УДК 622.83

А.Н.ШАБАРОВ, *д-р техн. наук, директор Научного центра – проректор, Shabarov_an@spmi.ru*
С.В.ЦИРЕЛЬ, *д-р техн. наук, старший науч. сотр.*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
Е.П.ЮТЯЕВ, *канд. техн. наук, генеральный директор, office@suek.ru*
А.И.ПАЛЬЦЕВ, *канд. техн. наук, начальник технического управления, office@suek.ru*
ОАО «СУЭК-Кузбасс», Ленинск-Кузнецкий

A.N.SHABAROV, *Dr. in eng. sc., director of Research Center – prorector, Shabarov_an@spmi.ru*
S.V.TSIREL, *Dr. in eng. sc., senior research assistant*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg
E.P.YUTYAEV, *PhD in eng. sc., general director, office@suek.ru*
A.I.PALTSEV, *PhD in eng. sc., Head of Technical Services, office@suek.ru*
SUEK-Kuzbass, Leninsk-Kuznetskiy

ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕНСИВНОЙ УГЛЕДОБЫЧИ В КУЗБАССЕ

Обобщены проблемы обеспечения безопасности при разработке угольных месторождений Кузбасса. Показано, что основой обеспечения безопасности должен стать комплекс мероприятий, включающих повторное геодинамическое районирование всего Кузбасса, отдельных месторождений и шахтных полей, многоступенчатую дегазацию на всех стадиях отработки, а также газовый, сейсмический, гидрогеомеханический и электромагнитный мониторинг на действующих шахтах. Предложено разработать правила обеспечения безопасности при интенсивной угледобыче не для каждого отдельного холдинга, а для всего Кузбасса.

***Ключевые слова*:** интенсивная угледобыча, безопасность, проектирование, горные удары, сейсмическая активность, дегазация, геодинамическое районирование, мониторинг.

WAYS FOR PROVIDNG SAFETY IN DESIGNING OF INTENSIVE COAL MINING AT THE KUZNETSK BASIN

Problems are generalized for the purpose of providing safety in coal deposits mining at the Kuzbass. It was shown that the basis for providing safety should be a complex of safety measures in corporating a repeat geodynamic zooming of the overall Kuzbass, individual deposits and mine fields, multiphase degassing at all stages of mining , and also the gaseous, seismic, hydrogeomechanical and electromagnetic monitoring at productive mines. It was suggested to work out safety regulations for providing safety during intensive coal mining not for each individual holding, but for the whole Kuzbass.

***Key words*:** intensive coal mining, safety, designing, rock bursts, seismic activity, degassing, geadynamic zoning, monitoring.

В настоящее время более 60 % российского угля добывается в Кузнецком угольном бассейне. Огромные запасы, высокое качество угля, большая мощность пластов, отлаженная инфраструктура позволяют использовать наиболее производительные технологии, и объем добычи кузнецкого угля растет с каждым годом.

В то же время вместе с ростом производительности и объемов добычи нарастают и проблемы обеспечения безопасности, что затрудняет проектирование новых угольных шахт и разрезов.

1. Высокая метанообильность кузнецкого угля. Из-за высокого риска газодинамических явлений и малой эффективности дегазации за последние годы снизилась средняя глубина отработки. Становится выгоднее строить новые шахты и разрабатывать верхние, менее метанообильные пласты, чем вскрывать глубокие пласты на действующих шахтах. Несмотря на это, метановые катастрофы происходят и на относительно небольших глубинах: «Юбилейная» (570 м), «Тайжина» (550 м), «Распадская» (490 м), «Есаульская» (400 м) «Ульяновская» (270 м).

Поэтому без дегазации невозможно обойтись даже при выемке верхних пластов угля. Однако из-за очень высокой доли (80-90 % и более) связанного и адсорбированного метана все применяемые технологии предварительной дегазации, в том числе американские и австралийские, дают относительно небольшой эффект [2]. Решение проблемы может быть только комплексным – многоступенчатая дегазация на всех стадиях: от извлечения скоплений свободного метана на нетронутых шахтных полях до дегазации с частичной разгрузкой (прежде всего вибрационными методами) подготовленных к выемке лав. При этом необходимы разработка новых и совершенствование существующих методик поиска предполагаемых скоплений метана на разных масштабных уровнях.

На наш взгляд, необходимо принять трудное решение об исключении из запасов относительно маломощных пластов (1-1,5 м) в свитах и превращении их из дополнительных источников метана в горных выработках в средство решения метановой проблемы с помощью разрушения или газификации для разгрузки более мощных соседних пластов [8]. После проведения промышленных экспериментов эти технологии могли бы войти в практику проектирования новых угольных шахт в Кузбассе.

2. Удароопасность. Уменьшение количества разрабатываемых глубоких пластов снизило остроту этой извечной проблемы. Тем не менее применяемые сейчас высокопроизводительные технологии многоштрековой подготовки ведут к оставлению мощных полос целиков и созданию зон повышенного горного давления (ПГД) на надрабатываемых пластах. На верхних пластах опасность зон ПГД относительно невелика. Но при переходе на более глубокие пласты, особенно с учетом множества дизъюнктивных нарушений, проблема удароопасности снова приобретает актуальность. Для контроля удароопасности необходимы системы сейсмического и деформационного мониторинга, а также адаптация разработанных региональных и локальных противоударных мероприятий к условиям интенсивной выемки.

Для снижения риска, как показывают расчеты, перспективна раскройка шахтных полей таким образом, чтобы сформированные при ведении горных работ зоны ПГД и зоны разгрузки на разных пластах частично компенсировали друг друга. Важнейшее значение имеет выбор порядка отработки пластов в свите [1].

3. Отработка тектонически разгруженных зон (ТРЗ) и зон повышенной трещиноватости при разработке преимущественно верхних пластов угля. В ТРЗ повышаются риски двух различных явлений. Во-первых, это снижение устойчивости пород кровли, как в подготовительных выработках, так и в очистных забоях, ведущее к вывалообразованию, обрушениям и «куполению» кровли. Во-вторых, что еще более препятствует ведению горных работ, – это повышенная водообильность, резкие скачки поступления воды в шахты, зачастую превосходящие возможности шахтного водоотлива. Особенно опасны совмещения обоих явлений, ведущие к заиливанию очистных выработок и в крайних случаях к потере добычного комплекса из-за невозможности его демонтажа и извлечения из лавы.

При проектировании новых шахт для снижения риска подобных явлений необходимо заблаговременное выделение тектонически разгруженных и наиболее проницае-

мых зон. Как показывают наши исследования, наиболее вероятные места ТРЗ – это оси мелкоамплитудных синклинальных складок в разгруженных зонах, прилегающих к крупных разломам. Геодинамический анализ выявил, что тектонически разгруженные зоны в значительной степени привязаны к глубинным разломам, в меньшей степени проявленным на малых глубинах, чем известные разломы с собственными именами. Однако эти разломы обнаруживаются как в проявлениях сейсмической активности, так и в особенностях рельефа и характере растительности на космоснимках. Это неожиданное, на первый взгляд, явление, по-видимому, обусловлено совместным действием двух эффектов: сейсмотектонической активности, ведущей к образованию трещин и зон ослабления (дробления), и просачиванию флюидов через эти зоны. В первую очередь речь идет о эманациях метана и радона, а также о поступлении поверхностных и грунтовых вод в горные выработки.

Расположение тектонически разгруженных зон должно учитываться при разработке гидрогеологических моделей проектируемых и действующих шахт, уточнении расчетов средних и максимальных водопритоков и создании камер в выработанном пространстве или подготавливаемых лавах для аварийного сброса воды.

4. Резкое усиление геодинамической и прежде всего сейсмической активности на территории Кузбасса и всей Кемеровской области в последние годы [5]. Повышение сейсмической активности связано с разнообразными причинами, относительный вклад которых точно не установлен:

• общий рост сейсмической активности Земли, начавшийся в 1990-е гг.;

• региональное повышение сейсмоактивности Алтае-Саянского региона, проявившееся прежде всего в Чуйском землетрясении 2003 г., последующем росте сейсмической активности и землетрясениях в Тыве в 2011 и 2012 г.;

• рост объемов извлеченной горной массы (что по опыту Кольского полуострова ведет к увеличению количества сейсмических событий и зоны их распространения [3]);

• массовое затопление шахт в 1990-е гг.

Кроме того, по-видимому, имела место общая недооценка сейсмоопасности региона, ибо в Китае, где история землетрясений известна с древних времен, прилегающая к границе зона считается десятибалльной, а в России – восьмибалльной, несмотря на имеющиеся данные о мощных палеоземлетрясениях [4]. При этом нынешний рост сейсмоактивности в Кузбассе имеет существенную техногенную составляющую. На это указывают целый ряд признаков:

• характерное увеличение угла наклона графика повторяемости;

• стягивание проявлений сейсмической активности к местам ведения горных работ;

• появление в этих местах роев мелких сейсмособытий;

• усиление роста трещин в зонах подработки [5].

Однако при общем росте количества сейсмособытий, к счастью, не наблюдается относительно мощных землетрясений, имевших место в Кузбассе во время предыдущей вспышке общепланетарной сейсмоактивности на рубеже XIX и XX в.

Так как при коровых землетрясениях основное разрушающее действие производят поверхностные волны, то нынешний рост сейсмоактивности вряд ли окажет существенное непосредственное влияние на безопасность ведения подземных горных работ, хотя многочисленные данные говорят о том, что сейсмические события могут спровоцировать уже «подготовленные» выбросы метана и горные удары.

Возросшая сейсмоактивность заметно влияет на ведение открытых горных работ и условия жизни населения подработанных территорий. На открытых горных работах возросшая сейсмоактивность представляет опасность для поддержания устойчивости уступов и бортов карьеров. Как показывает анализ подробных каталогов землетрясений, массовые взрывы провоцируют мелкие сейсмические события, так что борта карьеров испытывают как минимум удвоенную нагрузку при ведении взрывных работ [6].

Проведенные исследования показали, что чем больше общая длительность сейсмического воздействия, чем меньшие силы

нужны для создания необратимых деформаций в бортах карьеров [7]. Поэтому особую опасность представляют сейсмические волны при мощных землетрясениях, включая даже относительно слабые колебания на достаточно больших расстояниях от эпицентра. Эти воздействия, как правило, при коэффициенте запаса устойчивости 1,2-1,3 и выше непосредственно не приводят к образованию оползней, но вызывают рост скорости деформаций и подготавливают оползни. Поэтому при проектировании бортов карьеров должна учитываться вероятность попадания в зоны влияния сильных землетрясений, зависящая как от балльности по данным сейсмического районирования, так и от времени стояния борта в данном положении.

Для учета всех этих факторов и реального снижения риска, без которого невозможно вести проектирование освоения глубокозалегающих угольных пластов, необходим комплексный подход к обеспечению безопасности, включающий в себя многоуровневую защиту от каждого типа опасности, развитие систем мониторинга, а также объединение усилий, многоуровневый анализ рисков, включающий в себя и самый верхний уровень – региональный анализ рисков в реальном режиме времени. Ибо как горные массивы Кузбасса, несмотря на сложное блочное строение, представляют собой единое целое, так и наши ответные действия должны быть согласованы между собой и учитывать как локальные, так и региональные факторы.

На наш взгляд, комплексный многоуровневый подход должен начинаться с повторного геодинамического районирования Кузбасса, уточненного на основании многочисленных данных, полученных в ходе детальной разведки на действующих и проектируемых шахтах, опыта ведения горных работ, анализа сейсмических каталогов, а также общих представлений о соотношениях амплитуд разрывных нарушений и их размеров. При этом важно иметь представление данных в электронной форме с помощью различных ГИС, позволяющих строить трехмерные модели и автоматизировать процесс проектирования.

Реконструкции блочной структуры, а также различные данные о направлениях и величине главных напряжений дают возможность построить приближенную картину напряженно-деформированного состояния горного массива и учесть ее при дегазации и раскройке шахтных полей. Однако многоуровневая защита лишь начинается с геодинамического районирования, дегазации нетронутых пластов, рациональной раскройки шахтных полей, но не заканчивается этим. В нее входят также газовый, сейсмический, гидрогеомеханический и электромагнитный мониторинг на действующих шахтах. Другие уровни защиты включают внутришахтную дегазацию и разработку защитных устройств, которыми сегодня активно занимаются Институт проблем комплексного освоения недр РАН и Институт горного дела им. А.А.Скочинского.

В заключение еще раз подчеркнем, что хотя угледобычей занимаются разные фирмы и холдинги, многоуровневая защита должна включать не только внутришахтные, но и региональные мероприятия, которые не могут эффективно проводиться без сбора и совместной обработки информации, полученной в разных организациях. При этом обеспечение безопасности должно регулироваться единообразными правилами. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» при участии работников ОАО «СУЭК-Кузбасс» разработал «Методическое руководство по порядку и контролю безопасного ведения горных работ в опасных зонах при высоких скоростях проходки подготовительных выработок и ведения очистных работ» и другие методические документы для шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс». Но более рационально было бы иметь правила обеспечения безопасности не для каждого отдельного холдинга, а для всего Кузбасса. Такие правила стали бы основой для проектирования интенсивной угледобычи в Кузбассе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пальцев А.И.* Особенности формирования зон повышенного горного давления при интенсивной разработке сближенных пластов на шахтах ОАО «СУЭК-

Кузбасс» / А.И.Пальцев, В.В.Зубков, Н.В.Кротов // Записки Горного института. СПб, 2010.Т.188.

2. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов / В.Б.Артемьев, В.С.Забурдяев, В.Н.Захаров, А.К.Логинов, А.Д.Рубан, Е.П.Ютяев // Библиотека горного инженера. Т.9. Рудничная аэрология. Кн.2. М., 2011.

3. *Рогожин Е.А.* Очаговые зоны сильных землетрясений горного Алтая в голоцене / Е.А.Рогожин, С.Г.Платонова. М., 2002.

4. *Тряпицын В.М.* Современная геодинамика и тектоника Хибин / В.М.Тряпицын, А.Н.Шабаров. Кострома, 2007.

5. *Цирель С.В.* Особенности проявлений тектонической и сейсмической активности в Кузбассе / С.В.Цирель, А.И.Екимов // Записки Горного института. СПб, 2010.Т.188.

6. *Цирель С.В.* Влияние сейсмических процессов на ведение открытых горных работ / С.В.Цирель, А.А.Павлович // Изв. вузов. Горный журнал. 2011. № 7.

7. *Цирель С.В.* Оценка влияния сейсмического воздействия на устойчивость бортов карьеров / С.В.Цирель, Б.Ю.Зуев, А.А.Павлович // Горный информ.-аналитич. бюл. Специальный выпуск. 2012. № 4.

8. *Шабаров А.Н.* Проблемы обеспечения безопасности интенсивной угледобычи в Кузбассе / А.Н.Шабаров, С.В.Цирель // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. Кемерово, 2010.

REFERENCES

1. *Paltsev A.I., Zubkov V V., Krotov N.V.* Specific formation of zone of highter rock pressure during intensive mining of contiguous seams at coal mines of OJSC «SUEK-Kuzbass» // Proceedings Mining Institute. Saint Petersburg, 2010. Vol.188.

2. Development and mining of highly gas-bearing coal seams / V.B.Artemiev, V.S.Zaburdyaev, V.N.Zakharov, A.K.Loginov, A.D.Ruban, E.P.Yutyaev // Library of Mining Engineer. Vol.9. Mine Aerology. Book 2. Moscow, 2011.

3. *Rogozhin E.A., Platonov S.Y.* Focus zones of heavy earthquakes at mountainous Altai in Holocene. Moscow, 2002.

4. *Tryapitsyn V.M., Shabarov A.N.* Present-day geodynamics and tectonics of the Khibini Mountains. Kostroma, 2007.

5. *Tsirel S.V., Yekimov A.I.* Specific manifestations of tectonic and seismic activity at Kuzbass. Proceedings Mining Institute. Saint Petersburg, 2010. Vol.188.

6. *Tsirel S.V., Pavlovich A.A.* Influence of seismic processes on open-pit mining // Proceedings of the Universities. Mining Journal. 2011. N 7.

7. *Tsirel S.V., Zuev B.Yu., Pavlovich A.A.* Influence of seismic effects on open-pit slope stability // Mining Information Analytical Bulletin Individual Articles (special issue) 2012. N 4.

8. *Shabarov A.N., Tsirel S.V.* Problems in providing safety for intensive coal mining at Kuzbass // Energy safety in Russia. New approaches to progress of coal industry. Kemerovo, 2010.