

*М.К. Ларин*

**Сибирский государственный индустриальный университет**

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ПРОГНОЗА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

Актуальность исследований методов прогноза участков угольных пластов, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа, состоит в относительно высокой вероятности возникновения инцидентов и аварий, связанных с газодинамическими проявлениями горного давления. По результатам анализа заключений комиссий по расследованию несчастных случаев на шахтах в Кузнецком бассейне зарегистрировано 271 газодинамическое явление.

Подземный геофизический мониторинг на участках проводимых горных выработок осуществляется по схемам продольного электропрофилирования и дипольного электромагнитного зондирования. Мониторинг выполняется на опасных пластах и пластах, подвергнутых угрозе внезапных выбросов, с периодичностью, предписываемой «Инструкцией...» по внезапным выбросам [1].

Геофизические наблюдения осуществляются с помощью аппаратных комплексов типа АЭШ, «АНГЕЛ» [2], которые позволяют регистрировать импульсные электромагнитные излучения в горном массиве на различном удалении от обнажений угольного пласта (бесконтактный метод) с целью прогноза напряженного состояния массива, выбросоопасности и установления признаков дискретного строения угольного пласта и вмещающих пород. Прогнозные оценки осуществляются по структуре распределения аномалий потенциальных электрических полей, выявляемых в краевых частях пласта и кровле выработок.

Признаками нестабильного состояния недр и состояний повышенного геодинамического риска в указанных зонах являются:

1 – участки нестабильных (во времени) значений импульсного электромагнитного излучения, выявляемые по сериям режимных или повторных наблюдений;

2 – участки локально проявленной аномально высокой интенсивности излучения;

3 – участки резких контрастных перепадов регистрируемого излучения на смежных точках профиля.

Предложенные схемы размещения датчиков систем деформационного мониторинга предусматривают возможность их демонтажа и пере-

установки на участки формирующихся геомеханических рисков.

Наблюдения по схеме электромагнитного профилирования представляют собой серии периодически повторяющихся измерений интенсивности и величины естественного импульсного электромагнитного излучения, исходящего из массива горных пород. Излучение регистрируется в замерных точках, равноотстоящих друг от друга на расстоянии 10 м вдоль оси горных выработок. С помощью указанных аппаратных комплексов типа АЭШ, «АНГЕЛ» регистрируются источники природных и наведенных импульсных электромагнитных излучений (к которым относятся и сместители геодинамически активных нарушений) на удалениях до 50 м от точек регистрации.

Метод оценки геомеханического состояния горного массива при помощи инструментальных геофизических наблюдений аппаратурой АЭШ-1 основан на зависимости электропроводности горных пород от величины горного давления (напряженного состояния пласта), степени расчленения и трещиноватости. В основе такой оценки лежит зависимость амплитуды электромагнитного поля от удельной электропроводности горных пород.

Напряженность массива оценивается по величине относительного параметра  $F$ , равного соотношению амплитуд регистрируемых электромагнитных импульсов соответственно в плоскости, перпендикулярной оси выработки ( $V_{xx}$ ), в направлениях бок – бок ( $V_{yy}$ ) и кровля – почва ( $V_{zz}$ ). Отношение амплитуд  $V_{xx}/V_{yy}$  характеризует напряженное состояние и нарушенность пласта впереди лавы (в боках выработки), отношение амплитуд  $V_{xx}/V_{zz}$  характеризует напряженное состояние и нарушенность пласта кровля – почва

При каждом единичном измерении комплексами АЭШ, «АНГЕЛ» обе рамочные антенны (приемная и передающая) поочередно устанавливаются в трех положениях: в плоскостях  $ZX$ ,  $ZY$ ,  $XY$ . При этом направление излучаемого и регистрируемого сигналов одновременно на обеих антеннах ориентируется поочередно в направлении плоскости пласта  $ZX$ , в воздушное пространство выработки  $ZY$  и в кровлю пласта  $XY$ .

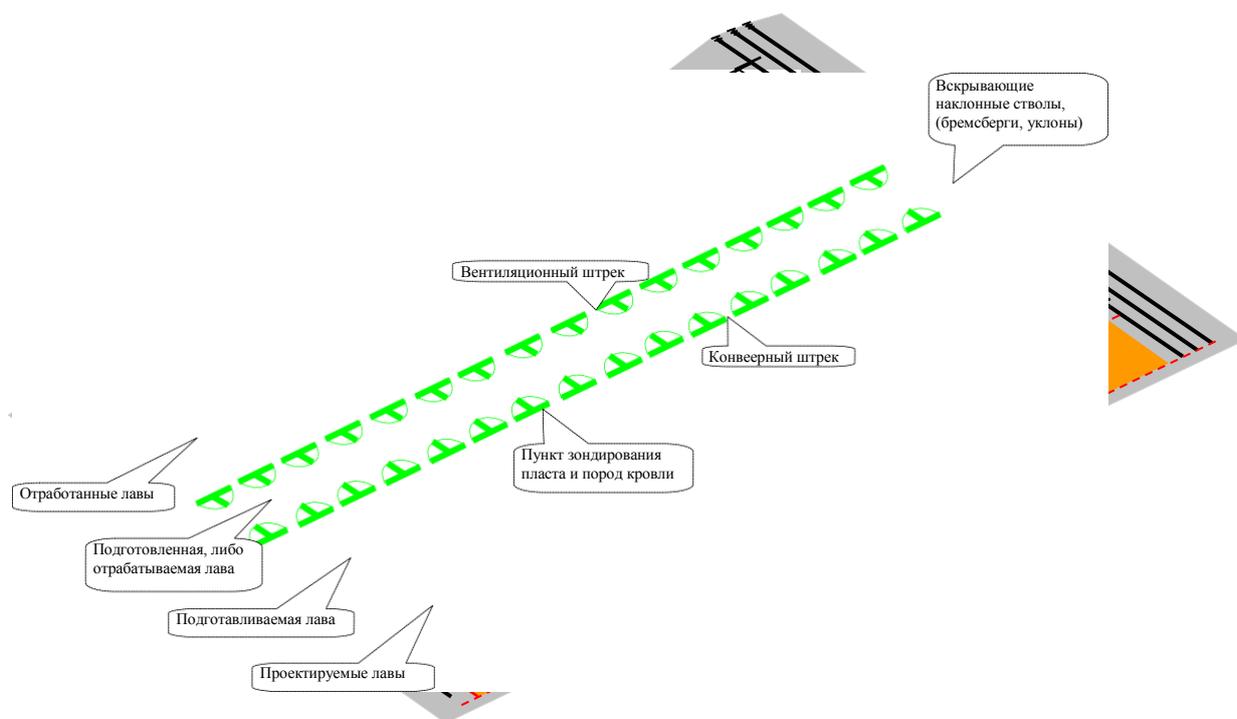
Положение антенны вдоль оси выработки (в плоскости  $YZ$ ) используется для регистрации «эталонного» уровня излучения в данной измерительной точке и при конкретной величине разности рамочных антенн. По методике численное значение эталонного уровня излучения используется для получения безразмерных параметров регистрируемых сигналов из пласта и кровли. Этот «базовый» уровень учитывает геометрический разнос установки и соответствующую ему среднюю электропроводимость вмещающей геологической толщи.

На рисунке представлена типовая схема проведения геофизического обследования для организации контроля за геомеханическим состоянием угольного пласта и пород кровли оконтуренных выемочных участков системы разработки угольных пластов длинными комплексномеханизированными забоями с целью оценки удароопасности пласта, а также выявления аномальных тектонических зон и других участков изменения геомеханических характеристик кровли.

Область контроля в типовой схеме охватывает приконтурную часть выемочного столба со стороны конвейерного и вентиляционного штреков, а по возможности – и со стороны монтажной камеры и промежуточных печей [4]. Профильные линии прокладываются по протяженности всего выемочного столба или на его каком-либо про-

блемном участке (например, в районе зон повышенного горного давления (ЗПГД), участках пересечения крупного геологического нарушения, при подходе очистного забоя к передовой выработке и др.)

Профильные линии состоят из совокупностей чередующихся по протяженности выработок микропрофилей длиной до 30 – 40 м. Каждый профиль представляет собой один пункт измерений. Среднее расстояние между пунктами измерений (центрами микропрофилей) составляет 50 – 60 м, однако на проблемных участках это расстояние может быть уменьшено до 10 – 15 м, и, соответственно, увеличено до 100 м на спокойных участках. Первичный цикл наблюдений проводится в период пуска очистного забоя в эксплуатацию и осуществляется по всему периметру выемочного столба. Вторичные наблюдения могут проводиться лишь на участках с наиболее сложной геомеханической обстановкой: перед первым обрушением пород основной кровли, в ЗПГД, на участках проявления горного давления, вблизи геологических нарушений, при подходе к передовой выработке, в межлавном целике и в опасных зонах. Перечень и очередность участков наблюдений утверждает главный инженер предприятий. Программа наблюдений включается в состав «Комплекса мер по борьбе с внезапными выбросами при отработке угрожаемых и опасных пластов» на очередной год.



Типовая схема размещения пунктов геофизического мониторинга при оценке геомеханического состояния подготовленного или отрабатываемого выемочного участка с использованием аппаратуры бесконтактного зондирования типа АЭШ-1 [2]

При проведении измерений на каждой замерной точке проводится позиционирование точек микропрофиля с привязкой их к имеющимся пикетам или с разбивкой отдельной сети привязочных точек геофизических наблюдений и их маркировка по единому правилу для всех участков наблюдений. Закрепление точек должно обеспечить возможность выполнения повторного (либо любого очередного) замера при максимально близком к начальному положению антенн (в пределах погрешности 0,2 – 0,4) как вдоль профиля, так и в сечении выработки (как правило – с соблюдением одинаковой удаленности антенн от боков выработки).

Необходимо тщательно контролировать одновременное изменение пространственного положения принимающей и излучающей рамочных антенн с поочередной ориентацией их в плоскостях  $XZ$ ,  $YZ$ ,  $XY$ . Указанная выше точность позиционирования антенн вдоль микропрофилей (не ниже 0,2 – 0,4 м) диктуется необходимостью соблюдения однотипных условий проведения начальных и всех последующих циклов измерений.

Контроль за состоянием массива в методическом плане предусматривает отслеживание динамики изменения параметров геомеханического состояния пласта и пород кровли в выбранных точках регистрации. Мерой их изменения является величина расхождения уровня регистрируемого сигнала в каждой из этих точек в первичной и последующих сериях наблюдений. Этим и объясняются требования к обеспечению наиболее точного позиционирования точек наблюдений, не превышающего указанной выше предельной погрешности.

Технология проведения наблюдений заключается в осуществлении однотипных измерительных процедур на каждой замерной точке, включающих в себя операции измерений излучаемого и регистрируемого сигналов соответственно при разном положении излучающей и регистрирующей антенн от центра на расстояния 1, 2 и до 17 – 20 м. При выполнении замеров в призабойной части выработок осуществляется разнос лишь одной из антенн от забоя выработки в сторону ее устья при неизменном положении второй антенны.

Многолетними исследованиями ВНИМИ [1] обоснованы критерии оценки напряженного состояния массива горных пород. Так, по значению показателя  $F < 1,0$  выделяется разгруженная, преимущественно трещиноватая зона в краевых частях пласта в зонах геологических нарушений. Значение показателя  $F = 0,07 \div 0,12$  соответствует высокому уровню напряженного состояния, при котором фиксируется категория «**ВЫБРОСОПАСНО**». Значение показателя  $F = 0,13 \div 0,20$  соответствует

пограничному уровню напряжений (переходу от категории «**НЕОПАСНО**» к категории «**ОПАСНО**»). Значение показателя  $F = 0,20$  указывает на плотное, но слабонапряженное (невыбросоопасное) состояние пласта. Измерения аппаратурой АЭШ-1 проводятся в режимах дипольного электромагнитного зондирования.

Таким образом, на основании результатов проводимых наблюдений выявляются зоны различного геомеханического состояния угольного пласта, разделяемые по диапазонам численных значений показателя  $F$ . Выделяются зоны пяти описанных выше качественных состояний пласта и пород кровли, включая три типа зон напряженного состояния (то есть зон аномально высоких, повышенных и умеренных напряжений), а также зоны двух уровней нарушения углей пласта и пород основной и непосредственной кровли (зон повышенной трещиноватости и наличия крупных расщелений соответственно).

Зонирование пласта по указанным признакам изменения его свойств и состояния осуществляется посредством построения графиков и диаграмм распределения показателей  $F$  в указанных диапазонах. На графиках зонирования пласта в различных цветовых гаммах выделяются зоны преобладания опасных, повышенных и умеренных напряжений, а также зоны повышенной трещиноватости и расщелений угольного пласта и пород кровли.

Существенным недостатком геофизических методов в современных угольных шахтах является необходимость остановки работы машин и оборудования, так как возникающие «шумы» не позволяют разделить сигналы от технологических процессов и импульсов массива горных пород при дезинтеграции угля и пород; а остановка работы машин и оборудования приводит к существенным экономическим убыткам.

В этой связи актуальной является научно-практическая задача создания способов и средств мониторинга состояния массива горных пород без остановки технологических процессов. Для решения этой задачи необходимо продолжить начатую работу.

**Выводы.** На основе проведенного анализа области применения и получаемых результатов измерений геофизическим способом установлено, что объем и качество получаемой в шахтных условиях информации достаточны для разработки и реализации мероприятий, обеспечивающих профилактику внезапных выбросов угля, породы и газа. Актуальной является научно-практическая задача разработки способов и средств мониторинга состояния массива горных пород без остановки технологических процессов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах. Сборник научно-нормативных документов. Научно-технический центр по безопасности в промышленности. – М.: Госгортехнадзор России, 2004. – 50 с.
2. Поляков А.Н., Мулев С.Н. Системы контроля состояния горного массива: методические указания по созданию систем контроля состояния горного массива и прогноза горных ударов как элементов многофункциональной системы безопасности угольных шахт. – Санкт-Петербург: Научно-исследовательский институт геомеханики и макшейдерского дела, 2012. – 82 с.
3. Дегазация метаноносных угольных пластов и вмещающих пород на шахтах Кузбасса. История, действительность, будущее / А.В. Ремезов, В.Г. Харитонов, А.И. Жаров и др. – Кемерово, 2012. – 848 с.
4. Трубецкой К.Н. Прогноз и предотвращение опасных газопроявлений при разработке угольных месторождений: Сб. статей / Под ред. К.Н. Трубецкого. – М.: Институт проблем комплексного освоения недр, 2011. – 131 с.

© 2018 г. *М.К. Ларин*  
Поступила 3 сентября 2018 г.