

обоснованию способов управления динамикой горного давления на базе физико-механического воздействия на массив с целью снижения выбросоопасности, внедрению рациональных параметров заложения выработок вблизи выбросоопасных пород, использование гидроимпульсного воздействия для скважинной добычи угля и разгрузки горного массива, вскрытию выбросоопасных угольных пластов с использованием вибрации, регламентации технологических параметров ведения горных работ с учетом динамики горного давления в краевой части пласта впереди забоя др.

В практическом плане определены параметры и разработана технология без взрывного способа предотвращения выбросов породы и газа при проведении выработок, не имеющие аналогов в мировой практике. Для реализации технологии разработаны рекомендации по параметрам и схемам работы проходческих комбайнов для проведения выработок по выбросоопасным породам, с управляемым освобождением и использованием энергии горного массива, которые использованы институтом Донтипроуглемаш при разработке технологических заданий и изготовлении проходческих комплексов «Союз-19», «Союз-19У». Комбайна КРТ. разработан способ гидроимпульсного перевода угля в подвижное состояние с целью его скважинной добычи. Экспериментальное исследование способа проводилось в условиях шахты им В.М. Бажанова ПО «Макеевуголь», на экспериментальном участке шахты «Северная» ПО «Дзержинскуголь», на шахтах ПО «Воркутауголь» и др.

УДК 622.363

В.В. Виноградов

ГЕОМЕХАНИКА ПРЕДЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД (ПО МАТЕРИАЛАМ ОТКРЫТИЯ № 1)

Геомеханика - наука о закономерностях проявлений природных и техногенных сил в массиве горных пород.

Становление базы знаний в современной геомеханике происходило на основе постулатов и законов механики твердых деформируемых сред с применением и развитием ее экспериментальных, численных и аналитических методов изучения и оценки физико-механических свойств массива горных пород и его напряженно-

деформированного состояния при различных типах и режимах воздействий. Накоплен огромный массив экспериментальных данных о деформационных процессах вблизи горных выработок различного назначения при статических и динамических режимах нагружения, построены математические модели, учитывающие упругие, упругопластические, вязкоупругопластические свойства горных пород и с их помощью изучены особенности перераспределения напряжений вблизи горных выработок.

Центральной геомеханической проблемой для любой горной технологии является прогноз и оценка результатов разрушения горных пород при тех или иных воздействиях. В механике твердых деформируемых сред мощно развита методология экспериментальных и аналитических исследований поведения одиночной трещины. Под влиянием полученных результатов исследований закономерностей развития одиночной трещины сложилось мнение, которое считалось общепризнанным, что интенсивность развития и результат процесса разрушения конструкционных материалов, в том числе и горных пород, пропорционален интенсивности их нагружения или деформирования. Из этого следовало, что повлиять на ход развития процесса разрушения (активизировать его либо заблокировать) возможно только увеличением мощности машин и механизмов, разрушающих напряженный массив горных пород, созданием крепей со все более высокой несущей способностью и т.п. Именно в этом направлении в последние несколько десятилетий во всей мировой практике шло совершенствование и разработка оборудования и машин для добычи угля, проведения и крепления горных выработок. Для Украины, которая добывает уголь в наиболее сложных горно-геологических условиях, такая техническая политика обернулась резким падением конкурентоспособности добытого угля, и, как следствие, сворачиванием объемов его добычи.

Исследованиями, проведенными ИГТМ НАН Украины, показано, что вышеотмеченные проблемы в большей части вызваны переходом угленосного массива вблизи горных выработок в предельно напряженное состояние. Решение этих проблем состоит в том, чтобы научиться эффективно управлять поведением пород в предельном состоянии, что является основной задачей геомеханики предельно напряженных горных пород.

* Закономерность разрушения предельно напряженных пород при слабых воздействиях (авторы А.Ф. Булат, В.В. Виноградов, В.Н. Потурасв, А.Н. Зорин), диплом № 1, выдан Ассоциацией авторов научных открытий в 1992 г. при Российской академии естественных наук.

Ведение горных работ в массиве горных пород вызывает нарушение его равновесия. Это нарушение пропорционально запасу внутренней энергии, накопленной в массиве. При достижении определенного предела оно приводит к самопроизвольному, иногда внезапному, разрушению горных пород вблизи выработок, деформированию и разрушению подземных сооружений и оборудования. Попытки повлиять на такие геомеханические процессы традиционными технологиями "управления" горным давлением - изменением свойств и состояния углеродного массива, увеличением несущей способности крепления, оказались неэффективными как по результативности, так и по затратам.

Достижение горными породами предельно напряженного состояния приводит к переходу их из ненарушенного в нарушенное состояние. Все разнообразие такого перехода главным образом зависит от соотношения максимальной и минимальной компонент напряжений и может быть разделено на хрупкое и квазихрупкое разрушение, прерывистое скольжение, псевдопластическое и пластическое течение. Деформирование пород в режиме хрупкого или квази-хрупкого разрушения геоматериалов происходит при условиях "свободного" разрушения (минимальная компонента напряжений меньше 0,05 от предела прочности на одноосное сжатие) и сопровождается резкой потерей ими несущей способности и разрыхлением.

С ростом величины минимальной компоненты напряжений условия для разрыхления ухудшаются, значительная часть энергии запредельного деформирования затрачивается на трение между блоками и нарушениями поэтому энергоемкость запредельного деформирования пород минимальна в условиях, реализующих хрупкое разрушение и максимальна в условиях пластического течения, происходящего без разупрочнения и разрыхления. Экспериментами доказана чрезвычайно высокая чувствительность характера запредельного деформирования к условиям разрыхления. Блокирование или активизация разрыхления теми или иными способами немедленно приводит к изменению механизма запредельного деформирования от хрупкого к пластическому или наоборот.

Именно это и является сутью выявленной ранее неизвестной закономерности, которая зарегистрирована как научное открытие: "Экспериментально установленная ранее закономерность разрушения предельно напряженных пород при слабых воздействиях, которая состоит в том, что активизация разрушения горного массива возрастает при слабых (на один и более порядков, значениях меньших значения те-

кущего предела прочности) возмущениях его напряженного состояния пропорционально степени разрыхляемости пород".

Для остановки самопроизвольного разрушения приконтурных пород, которое происходит за счет внутренней энергии массива, необходимо в зоне разрушения поднять минимальное напряжение выше порогового значения. Создание такого поля напряжений в непосредственной близости от контура выработки с помощью разных типов подпорного крепления не представляется возможным.

Вместе с тем известна технология анкерования горных пород, которая уже издавна применяется для крепления выработок. При этом в соответствии с действующими нормативными документами этот вид крепления выработок разрешено применять только в условиях пород I и II категорий устойчивости, в которых геомеханические процессы имеют затухающий характер, а разрушение охватывает весьма ограниченную часть приконтурной зоны.

В выработках, заложенных в породах III и IV категорий устойчивости положение существенно хуже - самопроизвольное разрушение имеет незатухающий характер и со временем может охватить значительное пространство вокруг выработки. "Прихватить" нарушенные породы к нетронутому массиву в таких условиях нет никакой возможности. Однако, применение анкеров здесь выявилось возможным и весьма эффективным, а их назначение принципиально новым - блокирование разрыхления пород, которое приводит к переводу свободного (хрупкого) разрушения к блокированному (псевдопластическому) со значительным расходом накопленной внутренней энергии горного массива на трение между нарушениями. С новых позиций при этом проводится также и выбор параметров крепления - длина, плотность и несущая способность анкерной системы.

Раскрытие закономерностей смены механизмов запредельного деформирования и разрушения предельно напряженных пород при применении различных малоэнергетических управляющих воздействий позволило:

сформулировать геомеханические принципы управления состоянием предельно напряженного массива малоэнергетическими воздействиями;

научно обосновать нетрадиционные ресурсосберегающие методы, способы и средства управления свойствами и состоянием углеродного массива, которые обеспечивают возможность для безопасного и эффективного ведения горных работ в сложных условиях традиционными средствами и технологиями;

заложить основу для разработки принципиально новых горных технологий, в которых горное давление, выбросоопасность и другие негативные в традиционном понимании факторы действуют как основные исполнительные органы и обеспечивают возможность эффективного и безопасного ведения горных работ.

УДК 622.02.539:622.281

В.Г. Колесников, Ю.М. Халимендик

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД В ПРИКОНТУРНОЙ ОБЛАСТИ ВЫРАБОТОК

При изучении механики различных проявлений горного давления, возникаемых и происходящих в результате ведения горных работ, как правило, рассматриваются вопросы деформирования и разрушения горных пород в приконтурной области выработок при действии нагрузок непосредственно на контур выработки, без учета воздействия пригрузок на границах раздела различного состояния и структуры пород, особенно в условиях разрушения. В связи с этим многие вопросы геомеханики недостаточно исследованы: существование различных зон состояния пород и их описание не дает ответ на вопрос условий их развития или его ограничения; распространение фронта дробления при динамических явлениях не объясняет условий и причин его затухания и прекращения и т. п.

В литературе известно много данных об уменьшении смещений пород по мере удаления в глубину массива от контура, о длительном развитии границы смещений во времени. Они свидетельствуют о том, что с увеличением пригрузки (подпора) границы разрушения (деформирования) по глубине геомеханические процессы изменения состояния ограничиваются и даже могут остановиться, и обусловлены они развитием трещин во времени.

Многолетними, в течение 15 лет, исследованиями поведения пород в приконтурной зоне выработок на шахтах Западного Донбасса (на глубинах более 400 м при прочности пород 5-30 МПа) установлено, что после каждой подрывки пород почвы, то есть, когда производилась очередная выемка породы, приводившая к уменьшению пригрузки на фронт разрушения, имело место резкое увеличение смещений пород, являющееся следствием развития разрушения в почве выработки. При этом следует отметить, чем глубже производилась подрывка, тем интенсивнее были смещения в приконтурной области. Скорость смещений пород увеличивалась в 3,2-4,2