

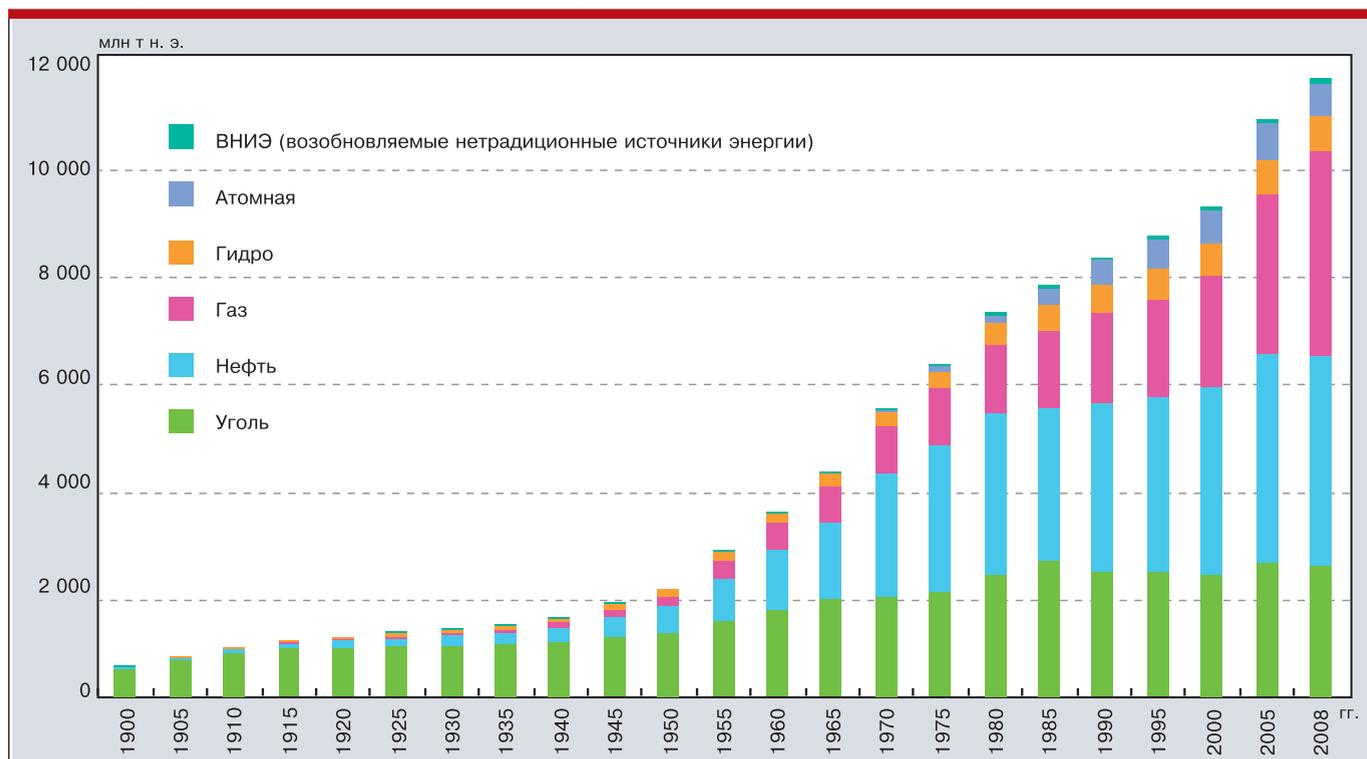
# Газ и этилен. Альтернатива нефти — есть

**Илья Моисеев**, академик РАН

Этилен — важнейший продукт, по объему производства которого можно судить не только о развитии нефтехимии, но и о потенциале химической промышленности в целом. К 2010 году его мировое производство превысит 150 млн т, при этом в России, обладающей крупнейшими запасами газа, производится немногим более 2 млн т. О том, каковы перспективы получения этилена из газа и развития газохимии в целом, шла речь на V Московском международном химическом саммите.



**Рис. 1. Потребление первичной энергии в мире в 1900–2008 гг.**



А. Э. Кондрович и др.

## Для энергетики или нефтехимии

Рост глобального потребления энергоносителей приводит к неуклонному росту экспорта нефти и газа, которые являются незаменимым сырьем для отечественных производителей — нефтепереработчиков и нефтехимиков.

Начиная с 1970 года все большее место в энергетике занимает природный газ (см. рис. 1). Причиной стала вспыхнувшая на Ближнем Востоке в 1973 году война, что немедленно отразилось на цене нефти и на ее потреблении. Что интересно, цены на нефть и нефтепродукты практически не зависят ни от трудозатрат, ни от затрат энергии. Скорее это следствие совершенно непредсказуемых вещей. Сегодняшний рост цен на нефть — это прежде всего ожидание неприятностей.

Динамика цен на нефть и природный газ представлена на рис. 2. При сравнении цены 1 тыс. куб. м газа и цены барреля нефти следовало бы цену барреля нефти увеличить в 2 раза, так как в двух с половиной баррелях нефти содержится столько же углерода, сколько в 1 тыс. куб. м природного газа. Таким образом, разница между ценой углерода в нефти и газе довольно значительна. Газ выигрывает по сравнению с нефтью, тем более в условиях России, где средняя оптовая цена газа существенно ниже, чем экспортная.

Цены на этилен также волатильны (см. рис. 3). В Западной Европе и США, начиная с 2000 года, стоимость этилена неуклонно растет. Сегодня она значительно превосходит цену на газ, поэтому природный газ в XXI веке будет играть главенствующую роль как в энергетике — в топливных элементах, в производстве как синтетических топлив и водорода, так и олефинов.

## Химия C1

В 70-х годах прошлого столетия из-за роста цен на нефть возникло новое направление — химия C1, которое включает 4 «строительных блока»: метанол, метан, оксид и диоксид углерода, на основе которых производится достаточно большое количество ценных продуктов (см. рис. 4). Это направление развивается и в наши дни. По прогнозам экспертов, оно продолжит развиваться и в XXI веке, несмотря на то, что ситуация в целом изменилась.

Установки синтеза Фишера-Тропша, опытные и укрупненные пилотные, сооружаются во всем мире. Готовятся к пуску и масштабированные производства. Однако синтез Фишера-Тропша — это дорогостоящий способ для выпуска моторных топлив.

Рис. 2. Динамика цен на нефть и газ

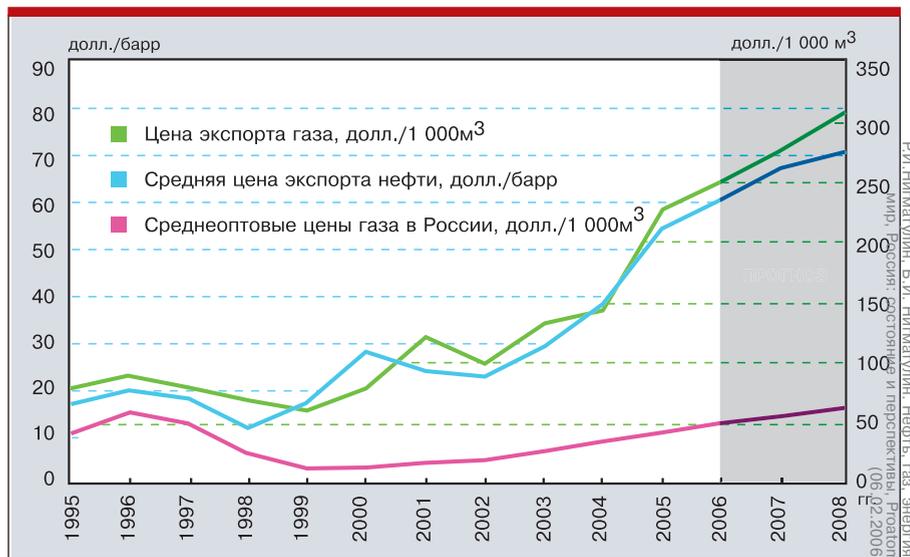


Рис. 3. Динамика цен на этилен

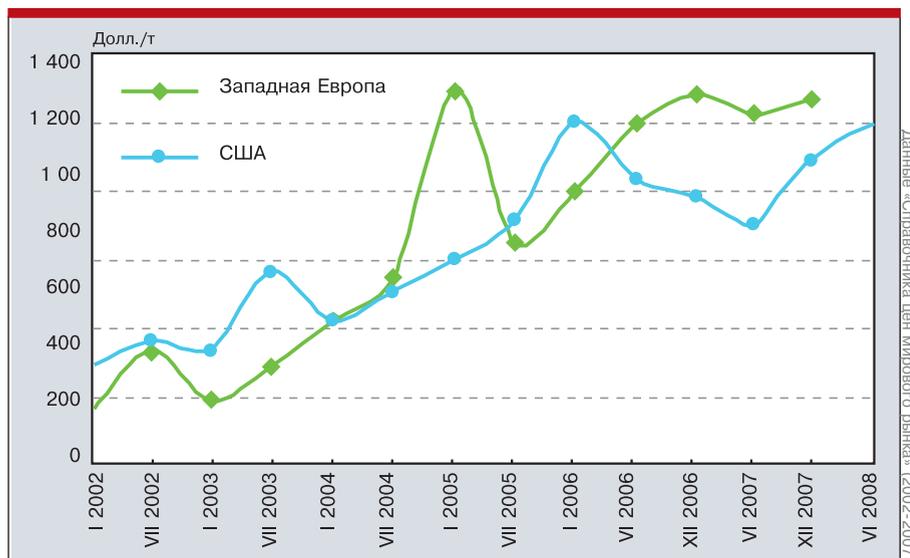
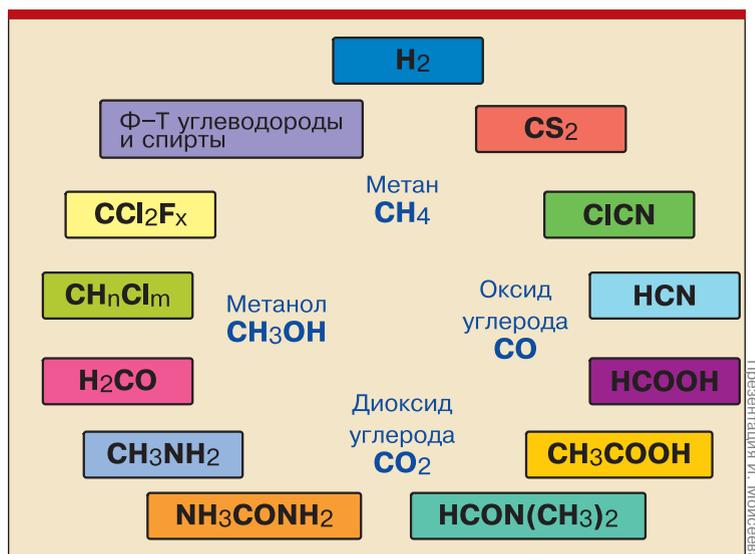


Рис. 4. Химия C1 в XX веке



### Три пути к этилену

Рассмотрим пути, которые связывают природный газ с этиленом. Первый путь — через синтез метанола или диметилового эфира. Второй — с помощью димеризации метана, третий — через метилхлорид (см. рис. 5).

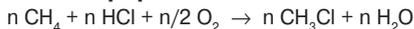
Заметим, что получение метилхлорида и метанола — это хорошо освоенные промышленностью производства. Окислительная димеризация была обнаружена примерно 25 лет назад, но пока нет ни одного производства, базирующегося на данном процессе.

Есть и прямой путь от синтез-газа к олефинам, однако он пока не получил широкого применения. Сегодня проще производить этилен и пропилен из метанола или диметилового эфира. Причем более предпочтителен синтез, при котором из метанола получают диметиловый эфир, а из ДМЭ — олефины.

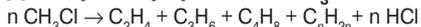
В научно-исследовательском центре «Синтез» разработан процесс получения этилена через синтез хлористого метила из метана.

Процесс идет в несколько стадий: первая — оксихлорирование метана — достаточно хорошо изучена, вторая стадия — дегидрирование хлористого метила — несколько похожа на превращение метанола в этилен.

#### Оксихлорирование метана

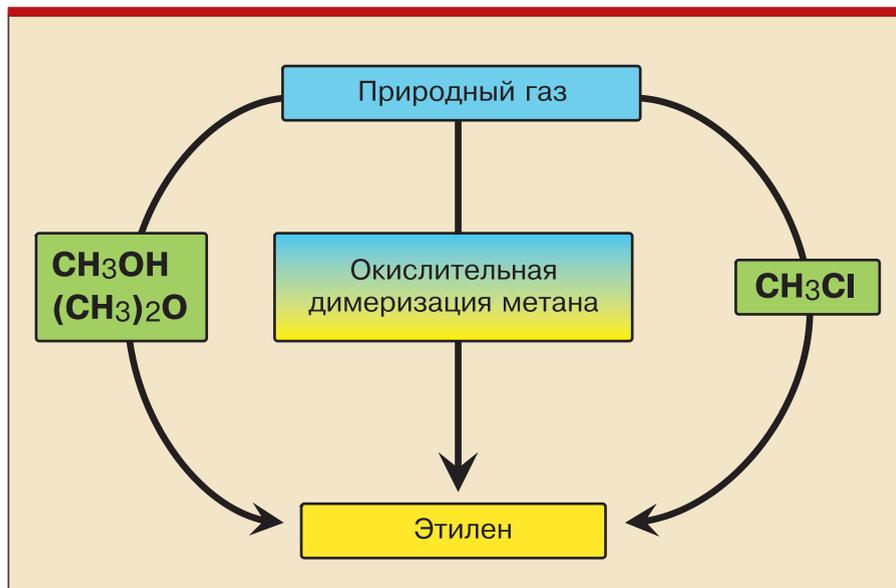


#### Дегидрохлорирование CH<sub>3</sub>Cl



Конверсия хлористого метила составляет 75 %, селективность по этилену

Рис. 5. Метан: пути к этилену



и пропилену — 85 %. Процесс протекает при средних температурах — 450–500 °С.

Этот же коллектив ученых занимается прямым синтезом хлористого винила из метана, процесс также является перспективным.

### Окислительная димеризация этана

Основные и побочные реакции окислительной димеризации метана представлены ниже.

- $4\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $2\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

- $\text{C}_2\text{H}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_4 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2$

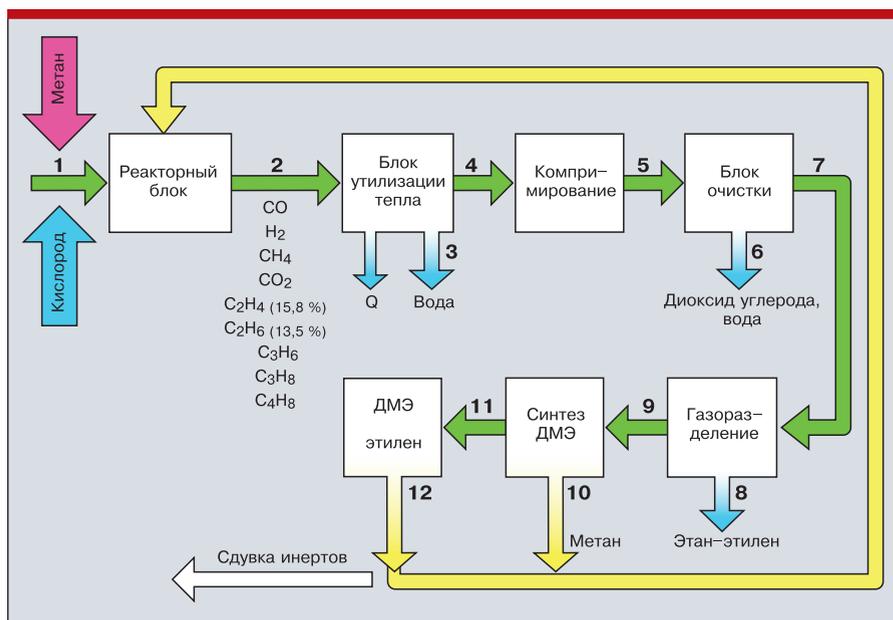
Первые три реакции ведут к образованию целевых продуктов, три последующих — это реакции окисления, которые протекают с выделением тепла. В случае, если на заводе имеется потребность в тепловой энергии, этот способ позволит снизить затраты на производство тепла. Таким образом, вместо того, чтобы просто сжигать метан, можно одновременно получить и этилен, и высокопотенциальное тепло.

Со времени открытия данного процесса практически все элементы периодической системы испытывались в качестве катализаторов. Среди них выявлены катализаторы с низкой активностью — соединения магния, цезия, палладия, родия, германия, кремния и др., катализаторы средней активности — соединения кадмия, бериллия, циркония, хрома, вольфрама, платины и т. д., а также очень активные катализаторы — соединения марганца, свинца, стронция, цинка, олова.

Кроме того, было установлено, что смесь оксидов редкоземельных металлов оказывается более активной по сравнению с индивидуальными оксидами. Это открывает путь к использованию промышленных концентратов: не нужно их очищать, можно использовать полупродукт, полученный в промышленных условиях, наносить его на носитель и использовать в качестве катализатора. Схема процесса окислительной димеризации метана представлена на рис. 6.

Два интервала температур (700–750 °С и 850–950 °С) оптимальны с точки зре-

Рис. 6. Блок-схема ОДМ

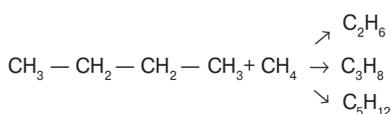


ния высокой селективности процесса при заданной конверсии кислорода. Соотношение кислорода и оксида углерода в области высоких температур можно регулировать, варьируя соотношение реагентов и температуру.

Схема окислительной димеризации метана может быть дополнена стадией взаимодействия  $\text{CH}_4$  с уголекислотой с образованием синтез-газа. Процесс осуществляется на La-Ce/MgO катализаторе, размещенном в наноразмерных каналах керамической мембраны.

## Метанолиз алканов

За рубежом появились сообщения о новой реакции — метанолизе алканов, которая приведена ниже.



Реакция интересна и с точки зрения перевода полимеров в короткоцепные углеводороды. Если представить вместо бутана длинную молекулу полиэтилена, то с помощью метанолиза можно из неразлагающегося в природе полиэтилена получить короткоцепные углеводороды, которые далее можно перерабатывать

традиционным путем. Таким образом, полиэтилен может стать возобновляемым сырьем, и метанолиз поможет защитить окружающую среду.

## Этилен из этанола

Еще один путь к этилену — это использование биоэтанола. Биомасса превращается в этанол, затем из этанола получают этилен, реакция простая, но в России объем производства биоэтанола пока недостаточен.

В США, напротив, ставится задача получения в 2012 году таких количеств этанола, которые позволят сократить импорт нефти на 250 млн т.

Интересно отметить, что сегодня в США производится из зернового сырья около 35 млн т этанола, судя по всему сектор этой технологии не расширится, следовательно аналитики и менеджеры будут ориентироваться преимущественно на лигно-целлюлозное сырье — древесину, солому, сухостой, помпасную траву. Согласно расчетам, литр этанола, полученного из древесины, будет стоить 20 центов, а к 2030 году — 14 центов.

Таким образом, стоимость тонны этилена из этанола будет не дороже 300–400 долларов. Сегодня стоимость одной тонны этилена составляет 1 000–1 200

долларов. Разница ощутима. Для бизнес-сообщества это заманчиво, остается только в качестве сырья научиться применять не зерновые культуры, а опилки и стружки — отходы деревообработки.

## Заключение

Прогнозы дело неблагодарное. Великий Джоуль как-то сказал, что электродвигатели никогда не вытеснят лошадь, потому что стоимость цинка, расходуемого в батареях, больше стоимости овса, съедаемого лошадью, выполняющей ту же работу. Его прогноз не оправдался.

Тем не менее, считаю, пройдет немало времени, и этилен будут получать преимущественно из газа и биомассы. Там, где есть высокая культура хлорного производства, будут получать основное сырье нефтехимии через хлористый метил. Если на заводе есть парокислородная установка или паровой риформинг, то будут производить этилен через метанол и диметилловый эфир. А при наличии высокой потребности в тепле — с помощью окислительной димеризации метана. Время покажет. ■

*Статья подготовлена по материалам выступления на V московском международном химическом саммите.*

## www.rccnews.ru/rus/press

Множество журналистов различных изданий при подготовке материалов использует первичную информацию — не новости, а именно пресс-релизы, но уверены ли вы, что послали свой релиз всем, кто хотел им воспользоваться? Для того чтобы журналисты и аналитические службы компаний каждый день имели возможность прийти и получить первичную, никем не отредактированную информацию в одном месте, существует рубрика «пресс-релизы» на сайте [www.rccnews.ru](http://www.rccnews.ru).

### *Отраслевые пресс-релизы: здесь им самое место*

Зачем нужны пресс-релизы? — Чтобы о достижениях предприятия узнала широчайшая отраслевая аудитория.

Например, производитель из российского региона узнает, что предприятие, расположенное в соседней области, после смены руководства запустило новые мощности, инвестировало крупные суммы в развитие региональных представительств в странах содружества, подписало договор о сотрудничестве с европейским промышленным гигантом. Какой вывод он сделает? «У этого предприятия хорошие перспективы, с ним можно иметь дело, да и расположено оно близко, рукой подать, не надо больше упаковки для наших тортов везти из Владивостока». Глядишь, заключен договор о сотрудничестве.

Мы тоже хотим, чтобы об открытии нового цеха или производственного участка, о кадровых перестановках и производственных новинках, о новостях завода, комбината, концерна, фабрики, узнали тысячи наших посетителей и подписчиков (России, Европы, мира).

Добро пожаловать в раздел пресс-релизов отраслевого рынка!  
Опубликовать информационные сообщения в любое время суток и без ограничений вы сможете по адресу:  
[www.rccnews.ru/rus/press](http://www.rccnews.ru/rus/press)