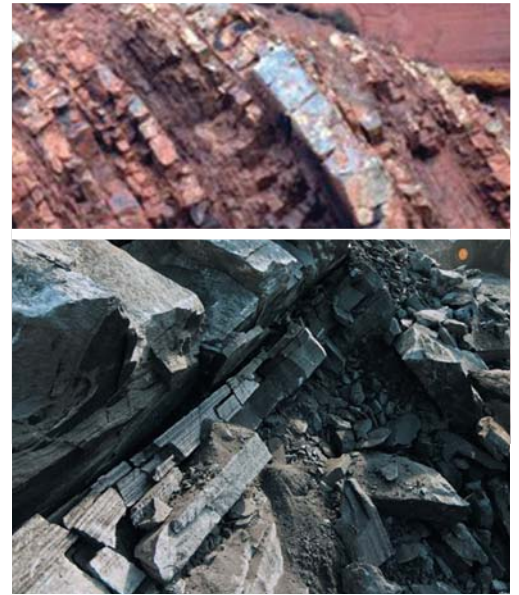


Блочное строение горной породы каменноугольной системы

Г.П. Лопухов, д.т.н., вед. научн. сотрудник, МФТИ
 М.В. Павленко, к.т.н., доцент, Горный институт НИТУ МИСиС
 А.Н. Сальников, генеральный директор ООО «Научно-практический центр «Промышленные акустические и термоимпульсные производства»



Статья посвящена развитию представлений, впервые высказанных академиком АН СССР М.А. Садовским, об иерархическом блочном строении горных пород, относящихся к каменноугольной системе.

Актуальность исследований продиктована дальнейшим развитием технологий рационального природопользования, и прежде всего разработки месторождений каменного угля с предварительным извлечением метана при помощи гидроразрыва пласта. Конструирование гидроразрыва с необходимой точностью предполагает моделирование процесса, которое невозможно без адекватной модели. Нам известно, что блочное строение горных пород, состоящих из каменноугольных пластов, рассматривалось в работах акад. АН СССР В.Н. Опарина с сотрудниками, в которых обоснована иная точка зрения на иерархическое строение.

МОДЕЛЬ БЛОЧНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

В последнее время для разработки технологий рационального природопользования при моделировании горной породы большое значение отводится блочности ее строения. Породу представляют совокупностью блоков, имеющей, согласно акад. М.А. Садовскому [1], основное отличительное свойство – совокупность блоков представляет собой иерархически самоподобную структуру.

Такая модель наиболее приближена к реальной среде и названа геофизической [2].

Геофизическая среда, в отличие от геологической, по словам А.В. Николаева, участвует в быстрых процессах, рассматривается в продолжение сравнительно коротких интервалов времени развития физических процессов [3].

При построении модели геофизической среды нужно исходить из некоторых общих представлений и понятий, которые сформулированы академиком М.А. Садовским и которым модель должна соответствовать в полной мере [5]: «Горная порода должна рассматриваться как большая открытая система, состоящая из разномасштабных отдельных, иерархически распределенных по размерам по закону геометрической прогрессии с показателем 2-5. Крупные отдельные в системе горной породы могут представлять собой целые ассоциации более мелких, реагирующие на внеш-

ние воздействия как единое целое. Система горной породы способна обмениваться массой и энергией как с внешней средой, так и между составляющими ее отдельностями. При этом ее отдельности могут достигать критической энергонасыщенности, терять устойчивость. Однако при этом свойства горной породы в целом практически не меняются; не меняется и характер энергообмена в системе. Отдельности, потерявшие устойчивость, отделены друг от друга прослойками из того же материала, что и сами блоки, но обладающего меньшей прочностью за счет либо более развитой трещиноватости (измельченности), либо за счет проникшей в них жидкой смазки (воды, углеводородов и т.п.). Возможны и другие физико-химические свойства и явления, снижающие прочность прослоек. Блоки эти

обладают определенными, измеряемыми размерами, известной энергоемкостью, занимают определенное положение в пространстве».

Блочность среды [1] приводит к тому, что описание процессов в рамках традиционной механики сплошной среды является приближением наблюдаемых явлений. Например, распространение сейсмических колебаний в массиве, имеющем блочную структуру, существенным образом зависит от соотношения между длиной волны и характерным размером блока: длинноволновые колебания распространяются так же, как и в сплошной среде (блочность проявляется только в том, что упругие характеристики среды оказываются осредненными величинами), в то время как коротковолновые колебания с длиной волны, меньшей размеров блока, испытывают отражения на границах блоков; волны преломляются, рассеиваются, объемные колебания приводят к появлению поперечных и т.д.

В своей работе [4] академик М.А. Садовский показал, что естественные блоки, выявляющиеся при изучении горных пород, обнаруживают некоторую упорядоченную иерархию преимущественных размеров.

Блочное строение земной коры, выявленное по данным геологических разломов и исследованиям распространения

сейсмических волн, имеет следующий ряд «преимущественных размеров» 10–12, 45–60, 100–120, 300–600 км. По рассеянию сейсмических волн в верхней части кристаллического фундамента Белоруссии выявлены характерные размеры мелкомасштабных неоднородностей: 4–6, 15–20, 150–250 м.

Исследованиями [1] установлено, что при проведении взрывов различного масштаба блочность исходной структуры горной породы приводит к тому, что в отличие от других эффектов взрыва размер кусков породы, образующихся при взрыве, не подчиняется закону энергетического подобия, а обуславливается исходной неоднородностью среды. Данные многочисленных взрывов (ядерных, химических) свидетельствуют о том, что для «среднего» взрыва максимумы во всех распределениях кусков породы за единичным исключением лежат в области размеров 50–100 см.

Блочность горной породы отмечена при гранулометрическом анализе грунтов. Для грунтов Забайкалья максимумы распределения частиц лежат в областях 17; 3,8 и 1 мм.

Блочность горной породы отмечена и при ее акустическом зондировании. В эксперименте [1] источником сейсмических возмущений малой амплитуды служил работающий буровой инструмент. Создаваемые при работе бурового станка сейсмические возмущения воспринимались датчиком-акселерометром, помещенным в скважину. Сигнал датчика усиливался и подавался на спектроанализатор, рабочий диапазон частот которого лежал в области 1–30 кГц. Опытами было установлено, что изменение сейсмического сигнала при его распространении не описывается простым законом дисперсии.

Прохождение колебаний по отдельным блокам приводит к тому, что среда ведет себя подобно набору резонаторов: колебания с длинами волн, сравнимыми с размерами блоков, затухают слабее волн, длина которых такова, что в блоках не могут возникнуть стоячие волны. Амплитудно-частотный спектр сигнала оказывается связанным не с формой исходного возмущения, отстоящего от источника, а со свойствами среды, характеристикой которой он может служить. Из экспериментов следует, что, несмотря на различие в условиях образования типов пород (осадочные, вулканические), основной размер отдельностей (за исключением базальта) оказывается практически одинаковым – 1,6–2 м. Отмечено также, что его нельзя связать с геологическими особенностями (условиями напластования). Высказывается предположение, что если это можно было бы сделать для осадочных пород, в которых естественным линейным размером является мощность пласта, то в туфах и базальтах такой естественный размер указать невозможно.

Таким образом, многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что горной породе присуще блочное строение. По данным работы [1], которая рассматривает приведенные результаты с позиций распределения размеров твердых отдельностей, найденные величины «преимущественных размеров» складываются в иерархический ряд, описываемый геометрической прогрессией со знаменателем, близким к 3,5.

Для анализа блочного строения горной породы были проанализированы керны, взятые при бурении скважины 2035 Павловского месторождения из интервала, относящегося к нижнему отделу визейского яруса каменноугольной системы.

Приведем краткую стратиграфическую характеристику каменноугольной системы.

Каменноугольная система осадкообразования представлена широким спектром отложений, среди которых наи-

большее распространение имеют континентальные угленосные отложения. Эта продуктивная толща в пределах структурной зоны юго-восточного района Пермского края (район г. Чернушки), где проводились работы, сложена чередующимися прослоями песчаников, алевролитов, аргиллитов, известняков и углей.

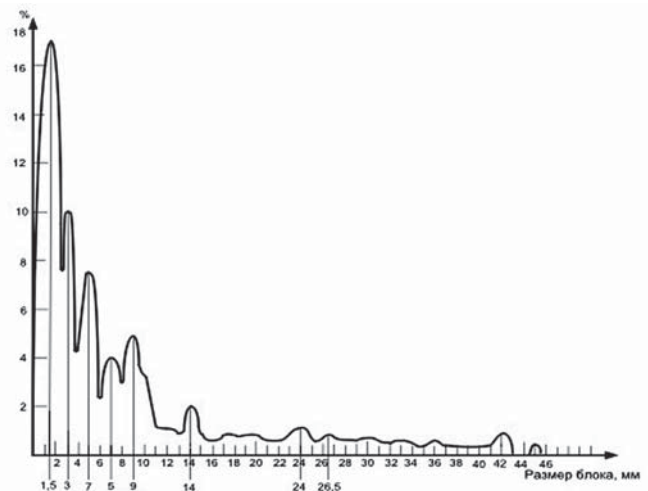
На территории Пермского края толщи горных пород, относящиеся к каменноугольной системе, на основании достаточной детальной схемы стратиграфического расчленения этих отложений представлены двумя отделами: нижним и верхним [7].

Блочное строение в пластах, относящихся к каменноугольной системе, насколько нам известно, не устанавливалось. Существующие литературные данные приведены для таких пород, как эффузивы, сланцы, песчаники, граниты [1].

Методика проведения обмеров керна материала заключалась в предварительной выбраковке из колонки керна тех его кусков, у которых сколы торцов получены в результате принудительного отрыва при заполнении керноприемника во время бурения с отбором керна, также не производился обмер кусков, полученных в результате распила. Согласно [4], размер блока брался равным среднегеометрическому из максимального L_{max} и минимального L_{min} его размеров вдоль оси выбуривания:

$$L = (L_{min}L_{max})^{0.5}$$

Таким образом, были получены распределения размеров кернов в миллиметровом диапазоне. Керны взяты из интервала залегания 1019–1026 м, относящегося к карбонатным отложениям верейского горизонта верейского подъяруса московского яруса среднего отдела каменноугольной системы. Было произведено 1086 обмеров. Распределение, приведенное на рисунке, четко демонстрирует полимодальное, согласно акад. М.А. Садовскому, распределение отдельностей.



Распределение блоков отдельностей в миллиметровом диапазоне

Анализ распределения размеров кернов показал, что существует 3 ряда «преимущественных размеров» в миллиметровом диапазоне: I – 1,5; 5; 14; 42; II – 3; 9; 26,5; 82; III – 7; 20 (24); 65 мм. Среднее отношение соседних преимущественных размеров L_k и L_{k+1} находится в пределах $L_{k+1}/L_k = 3–3.08$.

В работе акад. В.Н. Опарина и его учеников [6] приведено другое отношение преимущественных размеров, которое равно корню квадратному из 2. Следовательно, надо продолжать накапливать экспериментальные данные. И однозначного ответа на вопрос, какова блочно-иерархическая модель горной породы, пока не получено.

Установленная в наших экспериментах закономерность блочно-иерархического строения горной породы имеет непосредственную связь с производством. В том числе и с высокопроизводительными технологиями разработки газоносных низкопроницаемых угольных пластов, разработка которых без применения специальных мероприятий по снижению выделения метана практически неосуществима. Практика реализации проектных решений по отработке низкопроницаемых газоносных угольных пластов показала, что известные схемы заблаговременной подготовки требуют создания и использования принципиально новых технологий для эффективной и безопасной отработки [8]. Типичным недостатком традиционных технологий воздействия на угольный пласт является невозможность осуществить гибкое управление трещинообразованием при использовании внешних воздействий. В ряде случаев традиционные способы не позволяют осуществить интенсивную газоотдачу из угольных пластов до требуемого уровня остаточного метаносодержания, который заложен в технологические процессы выемки угля. Эффективным методом усиления газоотдачи является вибровоздействие, осуществляемое с помощью современных технологий. В технологиях вибровоздействия, приводящих к эффективному и регулируемому трещинообразованию, важную роль играет дизайн-проект, основанный на модели горной породы и способах вибровоздействия на угольный пласт. Воздействие на пласт можно проводить с дневной поверхности двумя способами:

- через скважину, заполненную водой после гидровоздействия, с установленным на устье источником упругих колебаний;
- с использованием наземных источников упругих колебаний.

Используя модель горной породы, отвечающей реальным условиям, можно выбрать технологические параметры вибровоздействия (амплитуду, частоту, темп закачки волновой энергии и др.), а также осуществить управляемое воздействие и тем самым регулировать трещинообразование. Дополнительная трещиноватость является необходимым условием для более глубокой дегазации угольных пластов.

На основе анализа распределения размеров кернов, взятых при бурении скважины из верейского горизонта верейского подъяруса московского яруса среднего отдела каменноугольной системы, получено полимодальное распределение размеров отдельностей, среднее отношение соседних преимущественных размеров находится в пределах 3,0–3,08.

Показана непосредственная связь полученных закономерностей с практическим применением в технологии дегазации низкопроницаемых угольных пластов.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ:

1. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. О свойстве дискретности горных пород // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1982. №12. С.3-18
2. Садовский М.А. Новая модель геофизической среды // БАН, 1986. N2, София
3. Нигматуллин Р.И. Основы механики гетерогенных сред // М.: Наука, 1978. -336 с.
4. Садовский М.А. О распределении размеров твердых отдельностей // ДАН СССР, т.269, N1, 1983, с.69-72.
5. Садовский М.А. Новая модель геофизической среды // БАН, 1986. N2, София
6. Опарин В.Н. и др. Геомеханические и технические основы увеличения нефтеотдачи пластов в виброволновых технологиях / – Новосибирск: Наука, 2010–404 с.
7. Кулагина Е.И., Пазухин В.Н. Новая граница турнейского и визейского ярусов в разрезах южного Урала // Геологический сборник № 4, Институт геологии Уфимского научного центра РАН, Информационные материалы, с.87–94.
8. Васючков Ю.Ф., Павленко М.В. Метод интенсификации газоотдачи с использованием волновых полей // ГИАБ. 1998. № 4. С. 107–108.

20-21 октября 2016

III МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА В XXI ВЕКЕ

РЕКЛАМА

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Безопасность предприятий металлургической отрасли
- Безопасность горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий
- Безопасность предприятий нефтегазовой отрасли

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Безопасность труда и промышленная безопасность
- Современные информационные системы безопасности
- Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность
- Организация и тактика горноспасательных работ
- Аэрологическая безопасность горных предприятий и подземных сооружений
- Надзор и контроль в сфере промышленной безопасности



**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

199106, Россия, Санкт-Петербург, 21 линия ВО, д.2
 тел: + 7(812) 328-86-31, 328-86-05, 328-86-45
 факс: + 7 (812) 327-69-21

e-mail: safety-2014@yandex.ru,
 kovaleva_an@mail.ru
 www.spmi.ru/nsciarticle/nsciarticle_5359