FIELDS TAKING INTO ACCOUNT RESULTS OF GEODYNAMIC DIVISION INTO DISTRICTS AND GEOMETRIZATIONS OF DANGEROUS ZONES

Data on use of information on block structure, geodynamic and geomechanical condition of the massif of rocks are given in article at design of development of layers of coal fields. It is recommended to carry out geodynamic division into districts and to consider results of researches in the course of design of mountain works at different stages of development of a field with allocation of three large-scale levels.

***Key words*:** design, geodynamic division into districts, dangerous zones, actions

Стадии освоения угольных месторождений сопровождаются различными этапами проектирования горных работ. Необходимые для информационного обеспечения проектов материалы получают по результатам инженерно-геологических исследований на стадиях разведки месторождения и доразведки на намечаемых к разработке шахт-

ных полях. Достоверная характеристика геологического строения, геодинамических, гидрологических, газоносных и других природных условий залегания пластов на месторождении в объеме, обеспечивающем обоснование оптимальных проектных решений по вскрытию, подготовке и добыче углей, является актуальной задачей и способствует эффективности и безопасности горных работ. Вся информация для проектирования должна предоставляться с учетом требований, содержащихся в соответствующих нормативных документах. Например, на стадии технико-экономического обоснования кондиций в контурах балансовых запасов анализируются возможность и целесообразность отработки отдельных пластов или их значительных по площади и запасам участков с особо сложными горно-геологическими условиями разработки. При этом тектоническая нарушенность пластов и сложное геодинамическое состояние участков недр сдерживают, а зачастую не позволяют предусматривать прогрессивные системы разработки.

Научными исследованиями по изучению геодинамического и геомеханического состояния участков недр установлено, что массив горных пород разбит на разномасштабные, вложенные друг в друга структурные блоки. Следовательно, природные поля напряжений в углепородных массивах распределяются неравномерно с формированием локальных тектонически напряженных зон (ТНЗ) и геодинамически опасных зон (ГОЗ). Их геометрические размеры, пространственная ориентировка границ, активность и внутренняя напряженность не являются постоянными характеристиками и периодически изменяются по причине природных явлений и техногенных воздействий. На параметры ГОЗ также оказывают влияние локальные тектонические процессы в сейсмоактивных угледобывающих регионах и процессы, сопровождающие горные работы (выемка угля, вскрышные работы, посадки кровли, массовые взрывы, откачка воды и т.п.).

Многолетний опыт работы угольных шахт России показывает, что большинство неблагоприятных ситуаций при ведении горных работ связано с недоучетом этих факторов. Поэтому на начальной стадии проектирования (ТЭО кондиций, ТЭО инвестиций, ТЭО строительства и т.п.) разработки запасов на отдельных участках месторождения должны быть подготовлены достоверные данные о блоковой структуре массива горных пород, условиях залегания угольных пластов, горном и газовом давлении в пластах, удароопасности, исходных и прогнозных геодинамических и геомеханических характеристиках как по состоянию до ведения горных работ, так и в процессе проведения выработок. Использование этих данных позволяет проектировать системы обеспечения геодинамической безопасности, начиная с уровня всего месторождения на стадии его раскройки на шахтные поля и выемочные блоки, выбора порядка отработки сближенных пластов и до уровня планирования горных работ на выемочном участке и составления паспорта проведения и крепления горных выработок. От того, насколько точны исходные данные о структуре углепородного массива, зависит степень соответствия разрабатываемых геолого-структурных 3-мерных моделей угольных пластов реальным условиям их залегания, точность оценки уровня напряжений в массиве горных пород при различных вариантах разработки пластов, возможность правильной идентификация опасных зон и проведения мониторинга геомеханического состояния, а также своевременность применения профилактических мероприятий регионального и локального уровня.

Методической основой управления геодинамической безопасностью при разработке угольных месторождений является метод геодинамического районирования недр. На начальной стадии раскройки месторождения на шахтные поля и выемочные блоки метод позволяет подготовить исходную информацию о структурных и геодинамических особенностях недр всего месторождения и его отдельных участков. Информация отбирается из блочной геолого-структурной и геодинамической модели месторождения с выделенными тектонически напряженными зонами и геодинамически опасными зонами.

Тектонически напряженные зоны, главным образом, приурочены к разрывам блочного горного массива; их потенциальная опасность определяется неотектонической активностью, морфологией и строением сместителя разрыва, а также направлением деформации пород при смещении крыльев. Существуют два основных типа ТНЗ, связанных с разрывами, различающихся по геологическим признакам и естественному напряженному состоянию. ТНЗ I типа характеризуется малым количеством приразрывных трещин и высоким уровнем тектонических напряжений, ТНЗ II типа отделены от сместителя нарушенным и разгруженным участком и уровень напряжений в них существенно меньш, чем в ТНЗ I типа.

Формирование ГОЗ в блочном массиве горных пород определяется совместным воздействием тектонического, зависящего от естественного напряженного состояния локальной ТНЗ и самого блока, и техногенных полей напряжении. При ведении горных работ в ТНЗ 1 типа формируются ГОЗ с высоким опорным давлением в краевой части пласта, в напряженных блоках геодинамическая опасность возникает уже на стадии подготовительных работ, а при ведении очистных работ может проявляться в форме не только горных, но и горно-тектонических ударов. В менее напряженных блоках опасность геодинамических явлений проявляется на стадии очистных работ. При ведении горных работ в ТНЗ II типа значимая геодинамическая опасность возникает только в напряженных блоках при значительных площадях выработанного пространства на некотором удалении от разрывного нарушения и проявляется в основном в виде стреляний, толчков, микроударов, реже горных ударов.

Границы выемочных блоков устанавливаются у крупных, непереходимых горными работами разрывных структур, у которых оставляют барьерные (межблоковые) целики. Порядок и последовательность выемки запасов по всем сближенным пластам в блоках моделируется с визуализацией пространственных процессов с целью получения информации о качественном состоянии напряженно-деформированного состояния (НДС), а также о динамике развития опасных ситуаций на разных участках всего месторождения, особенно в целиках у геологических разрывов и в ГОЗ. Аппарат пространственного анализа используется для моделирования сценариев регионального формирования и движения границ горных работ, оценки вероятности и риск-анализа реализации опасных геодинамических процессов на установленных ГОЗ. По результатам моделирования и риск-анализа геодинамических явлений устанавливаются сопредельные выемочные участки с более однородным геодинамическим состоянием. С учетом этого фактора эти участки объединяются в выемочные блоки.

Рациональная раскройка выемочного блока на выемочные поля (выемочные столбы) заключается в том, чтобы оптимизировать количество очистных и подготовительных забоев, работающих в сложных горно-геодинамических условиях, и полноту извлечения запасов. При проектировании безопасной отработки всех запасов месторождения не упускается из виду взаимовлияние отработки смежных выемочных блоков, состояние междублоковых целиков.

Для учета результатов геодинамического районирования в процессе проектирования горных работ на разных этапах освоения месторождения целесообразно выделение трех масштабных уровней исследований (см. рисунок):

• региональный (I уровень) – в пределах всего месторождения;

• шахтный (II уровень) – в границах шахтных полей или блоков;

• локальный (III уровень) – в границах выемочных участков.

Региональный уровень обеспечения геодинамической безопасности отработки месторождения рассматривается на стадии разработки технико-экономического обоснования с учетом перспективных схем планирования развития горных работ при варианте полной отработки балансовых запасов месторождения. На этой стадии обосновываются концептуальные решения по раскройке участка месторождения на выемочные блоки, выбор схем вскрытия и трасс



Уровни проектирования мероприятий по обеспечению геодинамической безопасности

проведения основных капитальных выработок (полевых и пластовых), способов их охраны, порядок и календарный план выемки запасов в выемочных блоках, исходя из требований экономической целесообразности и геодинамической безопасности.

Вопросы применения профилактических мероприятий по обеспечению геодинамической безопасности II уровня рассматриваются на стадии разработки рабочих проектов. При этом используются рекомендации по безопасному развитию горных работ в границах шахтных полей (выемочных блоков) для условий конкретных технологических решений по способам вскрытия, подготовке и календарному плану отработки запасов в выемочных блоках. На этом уровне рассматриваются региональные схемы управления горным и газовым давлением в углепородном массиве. Принимаются решения по порядку отработки угольных пластов в свите и оптимальному опережению границ горных выработок во времени и пространстве, по применению дополнительных мероприятий по региональной дегазации или увлажнению угольных пластов с учетом прогнозируемой газо- и водопроницаемости углепородного массива.

На III уровне решение проблемы обеспечения геодинамической безопасности производится при разработке паспортов выемочного участка, проведения и крепления подземных выработок и проектов профилактических мероприятий в конкретных горно-геологических условиях эксплуатации очистных и подготовительных выработок.

В проектах строительства и реконструкции шахт, вскрытия, подготовки и отработки запасов угольных пластов целесообразно иметь специальный раздел, в котором должны быть представлены сведения о выделенных в углепородном массиве опасных зонах с особо сложными условиями разработки пластов или отдельных участков выемочных полей. В этом разделе должны быть представлены технологические схемы региональных мероприятий по управлению геодинамическим и геомеханическим состоянием угольных пластов (опережающая отработка защитных пластов по бесцеликовой технологии или с оставлением податливых целиков, последовательность отработки сближенных пластов в свитах, дегазация, увлажнение, региональный и локальный мониторинг и др.).

Необходимость применения дополнительных мер безопасности с использованием локальных способов предотвращения неблагоприятных факторов может быть определена по мере выявления особо сложных условий ведения горных работ и установления границ опасных зон по результатам горно-геологического прогноза, геомеханического и геодинамического мониторинга на стадии разработки пластов.