

Таким образом, выполненные экспериментальные работы подтвердили разработанные положения по комплексной дегазации. Доказана возможность и эффективность предварительной дегазации зон скопления свободного метана в локальных антиклинальных структурах и в нарушениях, связанных с тектонической активностью, а также возможность опережающей дегазации пород кровли вне зон влияния текущих очистных работ. Результаты исследований будут использованы в качестве исходных предпосылок для проектирования способов предварительной дегазации, позволяющих извлекать метан высокого качества и в значительных объемах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция комплексной дегазации углеродного массива для условий шахты им. А.Ф. Засядько /А.Ф.Булат //Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов /Ин-т геотехнической механики НАН Украины. – Днепропетровск, 2002. – Вып. 37. – С. 10-17.
2. Дегазация угольных шахт Украины. Руководство. Первая редакция. – Киев, 2003. – 132с.
3. Лукинов В.В., Фичев В.В., Клец А.П. Принципы оценки ресурсов извлекаемого метана из подработанной углеродной толщи.//Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов НАН Украины ИГТМ. - Днепропетровск, 2003. - № 32. – С. 30-40.
4. Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Пимоненко Л.И. и др. Тектоника и горно-геологические условия разработки угольных месторождений Донбасса. – Киев: Наук. Думка, 1994. – 152 с.

УДК 553.94

Д-р геол.-мин. наук В.В. Лукинов,  
инж. Д.А. Суворов, инж. П.С. Пащенко  
(ИГТМ НАН Украины)

### **ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ, КАК ЕСТЕСТВЕННЫЙ КАТАЛИЗАТОР КАТАГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ УГОЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА**

У даній статті розглянуті проблеми коректного обліку геологічного часу, як одного з факторів катагенетичних перетворень вугільної речовини. На прикладі Львівсько-Волинського вугільного басейну наведені результати врахування цього фактора, при прогнозуванні обсягу метана, який генерується гірським масивом.

### **GEOLOGICAL TIME, AS THE NATURAL CATALYST KATAGENESICAL OF COAL SUBSTANCE TRANSFORMATION**

In given clause the problems of the correct account of geological time, as one of the factors katagenesical of transformations of coal substance are considered. The results of the account of this factor are given at forecasting volume generated methane by a mountain file, on an example of the Lvov and Volynsk coal pool.

Основными факторами катагенетических превращений в угле является, во-первых, температура, растущая по мере погружения угольных пластов, во-вторых, геостатическое давление вышележащих пород и, в-третьих, геологическое время, которое определяет продолжительность и эффективность воздействия температуры и давления на погребенное в земных недрах вещество.

В процессе катагенеза угольного вещества происходит накопление энерго-

емкого материала, т.е. происходит временное уменьшение энтропии. В ходе катагенеза угля возникают графитоподобные кристаллы – мицеллы. На этой стадии уплотнения угольного вещества начинается изменение характера его молекулярной структуры и свойств – электроны выходят в пространство между атомными слоями и становятся подвижными, при этом происходит увеличение электро- и теплопроводности, уменьшается прозрачность угля, в результате чего вещество становится черным. Угли на этой стадии катагенетических превращений не обладают функциями ароматических соединений.

Следует различать геологический возраст топлива, т.е. время, потребовавшееся на его образование и превращение в тот или иной вид угля и химический возраст или иными словами степень катагенетических превращений в угле, под которым следует понимать комплекс химических, физических и технических свойств, которые приобрел уголь вне зависимости от геологического времени. В основу оценки молодого или более старого угля по химическому возрасту достаточно часто используют такой показатель, как выход летучих веществ из топлива, который уменьшается с увеличением химического возраста. Геологический и химический возрасты углей часто совпадают, так как первый есть фактический возраст, а второй – только условный. При этом следует отметить, что часто встречаются геологически старые угли, но химически молодые и наоборот. Примером может служить тот факт, что в Донецком бассейне встречаются в одном пласте по простиранию угли различного типа: от молодых длиннопламенных углей (Лисичанский район) до антрацитов (Шахтинский район) включительно. Это означает, что фактический (или геологический) возраст углей не является прямым показателем степени катагенетических преобразований в нем.

Процессы катагенеза в угле сопровождаются его химическим превращением, т.е. в угле протекают различные химические реакции. Скорость химических реакций определяется энергией ее активации, т.е. минимальной энергией, которая необходима, чтобы данная реакция протекала. Другими словами считается, что для осуществления данной химической реакции необходимо преодолеть активационный энергетический барьер, т.е. в реакционную систему необходимо ввести некоторую энергию. Энергию активации можно рассматривать как некую пороговую энергию, которую должны приобрести молекулы реагентов, чтобы преодолеть этот барьер. На ход химической реакции оказывают определяющее влияние такие физико-химические параметры, как температура, давление и присутствие катализатора. Соответственно нами используется аналогия полагающая, что роль катализатора в этих процессах играет геологическое время, в течении которого и происходят катагенетические процессы в угле [1].

Современная теория рассматривает химическую реакцию, как процесс разрыва прежних связей молекул исходных веществ и образование новых продуктов реакции. Причиной такого процесса является выигрыш в энергии новых соединений: атомы вступают во взаимодействие лишь в том случае, если энергия образовавшейся системы меньше, чем запас энергии, которой обладали эти атомы порознь.

Реакционноспособными являются не все молекулы, а только активные,

энергия которых в момент контакта составляет в сумме величину, не меньшую некоторого значения  $E_{акт}$ . Полностью разработанной теории гетерогенного катализа нет. Установлены только некоторые общие ее положения. Известно, что поверхности твердых тел обладают избыточным запасом энергии, поэтому на них и протекает адсорбция. Изменение концентрации реагирующих веществ в принципе недостаточно для ускорения реакции в десятки и сотни тысяч раз. Практический и теоретический опыт изучения катализаторов позволяет утверждать, что катализатор является активным участником химической реакции. Он оказывает влияние на два важнейших условия протекания процесса: либо снижает потенциальный барьер (рис.1), изменяя механизм протекания реакции, либо изменяет пространственное расположение частиц.

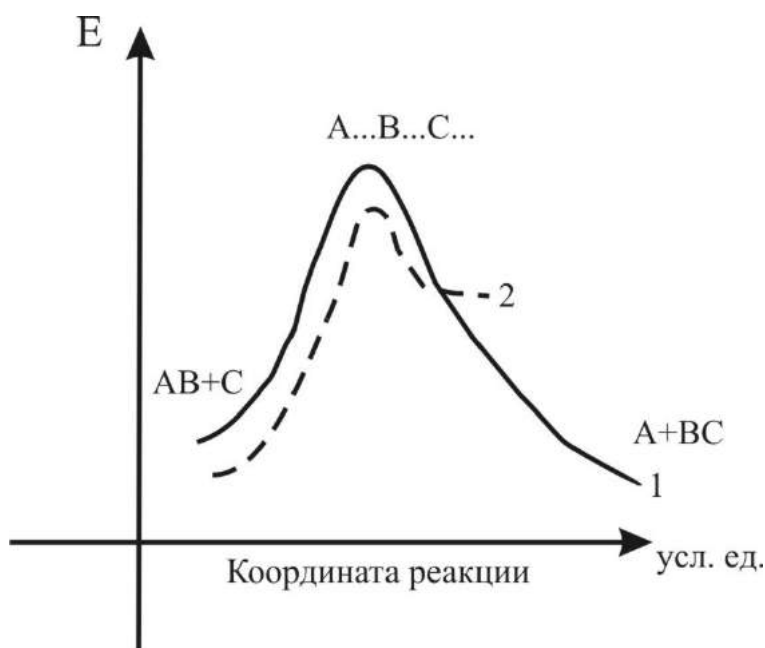


Рис. 1 – Снижение активации реакции (1), при участии катализатора (2)

Чаще всего катализатор уменьшает энергию активации, но возможно изменение энергии во взаимном расположении реагирующих частиц. Состояние молекул в угле относится к квазистабильному и весьма неравновесному. Можно предположить, что химические реакции в угле скорее всего относятся к автокаталитическим процессам, т.е. они ускоряются в присутствии продуктов реакции и все это относится к гомогенному катализу (т.е. само угольное вещество и катализатор находятся в одной фазе). В ходе гомогенного каталитического процесса в угле происходит изменение энергии активации. Схематически это можно изобразить следующим образом (рис. 2): график I изображает некатализируемую реакцию, на графике II показано, что катализатор образует промежуточный продукт с компонентами реакции ( $E_{II}$ ,  $E_{IV}$  – энергии активации на отдельных этапах процесса) и график III показывает, что катализатор не образует устойчивого промежуточного соединения, но входит в состав активного комплекса и снижает энергию активации  $E_I$  до  $E_{III}$ .

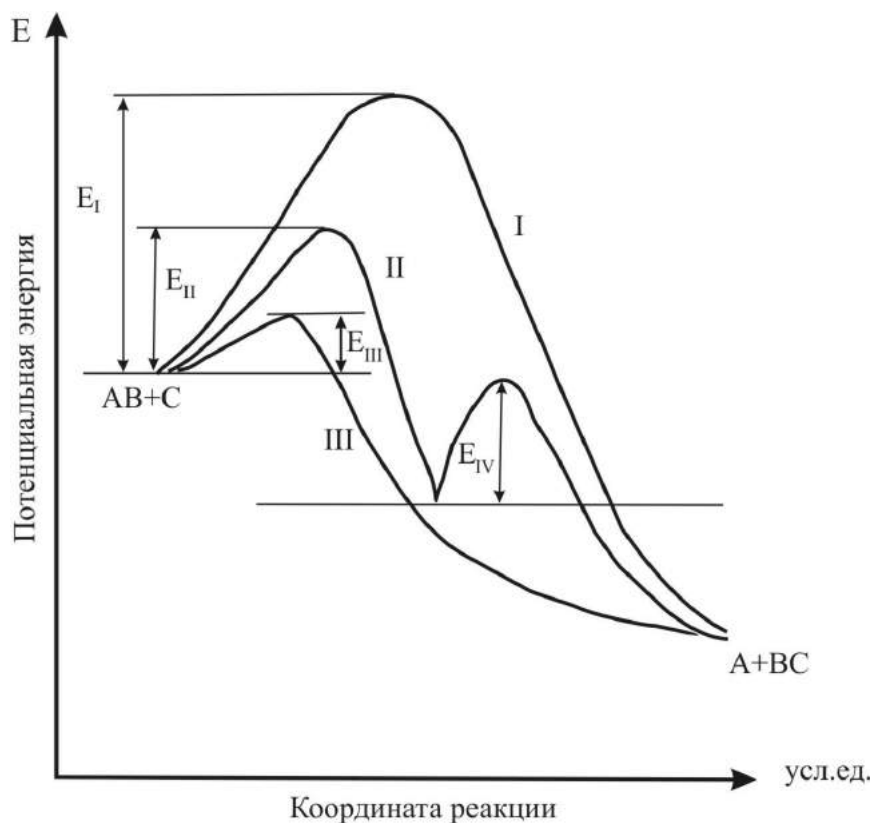


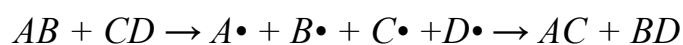
Рис.2 – Различные типы протекания химических реакций без катализатора (I) и с его использованием в гомогенной среде (II, III).

Несмотря на то, что уголь с позиций химических превращений часто полагается гомогенной средой, тем не менее, наличие в нем различных агрегатных состояний вещества (твёрдое тело, жидкость и газ) показывает, что каталитические процессы в нем следует отнести к гетерогенному катализу. Не вдаваясь в детальное изучение механизма адсорбирования молекул газа на поверхности угля, можно утверждать, что огромное влияние незначительного количества адсорбированных молекул объясняется тем, что поверхность угля, являющаяся в то же время катализатором, весьма неоднородна по своему энергетическому состоянию. Связи в адсорбированных молекулах оказываются растянутыми и ослабленными. Это означает, что для разрушения молекулы требуется значительно меньшая энергия и соответственно вследствие этого энергия активации реакций уменьшается. В процессе адсорбции под воздействием силовых полей атомов ионов катализаторов происходит изменение характера химических связей адсорбируемых молекул, приводящее к увеличению их активности, что в конечном счете также приводит к снижению энергии активации реакции. Таким образом, можно разбить химические процессы в угле на две стадии: на первой стадии микровключения в угле играют роль гетерогенного катализатора, а на второй стадии процесс можно рассматривать как гомогенный катализ с переходом в автокаталитический, что может приводить к выбросам в угольном массиве.

Следует, отметить тот факт, что катализаторы (как гомогенные, так и гете-

рогенные) не меняют энергетического состояния системы до и после прохождения реакции, поэтому они могут ускорить реакции, но не вызвать их. Иначе говоря, если реакция в отсутствие катализатора не идет, то катализатор не в силах ее вызвать. Процесс должен, хотя бы и медленно, идти без катализатора. На наш взгляд «движущей силой» химических реакций в угле является изменение симметрии тех химических соединений, которые находятся в угле, что в конечном счете связано с тепловыми потоками, проходящими через угольный массив в течение миллионов лет.

В классической химии принимался единственный механизм протекания химических реакций: сначала исходные молекулы полностью распадаются на составляющие их атомы в результате разрыва всех химических связей, а затем из образовавшихся частиц строятся новые молекулы [2]. Это можно схематически изобразить следующим образом:



Одним из важнейших понятий квантовой химии является понятие переходного комплекса (или иначе говоря, активированного комплекса), описывающее состояние реагирующих молекул на вершине энергетического барьера, когда переходное состояние обладает максимальной энергией. Переходное состояние представляет собой некоторое подобие молекулы, в которой все исходные атомы оказываются химически связанными. Но так как образующаяся система соответствует вершине энергетического барьера то она оказывается квазистабильным соединением. Если симметрия высших занятых орбиталей электронов продуктов реакции в основном состоянии коррелирует с симметрией основного состояния исходных веществ, то реакция является термически разрешенной [3]. Однако, если такие реакции будут запрещены по симметрии, то они легко протекают в присутствии катализатора.. Схематически этот процесс протекает следующим образом: на первой стадии идут химические реакции, разрешенные по симметрии начальных и промежуточных продуктов, в дальнейшем процесс химического превращения в угле становится автокаталитическим, а роль катализатора играет флуктуация расположения атомов в таких соединениях (не нарушающих его симметрию) и вводимых в рассмотрение катагенетических процессов через понятие геологического времени.

Эффективное воздействие на угольный массив невозможно без ясного понимания механизма его структурообразования. Структурные превращения органических соединений, составляющих основу угля, происходят под влиянием давления и температуры горного массива. Именно эти факторы определяют процесс углеобразования и являются следствием геологических процессов, развивающихся в земной коре. Многие ученые относят к таким факторам и время. Таким образом, можно выделить три основных фактора углеобразования: 1) давление в горном массиве; 2) температура внутри массива и 3) время формирования угольного вещества. Это положение не требует доказательства и принимается как основополагающее при научных исследованиях, касающихся

структуры угля, его катагенетических превращений, физико-химических свойств и т.п. При этом следует обратиться к тому, как и в каком контексте, понимаются эти факторы различными исследователями.

Давление в горном массиве является одним из факторов, определяющих условия формирования и свойства ископаемых углей. Его влияние часто относят как к положительным, так и к отрицательным факторам катагенетических изменений угля. Существуют различные виды давления в горном массиве: статическое давление налегающих пород, боковое давление на угольные пласты со стороны горного массива, тектоническое давление и другие виды механического воздействия, перечисление которых заняло бы не одну страницу. Совместно с давлением в процессе катагенеза угля принимает активное участие и температура. При этом невозможно однозначно разделить влияние температуры и давления на условия формирования структуры угля. Ряд исследователей [4] полагают, что в различные периоды формирования угольного вещества возникали сложные изотемпературные поверхности, формирующие его структуру как на микроуровне (отдельные молекулы и их образования), так и на уровне макроскопических геологических структур. При этом происходит одновременное воздействие на угольное вещество горного массива температурными и барическими полями. Изменение величины температуры внутри горного массива определяется величиной градиента температурного поля. Для Донецкого угольного бассейна принимается, что палеоповерхности изотемператур представляют собой вогнутые поверхности и соответственно для всего бассейна геотермический градиент имеет разные значения. Факторы давления и температуры неразрывно связаны между собой, а их влияние на формирование структуры угля происходит на фоне геологических преобразований. В большинстве случаев трудно корректно разделить влияние температурных полей и давления со стороны горного массива на угольные пласты, а это означает, что необходимо учитывать эти факторы одновременно, полагая их независимыми.

Третьим фактором, определяющим формирование структуры угольного вещества, является время. Большинство исследователей [5] полагают, что время в геологических процессах является независимой переменной, что позволяет приписывать в каждый его момент определенное значение величине давления и температуры в горном массиве. Основываясь на современном подходе к изучению условий формирования угольного вещества, можно условно выделить следующие аспекты, определяющие его:

- изменение геологической обстановки на глобальном и микроскопическом уровнях;
- факторы, являющиеся следствием изменения геологического строения (температурные поля в массиве и барическое воздействие на угольные пласты со стороны горного массива);
- время, как независимая переменная, входящая в уравнения изменения величины температуры и давления в разных точках горного массива;
- координаты изучаемых угольных образований, используемые также как независимые переменные в уравнениях, описывающих поведение горного мас-

сива в целом.

Все методы расчета физико-химических полей, позволяющие регулировать этими параметрами основаны на их независимости друг от друга и возможности описания уравнениями, использующими время и координаты, как независимые переменные. Этот подход на наш взгляд не является корректным и требует доопределения.

На наш взгляд, при попытке описать поведение геологических структур во временном аспекте, используется подход, основанный на предположении, что изменение физико-химических параметров изучаемой системы имеет непрерывный характер. Например, при изучении процессов, связанных с внезапными выбросами угля и газа на угольных месторождениях, принимается, что геологические процессы в массиве приводят к тем или иным изменениям микроструктуры угольного вещества и пород его вмещающих, а это, в свою очередь, и формирует выбросоопасную ситуацию. Иными словами, изменение микроструктуры есть непрерывная функция времени и координат, а критическое состояние массива обладает свойством аддитивности этих микросостояний. Если представить, что в бесконечно малом объеме угольного вещества  $\Delta V$  образуется (без рассмотрения механизма его формирования) бесконечно малое количество газа  $\Delta q$ , то критическое количество газа  $Q$ , приводящее к выбросу, является: во-первых суммой этих бесконечно малых объемов  $\Delta q$ , а во-вторых является функцией физико-химических параметров массива (плотности, пористости, вещественного состава и т.д.), которое в конечном счете зависят от времени. Следовательно,  $Q$  является функцией, зависящей (в том числе) и от времени, так как  $\Delta q$  и все физико-химические параметры массива имеют временную зависимость. При этом мы имеем дело с «собственным» временем определенного физико-химического процесса, например формирования (или истечения) газа из бесконечно малого объема угля и тогда можно написать:

$$\Delta q \sim f(t)\Delta V \quad (1)$$

Тогда, если понимать время  $t$ , как интервал во временном континууме, то между моментом  $t_0$  и  $t_1$  выделится объем газа:

$$q \approx \int_{t_0}^{t_1} f(t)\Delta V \quad (2)$$

Функция  $f(t)$  в (1) и (2) это по сути дела своеобразная плотность газа в различных точках угольного массива с координатой  $\vec{r}$ .

Из выражений (1) и (2) следует, что каждый бесконечно малый элемент угольного массива с координатой  $\vec{r}$  имеет собственную функцию плотности газа  $f(\vec{r}, t)$  выделяемого этим объемом, а процессы, приводящие к возникновению этого объема газа зависят от «собственного» времени. Иначе говоря, любой бесконечно малый объем угольного вещества в точке с координатой  $\vec{r}$  на-

ходится во временных, тепловых и барических полях. При этом данные поля меняются во времени непрерывно, т.е.:  $T = T(t)$ ,  $P = P(t)$  и т.д., а соответственно:

$$f = f(T(t), P(t), \dots) \quad (3)$$

и следовательно:

$$\Delta q = f(T(t), P(t), \dots)\Delta V \quad (4)$$

То есть выражение (4) есть по сути дела определение «собственного» времени бесконечно малого объема угольного вещества  $\Delta V$ . Геологические процессы, происходящие в горном массиве приводят к формированию условий, которые определяют вид тепловых, барических и других полей, непрерывно зависящих от времени и соответственно непрерывно связанные с физико-химическими условиями формирования структуры вещества, и соответственно непрерывно во времени (как интервалу между событиями) определяющие объем формируемого в нем газа.

При переходе от микроструктуры угольного вещества к поведению макроскопических участков горного массива очень часто автоматически переносят физико-химические свойства с уровня молекулярных образований на макроуровень. В общем случае этот переход возможен, т.к. если на микроуровне вещество имеет определенное значение модуля упругости или пористости, то и на макроуровне массив будет иметь те же значения. Однако, процессы, связанные с динамическим поведением массива (выбросы угля и газа) не могут подчиняться законам, в основе которых лежит перенос свойств с уровня микрообъектов на макроуровень путем простого суммирования этих свойств. И ярким тому примером может служить временная зависимость физико-химических свойств массива на микро- и макроуровнях, а так же их связь с геодинамическими процессами в горном массиве. В связи с этим попытаемся ввести понятие «геологического» времени горного массива. Для этого нам потребуется понятие обобщенной функции. Обобщенной функцией  $f$  называется линейная функция  $(f, \varphi)$ , заданная в пространстве функций  $\varphi$ , являющаяся бесконечно дифференцируемыми финитными функциями в этом пространстве. Обычные функции задаются на определенном числовом множестве (например, функция  $y = x^2$  задается на множестве  $x \in [-\infty, +\infty]$ , и ставит в соответствие любому значению из этого интервала величину  $y = x^2$ ), в случае же обобщенных функций мы имеем дело уже не с числовым множеством, а с множеством функций  $\varphi(x)$ , определяющих пространство  $k$ . Тогда на этом множестве  $k$  задается обобщенная функция  $(f, \varphi)$ :

$$(f, \varphi) = \int f(x)\varphi(x)dx \quad (5)$$

Обобщенные функции, по сути, не имеют определенного значения в точке, а



определяются равенством (5). Одним из классических примеров обобщенной функции является  $\delta$  – функция, определяемая как:

$$(\delta(x), \varphi(x)) = \int \delta(x)\varphi(x)dx = \varphi(0) \quad (6)$$

Нас будет интересовать не сама  $\delta$  – функция (или функция Дирака), а дельтаобразные последовательности, то есть последовательности локально интегрируемых функций, сходящиеся к обобщенной функции Дирака (рис. 3).

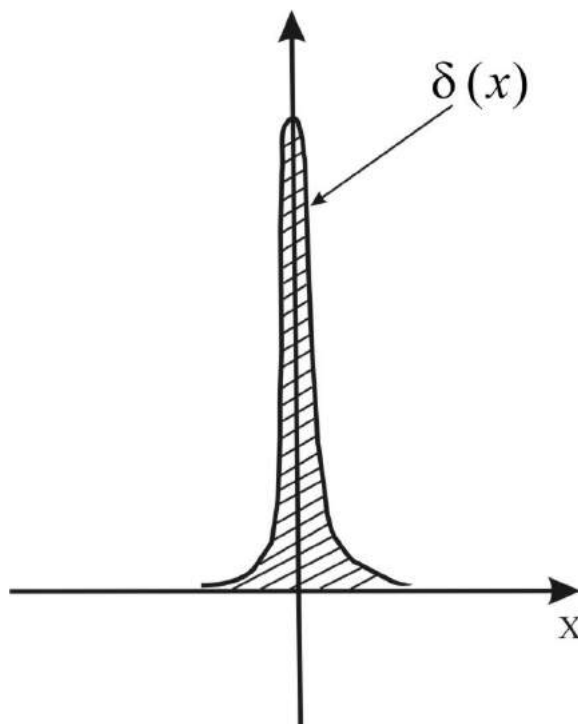


Рис. 3 – Обобщенная функция Дирака.

При этом эти  $\delta$  – образные последовательности имеют вид, изображенный на рис.4.

и, следовательно: 
$$\lim_{n \rightarrow \infty} f_n = \delta$$

В ходе геологических процессов происходит преобразование угля. Пусть размер области угольного вещества, в которой происходит генерация метана,  $\Delta l$  изменяется по определенному закону, т.е.  $\Delta l$  является своеобразной  $\delta$  – образной последовательностью, т.е.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \Delta n(x) = \delta(x)$$

Величина  $\Delta l$  зависит от микроструктуры угля, т.е. это свойство локальное, связанное с молекулярными свойствами вещества. Тогда количество газа в обычном понимании:

$$Q = \int \Delta q = \int f(t) dV$$

Используя  $\Delta n$  имеем:

$$Q = \int \Delta n f(t) \Delta t \xrightarrow{n \rightarrow \infty} f(t_{\text{выбор}})$$

т.е.  $\Delta n \Delta t = \Delta T_{\text{геол}}$

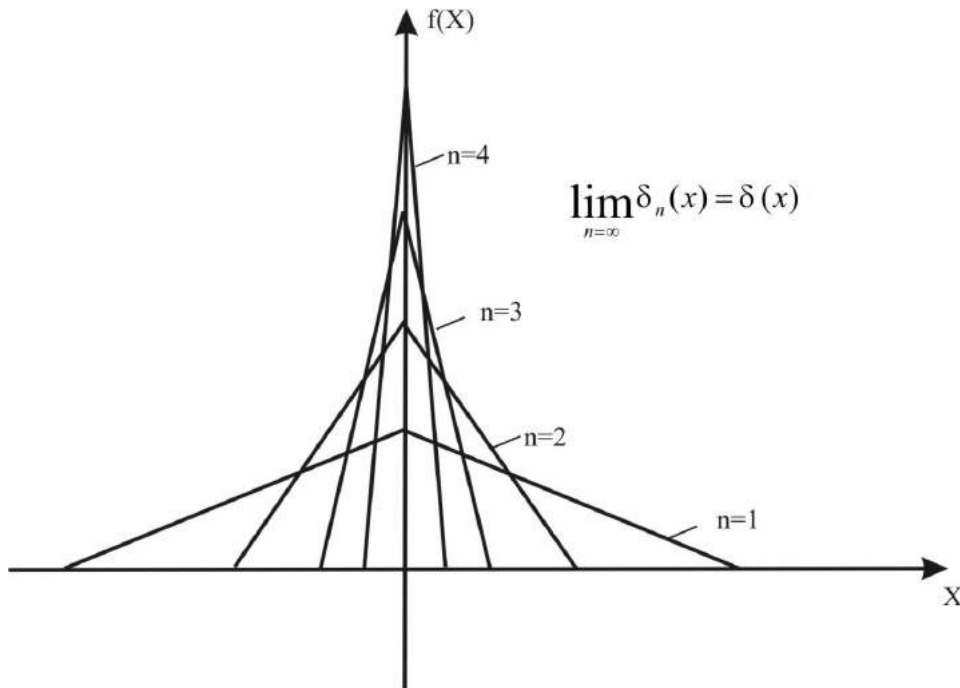


Рис. 4 – Последовательности обобщенных функций, сходящихся к функции Дирака.

Временная структура катагенетических преобразований угля складывается из трех направлений оценки роли времени [6]: 1) геохронологическая датировка событий; 2) относительный возраст, или этапность явлений; 3) длительность процессов или их отдельных стадий, когда время выступает как переменный множитель при главных факторах. На наш взгляд третий аспект хроноструктуры является определяющим при катагенетических преобразованиях угольного вещества. Рядом авторов указывается на то, что этот аспект следует рассматривать, оценивая только длительность воздействия важнейшего фактора катагенеза - температуры. В этих же источниках указывается на тот факт, что в процессах катагенетических преобразований угольного вещества длительность воздействия температуры должна учитываться начиная лишь с 50°C. Как было показано Н. Бостиком недостаток геологического времени может при определенных условиях компенсироваться температурой. Рядом исследователей (Б. Тиссо и др., А.Н. Резников, А.А. Карцев) был предложен такой параметр, как геохронотерма: произведение возраста угольного пласта на современную его темпера-

туру, деленное на 100. В.П. Чаицкий и В.Н Матвиенко разработали «энергетическую» оценку степени катагенетического преобразования органического вещества, представляющую собой количество тепла, прошедшего через породы за определенный период времени.

Одним из мощных методов для оценки степени катагенетических преобразований угля является метод суммарного импульса тепла (метод СИТ). Этот метод заключается в том, что, прежде всего, рассчитывается количество тепла, получаемое углем за его геотермическую историю. Эта величина зависит от элементарного импульса тепла ( $\tau$ ), представляющего собой произведение температурного коэффициента скорости реакции углефикации на промежуток геологического времени, в течение которого уголь находился в данной зоне. Суммарный импульс тепла (СИТ) есть сумма элементарных импульсов тепла  $\Sigma\tau$ , полученных угольным пластом за геологическую историю. В СИТ учтены важнейшие факторы катагенеза – температура и время, тем не менее время не может выступать как равноправный множитель при температуре, даже несколько сотен миллионов лет пребывания при не высоких температурах не позволяет достичь соответствующей стадии катагенеза. Учет фактора геологического времени состоит в том, что при подходе к соответствующей температуре катагенетического изменения угля, в суммарном импульсе тепла (СИТ) необходимо учитывать геологическое время путем введения  $\delta$  – образных последовательностей элементарных импульсов тепла – чем ближе уголь к температуре катагенетического перехода, тем «острее» эти последовательности (см. рис. 4) и соответственно тем выше вероятность структурных изменений в угле на данной стадии катагенеза.

При рассмотрении проблемы влияния временного фактора на степень преобразования угля проводилось изучение образцов, отобранных во Львовско-Волынском бассейне. Львовско-Волынский бассейн насчитывает восемь месторождений, однако к настоящему времени наиболее разведаны: Волынское, Забугское, Межреченское, Тягловское и Любельское. Промышленная угленосность в бассейне приурочена в основном к верхней части намюрского яруса, где насчитывается до 20 угольных пластов и прослоев. [7].

В структуре пластов прослеживается простое и сложное строение, с наблюдающимся усложнением его в южном направлении. Мощность рабочих пластов колеблется в пределах 0,5-1 м, увеличиваясь на отдельных участках до 1,5-2,2 м. Основные петрографические компоненты - кларен и дюрен, а фюзен и витрен имеют подчиненное значение. По зольности угли бассейна относятся к средnezольным (10-20%). Качественная характеристика и технологические свойства угольных пластов наиболее газоносной юго-восточной части бассейна:  $W^a = 0,6-2,0\%$ ,  $S^r = 0,6-5,2\%$ ,  $Q_6 = 7732 - 9144$  ккал/кг,  $V^r = 29,6-40,6\%$ ,  $y = 9-20$  мм. Степень углефикации в бассейне увеличивается с севера на юг: в пределах башкирского яруса - от марки Д на Волынском месторождении до марки Г на Забугском, в намюрском ярусе – от марки Г на Волынском, Г на Забугском до Ж на Межреченском и Тягловском месторождениях, а среди визейских углей – от марки Г на Волынском месторождении, ГЖ на Забугском до Ж на

Межреченском и К на Тягловском.

Таким образом, можно сделать предположение, что в течение геохимического времени происходит образование определенной марки угля. Этот процесс происходит при температуре  $T_1$ . В результате метаморфических изменений, в угле происходят процессы, приводящие к образованию трещиноватой структуры, что соответственно ведет к росту проницаемости угольного вещества. В течение миллионов лет происходит постоянное увеличение этой проницаемости и соответственно поток тепла через уголь также возрастает. Увеличение прохождения потока тепла (СИТ) через уголь приводит к тому, что в структуре угля происходят изменения, приводящие, в конечном счете, к росту его метаноносности. Процессы трещинообразования структуры угля происходят в течение геологического времени  $T_{\text{геол.}}$  намного превышающее геохимическое время  $T_{\text{геох}}$ . Проведенные исследования позволяют сделать следующие предположения относительно учета такого фактора, как геологическое время в процессе формирования структуры угля и, как следствие его метаноносности. Формирование структуры угля, изменение его химического состава не ограничивается учетом лишь таких параметров, как давление и температура. Если по оси времени расположить те молекулярные соединения, которые соответствуют той или иной степени катагенеза угля, то переход от одной структуры к другой разделен временным диапазоном  $\Delta T_{\text{геол.}}$ , что отмечается на графике (рис 5), как изменение метаноносности угольных пластов в зависимости от глубины их погружения. Это означает, что химические превращения угольного вещества происходят непрерывно, в течение длительного промежутка времени, намного превышающего то геохимическое время, в течение которого, по мнению многих исследователей, и происходит образование химической структуры угольного вещества. Для того, чтобы произошли эти химические превращения, безусловно, необходимо изменение давления, температуры и химического состава внутри угольного массива. Химическая реакция может произойти только в том случае, если превышен энергетический барьер данной реакции. Этот переход возможен, если в систему «закачивается» энергия или в нее вводится катализатор. Макроскопические интервалы времени или по сути дела геологическое время и является таким катализатором, выступающим в этом качестве, благодаря флуктуациям ориентации атомов в молекулах угля на микроуровне и изменению плотности вещества на макроуровне. При расчете объема газа, образующегося из угля в результате динамического воздействия на него, функция плотности источника  $f(t)$  в выражении (1) является неявной функцией геологического времени  $T_{\text{геол.}}$ , что в конечном счете приводит к предположению, что объем газа  $Q$  является обобщенной функцией от этой переменной для которой время не является независимой переменной, а есть функция, зависящая от внешних физических параметров – давления и температуры. Математически это означает, что пики интенсивного образования газа приходятся на определенные глубины залегания угольного пласта, имеющие неявную связь с геологическим временем.

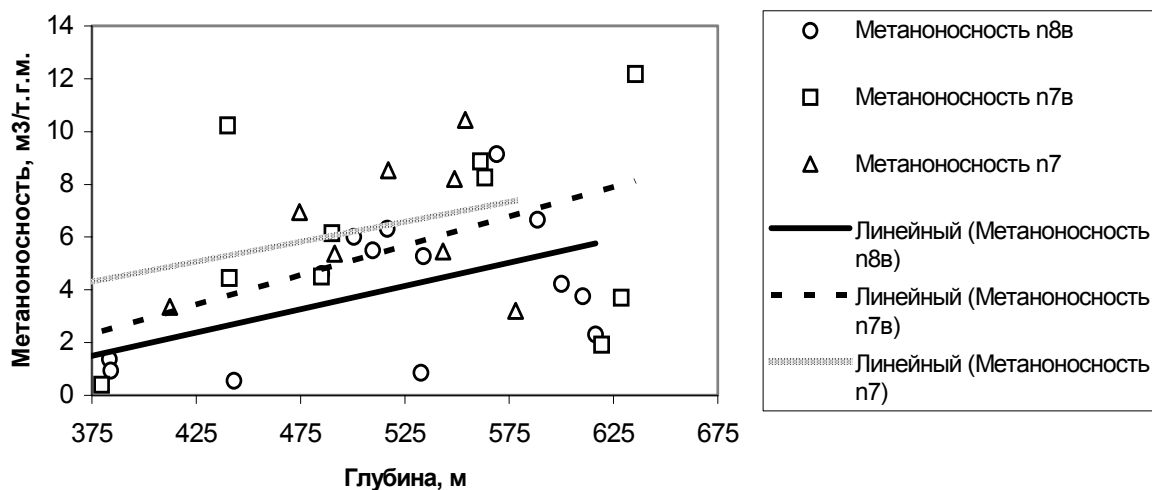


Рис. 5 – Зависимость метаноносности от глубины залегания пластов n7<sup>B</sup>, n7, n8<sup>B</sup>.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа. М.: Госгортехиздат, 1961. – 363 с.
2. Мухленов И.П., Добкина Е.И., Дерюжкина В.И. Технология катализаторов. 2-е изд. – М.- Л.: Химия. 1979, 275 с.
3. Герасимов Я.И. Курс физической химии. – М.: Химия. 1973. – 351 с.
4. Ермаков В.И., Скоробагатов В.А. Образование углеводородных газов в угленосных и субугленосных формациях. – М.: Недра, 1984. – 206 с.
5. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. Гл. ред. А.И. Кравцов. Генезис и закономерности распределения природных газов угольных бассейнов и месторождений СССР. – М.: Недра, 1980. – 218 с.
6. Лопатин Н.В. Образование горючих ископаемых. – М.: Недра, 1983. – 190 с.
7. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. Гл. ред. А.И. Кравцов. М.: Недра, - 1979. – Т.1. – 628 с.