УДК 622.831.325

В.М.ВЕРНИГОР, *канд. техн. наук, заместитель руководителя, verlamix@rambler.ru*
ФАУ «Главгосэкспертиза России», Москва
А.Н.ШАБАРОВ, *д-р техн. наук, директор Научного центра – проректор, Shabarov_an@spmi.ru*
Н.В.КРОТОВ, *канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, krotov_nv @spmi.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
В.В.АРШАВСКИЙ, *канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, AVV53@mail.ru*
Институт проблем комплексного освоения недр РАН

B.M.VERNIGOR, *PhD in eng. sc., Deputy Head, verlamix@rambler.ru*
Leading Board of State Examination in Russia, Moscow
A.N.SHABAROV, *Dr. in eng. sc., director of Research Center – prorector, Shabarov_an@spmi.ru*
N.V.KROTOV, *PhD in eng. sc., leading research assistant, krotov_nv@spmi.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg
V.V.ARSHAVSKY, *PhD in eng. sc., leading research assistant, AVV53@mail.ru*
Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral resources Russian Academy of Sciences

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА

Предложены схема реализации мониторинговых наблюдений за изменениями геодинамического состояния массива горных пород и варианты применения активных способов управления напряженно-деформированным состоянием в опасных зонах, формируемых при ведении горных работ.

***Ключевые слова*:** геодинамическое районирование, опасные зоны, мониторинг напряженно-деформированного состояния (НДС), управление НДС, комплекс мероприятий

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND REALIZATION OF MULTIFUNCTION SYSTEMS OF SAFETY AT COAL MINES FOR PROVIDING CONTROL OF -STRESS-STRAIN STATE OF ROCK MASS

The Article contains the scheme for realization of monitoring observations for changes in geodynamic state of rock mass and variants of application of active methods for control of stress-strain state in hazardous zones being formed during mining operations.

***Key words*:** geodynamic zoning, hazardous zones, monitoring of stress-strain state, control of stress-strain state, complex of measures.

Отработка угольных месторождений, как правило, ведется в сложных горно-геологических условиях, сопровождающихся увеличением природной газоносности, глубины ведения горных работ, ростом напряжений в массиве горных пород, что предопределило новые подходы к созданию многофункциональных систем безопасности

на угольных шахтах. В «Правила безопасности в угольных шахтах» внесены изменения в разделы, касающиеся оборудования шахт многофункциональными системами безопасности, их состава и функциональных требований по управлению технологическими и производственными процессами в нормальных и аварийных условиях. Данные системы должны обеспечивать в том числе предотвращение условий возникновения различных видов опасности геодинамического и техногенного характера, при этом объектами контроля и управления, оценки и прогноза являются состояние массива угля и горных пород, угольного массива.

Для реализации поставленных задач необходимо обеспечить геофизические и сейсмические наблюдения за состоянием горного массива с целью прогноза внезапных выбросов и горных ударов, а в случае выявления возможных опасностей – применять мероприятия по приведению опасных участков горного массива в безопасное состояние с контролем эффективности выполненных профилактических мероприятий [6, 7].

Поскольку современные угольные шахты оснащены высокопроизводительной горной техникой, для безопасной ее работы необходимо создавать условия, позволяющие достигать высоких нагрузок на очистные забои. Это обстоятельство предопределяет необходимость сокращения комплекса локальных мер прогноза и предупреждения динамических и газодинамических явлений в очистных и проходческих забоях в пользу более широкого применения комплекса региональных мероприятий. При формировании принципов построения и реализации многофункциональных систем в части контроля над состоянием горного массива необходимо придерживаться комплексного подхода, который, на наш взгляд, заключается в следующем.

Получение всесторонней и объективной оценки напряженно-деформированного состояния зоны горного массива, угольного месторождения в целом и шахтных полей в частности, возможно с помощью метода геодинамического районирования, выполняемого специализированными научно-исследовательскими организациями. Геодинамическое районирование позволяет комплексно решать следующие связанные между собой задачи [4, 8]:

• установить наличие разновидностей вмещающих пород и угля, склонных к хрупкому разрушению под нагрузкой;

• выявить тектоническое строение и НДС массива, выделить ТНЗ и зоны повышенных напряжений, возникающие как при ведении горных работ, так и при их планировании согласно планам развития горных работ, принятым в соответствии с проектной документацией;

• построить блочную (геолого-структурную и горно-геодинамическую) модель с внесением ТНЗ и опасных зон в геодинамическую модель шахты и месторождения;

• нанести на планы горных работ шахты ТНЗ и зоны повышенных напряжений по результатам геодинамического районирования;

• по результатам анализа горно-технических условий нанести на планы горных работ шахты все опасные зоны: у геологических нарушений, опорного давления от очистных забоев, повышенного горного давления под (над) целиками и краевыми частями угольных пластов (при отработке свиты угольных пластов) и др.;

• определить оптимальный порядок отработки шахтного поля и месторождения в целом.

Выявление ТНЗ и зон повышенных напряжений производится для оценки состояния массива на момент проектирования горных работ и различных этапов отработки месторождения или шахтного поля. Для принятия обоснованных технических решений на разных стадиях освоения месторождения геодинамическую модель месторождения необходимо постоянно пополнять новой информацией, начиная со вскрытия и заканчивая отработкой всех запасов [8].

Полученная в результате мониторинговых наблюдений информация необходима для пополнения и уточнения горно-геодинамической модели как основы для локального и регионального прогноза геодинамически опасных зон при изменении горно-геологических и горно-технических условий,

а также для корректировки профилактических мероприятий для предотвращения динамических и газодинамических явлений.

По результатам анализа геодинамической модели и планов горных работ с нанесенными ТНЗ и другими опасными зонами определяются места заложения (места прогноза) многокомпонентных деформометров, геофонов и сейсмопавильонов, приуроченных, как правило, к наиболее нагруженным прогнозным участкам шахтного поля и месторождения. При невозможности доступа к местам прогноза из действующих горных выработок необходимо до начала горных работ предусматривать бурение скважин из горных выработок выше- и нижележащих пластов в свите или с поверхности.

Поскольку при подходе подготовительными и очистными забоями к ТНЗ и другим опасным зонам напряженное состояние в окрестности этих выработок растет, необходимо на стадии планирования горных работ предусматривать постоянный (текущий) мониторинг НДС горного массива. Системы постоянного геофизического и сейсмического мониторинга НДС горного массива должны быть интегрированы в многофункциональную систему безопасности в дополнение к приборам и аппаратуре, входящей в ее состав.

При выявлении системой мониторинга НДС горного массива опасных зон необходимо предусмотреть алгоритм действий, предупреждающих развитие опасных событий, который включает в себя идентификацию опасной зоны по возможным рискам (горный удар, внезапный выброс, повышенное горное давление, мелкоамплитудное геологическое нарушение, выклинивание угольного пласта и др.).

В дальнейшем при постоянном мониторинге НДС массива многофункциональной системой безопасности, предлагается выполнение следующего комплекса мер:

1) локальный прогноз и локальные профилактические мероприятия по разгрузке массива с контролем их эффективности [6, 7] и последующим разрешением на возобновление горных работ;

2) приостановку горных работ на период релаксации напряжений в горном массиве, с последующим выполнением локального прогноза и локальных профилактических мероприятий по разгрузке массива с контролем их эффективности [6, 7] и последующим разрешением на возобновление горных работ;

3) приведение горного массива в безопасное состояние с применением региональных (дистанционных) способов при постоянном мониторинге НДС массива многофункциональной системой безопасности с последующей интерпретацией результатов разгружающего воздействия на массив и выдачей разрешения на возобновление горных работ.

Последний комплекс мер является наиболее перспективным, поскольку исключает присутствие людей в опасных зонах, сопряженных с проявлениями горного давления в различных динамических формах в процессе выполнения локальных (прогнозных, профилактических) мероприятий и не ограничивает технические возможности высокопроизводительной горной техники. Реализация 3-го комплекса мер возможна только с помощью технологий активного управления НДС горного массива, препятствующих развитию горных ударов, внезапным выбросам и разупрочнению труднообрушаемой кровли, переориентированным на снижение концентрации напряжений в опасных зонах и предварительную дегазацию угольного массива.

В настоящее время из апробированных активных технологий управления напряженно-деформированным состоянием углепородного массива наиболее эффективны следующие [1-3]:

• региональное увлажнение через скважины, пробуренные из выработок смежных пластов в свите, с низконапорным и высоконапорным режимами нагнетания воды и поочередным подключением скважин в кусте под нагнетание воды и к дегазационному трубопроводу (или истечением метана в смесительную камеру);

• региональное увлажнение через скважины, пробуренные из выработок смежных пластов в свите, с низконапорным режимом нагнетания воды и последующим гидроразрывом;

• гидромикроторпедирование вмещающих пород с гидрообработкой в различных режимах и последующим гидроразрывом;

• гидромикроторпедирование угольных пропластков в междупластьях с последующей гидрообработкой в различных режимах и гидроразрывом;

• увлажнение через скважины, пробуренные с поверхности, с последующим гидроразрывом вмещающих пород;

• управление НДС горного массива через скважины, пробуренные с поверхности (например, гидроразрыв для снятия напряжений в области ТНЗ, применяемый ранее на рудниках).

Следует отметить, что положительный опыт применения технологий активного воздействия на углепородный массив через скважины, пробуренные из горных выработок смежных пластов в свите в целях снижения концентрации напряжений в зонах повышенного горного давления и предварительной дегазации, был накоплен на шахтах Печорского угольного бассейна в 80-90-е гг. прошлого века.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вернигор В.М.* О проблеме управления напряженно-деформированным состоянием горного массива при подземной разработке свиты угольных пластов на глубоких горизонтах шахт Воркутского месторождения // Народное хозяйство Республики Коми. 1995. Т.4, № 1-2.

2. *Вернигор В.М.* Предупреждение горных ударов и внезапных выбросов в горнодобывающей промышленности / В.М.Вернигор, В.Б.Кульчицкий, С.В.Кульчицкий // Горная промышленность. 2006. № 4.

3. *Вернигор В.М.* Повышение безопасности горных работ в зонах ПГД / В.М.Вернигор, А.И.Субботин, Л.М.Гусельников, А.Н.Осипов // Безопасность труда в промышленности. 1997. № 11.

4. *Кротов Н.В.* Проблемы геодинамической безопасности на шахтах Воркуты / Н.В.Кротов, В.М.Вернигор, А.П.Веселов // Сб. науч. тр. 10-й Межотр. коорд. совещания по проблеме геодинамической безопасности. Екатеринбург, 1997.

5. *Кротов Н.В.* Геодинамическая оценка отработки мульдовой части Воркутинского месторождения / Н.В.Кротов, Ю.Н.Дупак, В.М.Вернигор, А.П.Веселов // 2-е Междунар. рабочее совещание. Проблемы геодинамической безопасности. СПб, 1997.

6. РД 05-328-99. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам. М., 2000.

7. РД 05-350-00. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа. М., 2000.

8. *Шабаров А.Н.* Проектирование и разработка удароопасных угольных пластов на основе геодинамической модели месторождения / А.Н.Шабаров, Н.В.Кротов // Горные удары-2003: Сб. науч. тр. междунар. симпозиума, Катовице, 2003.

REFERENCES

1. *Vernigor V.M.* On problem of control of stress-strain state of rock mass with underground mining of coal strata at deep horizons of the Vorkuta deposit // Economy of Komi Republic. 1995. Vol.4. N 1-2.

2. *Vernigor V.M., Kulchitsky V.B., Kulchitsk S.V.* Prevention of rock bursts and sudden outbursts in mining industry: // Mining industry. 2006. N 4.

3. *Vernigor V.M., Subbotin A.I., Guselnikov L.M., Osipov A.N.* Increase of safety in mining works within the zones of higher rock pressure // Safety of labour in industry. 1997. N 11.

4. *Krotov N.V., Vernigor V.M., Veselov A.P.* Problems of geodynamic safety at coal mines of the Vorkuta basin // Proc, 10th Coord.Workshop on geodynamiv safety. Yekaterinburg. 1997.

5. *Krotov N.V., Dupak Yu.N., Vernigor V.M., Veselov A.P.* Geodynamic evaluation of mining of trough section of the Vorkuta deposit // 2th Intenational Workshop. Problems of geodynamic safety. Saint Petersburg, 1997.

6. RD 05-328-99. Instruction on safe mining operations at mines being mined coal seams prone to rock bursts. Moscow, 2000.

7. RD 05-350-00. Instruction on safe mining operations at seams being hazardous in sudden outbursts of coal (rock) and gas. Moscow, 2000.

8. *Shabarov A.N., Krotov N.V.* Designing and mining of rockburst-hazardous coal seams based on geodynamic model of a deposit // Rock bursts-2003: Proc. Intern.Symposium. Katovice. 2003.