

Влияние взрывного воздействия на газодинамическое разрушение угольного пласта

Одинцев В.Н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В.Мельникова Российской академии наук, Москва, Россия

e-mail: Odin-VN@yandex.ru

Проблема предотвращения опасных газопроявлений в угольных шахтах по-прежнему остается актуальной, о чем свидетельствуют резонансные катастрофы в шахтах ряда стран. Катастрофические события связаны с внезапным появлением огромного количества свободного газа (метана), хотя изначально метан в слабо проницаемых пластах почти на 90% находится в абсорбированном состоянии внутри угольного вещества. Появление свободного метана обусловлено разрушением угольного пласта и часто последующим выбросом угля и газа в горную выработку. В работе рассматривается механизм разрушения угля за счет метана, переходящего из природного связанного состояния в свободное при взрывном воздействии на непроницаемый угольный пласт.

Исследование проводилось по двум направлениям: моделирование действия взрывной волны в дальней от взрывной скважины зоне (в зоне предразрушения геоматериала, расположенной на расстоянии более 20 радиусов скважины) и моделирование развития в этой зоне наведенных взрывной волной микротрещин за счет диффузии метана в микротрещины и развития трещин за счет давления свободного метана.

Моделирование действия взрывной волны в указанной зоне показало, что при использовании детонационных ВВ на фронте волны формируются импульсы сжатия и последующего растяжения геоматериала. При этом продолжительность импульса растяжения превышает 100мкс, а величина растяжения – несколько МПа, что достаточно для раскрытия природных дефектов в угле и образования раскрытых микротрещин.

Выход метана в эти микротрещины описывается системой уравнений, которые отражают разные физические составляющие процесса. Система уравнений включает: 1) уравнение твердотельной диффузии молекул метана из угольного вещества в микротрещину; 2) уравнение состояния свободного метана в трещине; 3) уравнение изотермы Ленгмюра, позволяющее оценить долю поверхности берега в микротрещине, свободную от адсорбированных молекул, через которую возможна диффузия молекул метана в трещину; 4) уравнение раскрытия трещины в упругой среде за счет давления свободного метана; 5) уравнение предельно равновесного состояния трещины Гриффитса-Ирвина.

Моделирование позволило выявить некоторые следствия процесса перехода метана из растворенного состояния в свободное, которые были установлены впервые. В частности, показано, что в зависимости от соотношения определяющих параметров заполняемые метаном микротрещины в одних случаях являются стабильными, в других случаях – могут начать развитие в динамическом режиме, что является необходимым условием макроразрушения угольного пласта в виде выброса угля и газа. Для последнего случая определено время подготовки трещины к динамическому развитию, которое определяется, главным образом, трещиностойкостью, газоносностью угля и значением коэффициента диффузии. Показано, что в зависимости от условий время начала развития трещин может варьироваться от нескольких секунд до нескольких часов, что соответствует натурным данным о начале спровоцированных выбросов угля и газа после взрывного воздействия на пласт.

Из проведенных модельных исследований следует, что взрывное воздействие на непроницаемый угольный пласт проявляется в образовании сравнительно крупной метастабильной области предразрушения угля, в которой наведенные микротрещины достаточно быстро заполняют-

ся свободным метаном, что создает в пласте очаг выброса угля и газа. Взрывное воздействие, следовательно, является своеобразным триггером газодинамического разрушения угля. Результаты исследований могут быть использованы при разработке мер по повышению эффективности метода сотрясательного взрывания угольного пласта, используемого иногда в шахтах в качестве технологического средства искусственного провоцирования выбросов угля и газа в опасных горно-геологических условиях и предотвращения, тем самым, неспровоцированных, внезапных выбросов угля и газа. Работа выполнялась при поддержке РФФИ (проект 18-05-00912).