

УДК 622.272

**И.И. Кайдо**

## **НОВЫЕ АСПЕКТЫ ЯВЛЕНИЯ ЗОНАЛЬНОЙ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ МАССИВА ВОКРУГ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК**

*Описаны новые аспекты явления зональной дезинтеграции массива вокруг подземных выработок, раскрывающие его сущность. С использованием пары философских категорий конвергенции и дивергенции объясняется закономерность явления. На основании закономерностей формирования кластерных наноструктур и идеи о самосогласованном поле обоснована адекватность параметров Курлени-Опарина определяемых модулем масштабного фактора  $2^{1/2}$ .*

*Ключевые слова:* Горная выработка, массив горных пород, кластеры, зональная дезинтеграция, конвергенция, дивергенция, напряженное состояние, самосогласованное поле, траектории главных напряжений, фуллереноподобные оболочки.

---

Эффект зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок [9,10] - первое физическое явление, для объяснения которого требуются философское осмысление и разработка физической модели с привлечением аппарата квантовой механики. Связано это с тем фактом, что диалектическая взаимосвязь явления зональной дезинтеграции и его сущности может быть раскрыта только при аналитическом углублении с макроуровня явления (массива горных пород) в микроструктурные уровни не только горных пород (минералов, кристаллов), но ещё глубже – в структурные уровни атомарного вещества и физических полей. Только таким образом явление зональной дезинтеграции, как сложное событие физического мира, может быть представлено адекватной моделью.

Как отмечено в [8], «Научная теория объясняет явления посредством сведения их не к наглядному, а к самим действительно существующим базисным структурам, т.е. к сущности

этих самых объясняемых явлений», при этом «Важно понимать, что научное знание в собственном смысле слова... позволяет строить объяснения, и именно эти объяснения являются практически значимыми».

В философском аспекте существенна особенность сложных явлений, которая состоит в том, что чем более специфичен механизм некоторого явления, тем реже оно должно реализовываться. Эта особенность присуща явлению зональной дезинтеграции. За четверть века с момента открытия нет ни модельных экспериментов, ни натурных исследований, однозначно демонстрирующих явление и подтверждающих справедливость параметров явления Курлени-Опарина, в частности, модуля масштабного фактора зональной дезинтеграции  $2^{1/2}$  [7, 9].

Для системного философского описание развития мира как системы используется пара категорий конвергенция-дивергенция [11].

Дивергенция и конвергенция – процессы, реализующие свойство це-

лостного объекта разделяется на части и объединяться в новое целое. Феномены дивергенция и конвергенция – проявление диалектики дискретного и непрерывного в целом, состояния и динамики объектов физического мира. «Все отделяется друг от друга и вновь соединяется»-утверждал Гераклит Эфесский (V веке до н.э.) [11].

Представления о дивергенции и конвергенции являются краеугольными в концепциях устойчивости (неустойчивости, нестабильности), равновесия, развития дискретности и целостности. Без осмысления сути данных понятий и их взаимосвязи трудно построить теоретически обоснованную и достаточно полную модель явления зональной дезинтеграции.

«Дивергенция ведет в принципе к неустойчивости. А конвергенция – итог действия сродства, это открытие возможной, потенциальной и реальной целостности, единства»[11].

«Дивергенция и конвергенция выступают в пространстве возможностей как некие фазы состояний, прежде, до того еще, целого объекта. Он делится в ходе дивергенции на составные части и ветви (как на дереве), точнее, - на новые направления изменений и т.п. Соответственно, конвергенция – это тоже новое качество, продукт соединения, синтеза и интеграции...» [1].

Какое конкретное содержание философские понятия дивергенция и конвергенция имеют в проблеме описания явления зональной дезинтеграции горных пород вокруг подготовительной выработки? Термин конвергенция имеет распространение в отечественной и зарубежной научно-технической литературе – означает смещение массива в выработку. Если рассматривать массив как целостный объект, то формирование в нем выработки представляет собой наруше-

ние целостности. Конвергенция реализует свойство массива восстанавливать целостность. Выработка – пустота, а «природа не терпит пустоты»... Конвергенция, казалось бы, уничтожает пустоту, но в реальности происходит её дивергенция. Массив в процессе конвергенции разрушается: от него отделяются части, в нем образуются новые трещины или раскрываются существовавшие ранее. Таким образом, одновременно с конвергенцией массива происходит дивергенция пустоты. Особой новизны в таком представлении геомеханических процессов нет. В физике известна дырочная проводимость полупроводников, в описании свойств кристаллов используется понятие вакансий. Однако для осмысления явления зональной дезинтеграции важно принять философскую систему противоположностей дивергенции и конвергенции, поскольку формирование структур физического мира описывается с их использованием. Кроме того, в процессе формирования структур физического мира реализуется принцип гармонических отношений частей и целого (золотое отношение), что имеет место и в явлении зональной дезинтеграции массива вокруг подготовительных выработок [5-7].

В работе [2], раскрывающей принципы и методы управления рисками (управление состоянием массива, по сути, и есть одна из дисциплин горной науки, которая управляет рисками в подземной геотехнологии) показано, что «система, порождающая событие, является сложной, поскольку от простых систем естественно было бы ожидать прозрачности и предсказуемости, с одной стороны, и единообразного поведения – с другой. А поскольку практически все сколь-нибудь важное или интересное в природе, так или иначе, связано со

сложностью, то лежащие в ее основе механизмы должны быть просты и универсальны».

Если понимать под словами «просто и универсальны» указание на микро уровень вещества, т.е. атомарный уровень вещества и соответствующих физических полей, то становится очевидной целесообразность привлечения представлений и методов квантовой механики для разработки адекватной модели явления зональной дезинтеграции.

Для познания сложных явлений эффективно использование метода аналогий, что убедительно демонстрируется при обосновании параметров Курлени-Опарина [9, 10].

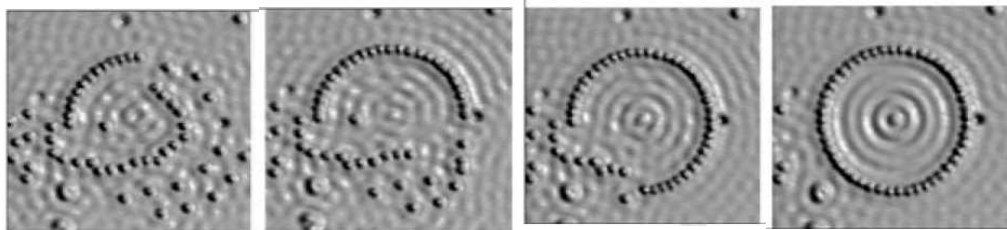
В математическом аспекте сложность описания явления выражается в нелинейности связей, обусловленной неприменимостью принципа суперпозиции, присущего простым системам и явлениям. Не случайно, явление зональной дезинтеграции является ключевым звеном «Нелинейной геомеханики» [10].

Как известно [3], сущность квантовой механики состоит в том, что в микромире нет возможности раздельного описания частиц и волн. Возможности экспериментального определения положения частицы и её импульса принципиально ограничены неопределенностью Гейзенберга. Возможно только вычислить вероятность положения частицы, для чего предложено уравнение Шрёдингера. В основе теории молекулярных орбиталей лежит представление о том, что электронная орбиталь в атоме описывается волновой функцией. Квантовая механика позволила объяснить, как при протекании химической реакции атомные орбитали преобразуются в молекулярные. Подобно большинству известных нам типов волн, волновые функции электронов в ор-

биталиях претерпевают интерференцию: орбитали в молекулах можно представить как результат интерференции волновых функций атомов. Твердые тела, включая и горные породы, образуются из атомов и ионов, когда энергия их близка к минимальному значению. Таким образом происходит формирование кристаллической или аморфной структуры твердых тел.

К сожалению, уравнение Шрёдингера для атома, содержащего более одного электрона, и тем более для многоатомных систем не может быть решено в аналитическом виде. В связи с этим в квантовой механике разрабатываются приближенные методы, одним из которых является метод самосогласованного поля [12]. Идея этого метода заключается в том, что каждый электрон в атоме рассматривается как движущийся в самосогласованном поле, создаваемом ядром вместе со всеми остальными электронами. Вместе с тем этот метод может применяться не только в атомной физике, но и для систем взаимодействующих частиц. Следовательно, применительно к проблеме описания явления зональной дезинтеграции можно рассмотреть, в общих чертах, возможности метода самосогласованного поля.

По сути, метод самосогласованного поля для иерархически устроенных твердых тел, включая горные породы, дает возможность формировать представление о физической природе целостности кластеров различных уровней, о прочности связей структурных элементов. Электромагнитное взаимодействие на атомарном уровне вещества формирует наноструктурные элементы высокой прочности, поскольку внешнему воздействию сопротивляются все элементы совместно через самосогласованное поле.



**Рис. 1. Набор последовательных изображений, полученных на сканирующем туннельном микроскопе, которые иллюстрируют процесс формирования «квантового загона» из 48 атомов Fe, адсорбированных на поверхности меди**

Когда из наноструктурных элементов формируются кластеры, то взаимодействие элементов или связь самосогласованных полей реализуется только в местах сближения элементов, необходимых для возникновения связей. Таким образом, только часть свободной поверхности наноструктурных элементов участвует в формировании целостности кластера. Аналогично происходит формирование прочности кластеров и других структурных уровней.

Самосогласованное поле можно представить как жидкость. В качестве примера можно рассмотреть опыт возникновения целостности в сухом песке после того, как в него добавлена вода. Он приобретает свойство сохранять устойчивость формы и отверстий. Очевидно, что в массиве вокруг отверстия (выработки) действуют механические напряжения. Устойчивость обнажений в отверстии обеспечивается прочностью песчинок, удерживаемых в несущем каркасе силами поверхностного натяжения воды.

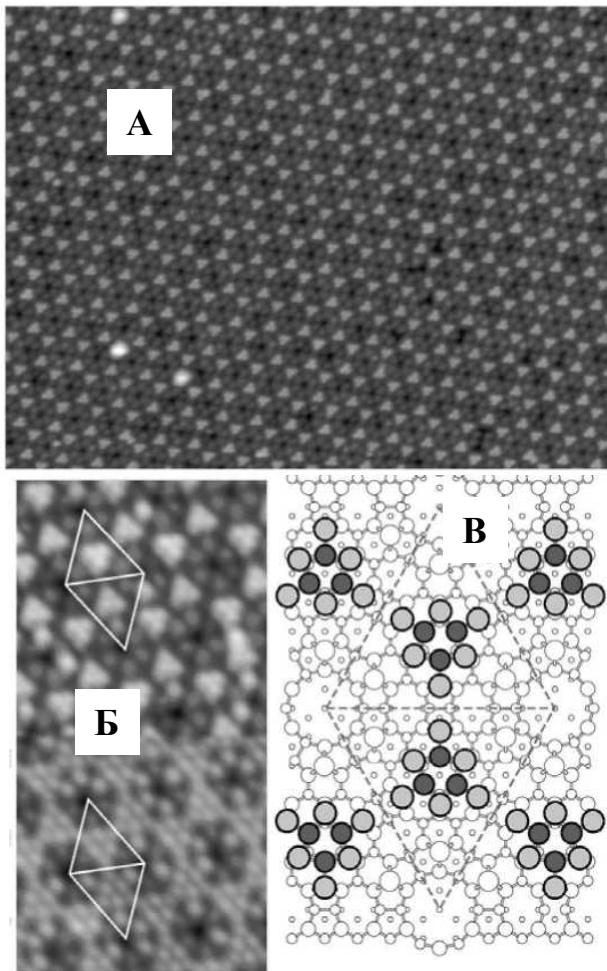
Самосогласованное поле твердого тела, аналогично воде в песке, стремится формировать устойчивые структуры из атомов и ионов, например, фуллерены [5, 6]. Существенное отличие самосогласованного поля твердых тел состоит в том, что возмущение путем создания выработки в

массиве горных пород вызывает, как известно, перераспределение напряжений, которое реализуется через перестройку самосогласованного поля и перемещения атомов и ионов в кластерах всех структурных уровней в зоне влияния выработки. Если предположить, что самосогласованное поле под действием внешних сил гравитации формирует устойчивую структуру оболочки подобно фуллерену, то, следовательно, она будет формироваться впереди забоя в виде охватывающей полусферы.

Формирование наноструктур с участием самосогласованного поля зарегистрировано при адсорбировании атомов железа на поверхности меди [4] рис. 1.

Кроме того, в указанной работе [4] представлены результаты исследований по формированию плотно покрывающих поверхность регулярных структур (рис.2)

Таким образом, самосогласованное поле формирует регулярные структуры из частиц вещества на поверхности. Логично предположить, что регулярность на поверхности отражает регулярность структуры поля во всем окружающем пространстве, из чего следует, что заданная на поверхности сферы регулярность в пространстве будет периодически самовоспроизводиться.



**Рис. 2.** Упорядоченный массив магических кластеров Al, полученный на поверхности Si(111)7x7 в результате самоорганизации осажденных атомов Al: STM изображение (47Ч32 нм), иллюстрирующее общий вид массива (вверху) и увеличенное STM-изображение нанокластеров (внизу) при различной полярности потенциала на образце (+2,0 В в верхней части и -2,0 В в нижней части изображения), а также схематическое изображение атомного строения магических кластеров. Каждый кластер состоит из шести атомов Al (светлые кружки) и трех атомов Si (темные кружки)

Регулярность расположения частиц (см. рис. 2) имеет четкий триангуляционный характер. В природе, в данном случае, используется принцип триангуляции, с помощью которого можно с высокой точностью приближения расположить частицы на любой поверхности. Не трудно показать, что если некоторая сфера ра-

диуса  $r$  преобразована методом триангуляции в многогранник, то многогранник с удвоенным количеством граней будет вписан в сферу радиуса  $r2^{1/2}$ , так как площадь поверхности сферы в трехмерном Евклидовом пространстве определяется через радиус по формуле  $S=4\pi r^2$ .

Таким образом, раскрытые новые аспекты явления зональной дезинтеграции позволяют считать параметры Курлени-Опарина явления зональной дезинтеграции, определяемые модулем масштабного фактора  $2^{1/2}$  адекватными реальным процессам кластеризации структурных элементов на наноуровне вещества горных пород.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов В.А. Дивергенция. Конвергенция // Лингвистический энциклопедический словарь. М., 1990. – С. 136, 234

2. Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г., и др. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика.

– М.: Наука, 2000. – 432 с.

3. Давыдов А.С. Квантовая механика – М.: Наука, 1973.

4. Зотов А.В., Саранин А.А. Магические кластеры и другие атомные конструкции. Самоорганизация упорядоченных наноструктур на поверхности кремния. <http://www.RFBR.ru/> Физика и астрономия (Научно-популярные статьи).

5. Кайдо И.И. О природе явления зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок (гипотеза). МГУ.- ГИАБ.-2009.- №1.

6. Кайдо И.И. Кластерная модель явления зональной дезинтеграции массива вокруг подземных выработок. – МГУ.- ГИАБ.-2009.- №6.

7. Кайдо И.И. Дезинтеграция массива вокруг подготовительных выработок. Нетрадиционные и интенсивные технологии разработки месторождений полезных иско-


паемых: Материалы II Международной конференции / СибГИУ. - Новокузнецк, 1997.

8. Карпович В.Н. Философия науки и философия техники: от объяснения к практике // Философия науки. № 1(3). 1997. С. 81-86.

9. Курленя М.В., Опарин В.Н. О масштабном факторе явления зональной дезинтеграции горных пород и канонических рядах атомно-ионных радиусов // ФТПРПИ. – 1996. – № 2.

10. Курленя М.В., Опарин В.Н. Проблемы нелинейной геомеханики. Ч. I и II // ФТПРПИ. - 1999. - № 3. и ФТПРПИ.- 2000. - №4.

11. Разумовский О.С. Оптимология: Ч. 1: Общенаучные и философско-методологические основы: Н-ск: ИДМИ .- 1999. - 285 с.

12. Самосогласованное поле. <http://allchem.ru/pages/physic/3476> 

### Коротко об авторе

Кайдо И.И. – кандидат технических наук, доцент кафедры ПРГПМ, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, [ud@msmu.ru](mailto:ud@msmu.ru)



РУКОПИСИ,

ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ  
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

**Жданов А.В.** Сопоставление комплексных золото-урановых, золотых и урановых месторождений Северо-Востока России (735/02-10 от 01.10.09 г.) 4 с.

E-mail: [geo-mpi@rambler.ru](mailto:geo-mpi@rambler.ru)

Проведен сравнительный анализ взаимосвязи золота и урана на золоторудных и урановых месторождениях и рудопроявлениях. Показаны закономерности формирования объектов с комплексным Au-U оруденением, условия их пространственно-временного размещения, и критерии их прогнозирования.

**Jdanov A.V.** COMPARISON OF COMPLEX GOLD-URANIUM, GOLD AND URANIUM DEPOSITS OF THE NORTHEAST OF RUSSIA

Comparative analysis of Au and U interrelationship within gold- and uranium-bearing deposits and occurrences is carried on. Regularities of formation of objects with complex Au-U

*mineralization, conditions of their spatial and temporal location, and criteria for their forecasting are shown.*