

ДИСКРЕТНО-ВОЛНОВАЯ ПРИРОДА ОБРАЗОВАНИЯ
И АКТИВИЗАЦИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
НАД ОТРАБОТАННЫМИ ШАХТНЫМИ ПОЛЯМИ

В.В. Шамаев

Донецкий национальный технический университет

Стаття присвячена дослідженню природи і закономірностей деформаційних процесів в масиві. Наведено результати комплексних експериментальних досліджень в районі головної антикліналі Донбасу. На їх підставі вирішена актуальна науково-прикладна проблема створення геомеханічних основ управління станом масиву, що має важливе значення для вугледобувної галузі України.

Горные работы в большинстве горнопромышленных регионов мира ведутся на больших глубинах, в сложных горно-геологических условиях, под плотно застроенными территориями, транспортными магистралями, системами коммуникаций и иными объектами. В таких условиях ущерб от негативных последствий горных работ может значительно превышать доходы от добычи полезного ископаемого. Увеличение глубины ведения работ и продолжительности процессов деформирования массива привело к появлению явлений, необъяснимых с позиций существующих теорий. Так, при подработке объектов на глубинах значительно превышающих безопасные, многие сооружения получили значительные повреждения, в то же время, отдельные объекты, расположенные между разрушенными, не подверглись действию разрушительных деформаций [1]. Отмечается прирост случаев активизации геомеханических процессов в отработанных массивах, где горные работы завершены, и не отмечалось интенсивных процессов деформирования.

Проблема изучения природы формирования областей концентрации деформаций, механизмов их проявления на современном этапе освоения недр приобретает особую актуальность. Решение этой проблемы позволит создать геомеханические основы управления состоянием массива по результатам комплексных исследований природы и механизмов деформационных процессов с учетом дискретно-волнового характера их развития.

Процессы и явления, возникающие в геологической среде, в первую очередь, определяются свойствами среды. Для задач геомеханики такой средой является массив горных пород,

представляющий блочную структуру.

Сложившиеся до начала разработки месторождения блочные структуры возникли в результате длительной эволюции и сформировались таковыми, чтобы обеспечить наиболее экономичное, с точки зрения затрат энергии, деформирование участка земной коры. После отработки полезного ископаемого, структура массива также стремится к достижению энергетического равновесия. Механизмы формирования блочных структур на разных масштабных уровнях отличаются, определяются полями деформаций и характером преобладающего типа движения. Изменение блочной структуры приводит к изменению характера протекания деформационных, фильтрационных и др. процессов.

В результате деформационных процессов, протекающих в массиве горных пород, в нем образуются полости расслоения. Полости расслоения могут образовываться вследствие естественных или техногенных процессов. Техногенные полости расслоения, как правило, вызваны ведением горных работ. В массиве за счет изменчивости свойств как внутри слоев, так и между слоями, возникает перераспределение деформаций, величина которых в локальных объемах на один - два порядка превышает деформации в однородном массиве, что и приводит к образованию полостей расслоения. Если для условий разработки пологих пластов механизм образования расслоений в определенной степени изучен, то для сложных условий пластов крутого падения Центрального района Донбасса формирование относительно устойчивых зон расслоения долгое время имело только теоретическое обоснование.

Появление зон расслоения существенно меняет характер деформационных процессов и может вызывать их активизацию.

Поскольку массив горных пород имеет явно выраженную блочную структуру и ослаблен тектоническими нарушениями, поля деформаций распределяются неравномерно: в областях ослабления (границы тектонических нарушений, на контактах блоков) происходит концентрация деформаций, на остальных участках их относительное уменьшение (по сравнению со средними значениями). На величины горизонтальных сдвижений влияют тектонофизические процессы. Поэтому на первом этапе исследований выполнялась реконструкция тектонических полей по кинематической методике, приведенной в [2].

По результатам реконструкции тектонических полей и анализа геотехнических условий для проведения экспериментальных исследований выбрано поле шахты им. Гагарина (район главной

антиклинали Донбасса), характеризующееся сильной тектонической нарушенностью, развитой наземной и подземной инфраструктурой.

Шахтопласты этого поля опасны по внезапным выбросам и горным ударам значительной мощности (так, 15.07.1969 г. на поле шахты было выброшено 14 тыс. т. угля и около 600 тыс. м³ газа) [3].

В процессе эксперимента изучались деформационные процессы после первичной щитовой выемки, в условиях вторичной разработки пластов l_5 «Соленый», l_4'' «Девятка» и l_3 «Мазурка» в массиве до горизонта 830 м. В течение 27 месяцев осуществлялся мониторинг профилей земной поверхности, горных выработок и контроль процессов деформирования толщи массива [3]. Развитие зон трещиноватости и расслоения контролировалось микросейсмическим и сейсмоакустическим методами, мониторингом глубинных деформометров, использованием скважинного телезонда, волоконно-оптического эндоскопа, а также путем нагнетания в полости расслоения пластифицированного раствора [4].

В результате прогиба слоя, имеющего блочную структуру, появляются растягивающие напряжения, максимальные значения которых отмечаются на контактах блоков слоя, в то время как в самих блоках величины деформаций существенно снижаются, что является особенностью деформирования блочного массива.

Другой, отличительной особенностью деформационных процессов в массиве является то, что появление трещин зависит не от величины предела прочности на разрыв пород блоков, а от величины предела прочности на разрыв связующего материала, заполняющего контакты блоков. Анализ проб показал, что материал на контактах блоков представляет собой микрочастицы, и его физические свойства более соответствуют жидкости, чем твердому телу. В связи с этим, применяемые расчетные модели деформирования блочного массива не позволяют получить физически корректные результаты.

При дальнейшей подработке блочного массива местоположение трещин, как правило, не изменяется, а происходит их увеличение в глубь подрабатываемого массива до полного его рассечения (рис.1).

Исследования с помощью скважинного телезонда и волоконно-оптического эндоскопа выявили появление в слое пород прерывистых микротрещин, образующихся при значениях деформаций растяжения в диапазоне $3,25 \cdot 10^{-3} - 3,5 \cdot 10^{-3}$. Реальные (фактические) значения деформаций растяжения в компетентных слоях массива составили $3,86 \cdot 10^{-3}$, или 77,2 % от критических значений ($e_{кр} = 5,0 \cdot 10^{-3}$).

Влияние областей расслоения на характер деформационных процессов, в первую очередь, определяется их объемом. Для

определения объема полостей расслоения необходимо проинтегрировать кривую оседания и умножить на площадь основания. Тогда, объем развившихся полостей расслоения:

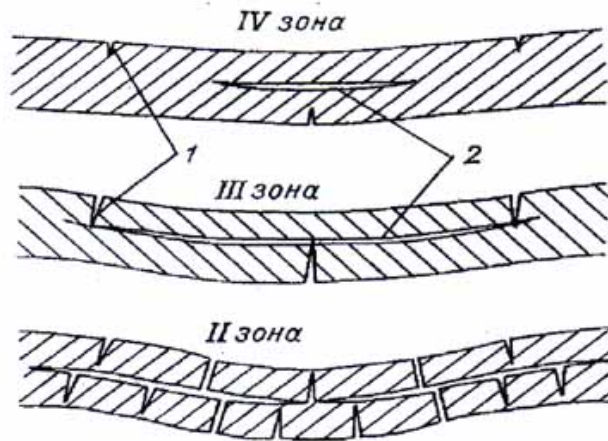


Рис. 1. Схема образования трещин и зон расслоения в массиве.

$$V_{\text{рассл}} = S_{\text{пл}} \cdot 0,2 \cdot m \cdot \int_{j=-1}^{j=+1} S_z \cdot d_z \quad (1)$$

где $\int_{j=-1}^{j=+1} S_z \cdot d_z = 0,5$ - площадь поперечного сечения полости расслоения.

Во время проведения эксперимента в области расслоения закачивался специальный пластифицированный раствор. Режим нагнетания раствора соответствовал изменениям поля деформаций [4].

Экспериментально подтверждено, что при нарушении состояния неустойчивого равновесия под воздействием природных (например, увлажнение пород) или техногенных факторов, полости расслоения разрушаются, вызывая активизацию деформационных процессов.

Установлено, что процессы сдвижения и деформирования носят циклический характер и сопровождаются образованием систем локальных трещин и полостей расслоения. Деформирование массива протекает в 4 этапа: сдвижение горных пород, развитие расслоений, смещение расслоений в пространстве и закрытие расслоений с переходом геомеханической системы в метастабильное состояние.

Исследования динамики поля деформаций в массиве также свидетельствуют о периодическом и циклическом характере изменений их величины в пространстве и времени. Длина основной волны составляет 20-30 м с наложением на нее волн длиной порядка первых метров. Указанные длины волн хорошо согласуются с

характерными размерами компетентных слоев (песчаника), а также с собственными частотами колебаний этих структурных элементов. При достижении предела текучести материала скорость деформирования в плоскости скольжения резко возрастает, т.е. плоскость скольжения сама становится генератором деформационной волны высоких частот. Если деформирование слоя породы в массиве рассматривать с позиций геодинамики, то локализация деформации неизбежна, т.к. указанный процесс является энергетически выгодным [5]. Затраты энергии на деформирование пропорциональны деформируемому объему, а при локализации деформируемый объем составляет всего несколько процентов от общего, следовательно, и затраты энергии на разрушение породы будут минимальными. Результаты эксперимента свидетельствуют, что при вторичной отработке пластов наиболее благоприятной является ориентация очистного фронта в направлении действия минимального горизонтального тектонического напряжения.

Выводы

- теоретически обосновано и подтверждено экспериментальными исследованиями, что характер развития деформационных процессов в породном массиве имеет дискретно-волновой характер;
- в нетронутом массиве и в начальных стадиях подработки массив претерпевает упругие деформации - стадия циклично-волновых деформационных процессов;
- при подработке (трещины на всю глубину слоя), массив приобретает блочную структуру - стадия дискретных деформационных процессов;
- появление трещин зависит не от величины предела прочности на разрыв пород блоков, а от величины предела прочности на разрыв материала, заполняющего контакты блоков;
- материал на контактах блоков представляет собой микрочастицы, а его физические свойства более соответствуют жидкости, чем твердому телу;
- после отработки шахтного поля процессы деформирования постепенно затухают, однако возможна их активизация за счет нарушения равновесного состояния в зонах расслоения или индуцированных тектонических деформаций.

Проведенные исследования показали, что массив следует рассматривать как многоуровневую самоорганизующуюся систему, где потеря устойчивости может происходить согласовано на нескольких масштабных уровнях, с выделением медленно и быстро протекающих деформационных процессов.

Библиографический список

1. Иофис М.А. Научные основы управления деформационными и дегазационными процессами при разработке полезных ископаемых // Изд-во ИПКОН АН СССР, Москва: 1984 - 230с.
2. Шамаев В.В., Корчемагин В.А. Реконструкция тектонических полей деформаций. // ФТВД, Киев, Наукова думка.–1998–Т.8-№4.-С.131-136.
3. Шамаев В.В. Исследование деформационных полей в массиве горных пород при отработке месторождений полезных ископаемых в сложных геотехнических условиях Центрального района Донбасса. // Препринт ИПКОН АН СССР. – Москва.- 1988 – 43с.
4. Шамаев В.В. Закономерности эволюции расслоений в массиве горных пород, обусловленные деформационными полями. // ФТВД, Киев, Наукова думка. –1990 - № 33.- С. 58-70.
5. Шамаев В.В. Развитие концепции деформационных структур в проблеме контроля и прогноза состояния массива горных пород. // ФТВД, Киев, Наукова думка. –1992 – Т. 2 - № 1.- С. 58-69.