

УДК 622.031

В.А. Матвеев, М.Д. Молев

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА
НА ВЫЕМОЧНОМ УЧАСТКЕ С ПОМОЩЬЮ
МЕТОДОВ ШАХТНОЙ ГЕОФИЗИКИ***

В процессе выбора технологии очистных подземных работ приходится решать ряд сложных проблем, обусловленных геомеханическим состоянием углепородного массива. Сложность решения комплекса горно-технических задач заключается в том, что массив горных пород является открытой природно-техногенной системой, поведение которой в пространстве и во времени зависит от суммарного разноректорного воздействия ряда внутренних и внешних геологических, механических, технических и других факторов. Выбор технологии горных работ, адекватной состоянию массива в пределах конкретного выемочного столба требует максимально достоверной оценки степени влияния всех указанных факторов.

Формализация описания геомеханических процессов при ведении горных работ требует значительного объема достоверной информации для постановки задач и контроля адекватности их решений.

Достижение высокого уровня адекватности математической модели реальным геомеханическим процессам требует не только правильного отражения в ней статики, кинематики и динамики процессов, но также в обязательном порядке достаточно точных характеристик структуры и физико-механических свойств массива горных пород.

В ряде случаев целесообразно понизить ранг системы и отыскивать нужные параметры экспериментальными способами. В последнее время совместные работы специалистов в области геомеханики и геофизики привели к значимым теоретическим и практическим результатам. Анализ опубликованных в научно-

технической литературе материалов указывает на возможность применения для оценки геомеханического состояния углепородного массива подземных геофизических методов [1, 2].

Авторами статьи в течение ряда лет проводились теоретические и экспериментальные исследования в направлении создания корректной теоретической базы описания геомеханических процессов в кровле обрабатываемого пласта на выемочном участке и в направлении выбора и совершенствования комплекса геофизических методов прогнозирования структурных и физико-механических характеристик кровли пласта в указанных условиях.

Исходным тезисом наших исследований является подтвержденное практикой положение, согласно которому картина распределения физических свойств горных пород в массиве (электрическое сопротивление, скорость распространения упругих волн и др.) тесно связана со структурой массива и физико-механическими характеристиками горных пород на произвольных и особых площадках (контакты напластований, трещины, анизотропия). При этом прежде всего мы опирались на достижения в области шахтной геофизической разведки геологической нарушенности угольных пластов.

В пределах выемочного участка пластового месторождения весьма актуальным является вопрос о структурном состоянии массива в областях расположения подготовительных выработок. Дело в том, что участки выработок в одном случае могут находиться в области, где массив можно считать континуальной средой, а в другом случае эта среда является явно дискретной из-за расслоения и расчленения слоев

*При финансовой поддержке Минобразования РФ по гранту T02-04.1 – 1803

на блоки. Могут быть переходные состояния. Все это зависит от того, насколько близко участок находится от очистного забоя и выработанного пространства и каким способом охраняется выработка.

Поскольку взаимное расположение участков подготовительной выработки и движущегося очистного забоя постоянно меняется, формирование структурного состояния массива вокруг выработок – процесс динамичный. Наиболее сложной является картина перехода кровли из континуальной в дискретную среду в области сопряжения очистного забоя с подготовительной выработкой. Любые теоретические решения для этой области требуют конкретной информации о физико-механических свойствах и структуре массива, а также о реальном развитии напряженного состояния и деформационных процессах в структурах кровли для оценки уровня корректности принимаемой математической модели.

С учетом современных требований такую информацию для множества точек массива можно получить лишь с использованием методов интроскопии.

Оптимальность разрабатываемого комплекса методов для решения рассматриваемой задачи определялась следующими технико-экономическими критериями:

- а) максимальной надежностью и достоверностью прогноза;
- б) технологичностью выполнения подземных измерений;
- в) минимальными затратами времени и денежных средств.

Для разработки комплекса были выбраны геоэлектрический и геоакустический методы шахтной геофизики, поскольку из предыдущего опыта было известно, что максимальные аномальные эффекты от различных неоднородностей строения массива горных пород наблюдаются при изучении распространения электрического и акустического полей.

На первом этапе исследований для оценки степени расслоения пород кровли угольного пласта, которое является одним из важнейших параметров, характеризующих геомеханическое состояние массива, были изучены возможности акустической резонансной дефектоскопии [3, 4]. Результаты анализа теоретических и экспериментальных исследований показали весьма хорошие перспективы данного метода для прогнозирования расслоения горного массива.

Пути дальнейшего совершенствования методики прогнозирования просматривались в повышении надежности прогноза, а также сокращении времени выполнения шахтных наблюдений. В указанном контексте был испытан электрометрический (геоэлектрический) метод. Ранее при исследовании геологической нарушенности угольного пласта на электрометрических графиках отмечались аномалии, которые при очистной выемке не находили подтверждения как индикаторы нарушений пласта (размывы, сбросы и т.д.). Было высказано предположение, что данные аномалии связаны с изменениями в строении вмещающих угольный пласт горных пород. Наблюдения за поведением пород кровли в аномальных зонах показали справедливость указанной гипотезы: в указанных местах происходили вывалы пород и другие подобные процессы.

Проведенные в дальнейшем эксперименты позволили составить прогнозы расслоения кровли и выполнить сопоставительный анализ прогнозных и фактических данных на выемочном участке. На основании анализа были разработаны:

- рациональный комплекс геофизических методов для оценки геомеханического состояния кровли, в который вошли электропрофилирование (ЭП) и акустическая дефектоскопия (АРД);
- методика шахтной съемки и интерпретации результатов;
- методика прогнозирования расслоения кровли.

Шахтные измерения, согласно методике, проводятся в два этапа. На первом этапе выполняется электропрофилирование стандартной симметричной четырехэлектродной установкой по всем горным выработкам, оконтуривающим выемочный столб. По результатам первого этапа шахтной съемки выделяются аномальные зоны, потенциально связанные с участками повышенного расслоения пород кровли. Выбор для данной цели метода электропрофилирования обусловлен высокой надежностью выявления аномалий и производительностью шахтных измерений.

На втором этапе производится резонансная дефектоскопия пород кровли в выделенных аномальных зонах. В процессе акустических измерений уточняются границы аномальных участков вдоль горных выработок и определяется количество и положение ослабленных ме-

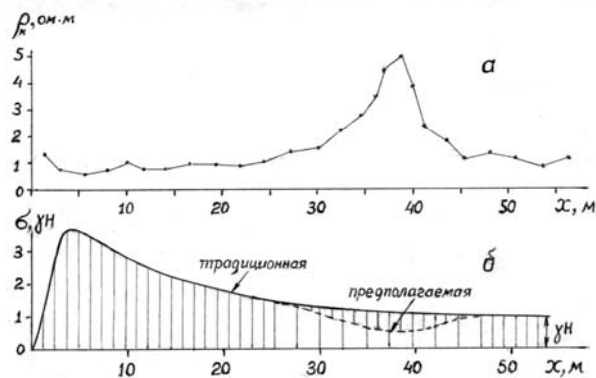
Интерпретация результатов электрометрических исследований угольного пласта впереди очистного забоя: а – график изменений кажущегося электрического сопротивления угольного пласта ρ_k в зависимости от расстояния X до линии очистного забоя; б – эпюры вертикальных напряжений σ в зоне опорного давления

ханических контактов в вертикальном разрезе [5].

На основании полученных материалов строится прогноз расслоения пород кровли в пределах выемочного поля, т.е. в формате 3D. Для повышения надежности прогноза выполняется несколько контрольных профилей методом АРД на ненарушенных участках кровли.

Предлагаемый комплекс геофизических методов можно использовать как для оценки геомеханического состояния вмещающих пород на любом участке выемочного столба, так и для контроля изменений их состояния во времени.

Анализ результатов исследований, выполненных в 10 горных выработках шахт ОАО «Ростовуголь», отрабатывающих различные угольные пласты, которые характеризуются разными горно-геологическими условиями залегания, показал хорошую корреляцию изменения характеристик геофизических полей и степени расслоения пород кровли. Наиболее важный вывод состоит в том, что по мере отработки выемочных столбов в кровле оконтуривающихся их горных выработок увеличивается количество плоскостей ослабленных механических контактов и степень их ослабления. При этом дополнительные плоскости появляются наиболее часто в породах непосредственной кровли пласта на расстоянии 1,5-3 м от кровли горной выработки, а степень ослабления достигает значений, которые характеризуют механическое состояние, пограничное с потенциальным обрушением породных слоев. Характерный случай произошел в ходке № 101 шахты «Аютинская». После отработки поля лавы № 100 в указанной выработке были проведены повторные исследования кровли методом РДА. Обработка результатов показала образование дополнительных слоев с ослабленными межслоевыми контактами и увеличение степени ослабления. Пока решался вопрос о мероприя-



тиях по охране ходка №101, произошло обрушение горных пород в районе разрезной печи. После чего в экстренном порядке было произведено усиление крепи ходка на потенциально опасных участках.

Материалы электрометрических измерений требуют дополнительного изучения, чтобы произвести однозначное толкование геоэлектрических данных. Тем не менее, следует отметить неоднократно наблюдавшиеся anomalously высокие значения кажущегося омического сопротивления угольного пласта ρ_k на расстоянии 30-50 м впереди очистного забоя за зоной повышенных напряжений в области опорного давления (рисунок).

Наиболее вероятной причиной таких аномалий скорее всего является появление участков пониженных напряжений в сравнении с геостатическими. Возможно это частные случаи реализации гипотезы «волн Вебера», дискуссия о существовании которых продолжается с 20-х годов прошлого века, и большинство специалистов по геомеханике отрицают существование этого явления, как общего для всех условий.

Однако в строительной механике решения некоторых задач о напряженно-деформированном состоянии плит указывают на наличие аналогичного эффекта при определенных условиях их защемления в массиве.

Разработанный комплекс геофизических методов предлагается для получения и уточнения информации о структуре горного массива и последствиях изменений его напряженно-деформированного состояния, которая необходима для решения геомеханических задач на выемочном участке пластового месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Писеев Н.А., Молев М.Д. Опыт планирования горных работ на основе шахтной геофизики: Уголь – 1995. №1, с. 60-61.
2. Третьяк А.Я., Молев М.Д. Состояние и перспективы подземных геофизических исследований углепородного массива. Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2000. №3, с. 96-99.
3. Молев М.Д., Матвеев В.А. Использование геофизических методов для прогнозирования проявлений горного давления в очистных забоях. ГИАБ – 2002. № 1, – М.: Изд. МГГУ. с. 70-72.
4. Молев И.Д., Матвеев В.А. Совершенствование метода геоакустической интроскопии для прогнозирования проявлений горного давления в очистных забоях. ГИАБ – 2003. № 2, – М.: Изд. МГГУ. – С. 17-19.
5. Матвеев В.А., Молев И.Д., Мосяков В.А. Геомеханическая оценка структур кровель угольных пластов в восточной части Донбасса. ГИАБ – 2001. № 8, – М.: Изд. МГГУ. – С. 113-119.

Коротко об авторах

Матвеев Валентин Александрович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ. Шахтинский институт ЮРГТУ.

Молев Михаил Дмитриевич – доктор технических наук, профессор ЮРГТУ.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ЗОЛОТАРЕВ Сергей Евгеньевич	Разработка и обоснование требований к надежности систем электроснабжения производственных предприятий добычи газа в условиях Крайнего Севера	05.09.03	к.т.н.
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
ПАХОМОВ Алексей Александрович	Оценка эколого-экономических последствий участия Российской Федерации в глобальных инициативах по созданию углеродного рынка	08.00.14 08.00.05	к.э.н.

