

СО₂ РИФОРМИНГ МЕТАНА

Курина Л.Н.¹, Аркатова Л.А.¹, Харламова Т.С.¹,

Галактионова Л.В.¹, Найбороденко Ю.С.²,

Касацкий Н.Г.², Голобоков Н.Н.²

¹Томский государственный университет,

²Отдел структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН

Углекислотная конверсия метана, или «сухой риформинг», протекает согласно уравнению:



Риформинг метана с углекислым газом является многообещающим методом производства синтез-газа, обогащенного монооксидом углерода, из природного газа. Синтез-газ данного состава может быть использован для производства углеводородов, метанола, диметилового эфира и синтеза Фишера-Тропша.

Использование углекислого газа в качестве оксиданта для парциального окисления низших алканов может стать одним из важных путей для утилизации природного газа. Известно, что природный газ на многих территориях содержит в больших количествах углекислый газ наряду с метаном и другими низшими алканами. Было бы желательным утилизировать такой низкоценный природный газ без выделения СО₂ посредством одновременной трансформации метана и углекислого газа в ценные химические продукты или топлива.

Обычные катализаторы сухого риформинга метана базируются на нанесенных системах на основе никеля или благородных металлов (платина, рутений и т.д.) [1-2]. Большим препятствием для их успешного промышленного применения является образование углерода, который дезактивирует катализаторы, особенно в случае никелевых систем [1-2]. Тем не менее, исходя из промышленной точки зрения, вследствие гораздо меньшей стоимости никеля по сравнению с благородными металлами, все же стоит разрабатывать никелевые катализаторы, резистентные по отношению к углеродным отложениям.

В данной работе были получены Ni- и Co-содержащие катализаторы методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Новая технология приготовления наших соединений приводит к уменьшению энергозатрат в несколько раз. СВС-процессы являются чистыми с экологической точки зрения в связи с отсутствием промышленных отходов. Используя данную технологию, возможно получить высококачественные жаропрочные соединения. Основные преимущества СВС-интерметаллидов следующие: устойчивость в агрессивных окислительных средах, термическая стабильность вплоть до температуры 1100 °С в сочетании с высокой механической прочностью и т.д.

В данной работе проведены исследования по влиянию добавок различных количеств никеля и кобальта к Ni-Al и Co-Al-интерметаллидам – катализаторам СО₂ риформинга метана. При исследовании каталитической активности было показано, что в случае Ni-Al образцов добавление никеля сильно увеличивает каталитическую активность. Наиболее активной оказалась система, состоящая из NiAl, Ni₃Al и Ni. Данный состав был обнаружен методом рентгенофазового анализа.

Было показано, что стабильность монометаллического никелевого образца ниже в сравнении с биметаллическими Ni-Al образцами. Полученные результаты находятся в соответствии с литературными данными, так как известно, что биметаллические катализаторы могут проявлять высокую активность, селективность и устойчивость к дезактивации по сравнению с соответствующими монометаллическими образцами [1].

Возможно предположить, что повышенная активность Ni₃Al систем может быть объяснена повышенным количеством Ni активных центров, присутствующих на каталитической поверхности многофазных образцов, или присутствием межфазных границ.

В случае Co-Al интерметаллидов было обнаружено, что присутствие фазы кобальта также увеличивает каталитическую активность. В действительности, самая высокая конверсия метана была достигнута, используя массивный кобальтовый катализатор.

Таким образом, каталитическая активность в процессе углекислотной конверсии метана является функцией содержания Ni и Co в интерметаллидах Ni-Al и Co-Al.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. C. Crisafulli, S. Scire, S. Minico, L. Solarino Ni-Ru bimetallic catalysts for the CO₂ reforming of methane/ *Applied Catalysis A General*, № 225, 2002, p.1-9;
2. J. Sehested, C.J.H. Jacobsen, S. Rokni, J.R.Rostrup-Nielsen. Activity and Stability of Molybdenum Carbide as a Catalyst for CO₂ Reforming/ *Journal of Catalysis*, № 201, 2001, p.206-212.

СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭКОГАРМОНИЯ КАК ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРИНЦИП

Мальцев В.А.

*Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики,
Новосибирск*

Экологическая система - это противоречивое, в сильной степени неравновесное, единство естественных биогеоценозов и искусственных индустриально-аграрных ландшафтов. Живые сообщества в экологических условиях из равновесных гомеостатов превратились в сильно неравновесные, метастабильные структуры. Самоорганизация природных процессов стала происходить по законам нелинейной термодинамики (синергетики), по законам фазового перехода диссипативных структур. В нелинейной области, вдали от равновесного состояния, малые флуктуации микроскопических элементов приводят к совокупному кооперативному движению больших групп - синергии макроскопических структур. В результате сложного нелинейного взаимодействия микроскопических элементов возникают финальные упорядоченные паттерны фазового перехода диссипативных структур. Такое упорядоченное течение нелинейных состояний микроструктур переходит в детерминированный хаос фрактального аттрактора макроскопических структур.

Как установлено автором, подобными аттракторами эволюции экосистем служат сукцессии - последовательные циклы биоценозов, преемственно возникающих в пределах одного биотопа, т.е. на одной и той же территории под влиянием природных и антропогенных факторов. Стареющие сообщества растений и животных сменяются другим экологическим сообществом вплоть до образования параклимакса. Параклимаксное состояние экосистемы характеризуется наиболее устойчивым паттерном взаимодействия элементов биотического сообщества, в максимальной мере соответствующим природным условиям данной местности. В условиях сильно неравновесной окружающей среды, т.е. при значительном отклонении условий биотопа от нормы, биоценоз становится специфическим, в котором наблюдается эффект массового размножения особей отдельных составляющих его видов. Агрегация особей в таком биоценозе усиливает конкуренцию между ними за пищевые ресурсы и жизненное пространство, что приводит в целом к повышенной способности популяции к выживанию, расширяет ее поведенческое, генетическое и видовое разнообразие. Диссипативная самоорганизация экологических систем приводит к созданию устойчивых кругооборотов, комплементарных гиперциклов биосферных и антропогенных процессов. В статических структурах гомеостатического равновесия возмущающая функция распределения внешней среды привела бы к другому равновесному состоянию, но в экологических системах возмущающая функция антропогенного воздействия воспроизводит неравновесную устойчивость синергетического порядка, отвечающую минимуму производства энтропии и, соответственно, обладающую богатейшими творческими возможностями. Новые диссипативные структуры характеризуются иным набором термодинамических элементов, чем равновесная структура биоценозов. Макроскопически неравновесный синергетический кругооборот, возникший под влиянием техноантропогенных факторов, сместил прежний замкнутый кругооборот живого вещества путем микроскопических флуктуаций биофильных элементов естественной среды и техноантропогенных актов социальной среды. Подобная модификация живой материи означает не ее распад и деградацию, а переструктуризацию, шаг вперед, окультуривание диких форм жизни. Разумно устроенная дренажная система содержит в себе значительно больше эмерджентных элементов, чем затхлое, гниущее болото. Вторжение человека в природу должно сопровождаться установлением с ней трансперсональных связей, придающих синергетическим природным системам экогармоническую устойчивость. Человек должен чувствовать творческое дыхание диссипативных естественных структур, предвидеть их эмерджентное поведение и вести поиск эффективных средств, способных направлять и удерживать это поведение по экогармоническим правилам.

Природа обладает мощным неиссякаемым творческим потенциалом образования и воспитания. Во все века люди обращались к природе как истинному живительному источнику нравственного очищения и возрождения. Очевидно, зов творческих потенций диссипативных структур живого может быть услы-

шан, если в балансе между естественным и искусственным существенно выделять духовную сторону экологического образования и воспитания. На эмерджентные потребности синергетической самоорганизации живых систем могут резонировать только струны гуманистической ориентации.

Синергетика образовательного пространства гуманной экологии показывает, что необходим радикальный сдвиг в фундаментальных отношениях общества и биосферы, замена рационального вычисления эгоистических потребностей творческим процессом трансперсональной идентификации. Синергетическая экогармония предстает как эмерджентное целое, в котором достигается взаимная координация творческих усилий человека и природы. Чтобы создать это целое, динамическое образовательное пространство, гуманная экология выражает следующие основные принципы социоприродной гармонизации:

- все жизненные формы на Земле ценны в той мере, в какой способствуют формированию творческой самотрансценденции синергетического порядка;

- взаимоотношения цивилизации и окружающей среды должны осуществляться по эмерджентным правилам инновационных процессов: любая технология обязана быть не только экологически чистой и безотходной, но и приводить к новому гармоническому синтезу искусственного и естественного. Человечеству надлежит прийти к созданию глобального биотехнологического кругооборота, в котором отходы одного производственного цикла становятся необходимым ресурсом для выполнения следующего цикла;

- экологическая политика любого государства должна прежде всего исходить из оснований гуманной экологии: бездуховные стандарты массовой культуры следует повсеместно заменять внутренней самоценностью творческого трансперсонального единения с жизнью Природы;

- каждый человек обязан не просто посадить дерево, а создать в своей душе и по возможности в душах окружающих его людей экогармонию гуманного сознания;

- образовательная система гуманной экологии должна представлять развитую инфраструктуру учебных центров и практических мероприятий по охране окружающей среды. Главная цель этой системы состоит в воспитании активной позиции, творческого отношения к порученному делу, личной ответственности за возрождение и расцвет всех природных форм;

- синергетическое управление экологическими системами требует обеспечивать комплексный подход к реализации природоохранных и природовосстановительных программ, создавать слаженную координацию министерств и ведомств в упорядоченном использовании естественных ресурсов.