УДК 552.57:547.211:005

В.В.КИРЮКОВ, В.Н.НОВИКОВА
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ГЕОСИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НАНОПРОСТРАНСТВА И ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЙ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ И УГОЛЬНОГО МЕТАНА

Нанопространство ископаемых углей, занимая промежуточное положение, при особой роли поверхностей разграничения атомно-молекулярного пространства с химическими процессами от микро- и макропространства с механическими имеет собственные характеристики. Метастабильность состояния открытой системы «уголь – газ», обособленность нанокомпонентов, наноструктуры и фрактальность проявляются при бифуркациях в линейно-асимптотическом типе развития. В когерентных процессах это проявляется в газодинамических явлениях внезапных выбросов, в устойчивых – в стабильном газовыделении при метаморфизме углей и метаногенерации. Горизонты прогноза, неопределенность в смыслово-понятийных представлениях, энтропийный характер процессов углеобразования – метаногенерации – это различные стороны нанопространства углей как вещественно-пространственно-временной категории.

The paper below deals with the nanomedium of the carbofossils that occupies the borderland but at the same time possesses its own characteristics. Of special importance is discontinuity of atom-and-molecular space with chemical processes and that of micro-and-macrospace with mechanical processes. Metastability of the open «coal-gas» system state, detachment of nanocomponents, nanostructure and fractal properties become apparent at bifurcations in the linear-asymptotic type of development. In coherent processes this is evident in gas-dynamic phenomena of outbursts, in steady processes this is evident in stable gas evolution under metamorphism of coals and metageneration. Prognosis horizons, uncertainty in conceptual interpretations, the entropy character of processes of carbon formation-metageneration are various aspects of coal nanospace as the real-definite-and-space-time category.

Геосинэнергетические парадигмы угольной геологии. Парадигм угольной геосинергетики немного. Наряду с другими к ним относится метаногенерация в процессе метаморфизма углей. Интегральное обоснование парадигм в предметном, методологическом и семантическом смысле образует единое пространство геосинергетики как общей теории построения геологического знания, включающего структуру синтеза и универсальный принцип неопределенности – дополнительности, т.е. совместимости [1-4].

Три основные идеи геосинергетики: открытость, нелинейность и неравновесность при когерентности или диссипативности – выражены в триадном сопоставлении:

Геологическая открытость (геологическое нанопространство; условия – метастабильное состояние угольной макромолекулы)	
Геологические процессы (обмен веществом, энергией, информацией – метаморфизм углей и метаногенерация)	Геологические результаты (устойчивые – марка угля, диссипативные метановыделения; когерентные – внезапный выброс угля и метана)

При *увеличении нелинейности* процессов и беспредельной открытости структура ожидаемого результата распадается, например, происходит рассеяние метана в окружающей толще (мягкий процесс потери вещества). С *уменьшением нелинейности* теряется причинная связь, например, увеличе-

ние содержания углерода при метаморфизме не аналогично увеличению углерода при углефикации (видно по фюзенизации); при отсутствии открытости замедляется миграция газа в угленосной толще и возникает замкнутая система микрозалежей угольного метана.

Но в угольной геосинергетике измерения нелинейности, когерентности, открытости оценивается только качественно. Необходимости в фундаментальных константах пока нет. Они используются только опосредствованно.

Предсказательные возможности (горизонты прогноза). Пределы прогноза – определенные горизонты прогноза [1] – ограничены возможностями редукционизма, например, горизонт прогноза метаногенерации ограничен нелинейным развитием разрывных нарушений и контактовых явлений в кровле угольных пластов. Условность прогноза генерации метана углями разных марок (в кубических метрах на тонну угля): до Ж – 120-170; К-ОС – 180-230; Т – 200-270; 2А – 300-400, понятна при весьма низких коэффициентах сохранности метана в угольных пластах (0,09-0,14) и в породах (0,01-0,02).

Асимптотический характер процессов развития в угольной геологии ограничил *горизонт прогноза*, но позволил создавать упрощенные модели с небольшим числом эмпирических параметров, допуская при когерентных геодинамических процессах явление джокера – внезапного выброса угля и газа [Там же].

О явлениях на контактах. Геологическое многомерное пространство (слои или пласты, как однородные тела, ограниченные контактами – поверхностями разрыва состава и свойств) характеризуется направленностью изменения по осям: главной (вещественной), боковым и вертикальной (форма тел) и временной. Контакты, как смена слоев во времени, включают *внешние* пространственные процессы: *плоскостно-слоевые* – в пределах целостностей одного уровня (литосферные), в том числе межслоевого взаимодействия; *поверхностные* – между разными уровнями общности, например оболочки Земли; *внутренние* – в пределах познаваемого объекта и *внешние* – между известным и неизвестным ... Слои-контакты как рубежи времени и масштабности являются границами между макро- и микроуровнями (макрогеология и микрогеология). В таких слоях происходит перестройка среды с одного масштаба на другой.

Если геологические устойчивые процессы объяснимы по бинарным логическим схемам, например «мощность – время», то для когерентных процессов (из-за масштабного эффекта) эти схемы неприменимы, например наноформы упорядоченности строения («структуры графита»), обнаруженные рентгеноструктурным анализом в растениях, бурых и каменных углях; или оценка прочностных свойств без учета контактных явлений. В угольной геосинергетике мы не ограничиваемся познанием экстремальных явлений и поиском безопасного ухода от них, поэтому предлагается управлять когерентными явлениями и утилизировать их действие. Одним из методов управления процессами саморазвития горного массива может служить создание условий резонанса – нано-, микро-, макротемпомиров. Появляется эффективный инструмент микровоздействия на макропроцессы. Для понимания темпоральных событий больше подходит не предметное, а волновое описание процессов. Волновой подход и восприятие измерений параметров в целостном единстве облегчает переход к многомерности.

Вопрос о детальности изучения (о числе измерений, требуемых для достижения целостности) тесно связан с числом управляющих параметров и зависит от индивидуальных особенностей (природы) рассматриваемого геологического объекта или явления. В этом случае целесообразны свертка разнообразия, отсеивание мелочей, сжатие информации в макропараметры, что подтверждает тезис «триединое ... и есть логика целого» [3].

Креативность – потенциальные основания нового в теории синергетических систем угольной геологии. Основная парадигма синергетики – создание (получение) нового, как впервые, так и при много-

кратном повторении, являясь результатом противоречия «абсолютный порядок и абсолютный беспорядок», не подтверждается. Абсолютный порядок и абсолютный беспорядок одинаково неспособны создать новое и грозят гибелью системы. В любом рассматриваемом варианте не существует исходно беспорядочного состояния угольного (органического) вещества. Это в разной степени пространственно упорядоченное вещество или упорядоченное единство. Представления об определенной беспорядочности, бесформенности, неопределенном и нестабильном состоянии вещества углей, неустойчивости процессов углеобразования и метаногенерации или строения угольных месторождений ограничены понятиями о нечетких закономерностях и тенденциях, о вероятностно-статистических зависимостях.

На порядок биогенеза (с минимумом хаоса) исходного углеобразующего биоса накладывается деструкция – беспорядок (со значительной долей порядка) тафогенеза. Системы углеобразования имеют свои законы и организованность, а синергетика как раз раскрывает и восстанавливает позитивную роль слабой организованности, разворачивая вертикальную диаду в горизонтальную. Семантическая формула системной триады становится востребованной по существу. Жизнь создает порядок, тогда как порядок бессилен создать жизнь [3]. При всем стремлении к упорядочению какая-то доля хаоса для жизни необходима. В том новом, что созидает активная природа вдали от равновесия, как заметил И.Пригожин, она возможно богаче реальных ее проявлений [4].

Принцип геологической активности выражен в *доминанте*: «В философском смысле активность представляет собой имманентно присущее угольному веществу свойство материи, ее атрибут. Взаимопревращения организованности и дезоорганизации наблюдаются при смене масштаба наблюдений. Интервалы, на которых средние величины масштабно инвариантны, образуют уровни упорядоченного описания пространства (среды)» [2, с.31]. В отношении ископаемых углей различают до пяти таких уровней – макро-, микро-, нанопространственные, молекулярный и атомарный. Новое в геологии рождается не одномоментно, а в результате появления еще нечетких элементов. «Новое знание эмерджентно, оно невыводимо из элементов наличного осознанного знания и в то же время оно латентно предопределено в элементах знаний, имеющихся на данный момент» [5]. Новое в геологии вырабатываются в ходе активного «диалога» с природой.

Наряду с возможным внешним источником порядка должен существовать и внутренний механизм упорядочения информации, который трактуется как мера разнообразия, порядка, определенности. Внутренний механизм упорядочения – потенциал активности угольного вещества. Энтропия будет убывать в результате действия такого механизма.

Геосинергетика и системный синтез в контексте угольной геологии. Аналоговое компьютерное моделирование в геологии закрепило достигнутый уровень познания, но ничего принципиально нового не создало. Имитационное моделирование пока не получило распространения. Конкретное вещественно-геологическое пространство – уголь – характеризуется десятками переменных параметров. Но в одном исследовании можно уверенно проследить не более двух-трех, реже четырех, непрерывно меняющихся *параметров порядка*. Следовательно, надо выделять подпространства («статистические русла информации»), в которых меньшее число переменных адекватно отражает происходящее в пространстве огромного числа переменных. К таким «руслам» можно отнести триаду и уголь. Но «русло» ограничено, а число переменных, которые определяют ход процесса газогенерации в пространстве и времени, растет, горизонт прогноза уменьшается, появляется возможность резких изменений. Такие области в геологическом (фазовом) пространстве можно назвать областями «джокеров», а сами правила, по которым начинает вести себя система, «правилами джокеров» [1, 3, 4]. Определяют место «русла» «быстрые переменные», в то время как сами «русла» характеризуются медленными…

«Джокер» может быть связан с точкой бифуркации, когда малые флуктуации, случайный шум могут определить ход процесса. Области «джокера» удобно выделять, рассматривая некоторые типы перемежаемости. В моделях «угля» есть много места для «джокеров».

Остановимся на одной из задач угольной геосинергетики как науки XXI в.

1. Проблемы интерпретации в нанопространстве. На наноуровне углей установлены категории и явления, не имеющие аналогов на атомно-молекулярном или микро- и макроуровнях. Понятия наноструктуры отражают степень организованности, а фрактальность – склонность к воспроизводству однотипных структур. Параметры нанокомпонентов и наноструктуры (поверхности фрактальных контактов, показатели порового, межслоевого и трещинного изотропного и анизотропного полостного пространства как коллектора метана) характеризуют метаногенерацию и микрогазодинамические явления [1, 2].

Множество проблем углеобразования и метаногенерации решаются с помощью технических средств. Они настолько эффективны, что часто создают иллюзию решения задачи там, где его на самом деле нет. Примеров много: метан как твердый раствор в углях; графитовая структура углей в ряду метаморфизма; расшифровка наноструктуры методами микро- и макроструктурного анализа и т.д. В интерпретации интерес вызывают процессы самоорганизации и самоформирования различных структур в масштабах нанопространства углей. Изменение типов наноструктур при метаморфизме возможен от сетчатых надмолекулярных агрегатов из молекулярных цепей углеводородов (Д-1Г) до глобулярного типа наноструктур (2Г-ОС), до фибриллярно-клубковобахромчатых углеродных сеток и слагаемых ими пакетов (ПА-А).

Полостное пространство твердых тел – внутриагрегатное, межмолекулярное и внутримолекулярное; седиментационное поровое-корпускулярное, межобломочное, межслоевое, литодинамическое трещинное, дробления, деформирования, деструктурирования. Капиллярная, диффузная и свободная емкость и проницаемость углей по газу не полностью адекватны особенностям надмолекулярной структуры, наблюдаемой в растровой электронной микроскопии (РЭМ) глобулярно-губчатой (поровой) и щелевидной (трещинной) модели полостного пространства каменных углей [3-5].

Сорбированный метан, физически связанный с поверхностями агрегатов молекул, межагрегатный и внутриагрегатный составляют преобладающую долю метана в углях. Формы миграции метановых газов на макро-, мезо- и микроуровнях представлены собственно молекулярной диффузией и надмолекулярным диффузным и свободным движением пуазейлевского типа, на наноуровне – фольмеровского, кнудсеновского типа.

2. Прогноз газоносности. Предложено проводить с учетом особенностей угля как саморегулирующейся системы, надмолекулярное строение которой изменяется в процессе газообразования и сорбирования вновь образовавшегося метана. Прогноз внезапных выбросов – по наличию «рыхлых» микрослоев со сложным контуром индивидуализации, разрушению блоков микро- и нановитринита с проявлением плоскостной фрагментарности и дифференцированности; имитационным следам микровзрывов в виде «воронок», обратных конусов, грибовидных конусообразных форм отдельных наноагрегатов угля.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кирюков В.В.* Молекулярная и надмолекулярная структура углей и метногенерация / В.В.Кирюков, О.А.Кущ // Геология угольных месторождений / Уральская горно-геологическая академия. Екатеринбург, 2002. Вып.12. С.257.

2. *Кирюков В.В.* Нанокомпоненты и наноструктуры ископаемых углей / В.В.Кирюков, В.Н.Новикова // Геология угольных месторождений / Уральская горно-геологическая академия. Екатеринбург, 2004. Вып.14. С.29-37.

3. *Князева Е.Н.* Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры / Е.Н.Князева, С.П.Курдюмов. СПб: Алетейя, 2002. 414 с.

4. Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие. М.: Наука, 2002. 478 с.

5. *Одесский И.А.* Системное мышление (в науках о Земле) / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 2001. 56 с.