

УДК 622.272

И.И. Кайдо

**О ПРИРОДЕ ЯВЛЕНИЯ ЗОНАЛЬНОЙ
ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД ВОКРУГ
ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК (ГИПОТЕЗА)**

*Диалектика науки: физическая теория
рождается и умирает как гипотеза.
Автор*

Современная геомеханика претерпевает существенное изменение базовых научных представлений вследствие открытия новых, ранее неизвестных физических явлений: «зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок» (авторы Е.И. Шемякин, М.В. Курленя, В.Н. Опарин, В.Н. Рева, Ф.П. Глушихин, М.А. Розенбаум, Э.А. Троп) [1-3], «скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах» (авторы И.Т. Айтматов, К.Т. Тажибаев) [4] и «возникновения самонапряженного состояния горной породы, сформировавшейся под действием внешних сил» (авторы Л.Н. Репников, Б.А. Картозия, А.И. Морозов) [5]. Каждое из открытий существенно изменяет представление о геомеханических процессах в подземных горных выработках. Однако, если для открытий «скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах» и «возникновения самонапряженного состояния горной породы, сформировавшейся под действием внешних сил» существуют физические обоснования [6-9], то для явления «зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок», по сути, его нет.

Явление или эффект «зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземной выработки» (ЗД) в физической картине мира представляет собой одну из сложнейших проблем для описания на базе современных представлений физики.

Фундаментальная сложность этого явления становится очевидной, если рассматривать ее с учетом гносеологических апорий Зенона, касающихся попыток описать движение на вербальном уровне обыденного языка. Известно, что невозможность разрешения апорий классики математической физики Ньютон и Лейбниц сместили в область бесконечно малых величин, свойства которых абсолютно противоречивы. Прикладные науки, использующие математический аппарат дифференциального и интегрального исчисления всегда содержат возможность проявления противоречий при описании и интерпретации результатов математических моделей.

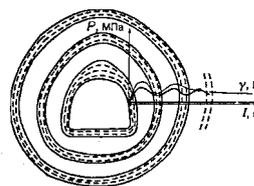
Модель любого физического явления всегда несет на себе отпечаток научного мировоззрения ученого. Известно афористическое выражение для проблемы поиска внеземных цивилизаций: «Если ты не знаешь, что ищешь, - то, как найдешь? Если ты знаешь, что ищешь, - то зачем ищешь?»

Схема явления зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок [3]

С явлением ЗД возникают аналогичные вопросы. Какова физическая сущность явления? В каких условиях она проявляется? Какими пространственно-временными и энергетическими параметрами характеризуется? Как и в какой степени изменяются другие геомеханические процессы, когда проявляется зональная дезинтеграция? Очевидно, что без ответа на эти вопросы, без научного обоснования и разработки модели явления будет существовать барьер для дальнейшего широкого изучения и практического использования явления ЗД в проектировании горных работ, связанных с управлением состоянием массива.

Авторы открытия экспериментально установили, что «при проведении подземных выработок в массиве горных пород, на соответствующих предельному напряженному их состоянию (больших глубинах) вокруг горных выработок образуются кольцеобразные чередующиеся зоны слабо нарушенных и разрушенных пород» [3].

«Суть этого явления состоит в том, что вокруг подземных выработок, расположенных на глубине, при которой гравитационная составляющая напряжений близка к пределу прочности пород на одноосное сжатие либо превышает его, происходит образование кольцеобразных чередующихся зон ненарушенных и разрушенных пород. По существу наблюдается эффект "квантования" геомеханической энергии вокруг подземных полостей, указывающий на существование дискретного набора их диаметров устойчивого или квазиустойчивого состояния (рисунок)» [3].



Количественные параметры явления представлены масштабным фактором явления зональной дезинтеграции – постоянным отношением радиусов r двух соседних зон равным $\sqrt{2}$ и параметром толщины оболочки интенсивной мелкомасштабной дезинтеграции Δr . Для расчета геометрических параметров зональной дезинтеграции авторы предложили формулы

$$r_i = \alpha^i r_0, \Delta r_i = (0,05 - 0,11) r_i$$

где i – номер зоны дезинтеграции, отсчитываемый от контура выработки, $\alpha^i = \sqrt{2}^i$ – модуль масштабного фактора; Δr_i – толщина оболочки мелкомасштабной дезинтеграции.

Инвариантность геометрических параметров явления зональной дезинтеграции зафиксирована в их независимости от каких-либо физических величин, включая время.

Это указывает на недостаточное познание сущности явления, неясность в представлениях физических процессов движения и перераспределения взаимодействий на различных масштабных уровнях структуры массива горных пород, в результате которых объективируется явление зональной дезинтеграции массива вокруг выработки.

Попытки раскрытия сущности явления методами механики сплошных сред [10-13] позволяют только констатировать формирование в процессе перераспределения напряжений в массиве вокруг выработки зон с различными деформационными и прочностными свойствами, которые принципиально отличаются от явления ЗД.

Некоторый оптимизм приближения к пониманию сущности явления ЗД вселяет бурное развитие методов физической мезомеханики [14].

«Эта теория, по существу, применима к любым неоднородным деформируемым твердым средам, независимо от типа нагружения и величины масштаба. Кроме того, физическая мезомеханика позволяет описать все стадии деформации, включая стадию разрушения, на единой теоретической основе. Эти особенности делают теорию привлекательной для различных инженерных приложений.

Необходимо отметить, что такая универсальность физической мезомеханики обусловлена тем, что теория построена на наиболее фундаментальном уровне науки - она основывается на принципе калибровочной симметрии» [15, 16].

Как считает С. Йошида, различные понятия физической мезомеханики можно объяснить с рациональной точки зрения с использованием аналогии с электродинамикой. Например, прослеживается аналогия между волной пластической деформации и электромагнитной волной, как векторами Умова-Пойнтинга, несущими энергию поля [17].

Однако следует критически заметить, что электродинамика Максвелла построена на фундаменте гипотезы сплошности среды, обеспечивающей возможность дифференциального представления явлений. А явление ЗД по сути, как отмечают авторы открытия, является процессом «квантования», т.е. имеет характер дискретизации, кластеризации. В действительности физика геомеханических процессов должна начинаться от рассмотрения структуры горных пород с самого низшего физического уровня – кластеров состоящих из атомов (ионов), которые кроме хорошо извест-

ных кристаллических и аморфных форм, способны создавать замкнутые пространственные оболочки по типу Фуллерена [18].

Гипотетически можно считать: физическая природа явления ЗД заключается в том, что в процессе деформирования горных пород вокруг подземных горных выработок при напряжениях, соответствующих энергии активации перестройки кристаллической решетки минералов горных пород, реализуется формирование кластерной оболочки из атомов, подобно Фуллерену. Таким образом, механизм явления ЗД представляет собой формирование макрообъекта (кластерной оболочки) из элементов наноуровня вещества. Данная гипотеза о природе явления ЗД позволяет выстроить объяснение его особенностей и параметров.

Следует уточнить, что явление ЗД начинается не на расстоянии от контура выработки, а непосредственно вблизи её контура. Первая кластерная оболочка формируется как поверхность, полностью охватывающая сечение выработки и имеет форму близкую к круговой. Это замечено многими исследователями и возможны варианты этого процесса. Например, как формирование зоны пластического состояния, зоны разрушенных пород и пр. Существенно, что эта граница зон известна давно и достаточно исследована.

Если же гипотетически представить, что эта граница является кластером, то становится очевидным его целочисленная (по количеству элементов) особенность. Круговая форма оболочки соответствует наиболее совершенной конструкции противостоящей всесторонним сжимающим силам. Принципиально следует считать радиус этой первой зоны дезинтеграции равным r_0 в модели явления ЗД.

Круговая форма поперечного сечения оболочки требует отдельного рассмотрения постольку, поскольку объяснение этого факта раскрывает сущность модуля масштабного фактора $\alpha^i = \sqrt{2^i}$.

Начало развития явления ЗД реализуется непосредственно в массиве впереди забоя выработки. В данных условиях геомеханические процессы имеют выраженный трехмерный пространственный характер. Следовательно, кластерная оболочка имеет форму полусферы. Дальнейшее продвижение забоя выработки перемещает эту полусферу, а в массиве в сечении выработки формируется круговая цилиндрическая оболочка, состоящая из «поясков» полусферы, в которых пентагонные элементы, необходимые для сферической оболочки, преобразуются в гексагональные, обеспечивающие цилиндрическую форму оболочки с сохранением величины радиуса.

Необходимо сделать следующее замечание. Трехмерность физического пространства доказана многими исследователями. В частности Эренфест показал, что другое количество измерений делает модель мира неустойчивой [19]. Удивительно, что и великая теорема Ферма, доказанная совсем недавно, утверждает исключительность трехмерного мира для целочисленных структур, одной из которых являются кластерные сферические оболочки.

Если предположить, что элементы на поверхности кластера распределены равномерно и их целое число, то следует вывод о том, на каком расстоянии от первой сферической оболочки должна располагаться вторая, обладающая аналогичными свойствами: это минимальное расстояние, соответствующее удвоению площади (числа элементов) равно $r_0 \sqrt{2}$.

Возможно, что для явления ЗД действует принцип подобный принципу Гюйгенса. Цилиндрические кластерные оболочки формируются и существуют как суперпозиция бесконечного количества виртуальных сферических кластеров, в которых реальными являются только «пояски». Этот момент принципиально важен, если учесть тот факт, что микромир в основе своей представлен как флуктуации физического вакуума в виде виртуальных частиц, часть из которых остается в реальности.

Следует заметить, что описание явления ЗД с позиции кривизны пространства [20] не лишено здравого смысла, если попробовать рассмотреть проблему, как формирование глубинной матрицы-плана явлений реального мира, что в прочем близко к метафизическим представлениям.

Рассмотрим теперь последний геометрический параметр явления ЗД – протяженность (толщина) слоя интенсивной трещиноватости (мелкомасштабной дезинтеграции) Δr . Эта величина, как считают авторы открытия, оценивается по формуле

$$\Delta r_i = (0,05 - 0,11)r_i.$$

Если учесть, что $r_1 = r_0 \sqrt{2}$, то внешняя граница слоя r_b будет удалена от выработки на расстояние $r_b = (1,48 \div 1,56) r_0$. Числовой интервал близок к известному числу (модулю) золотого сечения $\Phi = 1,618$. Многие явления реальности стремятся в реализации вблизи модуля гармонического отношения Φ [21]. Можно предположить закономерность близости числовых значений параметра явления ЗД к модулю золотого сечения.

Гармония явления ЗД возможно заключается в том, что для формирования кластерной цилиндрической (состоящей из поясков сферы) обо-

лочки требуется энергия, накопленная в слое, толщина которого соответствует модулю золотого сечения. В этом слое активируется движение элементов вещества, что проявляется в формировании микро и макротрещин, наблюдаемых визуально [22-26] или регистрируемых геофизическими методами [26].

В геомеханике хорошо известна зависимость интенсивности процессов деформирования горных пород от масштабного фактора. Для явления ЗД масштабный фактор также должен иметь значение. Прежде всего, абсолютный геометрический размер выработки предопределяет подвижность соответствующих структурных отдельностей массива. Кроме того, воз-

можно существует некоторое критическое соотношение геометрических параметров выработки, структурных элементов массива и напряженного состояния, при котором реализуется явление ЗД.

Рассмотрим явление ЗД с практической стороны. Если массив дезинтегрируется зонально, то целесообразно определить, как изменяются процессы перераспределения напряжений, деформирования и смещения в выработки. Какими должны быть крепи. Какие способы управления состоянием массива следует применять. Как изменяются процессы газовыделения из массива. Как модифицируются динамические и газодинамические явления.

Автор будет признателен всем, кто примет участие в дискуссии о природе явления зональной дезинтеграции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушихин Ф.П., Шклярский М.Ф., Рева В.Н., Розенбаум М.А. Новые закономерности разрушения горных пород вокруг выработок // Шахтное строительство - 1986. - N2. - С. 11-14.
2. Открытие № 400 СССР. Явление зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок / Е. И. Шемякин, М. В. Курленя, В. Н. Опарин, В. Н. Рева, Ф. П. Глушихин, М. А. Розенбаум. - Оpubл. В БИ, 1992, № 1.
3. Курленя М.В., Опарин В.Н. Проблемы нелинейной геомеханики. Ч. I и II // ФТПРПИ. - 1999. - № 3. и ФТПРПИ. - 2000. - №4.
4. Айтматов И.Т., Тажибаев К.Т. Явление скачкообразного освобождения остаточных напряжений в горных породах: Диплом на научное открытие (№ 90, № А-109 от 29.04. 1998 г.), выданное Международной ассоциацией авторов научных открытий и Российской Академией естественных наук.
5. Открытие №162, РФ. Явление возникновения самонапряженного состояния горной породы, сформировавшейся под действием внешних сил/ Л.Н. Репников, Б.А. Картозия, А.И.Морозов. - М.: РАЕН, 2001.
6. Айтматов И.Т. Концепция о естественном напряженно-деформированном состоянии породных массивов в мобильных горно-складчатых областях // Напряженное состояние и удароопасность массивов горных пород на рудных месторождениях Средней Азии. - Фрунзе: Илим, 1983.
7. Айтматов И.Т. Геомеханика рудных месторождений Средней Азии. - Фрунзе: Илим, 1987.
8. Айтматов И.Т. Напряженное состояние скальных массивов горных пород в верхней части земной коры в сейсмоактивных районах Средней Азии и Юго-Восточного Казахстана // Геомеханические условия и динамические проявления горного давления на рудниках Средней Азии. - Фрунзе: Илим, 1981.
9. Морозов А.И. Самонапряженное состояние горных пород. - М.: МГУ. -2004. - 288 с.
10. Рева В.Н., Тропп Э.А. Уруго-пластическая модель зональной дезинтеграции окрестности подземной выработки // В сб.: Физика и механика разруш. горн. пород

примен. к прогнозу динам. явлений. - СПб.: ВНИМИ, - 1995. - С. 125-130.

11. *Метлов Л.С., Морозов А.Ф., Зборщик М.П.* Физические основы механизма зонального разрушения пород в окрестности горной выработки// ФТПРПИ. - 2002. - №2. - С. 55-60.

12. *Чаньшев А.И.* К исследованию явления зональной дезинтеграции горных пород// Напряженно-деформированное состояние массива горных пород. - Новосибирск: ИГД, 1988. - С. 3-8.

13. *Белоусова О.Е.* Математическое моделирование процесса разрушения вокруг цилиндрической выработки. Автореф. дис. ... к.т.н. ИГД СО РАН.- Новосибирск. 2007.

14. *Панин В.Е.* Физические основы мезомеханики среды со структурой // Изв. вузов. Физика. - 1992. - Т. 35. - № 4. - С. 5-18.

15. *Йошида С.* Физическая мезомеханика как полевая теория// Физ. мезомеханика. - 2005. - Т. 8. - № 5. - С. 17-22.

16. *Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Егорушкин В.Е., Бухбиндер И.Л., Кульков С.П.* Спектр возбужденных состояний и вихревое механическое поле в деформируемом кристалле // Изв. вузов. Физика. - 1987. - Т. 30. - № 1. - С. 34-51.

17. *Йошида С.* Интерпретация мезомеханических характеристик пластической деформации на основе аналогии с теорией электромагнитного поля Максвелла // Физ. мезомеханика. - 2001. - Т. 4. - № 3. - С. 29-34.

18. *Фуллерены — основа материалов будущего*//Трефилов В.И., Шур Д.В., Тарасов Б.П., Шульга Ю.М., Черногоренко А.В.,

Пишук В.К., Загинайченко С.Ю. - Киев: ИГМ НАНУ и ИГХФ РАН, - 2001, - 148 с.

19. *Горелик Г.Е.* Почему пространство трехмерно? М.: Наука. -1982.-168 с.

20. *Гузев М.А., Парошин А.А.* Неевклидовая модель зональной дез-интеграции горных пород вокруг подземных выработок// ПМТФ. - 2000. - №3. - С. 181-195.

21. *Шевелев И.Ш., Марутаев М.А., Шмелев И.П.* Золотое сечение: три взгляда на природу гармонии. - М.: Стройиздат, 1990. - 343 с.

22. *Зональная дезинтеграция горных пород вокруг подземных выработок. Ч.1: Данные натурных наблюдений / Шемякин Е.И., Фисенко Г.Л., Курленя М.В., Опарин В. Н. и др. // ФТПРПИ. - 1986. - №3.- С. 3-15.*

23. *Кузьмич О.Ю.* Некоторые особенности трещинообразования в массиве вокруг подготовительных выработок.// Угольная промышленность СССР. Реф. На картах. ЦНИЭИуголь. - Вып. №7. - 1989.

24. *Морозов А.Ф., Юскевич А.М.* Флуктуации зональной дезинтеграции осадочных пород вокруг подготовительной выработки // Уголь Украины. - 1991. - №7. - С. 36-39.

25. *Шмиголь А.В., Кириченко В.Я., Бучатский С.М., Рева В.Н.* Шахтные исследования характера разрушения слабых пород на шахтах Западного Донбасса.// Шахтное строительство.- С. 11-12.

26. *Курленя М.В., Опарин В.Н.* Скважинные геофизические методы диагностики и контроля напряженно-деформированного состояния массивов горных пород. — Новосибирск: Наука, 1999. **ИДБ**

Коротко об авторе

Кайдо И.И. – кандидат технических наук, доцент кафедры ПРГМ, Московский государственный горный университет.

Рецензент проф. докт. техн. наук *Ю.Н. Кузнецов.*

